

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MECATRÓNICA

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA
VOLUMÉTRICA POR CONTENEDOR Y SELLADORA CONTINUA DE
BICARBONATO ORIENTADA A LA INDUSTRIA ARTESANAL.”**

AUTOR: GIOVANNY PAUL GORDILLO BOADA

DIRECTOR: MSC. DIEGO LUIS ORTIZ MORALES.

IBARRA – ECUADOR

JUNIO – 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información

DATOS DEL AUTOR			
Cédula de Identidad:	100401245 - 4		
Apellidos y Nombres:	Gordillo Boada Giovanny Paul		
Dirección:	Flores 1-90 y Avenida 17 de julio.		
Email:	gio8191@gmail.com		
Teléfono Fijo:	062951230	Teléfono Móvil:	0983514654

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA POR CONTENEDOR Y SELLADORA CONTINUA DE BICARBONATO ORIENTADA A LA INDUSTRIA ARTESANAL”
Autor:	Gordillo Boada Giovanni Paul
Fecha:	2019-06-05
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniería en Mecatrónica
Asesor/ Director:	Ing. Diego Luis Ortiz Morales.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros

Ibarra, a los 05 días del mes de Junio del 2019



Nombre: Gordillo Boada Giovanni Paul

Cedula: 1004012454



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Gordillo Boada Giovanni Paul, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado calificación profesional; y certifica la verdad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gordillo Boada Giovanni Paul", written over a horizontal line.

Gordillo Boada Giovanni Paul

CI: 100401245 - 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de Director de Trabajo de Grado, presentado por el señor Gordillo Boada Giovanni Paul, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado por mi supervisión.

Ing. Diego Luis Ortiz Morales.
DIRECTOR DE PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar mi meta trazada, a mis padres, por su apoyo incondicional y lucha diaria por darme el pan de cada día y formar un hombre de bien, dedico infinitamente este proyecto que sin ellos hoy no estaría.

A mis abuelitos y hermanos. Gracias por haber desarrollado en mi la gana de salir adelante y el anhelo de triunfo en la vida.

Y en memoria de mi inolvidable abuelito ARTURO, quien desde pequeño me ha impulsado a ser un luchador y obtener todo lo que me he propuesto siendo mi fuente de orgullo e inspiración en todo lo que he realizado hasta el día de hoy.

Gordillo Boada Giovanny Paul



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto está marcado en el esfuerzo diario marcado en mi deseo de superación. Por eso agradezco a mi director de tesis Ing. Diego Ortiz quien a lo largo de este tiempo ha puesto a prueba mis habilidades y conocimientos en el desarrollo del tema “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA POR CONTENEDOR Y SELLADORA CONTINUA DE BICARBONATO ORIENTADA A LA INDUSTRIA ARTESANAL” el cual ha finalizado llenando todas mis expectativas y deseos. Un agradecimiento en general a mi familia en especial a mis papás que han estado apoyando desde el inicio hasta estos días que ya he finalizado, de todo corazón muchas gracias. A mis amigos por formar parte de mi carrera estudiantil y por el apoyo brindado incondicionalmente. A todas las personas que de una u otro forma han sabido inculcarme para poder finalizar mis estudios y por sus consejos para afrontar los retos más difíciles.

Gordillo Boada Giovanni Paul



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

RESUMEN

Se presenta el diseño y construcción de una máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora continua de bicarbonato de sodio, orientado a la industria artesanal; el estudio tiene como finalidad beneficiar a los pequeños comerciantes en el desarrollo del emprendimiento que ha sido a lo largo de los años una fuente de trabajo. Para desarrollar el dispositivo se evaluaron las necesidades de la industria artesanal de la ciudad de Ibarra, se identificaron las fortalezas de este sector productivo con el plan nacional Toda una Vida. De acuerdo a lo anterior, se propone una máquina que dosifica 15 gr de bicarbonato de sodio, dentro de una funda transparente, posteriormente sella el contenido, con una capacidad de veinte (10 fundas) por proceso. Cabe destacar que la cantidad volumétrica puede ser ajustada a la necesidad del artesano y es posible cambiar el contenido de la misma, además, se incluye un manual de usuario para facilitar el proceso de mantenimiento. Finalmente, es importante resaltar que se cumplió con los objetivos planteados ya que se obtuvo una máquina eficiente y económica que puede beneficiar a un grupo importante de artesanos del Ecuador y su aplicación se puede extender a otros productos en polvo. Asimismo, todos los sistemas están hechos para que no afecten al medio ambiente por la relación que se tiene con una vida sustentable.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ABSTRACT

The design and construction of a volumetric dosing machine by container and continuous bicarbonate sealer, oriented to the artisanal industry; the objective of the study is to benefit small businesses in the development of entrepreneurship that has been a source of work for many years. To develop the device, assess the needs of the artisanal industry of the Ibarra city, identify the strengths of this productive sector with the national plan “Toda una Vida”. According to the above, a machine is proposed that doses 10 g of sodium bicarbonate, inside a transparent cover, then the content is selected, with a capacity of twenty (20 covers) per run. It should be noted that the volumetric quantity can be adjusted to the need of craftsmanship and it is possible to change the content of it, in addition, a user manual is included to facilitate the maintenance process. Finally, it is important to note that the proposed objectives are met, obtaining an efficient and economical machine that benefits from an important group of artisans from Ecuador and its application can be extended to other powdered products. In the same way, all the systems are made so that the environment is not affected by the relationship with a sustainable life.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

PRESENTACIÓN

La industria artesanal en los últimos años ha ido decayendo por diferentes factores, uno de ellos ha sido la demanda exigida en el mercado, los artesanos tienen que dedicar mucho tiempo para lograr cubrir dicha demanda, lo que les conlleva a sufrir dolores en su cuerpo por el cansancio y estrés al que se someten.

La demanda que deben cubrir no está a su alcance y si desean completar dicha demanda lo realizan sacrificando las horas de descanso para cubrir en su totalidad la oferta en el mercado.

Esta máquina tiene como objetivo mejorar la producción exigida por el mercado, pero una condición de la máquina es que debe ser de bajo costo y fácil mantenimiento.

El manejo de la máquina está diseñado para que sea de fácil acceso y manipulación, tomando en cuenta las medidas de seguridad para su correcto uso

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	II
DECLARACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
PRESENTACIÓN	XI
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 JUSTIFICACION.....	7
1.3 ALCANCE.	8
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.5 OBJETIVOS.	10
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.	10
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 INTRODUCCIÓN	11
2.2 INDUSTRIA ARTESANAL.....	11
2.2.1 IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ARTESANAL.	11
2.3 INCONVENIENTES DEL PROCESO ARTESANAL.	12
2.3.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	12
2.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL BICARBONATO DE SODIO	13
2.3.3 MATERIAL DE EMPAQUETADO.....	13
2.3.4 MATERIAL PARA LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.....	14
2.3.5 ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL.	14

2.4	SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN.....	15
2.4.1	DOSIFICADORA DE TORNILLO.....	15
2.4.2	DOSIFICADORA DE COMPUERTA ROTATIVA.....	16
2.4.3	DOSIFICADORA DE BANDA RODANTE.....	16
2.4.4	DOSIFICADORA GRAVIMÉTRICA DE BANDA.....	17
2.4.5	PARTES CONSTITUYENTES DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y SELLADORA.	17
2.4.5.1	TOLVA DE ALIMENTACIÓN.....	18
2.4.6	ELEMENTO DOSIFICADOR.....	18
2.4.7	TABLA DE DECISIÓN DEL TIPO DE TOLVA Y ELEMENTO DOSIFICADOR A IMPLEMENTAR.	19
2.4.8	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA COMPLEMENTARIO DE DOSIFICACIÓN.	19
2.4.9	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ARRASTRE.	20
2.4.10	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SELLADO.....	20
	CAPITULO III.....	22
	METODOLOGÍA DE DISEÑO MECÁNICO.....	22
3.1	INTRODUCCIÓN.....	22
3.2	TOLVA DE ALIMENTACIÓN.....	22
3.2.1	PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DEL ESPESOR DE LA LÁMINA DE LA TOLVA. 24	
3.2.2	ESPECIFICACIONES DE LA TOLVA.....	25
3.3	DISEÑO DEL EJE DEL ELEMENTO DOSIFICADOR.	26
3.4	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.	28
3.4.1	DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA.....	28
3.4.2	FACTOR DE SEGURIDAD.....	33
3.4.3	DETERMINACIÓN DEL MATERIAL ADECUADO.....	34
3.5	SELECCIÓN DE EJE.....	39
3.6	DISEÑO DEL ELEMENTO DOSIFICADOR.....	41
3.7	SISTEMA DE ARRASTRE.....	44
3.7.1	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	45
3.7.2	MÉTODOS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO.....	45
3.7.3	MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	46
3.7.4	BANDAS Y POLEAS.....	46

3.7.5	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CENTROS	47
3.7.6	LONGITUD DE LAS BANDAS.....	48
3.8	SELLADORA.	49
3.8.1	RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.	50
3.9	ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA DE ARRASTRE Y SELLADO.	54
3.9.1	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ARRASTRE.	54
3.9.2	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SELLADO.	56
3.9.3	CONDICIONES Y PARÁMETROS EN EL DISEÑO.	56
3.9.4	HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO.....	57
3.10	UBICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA.	57
3.10.1	SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES.	57
3.10.2	ESQUEMA DE LOS DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA	59
3.10.2.1	ESQUEMA DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.	60
3.10.2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	61
CAPÍTULO IV		62
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA		62
4.1	SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.	62
4.2	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	62
4.2.1	MÁQUINAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE SEGURIDAD.....	62
4.2.2	ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.....	63
4.2.3	ELEMENTO DOSIFICADOR.....	64
4.2.4	TOLVA.....	64
4.2.5	SISTEMA DE ARRASTRE.	64
4.2.6	SISTEMA DE SELLADO.	64
4.2.7	MONTAJE FÍSICO DE LOS SISTEMAS DE LA MÁQUINA.....	65
4.2.8	MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.	65
4.3	PLAN DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	66
4.4	ESPECIFICACIONES EN EL LLENADO DE FUNDAS.....	67
4.5	ESPECIFICACIONES EN EL SELLADO DE FUNDAS.....	67
CAPÍTULO V		69
ANÁLISIS DE COSTOS.....		69

5.1	INTRODUCCIÓN.	69
5.2	INGRESOS.	69
5.2.1	PROYECCIÓN DE INGRESOS.	71
5.3	EGRESOS.	71
5.3.1	PROYECCIÓN DE EGRESOS	73
5.4	COSTOS DE OPERACIÓN.	73
5.4.1	MATERIA PRIMA DIRECTA	74
5.4.1.1	RESUMEN DE MATERIA PRIMA DIRECTA.	76
5.4.2	MANO DE OBRA DIRECTA.	77
5.4.3	COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.	77
5.4.4	RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN.	78
5.5	COSTO DE OPORTUNIDAD	78
5.6	TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO	79
5.7	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	79
5.8	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	80
5.9	BENEFICIO COSTO	81
5.10	PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	82
5.11	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	83
	CONCLUSIONES.	85
	RECOMENDACIONES.	86
	BIBLIOGRAFÍA.	87
	ANEXOS DE TABLAS.	90
	MANUAL DE USUARIO.	96
	ANEXOS DE FOTOGRAFÍAS.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 DOSIFICADORA DE TORNILLO.	15
FIGURA 2. 2 DOSIFICADORA DE COMPUERTA ROTATIVA.	16
FIGURA 2. 3 DOSIFICADORA DE BANDA RODANTE.	16
FIGURA 2. 4 DOSIFICADORA GRAVIMÉTRICA DE BANDA.	17
FIGURA 2. 5 BOCETO MÁQUINA DOSIFICADORA Y SELLADORA.	18
FIGURA 3. 1 DIMENSIONES DE LA TOLVA	24
FIGURA 3. 2 TOLVA	25
FIGURA 3. 3 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE EN EL ELEMENTO DOSIFICADOR	28
FIGURA 3. 4 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.	29
FIGURA 3. 5 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA FUERZA ESTÁTICA EN LA ESTRUCTURA.	30
FIGURA 3. 6 CONSTANTE DE EXTREMO FIJO EN EMPOTRADA LIBRE.	35
FIGURA 3. 7 PLANO TRIDIMENSIONAL DEL ELEMENTO DOSIFICADOR.	38
FIGURA 3. 8 DIAGRAMAS DE CARGAS, CORTE Y MOMENTO DEL ELEMENTO DOSIFICADOR	38
FIGURA 3. 9 SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR BANDAS Y POLEAS	40
FIGURA 3. 10 RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO DEL EJE Y EL TUBO DE ACERO INOXIDABLE.	42
FIGURA 3. 11 ELEMENTO DOSIFICADOR.	43
FIGURA 3. 12 SISTEMA DE ARRASTRE.	44
FIGURA 3. 13 DIAGRAMA DE CARGA, CORTE Y MOMENTO DEL SISTEMA DE ARRASTRE.	44
FIGURA 3. 14 ACOTACIONES DE LA POLEA SELECCIONADA.	47
FIGURA 3. 15 SISTEMA DE SELLADO.	50
FIGURA 3. 16 DIAGRAMA DE CARGAS DEL SISTEMA DE SELLADO.	50
FIGURA 3. 17 PLACA DEL SISTEMA DE SELLADO.	51
FIGURA 3. 18 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE CRISTAL Y TUBULAR.	51
FIGURA 3. 19 DIAGRAMA PARA CALOR BIDIMENSIONAL.	52
FIGURA 3. 20 DETERMINACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR.	52
FIGURA 3. 21 REPRESENTACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR.	53
FIGURA 3. 22 SISTEMA DE ARRASTRE Y SISTEMA DE SELLADO.	54
FIGURA 3. 23 SISTEMA DE ARRASTRE.	55
FIGURA 3. 24 CICLO DE LOS SISTEMAS	55
FIGURA 3. 25 SISTEMA DE SELLADO.	56

FIGURA 3. 26 TOLVA EN LA ESTRUCTURA.	58
FIGURA 3. 27 ELEMENTO DOSIFICADOR EN LA ESTRUCTURA.	58
FIGURA 3. 28 SISTEMA DE ARRASTRE Y SELLADO.	59
FIGURA 3. 29 MÁQUINA DOSIFICADORA.....	60
FIGURA 3. 30 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 CUADRO COMPARATIVO DE LAS DOSIFICADORAS.	19
TABLA 2. 2 TABLA DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ARRASTRE.	20
TABLA 3. 1 CUADRO COMPARATIVO DE MEDIDAS DE TOLVA SEGÚN SU VOLUMEN.	23
TABLA 3. 2 SUMATORIA DE CARGAS.	29
TABLA 3. 3 DIAGRAMA DE MOMENTOS.	31
TABLA 3. 4 CARACTERÍSTICAS DEL TUBO SELECCIONADO ASTM A500.....	32
TABLA 3. 5 CARACTERÍSTICAS DE BANDAS Y ENGRANES	45
TABLA 3. 6 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.	46
TABLA 5. 1 INGRESO MENSUAL SIN IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	69
TABLA 5. 2 INGRESO ANUAL SIN IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA.....	70
TABLA 5. 3 INGRESO MENSUAL CON IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA.....	70
TABLA 5. 4 INGRESO ANUAL CON IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	70
TABLA 5. 5 INGRESOS PROYECTADOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA.....	71
TABLA 5. 6 EGRESOS SIN IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	71
TABLA 5. 7 EGRESOS CON IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	72
TABLA 5. 8 EGRESOS PROYECTADOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	73
TABLA 5. 9 COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.....	74
TABLA 5. 10 COSTOS DEL ELEMENTO DOSIFICADOR.....	74
TABLA 5. 11 COSTOS DE LA TOLVA.	75
TABLA 5. 12 COSTOS DEL SISTEMA DE ARRASTRE.	75
TABLA 5. 13 COSTOS DEL SISTEMA DE SELLADO.	75
TABLA 5. 14 COSTOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	76
TABLA 5. 15 RESUMEN MATERIA PRIMA DIRECTA.	76
TABLA 5. 16 MANO DE OBRA DIRECTA.	77
TABLA 5. 17 COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	77
TABLA 5. 18 RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN.....	78
TABLA 5. 19 COSTO DE OPORTUNIDAD USD	78
TABLA 5. 20 VALOR ACTUAL NETO (USD).....	80
TABLA 5. 21 TASA INTERNA DE RETORNO (USD)	81
TABLA 5. 22 BENEFICIO COSTO.....	82

<i>TABLA 5. 23</i> PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	83
<i>TABLA 5. 24</i> ANÁLISIS PROCESO MANUAL.....	83
<i>TABLA 5. 25</i> ANÁLISIS PROCESO MÁQUINA.	84

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

El fortalecimiento del diseño en la cadena productiva es un paso fundamental para el redimensionamiento de la participación de la cultura en la economía y en la transformación de la matriz productiva, al ampliar el alcance de las artesanías a la gran industria. Tampoco se puede descuidar la tradición artesanal, marginada por la producción capitalista, como modo de producción alternativo y patrimonial. La tradición artesanal del país tiene su propio valor agregado, no solo en términos económicos, sino en términos sociales, ya que implica un conjunto de relaciones más estrechas entre la naturaleza (materia prima), el productor y el comprador. La producción cultural, tanto industrial como artesanal, genera una serie de encadenamientos con industrias y sectores de gran diversidad, por lo que tienen un enorme potencial para la transformación productiva. En el Ecuador, la industria artesanal se basa en procesos que se los realiza de forma manual.

El presente trabajo de grado denominado “Diseño y construcción de una máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora continua de bicarbonato orientada a la industria artesanal” tiene como fin automatizar un proceso que involucra el mejoramiento en la calidad del producto con un sellado hermético y una cantidad fija de materia prima para la comercialización en tiendas para su posterior uso en hogares de Imbabura, por consecuente este proyecto está estructurado en 3 capítulos que se describen a continuación.

El Segundo capítulo consiste en el Marco teórico, donde se da a conocer las bases teóricas científicas, las mismas que sustentan la información necesaria en el desarrollo del diseño y construcción de la maquina dosificadora. Los términos se encuentran desarrollados conforme al área que pertenece, siendo estos utilizados en el trabajo de grado. La información recopilada fue constituida a través de investigación bibliográfica documental, relacionada con la industria artesanal y el diseño mecánico y electrónico, el cual se aportó con interpretaciones, criterios y adecuaciones de acuerdo al tema señalado, trata acerca de los

sistemas de dosificación existentes en el mercado y de la selección de las partes constituyentes de la máquina en base a una investigación minuciosa en la elección de cada elemento fundamentado en bibliografía sobre diseño mecánico y fuentes de empresas fabricantes de máquinas dosificadoras.

