

**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 MEZCLADORA Y  
DOSIFICADORA DE MASA PARA CONOS DE HELADO”**

**AUTOR: MILTON VLADIMIR CHULDE CHULDE**

**DIRECTOR: MSc. WASHINGTON GUSTAVO MOSQUERA TERÁN**

**Ibarra-Ecuador**

**2020**





# 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 DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040133576-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	CHULDE CHULDE MILTON VLADIMIR		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av. Carchi y Panamericana		
<b>EMAIL:</b>	milolatino@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062953697	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	09818888274

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA Y DOSIFICADORA DE MASA PARA CONOS DE HELADO
<b>AUTOR (ES):</b>	CHULDE CHULDE MILTON VLADIMIR
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	28 de febrero de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	WASHINGTON GUSTAVO MOSQUERA TERÁN

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de febrero de 2020

#### EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Milton Vladimir Chulde Chulde



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Milton Vladimir Chulde Chulde, con cédula de identidad Nro. 040133576-5, en calidad de autor (a) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Milton Vladimir Chulde Chulde', is written over a horizontal line.

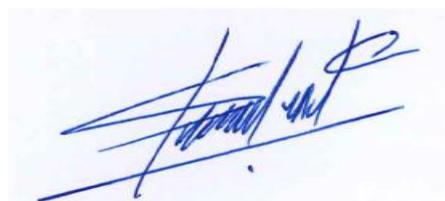
Firma

Nombre: Milton Vladimir Chulde Chulde

Cédula: 040133576-5

## DECLARACIÓN

Yo, **Milton Vladimir Chulde Chulde**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

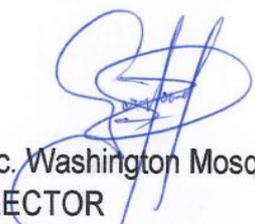
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Milton Vladimir Chulde Chulde', is positioned above a horizontal line.

Nombre: Milton Vladimir Chulde Chulde

Cédula: 040133576-5

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA Y DOSIFICADORA DE MASA PARA CONOS DE HELADO”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Milton Vladimir Chulde Chulde, bajo mi supervisión.



MSc. Washington Mosquera  
DIRECTOR

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo especialmente y con mucho cariño a mis padres Clara Chulde y Roberto Chulde, quienes son las personas más importantes en mi vida al igual que mis hermanos Wilson, Adela, Dennis, Wendy y a mi hermosa sobrina Megan.

**Milton Chulde**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a Dios por bendecirme con los regalos más valiosos que siempre llevo a donde quiera que vaya, a mi madre Divina por su infinito amor y sabiduría.

A mis padres Roberto y Clara por su amor, su esfuerzo, su comprensión su ejemplo y su infinito apoyo.

A mis hermanos Wilson, Adela, Dennis y Wendy por su apoyo cuando más lo necesito.

A mi sobrina Megan por iluminar mi vida.

A mi maestro Kukulkán por guiarme, apoyarme y comprenderme en todo momento.

A mi tutor Ing. Washington Mosquera por guiarme en el desarrollo de este proyecto y por su amistad.

A los amigos que siempre creyeron en mi Alex G, Rolando G, Santiago H, Fernando V, Liliana L.

A cada uno de los profesores que me brindaron los conocimientos y las herramientas para afrontar los diferentes retos.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

**Milton Chulde**

## RESUMEN

Este proyecto presenta la construcción de una máquina automática para homogeneizar y surtir masa como parte de una línea de producción de conos de galleta, basándose en el diseño de los mezcladores horizontales y dosificador volumétrico, con el propósito de mejorar el proceso artesanal.

La construcción de esta máquina une y simplifica dos etapas, utilizadas en el abastecimiento de masa, estas son; el mezclador horizontal de rodillos y el dosificador de pistón. La unión de esta máquina proporciona un suministro de masa de manera rápida, segura e higiénica de forma ininterrumpida.

La máquina automática dispone de tres sistemas para su funcionamiento, estos son: mecánico, neumático, y de control.

El sistema mecánico se fundamenta en la construcción de un mezclador horizontal de rodillos, adaptado a un dosificador de pistón con un recipiente compartido.

El sistema neumático genera la presión necesaria para llevar el fluido del recipiente contenedor a la plancha de cocción en porciones adecuadas, de manera que el operario no se encuentre expuesto a la radiación de la máquina de cocción. Las porciones pueden ser regulables, lo que permite controlar con precisión la cantidad y el número de porciones.

El sistema de control dispone de un control de velocidad y tiempo de homogeneización, mediante una interfaz de usuario de fácil uso, de tal manera que el operador pueda configurar fácilmente estos parámetros. Además, permite determinar la posición de cada una de las planchas de cocción a ser dosificadas y llevar un control del número de porciones surtidas por la máquina automática durante una jornada laboral.

## ABSTRACT

This project presents the construction of an automatic machine to mixer and filling dough as part of a waffle cones production line, based on the design of horizontal mixers and volumetric filling, with the purpose of improving the artisanal process.

The construction of this machine joins and simplifies two stages, used in the dough supply, these are; the horizontal roller mixer and the piston dispenser. The union of this machine provides a mixture supply fast, safe and hygienic without interruption.

The automatic machine has three systems for its operation: mechanical, pneumatic, and control.

The mechanical system is based on the construction of a horizontal roller mixer, adapted to a piston filler with a shared container.

The pneumatic system generates the pressure necessary to bring the fluid from the container to the cooking plate in suitable portions, so that the operator is not exposed to the radiation of the cooking machine. Portions can be adjustable, allowing precise control of the quantity and number of portions.

The control system has a homogenization speed and time control, through an easy to use the user interface, so that the operator can easily configure the parameters. It also allows determining the position of each of the cooking plates to be dosed and keep track of the number of portions supplied by the automatic machine during a working day.



## ÍNDICE GENERAL

<b>1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>CONSTANCIAS .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>DECLARACIÓN .....</b>	<b>V</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>XX</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2.1 Objetivos Específicos .....	2
1.3 ALCANCE.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.5 ANTECEDENTES .....	4
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>6</b>
2.1 INVENCIÓN DEL CONO DE HELADO .....	6
2.2 PANIFICACIÓN .....	7
2.3 TECNOLOGÍA DE MEZCLADO.....	7
2.4 TECNOLOGÍA DE DOSIFICACIÓN.....	8
2.4.1 La Dosificación en la Industria Alimenticia .....	8
2.5 MEZCLAS .....	8
2.5.1 Tipo de Mezclas .....	9

2.6	FLUIDO.....	9
2.6.1	Propiedades de los Fluidos.....	9
2.6.2	Tipos de Fluidos.....	10
2.7	TIPOS DE CONOS DE HELADO.....	11
2.8	ELABORACIÓN DE CONOS DE HELADO.....	12
2.8.1	Proceso Automático.....	12
2.8.2	Proceso Artesanal.....	15
2.9	TOLVAS.....	17
2.9.1	Tipos de Tolvas.....	17
2.10	TIPOS DE AMASADORAS.....	19
2.10.1	Mezclador de Cinta.....	19
2.10.2	Mezclador V con Barra de Intensificador.....	20
2.10.3	Mezclador Vertical o Planetario.....	20
2.10.4	Mezcladores Horizontales.....	21
2.10.5	Mezclador Espiral.....	22
2.11	EL PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.....	23
2.12	EL ACERO INOXIDABLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.....	23
2.13	LUBRICANTES DE GRADO ALIMENTICIO.....	24
2.14	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	24
2.14.1	Hardware del PLC.....	24
2.15	VARIADORES DE FRECUENCIA.....	25
2.15.1	Ventajas de una Transmisión de Frecuencia Variable.....	25
2.16	SENSORES EN LA INDUSTRIA.....	26
2.17	ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	26
2.17.1	Lineales.....	26
2.17.2	Rotativo.....	27

2.18	VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL .....	27
2.19	VÁLVULAS HIDRÁULICAS .....	28
2.19.1	Válvula de Bola .....	28
2.20	EL MOTOR ELÉCTRICO.....	29
2.21	EL COMPRESOR DE AIRE .....	29
	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>31</b>
3.1	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	31
3.1.1	Requerimientos Norma Técnica.....	31
3.1.2	Bases y Criterios de Diseño .....	32
3.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	32
3.2.1	Selección del Dosificador.....	33
3.2.2	Selección de Mezcladora.....	33
3.3	PARÁMETROS DE DIMENSIONAMIENTO .....	34
3.3.1	Máquina Mezcladora Dosificado .....	34
3.4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MEZCLADORA .....	35
3.4.1	Diseño del Recipiente (Mezcla & Dosificación).....	35
3.4.2	Diseño del Agitador .....	38
3.4.3	Diseño del Sistema de Transmisión .....	50
3.4.4	Diseño del Eje Principal.....	59
3.4.5	Diseño del Eje Secundario .....	67
3.5	DISEÑO DEL DOSIFICADOR.....	74
3.5.1	Diseño del sistema de pistón .....	74
3.6	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA (FIGURA 51).....	83
3.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	91
3.7.1	Lógica de Control.....	91
	<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>95</b>

4.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	95
4.1.1	Etapas de Homogeneización .....	96
4.1.2	Etapa de Dosificación.....	98
4.2	ANÁLISIS DE COSTOS .....	98
4.2.1	Costo del Proyecto .....	98
4.2.2	Análisis costo beneficio .....	99
4.2.3	Análisis Económico Financiero .....	102
	<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>105</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	105
5.2	RECOMENDACIONES.....	105
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>119</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Ingredientes masa para cono de galleta .....	11
Tabla 2: Evaluación de alternativas de dosificación.....	33
Tabla 3: Evaluación de alternativas de mezclador y agitador.....	33
Tabla 4: Pruebas de velocidades de agitador etapa 1.....	96
Tabla 5: Pruebas de velocidades de agitador etapa 2.....	97
Tabla 6: Pruebas de velocidades de agitador etapa 3.....	98
Tabla 7: Pruebas etapa 4 dosificación.....	98
Tabla 8: Costo directo de fabricación de la máquina mezcladora dosificadora .....	99
Tabla 9: Costo indirecto de fabricación.....	99
Tabla 10: Costo total del proyecto .....	99
Tabla 11: Egreso por elaboración manual .....	100
Tabla 12: Ingreso por elaboración manual.....	100
Tabla 13: Utilidad producción manual .....	100
Tabla 14: Egreso por elaboración automática.....	101
Tabla 15: Ingreso por elaboración automática.....	101
Tabla 16: Utilidad producción automática.....	101
Tabla 17: Método manual vs automático.....	102
Tabla 18: Análisis económico línea automática para conos de galleta.....	103
Tabla 19: Resultados TIR, VAN.....	103

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Cono de molde [11] .....	11
Figura 2. Cono de galleta [11] .....	12
Figura 3. Mezclado Automático [13].....	13
Figura 4. Dosificación Automática [13] .....	13
Figura 5. Cocción Automática [13] .....	14
Figura 6. Extracción Automática [13] .....	14
Figura 7. Enrollado Automático [13].....	15
Figura 8. Mezcla manual [14].....	15
Figura 9. Dosificación manual [14] .....	16
Figura 10. Cocción manual [14] .....	16
Figura 11. Enrollado manual [14].....	16
Figura 12. Dosificador volumétrico [15] .....	17
Figura 13. Dosificador de tornillo sin fin [15].....	18
Figura 14. Dosificador de pistón [15].....	18
Figura 15. Dosificador por gravedad [16].....	19
Figura 16. Mezclador de cinta [17].....	20
Figura 17. Mezclador en V [17].....	20
Figura 18. Mezclador planetario [18] .....	21
Figura 19. Mezclador de barras [18].....	21
Figura 20. Mezclador sigma [18].....	22

Figura 21. Mezclador doble sigma [18].....	22
Figura 22. Mezclador espiral [18].....	23
Figura 23. Autómata programable [23] .....	25
Figura 24. Variador de frecuencia [25].....	26
Figura 25. Sensores [27] .....	26
Figura 26. Cilindro neumático doble efecto [29].....	27
Figura 27. Actuador rotativo [30] .....	27
Figura 28. Electroválvula neumática [31].....	27
Figura 29. Válvula de bola 3 vías [33].....	28
Figura 30. Motor eléctrico [35].....	29
Figura 31. Compresor de aire [37].....	30
Figura 32. Máquina mezcladora dosificadora SOLIDWORKS .....	34
Figura 33. Diseño de la tolva .....	35
Figura 34. Fuerza sobre una superficie curva .....	36
Figura 35. Diseño de agitador.....	38
Figura 36. Fuerzas sobre el aspa del agitador .....	39
Figura 37. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) del agitador.....	40
Figura 38. Relación esfuerzo-tiempo [38] .....	43
Figura 39. Diseño del soporte del agitador .....	47
Figura 40. Sistema de transmisión (tren de poleas) .....	51
Figura 41. Tenciones sobre el eje principal del agitador .....	60

Figura 42. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje principal “Y” .....	62
Figura 43. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje principal “Z” .....	63
Figura 44. Esfuerzo alternante senoidal con inversión completa [38].....	64
Figura 45. Tenciones sobre el eje secundario de transmisión.....	67
Figura 46. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje secundario “Y” .....	69
Figura 47. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje secundario “Z” .....	70
Figura 48. Dosificadora de pistón.....	74
Figura 49. Válvula de boa [39] .....	76
Figura 50. Diseño de cilindro a presión del dosificador .....	81
Figura 51. Estructura soporte de la máquina SOLIDWORKS .....	83
Figura 52. Esfuerzo critico en elemento 2 de la estructura.....	83
Figura 53. . Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) de viga 2 .....	84
Figura 54. SOLIDWORKS análisis deformación de la viga 2 .....	85
Figura 55. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la viga 2.....	86
Figura 56. Esfuerzo critico en elemento 6 de la estructura.....	86
Figura 57. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) de viga 6.....	87
Figura 58. SOLIDWORKS análisis deformación de la viga 6 .....	88
Figura 59. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la viga 6.....	89
Figura 60. SOLIDWORKS análisis deformación de estructura .....	89
Figura 61. SOLIDWORKS análisis deformación de estructura .....	90
Figura 62. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la estructura.....	90

Figura 63. Diagrama de flujo del sistema automático .....	91
Figura 64. Lógica de conexión sistema eléctrico.....	92
Figura 65. Lógica de conexión sistema electro neumático FluidSIM .....	92
Figura 66. Programa del sistema automático LOGO!Soft.....	93
Figura 67. Pruebas Pre-mezcla .....	96
Figura 68. Pruebas homogeneización .....	97
Figura 69. Cono de galleta.....	102
Figura 70. Ensamblaje Prototipo.....	147
Figura 71. Casa abierta .....	148

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Volumen semicilindro [38] .....	35
Ecuación 2. Fuerza vertical sobre superficies curvas [38].....	37
Ecuación 3. Esfuerzo máximo sobre cilindro de pared delgada [38] .....	38
Ecuación 4. Factor de seguridad [39] .....	38
Ecuación 5. Fuerza sobre placa sumergida [38] .....	39
Ecuación 6. Equilibrio mecánico [39] .....	40
Ecuación 7. Momento de fuerza [39].....	40
Ecuación 8. Módulo sección crítica viga rectangular[39] .....	41
Ecuación 9. esfuerzo normal máximo [39].....	41
Ecuación 10. Esfuerzo cortante máximo [39].....	42
Ecuación 11. Falla estática energía de distorsión [39].....	42
Ecuación 12. Esfuerzo normal amplitud [39] .....	43
Ecuación 13. Esfuerzo normal medio [39] .....	43
Ecuación 14. Esfuerzo cortante medio [39].....	44
Ecuación 15. Esfuerzo von mises alternante [39].....	44
Ecuación 16. esfuerzo von mises medio [39] .....	44
Ecuación 17. Limite resistencia a la fatiga [39].....	44
Ecuación 18. Resistencia media [39] .....	46
Ecuación 19. Esfuerzo cortante máximo en barra de sección rectangular [39] .....	48
Ecuación 20. Largo de banda V [39] .....	52

Ecuación 21. Ángulo de contacto [39].....	52
Ecuación 22. Velocidad lineal de banda [39] .....	53
Ecuación 23. Potencia permitida por banda [39] .....	53
Ecuación 24. Potencia nominal [39] .....	54
Ecuación 25. Potencia de diseño [39] .....	54
Ecuación 26. Número de bandas [39].....	55
Ecuación 27. Fuerza centrífuga [39].....	55
Ecuación 28. Potencia transmitida por banda [39] .....	55
Ecuación 29. Tensión mayor en banda [39] .....	56
Ecuación 30. Tensión menor en banda [39].....	56
Ecuación 31. Esfuerzo de tensión máximo en polea impulsora [39].....	56
Ecuación 32. Esfuerzo tensión máximo en polea impulsada [39] .....	56
Ecuación 33. Momento principal máximo [39] .....	63
Ecuación 34. Esfuerzo máximo sección circular [39] .....	64
Ecuación 35. Flujo másico [38] .....	75
Ecuación 36. Velocidad del fluido [38] .....	75
Ecuación 37. Coeficiente de dimensionamiento de válvula [38].....	77
Ecuación 38. fuerza de avance de embolo [38] .....	78
Ecuación 39. Fuerza de retroceso de embolo [38].....	78
Ecuación 40. Consumo de aire por maniobra [38] .....	79
Ecuación 41. Potencia real [38] .....	80

Ecuación 42. Esfuerzo circunferencial en cilindros de pared delgada [39] .....	81
Ecuación 43. Esfuerzo longitudinal en recipientes cilíndricos de pared delgada [39] .....	82
Ecuación 44. Módulo sección crítica tubo cuadrado [41].....	87

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una de las delicias gastronómicas con mayor demanda en la provincia de Imbabura son los helados, siendo los más consumidos los de paila y de crema. El cono de galleta es el acompañante ideal para este delicioso postre.

En la ciudad de Ibarra existe una demanda actual de 2365517 unidades de conos de galleta [1], ocasionando que los comerciantes de helado adquieran este producto en fábricas ubicadas en Guayaquil y Quito. Sin embargo, estas fábricas no pueden abastecer todo el mercado de la sierra, provocando que las heladerías locales puedan proveerse únicamente de 109959 unidades [1]. Una alternativa para disponer de los conos de galleta es adquirirlos de menor calidad o producirlos artesanalmente.

Para preparar la masa del cono de galleta, el obrero inicia mezclando todos los ingredientes de forma manual en un recipiente y con ayuda de utensilios (cuchara, espátula, paleta), hasta obtener una pasta homogénea, sin embargo, en grandes volúmenes la consistencia que se obtiene no siempre es la más óptima.

Durante la preparación de la mezcla, la persona está en contacto con los ingredientes de la masa, ocasionando una potencial contaminación, reduciendo el grado de inocuidad necesario en la elaboración de cualquier tipo de alimento. Además, el proceso de mezclado el trabajador hace uso de fuerza física para obtener la masa del cono de galleta, provocando cansancio y molestias físicas que reducen su rendimiento.

En la fase de surtir o dosificar la masa, es necesario previamente verter la pasta en un recipiente que facilite obtener una porción ideal como: un envase milimetrado, una cuchara,

etc. El deficiente sistema de dosificado provoca que muchas obleas sean desechadas por no tener el tamaño requerido.

Mientras mayor es el volumen a dosificar, mayor es el tiempo que la masa permanece estática en el contenedor perdiendo su homogeneidad y reduciendo la calidad del producto final.

El contacto directo entre las planchas de cocción y la persona que realiza la dosificación, ocasiona gran fatiga sobre el trabajador por la radiación del calor generado durante este proceso, incluso existe el riesgo de accidentes por quemaduras.

Por los inconvenientes presentados en la etapa de mezcla y dosificación, el proceso es deficiente al no proporcionar: seguridad, calidad, higiene y productividad, en la fabricación de conos de galleta.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de mezcla y dosificado de masa para conos de helado con una capacidad de 20 litros, que permita la producción de masa en menor tiempo y dosificarla en porciones adecuadas.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

- Investigar los parámetros que influyen sobre la elaboración y dosificación de la masa, para su control y automatización.
- Diseñar un sistema mecánico y de control tanto para la mezcla como para la dosificación, que permitirá obtener una consistencia ideal de la masa garantizando un producto homogéneo en dosis correctas.
- Construir e implementar el sistema automático utilizando sensores, actuadores, controladores y demás dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

- Elaborar un manual de funcionamiento y mantenimiento para el sistema de mezclado y dosificado.

### **1.3 ALCANCE**

El sistema de homogenización controlada con capacidad de 20 litros permite, mezclar los ingredientes y mantener la consistencia ideal de la pasta durante todo el proceso, mediante su agitador a tres velocidades configurables (pre mezcla, mezclado, conservación), el cual es accionado por un motor y un variador de frecuencia el mismo que es controlado por un PLC.

El sistema automático construido en acero inoxidable, permite llevar un proceso ininterrumpido entre la preparación y abastecimiento de masa, mediante una tolva compartida sin contaminación interna (bacterias) o externa (operador).

El sistema dosificador determina permanentemente la posición de la plancha de cocción, utilizando un sensor de presencia que envía señales al sistema de control que procesa la información y se emite una respuesta inmediata a los actuadores neumáticos, para surtir  $30\text{ cm}^3$  de pasta a cada una de las planchas. El sistema puede dosificar hasta 15 porciones de masa para el cono de galleta por minuto.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En el sector artesanal, para la elaboración de conos de galleta es necesario maximizar la producción de los mismos al menor costo posible. Esto se logra, optimizando su preparación, reduciendo pérdidas, mejorando los estándares de calidad e higiene, permitiendo así obtener un producto competitivo en el mercado.

En Ibarra, se han improvisado métodos, utensilios y máquinas para amasar los ingredientes y poderlos surtir, en cierta forma han contribuido a mantener esta actividad. Existen inconvenientes por la elaboración artesanal y el control manual del proceso, además

en el mercado no hay máquinas automáticas específicas para el sector artesanal que permitan amasar y dosificar masa de forma segura, eficiente e higiénica.

Se espera que, a partir de la implementación de la tecnología en el diseño y construcción de la máquina amasadora y dosificadora, una innovación en la elaboración de conos de galleta, con mayores beneficios para los trabajadores y el incremento de la productividad al preparar y surtir la masa. De esta forma aportar al proceso de la elaboración de conos de galleta, que promueva una mejor alternativa en el abastecimiento de este producto a los comerciantes de las heladerías de la ciudad de Ibarra.

## **1.5 ANTECEDENTES**

Debido a la demanda de helado, en el país existen empresas dedicadas a la elaboración de conos, como soporte o acompañamiento del helado; algunas los producen de manera artesanal, y otras son grandes fábricas que los elaboran con materias primas adecuadas y maquinaria de punta [1].

Una de la fábricas es Chocono S.A. ubicada en la ciudad de Quito; esta produce y comercializa este producto a precios competitivos obteniendo reconocimiento y la preferencia de los consumidores, existen otras fábricas como Inshelsa S.A. de la ciudad de Guayaquil que elabora conos de galleta a igual de Chocono S.A. y otros medianos productores que fabrican el cono estampado o de molde [1].

La ciudad de Ibarra se la conoce por ser tradicional con respecto a la elaboración de postres, uno de ellos en el helado de paila que es fabricado artesanalmente y conocido a nivel nacional e internacional por su sabor. También existen los helados de crema de la marca pingüino y los que se producen en máquina; sin embargo, para la venta de estos helados se adquieren conos fabricados en otras ciudades e incluso en otros países, que en ocasiones no satisfacen las expectativas de los comerciantes de heladería que los adquieren, debido al

retraso en la entrega de producto, causando menores ventas por la carencia del producto. El almacenamiento prolongado del producto por parte del distribuidor local, ocasiona deterioro de la calidad del cono; estos inconvenientes citados sugieren la necesidad de crear una fábrica local dedicada a producir y comercializar conos de galleta para helado de calidad y a precios competitivos, debido la demanda del helado es necesario de un soporte para poder venderlo [1].

El desarrollo de este proyecto es de carácter local, debido a que se lo realizará en la ciudad de Ibarra; además es trascendente, actual y original porque no existe competencia similar en la ciudad, permitiendo que sea factible e importante efectuar esta propuesta, potenciando un avance industrial, económico en el sector y satisfacer la demanda del cono de galleta existente en el mercado local [1].

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 INVENCION DEL CONO DE HELADO

El primer cono de helado fue producido en 1896 por Italo Marchiony, que emigró de Italia a finales de 1800, inventó su cono de helado en la ciudad de Nueva York. Se le concedió una patente en diciembre de 1903 [2].

Aunque a Marchiony se le atribuye la invención del cono, una creación similar fue introducida independientemente en la Feria Mundial de San Luis de 1904 por Ernest A. Hamwi, un comerciante sirio. Hamwi estaba vendiendo una oblea crujiente, como una galleta “zalabis” en un stand justo al lado de un vendedor de helados. Debido a la popularidad del helado, el vendedor se quedó sin platos. Hamwi vio una solución fácil al problema del vendedor de helados: rápidamente enrolló uno de sus waffles (galleta) en forma de cono, o cornucopia, y se lo dio al vendedor de helados. El cono se enfrió en unos segundos, el vendedor puso un poco de helado, los clientes estaban contentos y el cono estaba en camino de convertirse en la gran institución americana que es hoy [2].

San Luis EE.UU. capitalizó rápidamente en el éxito del cono. La gente emprendedora inventó el equipo especial de horneado para hacer los conos. Stephen Sullivan de Sullivan, Missouri, fue uno de los primeros operadores independientes conocidos en el negocio del cono de helado. En 1906, Sullivan sirvió los conos del helado (o las cornucopias, como todavía se llamaban) en Sullivan, Missouri Estados Unidos. Al mismo tiempo, Hamwi estaba ocupado con la Cornucopia Waffle Company. En 1910, fundó Missouri Cone Company, más tarde conocida como la Western Cone Company [2].

A medida que el cono de helado moderno se desarrolló, dos tipos distintos de conos surgieron. El cono de pasta dulce era una galleta, cocido en una forma redonda y enrollado

(primero a mano, después mecánicamente) tan pronto como sale de la plancha. Que, en pocos segundos, se endurece en forma de un cono crujiente. El segundo tipo de cono se moldeó o bien vertiendo la masa en una envoltura, insertando un núcleo sobre el cual se coció el cono, y luego retirando el núcleo; o verter la masa en un molde, hornearla y luego dividir el molde para que el cono se pueda quitar con poca dificultad [2].

En los años 20, el negocio del cono se amplió. La producción de cono en 1924 alcanzó un récord de 245 millones. Los ligeros cambios en la maquinaria automática han llevado al cono de helado que se conoce hoy. Ahora, millones de conos enrollados se elaboran en máquinas que son capaces de producir alrededor de 150.000 conos cada 24 horas [2].

## **2.2 PANIFICACIÓN**

Se refiere a los productos obtenidos de las mezclas de harinas de cereales, harinas integrales o leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener: sal comestible, mantequilla, margarina, aceites comestibles hidrogenados o no, leudante, polvo de hornear, especias y otros ingredientes opcionales tales como, azúcares, mieles, frutas, jugos u otros productos comestibles similares, pueden emplear o no aditivos para alimentos; sometidos a proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o con cobertura, pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según el caso [3].

