

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Trabajo estructurado de manera independiente

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS APLICABLE EN LA ELABORACIÓN DE TABLETAS DE CHOCOLATE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CHOCOLATES DOÑA OLGUITA EN LA PARROQUIA DE HUACHI CHICO”.**

---

**Autor:** Luis Eduardo Gómez Ipiales

**TUTOR:** Ing. Gonzalo López, Mg.

**AMBATO – ECUADOR**

**2014**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo investigativo: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS APLICABLE EN LA ELABORACIÓN DE TABLETAS DE CHOCOLATE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CHOCOLATES DOÑA OLGUITA EN LA PARROQUIA DE HUACHI CHICO”**. Trabajo elaborado por el Egresado Luis Eduardo Gómez Ipiales.

Certifico:

- Que el presente informe es original de su autor.
- Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluido y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Junio de 2014

.....  
**Ing. Gonzalo López, Mg.**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS**

Yo, Luis Eduardo Gómez Ipiates portador de la C.I. 180340139-5 de la misma manera el Ing. Gonzalo Eduardo López Villacís, Mg. que las ideas expuestas en el presente trabajo de grado denominado: “Estudio de un sistema de dosificación para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate y su incidencia en la producción de la empresa Chocolates Doña OLGUITA en la parroquia de Huachi Chico”, así como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta nos pertenece en realidad asumimos con absoluta responsabilidad.

.....  
**Luis Eduardo Gómez Ipiates**

**C.I. 180340139-5**

**AUTOR**

Ambato, Junio de 2014

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de investigación lo dedico:*

*A Dios en especial ya que todo lo que he logrado en todo mi carrera no hubiese sido posible si la mano de ti señor.*

*A mis padres y hermanas que siempre estuvieron pendientes en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mi esposa se lo dedico ya que siempre estuvo apoyandome.*

*A toda mi familia, a mis compañeros amigos y amigas.*

*Es para mí un honor que sean parte de mis anhelos y sueños cumplidos todo a través de las personas que me han rodeado durante todo mi caminar, a todos se los dedico mi esfuerzo y mi amor ! Mil gracias!*

***Luis Gómez***

## **AGRADECIMIENTO**

*Un sincero agradecimiento a mi **Dios**, por haberme dado la salud, sabiduría y la vida, porque con su ayuda pude culminar el presente proyecto de investigación.*

*A mis padres, **Ángel Gómez** y **Magdalena IpiALES** porque fueron y siguen siendo un cimiento importante en mi vida, su ayuda, sus consejos, su apoyo incondicional fueron también una inspiración para seguir adelante y formarme como profesional, en especial a mi esposa **Claudia Herrera** porque durante el desarrollo del presente proyecto tuve el apoyo incondicional en todo momento.*

*A mis hermanas **Belén** y **Rosana**, a todos mis compañeros y amigos porque de una u otra manera estuvieron pendientes de mí durante toda mi formación universitaria, a mi familia ante en este difícil pero no imposible camino.*

*A la **Universidad Técnica de Ambato** por haber sido mi segundo hogar durante mi formación académica superior, y a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por compartir sus conocimientos y consejos durante mi carrera universitaria.*

*Al **Ing. Gonzalo López Mg.** por haberme brindado su paciencia, ayuda, y orientación incondicional, como mi profesor y como tutor de tesis para elaboración del presente proyecto. A la **Ingeniera Patricia Pazmiño** Gerente General de la empresa Chocolates Doña Olguita, por permitir desarrollar el proyecto en su empresa.*

*A todas las distinguidas personas que estuvieron de una u otra forma apoyándome en los laboratorios, y biblioteca que con sus servicios me ayudaron que crezca intelectualmente, mis más sinceros agradecimientos.*

**Luis Gómez**

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## A.- PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	II
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
SIMBOLOGÍA.....	XVII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XIX