El tercer capítulo denominado metodología de diseño, se desarrolla el diseño mecánico donde se realiza los cálculos detallando los aspectos necesarios para el normal funcionamiento de la máquina como son: tolva de alimentación, parámetros para la selección del espesor de la lámina de la tolva, matriz de decisión para selección del espesor, especificaciones de la tolva, diseño del elemento dosificador, selección del eje del elemento dosificador, sistema de arrastre, sistemas de transmisión, métodos de transmisión de movimiento, longitud de las bandas, resistencias eléctricas, acoplamiento del sistema de arrastre y sellado, características del sistema de arrastre, características del sistema de sellado, condiciones y parámetros en el diseño, diseño mecánico de la estructura, factor de seguridad, determinación del material adecuado, herramientas para el diseño, ubicación de los dispositivos en la estructura, selección de la ubicación de los componentes, esquema de los dispositivos en la estructura, esquema de los dispositivos electrónicos, diagrama de bloques y esquema electrónico, cuyos parámetros determinan la factibilidad del proceso de dosificado y posterior sellado de bicarbonato,

En el cuarto capítulo resultados donde se especifica la construcción y montaje de la máquina, se detalla lo necesario para armar la máquina y se especifica los materiales a emplear tanto en la parte de construcción como de seguridad. se explica cada una de las partes constituyentes de la dosificadora, en cuanto a la construcción, ensamblaje y revisión respectiva, como el montaje de la parte mecánica y electrónica especificada en el diseño como en los anexos, también consta de las pruebas realizadas en la máquina como es el plan de prueba de funcionamiento, especificación en el llenado y sellado de fundas;

El quinto capítulo del análisis costo – beneficio, donde se realiza la evaluación financiera y económica de la máquina dosificadora detallando los aspectos necesarios como son: análisis de costo total, cálculo del TIR, VAN y el análisis de resultados. Incluye manual de funcionamiento y mantenimiento se da a conocer las normas de seguridad a seguir durante el

mantenimiento preventivo hacia la máquina de forma diaria, semanal, mensual y anual, especificando cada una de las partes constituyentes que cumplen una función en la máquina dosificadora, con su respectiva sección de seguridad y sección de operación.

Finalmente se plantea conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del proyecto, esperando que esta información sirva de referencia para futuros proyectos de diseño.

1.1 ANTECEDENTES.

El crecimiento y evolución de las MiPymes ecuatorianas han sido uno de los motores de desarrollo más importantes que ha tenido la economía nacional, pues es el resultado de la implementación de una política productiva incluyente, articulada y participativa con pequeños productores y empresarios. Ha generado, en los últimos años, un crecimiento promedio de la facturación del 10,4% y una notable participación en las compras públicas, pasando de un 59% en 2008 a un 68% en 2011, con indicadores importantes en los niveles de formalización y asociatividad. [1].

En este segmento de la economía, la actividad productiva artesanal involucra, directa e indirectamente, a 4,5 millones de ecuatorianos, lo que representa un 32,7% de la población económicamente activa. El sector está constituido por más del 80% de unidades básicas familiares y la generación de empleo significa un 12,3% de la población urbana a nivel nacional. [1].

La industria artesanal en el Ecuador representa el 40% del PIB, siendo muy indispensable y ha sido una fuente de trabajo para pequeños comerciantes que han encontrado en este tipo de industria un ingreso económico para el hogar por lo que los comerciantes mantienen dicha tradición. [1].

En la provincia de Imbabura, el mercado de condimentos tales como: royal, comino, bicarbonato, canela, anís de pan, anís estrellado, orégano, achiote, entre otros; son fabricados artesanalmente formando parte de la tradición y costumbres de los pequeños comerciantes, los mismos que son distribuidos y comercializados en tiendas para consumo de los hogares.

Para el caso específico del bicarbonato, el sector artesanal tiene competencia con empresas que cuentan con tecnología y realizan este tipo de dosificación y empaquetado con procesos automatizados, en cambio la industria artesanal lo realiza de forma manual con el uso tradicional de sellado con una vela. Este grupo de personas compiten con medianas empresas que ofertan productos similares, en presentaciones de mayor calidad que los sistemas

tradicionales, para el caso específico del bicarbonato, el producto se distribuye en Fundas de 450 gramos, que a diferencia del producto distribuido en las tiendas es de 15 gramos.

De acuerdo con la opinión de productores del comercio artesanal en la actualidad el empaquetado se realiza en forma manual utilizando fundas individuales de celofán y el sellado con el método tradicional manual utilizando una vela.

Se ha observado falencias en el proceso de empaquetado dentro de la producción, el sellado al perder hermeticidad limita la calidad del bicarbonato de sodio que, al ser una sustancia soluble en agua, es muy susceptible a la humedad, el producto se aglutina, absorbe olores y pierde sus propiedades características físico químicas, presentando inconvenientes causando malestar a los usuarios. El tiempo que se demora en el proceso de pesaje y sellado involucra un tiempo de mano de obra elevado, equivalente a 75 fundas por hora maximizando el costo final del producto. Otra falencia que se ha podido observar es no contar con el mismo peso en cada funda que recibe el cliente. Debido a que el proceso de empaquetado no se usa una balanza sino se lo hace mediante el volumen de una cuchara. Si se desea cubrir la demanda se necesita mayor número de horas de trabajador, eso implica un mayor costo, que cada vez hace que pierda competitividad con productos similares distribuidos por otros comerciantes.

Por contexto se plantea realizar una máquina dosificadora volumétrica y selladora continua de bicarbonato que permita aumentar la producción y la calidad del producto, ser competitivo en el mercado local y nacional. [1].

Para reactivar la industria artesanal tradicional, es importante transmitir información y conocimiento de las generaciones futuras sobre innovaciones técnicas pasadas. Con esto en mente, en este estudio aplicamos una metodología de sistemas para la integración y creación de conocimiento, para tratar de recopilar, organizar información y conocimientos sobre innovaciones técnicas. Los resultados del estudio indican que este método es útil para la información y el conocimiento de las generaciones futuras sobre innovaciones técnicas pasadas, y que apoyaría futuras actividades de investigación y desarrollo. [2].

Las mejores prácticas de la industria artesanal indonesia han adoptado prácticas de innovación, la investigación reveló que el papel del gobierno y las universidades es muy crucial para las mejores prácticas. La transferencia de conocimiento del gobierno, universidades, agencias internacionales, corporaciones y otras empresas turísticas pequeñas y medianas tienen un impacto significativo en el desarrollo del clúster de la industria. Además, se considera que la gestión de exposiciones es el método más eficaz y eficiente para promover los logros empresariales. [3].

1.2 JUSTIFICACION.

Realizar una máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora continua de bicarbonato orientada a la industria artesanal con el fin de mejorar la producción y la calidad del producto. El proyecto se justifica por tener valor teórico, utilidad metodológica, fomentar el desarrollo económico y potenciar el sector artesanal construyendo una máquina de bajo costo y que satisfaga las necesidades de los pequeños comerciantes y del consumidor final. En función a las políticas y objetivos del Plan Nacional Toda una vida, el proyecto busca sostener la oferta de productos artesanales, fortaleciendo los mecanismos de comercialización directa en tiendas de la provincia.

Con el presente proyecto se pretende brindar apoyo oportuno al artesano, que compite con medianas empresas que presentan producción automatizada, motivo por el cual, se desea implementar una máquina dosificadora de bicarbonato que cumpla con las condiciones expuestas por los comerciantes artesanos, sin perder la característica esencial de la industria artesanal.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, el diseño y construcción de una máquina dosificadora de bicarbonato, se pre visualiza como un acierto para generar mayor ingreso económico al artesano y contribuir a la transformación de la matriz productiva.

1.3 ALCANCE.

La máquina estará diseñada y construida para ser manejada fácilmente por el operador, para esto se empleará un dispositivo electrónico programable que controlará la posición de un servomotor para la dosificación continua de bicarbonato, este proceso iniciará mediante la activación de un botón en el panel de control.

El equipo contará con una tolva para contener 5 libras de bicarbonato antes de su dosificación. El elemento que proporcionará la dosificación será cilíndrico con 2 destajes en su diseño, que contendrá en el centro un espacio circular, donde ingresa el eje del servomotor que permitirá la rotación de este elemento para que realice la función de dosificación, el bicarbonato en la tolva estará en constante movimiento con una paleta acoplada a un sistema de bandas y poleas que permitirán el giro de este elemento para que no haya aglutinamiento.

Se utilizará funda plástica tubular en una medida de 1,5 [m], establecida para el sellado de 10 fundas de bicarbonato, que se deberá colocar a la salida de la tolva, sujeta a unos ganchos para dejar caer el bicarbonato dentro de la misma de manera continua, para su posterior sellado.

El proceso de sellado contará con dos rodillos que permiten el avance y arrastre de la funda plástica tubular para que entre en contacto con las dos planchas selladoras que proporcionarán la temperatura ideal de sellamiento, dentro de las cuales irán resistencias eléctricas que permitirá que la funda se selle mediante calor previamente calibrado, tanto el proceso de los rodillos como el de las planchas selladoras serán activadas mediante un botón que permitirá el inicio del proceso, que ira acoplado a un motor con sistemas de bandas y poleas que proporcionará el giro constante de los rodillos y las planchas a una misma velocidad, un servomotor permitirá el giro de la paleta que se encuentra en la tolva.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la provincia de Imbabura, el mercado de condimentos fabricados artesanalmente abarca sectores como: tiendas, restaurantes, etc. Donde se comercializa dichos productos que forman parte de la tradición y costumbres de los pequeños comerciantes que han encontrado, en este negocio una fuente de trabajo.

Debido a la demanda en la producción de condimentos, los pequeños comerciantes se ven obligados a realizar jornadas extensas de trabajo, para cubrir en su totalidad dicha comercialización, que la realizan de forma manual, el condimento lo empacan en fundas de celofán y su sellado usando una vela.

Por este motivo se propone diseñar y construir una máquina para la dosificación volumétrica y sellado continuo de bicarbonato para la industria artesanal, que favorecerá en el aumento de la producción y cubrirá la demanda en el mercado. La forma de realizar, será más eficiente permitiendo al operador manipular la máquina pero sin que haya el contacto con la materia prima para obtener un producto de mayor calidad y de forma más rápida.

El método propuesto en la realización de la dosificación volumétrica y sellado continuo, aumenta la producción, la calidad del producto y mejora las ventas de este tipo de comercialización.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo general.

Construir de una máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora continua de bicarbonato orientada a la industria artesanal.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Identificar las variables que puedan influir en la dosificación de bicarbonato.
- Construir un dispositivo encargado de proporcionar la dosificación y sellado necesario para la producción de fundas de bicarbonato.
- Optimizar el funcionamiento de la máquina mediante pruebas, para la producción de fundas de bicarbonato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1 Introducción

El fundamento teórico para el diseño de la máquina dosificadora se realizó haciendo una investigación bibliográfica en diversas fuentes y varios autores de los cuales se obtuvo una serie de conceptualizaciones básicas sobre: Industria artesanal, variables del proceso, capacidad de producción, bicarbonato de sodio, material de empaquetado, material para la estructura de la máquina y elementos de mando y control que aportan en el diseño y la construcción de la máquina dosificadora.

2.2 Industria artesanal.

Según menciona el Instituto de promoción de exportaciones e inversiones “Las artesanías ecuatorianas se caracterizan por su heterogeneidad, la tradición y al entorno geográfico en la cual se desarrollan. Se diferencian específicamente por el tipo de material empleado en la confección y la autenticidad del diseño creado por las manos del artesano”. [4].

En este sentido se puede afirmar que la industria artesanal, se caracteriza por el desarrollo de artesanías en base a un método tradicional que se lo realiza de forma manual.

2.2.1 Importancia de la automatización en la industria artesanal.

La ley de fomento artesanal ampara a los artesanos que se dedican, en forma individual o en unión artesanal, a la producción de bienes o servicios y que transforman materia prima con predominio de la labor fundamentalmente manual, con auxilio o no de máquinas, equipos o herramientas, siempre que no sobrepasen en sus activos fijos [5].

La producción abarca horas de trabajo lo que conlleva mayor costo en mano de obra, la automatización reducirá dicho valor de mano de obra y cubrirá la producción requerida por el mercado, beneficiando tanto al sector artesanal y al sector productivo.

2.3 Inconvenientes del proceso artesanal.

El proceso de empaquetado y sellado de forma manual presenta un sin número de inconvenientes tanto en la calidad del producto envasado como en la presentación. El operador al estar en contacto con la materia prima, como también en la parte del sellado que se lo realiza con el uso de una vela, *fotografía 2.1.*, varias de las fundas no quedan totalmente selladas perdiendo hermeticidad y provocando que el bicarbonato de sodio pierda sus características para su respectivo uso, debido a que el producto se deteriora en menos tiempo



Fotografía 2.1. Proceso manual de sellado de condimentos

2.3.1 Capacidad de producción.

Los parámetros son especificados por el comerciante tomando en cuenta las necesidades y la demanda existente en el mercado. La máquina dosificadora y selladora de bicarbonato genera 300 [u/h].

La cantidad de materia prima procesada por día es de 5 [lb], la porción por funda de bicarbonato es de 15 [g].

2.3.2 Características del bicarbonato de sodio

Es un compuesto sólido cristalino de color blanco también conocido como sal alcalina que se disuelve fácilmente en agua. Una sustancia polivalente que tiene varias aplicaciones como corporales, medicinales, en higiene y repostería.

El bicarbonato es un polvo muy susceptible a la humedad por lo tanto al entrar en contacto con el ambiente se aglutina y pierdes sus características.

-No contaminante: Este fino polvo blanco, es completamente natural y no ofrece ningún peligro para el medio ambiente, porque no contamina. Una vez usado, es biodegradable.

-No tóxico: No hay ninguna necesidad de utilizar productos químicos, tóxicos o agresivos con la piel. Es inofensivo: puede emplearse en los adultos, los niños, los animales de compañía y las plantas.

-Eficaz: de uso fácil en todos los ámbitos como medicina, industria, repostería, higiene.

2.3.3 Material de empaquetado.

Las fundas son indispensables en el proceso de sellado, los requerimientos para obtener un producto de mayor calidad sin duda dependen de la funda plástica termosellable, que cumple la función de proteger y conservar el producto en las mejores condiciones posibles.

La Escuela de Ingenierías Industriales menciona: “El polietileno de baja densidad es un termoplástico transparente, flexible, liviano, impermeable, no tóxico, de fácil procesamiento y de bajo costo, posee excelentes propiedades térmicas, no se adhiere al producto, buena dureza y resistencia al impacto en bajas temperaturas.” [6].

En cambio, el polipropileno es un termoplástico, con excelente reacción bajo estiramiento, excelentes propiedades térmicas, respecto al producto en polvo es un plástico no adecuado por su adherencia con la materia prima.

Una vez determinado la relación entre los tipos de plásticos se procede a seleccionar el plástico adecuado. El polietileno de baja densidad es seleccionado para el dosificado y posterior sellado de bicarbonato por su característica termosellable, por mantener en buena

calidad el producto y por no ser adherente con el producto en polvo, es el termoplástico adecuado para contener el bicarbonato, la presentación en la que se va a usar es en rollo tubular, se encuentra disponible en el mercado.

2.3.4 Material para la estructura de la máquina.

Según la FDA (Food and Drug Administration) de USA, los requisitos que deben cumplir los materiales en contacto con alimentos son:

- Resistencia a la corrosión.
- No tóxicos.
- Resistencia a la abrasión y al calor. [7].

Según JN ACEROS, El acero inoxidable tipo AISI 304 se utiliza en la industria alimentaria porque es higiénico y presenta las siguientes características:

- Elevada resistencia a la corrosión.
- Superficie totalmente lisa.
- Elevada resistencia a variaciones térmicas.
- Óptima capacidad de limpieza. [8].

2.3.5 Elementos de mando y control.

Los elementos de mando y control que son una parte constituyente en la máquina para la dosificación y posterior sellado de bicarbonato son establecidos a continuación:

Sistema de activación: mediante un botón de encendido ON/OFF

Sistema de inicio: pulsador que activa el proceso completo de dosificación y sellado.

Sistema de paro de emergencia: interruptor que bloquea el completo funcionamiento de la máquina.

Sistema de transmisión: sincroniza la velocidad del motor con los diferentes sistemas de la máquina.

2.4 Sistemas de dosificación.

En el estudio de la metodología de investigación, se realiza comparaciones entre tipos de dosificadoras tales como: dosificadora de tornillo, de compuerta rotativa, de banda rodante, gravimétrica de banda, para comparar y ver cuál es más factible para producto en polvo y así determinar las partes constituyentes de la máquina dosificadora y selladora; presentado cada una de las características de los procesos a implementar.

2.4.1 Dosificadora de tornillo.

El elemento fundamental es un tornillo situado en la parte inferior de la tolva, que libera un volumen determinado de producto en cada giro.

La velocidad de giro del tornillo está dada por un sistema de reducción de velocidad ya sea este por bandas o engranajes, agregado a un motor eléctrico, servomotor o motor a un variador de velocidad, como se muestra en la *figura 2.1*.

El requerimiento en la dosificación de la sustancia es directamente proporcional a la velocidad del motor. Este mecanismo puede estar en funcionamiento de manera intermitente o continua y se lo puede emplear para cantidades pequeñas y grandes de producto en polvo.[9].

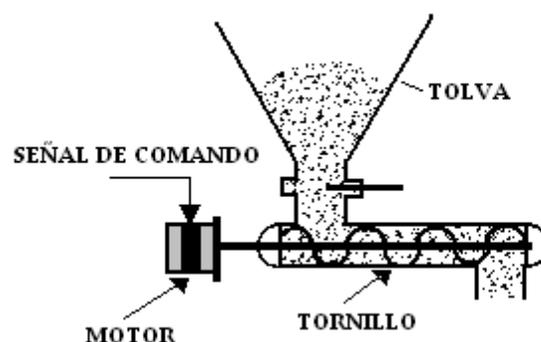


Figura 2. 1 Dosificadora de tornillo. [9].

2.4.2 Dosificadora de compuerta rotativa.

El elemento principal de este dosificador de construcción simple y robusta, es un contenedor que se encuentra en el inferior de la tolva, el contenedor está diseñado para recibir una cantidad precisa de producto en polvo que por cada giro deposita la cantidad requerida por dosificación, para controlar la velocidad del motor este está equipado con una caja reductora o con un variador de velocidad, que permite controlar el movimiento del contenedor donde se encuentra alojado el producto, este dosificador es adecuado para cantidades pequeñas de producto en polvo. Dosificadora de compuerta rotativa, como se muestra en la *figura 2.2*. [9].

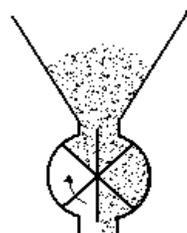


Figura 2. 2 Dosificadora de compuerta rotativa. [9].

2.4.3 Dosificadora de banda rodante.

El principio de funcionamiento del dosificador de banda consiste en una tolva que en su parte inferior tiene una banda transportadora, su función es transportar el producto dosificado que se lo obtiene mediante la velocidad de la banda y la altura de la compuerta, cierta cantidad de producto recorre por la banda transportadora antes que la compuerta se cierre, produciendo la respectiva dosificación de producto en polvo, en base a las condiciones del producto a dosificar, se aplica en dosificación a gran escala, cantidades grandes de producto en polvo, como se muestra en la *figura 2.3*. [9].