## **2.3 TECNOLOGÍA DE MEZCLADO**

La tecnología de mezclado es un sector de la ingeniería de procesos. El procedimiento se ocupa de la combinación de varias sustancias por influencias mecánicas. El objetivo más importante de la tecnología de mezclado es producir las propiedades exigidas en la mezcla. Los parámetros determinantes de este proceso son la relación en la mezcla de las sustancias, el tiempo de mezcla, y la energía que se aporta al proceso de mezcla. Se consiguen buenos

resultados económicos usando la ingeniería de procesos en la tecnología de mezclado como por ejemplo, agitadores, amasadores, mezcladores de fluidos o mezcladoras de caída libre [4].

## **2.4 TECNOLOGÍA DE DOSIFICACIÓN**

La tecnología de dosificación implica la cantidad, la secuencia temporal y la distribución exacta de la materia en los procesos de producción.

Las áreas de aplicación de la tecnología de dosificación se encuentran en el sector industrial. Los sectores más beneficiados de la tecnología de dosificación son la industria: química, alimentaria, farmacéutica. Con diferentes sistemas de dosificación según el proceso de elaboración: sólidos, líquidos, etc. Mediante la tecnología de dosificación se puede, además de optimizar procesos de fabricación con relación a cantidad, lugar y tiempo, aumentar la seguridad de los empleados. Con ello consigue mejorar la calidad del producto y al mismo tiempo reducir los gastos de producción. Esta es la razón por la que la tecnología de dosificación hoy en día es indispensable para la producción moderna y eficiente [5].

### **2.4.1 La Dosificación en la Industria Alimenticia**

La industria de alimentos se rige bajo normativas higiénicas muy estrictas. Gracias a la tecnología de dosificación es posible cumplir con estas. Es imprescindible que el proceso de dosificación sea rápido, exacto y en condiciones estériles, evitando así la formación, propagación de bacterias y gérmenes [5].

## **2.5 MEZCLAS**

Se le llama mezcla a la combinación de al menos dos sustancias que continúan manteniendo sus propiedades y en las que dicha unión no causa ninguna reacción química. Al no producirse alguna reacción química, las sustancias pueden ser separadas a partir de métodos físicos [6].

### 2.5.1 Tipo de Mezclas

Se habla de dos clases de mezclas: homogéneas y heterogéneas:

A las *mezclas homogéneas*, se las conoce también como disoluciones. En estas el soluto, es decir la sustancia que se disuelve, ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso, se dispersa en el disolvente (que suele encontrarse en estado líquido) en partículas de tamaño muy reducido. Esto trae como consecuencia la conformación de una mezcla homogénea en lo molecular. Si se toman muestras de menor tamaño, incluso a escala molecular, su composición seguirá siendo constante. Un ejemplo de este tipo de mezcla es el aire o la salmuera [6].

Las *mezclas heterogéneas*, conocidas también como suspensiones, se caracterizan por tener moléculas de gran tamaño, de tal forma que algunas pueden percibirse por el ojo humano. Estas mezclas no son uniformes, y el disolvente se encuentra en mayores proporciones que el soluto. Un ejemplo de estas es el agua con aceite [6].

## 2.6 FLUIDO

Sustancia cuyas moléculas presentan gran movilidad y se desplazan libremente debido a la poca cohesión existente entre ellas: los fluidos (es decir, los líquidos y los gases) adoptan la forma del recipiente que los contiene [7].

### 2.6.1 Propiedades de los Fluidos

- **Estabilidad:** se dice que el flujo es estable cuando sus partículas siguen una trayectoria uniforme, es decir, nunca se cruza entre sí. La velocidad en cualquier punto se mantiene constante el tiempo [8].
- **Turbulencia:** debido a la rapidez en que se desplaza las moléculas el fluido se vuelve turbulento; un flujo irregular es caracterizado por pequeñas regiones similares a torbellinos [8].

- **Viscosidad:** es una propiedad de los fluidos que se refiere al grado de fricción interna; se asocia con la resistencia que presentan dos capas adyacentes moviéndose dentro del fluido. Debido a esta propiedad parte de la energía cinética del fluido se convierte en energía interna [8].
- **Densidad:** es la relación entre la masa y el volumen que ocupa, es decir la masa de unidad de volumen [8].
- **Volumen específico:** es el volumen que ocupa un fluido por unidad de peso [8].
- **Peso específico:** corresponde a la fuerza con que la tierra atrae a una unidad de volumen [8].
- **Gravedad específica:** indica la densidad de un fluido respecto a la densidad del agua a temperatura estándar. Esta propiedad es dimensional [8].
- **Tensión superficial:** En física se denomina tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para disminuir su superficie por unidad de área [8].

### 2.6.2 Tipos de Fluidos

- **Fluido newtoniano:** Un fluido newtoniano es un fluido cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo. La curva que muestra la relación entre el esfuerzo o cizalla contra su tasa de deformación es lineal y pasa por el origen. El mejor ejemplo de este tipo de fluidos es el agua en contraposición al pegamento, la miel o los geles que son ejemplos de fluido no newtoniano. Un buen número de fluidos comunes se comportan como fluidos newtonianos bajo condiciones normales de presión y temperatura: el aire, el agua, la gasolina, el vino y algunos aceites minerales [9].
- **Fluido no newtoniano:** es aquél cuya viscosidad varía con la temperatura y presión, pero no con la variación de la velocidad. Estos fluidos se pueden caracterizar mejor

mediante otras propiedades que tienen que ver con la relación entre el esfuerzo y los tensores de esfuerzos bajo diferentes condiciones de flujo, tales como condiciones de esfuerzo cortante oscilatorio [9].

## 2.7 TIPOS DE CONOS DE HELADO

Existen principalmente dos tipos: conos de pasta moldeados y conos de pasta dulce enrollados. Si bien se elaboran con los mismos ingredientes Tabla 1, se producen de manera diferente.

Tabla 1: *Ingredientes masa para cono de galleta*

INGREDIENTES	UNIDADES
Harina de trigo	kg
Azúcar morena	kg
Agua	l
Aceite vegetal	l
Sal	kg
Lecitina de soya líquida	l
Color caramelo	l
Metabisulfito de sodio	kg

*Los conos moldeados* Figura 1, se preparan vertiendo una mezcla correctamente homogeneizada y dosificada en moldes calientes. Gracias a este sistema, una variedad interminable de formas y tamaños de conos delgados y crujientes puede producirse únicamente cambiando los moldes [10].



Figura 1. Cono de molde [11]

*El cono enrollado* Figura 2, se produce de una oblea plana que se enrolla mientras aún está caliente. Las recetas de estos conos difieren, en su contenido en azúcar, grasa y huevo. Esto con el fin de permitir la manipulación y arrollamiento inmediatamente después de la cocción y antes del enfriamiento. El horneado de este producto es muy particular porque se obtiene con una mezcla que se cuece entre un par de planchas metálicas calientes. Las obleas así formadas son delgadas, pero pueden contener dibujos en su superficie con mucho relieve. Los conos enrollados son más crujientes y consistentes, pueden ser diferentes en longitud o ancho y pueden tener un borde liso o áspero, pero su forma permanece esencialmente igual [10].



Figura 2. Cono de galleta [11]

## **2.8 ELABORACIÓN DE CONOS DE HELADO**

### **2.8.1 Proceso Automático**

Una gran planta de fabricación de cono estará equipada con hasta 40 hornos que producirán 5 millones de conos por día. Las plantas usualmente operan las 24 horas del día y todos los días del año excepto feriados significativos. La producción total de un fabricante importante puede ser de 5.000 millones de conos por año [12].

A medida que se introducen los ingredientes se añade agua, y los mezcladores comienzan a agitar la masa Figura 3. Los ingredientes secos y el agua se mezclan durante algunos minutos antes de añadir los otros ingredientes, el mezclador bate la masa durante unos minutos a alta velocidad, no sólo para la mezcla perfecta, sino para agregar la cantidad correcta de aire a la masa. La masa homogénea se bombea a un enfriador. El mezclador se apaga automáticamente y se reinicia para el siguiente lote.



Figura 3. Mezclado Automático [13]

A continuación, la masa de cono se bombea por tuberías a las placas de cocción del horno Figura 4. El sistema de bombeo aplica una cantidad pre-medida de masa a cada una de las planchas.



Figura 4. Dosificación Automática [13]

La masa para conos de galleta se cuece en un horno de vidrio a gas por algunos segundos Figura 5.



Figura 5. Cocción Automática [13]

Después de un ciclo de cocción la masa emerge en forma de obleas planas, listas para ser enrolladas Figura 6.



Figura 6. Extracción Automática [13]

Las obleas calientes se enrollan en formas de cono mediante máquinas de laminación de cono especializadas en un proceso que tarda unos 20 segundos Figura 7. Estos conos no se pueden manipular para el embalaje hasta que se enfríen por completo, y se refrescan por aire durante 2 minutos. El enfriamiento ayuda a los conos mantener su forma.



Figura 7. Enrollado Automático [13]

Los conos terminados viajan a lo largo de transportadores hasta el área de embalaje.

### 2.8.2 Proceso Artesanal

Para la elaboración de conos artesanales Figura 8, el proceso inicia con la mezcla de ingredientes de forma manual en el cual una persona se encarga de batir todos los ingredientes en un recipiente con ayuda de un agitador hasta obtener la consistencia deseada o con ayuda de una batidora.



Figura 8. Mezcla manual [14]

A continuación, la masa se vierte sobre las planchas calientes mediante un dosificador improvisado con una cantidad aproximada de pasta Figura 9, y proceder a la cocción de las obleas.



Figura 9. Dosificación manual [14]

La masa para conos de galleta se cuece entre dos planchas calientes durante algunos segundos Figura 10, estas pueden ser a gas o eléctricas.



Figura 10. Cocción manual [14]

Se levanta la placa superior inmediatamente antes de que se enfríe se enrolla las obleas una a una de forma manual con ayuda de un molde Figura 11.



Figura 11. Enrollado manual [14]

## 2.9 TOLVAS

Una tolva no es más que un cajón en forma de cono o pirámide invertida con una abertura en su parte inferior. Dentro de ella se vierten materiales de diversa índole los cuales van pasando por los mecanismos interiores de la tolva con el objetivo de desmenuzarlos, machacarlos, seleccionarlos o simplemente para dosificarlos. Por esta causa la tolva es un dispositivo muy versátil y utilizado en muchos procesos industriales, agrícolas y pecuarios hoy en día. [15].

### 2.9.1 Tipos de Tolvas

La diferente tipología del producto depende, como no, del uso que se le va a dar. Por eso es importante en primer lugar plantear cuales son nuestras necesidades, que es lo que se está buscando y que es lo que mejor se adapta a nuestra forma de trabajar [15].

Aquí se expone de forma sintética la diferente tipología de las tolvas:

#### 2.9.1.1 Tolva con Dosificador de Vasos Volumétricos

En este tipo de dosificador automático Figura 12, el alimento se acumula en la tolva central la cual cuenta con una serie de conductos que parten desde su parte inferior para distribuir el producto en varios lugares a la vez. Esta clase de tolva se utiliza con alimentos sólidos homogéneos como granos y polvos [15].



Figura 12. Dosificador volumétrico [15]

### 2.9.1.2 Tolva con Dosificador de Tornillo Sin Fin

La tolva Figura 13, en su interior cuenta con un tornillo sin fin. La cantidad de vueltas del tornillo se ajusta en dependencia de la composición del alimento a dosificar. Indicada en la dosificación de alimentos en polvo [15].



Figura 13. Dosificador de tornillo sin fin [15]

### 2.9.1.3 Tolva con Dosificador de Pistón

Se emplea para el suministro de alimentos líquidos y semilíquidos. En este caso la tolva Figura 14, es hermética conteniendo en su interior líquido que se va distribuyendo a medida que se desplaza el pistón por el interior de la tolva. Esta es la tolva automática perfecta para alimentos líquidos de alta densidad o viscosos, aunque puede ser usada con líquidos normales [15].



Figura 14. Dosificador de pistón [15]

#### 2.9.1.4 Tolva con Dosificador por Gravedad

Esta máquina se utiliza para llenar líquidos Figura 15, operando sobre un principio de émbolo vertical. La cantidad se puede ajustar mediante un bloque de sujeción en el vástago del pistón [16].



Figura 15. Dosificador por gravedad [16]

### 2.10 TIPOS DE AMASADORAS

#### 2.10.1 Mezclador de Cinta

El mezclador de cinta Figura 16, también denominado agitador de cinta helicoidal doble, consiste en cintas internas y externas. La cinta exterior mueve los materiales desde los extremos hacia el centro de la cubeta y la cinta interior mueve el material hacia el exterior de la cubeta (es decir, desde el centro hasta los extremos) durante las operaciones de mezcla. El movimiento axial resulta de la diferencia en la velocidad periférica de las cintas externa e interna a lo largo del eje horizontal del mezclador. El movimiento radial, por otra parte, se logra como resultado del movimiento racional de las cintas. Estos movimientos (movimientos axiales radiales y contracorrientes) facilitan la formación de una mezcla homogénea del material dentro de los 15-20 minutos de arranque con una homogeneidad de 90 - 95% o mejor [17].



Figura 16. Mezclador de cinta [17]

### 2.10.2 Mezclador V con Barra de Intensificador

Un mezclador en V Figura 17, puede ser modificado proporcionándolo con barras de intensificador de alta velocidad también conocidas como rompedoras de grano que pasan a través de volteo dentro del recipiente junto con tubos de pulverización para la adición de líquido. Este mezclador-V modificado se denomina Mezcladora-V con barra intensificadora o agitador de mezclador en V [17].



Figura 17. Mezclador en V [17]

### 2.10.3 Mezclador Vertical o Planetario

Los mezcladores planetarios Figura 18, de panadería también conocidos como mezcladores verticales obtienen su nombre del movimiento orbital que hace el agitador de masa, que son órbitas circulares a lo largo de la pared interior. El tazón de mezcla que se utiliza permanece en su lugar mientras esto sucede. Mezcladores planetarios son grandes

tener para las empresas que necesitan para producir lotes más pequeños a la vez. De lo contrario, los mezcladores planetarios son muy versátiles [18].



Figura 18. Mezclador planetario [18]

#### 2.10.4 Mezcladores Horizontales

Los mezcladores horizontales contienen típicamente un recipiente que se inclina para retirar la masa cuando se mezcla. Los batidores se mueven horizontalmente dentro de la taza en uno o dos ejes. La forma en que se corta o estira la masa depende de la forma y velocidad de las cuchillas [18].

Los tres tipos de mezcladores horizontales más usados son:

- **Mezclador de tres barras de rodillos** Figura 19 - utilizado para rodar y estirar la masa que le permite desarrollar una estructura de gluten adecuada [18].



Figura 19. Mezclador de barras [18]

- **Mezcladores sigma simples** Figura 20 - adecuados para galletas, tortillas de maíz. [18].



Figura 20. Mezclador sigma [18]

- **Mezcladores de doble sigma** Figura 21 - utilizados para mezclas de galletas de pasta blanda, pastel, pretzels, granola, barras de tipo energético y bollos [18].



Figura 21. Mezclador doble sigma [18]

### 2.10.5 Mezclador Espiral

El agitador de masa en forma de espiral da nombre a los mezcladores espirales Figura 22. A diferencia del tazón de mezcla planetario que permanece inmóvil, un tazón de mezcla en espiral se mueve mientras el agitador permanece en su lugar. Los mezcladores espirales son a menudo el mezclador de la opción para las panaderías. A menudo se les conoce como "un saco" o "tres ensacadores". Esto representa la cantidad de bolsas de 100 libras de harina o masa que pueden contener [18].



Figura 22. Mezclador espiral [18]

## **2.11 EL PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Si bien el acero inoxidable es uno de los materiales preferidos por la mayoría de los manipuladores de alimentos por cumplir en su totalidad con las características que se desean, hoy en día el plástico ha ido ganando terreno al incrementar su demanda en la fabricación de utensilios para el procesamiento de los alimentos ya que demuestra ser un producto de bajo costo, resistente, de alta durabilidad y ligereza [19].

## **2.12 EL ACERO INOXIDABLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

El acero inoxidable está presente en una de las industrias de mayor importancia, como la de los alimentos, los beneficios que este brinda en todo el proceso son muy importantes para la producción de comestibles [20].

Este material se utiliza en la industria alimentaria porque es higiénico al presentar las siguientes características:

- Elevada resistencia a la corrosión.
- Superficie totalmente compactada.
- Elevada resistencia a choques y tensiones mecánicas.
- Elevada resistencia a variaciones térmicas.
- Ausencia de recubrimientos de fácil deterioro.

- No aporta partículas por desprendimiento.
- Óptima capacidad de limpieza y, en consecuencia, elevado grado de eliminación de bacterias.

### **2.13 LUBRICANTES DE GRADO ALIMENTICIO**

Los lubricantes para elementos de máquinas usadas en la industria alimenticia tienen que adherirse al uso de aceites, aditivos y espesantes que cumplan con la FDA 21 CFR de los Estados Unidos, que regula los porcentajes permitidos en la formulación final de los productos. Estos lubricantes están certificados como NSF- H1 y son seguros en caso de contacto accidental con alimentos. Están diseñadas para asegurar un alto rendimiento incluso en aplicaciones de larga duración [21].

### **2.14 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Inicialmente las industrias utilizaban relés para controlar los procesos de fabricación. Los paneles de control del relé tenían que ser reemplazados regularmente, consumían mucha energía y era difícil entender los problemas asociados con él. Para solucionar estos problemas, se introdujo el controlador lógico programable [22].

El controlador lógico programable (PLC) es una computadora digital usada para la automatización de varios procesos electro-mecánicos en industrias. Estos controladores están especialmente diseñados para sobrevivir en situaciones duras y protegidos contra el calor, el frío, el polvo y la humedad, etc. El PLC consiste en un microprocesador que se programa utilizando el lenguaje de computadora [22].

#### **2.14.1 Hardware del PLC**

Los componentes de hardware de un sistema PLC Figura 23, son CPU, memoria, puertos entrada / salida, unidad de fuente de alimentación y dispositivo de programación [22].



Figura 23. Autómata programable [23]

## 2.15 VARIADORES DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia es un tipo particular de variador de velocidad Figura 24, que se utiliza para controlar la velocidad de un motor de corriente alterna. Con el fin de controlar la velocidad de rotación del motor, una unidad de frecuencia variable controla la frecuencia de la energía eléctrica suministrada a ella. La adición de una unidad de frecuencia variable a una aplicación permite ajustar la velocidad del motor de acuerdo con la carga del motor, ahorrando energía en última instancia. Comúnmente utilizado en una variedad de aplicaciones, un variador de frecuencia se puede encontrar sistemas de ventilación de funcionamiento, bombas, cintas transportadoras y accionamientos de máquina herramienta [24].

### 2.15.1 Ventajas de una Transmisión de Frecuencia Variable

- El ahorro de energía
- Mayor fiabilidad
- Variaciones de velocidad
- Arranque suave
- Vida extendida de la máquina y menos mantenimiento
- Factor de alta potencia



Figura 24. Variador de frecuencia [25]

## 2.16 SENSORES EN LA INDUSTRIA

Los sensores Figura 25, son dispositivos sofisticados que se utilizan con frecuencia para detectar y responder a señales eléctricas u ópticas. Un sensor convierte el parámetro físico (por ejemplo: temperatura, presión sanguínea, humedad, velocidad, etc.) en una señal que puede medirse eléctricamente [26].



Figura 25. Sensores [27]

## 2.17 ACTUADORES NEUMÁTICOS

### 2.17.1 Lineales

Son constituidos de componentes que convierten la energía neumática en movimiento lineal o angular. Son representados por los Cilindros Neumáticos Figura 26.

Dependiendo de la naturaleza de los movimientos, velocidad, fuerza, curso, habrá uno más adecuado para la función [28].



Figura 26. Cilindro neumático doble efecto [29]

### 2.17.2 Rotativo

Los actuadores Figura 27, convierten energía neumática en energía mecánica a través de momento torsor continuo [28].



Figura 27. Actuador rotativo [30]

## 2.18 VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL

Las válvulas de control Figura 28, tienen por función orientar la dirección que el flujo de aire debe seguir, con el fin de realizar un trabajo propuesto [28].



Figura 28. Electroválvula neumática [31]

## 2.19 VÁLVULAS HIDRÁULICAS

Hay una gran variedad de válvulas y configuraciones de válvulas para adaptarse a todos los servicios y condiciones; diferentes usos (encendido / apagado, control), diferentes fluidos (líquidos, gases, etc., combustibles, tóxicos, corrosivos, etc.) diferentes materiales y diferentes condiciones de presión y temperatura. Las válvulas son para iniciar o detener el flujo, regular o estrangular el flujo, evitar el flujo de retorno o aliviar y regular la presión en aplicaciones de manejo de fluidos o gases. Los tipos de válvulas comunes incluyen: bola, mariposa, control, diafragma, compuerta, globo, compuerta de cuchilla, corredera paralela, pistón, tapón, compuerta, etc. [32]

### 2.19.1 Válvula de Bola

Debido a sus excelentes características de funcionamiento, las válvulas de bola Figura 29, se utilizan para el espectro más amplio de aplicaciones de aislamiento y están disponibles en una amplia gama de tamaños y materiales y están disponibles en flujo completo y conducto de paso completo. Ventajas: acción rápida, flujo directo en cualquier dirección, baja caída de presión, cierre hermético a las burbujas y par de operación, fácil de accionar. Desventajas: limitaciones de temperatura en el material del asiento, dimensión cara a cara larga y "relativa" [32].



Figura 29. Válvula de bola 3 vías [33]

## 2.20 EL MOTOR ELÉCTRICO

**Motor de inducción trifásico** Figura 30 es un dispositivo electromecánico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. En el caso de la operación trifásica de CA ( corriente alterna ), el motor más utilizado es un motor de inducción trifásico , ya que este tipo de motor no requiere un dispositivo de arranque adicional. Estos tipos de motores se conocen como motores de inducción de arranque automático [34].



Figura 30. Motor eléctrico [35]

## 2.21 EL COMPRESOR DE AIRE

Los compresores suministran el flujo de aire para todos los equipos en un sistema. Los compresores de aire funcionan en dos fases: la operación de compresión y la operación de liberación Figura 31. Hay dos tipos de compresores, desplazamiento positivo y dinámico.

La velocidad a la que un compresor puede suministrar un volumen de aire se indica en pies cúbicos por minuto (cfm). Debido a que la presión atmosférica juega un papel importante en la rapidez con que el aire se mueve hacia el cilindro, cfm variará con la presión atmosférica. También varía con la temperatura y la humedad del aire [36].



Figura 31. Compresor de aire [37]

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

El siguiente capítulo describe el sistema, los subsistemas y requerimientos que conforman la máquina mezcladora y dosificadora para su fabricación y automatización.

#### **3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Los parámetros que se toma en cuenta previo al diseño y construcción de la máquina para alimentos son los siguientes.

##### **3.1.1 Requerimientos Norma Técnica**

- Fabricación, construcción y diseño sanitario.
  - No poroso.
  - No absorbente.
  - No contaminante.
  - No reactivo.
  - Resistente a la corrosión.
  - No toxico.
  - Fácil Limpieza.
- Equipo seguro y confiable.
  - Sin contacto directo con las partes móviles de la máquina.
  - Resistente a Falla: mecánica, eléctrica.
  - Protección a Falla humana.
- Diseño eficiente.

- Reducido tiempo de mezclado y dosificado.
- De fácil manipulación.
- Facilidad de carga de ingredientes y descarga de mezcla.
- Reducido espacio de instalación.
- Facilidad de mantenimiento.
- Bajo costo de fabricación.

### **3.1.2 Bases y Criterios de Diseño**

- Aplicar las normativas de obligado cumplimiento y códigos de diseño en equipos destinados a la preparación alimentos.
- Asimilar la terminología y los principales factores que intervienen en la homogeneización y dosificación de masa para una adecuada selección de equipos.
- Conocer los diferentes tipos de máquinas amasadoras, las bases de su diseño y aplicaciones (masa: bizcochos, pan, galletas, pasteles).
- Conocer los diferentes tipos de máquinas surtidoras, las bases de su diseño y aplicaciones (surtir fluidos: newtonianos, no newtonianos).
- Comprender los fundamentos de cinemática y dinámica de máquinas y mecanismos, como etapa esencial para abordar un adecuado diseño de los mismos.

## **3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Se considera los factores más influyentes para evaluar el dosificador y mezclador que mejor se adapta a nuestra aplicación.

### 3.2.1 Selección del Dosificador

La Tabla 2, presenta los resultados de la evaluación de las alternativas para la dosificación, indicando que un dosificado por pistón es la opción más óptima para esta aplicación.

Tabla 2: *Evaluación de alternativas de dosificación*

Factores de Comparación	Dosificador de vasos volumétricos	Dosificador tornillo sin fin	Dosificador de pistón	Dosificador por gravedad
Bajo costo de fabricación	NO	NO	SI	SI
Velocidad de dosificado	SI	SI	SI	NO
Facilidad de construcción	NO	NO	SI	SI
Facilidad de manipulación	SI	SI	SI	SI
Facilidad de mantenimiento	NO	NO	SI	SI
Precisión	SI	SI	SI	SI
Líquidos	NO	NO	SI	SI
Polvos	SI	SI	NO	NO
Viscosos	NO	NO	SI	NO
<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>4/9</b>	<b>4/9</b>	<b><u>8/9</u></b>	<b>6/9</b>

### 3.2.2 Selección de Mezcladora

La Tabla 3, presenta los datos de la evaluación de las alternativas para la homogeneización, indicando que un mezclador horizontal de rodillos es la opción más óptima para esta aplicación.

Tabla 3: *Evaluación de alternativas de mezclador y agitador*

Factores de Comparación	Mezclador en V	Mezclador vertical planetario	Mezclador vertical espiral	Mezclador Horizontal			
				Cintas	Rodillos	Sigma	Doble sigma
Bajo costo de fabricación	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
Velocidad de preparación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Facilidad de construcción	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
Facilidad de manipulación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Facilidad de mantenimiento	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
Fácil descarga	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
Mezclas pastosas	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Mezclas polvos	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI
<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>3/8</b>	<b>3/8</b>	<b>3/8</b>	<b>5/8</b>	<b><u>7/8</u></b>	<b>6/8</b>	<b>4/8</b>

### 3.3 PARÁMETROS DE DIMENSIONAMIENTO

- Volumen de mezcla  $0,035 \text{ m}^3$
- Densidad del producto  $1285 \text{ kg/m}^3$
- Nivel de llenado (semicilindro,  $\varnothing_s = 0,4\text{m}$ )
- Material de construcción (acero inoxidable y polímeros de grado alimenticio)
- Velocidad de agitador variable (0 a 250) *rpm*
- Cantidad de dosificación regulable (20 a 60)  $\text{cm}^3$
- Porciones por minuto 3 a 15
- Recipiente compartido para la homogeneización y dosificación
- Voltaje de trabajo (24VDC, 220VAC)
- Presión de aire 6 bar

#### 3.3.1 Máquina Mezcladora Dosificado

A continuación, se muestra el modelo a seguir para el desarrollo del prototipo de la máquina Figura 32.