## B.- TEXTO INTRODUCCIÓN

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO .....	3
1.2.3 PROGNOSIS .....	5
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.1 PREGUNTAS DIRECTRICES .....	6
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1 DE CONTENIDO .....	6
1.4.2 ESPACIAL.....	6
1.4.3 TEMPORAL .....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	7
1.6 OBJETIVOS .....	8
1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA .....	10
2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	11
2.3.1 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	11
2.3.2 DOSIFICADOR.....	11
2.3.3 PROCESO INDUSTRIAL DEL CHOCOLATE.....	12
2.3.4 CHOCOLATE EN TABLETA .....	16
2.3.5 DEFINICIÓN DE UN FLUIDO .....	18
2.3.5.1 DEFORMACIÓN DE UN ELEMENTO DE FLUIDO.....	19
2.3.6 VISCOSIDAD .....	20
2.3.7 TIPOS DE FLUIDOS .....	20
2.3.7.1 FLUIDO NEWTONIANO .....	20
2.3.7.2 FLUIDO NO NEWTONIANO (FNN) .....	21
2.3.7.3 FLUIDO NO NEWTONIANOS (FNN) INDEPENDIENTES DEL TIEMPO .....	21
2.3.7.4 FLUIDO SEUDOPLÁSTICO.....	22
2.3.7.5 FLUIDO DILATANTE .....	23
2.3.7.6 FLUIDO PLÁSTICO DE BINGHAM O IDEAL.....	23
2.3.7.7 FLUIDOS NO NEWTONIANOS (FNN) DEPENDIENTES DEL TIEMPO.....	24
2.3.7.8 FLUIDOS THIXOTRÓPICOS .....	24
2.3.7.9 FLUIDO REOPÉCTICO .....	25
2.3.7.10 FLUIDO VISCO ELÁSTICO.....	25
2.3.8 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS .....	25
2.3.9 TIPOS DE DOSIFICADORES DE USO MÁS COMÚN.....	25
2.3.9.1 DOSIFICADOR VOLUMÉTRICO.....	26
2.3.9.2 DOSIFICADOR A TORNILLO SIN FIN .....	27
2.3.9.3 DOSIFICADOR A PISTÓN .....	28
2.3.9.4 DOSIFICADOR POR GRAVEDAD.....	28
2.3.9.5 DOSIFICADOR POR MEDIO DE BALANZA MULTICABEZAL .....	29
2.3.9.6 DOSIFICADOR A TORNILLO Y BALANZA .....	30

2.3.9.7 DOSIFICADOR CON CANALES VIBRATORIOS .....	30
2.3.9.8 DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO .....	31
2.3.10 ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA DOSIFICADORA .....	32
2.3.10.1 TOLVA CÓNICA .....	32
2.3.10.2 ESTRUCTURA SOPORTE.....	33
2.3.10.3 VÁLVULA DE DOSIFICACIÓN .....	33
2.3.10.4 CILINDRO NEUMÁTICO.....	34
2.3.11 ELEMENTOS DE TRABAJO NEUMÁTICO.....	34
2.3.11.1 CILINDRO DE SIMPLE EFECTO .....	34
2.3.11.2 CILINDRO DE DOBLE EFECTO .....	35
2.3.11.3 CILINDRO DE DOBLE EFECTO, CON DOBLE VÁSTAGO .	36
2.3.11.4 VÁLVULAS .....	36
2.3.11.5 ELECTROVÁLVULA DE 5 VÍAS 2 POSICIONES 5/2 – ¼ ....	37
2.3.11.6 RACOR RECTO.....	38
2.3.11.7 SILENCIADOR POLIPROPILENO .....	38
2.3.11.8 TUBO FLEXIBLE PARA AIRE COMPRIMIDO .....	38
2.3.11.9 VÁLVULA DE CORREDERA.....	39
2.3.11.10 CONECTORES RÁPIDOS DE NEUMÁTICA .....	39
2.3.12 ACCESORIOS EN ACERO INOXIDABLE ALIMENTICIO .....	40
2.3.12.1 BOQUILLAS DOSIFICADORAS .....	40
2.3.12.2 ABRAZADERAS TIPO CLAMP .....	40
2.3.12.3 O - RING DE TIPO ALIMENTICIO .....	41
2.3.13 ACCIONAMIENTO Y CONTROL NEUMÁTICO .....	41
2.3.13.1 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	42
2.3.13.2 MANDO DE PIE NEUMÁTICO .....	42
2.3.13.3 COMPRESOR DE AIRE.....	43
2.3.14 SISTEMA DE MANDOS ELÉCTRICOS.....	44
2.3.14.1 PULSADOR DE ENCENDIDO Y APAGADO .....	44
2.3.14.2 INTERRUPTORES DE PARADA DE EMERGENCIA .....	44
2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	45
2.4.1 HIPÓTESIS A .....	45
2.4.2 HIPÓTESIS B .....	45