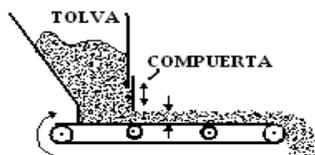


Figura 2. 3 Dosificadora de banda rodante. [9].

2.4.4 Dosificadora gravimétrica de banda.

El funcionamiento es semejante a un dosificador de banda rodante, sin embargo, hay un control continuo en la masa del producto que se emplea, el factor indispensable es la medida que se encuentra en la balanza ubicada en la banda, que mediante el control de la velocidad de la banda y de la posición de la compuerta a la salida de la tolva, se determina la cantidad del producto sobre la banda. El controlador maneja estos parámetros de acuerdo a la cantidad de producto a dosificar, pero se lo aplica en procesos de mayor producción y cantidad de materia prima, como se muestra en la *figura 2.4*. [9].

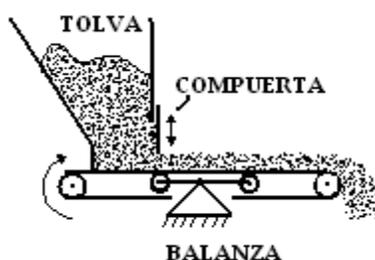
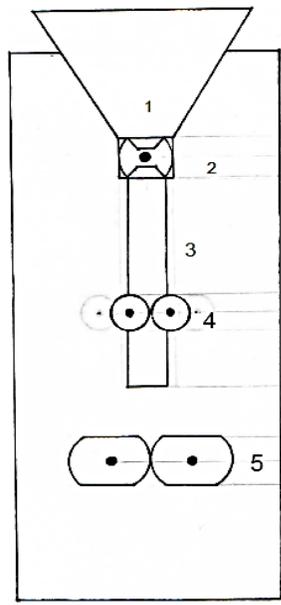


Figura 2. 4 Dosificadora gravimétrica de banda. [9].

La selección del dosificador en polvo se efectúa determinando el rango de trabajo que debe tener el equipo. Este rango lo constituyen los límites de dosificación. La máquina seleccionada será del tipo compuerta rotativa por tratarse de dosificaciones en cantidades pequeñas de producto en el rango de 0,01 [kg] a 5 [kg].

2.4.5 Partes constituyentes de la máquina dosificadora y selladora.

El esquema de la máquina propuesta para la dosificación del producto y sellado de la funda con sus respectivos elementos se indica en la *figura 2.5*.



- | |
|--|
| <p>1.- Tolva de alimentación.</p> <p>2.- Elemento dosificador.</p> <p>3.- Sistema complementario de dosificación.</p> <p>4.- Sistema de arrastre.</p> <p>5.- Sistema de sellado.</p> |
|--|

Figura 2. 5 Boceto máquina dosificadora y selladora.

2.4.5.1 Tolva de alimentación.

La tolva es el elemento encargado del almacenamiento de bicarbonato, como se muestra en la **figura 2.5, (Parte 1)**. Este elemento es acoplado a la dosificadora. Los parámetros de diseño establecidos son los siguientes:

- Forma: Cónica con un ángulo de 60° , ángulo que garantiza un flujo continuo del producto dentro de la tolva, esta selección se lo realiza en base al volumen que debe ocupar la materia prima, que es de 5 [lb], la tolva va sujeta en un soporte para la respectiva conexión a la compuerta rotativa y un tubo complementario de dosificación. El material será acero inoxidable AISI 304.

2.4.6 Elemento dosificador.

Elemento encargado de proporcionar cantidades iguales de producto, la dosificación por contenedor permite que el producto ocupe un volumen específico que posteriormente será depositado en la funda plástica tubular, por lo tanto la forma del elemento dosificador es un cilindro que cuenta con 2 destajes que almacenan los 15 [g] de producto en cada cámara,

estos destajes se implementan para que el producto contenido mediante un giro de 180° permita la dosificación de bicarbonato, dicho cilindro en el centro tiene un eje sólido que está sujeto a la estructura con rodamientos en forma de chumacera **figura 2.5. (Parte 2)**.

La selección del dispositivo, se realiza por especificación de volumen, que es el método empleado en el diseño del elemento dosificador por compuerta rotativa y cuenta con dos destajes que dan paso al producto por cada giro del elemento.

2.4.7 Tabla de decisión del tipo de tolva y elemento dosificador a implementar.

A continuación, como se muestra en la **tabla 2.1**, se realiza un cuadro comparativo entre las dosificadoras, para la selección del tipo de dosificadora a implementar.

Tabla 2. 1 Cuadro comparativo de las dosificadoras. [9].

Dosificadora.	Función	Uso	Límites de dosificación [kg]
Tornillo.	Volumen por giro	Para material granular o en polvo.	1 – 35
Compuerta rotativa.	Cantidad por giro	Para material en polvo.	0,01 – 5
Banda rodante.	Recorrido por banda	Para material granular o en polvo.	7 – 300
Gravimétrica de banda	Medida por balanza	Para material granular o en polvo.	8 - 2000

2.4.8 Características del sistema complementario de dosificación.

La dosificadora y selladora trabaja con funda plástica tubular, por lo tanto, necesita un tubo complementario en donde va a estar contenida dicha funda, para su posterior arrastre una vez iniciado el proceso.

Este sistema va acoplado tanto al soporte de la tolva, como al cilindro donde se encuentra ubicado el elemento dosificador, porque el proceso de dosificación es un proceso vertical y

sincronizado con cada uno de sus elementos, que cumple una función específica, como se muestra en la *figura 2.5. (Parte 3)*, este tubo complementario cumple la función de albergar a la funda plástica tubular, mientras se realiza el proceso de arrastre.

2.4.9 Características del sistema de arrastre.

El sistema de arrastre como se muestra en la *figura 2.5. (Parte 4)*, permite el avance de la funda tubular para que entre en contacto con la selladora, este sistema proporciona que la dosificación y sellado sea continuo, mediante la sincronización de las 2 partes respectivamente.

Tabla 2. 2 Tabla de decisión para la selección del sistema de arrastre. [9]

Sistema de arrastre.	Función	Uso
Rodillos.	Arrastre perpendicular a la dosificación	Para material plástico (polietileno de baja densidad)
Banda transportadora.	Arrastre horizontal u oblicuo.	Para envases.
Banda rodante.	Recorrido por banda.	Para envases.

La selección de este sistema es porque la dosificación se realiza con funda plástica tubular que está colocada a la salida de la tolva en un tubo complementario que se encarga de sujetar a la funda. Para el arrastre se empleará rodillos moleteados, ubicados en un eje con base a cada lado permitiendo su movimiento circular, estos rodillos se encuentran distribuidos de forma uniforme y cumplen la función de permitir el avance de la funda plástica cuando el sistema comienza a operar a una velocidad constante.

2.4.10 Características del sistema de sellado.

El sistema de sellado es acoplado a todo el sistema de transmisión (poleas, engranajes y bandas) con el mismo movimiento de arrastre en donde se realizan los respectivos sentidos

de giro. Estas placas tienen una forma rectangular con los bordes redondeados en las esquinas que permiten el giro óptimo de dichas placas, como se muestra en la *figura 2.5. (Parte 5)*. Mediante un giro sobre su eje las placas entran en contacto permitiendo el sellado de la funda plástica tubular, una placa selladora cuenta con una resistencia eléctrica con la temperatura previamente calibrada de 85 [°C] que es la temperatura adecuada para que se realice el sellado sin que el plástico de polietileno pierda sus características, los ejes donde están sujetas las placas son ejes huecos en donde se encuentra la resistencia eléctrica que es la encargada de transmitir el calor a la placa y posteriormente a la funda plástica tubular, las especificaciones se indica en el diseño de la selladora.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE DISEÑO MECÁNICO

3.1 Introducción.

Este capítulo está basado en el desarrollo y diseño de la máquina dosificadora. Considerando que ya se tiene los elementos y dispositivos para cada una de las partes que conforman la máquina, se procede a realizar uno por uno los cálculos requeridos para no perder ningún detalle al momento de la construcción.

Esta máquina dosifica y sella por lo que requiere elementos como:

3.2 Tolva de alimentación.

El primer paso en el diseño de la tolva es determinar la densidad del material, la materia prima es **Bicarbonato de sodio**, su densidad es de $2173 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ [10]

Al saber la densidad se procede a calcular el volumen que ocupará en la tolva.

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Dónde:

d = densidad del bicarbonato, $2173 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$

m = masa del bicarbonato requerido, $2,26kg$

V = volumen que requiere ocupar la tolva

De la ecuación 3.1, se determina que el volumen de bicarbonato en la tolva será de $0,002761m^3$, mismo que se utiliza para calcular el volumen de la tolva.

Según Acrison: el ángulo de deslizamiento adecuado de la tolva debe ser de 60°, para garantizar que el bicarbonato no se adhiera a las paredes de la tolva y todo el producto llegue al elemento dosificador y el el volumen ocupado por el producto debe ser de 35% del volúmen total de la tolva. [9]

Según lo expresado en el párrafo anterior el volumen de la tolva se lo obtiene:

$$x = \frac{(\text{volumen del bicarbonato en la tolva}) \cdot 100}{35} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

El volumen de la tolva es de $x = 0,007889 \text{ m}^3$, por lo tanto de la **Tabla 3.1** se toma los valores requeridos para el diseño de la tolva como son: base menor de 0,03m y base mayor de 0,12m.

Tabla 3. 1 Cuadro comparativo de medidas de tolva según su volumen. [9]

Material	Diámetro mayor, diámetro menor. [m]	Límites de almacenamiento [m³]
Granular o en polvo.	D=5,2; d=1,8	100 – 300
Granular o en polvo.	D=1,4; d=0,6	35 - 100
Granular o en polvo.	D=0,84; d=0,21	6 – 35
Granular o en polvo.	D=0,12; d=0,03	0,01 – 5

Para calcular la altura de la tolva se lo realiza con la siguiente ecuación de volumen de un cono truncado:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2) \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

V = volumen de la tolva [m^3]

D = diámetro mayor [m]

d = diámetro menor [m]

h = altura [m]

Se despeja la altura de la ecuacion 3.3:

$$h = \frac{3V}{\pi(R^2+r^2+Rr)} = 0,14349m$$

en la Figura 3.1 se observa los valores de la tolva dimensionados y el valor calculado de altura.

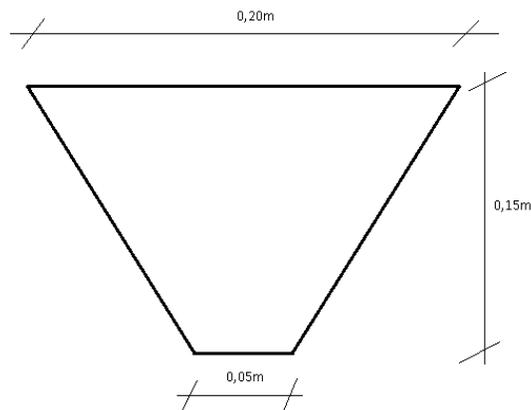


Figura 3. 1 Dimensiones de la tolva

3.2.1 Parámetros para la selección del espesor de la lámina de la tolva.

Los parámetros a seguir para la selección son los siguientes:

Soldadura. - al momento de la construcción de la tolva, el calor generado por la soldadura provoca deformación en el material, por consiguiente, el mínimo valor del espesor para soldar es 0,7mm, para evitar la deformación

Temperatura de Trabajo. - la tolva no será sometida a calor por lo que este parámetro no afecta en la deformación de la tolva.

El valor mínimo soldable es de 0,7mm, este espesor en la lámina de acero inoxidable se encuentra disponible en el mercado, por lo tanto, será el espesor seleccionado para el desarrollo de la tolva. Su geometría se muestra en la *figura 3.1*.

La tolva cuenta con una superficie circular que sirve como sujeción para el soporte que se encarga de mantener la tolva en la posición adecuada para la respectiva dosificación, como se muestra en la *figura 3.2*.



Figura 3. 2 Tolva

3.2.2 Especificaciones de la tolva.

Peso tolva: 23,03 [N]

Material: AISI 304. (Véase en anexos)

Capacidad máxima de bicarbonato: 6 [kg].

Volumen: 0,002761 [m^3]

3.3 Diseño del eje del elemento dosificador.

Para el diseño del eje del elemento dosificador se debe limitar las especificaciones del eje sólido calculando el torque que se ejercerá en el mismo, tomando en cuenta que el modelo inicial de desarrollo cuenta con un elemento dosificador, se procede a calcular el momento torsor máximo con la siguiente ecuación:

$$M = I * \alpha \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Dónde:

$M =$ momento torsor.

$I =$ inercia ejercido en un eje sólido.

$\alpha =$ aceleración angular.

El programa esta acondicionado para que el motor gire dos vueltas cada segundo equivalente a 120 [RPM], por lo tanto, se calcula.

$$120 \text{ [RPM]} \cong 12,56 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Su aceleración angular depende de cuánto se demora en dar un giro el eje sólido, el programa está acondicionado para dar 1 giro en 2 segundos por lo tanto la aceleración angular es igual a:

$$120 \text{ rpm} \approx 12,56 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \approx 6,28 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Para obtener la inercia en el eje sólido se emplea la ecuación, tomando en cuenta que van a ser evaluados dos partes en el diseño del eje, como es la parte donde solo se encuentre el eje sólido y la otra parte donde se encuentra el elemento dosificador:

$$I = \frac{\pi * D^4 * L_{\text{eje}} * P}{32} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

$D =$ diametro dimensionado para el eje. 0,015[m]

$L =$ longitud del eje 0,22[m]

$$P = \text{Densidad del acero inoxidable AISI 304, 7900} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Se reemplaza los datos de la **ecuación 3.5**

$$I = 0,000008638 [kg \cdot m^2]$$

Se realiza el mismo procedimiento para obtener el valor de inercia en el elemento dosificador con los siguientes datos:

$$D = \text{diametro dimensionado para el eje. } 0,04[m]$$

$$L = \text{longitud del eje } 0,08[m]$$

$$P = \text{Densidad del acero inoxidable AISI 304, 7900} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Se reemplaza los datos de la **ecuación 3.5**

$$I = 0,0003878 [kg \cdot m^2]$$

Con los dos valores obtenidos de inercia se procede a calcular la inercia total que equivale a:

$$I_T = 0,0003964 [kg \cdot m^2]$$

Una vez obtenidos estos datos se calcula el momento torsor de la **ecuación 3.4**:

$$M = 0,002490 N \cdot m$$

El momento torsor obtenido es casi despreciable en el sistema no representa un momento torsor crítico por lo que el eje no sufrirá deformación alguna en base a la variable mencionada, por lo que el momento flector tiene mayor influencia en el elemento dosificador, como se muestra en la **figura 3.3**, siendo la fuerza ejercida en el elemento dosificador que puede causar flexión en su estructura. [12]

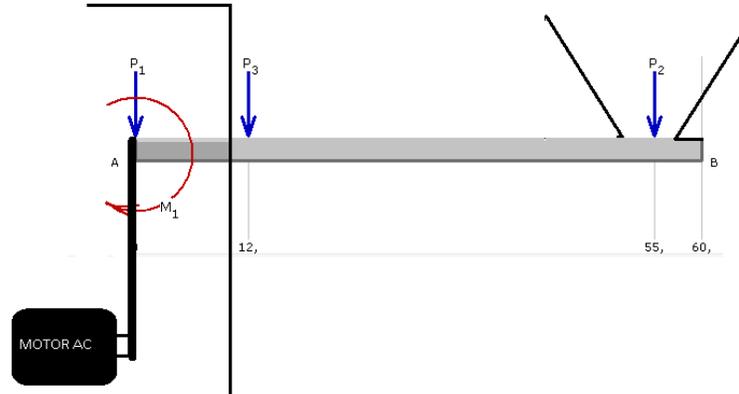


Figura 3. 3 Diagrama de cuerpo libre en el elemento dosificador

3.4 Diseño de la estructura.

El diseño de la estructura de la máquina se basa fundamentalmente en dar un excelente funcionamiento a cada uno de los elementos que la conforman, previsto de un factor de seguridad, justificando el uso de cada material que va a tener la máquina, el volumen y todos los esfuerzos en cada uno de los elementos a conformar, esto se lo realiza en base a cálculos para el diseño de los elementos. [12]

Con ayuda del software para la creación de piezas mecánicas, facilita una observación más clara del proceso de construcción de la máquina dosificadora y selladora.

3.4.1 Diseño mecánico de la estructura.

La estructura a realizar, es la encargada de ser la base y soporte de la máquina como se muestra en la *figura 3.4*

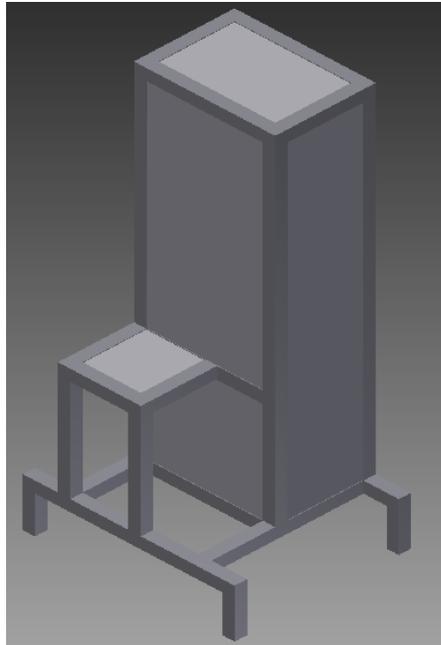


Figura 3. 4 Estructura de la Máquina.

Para calcular el espesor del tubo que se utiliza en la construcción de la estructura se debe establecer el peso al que está sujeta la estructura de la máquina.

Una vez que se determina el peso, mediante la selección de cargas que recae en el extremo del elemento dosificador, sujeto a la estructura como se muestre en la *figura 3.5*,

Se procede a calcular la fuerza estática:

La masa del sistema que se encuentra en el extremo el elemento dosificador viene dada por:

Tabla 3. 2 Sumatoria de cargas.

Masa	[kg]
Tolva.	2,35
Materia prima.	1,00

Soporte estructura.	1,00
Sistema de arrastre.	3,00
Sistema de sellado.	3,00
Tubo estructural.	1,65
TOTAL	12

$$F_{est} = m * g \quad Ec. (3.6)$$

Donde:

F_{est} = fuerza estática que recae en el extremo del elemento dosificador sujeto a la estructura.

m = masa total de la tolva con el bicarbonato y el elemento dosificador, 12 [kg]

g = gravedad, 9.81 [m/s^2]

Resolviendo la *ecuación 3.6* se tiene:

$$F_{est} = 117,72 \text{ N}$$

El valor obtenido de la fuerza estática se toma como caso crítico sobre el extremo del elemento dosificador y se obtiene el siguiente diagrama de cuerpo libre:

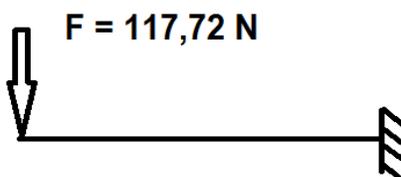
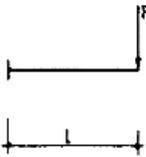
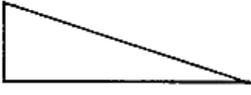


Figura 3. 5 Diagrama de cuerpo libre de la fuerza estática en la estructura.