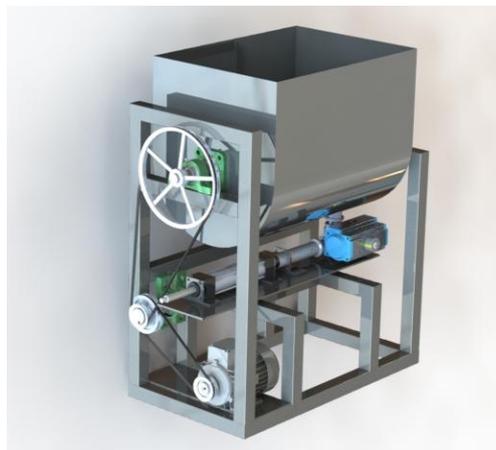


Figura 32. Máquina mezcladora dosificadora SOLIDWORKS

### 3.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MEZCLADORA

#### 3.4.1 Diseño del Recipiente (Mezcla & Dosificación)

El recipiente de la máquina se basa en un contenedor en forma de U donde se homogeneiza los ingredientes y almacena la pasta Figura 33.

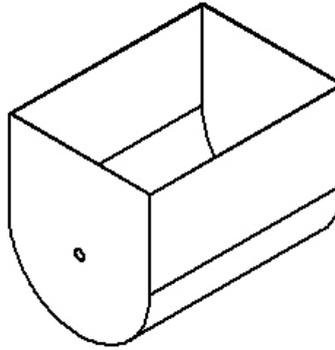


Figura 33. Diseño de la tolva

- Cálculos dimensiones de la tolva del mezclador.

Donde:

$V_m = 0,035 \text{ m}^3$  volumen de la mezcla

$r = 0,2 \text{ m}$  radio del recipiente

$A_S$ : área del semicilindro

$w$  : largo del recipiente

$$V_m = A_S w$$

Ecuación 1. Volumen semicilindro [38]

$$V_m = \frac{\pi r^2 w}{2}$$

$$w = 0,56 \text{ m}$$

### 3.4.1.1 Análisis del espesor del recipiente (Figura 34)

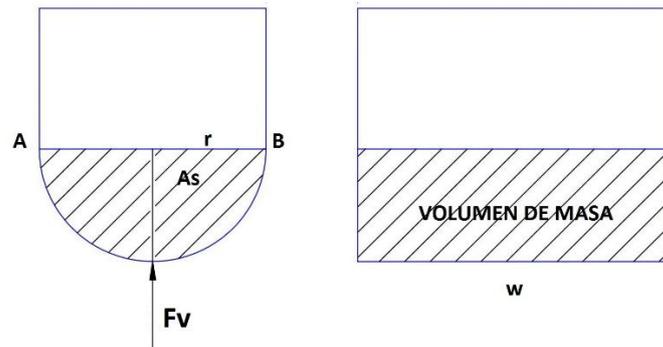


Figura 34. Fuerza sobre una superficie curva

- Cálculos la fuerza resultante sobre la pared del recipiente.

Donde:

$\rho = 1285 \text{ kg/m}^3$  densidad

$g = 9.807 \text{ m/s}^2$  gravedad

$w = 0,56 \text{ m}$  largo de la tolva

$\gamma$  : peso específico

$A_S$ : área del semicírculo

- Cálculos peso específico.

$$\gamma = \rho g$$

$$\gamma = 12593 \text{ N/m}^2$$

- Cálculo área del semicilindro.

$$A_S = \frac{\pi r^2}{2}$$

$$A_S = 0,0628 \text{ m}^2$$

- Cálculo de fuerza vertical sobre la superficie de la tolva:

$$F_V = \gamma A_S w$$

Ecuación 2. Fuerza vertical sobre superficies curvas [38]

$$F_V = 442,87 \text{ N}$$

$F_H = 0 \rightarrow$  las fuerzas horizontales están balanceadas

$$F_V + F_H = F_r = 442,87 \text{ N}$$

Para encontrar el espesor del recipiente se usa la teoría de esfuerzos en cilindros de pared delgada.

Donde:

$d_i = 0,398 \text{ m}$  diámetro interno

$t = 0,001 \text{ m}$  espesor del material

$w = 0,56 \text{ m}$  largo de la tolva

$F_r = 442,87 \text{ N}$  fuerza resultante

$A_p$ : área de presión

$P$ : presión

$\sigma_{Cmax}$ : esfuerzo circunferencial máximo

- Cálculo del valor de la presión que se genera debido a la fuerza.

$$P = \frac{F_r}{A_p}$$

$$P = 0,395 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{C \max} = \frac{P(d_i + t)}{2t}$$

Ecuación 3. Esfuerzo máximo sobre cilindro de pared delgada [38]

$$\sigma_{C \max} = 78,8 \text{ MPa}$$

Se encuentra el factor de seguridad estático para verificar el correcto diseño del recipiente.

Donde:

$S_y = 220 \text{ MPa}$  punto de fluencia acero inoxidable AISI 304

$n_s$ : factor de seguridad

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{C \max}}$$

Ecuación 4. Factor de seguridad [39]

$$n_s = 2,79$$

### 3.4.2 Diseño del Agitador

El sistema de agitación se encarga de homogenizar los ingredientes, variando su velocidad obteniendo una consistencia de masa óptima para posteriormente ser dosificada

Figura 35.

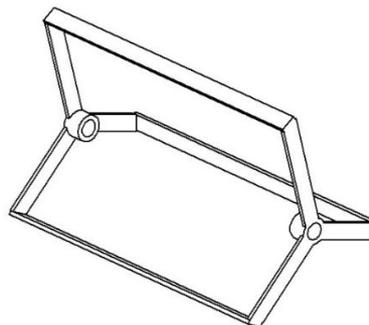


Figura 35. Diseño de agitador

### 3.4.2.1 Diseño estático de la paleta del agitador

Para realizar el diseño de la paleta Figura 36, primero se encuentra la fuerza que actúa sobre esta.

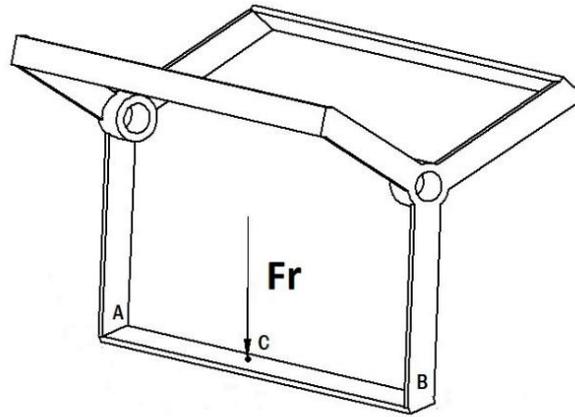


Figura 36. Fuerzas sobre el aspa del agitador

- Fuerza sobre el área de la paleta.

Donde:

$\gamma = 12593 \text{ N/m}^3$  peso específico de la masa

$h_c = 0,18 \text{ m}$  profundidad total del fluido

$l_a = 0,52 \text{ m}$  longitud del agitador

$d_{AC} = 0,26 \text{ m}$  distancia de la fuerza aplicada

$b_a = 0,0254 \text{ m}$  ancho del agitador

$A_a$ : área del agitador

$$F_r = \gamma h_c A_a$$

Ecuación 5. Fuerza sobre placa sumergida [38]

$$F_r = 29,92 \text{ N}$$

- Calculo momento torsor y momento flector del agitador:

$$F_r/2 = 14,96 \text{ N}$$

$$\sum M_{Az} = 0$$

Ecuación 6. Equilibrio mecánico [39]

$$M_{Az} = F_r d_{AC}$$

Ecuación 7. Momento de fuerza [39]

$$M_{Az} = 3,89 \text{ Nm}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 37.

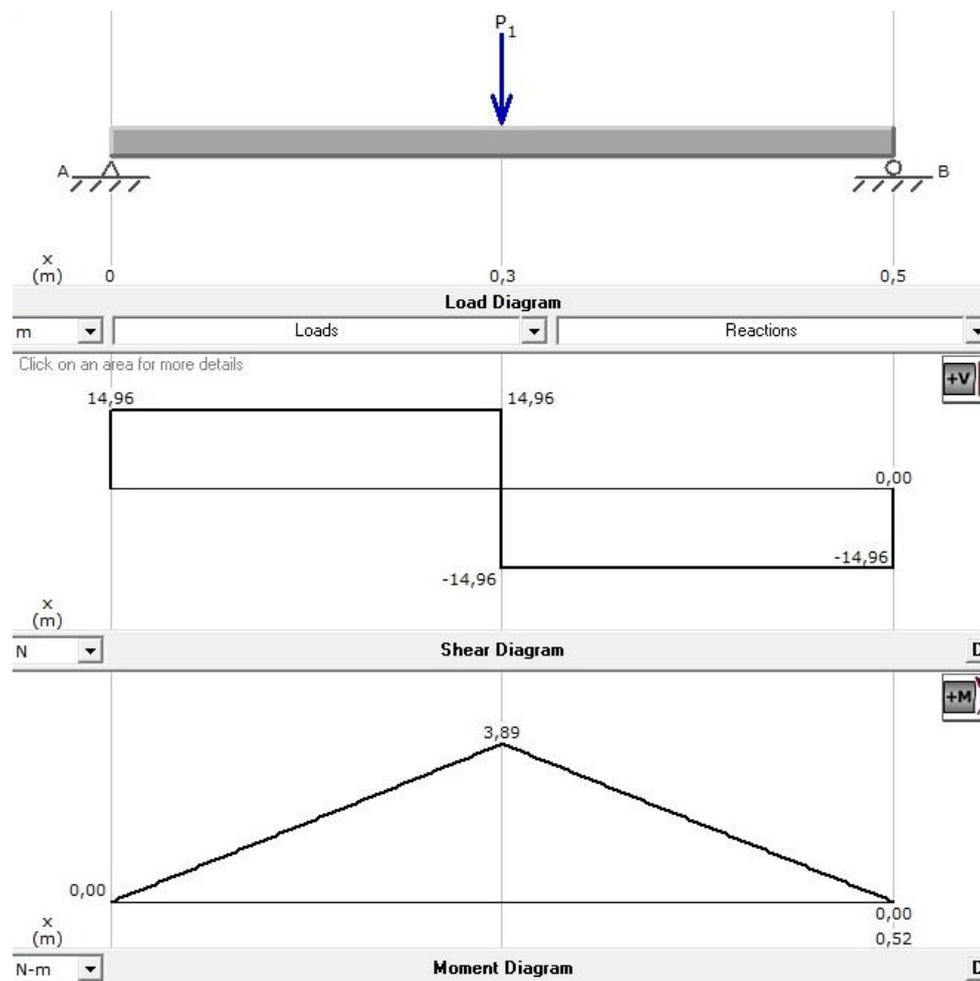


Figura 37. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) del agitador

La sección crítica de la paleta es rectangular, su espesor es  $h = 0,006m$  y el ancho es  $b = 0,0254 m$ .

- El esfuerzo normal por flexión en una viga rectangular.

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo normal máximo

$M_{max}$ : Momento flector máximo

$I/C$ : Módulo de sección crítica

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I/C}$$

- El módulo de sección crítica para una sección rectangular está dado por:

Donde:

$b = 0,0254 m$  base de la sección

$h = 0,006m$  espesor de la sección

$M_{max} = 3,89 Nm$

$$I/C = \frac{bh^2}{6}$$

Ecuación 8. Módulo sección crítica viga rectangular[39]

Una vez definidas las variables se calcula el esfuerzo normal máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{6M_{max}}{bh^2}$$

Ecuación 9. esfuerzo normal máximo [39]

$$\sigma_{max} = 25,5 MPa$$

El esfuerzo cortante máximo para una sección rectangular:

Donde:

$V = 14,96 \text{ N}$  fuerza cortante máxima

$A = 1,524 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  área de la sección rectangular

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

Ecuación 10. Esfuerzo cortante máximo [39]

$$\tau_{max} = 0,15 \text{ MPa}$$

Utilizando la teoría de falla estática de la energía de distorsión se usa la ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{Amax}^2 + 3\tau_{max}^2}$$

Ecuación 11. Falla estática energía de distorsión [39]

$$\sigma' = 25,5 \text{ MPa}$$

Usando las propiedades del acero inoxidable AISI 304 se tiene.

$$S_y = 220 \text{ MPa}$$

Entonces, el factor de seguridad estático se calcula con la ecuación:

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$n_s = 8,62$$

### 3.4.2.2 Diseño dinámico de la paleta del agitador

El tipo de esfuerzo que actúa sobre la paleta es repetitivo Figura 38.

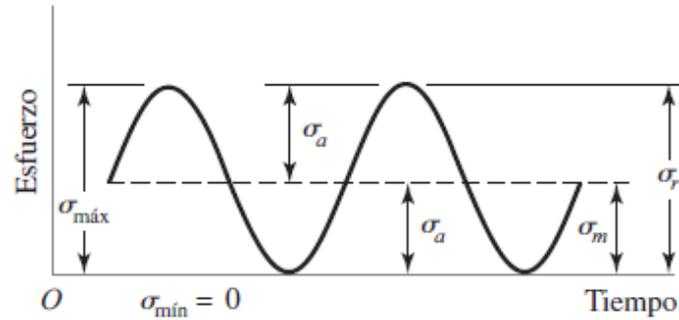


Figura 38. Relación esfuerzo-tiempo [38]

Los esfuerzos normales y cortantes se calculan con las siguientes ecuaciones.

$$\sigma_{máx} = 25,5MPa \text{ esfuerzo normal máximo}$$

$$\sigma_{min} = 0 MPa \text{ esfuerzo normal mínimo}$$

$$\tau_{máx} = 0,15 MPa \text{ esfuerzo cortante máximo}$$

$$\tau_{min} = 0 MPa \text{ esfuerzo cortante mínimo}$$

- Esfuerzo dinámico normal amplitud.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{máx} - \sigma_{min}}{2}$$

Ecuación 12. Esfuerzo normal amplitud [39]

$$\sigma_a = 12,75 MPa$$

- Esfuerzo dinámico normal medio.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{máx} + \sigma_{min}}{2}$$

Ecuación 13. Esfuerzo normal medio [39]

$$\sigma_m = 12,75MPa$$

- Esfuerzo dinámico cortante amplitud.

$$\tau_a = 0$$

- Esfuerzo dinámico cortante medio.

$$\tau_m = \frac{\tau_{\text{máx}} + \tau_{\text{mín}}}{2}$$

Ecuación 14. Esfuerzo cortante medio [39]

$$\tau_m = 0,075 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo de Von Mises alternante.

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}$$

Ecuación 15. Esfuerzo von mises alternante [39]

$$\sigma'_a = 12,75 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo de Von Mises medio.

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

Ecuación 16. esfuerzo von mises medio [39]

$$\sigma'_m = 12,75 \text{ MPa}$$

- El límite de resistencia a la fatiga se encuentre usando la ecuación.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Ecuación 17. Limite resistencia a la fatiga [39]

**$k_a$** : Factor de modificación por la condición superficial

$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$  resistencia ultima acero inoxidable AISI 304

Modificación para el acero **Anexo 1**, Laminado en caliente

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

$$k_a = 0,65$$

**$k_b$** : Factor de modificación por el tamaño

Para una sección rectangular es necesario encontrar un diámetro equivalente **Anexo 2**.

$$d_e = 0,808\sqrt{bh}$$

$$d_e = 9,97 \times 10^{-3} m = 9,97 \text{ mm}$$

$$2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

$$k_b = 1,24d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,97$$

**$k_c$** : Factor de modificación por la carga Flexión **Anexo 3**

$$k_c = 1$$

**$k_d$** : Factor de modificación por la temperatura

El mezclador trabaja a temperatura ambiente por lo que no es un parámetro influyente, por tanto.

$$k_d = 1$$

**$k_e$** : Factor de confiabilidad

Se asume una confiabilidad del 90% de acuerdo a la tabla **Anexo 4**

$$k_e = 0,897$$

**$k_f$** : Factor de modificación por efectos varios

Los efectos más influyentes que determinan este factor son la corrosión, debido a que el material es acero inoxidable se considera:

$$k_f = 1$$

$S'_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

La relación debida a la resistencia a la fatiga y la resistencia última para el acero inoxidable AISI 304 si ( $S_{ut} = 520MPa$ ):

Viga rotatoria **Anexo 5**.

$$S_{ut} \leq 1400MPa$$

$$S'_e = 0,5S_{ut}$$

$$S'_e = 260 MPa$$

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

Conocidos todos los factores de modificación se encuentra el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación.

$$S_e = 147,05 MPa$$

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{\sigma'_m}}$$

Ecuación 18. Resistencia media [39]

$$S_m = 114,8 MPa$$

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma'_m}$$

$$n_d = 8,2$$

### 3.4.2.3 Diseño estático del soporte de la paleta (Figura 39)

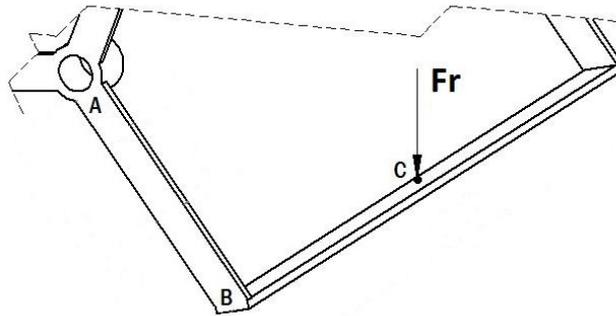


Figura 39. Diseño del soporte del agitador

Sobre el soporte del agitador se generan un momento flector y torsor debido a la fuerza  $F_r$  los cuales se determina con las ecuaciones:

$$F_r = 14,96 \text{ N}$$

$$d_{BC} = 0,26 \text{ m}$$

$$d_{AB} = 0,18 \text{ m}$$

$$T = F_r d_{BC}$$

$$T = 3,89 \text{ Nm}$$

$$M_A = F_r d_{AB}$$

$$M_A = 2,69 \text{ Nm}$$

La sección crítica de la paleta es rectangular, su espesor es  $t = 0,0254 \text{ m}$  y el ancho es  $b = 0,006 \text{ m}$ .

$$M_{max} = 2,69 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo normal por flexión en una viga se calcula mediante la ecuación.

$$\sigma_{A \text{ max}} = \frac{M_{max}}{I/C}$$

$$\sigma_{A \max} = \frac{6M_{\max}}{bt^2}$$

$$\sigma_{A \max} = 4,17 \text{ MPa}$$

Se determina el esfuerzo cortante máximo para una sección rectangular:

Donde:

$b = 0,254 \text{ m}$  base de la viga

$c = 0,006 \text{ m}$  espesor de la viga

$b/c = 4$  relación base/espesor

$\alpha$ : factor en función de  $b/c$

$$\tau_{\max} = \frac{T}{\alpha bc^2}$$

Ecuación 19. Esfuerzo cortante máximo en barra de sección rectangular [39]

El valor de  $\alpha$  correspondiente de acuerdo a la tabla del **Anexo 6**.

$$\alpha = 0,282$$

$$\tau_{\max} = 15,1 \text{ MPa}$$

Utilizando la teoría de falla estática de la energía de distorsión se usa la ecuación:

$$\sigma'_{\max} = \sqrt{\sigma_{A \max}^2 + 3\tau_{\max}^2}$$

$$\sigma'_{\max} = 26,48 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad estático es:

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

$$n_s = 8,3$$

### 3.4.2.4 Diseño dinámico del soporte de la paleta

- Esfuerzo de Von Mises alternante.

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma'_a = 13,24 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo de Von Mises medio.

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

$$\sigma'_m = 13,44 \text{ MPa}$$

- El límite de resistencia a la fatiga.

$$S'_e = 0,5S_{ut}$$

$$S_{ut} < 1400 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 260 \text{ MPa}$$

**$k_a$** : Factor de modificación por la condición superficial

$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$  resistencia ultima acero inoxidable AISI 304 laminado en caliente

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

$$k_a = 0,65$$

**$k_b$** : Factor de modificación por el tamaño

Diámetro equivalente para una sección rectangular.

$$d_e = 0,808\sqrt{bh}$$

$$d_e = 9,97 \times 10^{-3} \text{ m} = 9,97 \text{ mm}$$

$$2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

$$k_b = 1,24d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,97$$

**$k_c$** : Factor de modificación por la carga

$$k_c = 1$$

**$k_d$** : Factor de modificación por la temperatura

$$k_d = 1$$

**$k_e$** : Factor de confiabilidad

$$k_e = 0,897$$

**$k_f$** : Factor de modificación por efectos varios

$$k_f = 1$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = 147,05 \text{ MPa}$$

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{\sigma'_m}}$$

$$S_m = 114,88 \text{ MPa}$$

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma'_m}$$

$$n_d = 8$$

### 3.4.3 Diseño del Sistema de Transmisión

Teniendo en cuenta las ventajas del sistema de transmisión por bandas en comparación a la transmisión por engranes o cadenas se emplea un tren de poleas.

### 3.4.3.1 Sistema de bandas y poleas (Figura 40)

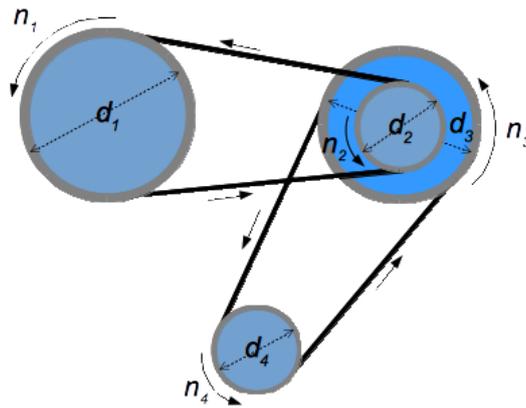


Figura 40. Sistema de transmisión (tren de poleas)

El eje motriz de la mezcladora debe girar a una velocidad de entre 0 a 290 rpm usando un variador de frecuencia.

No se debe disminuir la velocidad únicamente con el variador de velocidad, esto implicaría una reducción del torque del motor. Inicialmente se reduce la velocidad mediante un sistema de poleas y correas.

***d***: Diámetro de poleas

$$d_1 = 9 \text{ in} = 22,83 \text{ cm}$$

$$d_2 = 2,5 \text{ in} = 6,35 \text{ cm}$$

$$d_3 = 4 \text{ in} = 10,16 \text{ cm}$$

$$d_4 = 2,5 \text{ in} = 6,35 \text{ cm}$$

***C***: Distancia entre ejes

$$C_1 = 34 \text{ cm}$$

$$C_2 = 22 \text{ cm}$$

***i***: Relación de transmisión

$$i = \frac{d_c}{d_m} = \frac{\text{diámetro de patea conducida}}{\text{diámetro de patea motriz}}$$

$$i_1 = \frac{d_1}{d_2} = 3,6$$

$$i_2 = \frac{d_3}{d_4} = 1,6$$

**n:** Velocidad de rotación de las poleas

$$n = \frac{n_p}{i} = \frac{\text{velocidad de rotación}}{\text{relacion de transmisión}}$$

$$n_4 = 1660 \text{ rpm}$$

$$n_2 = \frac{n_4}{i_1} = 461 \text{ rpm}$$

$$n_2 = n_3 = 461 \text{ rpm}$$

$$n_1 = \frac{n_2}{i_2} = 290 \text{ rpm}$$

**$L_p$ :** largo de bandas

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

Ecuación 20. Largo de banda V [39]

$$L_{p1} = 115 \text{ cm} = 45 \text{ in}$$

$$L_{p2} = 73 \text{ cm} = 28 \text{ in}$$

$\theta$  : Ángulo de contacto de la banda

$$\theta_{d2} = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \frac{d_1 - d_2}{2C_1}$$

Ecuación 21. Ángulo de contacto [39]

$$\Theta_{d2} = 169^\circ = 2,95 \text{ rad}$$

$\varnothing$  : Ángulo de cobertura

$$\varnothing = \Theta_d = 169^\circ = 2,95 \text{ rad}$$

$$\exp(f\varnothing) = \exp[0,5123(2,95)] = 4,53$$

### 3.4.3.2 Selección de potencia de bandas del agitador

$$d = 2,5 \text{ in}$$

$$n_2 = 461 \text{ rpm}$$

$V$  : Velocidad lineal de la banda

$$V = \frac{\pi d n_2}{12} = 301,7 \text{ pie/mín}$$

Ecuación 22. Velocidad lineal de banda [39]

$H_{tab}$ : potencia tabulada

Banda A para transmisión del sistema de acuerdo al Anexo 7

$$H_{tab} = 0,47 \text{ HP}$$

$H_a$ : Potencia permitida por banda

Banda A factores de corrección  $k_1 k_2^*$  de acuerdo a los anexos:

Anexo 8 y Anexo 9

$$H_a = k_1 k_2^* H_{tab}$$

Ecuación 23. Potencia permitida por banda [39]

$$H_a = 0,40 \text{ HP}$$

**T:** Par de torsión

$$F_r = 14,96 \text{ N}$$

$$d_{AB} = 0,19 \text{ m}$$

$$T = 3F_r d_{AB}$$

$$T = 8,53 \text{ Nm} = 75,5 \text{ lbf. in}$$

**H<sub>nom</sub>:** Potencia nominal

$$T = 75,5 \text{ N}$$

$$n_2 = 290 \text{ rpm}$$

$$H_{nom} = \frac{Tn_2}{63025}$$

Ecuación 24. Potencia nominal [39]

$$H_{nom} = 0,40 \text{ HP}$$

**H<sub>d</sub>:** Potencia de diseño

Transmisión de bandas en V **Anexo 10**, Máquina impulsada Impacto medio

$$H_d = k_s n_d H_{nom}$$

Ecuación 25. Potencia de diseño [39]

$$H_d = 0,56 \text{ HP sugerida}$$

$$H_d = 0,75 \text{ HP real}$$

De acuerdo al **Anexo 11** la banda requerida para una transmisión de 0,75 HP de potencia es del tipo A

$N_b$ : Numero de bandas

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a}$$

Ecuación 26. Número de bandas [39]

$$N_b \geq 1,9 \rightarrow N_b = 2$$

$F_C$ : Tención centrifuga

De acuerdo con la tabla del Anexo 12, el factor de corrección de longitud de banda  $K_C$

$$F_C = K_C \left( \frac{V}{1000} \right)^2$$

Ecuación 27. Fuerza centrifuga [39]

$$F_C = 0,051 \text{ lbf}$$

$\Delta F$ : Potencia transmitida por banda

$$n = 461 \text{ rpm}$$

$$d = 2,5 \text{ in}$$

$$f\phi = 4,53$$

$$\Delta F = \frac{\frac{63025H_d}{N_b}}{n \left( \frac{d}{2} \right)}$$

Ecuación 28. Potencia transmitida por banda [39]

$$\Delta F = 41 \text{ lbf}$$

$$F_1 = F_C + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

Ecuación 29. Tensión mayor en banda [39]

$$F_1 = 52,67 \text{ lbf}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

Ecuación 30. Tensión menor en banda [39]

$$F_2 = 11,67 \text{ lbf}$$

**Vida:** Durabilidad de las bandas factor  $K_b$  en base al **Anexo 12**

$$d = 2,5 \text{ in}$$

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

$$F_{b1} = \frac{K_b}{d}$$

Ecuación 31. Esfuerzo de tensión máximo en polea impulsora [39]

$$F_{b1} = 88 \text{ lbf}$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{D}$$

Ecuación 32. Esfuerzo tensión máximo en polea impulsada [39]

$$F_{b2} = 24,44 \text{ lbf}$$

$$T_1 = F_1 + F_{b1}$$

$$T_1 = 140,61 \text{ lbf}$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2}$$

$$T_2 = 77,05 \text{ lbf}$$

### 3.4.3.3 Selección de potencia de bandas del motor

Determinadas las características de la mezcla, es necesario encontrar la potencia requerida en el eje motriz.