Una vez calculado la fuerza sobre el elemento dosificador se procede a calcular el momento flector máximo mediante la tabla de viga en voladizo.

Tabla 3.3 Diagrama de momentos. [15]

SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCION EN APOYO	FLECHA MAXIMA ANGULO DE GIRO EXTREMO
	 <p style="text-align: center;">$M = FL$</p>	 <p style="text-align: center;">$R = F$</p>	$f = \frac{FL^3}{3EI}$ $\theta = \frac{FL^2}{2EI}$

De la *tabla 3.3* se obtiene la ecuación para el momento flector máximo.

$$M = F * L \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

$M =$ Momento flector maximo, $[N * m]$

$F =$ Fuerza estática en la viga, $117,72[N]$

$L =$ Longitud de la viga, $0,30[m]$

Resolviendo la ecuación 3.7, el resultado es:

$$M = 35,316 [N * m]$$

Para calcular el módulo de sección mínima se emplea la siguiente ecuación:

$$M = Z * R \quad \text{Ec. (3.8)*}$$

Donde:

$Z =$ Módulo de la sección, $[m^3]$

$M = \text{Momento flector maximo}, 35,316 [N * m]$

$R = \text{Resistencia a la tracción del material; tubo estructural ASTM A500.}$

$R = \text{resistencia a la tracción}, 310 [Mpa], 310000000 [\frac{N}{m^2}]$

Despejando el módulo de la sección se obtiene:

$$Z = \frac{M}{R} = 0,000000114 [m^3] \cong 0,114 [cm^3]$$

Una vez obtenido la medida del módulo de la sección, se procede a elegir el espesor del tubo con el que se construye la estructura de la máquina.

Como se puede observar dentro de la tabla, todos los datos cumplen con el valor calculado de la sección mínima, por motivos de disponibilidad y contar en stock del material se procede a elegir el tubo estructural de 0,04 [m].

Posteriormente realizado el análisis se selecciona el tubo estructural ASTM A500 de 0,04 [m] que tiene las siguientes características:

Tabla 3. 4 Características del tubo seleccionado ASTM A500

CARACTERISTICAS	L [mm]	Espesor [mm]	R. tracción [MPa]
TUBO ASTM A500	40	1,5	310
Peso [kg/m]	Área [m²]	m. sección [m³]	límite fluencia [MPa]
1,82	0,000225	0,0000274	269

Se procede a realizar un cálculo regresivo de la fuerza que es aplicada para tubo de 0,04[m]

Se emplea la *ecuación 8*:

$$M = Z * R$$

La sección mínima para tubo estructural de 0,04 [m] es de 0,00000274 [m³] Se puede observar en la tabla 3.4.

La resistencia a la tracción (R) es igual a 310000000 [$\frac{N}{m^2}$]

Se procede a calcular el momento:

$$M = 849,4 \text{ N} * m$$

Una vez calculado el momento se procede a calcular la fuerza con la *ecuación 3.9*

$$M = F * L$$

$$F = \frac{M}{L}$$

$$F = 2831,33 \text{ N}$$

Esa es la fuerza que soporta el tubo estructural de 0,04 [m].

Por lo tanto, se determina que el material se ha sobrevalorado y soporta la carga, sin provocar deformación ya sea por flexión o torsión.

A continuación, se realiza la justificación pertinente para la selección del material.

3.4.2 Factor de seguridad.

Para determinar el factor de seguridad de la máquina, se debe tener en cuenta el peso total de la estructura, para poder así determinar el esfuerzo de compresión, usando la siguiente fórmula:

$$\sigma_c = \frac{W_{pt}}{A} \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Donde:

$$\sigma_c = \text{Esfuerzo de compresión, } \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$W_{pt} = \text{Peso total de la estructura, } 45 [kg], 441.45 [N]$$

$$A = \text{area transversal de la estructura, } 0.000225 [m^2] *$$

Este valor está determinado en la **tabla 3.4**.*

Se procede a resolver la ecuación 3.15, dando como resultado:

$$\sigma_c = 19620000 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Para calcular el factor de seguridad se usa datos calculados y obtenidos en la **tabla 3.4**:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_c \text{ total}} \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

$$F_s = \text{factor de seguridad}$$

$$S_y = \text{limite de fluencia del tubo ASTM A500, } 85 [MPa], 850000 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma_c \text{ total} = \text{Esfuerzo de compresión, } 196200 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Calculando el factor de seguridad de la **ecuación 3.11**:

$$F_s = 4,33$$

3.4.3 Determinación del material adecuado.

Para determinar si el material elegido es el adecuado se realiza la relación de esbeltez en el extremo del elemento dosificador que está acoplado a la estructura.

$$\text{relación de esbeltez} = \frac{kL}{r} \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Donde:

$L = \text{longitud de la estructura, } 1,30 \text{ [m]}$

$k = \text{constante del extremo fijo.}$

$r = \text{radio de giro } 0,0110 \text{ [m]} *$

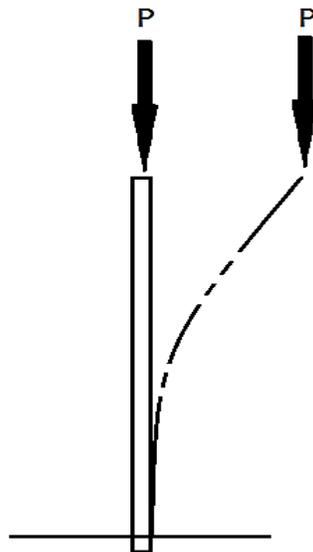
*El radio de giro lo se obtiene con la siguiente ecuación:

Para sección cuadrada de lado L:

$$r = \frac{L}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (3.13)*}$$

$$r = \frac{L}{\sqrt{12}} = 0,0110 \text{ [m]}$$

Para determinar la constante del extremo fijo (k) observamos en la **figura 3.6**



Valores teóricos $k=2,0$
 Valores prácticos $k=2,10$

Figura 3. 6 Constante de extremo fijo en empotrada libre. [12]

Se usa el valor de $k = 2,10$ y se usa en la **ecuación 3.12**

$$\text{relación de esbeltez} = 248,18$$

El valor obtenido es el requerido porque dentro de la relación de esbeltez el valor máximo que soporta es de 240 a 300.

Para tener una relación del valor de esbeltez se debe calcular la carga crítica en la estructura, posteriormente también, calcular la relación de esbeltez de transición mostrado en la **ecuación 3.14**.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde:

$C_c =$ relación de esbeltez de transición.

$E =$ módulo de elasticidad, 200000 [MPa]*

$S_y =$ límite de fluencia, 269 [MPa]

Reemplazando los datos en la **ecuación 3.14** se obtiene:

$$C_c = 121,14$$

Con la relación de los valores obtenidos se define que el valor de la relación de esbeltez es mayor que el de la relación de esbeltez de transición, con lo que se procede a calcular el valor de la carga crítica con la ecuación de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Dónde:

P_{cr} = Carga crítica

A = area transversal de la estructura, 2.25 [cm²], 0.000225 [m²] *

Este valor se lo encuentra en la tabla 3.4 del tubo ASTM-500 de pulgada y media con espesor de 1,5[mm].*

E = módulo de elasticidad, 200000 [MPa]

k = constante del extremo fijo 2,10

L = longitud de la estructura, 1,30 [m]

r = radio de giro 0,0110 [m]

Reemplazando todos los datos se obtiene:

P_{cr} = 7210,72 [N]

Con los valores obtenidos, se calcula el factor de seguridad con la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{P_{cr}}{P_r} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

Donde:

n_s = Factor de seguridad

P_{cr} = Carga crítica

P_r = Carga real

Resolviendo la **ecuación 3.16**:

n_s = 2,54

Como el valor del factor de seguridad obtenido es alto, se determina que el material que se utiliza cumple con las condiciones para su construcción al soportar cargas a las que se encuentre sometido.

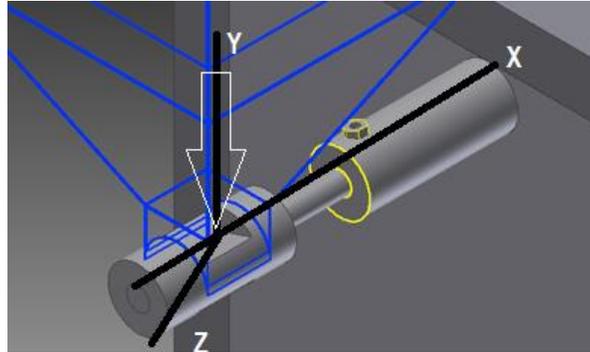


Figura 3. 7 Plano tridimensional del elemento dosificador.

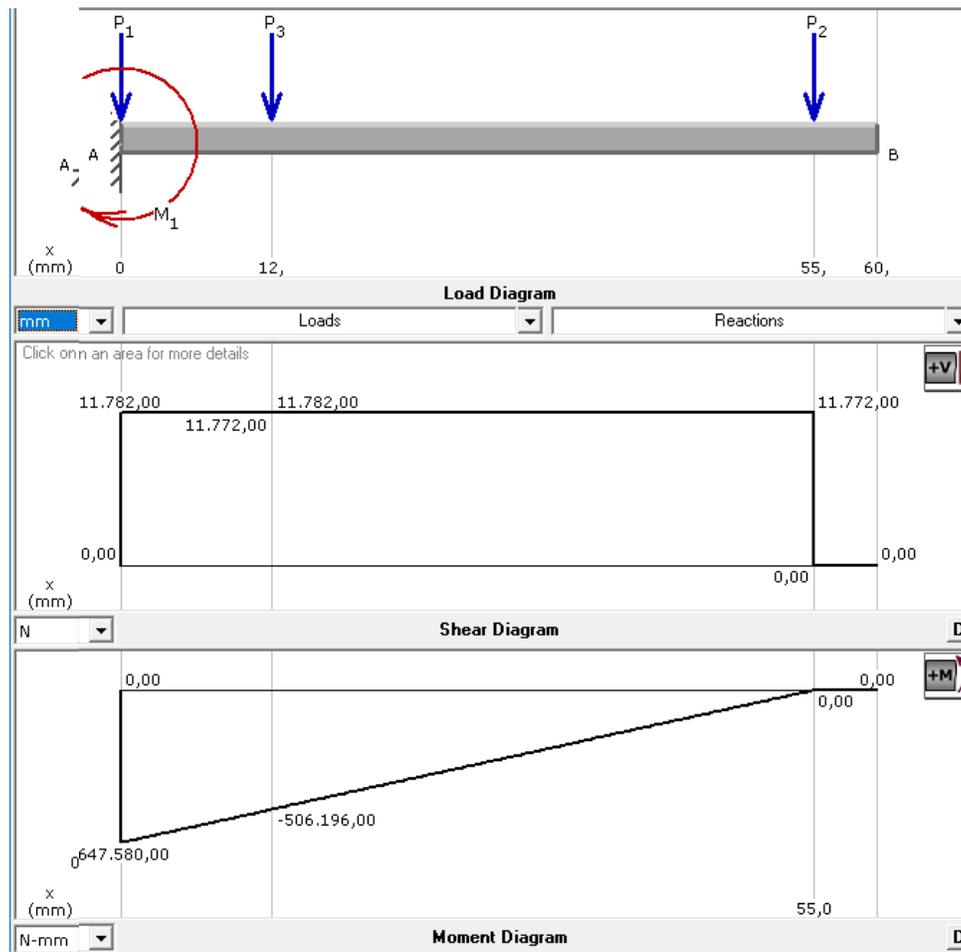


Figura 3. 8 Diagramas de cargas, corte y momento del elemento dosificador

3.5 Selección de eje.

El momento torsor máximo en el extremo del eje es $0,002490 N * m$ valor calculado en la **ecuación 3.17**, luego de haber hecho el análisis para el diseño del eje se determina que la carga crítica sobre el elemento y el eje no afecta a las características de diseño, por lo que el diámetro del eje no es ningún inconveniente al momento de diseñarlo. [12]

El sistema de transmisión por bandas y poleas desde el motor al eje, presenta la potencia real con la que trabaja el eje y el elemento dosificador.

Para hallar la potencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = M * \omega \quad \text{Ec. (3.17)}$$

Dónde:

P = Potencia [Hp]

M = Momento torsor [Nm]

ω = velocidad angular. [rad/s]

$$P = 0,0312744 \text{ HP}$$

Potencia requerida en el sistema de transmisión de movimiento con el cual el elemento dosificador, el sistema de arrastre y el sistema de sellado funcionan, como se muestra en la figura 3.10.

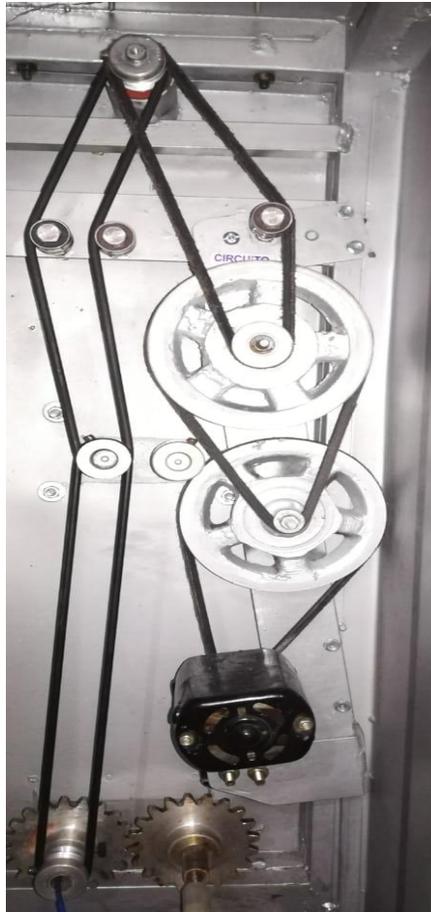


Figura 3. 9 Sistema de transmisión por bandas y poleas

Por lo tanto se escoge un motor de $\frac{1}{4}$ HP por disponibilidad en el mercado.

Al tener en stock el eje sólido de acero inoxidable de 15[mm] de diámetro se procede a seleccionar dicho valor como punto inicial, la potencia del motor será la potencia que consume el eje y sus componentes, Según Groover: los criterios de diseño en el eje del elemento dosificador que debe tener en cuenta son:

- Para el diseño de ejes es importante siempre usar rodamientos, que permitan tener un soporte estable, generar cargas balanceadas y minimizar los momentos de flexión.
- La longitud del eje a diseñar debe tener un valor mayor a la altura de la tolva por lo tanto es de 30 [cm], establecido como soporte del elemento dosificador.

- Por dimensionamiento y por estar en contacto con el bicarbonato la elección del eje a utilizar es un eje sólido de acero inoxidable AISI 304, el cual ayuda a la transmisión del movimiento, el diámetro del eje es de 15 [mm].

El diámetro del eje se procede a seleccionar por definición y por su disponibilidad en el mercado, cabe recalcar que en la selección del diámetro del eje, se lo hará con el rodamiento 6202-2RS.

La medida interna (d) es de 0,015 [m] por lo tanto el diámetro del eje tendrá dicha medida.

Una vez especificado el diámetro del eje, se dimensiona el valor del largo del mismo que será de 0,30 [m]. Medida adecuada para soportar la carga crítica calculada para no afectar sus características por posible flexión o torsión.

3.6 Diseño del elemento dosificador.

Seleccionado el diámetro y la longitud del eje se procede a realizar el diseño del elemento dosificador que estará sujeto al eje, pero antes se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros para su diseño:

- El tipo de dosificación es volumétrica por lo tanto se usa un contenedor.
- La cantidad de cada dosificación es de 15 [g] por funda.
- El diseño se lo debe hacer en base a la cantidad por dosificación.

Determinando las condiciones para la construcción del elemento se procede a realizar el diseño del elemento dosificador.

Para calcular el volumen en cada dosificación la calculamos con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Donde:

$d = \text{densidad de bicarbonato}, 2,173 \text{ g/cm}^3$

$m = \text{masa en el elemento dosificador}, 15 \text{ g}$

$v = \text{volumen del contenedor de bicarbonato.}$

Despejando el volumen de la **ecuación 3.18**:

$$v = \frac{m}{d} = 6,90 \text{ cm}^3 = 0,0000069 \text{ m}^3$$

Obtenido el volumen se procede a realizar el diseño del contenedor, el contenedor tendrá forma de prisma triangular en un tubo de acero inoxidable de 3,81 [cm] (pulgada y media). Tomando en cuenta que el diámetro del eje es de 1,5 [cm]. Hacemos la siguiente relación, la diferencia entre la medida del tubo de acero inoxidable y el eje sólido da como resultado el valor que se muestra en la **figura 3.10**.

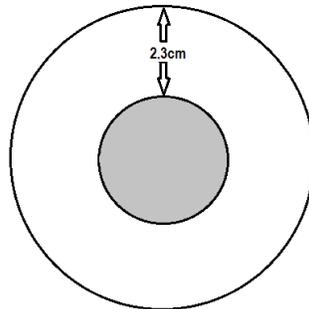


Figura 3. 10 Relación entre el diámetro del eje y el tubo de acero inoxidable.

El espacio para realizar el diseño del contenedor es de 2.3 [cm] por la relación que existe entre el eje y el tubo de acero inoxidable, con esta medida se puede comenzar a determinar los valores del prisma triangular para su posterior diseño. [12].

La ecuación para encontrar el volumen del prisma triangular es:

$$V = A_b * L \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Donde:

$V = \text{Volumen del prisma triangular } 0,0000069 \text{ m}^3$

$$A_b = \text{Área de la base} = \frac{b * h}{2}$$

$L = \text{largo del prisma triangular}$

Reemplazando los valores en la **ecuación 3.19**

$$V = \frac{b * h}{2} * L \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Se dimensiona los valores de b y L en la **ecuación 3.19**.

$$b = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ [m]}$$

$$L = 3,2 \text{ cm} = 0,032 \text{ [m]}$$

Con estos datos se despeja la altura (h) de la **ecuación 3.19**.

$$h = \frac{2 * V}{b * L} = 0,017 \text{ [m]}$$

Con los datos obtenidos se procede a diseñar el prisma triangular en el tubo de acero inoxidable, para el diseño e emplea el mismo material usado en la tolva lamina de acero inoxidable AISI 304 y finalmente quedará como en la **figura 3.11**.

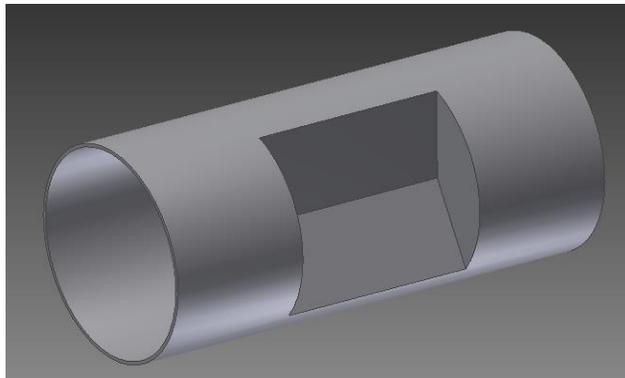


Figura 3. 11 Elemento dosificador.

3.7 Sistema de arrastre.

Tanto en el sistema de arrastre como en el sistema de sellado deben estar sincronizados entre sí con el movimiento del elemento dosificador, por el uso del mismo motor, se debe seleccionar un sistema de transmisión adecuado para la sincronización de los mismos. [12]



Figura 3. 12 Sistema de arrastre.

Las cargas específicas se muestran a continuación con los respectivos diagramas de carga, de corte y de momentos, como se muestra en la *figura 3.13*.

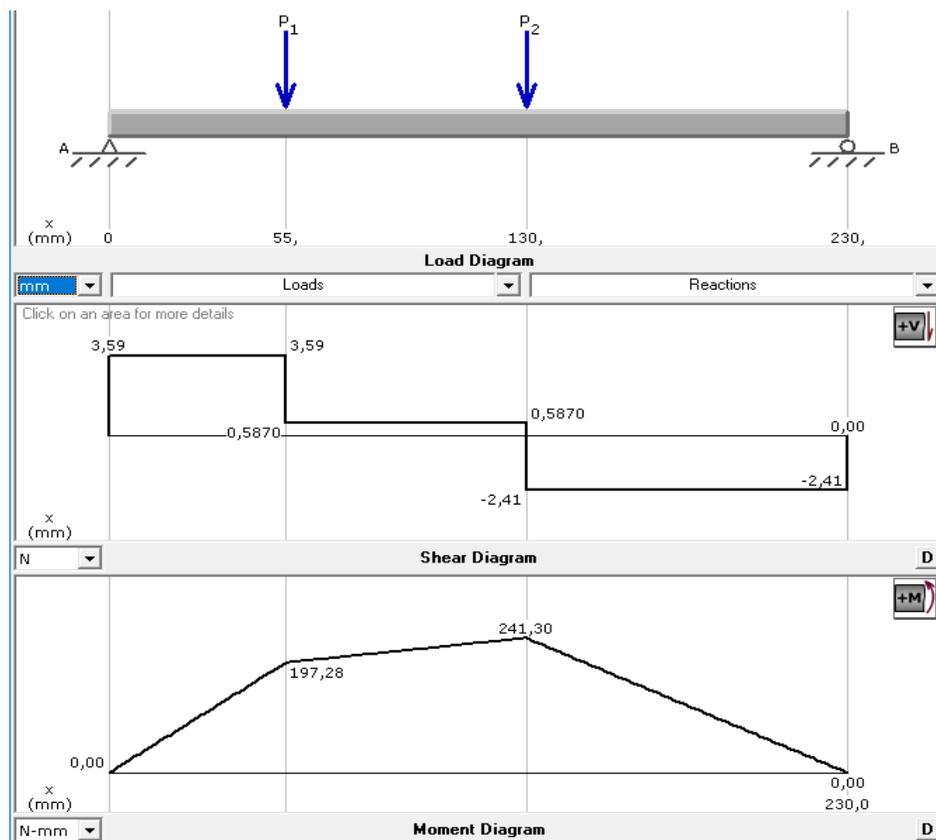


Figura 3. 13 Diagrama de carga, corte y momento del sistema de arrastre.

3.7.1 Sistemas de transmisión.

El sistema de transmisión, como principal función será, la de mantener sincronizado al elemento dosificador con el sistema de arrastre y sellado.

Los parámetros de funcionamiento del sistema de transmisión serán:

- Temperatura de trabajo: 18°C (temperatura ambiente promedio)
- Horas/trabajo: 8 horas diarias.

3.7.2 Métodos de transmisión de movimiento.

En la máquina dosificadora se analiza que sistema de transmisión es el adecuado entre el uso de engranes y bandas.

La selección del método más conveniente se lo hace en base a una matriz de decisión y siguiendo los criterios de evaluación.

- Costo.
- Mantenimiento.
- Disponibilidad en el mercado.

La siguiente **Tabla 3.5** indica varias características de cada uno de los métodos, por bandas o por engranes.

Tabla 3. 5 Características de bandas y engranes [13]

	COSTO	DISPONIBILIDAD	PERDIDAS EN TRANSMISION	MANTENIMIENTO
BANDAS	BAJO	Fácil de encontrar	Media	- Fácil mantenimiento. - No necesita lubricación. - De alta resistencia al polvo e impurezas.

ENGRANES	ALTO	Se debe fabricar	Baja	- Difícil mantenimiento. - Necesita lubricación. - De baja resistencia al polvo e impurezas.
----------	------	------------------	------	--

3.7.3 Matriz de decisión para la selección del sistema de transmisión

Para la elección del mejor sistema para nuestro diseño se emplea las condiciones ya mencionadas antes siendo 1 como menos apto y 10 más apto, en la *tabla 3.6* se realiza la comparación.

Tabla 3. 6 Matriz de decisión del sistema de transmisión. [13]

Transmisión/Criterios	Bandas	Engranés
Perdidas	5	10
Mantenimiento	10	1
Costo	10	1
Disponibilidad	10	1
Total	35	13

Una vez considerada la matriz de decisión se toma como sistema de transmisión al que se basa en bandas y poleas que ayuda a la transmisión de movimiento entre los elementos de la máquina.

3.7.4 Bandas y poleas.

La velocidad del motor depende del programa acondicionado para su giro, el programa está hecho para que cada giro, dure 2 [s] en 30 [rpm].

Lo que respecta a la determinación de las poleas deben tener el mismo diámetro cada una de ellas, por lo que no se necesita reducir el movimiento sino se necesita mantener y usar la misma velocidad en todo el sistema.

Para la selección del diámetro interno de las poleas se lo establece en base a la medida del eje, se determina una polea estándar disponible en el mercado y de bajo costo.

El eje del elemento dosificador es de 0,015 [m] por lo que la polea a usar debe tener el mismo diámetro para que ingrese y mantenga la misma velocidad ejercida por el motor.

La polea elegida se especifica en la **figura 3.14**, con sus medidas.

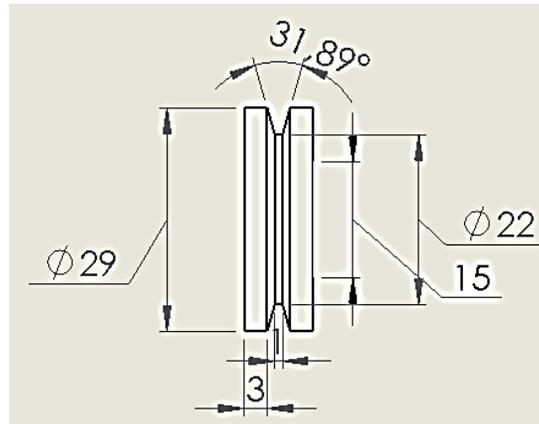


Figura 3. 14 Acotaciones de la polea seleccionada.

La medida de 0,029 [mm] representa: Diámetro exterior de la polea

La medida de 0,015 [mm] representa: Diámetro eje de la polea

La medida de 0,022 [mm] representa: Diámetro interno de la polea

Una vez determinado las condiciones para la correcta selección de la polea se procede determinar la distancia mínima entre centros.

3.7.5 Distancia mínima entre centros

La ecuación que se emplea es la siguiente:

$$C_{1min} = d_1; C_{1max} = 3(d_1 + d_2) \text{ Ec. (3.20)}$$

Donde:

$$C_{1min} = \text{Distancia mínima entre centros, [m]}$$

$$C_{1max} = \text{Distancia máxima entre centros, [m]}$$

$$d_1 = \text{Diametro de la polea conducida, 29[mm]}$$

$$d_2 = \text{Diametro de la polea conductora, 29[mm]}$$

Resolviendo las ecuaciones 3.20:

$$C_{1min} = 0,029 \text{ [m]}$$

$$C_{1max} = 3(0,029 + 0,029)[m] = 0,174 \text{ [m]}$$

Estos valores se considerarán las distancias entre centros debido a que las poleas entre sí tienen el mismo diámetro.

3.7.6 Longitud de las bandas.

Para el cálculo de la banda se utiliza la siguiente igualdad:

$$L_{b1} = 2C_1 + 1,57 * (d_1 + d_2) + \frac{(d_1+d_2)}{4C_1} \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Donde:

$$L_{b1} = \text{longitud de la banda [m]}$$

$$C_1 = \text{Distancia entre centros. 0,174 [m]}$$

$$d_1 = \text{Diametro de la polea conducida, 0,029[m]}$$

$$d_2 = \text{Diametro de la polea conductora, 0,029[m]}$$

Resolviendo la *ecuación 3.21* obtenemos:

$$L_{b1} = 2(0,174) + 1,57 * (0,029 + 0,029) + \frac{(0,029 + 0,029)}{4(0,174)} [m]$$

$$L_{b1} = 0,52 [m]$$

Valor de la longitud de la banda que se emplea para la transmisión de movimiento en los sistemas de arrastre y sellado.

Con el dato obtenido de la longitud de la banda se selecciona bandas existentes en el mercado, la banda a utilizar es banda tipo V (A-27).

3.8 Selladora.

El proceso de sellado va acoplado con el sistema de arrastre por lo que las poleas que se emplean son del mismo diámetro capaz de mantener el sistema sincronizado todo el tiempo de uso.

El material que se va a sellar es funda tubular de polietileno de baja densidad que es la encargada de almacenar los 15 [g] de bicarbonato.

En el proceso de sellado lo que se busca es que la funda quede totalmente sellada y no permita que el producto pierda su calidad y cantidad.

En el sellado la temperatura a la que está sometido el polietileno será previamente regulada a una medida de 85°C para que el polietileno no pierdas sus características.

Las placas donde se encuentran las resistencias eléctricas tendrán el espesor necesario entre funda y funda, el espesor elegido será de 3 [cm] que será la línea de sellado, el proceso de sellado es de manera continua y en la industria artesanal es la medida requerida. [11]



Figura 3. 15 Sistema de sellado.

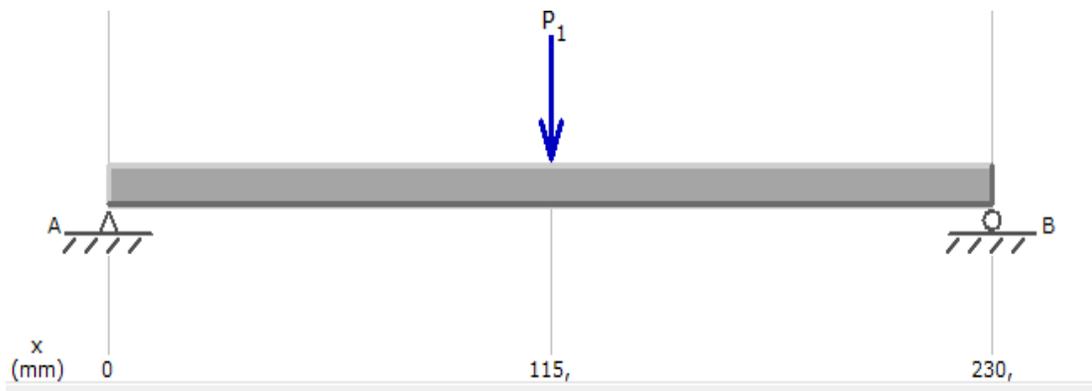


Figura 3. 16 Diagrama de cargas del sistema de sellado.

3.8.1 Resistencias eléctricas.

Las resistencias eléctricas permiten mantener la temperatura adecuada para el sellamiento. Se encuentran ubicadas en las placas que serán encargadas de entrar en contacto para el sellado como se muestra en la *figura 3.17*

La selección de las resistencias eléctricas que permiten el sellado, disponibles en el mercado, no representan dificultad, por lo que la selección de la resistencia eléctrica se lo hace por la temperatura requerida, de 85°C. Valor que se obtiene de las características del polietileno de baja densidad (véase en anexos), donde se determina la temperatura necesaria para que la funda de polietileno quede totalmente sellada y no exista deformación en la misma.

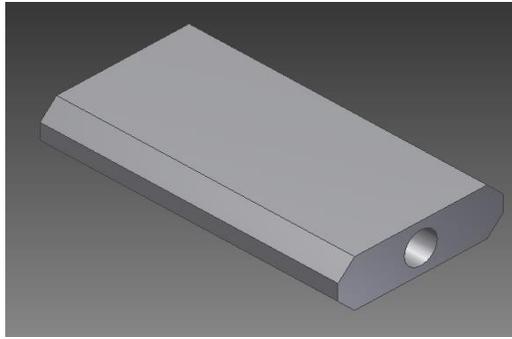


Figura 3. 17 Placa del sistema de sellado.

La resistencia eléctrica seleccionada es de cristal y tubular como se muestra en la **figura 3.18**. Por motivo de que debe encontrarse dentro un tubo que sirve como eje para el sistema de sellado y por disponibilidad en el mercado se selecciona la de 220 W, con su respectivo regulador de temperatura para establecer como temperatura de salida de 85°C, que tiene un tiempo de un minuto en alcanzar dicha temperatura, a la placa selladora por transferencia de calor por conducción le toma 10 minutos en alcanzar la temperatura óptima de sellado.



Figura 3. 18 Resistencia eléctrica de cristal y tubular.

Para analizar la transferencia de calor se lo realiza mediante método gráfico en base a la construcción de una malla que divide el objeto de forma de serie y paralelo como se indica la **figura 3.19**. [18]

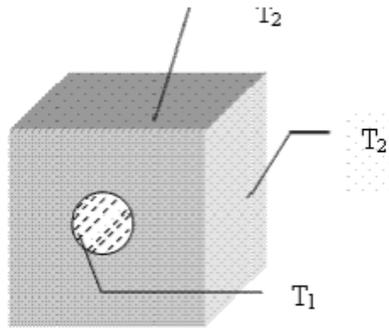


Figura 3. 19 Diagrama para calor bidimensional.

La transferencia de calor se la representa con líneas perpendiculares a la superficie de contacto debido a que la temperatura sale del centro hacia la placa selladora como se muestra en la **figura 3.20**

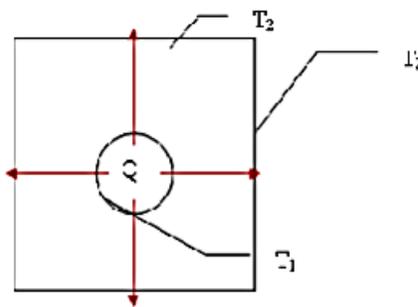


Figura 3. 20 Determinación de la transferencia de calor. [5]

La temperatura en el centro es constante con un valor de 85 °C, la temperatura inicial de la placa de aluminio es de 10°C [18]

Según [5] el factor de forma de conducción para paredes es: $S = \frac{A}{L}$ (Ec. 3.22)

Donde:

S: Factor de conducción [m]

A: Área de la placa frontal de contacto (0,04m x 0,1m) [m²]

L: largo de la placa 0,1 [m]

La placa es de aluminio por lo tanto su conductividad térmica es: $209,3 \frac{W}{m^{\circ}C}$

Para obtener el calor en la placa se emplea la ecuación de calor por conducción:

$$Q = -KS(T_2 - T_1) \text{ Ec. (3.23) [18]}$$

Donde:

Q: Calor en la pared. [W]

K: Conductividad térmica. $[\frac{W}{m^{\circ}C}]$

S: Factor de conducción [m]

T2: Temperatura centro. [$^{\circ}C$]

T1: Temperatura inicial placa. [$^{\circ}C$]

$$Q = 627,9 \text{ [W]}$$

El calor obtenido representa el calor que se distribuye en toda la placa como se muestra en la **figura 3.21**, además el calor en función del tiempo representa cada segundo que transmite la temperatura por conducción [18]

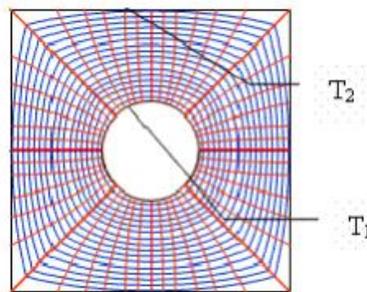


Figura 3. 21 Representación de la transferencia de calor. [5]

El calor representado indica que la temperatura en la superficie de la placa tiene el valor de 85°C verificado en las propiedades del polietileno de baja densidad.

Por lo tanto, para el diseño se basa en la medida de la funda para realizar las placas y el sistema de arrastre como se muestra en la *figura 3.22*

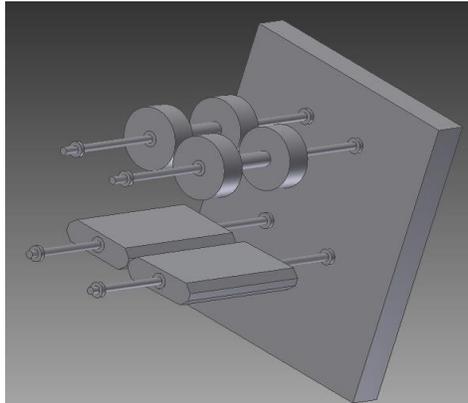


Figura 3. 22 Sistema de arrastre y sistema de sellado.

3.9 Acoplamiento del sistema de arrastre y sellado.

En el sistema de arrastre lo que se debe de considerar es la medida del ancho de la funda plástica tubular de 9 [cm].

Los 2 sistemas serán controlados por el mismo movimiento que ejerce el motor al sistema dosificador.

Están designadas las poleas y bandas a utilizar, al momento de construir los dos sistemas las condiciones de diseño no se ven afectadas, porque el factor indispensable, es la medida del ancho de la funda plástica tubular que se puede encontrar en rollos industriales en la empresa Eduplastic (Latacunga – Ecuador).