$\theta$  : Ángulo de contacto de la banda

$$\theta_{d4} = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2C}$$

$$\theta_{d4} = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \frac{10,16 - 6,35}{2(22)}$$

$$\theta_{d4} = 170^\circ$$

$\phi$  : Ángulo de cobertura

$$\phi = \theta_d = 2,97 \text{ rad}$$

$$\exp(f\phi) = \exp[0,5123(2,97)] = 4,56$$

$V$  : Velocidad lineal de la banda

$$d = 2,5 \text{ in}$$

$$n = 1660 \text{ rpm}$$

$$V = \frac{\pi dn}{12} = 1086 \text{ pie/mín}$$

$H_{tab}$ : potencia tabulada

$$H_{tab} = 0,62 \text{ HP}$$

$H_a$ : Potencia permitida por banda

$$H_a = k_1 k_2^* H_{tab}$$

$$H_a = 0,40 \text{ HP}$$

$H_{nom}$ : Potencia nominal

$$H_{nom} = \frac{Tn_2}{63025}$$

$$H_{nom} = 0,40 \text{ HP}$$

**$H_d$** : Potencia de diseño

$$H_d = k_S n_d H_{nom}$$

$$H_d = 0,56 \text{ HP sugerida}$$

$$H_d = 0,75 \text{ HP real}$$

**$N_b$** : Numero de bandas

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a}$$

$$N_b \geq 1,9 \rightarrow N_b = 2$$

**$F_C$** : Tención centrifuga

$$F_C = K_C \left( \frac{V}{1000} \right)^2$$

$$F_C = 0,662 \text{ lbf} = 2,94 \text{ N}$$

**$\Delta F$** : Potencia transmitida por banda

$$n = 1660 \text{ rpm}$$

$$d = 2,5 \text{ in}$$

$$f\phi = 4,53$$

$$\Delta F = \frac{\frac{63025 H_d}{N_b}}{n \left( \frac{d}{2} \right)}$$

$$\Delta F = 11,4 \text{ lbf} = 50,7 \text{ N}$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F_1 = 15,26 \text{ lbf} = 67,88 \text{ N}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 3,86 \text{ lbf} = 17,17 \text{ N}$$

**Vida:** Durabilidad de las bandas

$$d = 2,5 \text{ in}$$

$$D = 4 \text{ in}$$

$$F_{b1} = \frac{K_b}{d}$$

$$F_{b1} = 88 \text{ lbf}$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{D}$$

$$F_{b2} = 55 \text{ lbf}$$

$$T_1 = F_1 + F_{b1}$$

$$T_1 = 103,26 \text{ lbf} = 459,32 \text{ N}$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2}$$

$$T_2 = 70,26 \text{ lbf} = 312,53 \text{ N}$$

#### 3.4.4 Diseño del Eje Principal

El eje motriz transmite el movimiento al agitador de la mezcladora, debido a su importancia este elemento constituye uno de los más críticos en la máquina Figura 41.

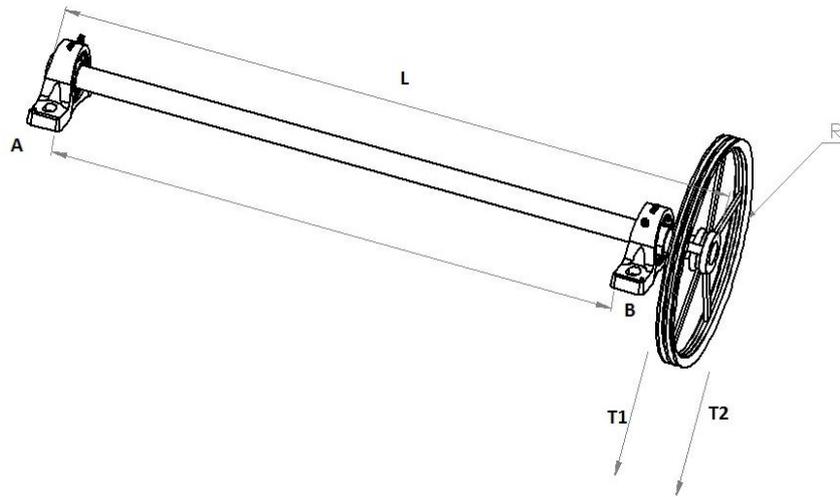


Figura 41. Tenciones sobre el eje principal del agitador

### 3.4.4.1 Análisis estático

Se realiza la suma de momentos que actúan sobre el eje motriz del agitador.

Donde:

$M_A, M_B$ : momentos en el eje principal

$T_1, T_2$ : tensión de banda

$R_A, R_B$ : reacciones en los apoyos

Se realiza la suma de momentos generados por las 3 platinas del agitador sobre el eje en el plano x.

$$M_B = 8,53 \text{ Nm}$$

$$T_1 = 140,61 \text{ N}$$

$$T_2 = 77,05 \text{ N}$$

$$\theta = 25^\circ$$

$$\sum M_x = 0$$

$$M_B = M1 + M2 + M3$$

$$M_1 = M_2 = M_3$$

$$M_B = T$$

$$T = T_1 + T_2 = 217,66 \text{ lbf} = 968,20 \text{ N}$$

$$T_y = T \cos \theta = 197,27 \text{ lbf} = 887,5 \text{ N}$$

$$T_z = T \sin \theta = 91,99 \text{ lbf} = 409,19 \text{ N}$$

Se realiza la suma de momentos generados por las 3 platinas del agitador sobre el eje en el plano y.

$l = 0,770 \text{ m}$  distancia de fuerza sobre la polea

$l_{AB} = 0,675 \text{ m}$  distancia de apoyo B (chumacera)

$l_w = 0,338 \text{ m}$  distancia centro de la barra

$W = 442,87 \text{ N}$  peso del fluido

$$\sum M_{Ay} = 0$$

$$-W \cdot l_w + R_{By} \cdot l_{AB} - T_y \cdot l = 0$$

$$R_{By} = 1234,17 \text{ N}$$

Se determina las reacciones sobre los apoyos en el plano y.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} - W + R_{By} - T_y = 0$$

$$R_{Ay} = 96,2 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 42.

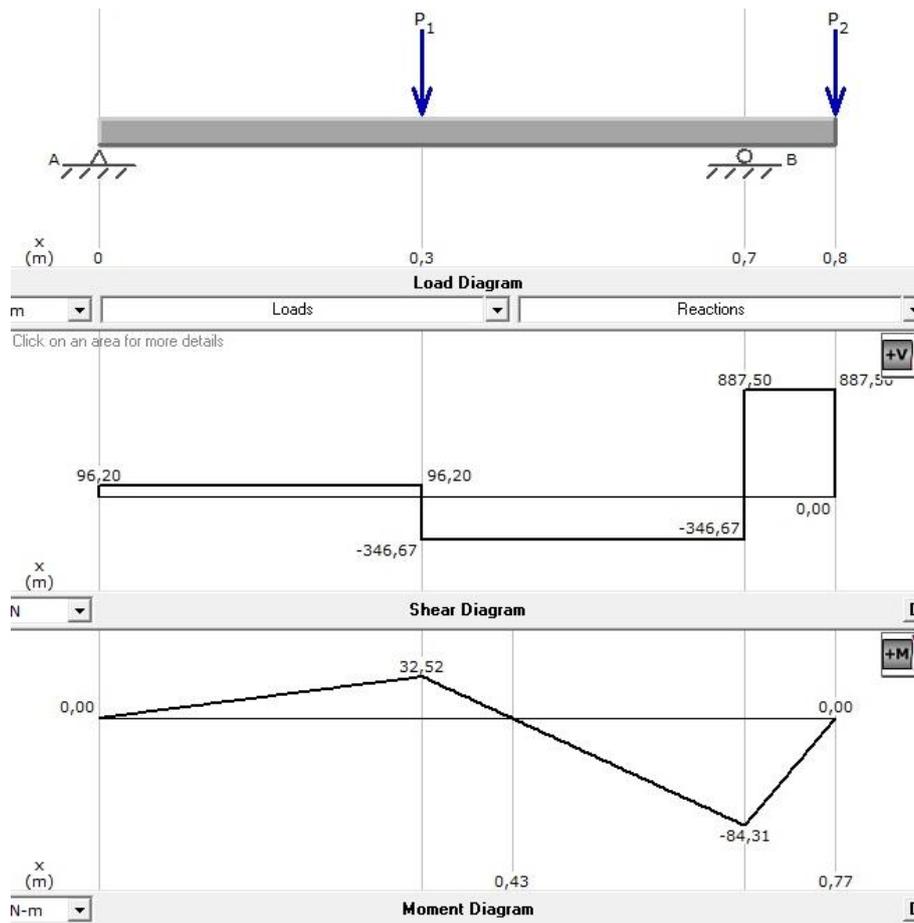


Figura 42. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje principal "Y"

Se realiza la suma de momentos generados por las 3 platinas del agitador sobre el eje en el plano z.

$$\sum M_{Az} = 0$$

$$R_{Bz} \cdot l_w - T_z \cdot l = 0$$

$$R_{Bz} = 466,78 \text{ N}$$

Se determina las reacciones sobre los apoyos en el plano z.

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Az} + R_{Bz} - T_z = 0$$

$$R_{Az} = 57,59 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 43.

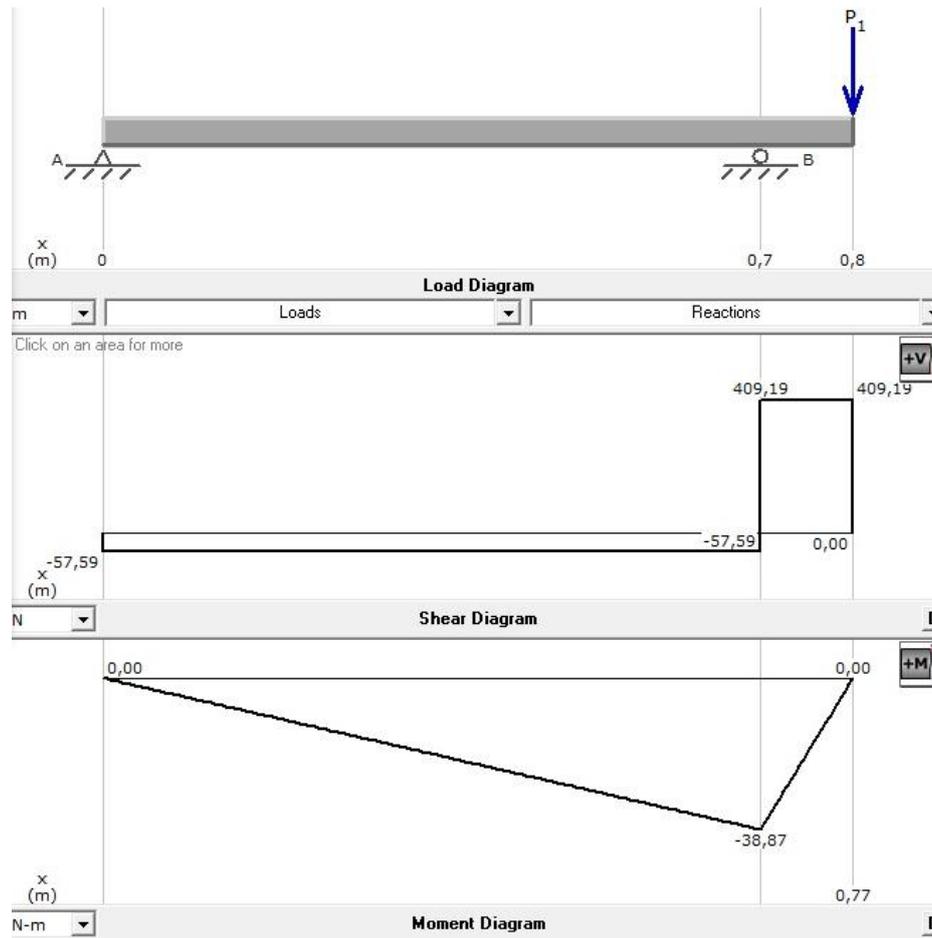


Figura 43. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje principal "Z"

$$M_{By} = 84,31 \text{ Nm}$$

$$M_{Bz} = 38,87 \text{ Nm}$$

$$T_{max} = 8,53 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = \sqrt{M_{By}^2 + M_{Bz}^2}$$

Ecuación 33. Momento principal máximo [39]

$$M_{max} = 92,84 \text{ Nm}$$

- Esfuerzo máximo debido a la flexión.

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

$$\sigma_{max} = \frac{945,67}{d^3}$$

- Esfuerzo máximo debido a la torsión.

$$\tau_{max} = \frac{16T_{max}}{\pi d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{43,44}{d^3}$$

$$\sigma' = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

Ecuación 34. Esfuerzo máximo sección circular [39]

$$\sigma' = \frac{899,95}{d^3}$$

Se asume un eje con un diámetro de  $d = 0,0254 \text{ m} = 1 \text{ in}$

$$\sigma' = 54,9 \text{ MPa}$$

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma'} = 4$$

### 3.4.4.2 Análisis dinámico

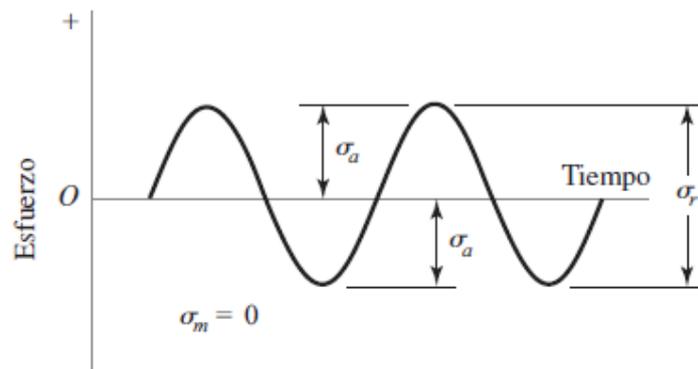


Figura 44. Esfuerzo alternante senoidal con inversión completa [38]

- Esfuerzo dinámico máximo debido a la flexión.

$$d = 0,0254 \text{ m} = 1 \text{ in}$$

$$\sigma_{max} = \frac{945,67}{d^3} = 57,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 0$$

- Esfuerzo dinámico máximo debido a la torsión.

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = \tau_{max} = \frac{43,44}{d^3} = 2,65 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo dinámico máximo amplitud

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma'_a = 57,66 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo dinámico máximo medio

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

$$\sigma'_m = 4,59 \text{ MPa}$$

$S'_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$$S'_e = 0,5S_{ut}$$

$$S'_e = 260 \text{ MPa}$$

$k_a$ : Factor de modificación por la condición superficial

$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$  resistencia ultima acero inoxidable AISI 304 laminado en caliente

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

$$k_a = 0,91$$

**$k_b$** : Factor de modificación por el tamaño

$$0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg}$$

$$k_b = 0,879d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,88$$

**$k_c$** : Factor de modificación por la carga

$$k_c = 1$$

**$k_d$** : Factor de modificación por la temperatura

El mezclador trabaja a temperatura ambiente por lo que no es un parámetro influyente, por tanto.

$$k_d = 1$$

**$k_e$** : Factor de confiabilidad

Se asume una confiabilidad del 90%

$$k_e = 0,897$$

**$k_f$** : Factor de modificación por efectos varios

Los efectos más influyentes que determinan este factor son la corrosión, debido a que el material es acero inoxidable se considera:

$$k_f = 1$$

Conocidos todos los factores de modificación se encuentra el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = 186,76 \text{ MPa}$$

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{\sigma'_m}}$$

$$S_m = 14,56 \text{ MPa}$$

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma'_m}$$

$$n_d = 3,17$$

### 3.4.5 Diseño del Eje Secundario

El eje secundario Figura 45, permite transmitir el movimiento del motor hacia el eje principal.

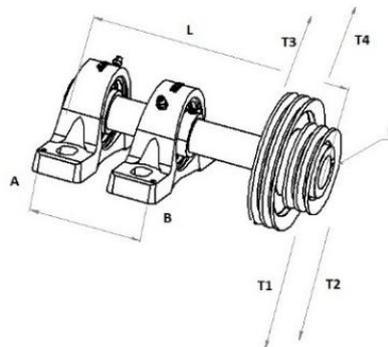


Figura 45. Tenciones sobre el eje secundario de transmisión

#### 3.4.5.1 Análisis estático

Se realiza la suma de momentos que actúan sobre el eje secundario (Figura 45).

Donde:

$M_A, M_B$ : momentos en el eje secundario

$T_1, T_2$ : tensión de banda

$R_A, R_B$ : reacciones en los apoyos

$$T' = 217,66 \text{ lbf} = 968,20 \text{ N}$$

$$T_1 = 103,26 \text{ N}$$

$$T_2 = 70,26 \text{ N}$$

$$\theta = 25^\circ$$

$$T = T_1 + T_2 = 173,52 \text{ lbf} = 771,86 \text{ N}$$

$$T'_y = T' \cos \theta = 877,45 \text{ N}$$

$$T'_z = T' \text{ sen } \theta = 409,18 \text{ N}$$

$$T_y = T \cos \theta = 632,27 \text{ N}$$

$$T_z = T \text{ sen } \theta = 442,72 \text{ N}$$

Se realiza la suma de momentos sobre el eje secundario en el plano y.

$l = 0,22 \text{ m}$  distancia de fuerza sobre la polea conductora

$l_{AB} = 0,11 \text{ m}$  distancia de apoyo B (chumacera)

$l_T = 0,15 \text{ m}$  distancia sobre la polea conducida

$$\sum M_{Ay} = 0$$

$$-R_{By} \cdot l_{AB} - T_y \cdot l_T + T'_y \cdot l = 0$$

$$R_{By} = 892,73 \text{ N}$$

Se determina las reacciones sobre los apoyos en el plano y.

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{Ay} - R_{By} - T_y + T'_y = 0$$

$$R_{Ay} = 647,55 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 46.

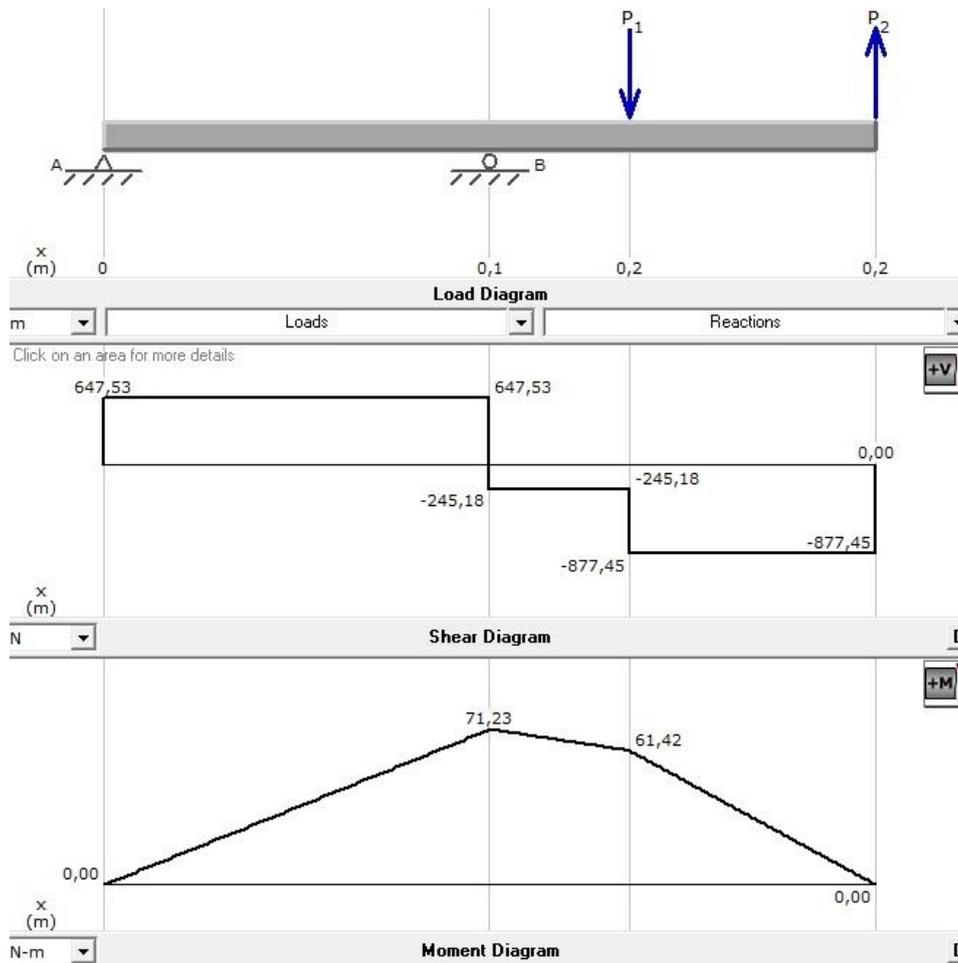


Figura 46. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje secundario "Y"

Se realiza la suma de momentos sobre el eje secundario en el plano z.

$$\sum M_{Az} = 0$$

$$-R_{Bz} \cdot l_{AB} - T_z \cdot l_T + T'_z \cdot l = 0$$

$$R_{Bz} = 214,65 \text{ N}$$

Se determina las reacciones sobre los apoyos en el plano z.

$$\sum F_z = 0$$

$$-R_{Az} - R_{Bz} - T_z + T'_z = 0$$

$$R_{Az} = 248,19 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 47.

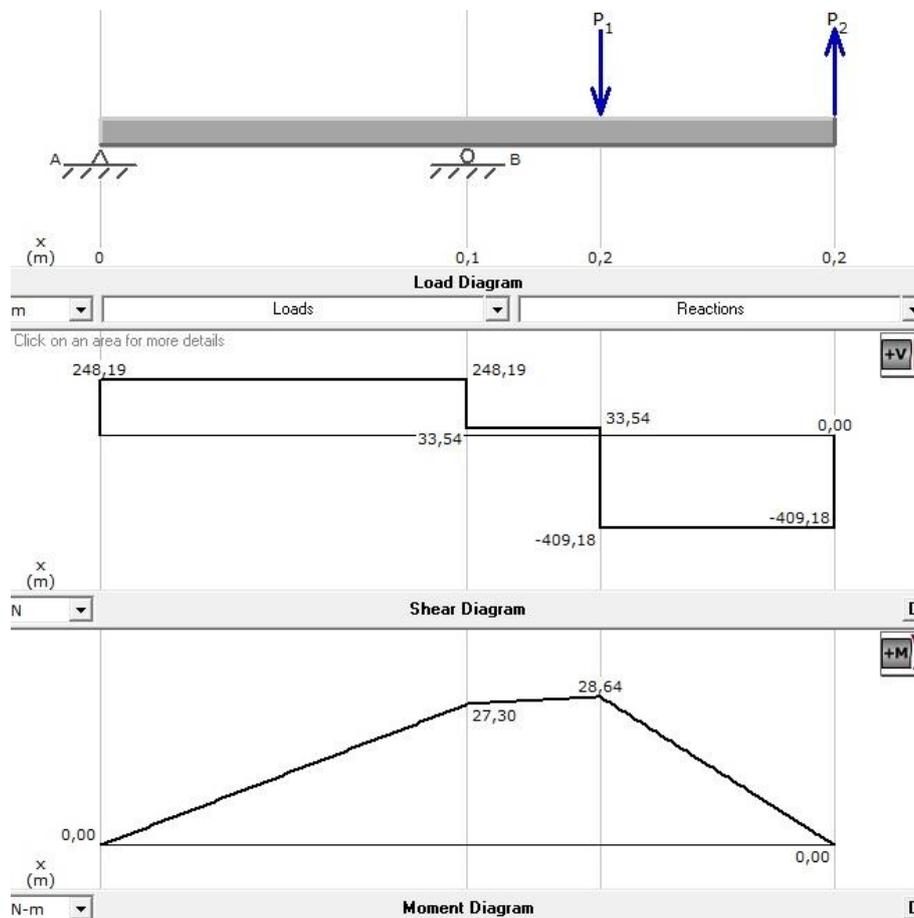


Figura 47. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) eje secundario "Z"

$$M_{By} = 71,23 \text{ Nm}$$

$$M_{Bz} = 27,30 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = \sqrt{M_{By}^2 + M_{Bz}^2}$$

$$M_{max} = 76,28 \text{ Nm}$$

- Esfuerzo máximo debido a la flexión.

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

$$\sigma_{max} = \frac{776,98}{d^3}$$

- Esfuerzo máximo debido a la torsión.

$$T_1 = 459,32 \text{ N}$$

$$T_2 = 312,53 \text{ N}$$

$$D/2 = 0,032$$

$$T_{max} = (T_1 - T_2) D/2$$

$$T_{max} = 4,70 \text{ N.m}$$

$$\tau_{max} = \frac{16T_{max}}{\pi d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{23,34}{d^3}$$

- Esfuerzo máximo principal.

$$\sigma' = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{778}{d^3}$$

Se asume un eje con un diámetro de  $d = 0,0254 \text{ m} = 1 \text{ in}$

$$\sigma' = 47,44 \text{ MPa}$$

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma'} = 4,64$$

### 3.4.5.2 Análisis dinámico

- Esfuerzo dinámico máximo debido a la flexión

$$d = 0,0254 \text{ m} = 1 \text{ in}$$

$$\sigma_{max} = \frac{776,98}{d^3} = 49,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = 0$$

- Esfuerzo dinámico máximo debido a la torsión

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = \tau_{max} = \frac{23,34}{d^3} = 1,5 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo dinámico principal amplitud

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma'_a = 49,73 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo dinámico principal medio

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$$

$$\sigma'_m = 2,60 \text{ MPa}$$

**$S'_e$** : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$$S'_e = 0,5S_{ut}$$

$$S'_e = 260 \text{ MPa}$$

**$k_a$** : Factor de modificación por la condición superficial

$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$  resistencia ultima acero inoxidable AISI 304 laminado en caliente

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

$$k_a = 0,91$$

$k_b$ : Factor de modificación por el tamaño

$$0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg}$$

$$k_b = 0,879d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,88$$

$k_c$ : Factor de modificación por la carga

$$k_c = 1$$

$k_d$ : Factor de modificación por la temperatura

El mezclador trabaja a temperatura ambiente por lo que no es un parámetro influyente, por tanto.

$$k_d = 1$$

$k_e$ : Factor de confiabilidad

Se asume una confiabilidad del 90%

$$k_e = 0,897$$

$k_f$ : Factor de modificación por efectos varios

Los efectos más influyentes que determinan este factor son la corrosión, debido a que el material es acero inoxidable se considera:

$$k_f = 1$$

Conocidos todos los factores de modificación se encuentra el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = 186,76 \text{ MPa}$$

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{\sigma'_m}}$$

$$S_m = 9,35 \text{ MPa}$$

$$n_d = \frac{S_m}{\sigma'_m}$$

$$n_d = 3,59$$

### 3.5 DISEÑO DEL DOSIFICADOR

La máquina dosificadora se basa en un sistema accionado por pistón, para surtir la mezcla desde el recipiente hacia la plancha de cocción Figura 48.