3.9.1 Características del sistema de arrastre.

El sistema de arrastre constara de 4 rodillos, que permiten el arrastre de la funda para que entre en contacto con el sistema de sellado, como se muestra en la *figura 3.23*

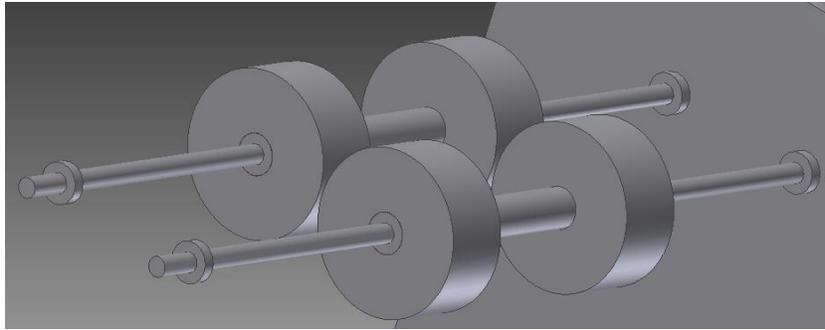


Figura 3. 23 Sistema de arrastre

Para permitir el arrastre se requiere de fricción por lo cual el rodillo en el contorno presenta moleteado con torno. El sistema está hecho simétricamente para que un rodillo haga contacto con el otro rodillo para el arrastre de la funda, como se muestra en la **figura 3.24** el ciclo que va a cumplir tanto el sistema de arrastre como el de sellado. [14]

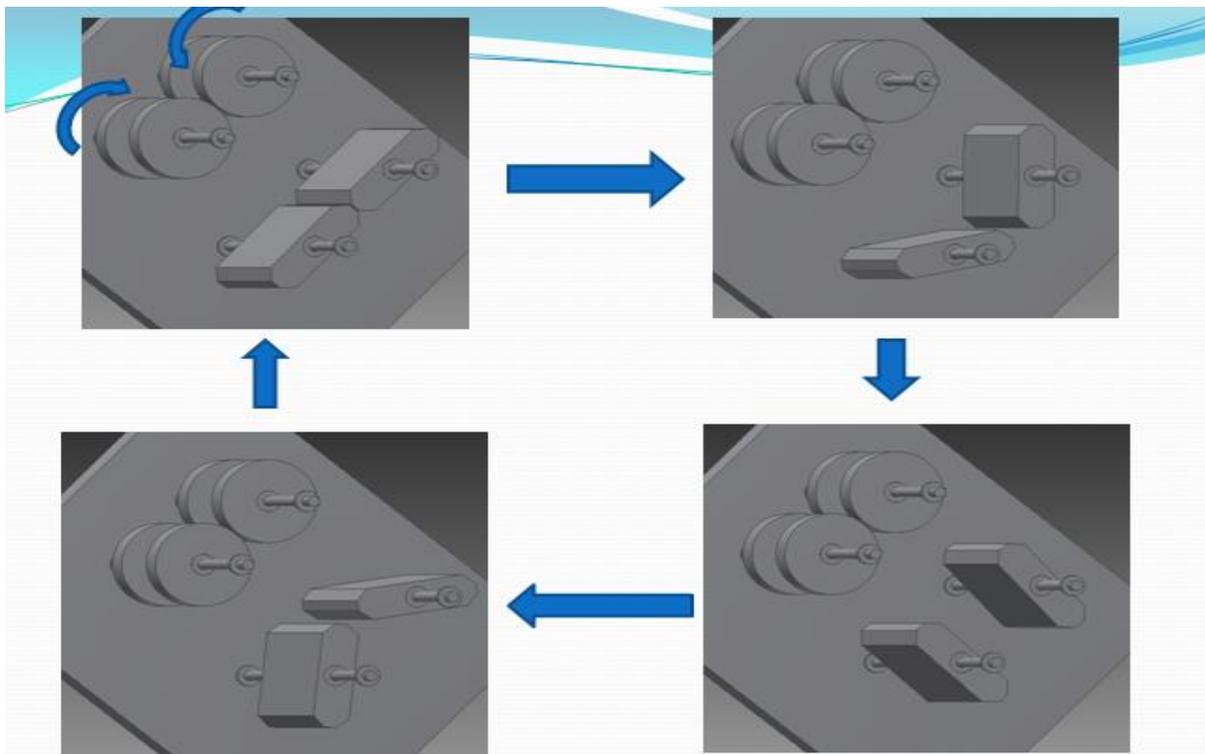


Figura 3. 24 Ciclo de los sistemas

3.9.2 Características del sistema de sellado.

El sistema de sellado consta de 2 placas, en una con la resistencia eléctrica en su interior, que permite el sellado de la funda y realice un perfecto sellado en cada funda de bicarbonato, como se muestra en la *figura 3.25*

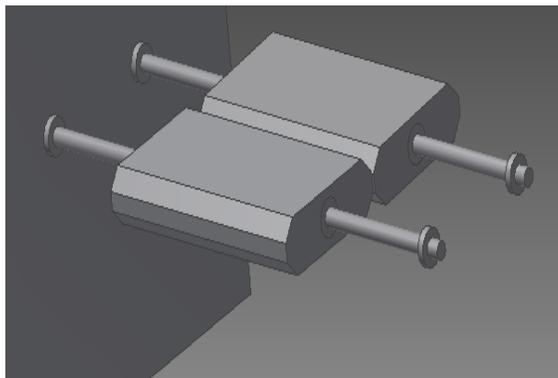


Figura 3. 25 Sistema de sellado.

3.9.3 Condiciones y parámetros en el diseño.

El criterio de diseño se lo realiza en base a las condiciones y parámetros que presenta la máquina dosificadora. Las condiciones y parámetros son expuestas en los siguientes puntos:

- **La dosificación es continua:** Se requiere un sistema práctico que cumpla con esta condición, el elegido es en base a un sistema de arrastre y sellado sincronizado con el sistema de dosificación que realizan un movimiento uniforme entre sí, el proceso se lo realiza mediante 10 dosis por operación, donde se coloca funda plástica tubular.
- **El diseño del sistema de arrastre y de sellado:** Al estar en sincronía con el sistema de dosificación se emplea poleas y bandas seleccionadas anteriormente por lo que se facilita el diseño de estos sistemas, la medida que arrastra el sistema es de 1,2 [m]. cada funda tendrá la medida de 12 [cm] porque en cada proceso se dosifica y sella 10 fundas.
- **La medida del ancho de la funda tubular:** Este parámetro es muy importante en el diseño ya que limita el tamaño que tendrán los rodillos y las placas del sistema de arrastre y sellado respectivamente, la medida del ancho de la funda tubular es de 9

[cm], la selección de rodillo se lo realiza por ser un proceso continuo, se requiere un sistema de avance vertical.

- **La elección del material para los 2 sistemas:** debe estar disponible en el mercado, ser de bajo costo, fácil de mantenimiento y desmontable.

El mantenimiento: Toda la máquina será de fácil acceso para el mantenimiento y desarmado para cualquier limpieza o reemplazo de un elemento.

3.9.4 Herramientas para el diseño.

En la actualidad se cuenta con varias herramientas para el diseño, como son software que permiten diseñar y simular elementos en un entorno tridimensional, calcular esfuerzos y cargas expuestas a dicho elemento, muchos de estos software permite simular el uso de varios materiales y determinar cuál material es el más conveniente al momento de implementar en la máquina.

3.10 Ubicación de los dispositivos en la estructura.

En la máquina dosificadora la ubicación de los dispositivos será simétrico porque cada sistema depende del anterior y la ubicación será la adecuada para no afectar al diseño ya calculado.

3.10.1 Selección de la ubicación de los componentes.

La selección de la ubicación de los componentes constitutivos de la máquina, son colocados de la siguiente manera:

- **La tolva** va sujeta al elemento dosificador por la parte de abajo y por arriba tendrá un soporte con la estructura para mejor estabilidad y seguridad como se muestra en la *figura 3.26*.



Figura 3. 26 Tolva en la estructura.

- **Elemento dosificador** va sujeto a la estructura sus parámetros están diseñados para soportar a la tolva sin sufrir algún problema de flexión o torsión y el motor ejerce el movimiento al eje del elemento dosificador, como se muestra en la *figura 3.27*.

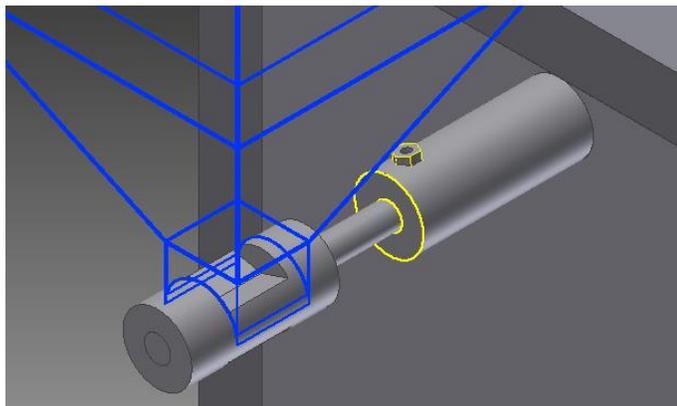


Figura 3. 27 Elemento dosificador en la estructura.

- **Sistema de arrastre** va sujeto a la estructura y el movimiento será otorgado por el motor encargado de hacer girar a todos los sistemas de la máquina.

- **Sistema de sellado** va sujeto a la estructura al igual que el sistema de arrastre, la sincronización de estos elementos constituye la parte principal de la máquina, como se muestra en la *figura 3.28*.

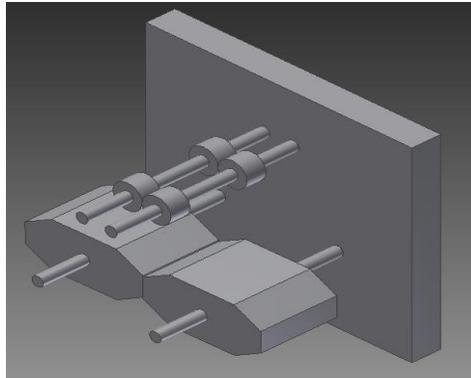


Figura 3. 28 Sistema de arrastre y sellado.

- **Sistema eléctrico** va en el interior de la estructura como medida de protección en caso haya contacto con el operario, se encuentra el sistema de sellado (resistencias eléctricas).
- **Sistema electrónico** va en el interior de la estructura es el encargado de permitir el movimiento de todo los sistemas de la máquina dosificador, dicho sistema está acondicionado para funcionar en las condiciones de diseño y cumplir el objetivo de mantener sincronizado todos los sistemas de la máquina, el motor es el encargado de giro de todo el sistema mediante el acondicionamiento de un microcontrolador, su función principal permitir que el sistema procese 10 fundas y se detenga hasta que el operario realice nuevamente el enfundamiento en el elemento complementario para el posterior sellado de fundas y con un botón se activa nuevamente el sistema.

3.10.2 Esquema de los dispositivos en la estructura

La ubicación de los dispositivos se ve en el esquema final de todo el sistema ya acoplado el sistema de dosificación, arrastre y sellado como se muestra en la *figura 3.29*. Todo el sistema será manejado por bandas y poleas que se encuentran en el interior.



Figura 3. 29 Máquina dosificadora.

El sistema eléctrico se lo detalla a continuación:

Las resistencias eléctricas trabajan a 110 [Vac]. Por lo que la alimentación general del sistema será de 110 [Vac].

La parte electrónica con todos sus elementos será alimentada con 3.3 [Vdc].

El motor encargado del movimiento de todos los sistemas será alimentado con 110 [Vac].

3.10.2.1 Esquema de los dispositivos electrónicos.

La parte electrónica del sistema que es el encargado de acondicionar el giro del motor por proceso, está desarrollado para mantener los sistemas sincronizados, el funcionamiento será activado por un botón, el cual envía la señal al microcontrolador para que realice la acción de girar al motor y el sistema deja de funcionar cuando el proceso termina, luego de dar 10 giros y haber sellado 10 fundas de bicarbonato.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA

4.1 Selección y justificación de elementos para la construcción.

Todos elementos han sido seleccionados luego de haber realizado el diseño en el capítulo 3, por lo tanto, cada dispositivo usado en el sistema ha sido elegido porque cumple las condiciones y parámetros de diseño.

El sistema mecánico, eléctrico y electrónico, son detallados en el capítulo 3 por lo que procedemos a realizar la construcción de los elementos de la máquina para su montaje y pruebas de funcionamiento.

4.2 Procedimiento de construcción.

A continuación, se detalla las máquinas, herramientas y equipo de seguridad empleado en la construcción de la máquina.

4.2.1 Máquinas, herramientas y equipo de seguridad.

La maquinaria empleada en la construcción de la dosificadora y selladora son:

- Torno paralelo.
- Fresadora de torreta.
- Soldadora eléctrica y tig.
- Amoladora.
- Dobladora de láminas metálicas.
- Pulidora.
- Taladro.

Las herramientas empleadas para la construcción y montaje de la máquina son:

- Juego de llaves en general.
- Juego de brocas.
- Sierra
- Esmeril.
- Discos de corte y pulido.
- Destornilladores.
- Martillo y combo.
- Nivel.
- Escuadra.
- Calibrador pie de rey.

El equipo de seguridad es muy indispensable para la protección, en caso de sufrir algún accidente laboral.

- Máscara para soldar.
- Mandil.
- Orejeras de seguridad.
- Gafas protectoras.
- Guantes.

4.2.2 Estructura de la máquina.

Para el desarrollo de la estructura, procedemos a cortar el tubo estructural ASTM-500, en base al diseño ya estructurado, una vez realizado los cortes pertinentes, se procede a acoplar cada una de las piezas y con la soldadora eléctrica, se procede a soldar la estructura metálica, una vez realizado la unión de la estructura, se cubre la estructura con tol galvanizado, que cumple la función de proteger al sistema de control y al sistema de transmisión por bandas y poleas, la estructura final queda completa, por lo que se procede a darle un acabado mejor, puliendo la limalla y escoria que se impregna en la estructura cuando se realiza el proceso de soldado.

4.2.3 Elemento dosificador.

En el elemento dosificador, se procede a torneear el eje a la medida de 15 [mm] de diámetro, que se eligió para que el eje cumpla las condiciones. En dicho eje se procede a acoplar el elemento dosificador con las características especificadas para ello se usa un tubo de acero inoxidable de 38,1 [mm] de diámetro, para realización del dosificador se realiza un corte en el tubo de acero inoxidable con las medidas ya obtenidas en el diseño para poder acoplar la lámina de acero inoxidable para que se forme el prisma triangular que contiene 15 gramos de bicarbonato, todo esto se acopla con la soldadora tig para un perfecto acabado en el elemento dosificador.

4.2.4 Tolva.

El desarrollo de la tolva, se empieza con la realización de los cortes de las láminas a la medida ya diseñados para que contenga como un máximo de 6 [kg] de bicarbonato, una vez obtenido los cortes necesarios se los acopla, con la soldadora tig. Que es la que permite un acabado mucho mejor que la soldadora eléctrica.

4.2.5 Sistema de arrastre.

El sistema de arrastre se procede a torneear los ejes de 15 [mm] de diámetro y el torneado y moleteado de 4 rodillos de 38,1 [mm] de diámetro exterior y 15 [mm] de diámetro interno y ancho de 20 [mm], este sistema será movido por una polea de 15 [mm] de diámetro, todo acoplado para su fácil desmontaje o cambio de algún elemento que se desgaste o sea de cambiarlo.

Para evitar inestabilidad en el eje se procede a colocar 2 rodamientos 6202, para estabilizar al sistema que debe estar en sincronización con el sistema de dosificación y sellado.

4.2.6 Sistema de sellado.

El sistema de sellado se procede a torneear 2 tubos de 15 [mm] de diámetro, en este caso son tubos, por motivos de que, en el interior del tubo ingresará la resistencia eléctrica que

genera los 85° C. necesarios para el sellado de la funda de polietileno, las 2 placas están diseñadas para que entren en contacto produciendo el sellado hermético de la funda tubular, procedemos a construir las placas y se les acopla con la soldadora eléctrica, al igual que todo el sistema será de fácil desarmado que permita el cambio de algún elemento que se dañe o llegue al máximo de su vida útil.

4.2.7 Montaje físico de los sistemas de la máquina.

Los pasos para el montaje de la máquina son los siguientes:

- La tolva acoplada con el elemento dosificador irá acoplado a la estructura metálica con un perno que le permita un buen ajuste y un fácil desmontaje. Por el interior de la estructura irá acoplado el motor con un sistema de transmisión por bandas y poleas, en el eje va una polea con dos entradas que es la que permite que el sistema de transmisión distribuya el movimiento a los sistemas de arrastre y sellado.
- El sistema de arrastre y sellado, irá acoplado a la estructura mediante rodamientos para mantener el sistema estabilizado, por el interior de la estructura metálica se coloca una polea en el eje, que es la encargada de la transmisión de movimiento tanto al sistema de sellado como al de arrastre, el movimiento será generado por las bandas acopladas en cada polea respectivamente.
- Cabe recalcar que la máquina está construida con acero inoxidable y estructura galvanizada, por ser alimento lo que se dosifica, se mantiene las normas de seguridad con la nueva normativa; el elemento dosificador y tolva son de acero inoxidable y la estructura es tratada para evitar la corrosión.

4.2.8 Montaje del sistema electrónico.

Para el montaje del sistema electrónico se procede a colocar en el interior de la estructura, este sistema está acondicionado para permitir el movimiento al sistema en general todo el sistema electrónico está sincronizado para su fácil uso, el sistema que dará inicio a su

funcionamiento es un interruptor ON/OFF. Por mayor seguridad el sistema está cubierto para evitar el contacto con el exterior, para evitar fallos en el sistema como algún accidente por manipulación de voltaje.

La fuente de voltaje es la encargada de proporcionar el voltaje necesario para el buen funcionamiento de los dispositivos electrónicos, para ello se los ha acondicionado para los diferentes voltajes necesarios.

Se realiza el cableado electrónico necesario para que todos los sistemas funcionen de la mejor manera sincronizados.

El sistema electrónico cuenta con las respectivas medidas y normas de seguridad, contando con un botón de emergencia que deshabilita el sistema si el caso lo requiera.

Dentro del sistema electrónico y eléctrico, se encuentran las respectivas protecciones, en caso de un alto de tensión, el sistema presenta en su estructura las respectivas protecciones eléctricas.

4.3 Plan de pruebas de funcionamiento.

El plan de funcionamiento se lo lleva a cabo con las medidas de seguridad y con las condiciones ya marcadas en los anteriores capítulos.

El funcionamiento de la máquina está delimitado por el interruptor que da inicio al proceso de dosificación y sellado.

Si el interruptor es activado el sistema comienza a funcionar, todos los sistemas comenzaran actuar de manera inmediata a la activación del interruptor por lo que la máquina debe estar sincronizado para evitar errores y fallas al momento de la dosificación y posterior sellado de las fundas de bicarbonato.

Una vez el sistema acoplado se comienza a realizar las pruebas de funcionamiento, una de ellas y la más importante es la sincronización de los sistemas. El motor es el encargado de hacer funcionar a la máquina con sus sistemas respectivamente.

El sistema de transmisión por bandas y poleas se encarga de mantener uniforme el giro de los sistemas para la dosificación y sellado sincrónico, el sistema es muy estable porque no existe vibración por los rodamientos ubicados en los ejes del sistema de dosificación, arrastre y sellado, que ayuda a que la máquina sea estable y reduzca el torque ejercido por el mismo.

4.4 Especificaciones en el llenado de fundas.

En el llenado de fundas de bicarbonato se debe seguir los siguientes pasos:

- La funda plástica tubular debe encontrarse a la salida de la tolva encarrujada una cantidad 1,20 m, en la salida de la tolva (10 fundas por dosificación).
- Una vez colocada la funda se procede a activar la máquina, el sistema automáticamente comienza a funcionar.
- El elemento dosificador comienza a girar, llenando por cada giro la cantidad de 15 gramos por funda.
- La cantidad proporcionada será arrastrada para su posterior sellado.
- El sistema de arrastre, lleva la funda hacia las placas selladoras.

4.5 Especificaciones en el sellado de fundas.

Al igual que el llenado de fundas, el proceso de sellado debe seguir los siguientes pasos:

- Una vez el sistema de arrastre lleve la funda al proceso de sellado, las placas selladoras realizan el sellado hermético de la funda.

- Las placas estarán con la temperatura propicia para el sellado que es de 85°C. esta temperatura será constante, con un contacto ligero la funda queda totalmente sellada.
- El sistema de sellado al estar sincronizado con los otros sistemas seguirá actuando hasta que el operador desactive el interruptor de mando o termine el proceso de dosificación (10 giros), lo que el sistema automáticamente dejará de funcionar.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE COSTOS

5.1 Introducción.

El análisis de costos permite evaluar la factibilidad potencial del proyecto teniendo en cuenta estimaciones futuras de venta, costos, inversiones a realizar, entre otros, los mismos que se proyectarán para cinco años, lo que permitirá analizar información futura y así tomar decisiones en cuanto a la construcción de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato.

5.2 Ingresos.

Los ingresos del proyecto están constituidos por la venta al por menor de bicarbonato. A continuación, se presenta el flujo de ventas mensuales y anuales basado en la proyección de la demanda de consumidores, a través de la investigación campo a compradores como tiendas y abastos, además de una entrevista realizada a productores artesanales. En la *tabla 5.1 y 5.2*. Se muestra los ingresos obtenidos por el productor mediante producción manual.

Tabla 5. 1 Ingreso mensual sin implementación de la máquina

INGRESOS MENSUALS				
Descripción	Detalle			
Bicarbonato en paquetes de 15 fundas. (PVP \$1,00 X Paquete)	Paquetes mensuales	Total fundas por paquete	Total fundas mensuales	Total ventas (USD)
	400	15	6000	400

Tabla 5. 2 Ingreso anual sin implementación de la máquina

INGRESOS ANUALES				
Descripción	Detalle			
Bicarbonato en paquetes de 15 fundas. (PVP \$1,00 X Paquete)	Paquetes anuales	Total fundas por paquete	Total Fundas anuales	Total ventas (USD)
	4800	15	72000	4800

Para la determinar los ingresos de venta mensual y anual de bicarbonato se realizó el cálculo en base al sistema de transmisión que genera las fundas necesarias para cubrir la demanda insatisfecha, tomando como respaldo las técnicas de investigación realizadas por el autor. En la tabla *tabla 5.3 y 5.4*. Se detalla los ingresos obtenidos por el productor una vez que implemente la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato.

Tabla 5. 3 Ingreso mensual con implementación de la máquina

INGRESOS MENSUALAES				
Descripción	Detalle			
Bicarbonato en paquetes de 15 fundas. (PVP \$1,00 X Paquete)	Paquetes mensuales	Total fundas por paquete	Total fundas mensuales	Total ventas (USD)
	1600	15	24000	1600

Tabla 5. 4 Ingreso anual con implementación de la máquina

INGRESOS ANUALES				
Descripción	Detalle			
Bicarbonato en paquetes de 15 fundas. (PVP \$1,00 X Paquete)	Paquetes anuales	Total fundas por paquete	Total Fundas anuales	Total ventas (USD)
	19200	15	288000	19200

5.2.1 Proyección de Ingresos

El cálculo de proyección de ingresos para la estimación de los precios de venta se obtendrá aplicando la inflación anual del 0,16% a febrero del 2019, dato extraído del Banco Central del Ecuador.

Tabla 5. 5 Ingresos proyectados después de la implementación de la máquina

INGRESOS CON MPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA					
Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	19200,00	22272,00	25835,52	29969,20	34764,28
TOTAL USD	19200,00	22272,00	25835,52	29969,20	34764,28

5.3 Egresos

En el presupuesto de egresos se consideran los costos de operación los cuales serán calculados de manera mensual y anual, estos rubros se evaluarán en relación a los gastos existentes antes de la implementación tomando como relación 400 paquetes mensuales y 4800 paquetes anuales. A continuación, se detalla en la *tabla 5.6*

Tabla 5. 6 Egresos sin implementación de la máquina

EGRESOS SIN IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA							
					Mensual	Anual	
Descripción		Cantidad	Costo	Costo	Costo	Costo	
		por paquete	Unitario	total	total	total	
		(15 fundas)					
Mano de Obra Directa	Ganancia del 20 % por paquete de bicarbonato.			80,00	960,00		
Materia Prima Directa	Libras (4 paquetes por libra)	100	1,20	120,00	1440,00		

Materia Prima Indirecta	Paquete de fundas (X 100 unidades)	60	0,60	36,00	432,00
Costos Indirectos de fabricación	Combustible			100,00	1200,00
TOTAL USD				336,00	4032,00

Los egresos estimados con la implementación de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato serán calculados mensual y anualmente, tomando como relación 1600 paquetes mensuales y 19200 paquetes anuales. A continuación, se detalla en la *tabla 5.7*

Tabla 5. 7 Egresos con implementación de la máquina

EGRESOS CON IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA					
				Mensual	Anual
	Descripción	Cantidad por paquete (15 fundas)	Costo Unitario	Costo total	Costo total
Mano de Obra Directa	Ganancia del 20 % por paquete de bicarbonato.			320,00	3840,00
Materia Prima Directa	Libras (4 paquetes por libra)	400,00	1,20	480,00	5760,00
Materia Prima Indirecta	Paquete de fundas (X 100 unidades)	240,00	0,60	144,00	1728,00
Costos Indirectos de fabricación	Servicios Básicos, Combustible			220,00	2640,00
TOTAL USD				1164,00	13968,00

5.3.1 Proyección de egresos

En la estimación del cálculo de egresos serán calculados en base inflación anual del 0,16% a febrero del 2019, dato extraído del Banco Central del Ecuador.

Tabla 5. 8 Egresos proyectados después de la implementación de la máquina

EGRESOS CON IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA					
Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra Directa	3840,00	4454,40	5167,10	5993,84	6952,86
Materia Prima Directa	5760,00	6681,60	7750,66	8990,76	10429,28
Materia Prima Indirecta	1728,00	2004,48	2325,20	2697,23	3128,78
Costos Indirectos de fabricación	2640,00	3062,40	3552,38	4120,77	4780,09
TOTAL USD	13968,00	16202,88	18795,34	21802,60	25291,01

Análisis:

La industria artesanal debido a su demanda en el mercado lo que se busca es incrementar la producción manual que es de 75 fundas/hora, con la máquina esa producción aumenta 4 veces más, es decir a 300 fundas/hora.

5.4 Costos de operación.

Los costos de operación o también llamado costos de producción representan las erogaciones de dinero para la elaboración de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato, entre los que están: materia prima directa o materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

5.4.1 Materia Prima Directa

La materia prima directa representa a los diferentes insumos que son requeridos para la construcción de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato el cual se demuestra a continuación:

- **Estructura.**

Tabla 5. 9 Costos de la estructura de la máquina.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
4	Tubo estructural ASTM-500 38,1 [mm] x 1,5 [mm]	14,32	57,30
1	Plancha tol galvanizado	13,50	13,50
3	Bisagras	0,50	1,50
	TOTAL COSTOS		72,30

- **Elemento dosificador.**

Tabla 5. 10 Costos del elemento dosificador.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
1	Eje solido acero inoxidable 15[mm]	25,00	25,00
1	Lamina de acero inoxidable. 200[mm] x 300 [mm]	7,50	7,50
4	Rodamientos 6202	2,50	10,00
1	Tubo de acero inoxidable 38,1[mm]	5,00	5,00
	TOTAL COSTOS		47,50

- **Tolva.**

Tabla 5. 11 Costos de la tolva.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
1	Lamina de acero inoxidable. 1 [m] x 1,50 [m]	29,00	29,00
TOTAL COSTOS			29,00

- **Sistema de arrastre**

Tabla 5. 12 Costos del sistema de arrastre.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
2	Eje solido de hierro 15[mm]	10,00	20,00
4	Rodamientos 6202	2,50	10,00
4	Rodillos moleteado 38,1[mm]	5,00	20,00
2	Poleas	4,50	9,00
2	Bandas	1,50	3,00
TOTAL COSTOS			62,00

- **Sistema de sellado**

Tabla 5. 13 Costos del sistema de sellado.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
2	Tubos de hierro 15[mm]	12,50	25,00
4	Rodamientos 6202	2,50	10,00
2	Placas selladoras	15,00	30,00
2	Poleas	4,50	9,00
2	Bandas	1,50	3,00
2	Resistencias eléctricas	7,50	15,00
TOTAL COSTOS			92,00

- **Sistema electrónico.**

Tabla 5. 14 Costos del sistema electrónico.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
1	Servomotor HS-485HB	37,50	37,50
1	Micro controlador Pic 16f328A	8,50	8,50
8	Resistencias	0,03	0,24
1	Oscilador 20 MHz	4,50	4,50
1	Driver servomotor L293D	6,50	6,50
1	Transformador 12V 3 ^a	18,00	18,00
1	LM 1117	6,50	6,50
8	Capacitores	0,75	6,00
1	Potenciómetro de precisión	1,60	1,60
1	Interruptor ON/OFF	4,00	4,00
3	Cable utp x metro	0,35	1,05
TOTAL COSTOS			94,39

5.4.1.1 Resumen de Materia Prima Directa.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de todos los costos incurridos en la construcción de máquina, el cual se demuestra a continuación:

Tabla 5. 15 Resumen materia prima directa.

COSTOS	TOTAL (USD)
Costo estructura	72,30
Costo tolva	29,00
Costo elemento dosificador	47,50
Costo sistema de arrastre	62,00
Costo sistema de sellado	92,00
Costo sistema electrónico	94,39
TOTAL COSTOS DE LA MÁQUINA	397,19

5.4.2 Mano de obra directa.

La mano de obra directa es esfuerzo de trabajo que se invierte para elaborar o construir el producto final, es este caso la construcción de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato.

Tabla 5. 16 Mano de obra directa.

Ejecución	Precio Unitario	Precio Total
Mano de obra directa	100,00	100,00
TOTAL COSTOS		100,00

5.4.3 Costos indirectos de fabricación.

Los costos indirectos de fabricación son aquellos costos que no están directamente relacionados con la construcción de la máquina, pero son necesarios para la culminación de la misma, por motivo que sin estos elementos y/o materiales no sería fácil la terminación total de la máquina.

Tabla 5. 17 Costos indirectos de fabricación.

Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio Total
1	Juego de brocas	16,50	16,50
1	Disco de pulir	4,50	4,50
1	Disco de corte	3,75	3,75
1	Pintura anticorrosiva (1 galón)	36,80	36,80
1	Electrodos de acero inoxidable	6,76	6,76
1	Electrodos de acero	5,00	5,00
1	Gastos utilización maquinaria	100,00	100,00
1	Mascarilla	1,00	1,00
2	Sierras diente pequeño	2,25	4,50
	TOTAL COSTOS		178,81

5.4.4 Resumen de costos de operación.

Para determinar el costo total en la construcción de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato se elabora una tabla resumen de todos los costos de operación, formados por la materia prima directa, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

Tabla 5. 18 Resumen costos de operación.

COSTOS	TOTAL (USD)
Materia Prima Directa	397,19
Mano de Obra Directa	100,00
Costos Indirectos de Fabricación	178,81
TOTAL COSTOS DE LA MÁQUINA	676,00

El costo total cumple la condición de ser un precio bajo, al ser la maquina orientada a la industria artesanal, lo que se busca es minimizar el costo de la máquina y con la *tabla 5.18*. Queda comprobado que la máquina cumple con el objetivo marcado.

5.5 Costo de Oportunidad

Constituye la representación de la inversión propia sin el financiamiento, para su análisis se toma como referencia a la tasa pasiva correspondiente al 5,70 % al mes de febrero del 2019, dato extraído del Banco Central del Ecuador.

Tabla 5. 19 Costo de oportunidad USD

DESCRIPCION	VALOR	PORCENTAJE	TASA DE PONDERACIÓN	VALOR PONDERADO
Inversión propia	676 ,00	100,00%	5,70%	5,70%

5.6 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

La Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento, es la capacidad que tiene la empresa para obtener utilidad o pérdida en la implementación del proyecto, esta tasa sirve para traer a valor presente los flujos netos de caja. Para el cálculo del TMAR se utilizó el 0,16% de inflación anual a febrero del 2019 según datos del BCE. A continuación, se presenta el rendimiento mínimo real que generará la construcción de la máquina dosificadora y selladora de bicarbonato.

DATOS:

CK= 5,70%

Tasa de Inflación: 0,16%

OPERACIÓN:

$$TMAR=(1+CK)(1+Infl.)-1$$

$$TMAR= (1,0570)(1,0016)-1$$

$$TMAR= 5,87\%$$

Análisis:

La TMAR muestra un rendimiento mínimo real del proyecto planteado de 5,87% lo que, en relación a la tasa pasiva vigente muestra que el proyecto es viable por estar sobre la tasa de interés pasiva obtenida.

5.7 Valor Actual Neto (VAN)

La realización del análisis del VAN permitirá determinar, cual es la capacidad de del dinero en el tiempo, esto se podrá analizar mediante los valores deflactados con la utilización de la tasa mínima aceptable de rendimiento. La fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$VAN = -II + \sum FEF (1 + r) -n$$

Dónde:

Inversión Inicial = 676,00

Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento = 5,87%

Número de períodos (n) = 5

Tabla 5. 20 Valor Actual Neto (USD)

AÑO	INVERSIÓN INICIAL	FLUJOS NETOS	TASA DE REDESCUENTO	FLUJO ACTUAL
0	-676,00			
1		8877,60	0,94456249	8385,45
2		10298,02	0,89219830	9187,87
3		11945,70	0,84273706	10067,08
4		13857,01	0,79601781	11030,43
5		16074,13	0,75188857	12085,96
TOTAL				50756,79
VAN				50080,79

VAN= 50.080,79

Análisis:

El cálculo del VAN permite conocer si luego de descontar la inversión inicial, quedaría alguna ganancia. Un VAN positivo indica que los flujos de caja son mayores a la inversión inicial, satisface la TRM y genera una riqueza financiera de 50.080,79 dólares, por lo tanto, el proyecto es aceptable.

5.8 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Este indicador constituye la devolución de la inversión en un tiempo determinado, ya sea en términos porcentuales o monetarios.

Tabla 5. 21 Tasa Interna de Retorno (USD)

AÑO	FLUJOS NETOS	AÑO	FLUJOS NETOS
0	-676,00	0	-676,00
1	8877,60	1	8877,60
2	10298,02	2	10298,02
3	11945,70	3	11945,70
4	13857,01	4	13857,01
5	16074,13	5	16074,13
VAN	50756,79	VAN	42565,93
VAN (+)	50080,79	VAN (-)	41889,93
VAN (Tm=5,87%)	0,0587	VAN (TM=12%)	0,12

Operación:

$$\text{TIR} = \text{Tm} + (\text{TM} - \text{Tm}) \frac{\text{VAN (+)}}{\text{VAN(+)} - \text{VAN(-)}}$$

$$\text{TIR} = 0,0587 + (0,12 - 0,0587) \frac{50080,79}{50080,79 - (41889,93)}$$

TIR= 43,35%

Análisis:

El criterio para aceptar o rechazar un proyecto está dado por el resultado que se obtenga en la TIR, si ésta es mayor que la tasa de descuento se acepta, de lo contrario se rechaza. La TIR es aquella tasa que permite que el Valor Actual Neto se iguale a cero, una TIR de 43,35% indica que el proyecto es rentable.

5.9 Beneficio Costo

El análisis del beneficio/costo, muestra la ganancia que se recibe por cada dólar invertido.

Tabla 5. 22 Beneficio Costo

AÑO	INGRESOS	TASA DE DESCUENTO (5,87%)	EGRESOS	TASA DE DESCUENTO (5,87%)
1	19.200,00	18135,60	10.322,40	9750,15
2	22.272,00	19871,04	11.973,98	10683,17
3	25.835,52	21772,55	13.889,82	11705,47
4	29.969,20	23856,02	16.112,19	12825,59
5	34.764,28	26138,86	18.690,14	14052,91
TOTAL		109774,07		59017,29

$$B/C = \frac{\frac{\Sigma \text{Ingresos}}{(1+TRM)^n}}{\frac{\Sigma \text{Egresos}}{(1+TRM)^n}}$$

B/C= 1.86

Análisis:

La tasa de Beneficio Costo indica que por cada dólar que se invirtió en el proyecto se recibe 1,86 dólares.

5.10 Período de Recuperación de la Inversión

A continuación, se presenta la tabla, en donde se identifica el periodo de recuperación del proyecto tomando como base la tasa de inflación anual a febrero del 2019 que es del 0,16% para calcular el deflactor.

Tabla 5. 23 Período de Recuperación de la Inversión

AÑOS	FLUJO NETO DE CAJA	DEFLACTOR	VALOR DEFLACTADO	RECUPERACIÓN
1	8877,60	0,9984	8863,42	8863,42
2	10298,02	0,9968	10265,14	19128,56
3	11945,70	0,9952	11888,54	31017,10
4	13857,01	0,9936	13768,68	44785,78
5	16074,13	0,9920	15946,15	60731,93

Análisis:

El período de recuperación indica el tiempo necesario para que el proyecto genere los recursos suficientes para recuperar la inversión realizada, siendo así, la inversión se recuperará en el primer año.

5.11 Análisis de resultados.

La máquina cumple con los objetivos trazados por lo que se realiza un análisis de resultados en base a los 2 procesos; el proceso manual como se muestra en la *tabla 5.24* y el proceso máquina como se muestra en la *tabla 5.25*:

Tabla 5. 24 Análisis proceso manual.

PROCESO MANUALMENTE	
Fundas por hora	75 u
Fundas diarias	300 u
Tiempo utilizado	4 h
Precio funda	\$ 0,10
Costo total x hora	\$ 7,50
Costo total x 4 horas	\$ 30,00
Materia prima	\$ 8,50
Costo total	\$ 21,50

Tabla 5. 25 Análisis proceso máquina.

PROCESO MÁQUINA	
Fundas por hora	300 u
Fundas diarias	1200 u
Tiempo utilizado	4 h
Costo funda	\$ 0,10
Costo total x hora	\$ 30,00
Costo total x 4 horas	\$ 120,00
Materia prima	\$ 8,50
Costo total	\$ 111,50

Se determina que el proceso máquina supera 4 veces más al proceso manual, cumpliendo el requerimiento para su desarrollo por la demanda exigida en el mercado.

CONCLUSIONES.