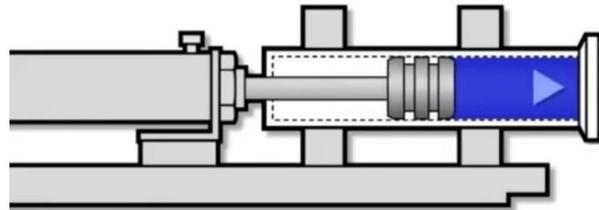


Figura 48. Dosificadora de pistón

#### 3.5.1 Diseño del sistema de pistón

$D_T = 3/4 \text{ in} = 0,75 \text{ in} = 0,01905 \text{ m}$  diámetro de la manguera

$D_C = 1,5 \text{ in} = 0,0381 \text{ m}$  diámetro de camisa tubo acero inoxidable

$D_S = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$  diámetro de salida del surtidor

$Q = 7,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  caudal para 15 planchas

$h = 0,60 \text{ m}$  altura entre la dosificadora y las planchas

$\rho = 1285 \text{ kg/m}^3$  densidad de la masa

$P_{1 atm} = 100 \text{ kPa}$  presión atmosférica

$l_T = 2 \text{ m}$  largo de la manguera

$l_C = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$  largo camisa de acero inoxidable

$\dot{m}$ : Flujo másico

### 3.5.1.1 Diferencia de presión entre el dosificador y la plancha de cocción.

- Flujo másico

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

Ecuación 35. Flujo másico [38]

$$\dot{m} = 9,64 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot V_2 \cdot A_2$$

- Velocidad de la pasta en la boquilla del surtidor

$$V_2 = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A_2}$$

Ecuación 36. Velocidad del fluido [38]

$$V_2 = 0,382 \text{ m/s}$$

- Velocidad de la pasta en la válvula del surtidor.

$$V_1 = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A_1}$$

$$V_1 = 6,58 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

- Aplicando el teorema de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho} + gh_1 + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + gh_2 + \frac{V_2^2}{2}$$

$$P_1 = \rho \left( \frac{P_2}{\rho} + gh_2 + \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} \right)$$

$$P_1 = 112,69 \text{ kPa}$$

- Presión del dosificador

$$P_{1 \text{ man}} = P_{1 \text{ abs}} - P_{1 \text{ atm}}$$

$$P_{1 \text{ man}} = 12,69 \text{ kPa}$$

### 3.5.1.2 Selección del diámetro de la válvula de dosificación Figura 49.



Figura 49. Válvula de boa [39]

Para seleccionar la válvula dosificadora se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

$Q$ : Caudal para 15 planchas

$C_v$ : Coeficiente de dimensionamiento de la válvula.

$h$ : Altura entre la dosificadora y las planchas

$d$ : Largo de la manguera

$\Delta p$ : caída de presión

$G$ : gravedad específica

$$P = 25 \times 0,433 = 10,8 \text{ psi}$$

$$Cv = Q / [(\Delta P/G)^{1/2}] = 120 / [(10.8/1)^{1/2}] = 36.5$$

Ecuación 37. Coeficiente de dimensionamiento de válvula [38]

En el **Anexo 13** se muestra una tabla del fabricante de válvulas, donde detalla el diámetro de la válvula versus su Cv correspondiente a un porcentaje de apertura de la válvula.

Se debe ahora encontrar la válvula más pequeña capaz de entregar un Cv de 36,5. Para esto se usa la tabla del **Anexo 13** y se encuentra que ésta es una válvula isoporcentual de 1 pulgada. Ninguna válvula más pequeña entrega este valor de Cv. Es imperante hacer que el Cv de la válvula se produzca entre el 10% y 90% de la carrera, en nuestro caso a un 100% de apertura proporciona un Cv de 56.2 más que suficiente para este caso.

$$\Delta P = (25 \text{ pies} - 15 \text{ pies}) (0,433) = 4,33 \text{ pies}$$

$$Cv = Q / [(\Delta P/G)^{1/2}] = 120 / [4,33/1]^{1/2} = 57,7$$

Nuevamente se busca la válvula más pequeña capaz de entregar un Cv de 57,7. En el **Anexo 13** se encuentra que ésta es una válvula de 1 pulgada y media.

### 3.5.1.3 Dimensionamiento y selección del cilindro neumático.

Donde:

$$P = 6 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \text{ presión de trabajo}$$

$$e = 150 \text{ mm} \text{ longitud del vástago}$$

$$\phi_e = 40 \text{ mm} \text{ diámetro de embolo}$$

$$\phi_v = 10 \text{ mm} \text{ diámetro del vástago}$$

$$n = 85\% \text{ eficiencia}$$

$$\text{ciclos}/\text{min} = 15$$

- Fuerza de avance

$$F_{ideal} = p \cdot S_{embolo}$$

Ecuación 38. fuerza de avance de embolo [38]

$$F_{ideal} = p \frac{\pi \cdot \phi_e^2}{4}$$

$$F_{ideal} = 753,98 \text{ N}$$

$$F_{real} = F_{ideal} \cdot n$$

$$F_{real} = 640,88 \text{ N}$$

- Fuerza de retroceso

$$F_{ideal} = p \frac{\pi(\phi_e^2 - \phi_v^2)}{4}$$

Ecuación 39. Fuerza de retroceso de embolo [38]

$$F_{ideal} = 706,86 \text{ N}$$

$$F_{real} = F_{ideal} \cdot n$$

$$F_{real} = 600,83 \text{ N}$$

- Consumo de aire

$$V = V_{av} + V_{ret}$$

$$V = \frac{\pi(2 \cdot \phi_e^2 - \phi_v^2)}{4} \cdot e$$

$$V = 3,65 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

- Consumo de aire en cada maniobra

$$Q_{man} = n \cdot V$$

Ecuación 40. Consumo de aire por maniobra [38]

$$Q_{man} = 15 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \cdot 3,65 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}}$$

$$Q_{man} = 5,48 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$P_{atm} \cdot V_{atm} = P_{man} \cdot V_{man}$$

$$P_{atm} \cdot Q_{atm} = P_{man} \cdot Q_{man}$$

$$V = Q \cdot t$$

$$P_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{man} = P_{atm} + P_{trabajo}$$

$$P_{man} = 7 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$Q_{atm} = \frac{P_{man} \cdot Q_{man}}{P_{atm}}$$

$$Q_{atm} = 38,36 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

- Potencia teórica

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot e}{t} = \frac{(p \cdot s)e}{t} = p \frac{V}{t} = p \cdot Q$$

$$P = p \cdot Q$$

$$P = 383,6 \text{ w}$$

$$P_{real} = P_{ideal} \cdot n$$

Ecuación 41. Potencia real [38]

$$P_{real} = 326,06 \text{ w}$$

- Calculo de Fuerza de Cilindro Neumático.

Donde:

$$P = 6 \text{ bar}$$

$$\phi_e = 40 \text{ mm}$$

$$\phi_v = 9 \text{ mm}$$

$$A_{avance} = \frac{\pi \cdot \phi_e^2}{4}$$

$$A_{retroceso} = \frac{\pi \cdot \phi_e^2 - \phi_v^2}{4}$$

- Fuerza de avance del cilindro

$$F_{avance} = p \frac{\pi \cdot \phi_e^2}{4}$$

$$F_{avance} = 753,98 \text{ N}$$

- Fuerza de retroceso del cilindro

$$F_{retroceso} = p \frac{\pi(\phi_e^2 - \phi_v^2)}{4}$$

$$F_{retroceso} = 715,81 \text{ N}$$

Suponiendo un 10% de perdida por rozamiento se tiene:

$$F_{avance} \approx 678,58 \text{ N}$$

$$F_{retroceso} \approx 644,23 \text{ N}$$

### 3.5.1.4 Diseño de la camisa del dosificador

La camisa del sistema de dosificado por pistón consta de dos piezas soldadas un tubo redondo y un ferrule Figura 50, ambos de acero AISI 304.

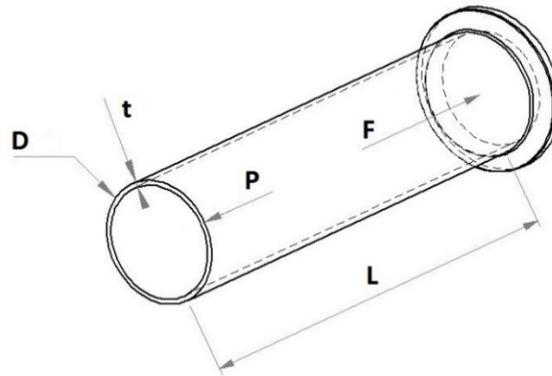


Figura 50. Diseño de cilindro a presión del dosificador

Donde:

$t = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}$  espesor de la camisa

$D = 0,0381 \text{ m}$  diámetro de la camisa

$r_i = 0,01755 \text{ m}$  radio interno de la camisa

$L = 0,16 \text{ m}$  longitud de la camisa

$P = 12,69 \text{ kPa}$  presión interna

- Esfuerzo circunferencial

$$\sigma_c = \frac{Pr_i}{t}$$

Ecuación 42. Esfuerzo circunferencial en cilindros de pared delgada [39]

$$\sigma_c = 0,1485 \text{ Mpa}$$

- Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_L = \frac{Pr_i}{2t}$$

Ecuación 43. Esfuerzo longitudinal en recipientes cilíndricos de pared delgada [39]

$$\sigma_L = 0,07424 \text{ Mpa}$$

- Círculo de mor

$$C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

$$C = 0,1114 \text{ Mpa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$R = 0,03713 \text{ Mpa}$$

Se puede encontrar el factor de seguridad estático para verificar el correcto diseño del recipiente.

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{C \max}}$$

En este caso el factor de seguridad supera por mucho los requerimientos de diseño debido a la baja presión que genera pistón sobre la elevada resistencia que posee la camisa del dosificador, sin embargo, el complemento de la camisa es un elemento prefabricado “ferrule”, este dispone de un espesor establecido y con el fin de mantener una superficie uniforme sin porosidades o acabados donde pueda acumularse residuos o que dificulte su limpieza causando contaminación y en vista de que es un elemento de mayor contacto con el alimento se precisa mantener el diseño de igual espesor del “ferrule”  $t = 1,5 \text{ mm}$ .

### 3.6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA (Figura 51)

Estructura de tubo cuadrado AISI 304 de 38,1 mm y 1,2 mm de espesor, con propiedades mecánicas:  $S_y = 220 \text{ MPa}$   $S_{ut} = 520 \text{ MPa}$ . Magnitud de la fuerza soportada debido al peso de la masa  $F = 442,87 \text{ N}$ .



Figura 51. Estructura soporte de la máquina SOLIDWORKS

Sobre el elemento 2 de la estructura **Anexo 35**, se generan un esfuerzo normal por flexión en la viga Figura 56, debido a la fuerza  $F_r$ .

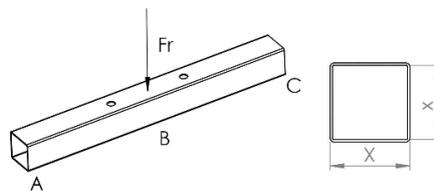


Figura 52. Esfuerzo crítico en elemento 2 de la estructura

- Cálculo momento flector sobre la viga 2.

Donde:

$F_r = 221,44 \text{ N}$  fuerza sobre la viga 2

$l_{AC} = 0,324 \text{ m}$  longitud de la viga 2

$d_{AB} = 0,162 \text{ m}$  distancia de la fuerza aplicada

$$\sum M_{AC} = 0$$

$$M_{AC} = F_r d_{AB}$$

$$M_{AC} = 17,94 \text{ Nm}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 53.

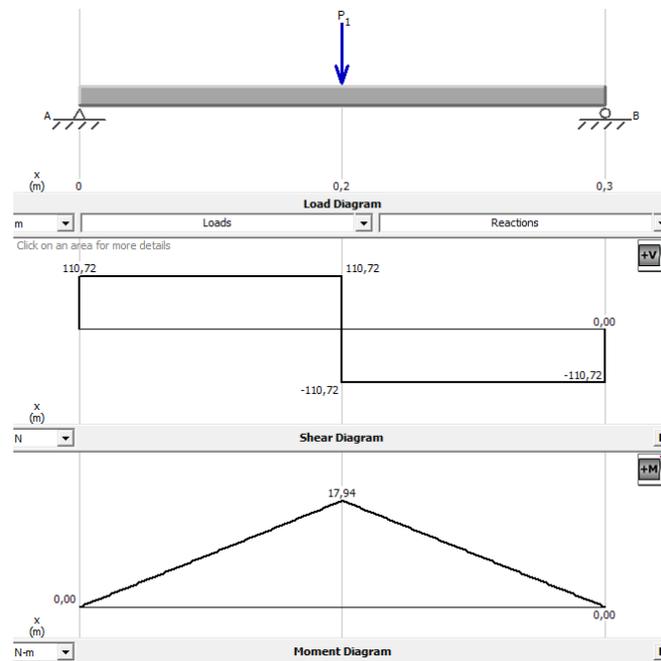


Figura 53. . Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) de viga 2

- El esfuerzo normal por flexión en una viga cuadrada 2.

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo normal máximo

$M_{max}$ : Momento flector máximo

$I/C$ : Módulo de sección crítica

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I/C}$$

- El módulo de sección crítica para un tubo cuadrado está dado por:

$$I/C = \frac{X^4 - x^4}{6X}$$

Donde:

$X = 0,0381 \text{ m}$  lado externo del tubo

$x = 0,0369 \text{ m}$  lado interno del tubo

Una vez definidas las variables se calcula el esfuerzo normal máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{6XM_{max}}{X^4 - x^4}$$

$$\sigma_{max} = 25,52 \text{ MPa}$$

Entonces, el factor de seguridad estático para la viga de acero AISI 304.

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$n_s = 8,62$$

A continuación, se usa un programa CAD SOLIDWORKS para verificar los datos obtenidos analíticamente de la viga cuadrada 2 Figura 54.

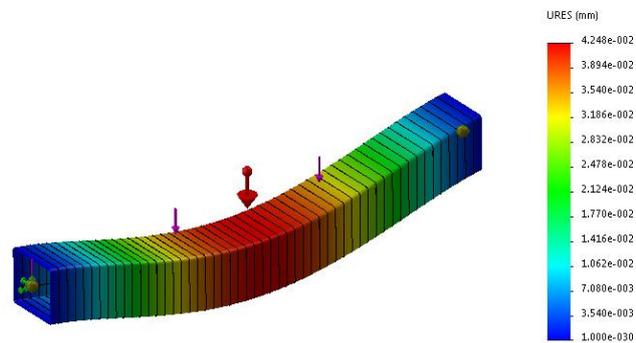


Figura 54. SOLIDWORKS análisis deformación de la viga 2

Nombre del modelo: elemento 2  
 Nombre de estudio: Análisis estático 6-[Predeterminado<Como mecanizada>-]  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 7.1

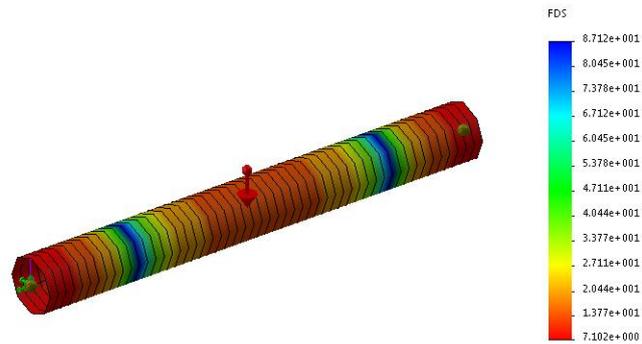


Figura 55. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la viga 2

Sobre el elemento 6 de la estructura **Anexo 35**, se generan un esfuerzo normal máximo por flexión en la viga Figura 56, debido a la fuerza  $F_r$ .

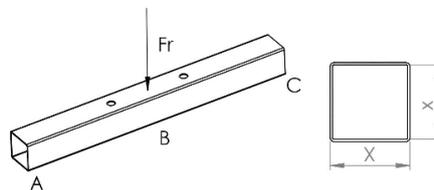


Figura 56. Esfuerzo crítico en elemento 6 de la estructura

- Cálculo momento flector sobre la viga 6.

Donde:

$F_r = 221,44 \text{ N}$  fuerza sobre la viga 6

$l_{AC} = 0,4 \text{ m}$  longitud de la viga 6

$d_{AB} = 0,2 \text{ m}$  distancia de la fuerza aplicada

$$\sum M_{AC} = 0$$

$$M_{AC} = F_r d_{AB}$$

$$M_{AC} = 22,14 \text{ Nm}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran en la Figura 57.

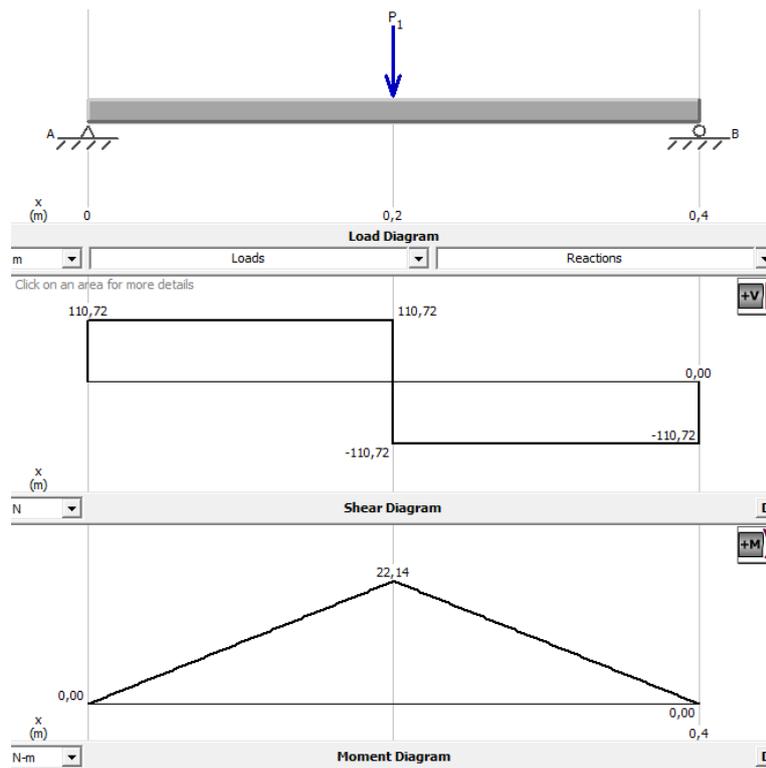


Figura 57. Diagrama fuerza cortante (+V) y momento flector (+M) de viga 6

- El esfuerzo normal por flexión en una viga cuadrada 6.

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo normal máximo

$M_{max}$ : Momento flector máximo

$I/C$ : Módulo de sección crítica

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I/C}$$

- El módulo de sección crítica para un tubo cuadrado está dado por:

$$I/C = \frac{X^4 - x^4}{6X}$$

Ecuación 44. Módulo sección crítica tubo cuadrado [41]

Donde:

$X = 0,0381 \text{ m}$  lado externo del tubo

$x = 0,0369 \text{ m}$  lado interno del tubo

Una vez definidas las variables se calcula el esfuerzo normal máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{6XM_{max}}{X^4 - x^4}$$

$$\sigma_{max} = 31,495 \text{ MPa}$$

Entonces, el factor de seguridad estático para la viga de acero AISI 304.

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$n_s = 6,985$$

A continuación, se usa un programa CAD SOLIDWORKS para verificar los datos obtenidos analíticamente de la viga cuadrada 6 Figura 58.

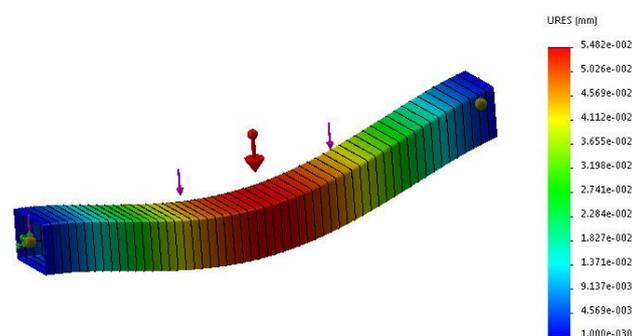


Figura 58. SOLIDWORKS análisis deformación de la viga 6

Nombre del modelo: elemento critico - copia (2)  
 Nombre de estudio: Análisis estático 6[-Predeterminado<Como mecanizada>-]  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de Factor de seguridad: FDS mín = 6.4

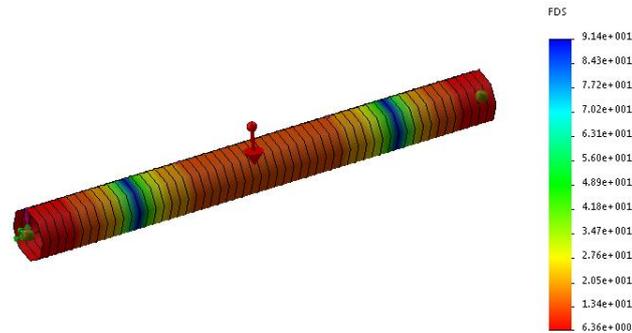


Figura 59. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la viga 6

$$\text{error \%} = \frac{6,985(n_s \text{ analítico})}{6,36(n_s \text{ CAD})}$$

En los resultados se puede observar que el factor de seguridad es de 6.4 Figura 59, muy cercano al valor obtenido analíticamente. El valor de la simulación presenta un error del 9%. Se establece que ambas soluciones convergen, el análisis de la estructura completa se efectuara en el programa SOLIDWORKS.

Nombre del modelo: estructura1  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Predeterminado<Como mecanizada>-]  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamiento1  
 Escala de deformación: 5444.02

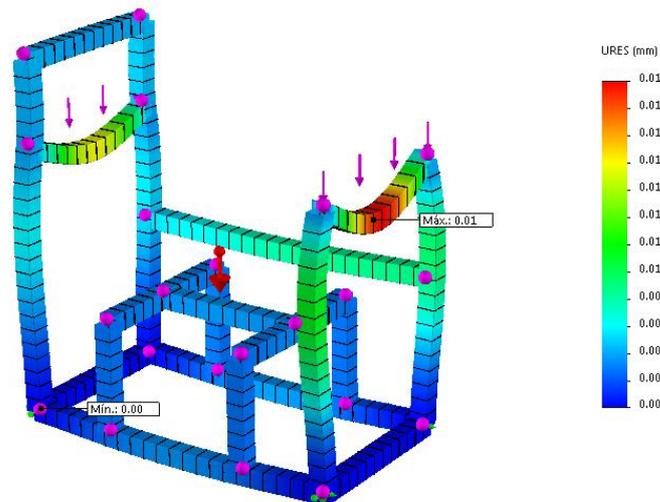


Figura 60. SOLIDWORKS análisis deformación de estructura

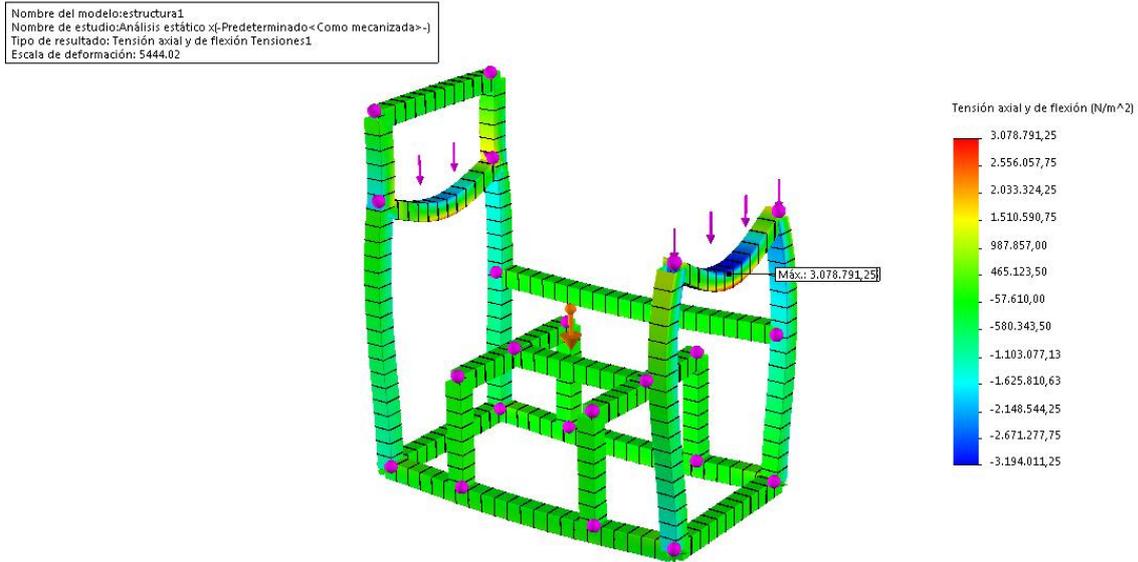


Figura 61. SOLIDWORKS análisis deformación de estructura

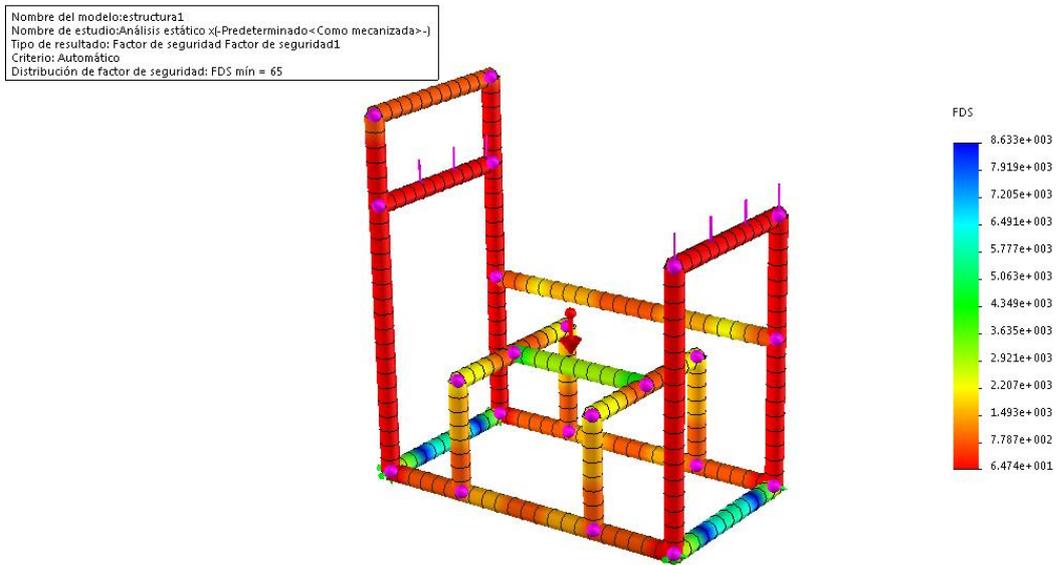


Figura 62. SOLIDWORKS análisis factor de seguridad de la estructura

Los resultados obtenidos son más que satisfactorios Figura 62, en consecuencia, se podría optar cambiar la estructura para reducir costos, sin embargo, debido cuestiones estéticas y, dado que el ahorro por costo de material no representa un valor significativo que justifique un nuevo diseño, se decide mantener la estructura planteada inicialmente **Anexo**

### 3.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 3.7.1 Lógica de Control

El sistema de control de la máquina inicia a partir de un flujograma de los procesos que intervienen en la mezcla y dosificación, utilizando el mecanismo obtenido en el diseño mecánico Figura 63.

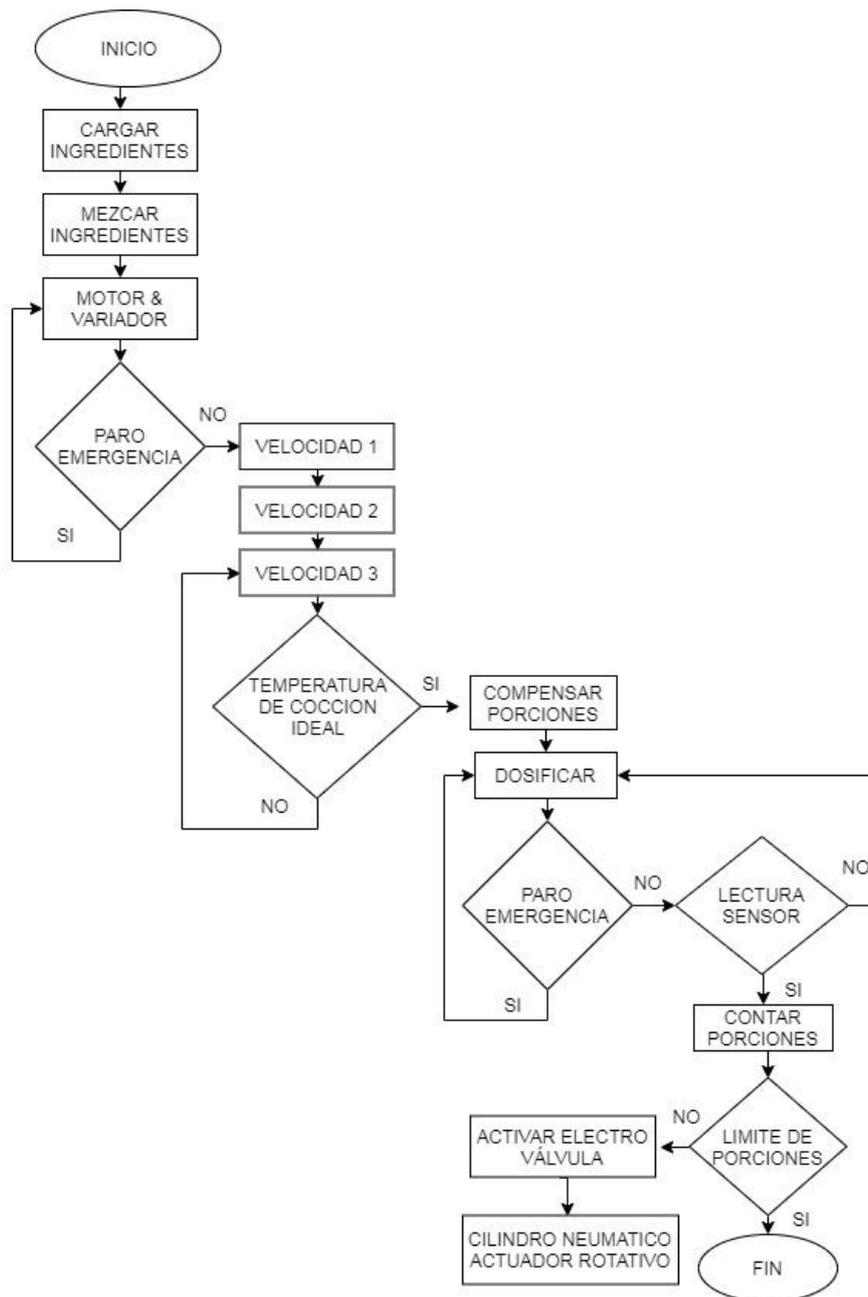


Figura 63. Diagrama de flujo del sistema automático

### 3.7.1.1 Sistema electro neumático

La configuración mostrada a continuación en la Figura 64, permite efectuar las tareas necesarias de mezcla y dosificación mediante la interconexión de elementos de control, sensores y actuadores.

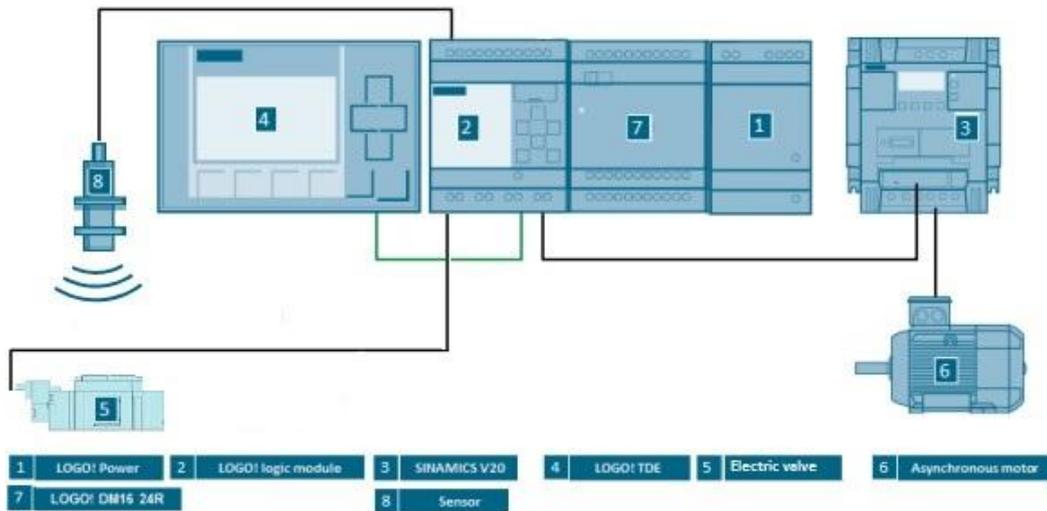


Figura 64. Lógica de conexión sistema eléctrico

El variador de frecuencia y motor trifásico controlan la homogeneización del producto, mientras el cilindro doble efecto, actuador rotativo, sensor inductivo y electro válvula realizan la tarea de surtir la masa Figura 65, las dos etapas están sincronizadas y controladas por un Plc.

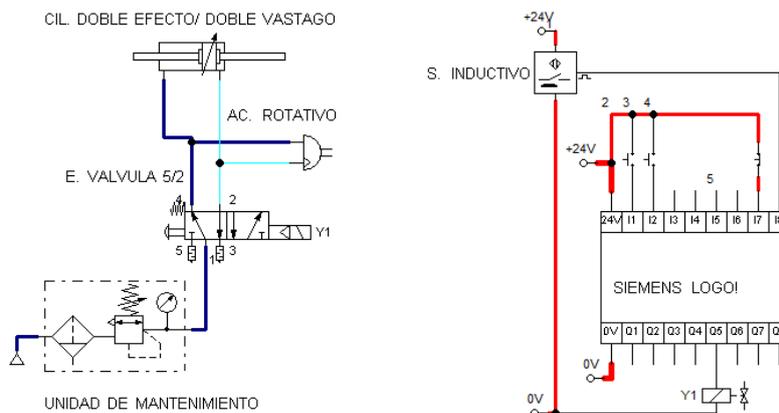


Figura 65. Lógica de conexión sistema electro neumático FluidSIM

El software que gobierna el sistema de control del proceso se muestra en la Figura 66. El cual está en interface con el resto de etapas de la línea de producción, esto permite trabajar en sincronía con el resto de máquinas.

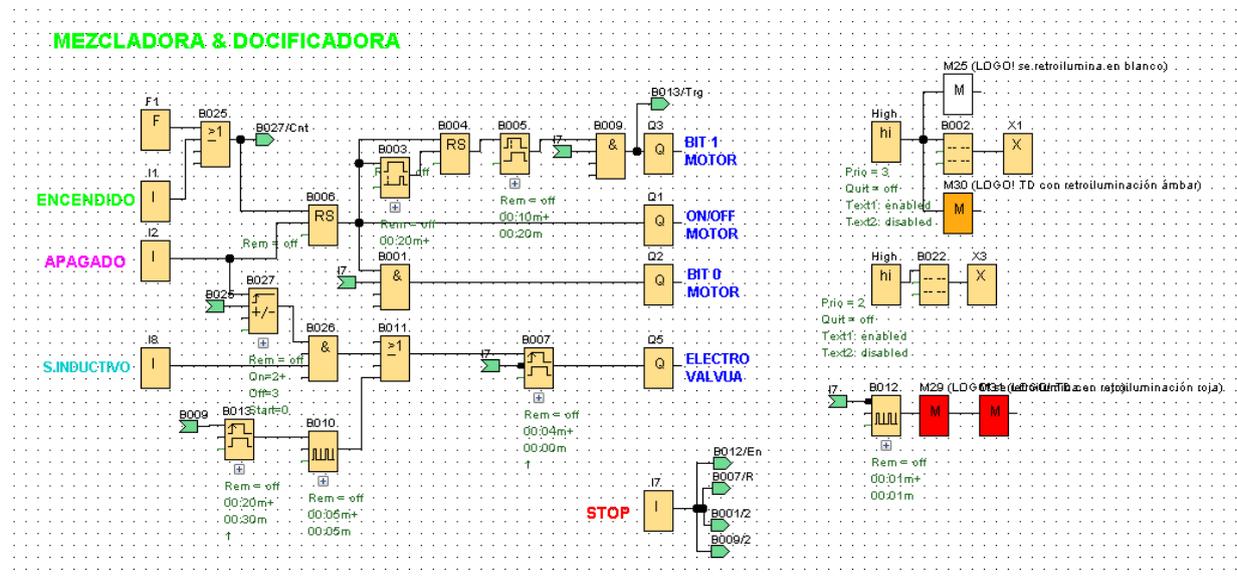


Figura 66. Programa del sistema automático LOGO!Soft



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

La funcionalidad de la máquina se evalúa mediante una puntuación de 0 a 10, los rangos de mejor desempeño serán indispensables para la calibración de parámetros en cada etapa del proceso de elaboración y surtido del producto. Los criterios a tomar en cuenta, para la preparación de la masa en sus diferentes etapas se realiza de la siguiente manera.

Para las 3 etapas comprendidas en el proceso homogeneización se realizan ensayos con  $\frac{3}{4}$  de la capacidad máxima de la tolva a diferentes velocidades de entre 0 a 250 rpm con intervalos de tiempo de 30 a 0 minutos en los cuales se toma en cuenta principalmente:

**Pre mezcla:** se evalúa la interacción del agua sobre la harina principalmente la volatilidad excesiva de la harina por acción de la velocidad del agitador sobre la harina.

**Mezcla:** se mide la eliminación de grumos en la masa por acción del agitador a altas velocidades sin llegar al desbordamiento del producto.

**Conservación:** se determina la velocidad mínima a la cual el agitador es capaz de mantener la misma consistencia desde la primera porción hasta el vaciado del recipiente.

En la etapa de surtido se realizan ensayos a diferente número de planchas con distintos tamaños de porción en los cuales se toma en cuenta principalmente:

**Dosificación:** se determina la máxima cantidad de porciones que puede surtir por minuto y la precisión con que es capaz de hacerlo.

## 4.1.1 Etapas de Homogeneización

### 4.1.1.1 Pre Mezcla (Figura 67)



Figura 67. Pruebas Pre-mezcla

La Tabla 4 representa la eficiencia de la acción del agitador sobre los ingredientes, considerando que al incrementar o disminuir el tiempo y variar la velocidad de giro varia la interacción del agua con la harina en una respuesta favorable o no tan favorable.

Tabla 4: *Pruebas de velocidades de agitador etapa 1*

TIEMPO DE PRE MEZCLA (min)	VELOCIDAD 1 DE AGITADOR (75 rpm)	VELOCIDAD 2 DE AGITADOR (50 rpm)	VELOCIDAD 3 DE AGITADOR (30 rpm)	VELOCIDAD 4 DE AGITADOR (25 rpm)	VELOCIDAD 5 DE AGITADOR (20 rpm)	VELOCIDAD 6 DE AGITADOR (15 rpm)
10	1	5	7	10	10	10
8	1	5	6	10	10	9
6	1	4	5	10	9	8
5	1	4	5	10	8	8
4	1	4	5	9	7	6
3	1	3	4	8	7	6
2	1	3	3	6	6	4

Los mejores resultados de relación tiempo velocidad de agitación están en un rango de entre 5 a 10 minutos y 15 a 25 rpm, por lo que se usará como referencia 5 minutos a 25 rpm.

#### 4.1.1.2 Mezcla (Figura 68)



Figura 68. Pruebas homogeneización

La Tabla 5 representa la capacidad de eliminar grumos por acción del agitador sobre la pasta, considerando que al incrementar o disminuir el tiempo y variar la velocidad de giro varía la calidad de homogeneidad.

Tabla 5: *Pruebas de velocidades de agitador etapa 2*

TIEMPO DE MEZCLA (min)	VELOCIDAD 1 DE AGITADOR (250 rpm)	VELOCIDAD 2 DE AGITADOR (225 rpm)	VELOCIDAD 3 DE AGITADOR (200 rpm)	VELOCIDAD 4 DE AGITADOR (175 rpm)	VELOCIDAD 5 DE AGITADOR (100 rpm)	VELOCIDAD 6 DE AGITADOR (50 rpm)
30	6	10	10	9	6	2
20	6	10	9	8	5	2
15	6	10	8	8	5	2
10	6	9	6	5	3	2
5	5	7	5	4	3	2

Los mejores resultados de relación tiempo velocidad de agitación están en un rango de entre 10 a 30 minutos y 175 a 225 rpm, por lo que se usará como referencia 15 minutos a 225 rpm.

#### 4.1.1.3 Conservación

La Tabla 6 representa la velocidad a la cual el agitador es capaz de mantener misma consistencia durante el tiempo de vaciado del recipiente.

Tabla 6: *Pruebas de velocidades de agitador etapa 3*

CONSERVACIÓN (horas)	VELOCIDAD 1 DE AGITADOR (10 rpm)	VELOCIDAD 2 DE AGITADOR (5 rpm)	VELOCIDAD 3 DE AGITADOR (3 rpm)	VELOCIDAD 4 DE AGITADOR (2 rpm)	VELOCIDAD 5 DE AGITADOR (1 rpm)	VELOCIDAD 6 DE AGITADOR (0 rpm)
3	10	8	4	2	0	0

Le mejor resultado de conservacion se obtiene a partir de las 5rpm, para este caso se usará una velocidad 10rpm.

#### 4.1.2 Etapa de Dosificacion

La Tabla 7 representa la capacidad del dosificador para surtir pasta, a diferente número y tamaño de porción por minuto.

Tabla 7: *Pruebas etapa 4 dosificación*

TAMAÑO DE PORCIÓN ( $cm^3$ )	3 PORCIONES POR MINUTO	6 PORCIONES POR MINUTO	9 PORCIONES POR MINUTO	12 PORCIONES POR MINUTO	15 PORCIONES POR MINUTO
20	10	10	10	10	10
30	10	10	10	10	10
40	10	10	10	10	10
50	10	10	10	10	10
60	10	10	10	10	10

En consecuencia la maquina dosificadora es eficiente en cada uno de los casos, y considerando que la máquina de coccion dispone de 9 planchas unicamente se calibrara el tamaño de porcion a  $30 cm^3$ .

## 4.2 ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.2.1 Costo del Proyecto

Para el cálculo de costos fue necesario detallar cada elemento empleado en la fabricación de la máquina dosificadora Tabla 8. A continuación, se muestra de manera general el costo directo.

Tabla 8: *Costo directo de fabricación de la máquina mezcladora dosificadora*

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Material eléctrico	592,37
Material neumático	446,49
Material mecánico	566,05
Personal técnico	2450,00
<b>TOTAL</b>	<b>4054,91</b>

Recopilación datos de tablas Anexo 14,15,16,17

En el proceso también se emplearon varios elementos inherentes a la fabricación de la máquina, que se enumeran a continuación Tabla 9.

Tabla 9: *Costo indirecto de fabricación*

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Impresiones	25,00
Internet	75,00
Materiales de oficina	30,00
Gastos varios	170,00
<b>TOTAL</b>	<b>300,00</b>

Inversión total de máquina.

Tabla 10: *Costo total del proyecto*

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Costo directo de fabricación máquina	4054,91
Costo indirecto de fabricación	300,00
<b>TOTAL</b>	<b>4354,91</b>

Recopilación datos tablas 8,9

#### 4.2.2 Analisis costo beneficio

Para evaluar la rentabilidad de un proyecto es necesario realizar un análisis costo beneficio, el cual se detalla a continuación.

##### 4.2.2.1 Sistema manual

El egreso mensual se resume en la Tabla 11.

Tabla 11: *Egreso por elaboración manual*

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Trabajadores	2	394,00	788,00
Costos de producción directos		400,00	400,00
Costos de producción indirectos		82,00	82,00
<b>TOTAL</b>			<b>1270,00</b>

Recopilación datos tablas Anexo 20,21,22

El ingreso mensual se resume en la Tabla 12.

Tabla 12: *Ingreso por elaboración manual*

DETALLE	CONOS	PERDIDA 10%	TOTAL CONOS	PRECIO UNITARIO (USD)	INGRESOS (USD)
Producción	19800	1980	17820	0,10	1782,00
<b>TOTAL</b>					<b>1782,00</b>

Utilidad mensual Tabla 13.

Tabla 13: *Utilidad producción manual*

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Ingresos	1782,00
Costos total	1270,00
<b>TOTAL</b>	<b>512,00</b>

Recopilación datos de tablas 11,12

El precio por unidad de cono producido de la forma manual resulta de dividir el costo de producción para el número de conos fabricados.

$$\text{Precio}_{\text{cono}} = \frac{1270,00}{19800} = 0,07 \text{ centavos de dolar}$$

#### 4.2.2.2 Sistema automático

El egreso mensual se resume en la Tabla 14.

Tabla 14: *Egreso por elaboración automática*

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
Trabajadores	1	394,00	394,00
Costos de producción directos		1584,00	1584,00
Costos de producción indirectos		352,00	352,00
<b>TOTAL</b>			<b>2330,00</b>

Recopilación de datos de tablas Anexo 20,21,22

El ingreso mensual se resume en la Tabla 15.

Tabla 15: *Ingreso por elaboración automática*

DETALLE	CONOS	PERDIDA 4%	TOTAL CONOS	PRECIO UNITARIO (USD)	INGRESOS (USD)
Producción	90772	3652	87120	0,08	6969,60
<b>TOTAL</b>					<b>6969,60</b>

Utilidad mensual Tabla 16.

Tabla 16: *Utilidad producción automática*

DETALLE	COSTO TOTAL (USD)
Ingresos	6969,60
Costos total	2330,00
<b>TOTAL</b>	<b>4639,00</b>

Recopilación de datos de tablas 14,15

El precio por unidad de cono producido de la forma automática resulta de dividir el costo de producción para el número de conos fabricados.

$$Precio_{Cono} = \frac{2330,00}{90772} = 0,03 \text{ centavos de dolar}$$

### 4.2.2.3 Evaluación de Resultados

El producto terminado que se muestra en la Figura 69.



Figura 69. Cono de galleta

Tabla 17: *Método manual vs automático*

DETALLE	UNIDAD	SISTEMA MANUAL	SISTEMA AUTOMÁTICO
Inversión planta para conos de helado	USD	1300,00	17080,88
Trabajadores	#	2	1
Unidades de conos producidas	#	17820	87120
Conos defectuosos	%	10	4
Utilidad	USD	512,00	4639,00
Precio de venta	USD	0,10	0,08
Costo de producción por unidad	USD	0,07	0,03
Ganancia por unidad	USD	0,03	0,05

Recopilación de datos de tablas 11,12,13,14,15,16

El resultado costo beneficio del sistema automático es más que evidente en todos los aspectos como se resume en la Tabla 17, incluso existe la capacidad de ofertar el producto a un costo de venta menor con mayor margen de ganancia y mejor calidad que el sistema tradicional.

### 4.2.3 Análisis Económico Financiero

Para calcular el tiempo de recuperación de la inversión de la línea de producción de conos de helado y la viabilidad del proyecto se determina mediante los indicadores descritos en la Tabla 18.

Tabla 18: *Análisis económico línea automática para conos de galleta*

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO		
TMAR	25,00%	
Inversión Inicial (II)	\$17.080,88	
Periodo	3	años
Cuota anual	\$-8.750,45	
Deuda adquirida	\$-26.251,35	
Interés cobrado	\$-9.170,47	
Unidades anuales	570.384,00	
Precio de Venta	0,08	
Costo de Producción	0,03	

El tiempo de recuperación de la inversión inicial en la línea automática para la producción de conos de galleta se realiza dentro del primer año como se muestra en la Tabla 19, por tanto, el proyecto es viable.

Tabla 19: *Resultados TIR, VAN*

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	BENEFICIOS (FLUJO DE FONDOS)	FF ACTUAL	FF ACUMULADO
0	\$-	\$17.080,88	\$-17.080,88		
1	<b>\$45.630,72</b>	<b>\$17.111,52</b>	<b>\$28.519,20</b>	<b>\$22.815,36</b>	<b>\$22.815,36</b>
2	\$46.087,03	\$17.282,64	\$28.804,39	\$18.434,81	\$41.250,17
3	\$46.547,90	\$17.455,46	\$29.092,44	\$14.895,33	\$56.145,50
		<b>VAN</b>	<b>\$39.064,62</b>	ES MAYOR A 0 >>> RENTABLE	
		<b>TIR</b>	<b>158%</b>	ES MAYOR A TMAR >>> RENTABLE	
		<b>IVAN</b>	<b>\$2,29</b>	POR CADA DÓLAR INVERTIDO	

El proyecto presenta una rentabilidad de 158%, por lo que es viable y representa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 2.29 USD.



## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

- El estudio del mezclado y dosificado permitió conocer cómo mejorar la calidad de la masa para cono de galleta y la eficacia para surtirla, controlando eficientemente los parámetros como: velocidad, tiempo, posición, porción e ingredientes. La implementación de la máquina incrementó la producción en un 400% con respecto al proceso manual y con únicamente un operador.
- El diseño de la estructura con tolva compartida de 35 litros, mejora el proceso de transición entre mezcla y dosificado, reduce el esfuerzo físico y mejora la seguridad del trabajador al surtir de manera autónoma sobre las planchas de cocción. La implementación del sistema de tolva única disminuye la contaminación al evitar el contacto directo del operador sobre la masa.
- La mezcladora automática de rodillos controla eficientemente los parámetros de homogeneización a una velocidad de entre 0 a 250 rpm. El tiempo y velocidad son controlados por el PLC y variador de frecuencia, mientras que el sistema neumático se encarga de enviar  $30 \text{ cm}^3$  de mezcla a cada una las planchas de cocción.
- La implementación del sistema automático garantiza su rentabilidad al optimizar tiempo y recursos por unidad producida en más del 60% con respecto al proceso manual.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda adicionar un botón de interfaz en modo manual al surtidor de masa, el cual permita detener la dosificación en caso de emergencia sin que altere los demás procesos como lo haría el botón de parada de emergencia.

- Se recomienda tener en cuenta las especificaciones de diseño en cada una de las etapas la línea de producción para evitar un sobredimensionamiento o un cuello de botella dentro del proceso.
- Se aconseja un cuidado minucioso sobre la válvula de bola prefabricada del dosificador de debido al número de elementos constitutivos y a la importancia del trabajo que desempeña dentro del proceso.
- Usar únicamente lubricantes de grado alimenticio para el pistón y la válvula del dosificador, evite usar sustitutos a estos ya que pueden poner en riesgo la calidad del producto final al estar en contacto directo con el producto.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] G. Maya, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA FÁBRICA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CONOS DE GALLETA PARA HELADO EN LA CIUDAD DE IBARRA, Ibarra, 2012.
- [2] International Dairy Foods Association, «Making a Difference for Dairy,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.idfa.org/news-views/media-kits/ice-cream/the-history-of-the-ice-cream-cone>. [Último acceso: 15 02 2016].
- [3] CANIMOLT, «PANIFICACIÓN,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.canimolt.org/conograma/panificacion>.
- [4] PCE Instruments, «Tecnología de mezclado,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/tecnologia-mezclado.htm>.
- [5] PCE Instruments, «Tecnología de dosificación,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/tecnologia-dosificacion.htm>.
- [6] Enciclopedia de Clasificaciones, «Ciencias Naturales,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.tiposde.org/ciencias-naturales/111-tipos-de-mezclas/>.
- [7] M. P. P. CARDENAS, «ESTUDIO COMPARATIVO DE VISCOSIDAD DE LIQUIDOS,» 2011.
- [8] M. Espinoza Galarza, MECÁNICA DE FLUIDOS, 2014.

- [9] Y. Veliz, «LAS PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS,» 03 12 2017. [En línea]. Available: <http://explorandopropiedadesdelosfluidos.blogspot.com/2017/12/instituto-universitario-politecnico-san.html>.
- [10] Instituto de los Andes, «INDUSTRIAS DE ALIMENTOS - NUTRICION,» 2017. [En línea]. Available: <http://alimentos.mobile.blogia.com/temas/07-helados.php>.
- [11] Dreamstime, «Conos de la galleta,» 25 03 2016. [En línea]. Available: <https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-conos-de-la-galleta-image35215803>.
- [12] HOW PRODUCTS ARE MADE, «Ice Cream Cone,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-6/Ice-Cream-Cone.html>.
- [13] S. C. Discovery, Dirección, *How It's Made Ice Cream Cones*. [Película]. 2009.
- [14] B. Appétit, Dirección, *How to Make Waffle Cones Like OddFellows Ice Cream*. [Película]. 2015.
- [15] Inspira Web, S.L., «TOLVAS AUTOMÁTICAS,» 2019. [En línea]. Available: <https://tolvasautomaticas.es/tipos-de-tolvas-automaticas>.
- [16] FAO, «Small-scale food processing - A guide for appropriate equipment,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5434E/x5434e0i.htm#27.0> extruding machines.
- [17] PHARMAPPROACH, «Convective Mixers,» 20 07 2019. [En línea]. Available: <http://pharmapproach.com/convective-mixers/>.