- El proyecto realizado beneficia a los pequeños comerciantes de productos artesanales en especial a una familia que es la principal beneficiada porque la máquina sirve para su propia comercialización, aumentando su producción por la demanda existente en el mercado, cuatro veces más que realizarlo de la forma manual.
- La máquina mejora la producción diaria de fundas de bicarbonato de 75 fundas por hora a un número de 300 fundas/h por el precio de 20 dólares, por lo que cumple los objetivos propuestos, permitiendo que sigan ejerciendo este trabajo.
- La construcción de la máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora está diseñada con un factor de seguridad de 2,37 que soporta una carga crítica de 200 [N], siendo esta de fácil desarmado y uso, lo puede realizar cualquiera persona con las respectivas medidas de seguridad.

RECOMENDACIONES.

- La máquina es de mucha utilidad se recomienda cambiar el tipo de funda, por un proceso laminar para que la dosificación sea completamente continua.
- Lo que respecta al mantenimiento y limpieza de la máquina se lo debe realizar diariamente una vez terminado el proceso de producción.
- La máquina está fabricada solo para productos en polvo y se la debe usar de acuerdo al manual de usuario y mantenimiento, para garantizar el correcto funcionamiento de la misma y prolongar su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA.

ASKELAND, D. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. México: International Thomson Editores.

CASTRO, E., & ROGER, A. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos*. La Habana, Cuba: Universidad de Chile.

DOMÍNGUEZ, R. (2007). *Apuntes de la materia de: Microprocesadores I*.

Recuperado de http://raulalejandrol.webcindario.com/atmel/libros_atmel.htm

GROOVER, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: McGraw Hill.

HIBBELER, R. C. (2012). *Análisis Estructural*. México: Pearson Educación.

LENT, D. (1974). *Análisis y proyecto de mecanismos*.

Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?isbn=8429148388>

MOTT, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (4ta. Edición). México: Prentice Hall.

NISBETT, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. (Octava edición). México: Pearson Educación.

NORTON, R. (2009). *Diseño de Maquinaria*. (cuarta edición). México: McGraw-Hill.

SHIGLEY, J; UICKER, J. (1998). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*. México. McGraw Hill.

WILDI, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. (sexta edición). México: Pearson Educación.

ZABALZA, I. (2010). *Síntesis de mecanismos y máquinas*.

Recuperado de http://www.imem.unavarra.es/isidro/sintesis_de_mec/Libro-sintesis.pdf

REFERENCIAS.

- [1] H. Jacome y k. King, “Estudios industriales de la micro, pequeña y mediana empresa” Mipro, pág. 20, 2014
- [2] L. M. Furkan and N. Odake, “Best practice of innovation among the Indonesian craft industry cluster: Lesson learnt from Indonesia,” Proceedings of PICMET, Japan, June 2014.
- [3] Y. Yamashita and Y. Nakamori, “A knowledge integration methodology for designing a knowledge base of technology development in traditional craft industry,” IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Canada, 2008.
- [4]. A. Bravo and R. Crespo, “La competitividad de las artesanías ecuatorianas” Proyecto educativo, Ecuador, 2013, pág. 3.
- [5]. Ley de fomento artesanal, “Generalidades de las leyes” Decreto ley de emergencia, Ecuador, 2003, pág. 1.
- [6]. J. Madrigal. “Manual de plásticos para diseñadores” Documento, México, 2011, pág. 18.
- [7]. FDA. “Ley de modernización de la inocuidad de los alimentos” U.S. Food & Drug administration. Estados Unidos, 2018.
- [8]. JN ACEROS, “El acero inoxidable en la industria alimentaria” Manual del acero, Perú, 2019.
- [9]. Acrison, “Quality Built, Total Performance Products for Dry Solids Handling / Metering” catalog dosings, U.S.A. 2017.

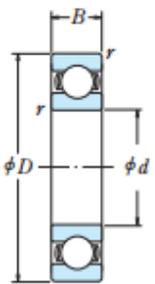
- [10]. EcuRed, “Densidad del bicarbonato de sodio” Cuba, 2014.
- [11]. DIPAC, “Características del acero inoxidable AISI 304” Catálogo, Ecuador, 2018.
- [12]. M. Groover, “Fundamentos de manufactura moderna” Materiales, procesos y sistemas, México, 1997.
- [13]. Fersa, “Expertos en soluciones de rodamientos” Catalogo virtual, España, 2018.
- [14]. SENA, “Elementos de máquinas” Metalmecánica, Colombia, 2013, pág. 20-29.
- [15]. F, Bardisa, “Formulario vigas” Distintas hipótesis de carga, Venezuela, 2013.
- [16]. J. Bocquet, “Tratado elemental de mecánica aplicada” Resistencia de una viga, España, 1945.
- [17]. A. Arequipa, “Tubo LAC ASTM A500 para estructuras” Catalogo de aceros, 2007.
- [18]. Karlekar, “Transferencia de calor”. Conducción. México, 1982, Mc Graw Hill.

ANEXOS DE TABLAS.

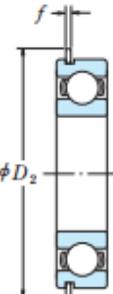
ANEXO 1. Tabla de rodamientos disponibles.

RODAMIENTOS DE BOLAS DE RANURA PROFUNDA DE UNA SOLA HILERA

Diámetro interior 10~22 mm





Tipo Abierto

Tipo Blindado
ZZ

Tipo Sellado
Sin Contacto
VV

Tipo Sellado
Con Contacto
DD - DDU

Con Ranura para
Anillo de Fijación
N

Con Anillo
de Fijación
NR

Dimensiones (mm)	Índices de Carga Básica (N)				Factor		Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento					
							Grasa		Aceite	Abierto	Blindado	Sellado			
<i>d</i> <i>D</i> <i>B</i> <i>r</i> mín.	<i>C_r</i>	<i>C_{0r}</i>	<i>C_r</i>	<i>C_{0r}</i>	<i>f₀</i>	Abierto Z - ZZ V - VV	DU DDU	Abierto Z	Abierto	Blindado	Sellado				
10	19	5	0.3	1 720	840	175	86	14.8	34 000	24 000	40 000	6800	ZZ	VV	DD
	22	6	0.3	2 700	1 270	275	129	14.0	32 000	22 000	38 000	6900	ZZ	VV	DD
	26	8	0.3	4 550	1 970	465	201	12.4	30 000	22 000	36 000	6000	ZZ	VV	DDU
	30	9	0.6	5 100	2 390	520	244	13.2	24 000	18 000	30 000	6200	ZZ	VV	DDU
35	11	0.6	8 100	3 450	825	350	11.2	22 000	17 000	26 000	6300	ZZ	VV	DDU	
12	21	5	0.3	1 920	1 040	195	106	15.3	32 000	20 000	38 000	6801	ZZ	VV	DD
	24	6	0.3	2 890	1 460	295	149	14.5	30 000	20 000	36 000	6901	ZZ	VV	DD
	28	7	0.3	5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	—	32 000	16001	—	—	—
	28	8	0.3	5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	18 000	32 000	6001	ZZ	VV	DDU
	32	10	0.6	6 800	3 050	695	310	12.3	22 000	17 000	28 000	6201	ZZ	VV	DDU
37	12	1	9 700	4 200	990	425	11.1	20 000	16 000	24 000	6301	ZZ	VV	DDU	
15	24	5	0.3	2 070	1 260	212	128	15.8	28 000	17 000	34 000	6802	ZZ	VV	DD
	28	7	0.3	4 350	2 260	440	230	14.3	26 000	17 000	30 000	6902	ZZ	VV	DD
	32	8	0.3	5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	—	28 000	16002	—	—	—
	32	9	0.3	5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	15 000	28 000	6002	ZZ	VV	DDU
35	11	0.6	7 650	3 750	780	380	13.2	20 000	14 000	24 000	6202	ZZ	VV	DDU	
42	13	1	11 400	5 450	1 170	555	12.3	17 000	13 000	20 000	6302	ZZ	VV	DDU	
17	26	5	0.3	2 630	1 570	268	160	15.7	26 000	15 000	30 000	6803	ZZ	VV	DD
	30	7	0.3	4 600	2 550	470	260	14.7	24 000	15 000	28 000	6903	ZZ	VV	DDU
	35	8	0.3	6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	—	26 000	16003	—	—	—
	35	10	0.3	6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	13 000	26 000	6003	ZZ	VV	DDU
40	12	0.6	9 550	4 800	975	490	13.2	17 000	12 000	20 000	6203	ZZ	VV	DDU	
47	14	1	13 600	6 650	1 390	675	12.4	15 000	11 000	18 000	6303	ZZ	VV	DDU	
20	32	7	0.3	4 000	2 470	410	252	15.5	22 000	13 000	26 000	6804	ZZ	VV	DD
	37	9	0.3	6 400	3 700	650	375	14.7	19 000	12 000	22 000	6904	ZZ	VV	DDU
	42	8	0.3	7 900	4 450	810	455	14.5	18 000	—	20 000	16004	—	—	—
	42	12	0.6	9 400	5 000	955	510	13.8	18 000	11 000	20 000	6004	ZZ	VV	DDU
	47	14	1	12 800	6 600	1 300	670	13.1	15 000	11 000	18 000	6204	ZZ	VV	DDU
52	15	1.1	15 900	7 900	1 620	805	12.4	14 000	10 000	17 000	6304	ZZ	VV	DDU	
22	44	12	0.6	9 400	5 050	960	515	14.0	17 000	11 000	20 000	60/22	ZZ	VV	DDU
	50	14	1	12 900	6 800	1 320	695	13.5	14 000	9 500	16 000	62/22	ZZ	VV	DDU
	56	16	1.1	18 400	9 250	1 870	940	12.4	13 000	9 500	16 000	63/22	ZZ	VV	DDU

ANEXO 2. Catálogo de planchas de acero inoxidable.

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	16,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00	
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS* Japanese Industrial Standards
 AISI** American Iron and Steel Institute
 DIN*** Deutsche Industrie Normen

ANEXO 3. Tubo estructural cuadrado ASTM-500

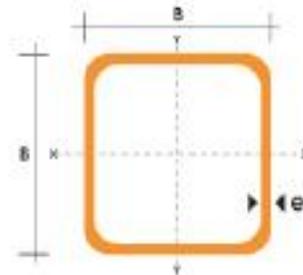
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6,00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20,00mm a 100,00mm
Espesor	Desde 2,00mm a 3,00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,16	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,46	1,16	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,45	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,55
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,45	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,00	3,74	14,13	5,95	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,68	3,74	21,26	7,09	2,30
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,89	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,45	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,05	2,92
75	4,0	8,58	10,95	89,88	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



ANEXO 4. Ejes de acero inoxidable.

EJES ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Material	AISI 304
Dureza HB	249-278
límite de fluencia	225 N/mm ²
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS, CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILLOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

ANEXO 5. Características de la lamina de acero AISI 304.

Norma: AISI 304

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304	ESPEORES	desde 0.40-15mm
	ASTM	304	DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	DIN	4301		1220 x otros largos (especial)

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

ANEXO 6. Propiedades del tubo estructural.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Redondo:

Resistencia a la Tracción = 310 Min. Mpa

Límite de Fluencia = 228 Min. Mpa

Cuadrado y Rectangular:

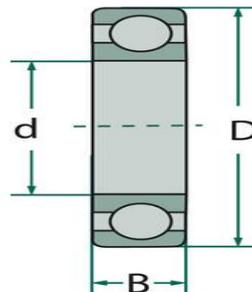
Resistencia a la Tracción = 310 Min. Mpa

Límite de Fluencia = 269 Min. Mpa

ANEXO 7. Medidas estandarizadas de rodamiento 6202.

MEIDAS:

- d = 15mm
- D = 35mm
- B = 11mm
- Peso = 45grs



ANEXO 8. Espesores tubo estructural Astm A500

DIMENSIONES		PESO Kg/m	AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPELOR mm		AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,48
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,45	0,15	0,20	0,58
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,38	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,93	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,86	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,30	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97

ANEXO 9. Características del polietileno de baja densidad.

PROPIEDADES	De media presión
Dureza (Shore DA)	
	70
Densidad, Kg./m ³	
	960
Temperatura de ablandamiento °C	
	130

MANUAL DE USUARIO

**DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMETRICA POR CONTENEDOR Y
SELLADO CONTINUO DE BICARBONATO.**

2019

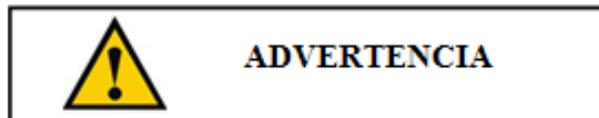
GIOVANNY GORDILLO

Información importante de seguridad.

Los accidentes causados por el mantenimiento, limpieza, reemplazo de algún elemento de la máquina se deben a no leer las instrucciones y advertencias en el uso del mismo, estos accidentes pueden ser evitados si el operario está correctamente capacitado en el uso de la máquina.

Nota: No opere la maquina sin haber seguido paso a paso las instrucciones delimitadas en el manual de usuario así como en el de mantenimiento.

Los peligros que estén expuestos en la máquina se los representará con el siguiente símbolo.



Contenido

Introducción.

Información sobre la máquina

Información de la máquina

Sección de Seguridad

Avisos de seguridad

Información general sobre peligros

Sección de Operación

Encendido y apagado del sistema

Sección de Mantenimiento

Procedimiento para desarmar los sistemas de la máquina

Programa de mantenimiento preventivo

Introducción.

Este manual contiene información muy útil para el uso eficiente de la máquina dosificadora y selladora, la información proporcionada permite al operario conocer todos los elementos de la máquina que va a usar ya sea para realizar la limpieza y mantenimiento de la misma.

Información sobre la máquina

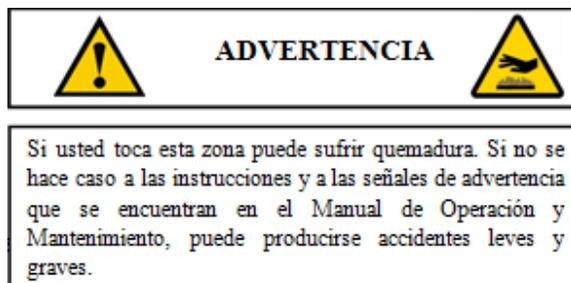
Información de la máquina: la dosificadora y selladora de bicarbonato presenta en su diseño 3 sistemas sincronizados de los cuales depende el funcionamiento para cumplir el objetivo de realizar la dosificación y sellado continuo, todo el sistema es de fácil desmontaje, así como de mantenimiento y limpieza.

- **El sistema de dosificación:** es de fácil desarmado para su limpieza y cambio de algún elemento dañado, la tolva y el elemento dosificador es desmontable para su limpieza respectiva.
- **El sistema de arrastre:** proporciona el movimiento de la funda para ser sellado con la cantidad requerida de bicarbonato, las bandas dirigidas en este sistema, pueden ser intercambiadas una vez que se hayan gastado o roto.
- **El sistema de sellado:** se encontrará a una temperatura no apta para su contacto por lo que se debe tener cuidado al entrar en contacto al igual que le sistema de arrastre ira acoplado a bandas y poleas que le proporcionan su movimiento, también pueden ser intercambiadas una vez que se hayan gastado o roto.

Sección de Seguridad

Avisos de seguridad: en base a la seguridad el diseño está hecho para evitar cualquier accidente, el punto más peligroso en el diseño es el sistema de sellado que contará con resistencias eléctricas que estarán a una temperatura.

Aviso de seguridad (1)



Información general sobre peligros: para evitar cualquier accidente cerciórese que al momento de manipular la máquina cumpla con todas las condiciones de uso indicadas y evitar un daño grave en el operario que esté usando como de terceros, para mayor seguridad el sistema eléctrico se encuentra dentro de la estructura para evitar el contacto y no provocar algún daño.

Sección de Operación

Encendido y apagado del sistema: el sistema está construido para ser manipulado con facilidad el sistema de encendido cuenta de un interruptor que dará inicio al sistema como el apagado del mismo. El programa está realizado para evitar algún problema en la dosificación y sellado, ha sido probado para que la sincronización esté alineada. El manejo del sistema es muy fácil para evitar algún inconveniente al momento de la operación.

Sección de Mantenimiento

Procedimiento para desarmar los sistemas de la máquina:

La máquina presenta una puerta con bisagras donde se encuentra el sistema eléctrico, y el sistema de transmisión con bandas y poleas.

La puerta se la puede abrir para proceder al mantenimiento del mismo, ya sea la sustitución de bandas como de algún elemento del sistema eléctrico.

Para el mantenimiento de la tolva y del elemento dosificador, estos se encuentran sujetos a las estructura exteriormente por lo que no es necesario hacerlo por dentro de la estructura, la tolva está sujeta al elemento dosificador por lo que el desmontaje no representa dificultad alguna, se la puede desmontar fácilmente, al igual que el elemento dosificador.

La limpieza se la puede realizar con un paño o franela húmeda para retirar las impurezas generadas por el constante uso y el cambio de algún elemento consultar con la persona indicada.

Programa de mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo se lo realizará para evitar fallas en el sistema o daño de algunos elementos, se recomienda hacer un plan de actividades diarias semanales mensuales y anuales para mantener la maquina en perfecto estado.

- **Mantenimiento Diario:** Revisión de la estructura y sus elementos.
- **Mantenimiento Semanal:** Limpieza de todos los elementos de la máquina para evitar cualquier problema a futuro.
- **Mantenimiento Mensual:** Revisión del sistema eléctrico en caso de algún recalentamiento, revisión de las resistencias eléctricas en las placas.
- **Mantenimiento Anual:** Revisión de las bandas de transmisión, su estado de funcionamiento para ser reemplazadas si es necesario, revisión del sistema eléctrico para evitar la pérdida de algún elemento y así mejorar la eficiencia de la máquina.

Riesgos y precauciones.

Respecto a riesgos y precauciones en esta máquina, el diseño está hecho para evitar cualquier riesgo grave, el punto crítico es el sistema de sellado por mantener una temperatura que puede causar quemaduras importantes en la piel en caso del contacto.

Las precauciones a tomar se detallan el manual de usuario expuesto anteriormente.

El sistema eléctrico y de transmisión de movimiento se encuentra en el interior de la estructura para evitar el contacto con el operario y pueda causar un riesgo en la salud.

La conexión eléctrica no causa riesgo alguno, la fuente se encuentra en el interior de la estructura con el transformador que otorga el voltaje necesario para los dispositivos electrónicos.

Mantenimiento y desarmado de la máquina.

El sistema está construido para ser de fácil mantenimiento y desarmado, por lo tanto el diseño está hecho para que pueda ser manipulado con facilidad para evitar cualquier riesgo a la hora del mantenimiento, desarmado y armado.

Todos los sistemas son de fácil acceso, en el interior de la estructura se encuentra las bandas y poleas que pueden ser intercambiadas en caso de falla o termino su vida útil.

La tolva se la puede retirar con el sistema de dosificación para su limpieza respectiva.

El sistema de arrastre y sellado, se los puede retirar de manera fácil, ya sea para el cambio de los rodamientos o de las resistencias eléctricas que se encuentran en las placas selladoras.

ANEXOS DE FOTOGRAFIAS.