- [18] Topos Mondial Corp, «The Different Types of Bakery Mixers,» 17 06 2015. [En línea]. Available: <http://toposmondial.com/public/blog.aspx?ID=1013&Title=The+Different+Types+of+Bakery+Mixers>.
- [19] IDEA FSI Newsletter, «EL USO DE UTENSILIOS Y MATERIALES DE PLÁSTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA,» 08 2012. [En línea]. Available: <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/news/2012/08/index.html>.
- [20] JN ACEROS, «Manual del Acero,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-introduccion/industria-alimentaria/>.
- [21] TECNO LUBE SEAL, «LUBRICANTS FOR THE FOOD INDUSTRY,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.tecnolubeseal.it/products/lubricants-for-the-food-industry/?lang=en>.
- [22] Engineers Garage, «PLC : An Overview,» 20 02 2012. [En línea]. Available: <https://www.engineersgarage.com/articles/plc-programmable-logic-controller>.
- [23] SIEMENS, «LOGO!: The leading logic,» 2017. [En línea]. Available: <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/Pages/Default.aspx>.
- [24] Anaheim Automation, Inc., «AC Motor Guide,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/ac-motor-guide.php#sthash.dMr2uU57.3UMqzC2L.dpbs>.

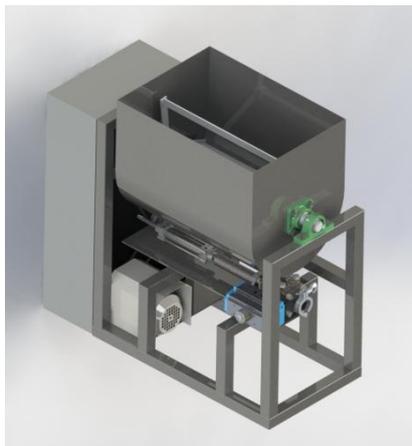
- [25] SIEMENS, «SINAMICS G110 Built-in units,» 2016. [En línea]. Available: <http://w3.siemens.com/mcems/mc-drives/en/low-voltage-inverter/sinamics-g110/pages/sinamics-g110.aspx>.
- [26] Engineers Garage, «Sensors: Different Types of Sensors,» 23 02 2012. [En línea]. Available: <https://www.engineersgarage.com/articles/sensors>.
- [27] S. S. Intelligence, «Gama de productos,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.sick.com/es/es/c/PRODUCT\\_ROOT](https://www.sick.com/es/es/c/PRODUCT_ROOT).
- [28] Parker Hannifin Corporation, Tecnología Neumática Industrial, 2003.
- [29] CAMOZZI, «Stainless steel cylinders,» 2017. [En línea]. Available: [http://catalogue.camozzi.com/Explorer.aspx?u\\_code=1\\_3&type=Context](http://catalogue.camozzi.com/Explorer.aspx?u_code=1_3&type=Context).
- [30] ACTORED, «AD Series Pneumatic Actuator,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.actored.com/cscp3/>.
- [31] AIRTAC, «Válvula de control de aire,» 2017. [En línea]. Available: [http://sp2.airtac.com/pro.aspx?c\\_kind=4&c\\_kind2=19&c\\_kind3=40&c\\_kind4=48](http://sp2.airtac.com/pro.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=40&c_kind4=48).
- [32] LinkedIn, «Different Valve Types, Applications & Suitability,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/different-valve-types-applications-suitability-brian-g-thompson--1>.
- [33] Automation Assured, «We Make Valve Automation Easy,» 25 03 2018. [En línea]. Available: <https://assuredautomation.com/sanitary-valves/>.
- [34] Electrical 4 U, «Electrical 4 U,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.electrical4u.com/working-principle-of-three-phase-induction->

motor/.

- [35] ABB Motors and Generators, «MOTORS AND GENERATORS,» 2019. [En línea]. Available: <https://new.abb.com/motors-generators/iec-low-voltage-motors>.
- [36] WTWH Media LLC and its licensors, «PNEUMATIC TIPS,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.pneumatictips.com/what-are-air-compressors/>.
- [37] Pulsar Products, «PULSAR,» 2016. [En línea]. Available: <https://pulsar-products.com/products/pce6060k/?portfolioCats=43%2C44%2C45%2C46%2C47%2C48%2C49>.
- [38] . R. . G. Budynas y K. J. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de shigley 9na Edicion, Mexico: McGRAW-HILL, 2012.
- [39] CASTING MACHINING ENGINEERING CO.,LTD, «CME,» 2017. [En línea]. Available: [http://www.cmevalves.com/product\\_page.php?id=20190109171227](http://www.cmevalves.com/product_page.php?id=20190109171227).
- [40] J. C. Villajulca, «Instrumentacion y Control.net,» 01 06 2010. [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/ejemplo-paso-a-paso-como-dimensionar-una-valvula-de-control/>.
- [41] L. S. Gebauer, Dirección, How to make Waffle Cones and Bowls. [Película]. 2012.
- [42] R. L. Mott, Mecánica de fluidos, Mexico: PEARSON Educación , 2006.
- [43] D. Pottí, MUNDO HELADO CONSULTING, 2007.

- [44] V. L. Streeter, B. E. Wylie y K. W. Bedford, Mecánica de los Fluidos 9na Edicion, México: McGraw-Hill, 2014.
- [45] R. . L. Mott, DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS 4ta Edicion, México: Pearson, 2006.
- [46] J. A. Untener y R. L. Mott, MECÁNICA DE FLUIDOS 5ta Edicion, México: Pearson, 2015.
- [47] Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Instalación y Mantenimiento de Motores Eléctricos Trifásicos 1ra Edicion, Guatemala: CRDDVI, 2004.

## MANUAL DE OPERACIÓN, SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINA MEZCLADORA Y DOSIFICADORA



**“ES DE VITAL IMPORTANCIA QUE LA PERSONA QUE SE RELACIONE CON EL EQUIPO, LEA DETENIDAMENTE ESTE MANUAL”**

### PRECAUCIONES

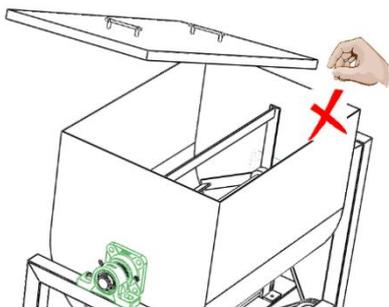
- ESTE EQUIPO ESTA DISEÑADO PARA HOMOGENEIZAR Y DOSIFICAR MASA PARA CONOS DE GALLETA, PUEDE CAUSAR LESIONES SI NO SE UTILIZA CON CONOCIMIENTO Y PRECAUCIÓN.



- NO PERMITA QUE PERSONAL SIN ENTRENAMIENTO O MENORES DE EDAD MANEJE ESTE EQUIPO.



- NUNCA DE SERVICIO, LIMPIEZA O MANTENIMIENTO A ESTA UNIDAD MIENTRAS ESTE CONECTADA A LA ENERGÍA ELÉCTRICA.



- NUNCA INTRODUZCA LAS MANOS AL INTERIOR DEL MEZCLADOR MIENTRAS ESTE EN FUNCIONAMIENTO, YA QUE PUEDE SUFRIR LESIONES.
- MANTENGA LA TOLVA CERRADA CON LA TAPA EN SU LUGAR DURANTE EL PROCESO.



- APAGUE Y DESCONECTE EL EQUIPO CUANDO NO ESTE EN FUNCIONAMIENTO.



- EN CASO DE FALLA DEL SISTEMA O AVERÍA PRESIONE EL BOTÓN DE STOP.

## INTRODUCCIÓN

LA MÁQUINA AUTOMÁTICA MEZCLADORA DOSIFICADORA ESTA DISEÑADA PARA MEJORAR EL PROCESO DE HOMOGENEIZAR Y SURTIR PASTA PARA CONOS DE GALLETA, AUMENTANDO LA HIGIENE, REDUCIENDO EL TIEMPO DE PREPARACIÓN Y SUMINISTRAR MASA. ADEMÁS, PROPORCIONA MAYOR SEGURIDAD AL OPERADOR MANTENIÉNDOLO LEJOS DE LAS PLANCHAS DE COCCIÓN.

ESTE DOCUMENTO EXHIBE LA INFORMACIÓN PARA LA CONFIGURACIÓN, MANIPULACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO. EL USO NO ADECUADO DE LA MÁQUINA PUEDE OCASIONAR PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA, LESIONES AL TRABAJADOR Y DAÑOS MATERIALES.

## ESPECIFICACIONES GENERALES

### SISTEMA

- ACERO INOXIDABLE AISI 304
- RECIPIENTE-U, 35 LITROS

### INSTALACIÓN MECÁNICA

- LARGO, ANCHO, ALTURA (1,20 X 0,70 X 1,00) METROS

### VELOCIDAD DOSIFICADOR

- HASTA 15 PORCIONES/MIN

### VOLUMEN DE PORCIÓN

- 20 - 60 CENTÍMETROS CÚBICOS

### AGITADOR

- PRE-MEZCLA (25 RPM)
- MEZCLA (225 RPM)
- CONSERVACIÓN (10 RPM)

### POTENCIA

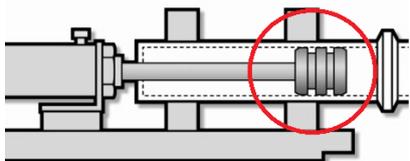
#### ENTRADA

- TENSIÓN NOMINAL (1 FASE A 220V), FRECUENCIA (60HZ), PRESIÓN (6 BAR)

#### SALIDA

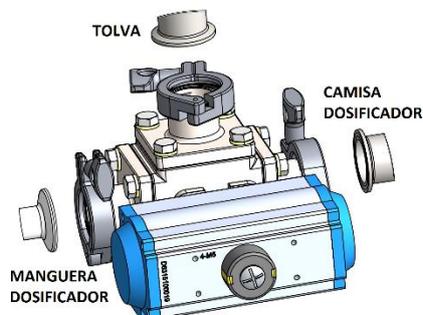
- TENSIÓN NOMINAL (3 FASES A 220V), FRECUENCIA (0 - 60HZ)

## FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA



(1)

- LUBRIQUE LAS PARTES MÓVILES (PISTÓN, O-RING), USE GRASA DE GRADO ALIMENTICIO H-1.



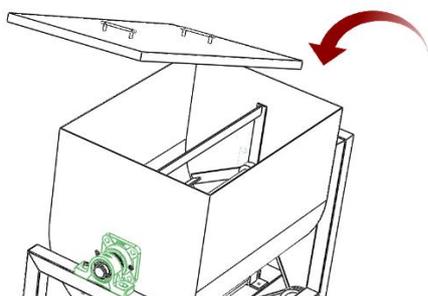
(2)

- COLOQUE LAS ABRAZADERAS Y RESPECTIVOS SELLOS DE GOMA CORRECTAMENTE A CADA UNAS DE LAS VÍAS DE LA VÁLVULA DEL DOSIFICADOR.
- VÍA CONEXIÓN TOLVA
- VÍA CONEXIÓN CAMISA DOSIFICADOR
- VÍA CONEXIÓN MANGUERA DE SALIDA



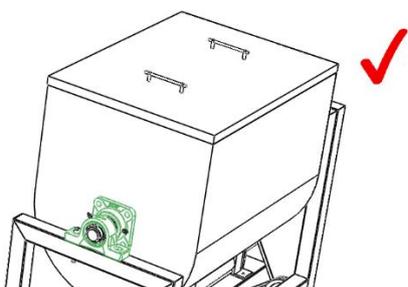
(3)

- CONECTE LA ENTRADA DE AIRE AL EQUIPO.
- VERIFIQUE QUE LA PRESIÓN CALIBRADA SEA LA ADECUADA 6Bar.
- VERIFIQUE EL NIVEL DE ACEITE DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO.
- PURGUE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO DE SER NECESARIO.



(4)

- LEVANTE LA CUBIERTA.
- VIERTA LOS INGREDIENTES DENTRO DE LA TOLVA.



(5)

- ASEGÚRESE DE COLOCAR LA TAPA EN SU LUGAR.
- ASEGÚRESE DE QUE EL EQUIPO ESTE DEBIDAMENTE ENERGIZADO 220V AC.



(6)

- PRESIONE EL BOTÓN “ON” PARA DAR INICIO AL PROCESO.
- PRE MEZCLA
- MEZCLA
- CONSERVACIÓN
- DOSIFICACIÓN

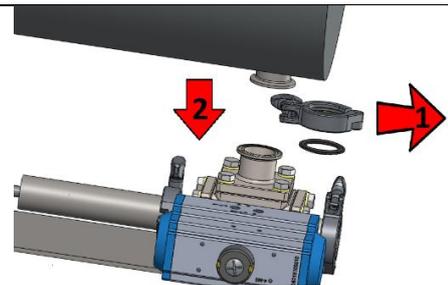


(7)

- UNA VEZ TERMINADO EL PROCESO ASEGÚRESE DE PRESIONAR EL BOTÓN “OFF” PARA APAGAR EL EQUIPO.
- DES ENERGIZAR EL EQUIPO.
- DESCONECTE LA ALIMENTACIÓN DE AIRE DEL EQUIPO.
- REALIZAR LA LIMPIEZA.

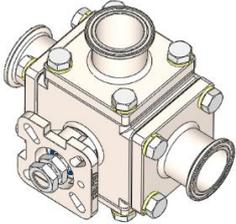
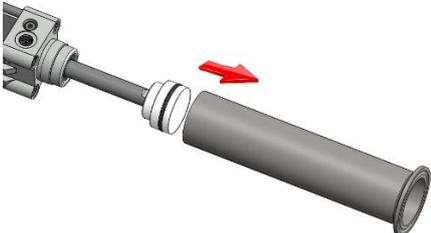
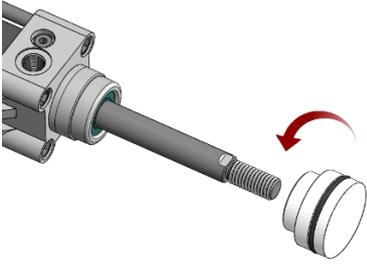
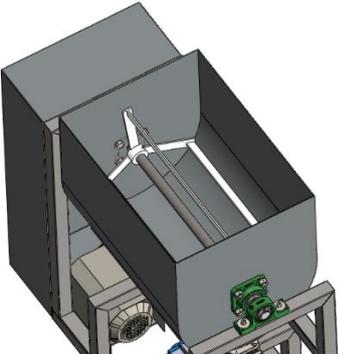
### LIMPIEZA DEL EQUIPO

- SIGA DEPOSITANDO HASTA QUE NO SALGA NADA MÁS DE LA BOQUILLA DE SALIDA.
- APAGUE EL SUMINISTRO DE AIRE DE LA MÁQUINA.
- APAGUE Y DES ENERGICE.
- DESENGANCHE LA VÁLVULA DOSIFICADORA DEL DEPÓSITO.



- LIBERE LA VÁLVULA DEL DOSIFICADOR DE TODAS LAS CONEXIONES.
- NO SUMERJA EL CILINDROS NEUMÁTICO EN AGUA.
- NO SUMERJA EL ACTUADOR ROTATIVO NEUMÁTICO EN AGUA.



<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAVE CON ABUNDANTE AGUA CALIENTE Y DETERGENTE LA VÁLVULA DOSIFICADORA.</li> <li>- ASEGÚRESE DE QUE NO EXISTA HUMEDAD EN LA VÁLVULA ANTES DE VOLVER A ACOPLARLA AL ACTUADOR ROTATIVO.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- RETIRE LA CAMISA DOSIFICADORA DESLIZANDO HACIA ADELANTE Y REALICE SU LIMPIEZA CON ABUNDANTE AGUA Y DETERGENTE.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- REMUEVA EL PISTÓN DEL DOSIFICADOR Y REALICE SU LIMPIEZA CON ABUNDANTE AGUA Y DETERGENTE.</li> <li>- ASEGÚRESE DE QUE NO EXISTA HUMEDAD EN EL PISTÓN ANTES DE VOLVER A ACOPLARLA AL CILINDRO NEUMÁTICO.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- LIMPIE CON ABUNDANTE AGUA Y DETERGENTE LA TOLVA, EJE Y AGITADOR.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- LOS MATERIALES ABRASIVOS PUEDEN DAÑAR EL ACABADO DE ESTE EQUIPO. VERIFIQUE LAS ESPECIFICACIONES Y ADVERTENCIAS EN LAS ETIQUETAS DE TODOS LOS PRODUCTOS DE LIMPIEZA ANTES DE SU USO.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAS SOLUCIONES SOLVENTES, O QUÍMICAMENTE REACTIVAS PUEDEN CAUSAR DAÑOS A LOS SINTÉTICOS. MATERIALES COMO EL CAUCHO CONTENIDO EN LOS SELLOS ELÉCTRICOS O SELLOS DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO.</li> <li>- LOS AGENTES DE LIMPIEZA QUE CONTIENEN CLORO PUEDEN CAUSAR MANCHAS. LAS SOLUCIONES ACIDAS O ALCALINAS PUEDEN CAUSAR REACCIONES CORROSIVAS EN METALES QUE SE ENCUENTRAN EN ESTA MÁQUINA.</li> </ul>	

**PROBLEMAS EN EL DOSIFICADOR**

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La máquina dosificadora no realiza el ciclo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baja presión de aire.</li> <li>2. Golpe de pistón incompleto causado por objeto sólido en cilindro de producto.</li> <li>3. Tamaño de porción ajustado muy bajo.</li> <li>4. Líneas de aire retorcidas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique que el suministro de aire sea correcto. También verifique la presión Ajuste del regulador.</li> <li>2. Retire el cilindro del producto y verifique por obstrucción.</li> <li>3. Aumente la configuración de porción.</li> <li>4. Verifique las líneas de aire para asegurarse de que estén no doblado.</li> </ol>
Dosificación inconsistente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuga de aire por el sello del pistón del cilindro, posiblemente desgastado o dañado.</li> <li>2. Tolva casi vacía y absorbiendo aire.</li> <li>3. Producto inconsistente.</li> <li>4. Fuga de aire por abrazaderas sueltas.</li> <li>5. Presión de suministro de aire fluctuante.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reemplace el o-ring. (use el o-ring de plantilla para garantizar el tamaño correcto)</li> <li>2. Llene la tolva.</li> <li>3. Suministre mezcla de producto con menor cantidad de líquidos.</li> <li>4. Verifique todos los sellos están en su lugar y en buen estado. Reemplace los sellos o apriete abrazaderas según sea necesario.</li> <li>5. Comprobar ajuste del regulador de aire y filtro de la unidad de mantenimiento.</li> </ol>

## ANEXOS

**Datos para determinar valores del diseño de máquina.****Anexo 1:** *Tabla Factores de modificación superficial para el acero [38]*

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{Utr}$ kpsi	$S_{Utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

**Anexo 2:** *Tabla Factor de tamaño [38]*

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Anexo 3:** *Tabla Valores medios del factor de carga [38]*

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Anexo 4:** *Tabla Factores de confiabilidad  $k_e$  porcentuales [38]*

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Anexo 5: Tabla Límite de resistencia [38]**

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

**Anexo 6: Tabla Relación b/c del factor  $\alpha$  [38]**

b/c	1.00	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	4.00	6.00	8.00	10	$\infty$
$\alpha$	0.208	0.231	0.239	0.246	0.258	0.267	0.282	0.299	0.307	0.313	0.333
$\beta$	0.141	0.196	0.214	0.228	0.249	0.263	0.281	0.299	0.307	0.313	0.333

**Anexo 7: Tabla Potencias nominales de bandas en V estándar [38]**

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89

**Anexo 8: Tabla Factor corrección ángulo de contacto  $k_1$  transmisión de bandas en V [38]**

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	K1	
		VV	Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

**Anexo 9:** *Tabla Factor de corrección de longitud de banda  $k_2^*$  [38]*

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

**Anexo 10:** *Tabla Factor de servicio  $k_s$  para transmisiones de bandas en V [38]*

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

**Anexo 11:** *Tabla Selección de bandas en V estándar [38]*

Sección de la banda	Ancho $\alpha$ , pulg	Espesor $b$ , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

**Anexo 12:** *Tabla Parámetros de bandas en V [38]*

Sección de la banda	$K_b$	$K_c$
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

**Anexo 13: Tabla Cv para válvulas de globo isoporcentualés [40]**

FLOW CHARACTERISTIC	VALVE SIZE		MAXIMUM TRAVEL	PORT DIA.	DESIGNS ED AND ET (FLOW DOWN)					DESIGN ES (FLOW UP)					
					Valve Opening, Percent of Total Travel										
	DIN	Inches	mm	mm	10	30	70	100	100	10	30	70	100	100	
Equal Percentage	DN 25	1, 1-1/4	19	33.3	.783	2.20	7.83	17.2	.88	.783	1.86	9.54	17.4	.95	
	DN 40	1-1/2	19	47.6	1.52	3.87	17.4	35.8	.84	1.54	3.57	17.2	33.4	.94	
	DN 50	2	29	58.7	1.66	4.66	25.4	59.7	.85	1.74	4.72	25.0	56.2	.92	
	DN 65	2-1/2	38	73.0	3.43	10.8	49.2	99.4	.84	4.05	10.6	45.5	82.7	.93	
	DN 80	3	38	87.3	4.32	10.9	66.0	136	.82	4.05	10.0	59.0	121	.89	
	DN 100	4	51	111.1	5.85	18.3	125	224	.82	6.56	17.3	103	203	.91	
	DN 150	6	51	177.8	12.9	43.3	239	394	.85	13.2	41.1	223	357	.86	
	DN 200	8	76	203.2	27.0	105	605	818	.96	25.9	97.8	618	808	.85	
						X <sub>v</sub>				---	X <sub>t</sub>				---
	DN 25	1, 1-1/4	19	33.3	.766	.587	.743	.667	---	.754	.763	.630	.721	---	
	DN 40	1-1/2	19	47.6	.780	.716	.690	.679	---	.674	.694	.698	.793	---	
	DN 50	2	29	58.7	.827	.774	.702	.687	---	.863	.849	.792	.848	---	
	DN 65	2-1/2	38	73.0	.778	.678	.661	.660	---	.747	.745	.783	.878	---	
	DN 80	3	38	87.3	.774	.682	.663	.675	---	.768	.761	.754	.757	---	
DN 100	4	51	111.1	.731	.643	.672	.716	---	.722	.739	.718	.822	---		
DN 150	6	51	177.8	.688	.682	.736	.778	---	.723	.767	.808	.816	---		
DN 200	8	76	203.2	.644	.636	.725	.807	---	.825	.681	.735	.827	---		

**Datos costo de máquina mezcladora dosificadora.****Anexo 14: Tabla Costos elementos eléctricos requeridos**

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO/3 (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Fuente de poder LOGO! 8 2,5A	1 u	89,60	29,87	29,87
Módulo Plc LOGO! 8 12/24 RCE	1 u	148,00	49,33	49,33
Unidad de aplicación LOGO dm16	1 u	128,00	42,67	42,67
Variador de Frecuencia SINAMICS V20 1Hp	1 u	198,75		198,75
Motor trifásico 0,75 hp	1 u	135,75		135,75
Breaker riel din	1 u	13,65		13,65
Guarda motor	1 u	42,46		42,46
Sensor Inductivo 24V DC 3 hilos pnp	1 u	26,00		26,00
Interruptor selector de posición	1 u	2,95	0,98	0,98
Pulsador Verde con luz piloto	1 u	4,68		4,68
Pulsador Rojo con luz piloto	1 u	4,68		4,68
Pulsador Tipo Hongo	1 u	2,50	0,89	0,89
Tablero Eléctrico IP64 80x60x25	1 u	99,91	33,30	33,30
Canaleta ranurada 40x40 mm	2 u	4,92	3,28	3,28
Riel DIN 1m	2 u	1,79	1,19	1,19
Libretin marquilla mixta	1 u	12,08	4,00	4,00
Enchufe blindado 20A	1 u	2,68	0,89	0,89
<b>TOTAL</b>				<b>592,37</b>

**Anexo 15: Tabla Costo elementos neumáticos requeridos**

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO/2 (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Cilindro Neumático doble efecto/ doble vástago	1 u	175,35		175,35
Actuador Rotativo doble efecto Art D63MM	1 u	153,90		153,90
Electro válvula 5/2 a 24V DC	1 u	63,60		63,60
Unidad de mantenimiento	1 u	72,33	36,17	36,17
Manguera poliuretano azul 6mm	2 m	0,85		1,70
Racor recto 6mm	7 u	1,71		11,97
Unión tipo T 6mm	2 u	1,90		3,80
<b>TOTAL</b>				<b>446,49</b>

**Anexo 16: Tabla Costo elementos mecánicos requeridos**

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Válvula de bola 3 vías 2 posiciones inoxidable 304 1 ½"	1 u	119,34	119,34
Ferrules Acero inoxidable 304 1 ½"	2 u	5,23	10,46
Abrazaderas acero inoxidable 304 1 ½"	3 u	6,20	18,60
Empaque sanitario 1 ½"	3 u	0,85	2,55
Lamina acero inoxidable 304 1mm	1 u	90,00	90,00
Tubo cuadrado acero inoxidable 304 38.1mm x 1.2mm	2 u	42,30	84,60
Tubo redondo acero inoxidable 304 1 ½"	0,20 m	10,00	5,00
Platina acero inoxidable 304 25.4mm x 6mm	1 u	30,00	30,00
Eje acero inoxidable 304 25.4mm	1,2 m	40,00	40,00
Eje acero inoxidable 304 38.1mm	0,10 m	10,00	10,00
Duralón	0,70 m	10,00	10,00
O' ring	1 u	0,10	0,10
Polea 2 canales aluminio 9"	1 u	11,00	11,00
Polea 2 canales aluminio 4"	1 u	7,00	7,00
Polea 2 canales aluminio 2.5"	2 u	4,00	8,00
Chumacera piso 1"	2 u	5,00	10,00
Chumacera pared 1"	2 u	5,00	10,00
Bandas tipo V	4 u	5,00	20,00
Pernos acero inoxidable	24 u	0,33	8,00
Grasa grado alimenticio NSF	1 u	20,00	20,00
Manguera sanitaria transparente	2m	10,00	10,00
<b>TOTAL</b>			<b>566,05</b>

**Anexo 17: Tabla Costo personal de diseño y construcción**

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Técnico mecánico	1	450,00	450,00
Estudiante Ingeniería	1	2000,00	2000,00
<b>TOTAL</b>			<b>2450,00</b>

**Datos para costo de planta de conos.****Anexo 18: Tabla Precio total planta automática de conos**

DETALLE	COSTO (USD)
Máquina mezcladora dosificadora automática	4354,91
Máquina cocción automática	6532,18
Máquina enrolladora automática	6193,79
<b>TOTAL</b>	<b>17080,88</b>

**Anexo 19: Tabla Precio total planta manual de conos**

DETALLE	COSTO (USD)
Máquina cocción manual	900,00
Moldes formadores de cono	250,00
Utensilios para mezcla y dosificación	150,00
<b>TOTAL</b>	<b>1300,00</b>

Recopilación costo implementos tradicionales

**Datos para costo beneficio de la línea de producción.****Anexo 20: Tabla Costos de fabricación directa para conos de galleta**

DETALLE	UNIDADES	COSTO MANUAL	COSTO MÁQUINA
Harina de trigo	kg	40	260
Azúcar	kg	60	240
Agua	l	20	90
Aceite	l	25	60
Sal	kg	5	10
Lecitina de soya líquida	l	20	40
Bicarbonato de sodio	kg	2	10
Metabisulfito de sodio	kg	10	50
Glp	kg	6	12
Luz	kw/h	20	35
Operarios			394
<b>TOTAL</b>		<b>400,00</b>	<b>1584,00</b>

**Anexo 21:** *Tabla Costos de fabricación indirecta para conos de galleta*

DETALLE	COSTO MANUAL	COSTO MAQUINA
Mantenimiento equipos	50	250
Publicidad	32	102
<b>TOTAL</b>	<b>82,00</b>	<b>352,00</b>

Requerimientos de insumos para cada sistema

**Anexo 22:** *Tabla Talento humano y eficiencia*

DETALLE	TRABAJADORES	CONOS DEFECTUOSOS
Producción artesanal	2	10 %
Producción automática	1	4 %

Resultados de proceso artesanal & automático

## Datos materiales eléctricos.

### Anexo 23: Características controlador

<b>Artikelnummer</b>	6ED1052-1HB00-0BA8
	LOGO! 24RCE, MOD. LOG., DISPLAY AL/E/S: 24V AC/24V DC/RELE, 8 ED/4 SD, MEM. 400 BLOQUES AMPLIABLE MODULARMENTE,ETHERNET WEB-SERVER INTEGR., DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES
<b>Diseño/montaje</b>	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
<b>Tensión de alimentación</b>	
24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
24 V AC	Sí
<b>Hora</b>	
Programadores horario.	
• Cantidad	8
• Reserva de marcha	480 h
<b>Entradas digitales</b>	
Nº de entradas digitales	8
<b>Salidas digitales</b>	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
<b>Salidas de relé</b>	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— Con carga resistiva, máx.	10 A
<b>CEM</b>	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
<b>Grado de protección y clase de protección</b>	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
<b>Normas, homologaciones, certificados</b>	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
<b>Homologaciones navales</b>	
• Homologaciones navales	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
Temperatura de empleo	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
<b>Última modificación:</b>	30.09.2014

## Anexo 24: Características variador de frecuencia

Variadores  
de Velocidad

### Variadores de velocidad Compactos SINAMICS V20

Con voltajes de alimentación 220 VAC monofásico ó 440 VAC trifásicos

No. de Depósito	Descripción					Precio Lista Unit. US \$
	 <p>Familia SINAMICS V20</p>					
<b>EQUIPO PARA TENSIÓN DE CONEXIÓN 220 VAC MONOFÁSICO<sup>1)</sup></b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Pot. del motor<sup>2)</sup></b>		<b>Corriente de Entrada (A)</b>	<b>Corriente de Salida (A)</b>	
		<b>HP</b>	<b>kW</b>			
100254292	6SL3210-5BB13-7UV0	0.5	0.37	6.2	2.3	232,00
100254293	6SL3210-5BB15-5UV0	0.75	0.55	7.7	3.2	250,00
100280014	6SL3210-5BB18-0UV0	1	0.75	10.0	4.2	265,00
100254295	6SL3210-5BB21-1UV0	1.5	1.1	14.7	6.0	305,00
100254296	6SL3210-5BB21-5UV0	2	1.5	19.7	7.8	355,00
100254297	6SL3210-5BB22-2UV0	3	2.2	27.2	11.0	430,00
100254298	6SL3210-5BB23-0UV0	4	3	35.6	13.6	495,00
<b>EQUIPO PARA TENSIÓN DE CONEXIÓN 440 VAC TRIFÁSICO<sup>1)</sup></b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Pot. del motor<sup>2)</sup></b>		<b>Corriente de Entrada (A)</b>	<b>Corriente de Salida (A)</b>	
		<b>HP</b>	<b>kW</b>			
100254278	6SL3210-5BE13-7UV0	0.5	0.37	1.7	1.3	362,00
100254279	6SL3210-5BE15-5UV0	0.75	0.55	2.1	1.7	379,00
100254280	6SL3210-5BE17-5UV0	1	0.75	2.6	2.2	403,00
100254281	6SL3210-5BE21-1UV0	1.5	1.1	4	3.1	452,00
100254282	6SL3210-5BE21-5UV0	2	1.5	5	4.1	530,00
100254283	6SL3210-5BE22-2UV0	3	2.2	6.4	5.6	571,00
100254284	6SL3210-5BE23-0UV0	4	3	8.6	7.3	662,00
100254285	6SL3210-5BE24-0UV0	5	4	11.3	8.8	746,00
100254286	6SL3210-5BE25-5UV0	7.5	5.5	15.2	12.5	1.034,00
100254287	6SL3210-5BE27-5UV0	10	7.5	20.7	16.5	1.264,00
100254288	6SL3210-5BE31-1UV0	15	11	30.4	25	1.597,00
100254289	6SL3210-5BE31-5UV0	20	15	38.1	31	2.008,00
<p><b>Notas:</b></p> <p><sup>1)</sup> Equipo incorpora panel operador</p> <p><sup>2)</sup> Para la selección del equipo las potencias indicadas son solamente orientativas. La selección correcta del mismo debe hacerse con la corriente nominal del motor.</p>						

Anexo 25: Características del motor trifásico

Motores trifásicos 4 polos (1.800 rpm), 60Hz IP55

Motores y Ventiladores

No. de Depósito	Descripción							Precio Lista Unit USD\$
								
	<p>¡Su motor es muy valioso!</p> <p>Protéjalo Únicamente con productos Siemens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SIRIUS</li> <li>✓ SINAMICS</li> <li>✓ MICROMASTER</li> </ul>							
	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño Constructivo</b>	<b>HP</b>	<b>Potencia kW</b>	<b>F.Servicio FS</b>	<b>Corriente (A)</b>		
						<b>220 VAC</b>	<b>440 VAC</b>	
	<b>VELOCIDAD 1.800 rpm (4 polos)</b>							
100160473	1LA7070 - 4YA60	71	0,5	0,37	1,15	1,9	0,95	158,00
100160477	1LA7073 - 4YA60	71	0,75	0,56	1,15	2,9	1,45	166,00
100160482	1LA7080 - 4YA60	80	1,0	0,75	1,15	3,5	1,75	181,00
100160488	1LA7083 - 4YA60	80	1,5	1,12	1,15	5,0	2,5	230,00
100097677	1LA7090 - 4YA60	90	2,0	1,50	1,10	7,0	3,5	266,00
100160500	1LA7096 - 4YA60	90	3,0	2,20	1,10	9,6	4,8	313,00
100267000	1LA7111 - 4YA60	112	4,0	3,00	1,15	13,0	6,5	346,00
100267001	1LA7112 - 4YA60	112	5,0	3,73	1,15	15,8	7,9	395,00
100097678	1LA7114 - 4YA60	112	7,5	5,60	1,15	23,2	11,6	514,00
100059897	1LA7131 - 4YA70	132 S/M	10,0	7,5	1,15	28,8	14,4	696,00
100267002	1LA7134 - 4YA70	132 S/M	15,0	11,2	1,10	43,0	21,5	1.002,00
100059898	1LA7164 - 4YA70	160 M/L	20,0	14,9	1,15	58,8	29,0	1.169,00
100059904	1LA7167 - 4YA70	160 M/L	25,0	18,7	1,05	69,0	34,8	1.257,00
100097760	1LA5183 - 4YA80	180 M	30,0	22,4	1,05	78,0	39,0	2.187,00
100097819	1LA5187 - 4YA80	180 L	40,0	29,8	1,05	108,6	54,3	2.511,00
100097820	1LA5207 - 4YA80	200 L	50,0	37,3	1,10	126,0	63,0	3.470,00
100097821	1LA5220 - 4YA80	225 S	60,0	44,5	1,10	150,0	74,9	3.982,00
100098130	1LA5223 - 4YA80	225 M	75,0	56,0	1,10	200,0	100	4.730,00
	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño Constructivo</b>	<b>HP</b>	<b>Potencia kW</b>	<b>Eficiencia %</b>	<b>F.Servicio FS</b>	<b>Corriente (A)</b>	
							<b>460 VAC</b>	
100161681	1LG4253 - 4AA60	250 M	85	63	94,3	1,1	96	5.035,00
100023118	1LG4280 - 4AA60	280 S	115	86	94,5	1,0	132	6.735,00
100023121	1LG4283 - 4AA60	280 M	140	104	94,5	1,0	158	7.923,00
100023124	1LG4310 - 4AA60	315 S	170	127	94,6	1,0	198	9.772,00
100023126	1LG4313 - 4AA60	315 M	200	152	94,6	1,0	235	11.171,00
								
	<p><b>Mayor Información :</b>                  Configurador de motores: <a href="http://www.siemens.com/sd-configurator">www.siemens.com/sd-configurator</a>                  Catálogo : <a href="http://www.siemens.com/motors">www.siemens.com/motors</a></p> <p><b>Notas :</b>                  Dimensiones de los motores ver páginas 2/2 - 2/3</p> <p>Visite nuestro video de la fábrica de motores en: </p>							

## Anexo 26: Características del sensor inductivo



### Transmisores de 4 a 20 mA

Precios sin IVA

#### Termocuplas [2AEMCT]

Transmisores de 4 - 20mA alimentados por el lazo con ajuste de ZERO y SPAN. Detección de termocupla abierta.  
Para cabezales DIN B o riel DIN.

Soporte Riel Din:

#### Frecuencia [2AEMDFC]

Medición de frecuencia hasta 10KHz en rangos específicos a 4 - 20mA alimentado con 24Vcc para montaje en riel DIN

#### Corriente alterna [2AEMDAAC]

Transmisor de 4 - 20mA con aislación galvánica para montaje en riel DIN. Alimentación 24 VDC, 1 Corte programable, 5 A CA.

#### Aislador galvanico [2AEMDISO]

Aislador salida 4 - 20mA alimentado con 24Vcc para montaje riel DIN con rangos fijos de entrada:

- \* 0 - 5Vcc
- \* 0 - 10Vcc
- \* 0 - 50Vcc
- \* 0 - 10mA
- \* 0 - 20mA

#### PT100 [2AEMCR]

Transmisores de 4 - 20mA alimentado por el lazo para cabezal DIN B o montajes en tableros riel DIN para sensores PT100 de 2 o 3 hilos.

Soporte Riel Din:

#### Celda de carga [2AEMDCEL]

Transmisor 4 - 20mA para celdas de carga de 350 ohm de 2mV/V o 3mV/V para montaje en riel DIN 35mm, alimentado con 24Vcc. Soporta hasta 2 celdas en paralelo.

#### Presión

Transmisor de 4 - 20 mA de presión de.  
[3ISP0710BGAC4C] Gauge Pressure, Rango 10 Bar  
[3ISP081MH20AC] H2O (Agua Fresca), Rango 1M  
[3ISP085MH20AC] H2O (Agua Fresca), Rango 5M

## Sensores de proximidad

### Sensores Inductivos - Línea M



CÓDIGO	Diam.	Detec.				
3ISI5PNA1	5mm	1mm	PNP / NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI8PNA2	8mm	2mm	PNP / NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI12PNA4	12mm	4mm	PNP / NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI12PNA4C	12mm	4mm	PNP / NA	Conector	DC	
3ISI12NNA4	12mm	4mm	NPN / NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI12PNANC4	12mm	4mm	PNP/ NA+NC	Cable 4 hilos	DC	
3ISI12NNANC4	12mm	4mm	NPN/ NA+NC	Cable 4 hilos	DC	
3ISI12DNA4E	12mm	4mm	NPN / NA	Cable 2 hilos	DC	
3ISI12ANA4E	12mm	4mm	NA	Cable 2 hilos	AC	
3ISI12PNANC2	12mm	2mm	PNP/ NA+NC	Cable 4 hilos	DC	
3ISI12NNANC2	12mm	2mm	NPN/ NA+NC	Cable 4 hilos	DC	
3ISI18PNA5	18mm	5mm	PNP/ NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI18NNA5	18mm	5mm	NPN/ NA	Cable 3 hilos	DC	
3ISI18A5	18mm	5mm	NA	Cable 2 hilos	AC	

### Sensores Inductivos (Salida analóg.) - Línea M



Modelo:	3ISI12PNA2AB
Diámetro:	12mm
Rango sensor:	2mm
Salida:	4 a 20 mA
Precio:	

### Sensores Inductivos - Línea M (Cuadrado)



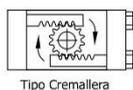
Modelo:	3ISIC40PNANC25
Rango sensor:	25mm
Salida:	PNP / NA+NC
Precio:	

Giro del Cabezal: 90°

**Datos materiales neumáticos.**

**Anexo 27: Características del actuador neumático rotativo**

**VALVULA DE BOLA DE TRES VIAS CON ACTUADOR TIPO CREMALLERA** **Art**  
 SERIE PBTAC 1/2 - 3/4 - 1 - 1 1/2 - 2 NPT

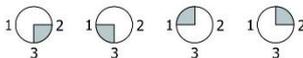


**Características**

- Válvula de Bola de Tres Vías Pag. **Art** - 32
- Actuador Rotativo Pag. **Art** - 08

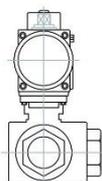
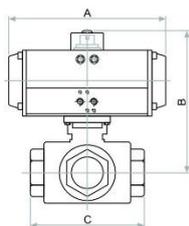
Tipo L

Posiciones permitidas



El diseño de conmutación permite:

- Desviar el caudal de una entrada común (3) a una de dos salidas (1 ó 2)
- Bloquear el caudal de una entrada y purgar la conexión opuesta



**Válvula de Bola de Tres Vías en Acero Inoxidable 316**  
**Tipo L con Actuador Rotativo de Doble Efecto**

Referencia	Conexión	A	B	C	Actuador	Torque 6 Bar
PBTAC04040	1/2"	126	115,5	79	PAC040	17 Nm
PBTAC04052	1/2"	143	134	79	PAC052	25 Nm
PBTAC05040	3/4"	126	108,5	88	PAC040	17 Nm
PBTAC05052	3/4"	143	141	88	PAC052	25 Nm
PBTAC06040	1"	126	123,5	108	PAC040	17 Nm
PBTAC06052	1"	143	151	108	PAC052	25 Nm
PBTAC08063	1 1/2"	190	181,5	133	PAC063	44 Nm
PBTAC08075	1 1/2"	207	187,5	133	PAC075	71 Nm
PBTAC10075	2"	207	192,2	164	PAC075	71 Nm
PBTAC10083	2"	213	201,7	164	PAC083	89 Nm

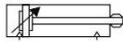
## Anexo 28: Características del actuador neumático lineal

### CILINDROS NORMAS ISO 15552 / ISO 6431 / VDMA 24562

SERIE CA

Art

Doble efecto  
Ø 32 ... 200 mm



#### Características

- Normas: ISO 15552  
ISO 6431  
VDMA 24562
- Modelos con embolo magnético para control de posición
- Los interruptores magnéticos quedan integrados en el perfil
- Los cilindros de 160 y 200 mm poseen sensores ocultos, camisa tipo mickey mouse
- Amortiguación regulable en ambas cabezas
- No requieren lubricación

CILINDROS

#### Modelos Standard

#### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:  
1 a 10 Bar ~ 14,5 a 145 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-20°C a 80°C ~ -4°F a 176°F

Kit de Alta Temperatura:  
Hasta 150°C ~ 302°F

Amortiguación:  
Neumática, Regulable

#### Materiales

Perfil:  
Aluminio inyectado

Cabezas:  
Aluminio inyectado

Vástago:  
Acero al carbón con 20µ de  
superficie cromo-endurecida  
Opcional: Acero Inoxidable

Empaques:  
TPU (Poliuretano Termoplástico)  
NBR

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros								
	32	40	50	63	80	100	125	160	200
25 (1")	CA32025	CA40025	CA50025	CA63025	CA80025	CA100025	CA125025X	CA160025X	CA200025X
50 (2")	CA32050	CA40050	CA50050	CA63050	CA80050	CA100050	CA125050X	CA160050X	CA200050X
75 (3")	CA32075	CA40075	CA50075	CA63075	CA80075	CA100075	CA125075X	CA160075X	CA200075X
100 (4")	CA32100	CA40100	CA50100	CA63100	CA80100	CA100100	CA125100X	CA160100X	CA200100X
125 (5")	CA32125	CA40125	CA50125	CA63125	CA80125	CA100125	CA125125X	CA160125X	CA200125X
150 (6")	CA32150	CA40150	CA50150	CA63150	CA80150	CA100150	CA125150X	CA160150X	CA200150X
175 (7")	CA32175	CA40175	CA50175	CA63175	CA80175	CA100175	CA125175X	CA160175X	CA200175X
200 (8")	CA32200	CA40200	CA50200	CA63200	CA80200	CA100200	CA125200X	CA160200X	CA200200X
250 (10")	CA32250	CA40250	CA50250	CA63250	CA80250	CA100250	CA125250X	CA160250X	CA200250X
300 (12")	CA32300	CA40300	CA50300	CA63300	CA80300	CA100300	CA125300X	CA160300X	CA200300X
350 (14")	CA32350	CA40350	CA50350	CA63350	CA80350	CA100350	CA125350X	CA160350X	CA200350X
400 (16")	CA32400	CA40400	CA50400	CA63400	CA80400	CA100400	CA125400X	CA160400X	CA200400X
450 (18")	CA32450	CA40450	CA50450	CA63450	CA80450	CA100450	CA125450X	CA160450X	CA200450X
500 (20")	CA32500	CA40500	CA50500	CA63500	CA80500	CA100500	CA125500X	CA160500X	CA200500X
600 (24")	CA32600	CA40600	CA50600	CA63600	CA80600	CA100600	CA125600X	CA160600X	CA200600X
700 (28")	CA32700	CA40700	CA50700	CA63700	CA80700	CA100700	CA125700X	CA160700X	CA200700X
800 (32")	CA32800	CA40800	CA50800	CA63800	CA80800	CA100800	CA125800X	CA160800X	CA200800X
900 (36")	CA32900	CA40900	CA50900	CA63900	CA80900	CA100900	CA125900X	CA160900X	CA200900X
1000 (40")	CA321000	CA401000	CA501000	CA631000	CA801000	CA1001000	CA1251000X	CA1601000X	CA2001000X
1100 (44")							CA1251100X	CA1601100X	CA2001100X
1200 (48")							CA1251200X	CA1601200X	CA2001200X
1300 (52")							CA1251300X	CA1601300X	CA2001300X
1400 (56")							CA1251400X	CA1601400X	CA2001400X
1500 (60")							CA1251500X	CA1601500X	CA2001500X
Ø Vástago	12 mm	16 mm	20 mm	20 mm	25 mm	25 mm	32 mm	40 mm	40 mm
Conexión	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G3/4
Empaques	CAK032	CAK040	CAK050	CAK063	CAK080	CAK100	CAK125	CAK160	CAK200
Alta Temp.	CAKA032	CAKA040	CAKA050	CAKA063	CAKA080	CAKA100	CAKA125	CAKA160	

\* Para carreras no standard y cilindros de doble vástago consulte con su distribuidor

Art

Cilindros-07

## Anexo 29: características de la electroválvula

### VALVULAS SOLENOIDES 5/2 - ALTO CICLAJE

SERIE VSA 1/4 NPT - 1.200 CICLOS POR MINUTO

VALVULAS



#### Características

- Gran caudal
- Sello metálico
- 1.200 ciclos por minuto
- Vida útil de 100 millones de ciclos

#### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido y gases inertes

Presión de Trabajo:  
1,5 a 10 Bar ~ 22 a 145 PSI

Diferencial de Presión:  
10,3 Bar ~ 150 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-10°C a 60°C ~ 14°F a 140°F

Frecuencia de Operación:  
1200 ciclos/minuto

Tiempo de Respuesta:  
20 ms.

#### Materiales

Cuerpo : Aluminio  
Carrete y  
Camisa : Acero Inoxidable  
Resorte : Acero Inoxidable  
Tapa : Resina sintética

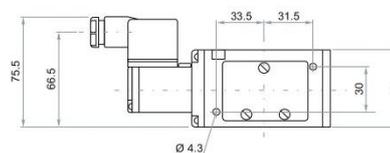
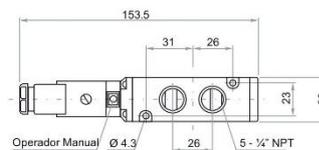
#### Modelos Standard

Referencia	NPT	Operador	Voltaje	CV
VSA08022	1/4"	Solenoido - Resorte	24 DC	2,0
VSA08023	1/4"	Solenoido - Resorte	24 AC	2,0
VSA08024	1/4"	Solenoido - Resorte	120 AC	2,0
VSA08025	1/4"	Solenoido - Resorte	220 AC	2,0

Incluyen conector eléctrico tipo DIN 43650B

#### Bobinas

Referencia	Descripción	Potencia
VSAB2	Bobina 24 DC	1,8 W
VSAB3	Bobina 24 AC	5 VA
VSAB4	Bobina 110 AC	5 VA
VSAB5	Bobina 220 AC	5 VA



**Datos materiales mecánicos.**

**Anexo 30: Válvula de bola 3 vías 2 posiciones**

	<b>FICHA TÉCNICA</b>	<a href="http://www.MAINCO.com.gt">www.MAINCO.com.gt</a> PBX: +5022386-8787									
<b>VÁLVULA BOLA DE ACERO INOXIDABLE 3 PIEZAS</b>											
<p><b>Sanitaria</b> LÍNEA</p> <p><b>Válvulas</b> CATEGORÍA</p> <p><b>Bola</b> TIPO</p>	<h3>04 Aplicación</h3> <p>Las válvulas de bola, se pueden utilizar principalmente para líquidos viscosos, que contengan sólidos y en general en aplicaciones que requieran un flujo que no se obstruya. Aplicable en la industria alimentaria, de bebidas, enológica, oleícola, cosmética y química.</p> <p><small>DISTRIBUIDO POR MAINCO, S.A.</small></p> <h3>05 Materiales</h3> <p>Cuerpo SS316L Asientos TEFLON reforzado Cartucho de cavidad TEFLON totalmente encapsulado.</p> <p><small>DISTRIBUIDO POR MAINCO, S.A.</small></p> <h3>06 Condiciones de trabajo</h3> <p>Presión de trabajo (1/2"-2") 1,000 PSI (2 1/2"-4") 600 PSI Temperatura Max -18°C/176°C.</p> <p><small>DISTRIBUIDO POR MAINCO, S.A.</small></p> <h3>07 Gráficas y cuadros</h3> <table border="1" style="margin: 0 auto; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Medidas en pulgadas disponibles</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1/2"</td></tr> <tr><td>3/4"</td></tr> <tr><td>1"</td></tr> <tr><td>1.5"</td></tr> <tr><td>2"</td></tr> <tr><td>2.5"</td></tr> <tr><td>3"</td></tr> <tr><td>4"</td></tr> </tbody> </table> <p><small>DISTRIBUIDO POR MAINCO, S.A.</small></p>	Medidas en pulgadas disponibles	1/2"	3/4"	1"	1.5"	2"	2.5"	3"	4"	<div style="background-color: #002060; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> <b>S12VCL6L</b> </div>  <p><small>DISTRIBUIDO POR MAINCO, S.A.</small></p>
Medidas en pulgadas disponibles											
1/2"											
3/4"											
1"											
1.5"											
2"											
2.5"											
3"											
4"											

## Anexo 31: Características lamina acero inoxidable

### PLANCHA ACERO INOXIDABLE



Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a IIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	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	8,00 ~ 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	18,00 ~ 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	
Ferrítico	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	
Martensítico	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

ACERO INOXIDABLE

Anexo 32: Características tubos acero inoxidable



## TUBO CUADRADO ACERO INOXIDABLE



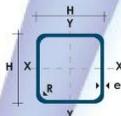
### Especificaciones Generales

Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 3/4" a 2"
Espesor	Desde 1.2 mm, 1.5 mm y 2 mm

Dimensiones		Propiedades		
Pulg	mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área Sección Pulg2
1"	25.40	1.2	0.8756	0.077
1 1/4"	31.75	1.2	1.1354	0.096
1 1/4"	31.75	1.5	1.3957	0.139
1 1/2"	38.10	1.2	1.3752	0.1165
1 1/2"	38.10	1.5	1.6955	0.174
2"	50.80	2	3.0142	0.1559

**NOMENCLATURA**

A= Área de selección transversal del tubo  
H= Longitud lado



ACERO INOXIDABLE

## TUBO REDONDO ACERO INOXIDABLE



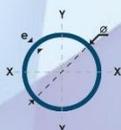
### Especificaciones Generales

Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 1" a 2"
Espesor	Desde 1.2 mm, 1.5 y 2 mm

Dimensiones		Propiedades		
Pulg	mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área Sección Pulg2
1"	25.40	1.5	0.8391	0.1745
1"	24.40	2	1.1659	0.2278
1 1/4"	31.75	1.2	0.9148	0.1785
1 1/4"	31.75	1.5	1.1323	0.2209
1 1/2"	38.10	1.2	1.1031	0.2156
1 1/2"	38.10	1.5	1.3677	0.2673
2"	50.80	1.2	1.4828	0.2898
2"	50.80	1.5	1.8423	0.3600
2"	50.80	2	2.4315	0.4752

**NOMENCLATURA**

A= Área de selección transversal del tubo (Pulg2)  
e= Espesor (mm)



[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

## Anexo 33: Características ejes de acero inoxidable



### EJES Acero Inoxidable



#### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	AISI 304
<b>Descripción</b>	Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
<b>Aplicaciones</b>	Industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental etc...
<b>Longitud</b>	6 m

Composición Química						
%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

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
520	220	20	249 - 278



#### Dimensiones

Diámetro
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1 1/4"
1 1/2"
2"
2 1/2"
3"
3 1/2"
4"
5"
6"

EJES

## Anexo 34: Características platina acero inoxidable



### PLATINAS ACERO INOXIDABLE

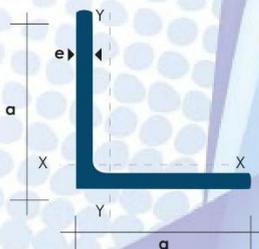


#### Especificaciones Generales

Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Longitudes	Previa Consulta

Dimensiones			Propiedades
Ancho (a)		Espesor (e)	Peso
Pulg	mm	mm	Kg/m
1"	25.4	3	-
1 1/2"	38.1	3	0.955
1 1/2"	38.1	4	1.195
1 1/2"	38.1	6	1.920
2"	50.8	3	1.186
2"	50.8	4	1.560
2"	50.8	6	2.386

### ÁNGULOS ACERO INOXIDABLE



#### Especificaciones Generales

Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Longitudes	Previa Consulta

Dimensiones			Propiedades
Ancho (a)		Espesor (e)	Peso
Pulg	mm	mm	Kg/m
1"	25	3	1.14
1 1/2"	40	3	1.88
1 1/2"	40	4	2.52
1 1/2"	40	6	3.783
2"	50	3	2.363
2"	50	4	3.151
2"	50	6	4.728

ACERO INOXIDABLE

Anexo 35:

# *Planos Mecánicos*

**Anexo 36: Construcción máquina mezcladora y dosificadora**

Figura 70. Ensamblaje Prototipo

Anexo 37: Casa abierta Ibarra



Figura 71. Casa abierta