2.5 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES .....	45
2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	45
2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN .....	46
2.5.3 VARIABLE DEPENDIENTE .....	46
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>47</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>47</b>
3.1 ENFOQUE .....	47
3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	47
3.2.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN .....	47
3.2.1.1 CAMPO .....	48
3.2.1.2 EXPERIMENTAL .....	48
3.2.1.3 BIBLIOGRÁFICA .....	48
3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	48
3.2.2.1 EXPLORATORIA .....	48
3.2.2.2 EXPLICATIVO .....	49
3.2.2.3 DESCRIPTIVO .....	49
3.2.2.4 CORRELACIÓN .....	49
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	50
3.3.1 POBLACIÓN O UNIVERSO (N) .....	50
3.3.2 MUESTRA.....	50
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	52
3.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE .....	52
3.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	53
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	54
3.5.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	54
3.5.2 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	55
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>56</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
4.1 ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS ..	56
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR EL MÉTODO MANUAL.....	69
4.2.1 FLUJO DEL PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LAS TABLETAS DE CHOCOLATE.....	69

4.2.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO .....	71
4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	78
4.3.1 ENSAYO MANUAL.....	78
4.3.2 ENSAYO SEMIAUTOMÁTICO .....	79
4.3.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA SEMIAUTOMÁTICA .....	81
4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	85
4.4.1 PRUEBA T PARA LA PRECISIÓN VOLUMÉTRICA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN .....	86
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>89</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	89
5.2 RECOMENDACIONES .....	90
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>92</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>92</b>
6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	92
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	94
6.3 JUSTIFICACIÓN .....	94
6.4 OBJETIVOS .....	95
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	95
6.5.1 ANÁLISIS TÉCNICO .....	95
6.5.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....	96
6.6 FUNDAMENTACIÓN .....	96
6.6.1 DIAGRAMA DE EJECUCIÓN DEL DISEÑO .....	96
6.6.2 REQUISITOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN .....	97
6.7 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA DOSIFICADORA .....	98
6.7.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA VÁLVULA DE DOSIFICACIÓN .....	98
6.7.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA TOLVA.....	99
6.8 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS.....	99
6.8.1 DISEÑO DE LA TOLVA.....	99

6.8.2 DISEÑO DE CAMISA O CILINDRO DE SUCCIÓN.....	109
6.8.3 DISEÑO DE LA CHAPA METÁLICA O BASTIDOR .....	114
6.8.4 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO .....	116
6.8.4.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE .....	116
6.8.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMÁTICO .....	117
6.8.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO PARA LOS ACTUADORES .....	118
6.8.5 PANORAMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA .....	119
6.8.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	119
6.8.5.2 TIEMPOS DE PRODUCCIÓN POR BOLSA .....	121
6.8.5.3 CAPACIDAD DE CARGA DE LA ESTRUCTURA.....	121
6.8.5.4 ESPACIO FÍSICO (ALTURA, ANCHO, LARGO) .....	122
6.8.5.5 ERGONOMÍA .....	123
6.8.5.6 COSTO .....	124
6.8.5.7 PESO DEL PROTOTIPO .....	124
6.8.5.8 TRABAJO DE CAMPO .....	125
6.8.5.9 DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DOSIFICACIÓN ACTUAL .....	125
6.9 METODOLOGÍA .....	126
6.10 ANÁLISIS DE COSTOS .....	126
6.10.1 COSTOS DIRECTOS.....	126
6.10.2 COSTOS INDIRECTOS.....	128
6.10.3 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN .....	128
6.10.4 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	129
6.10.4.1 FINANCIAMIENTO .....	129
6.10.4.2 DEPRECIACIÓN DEL DOSIFICADOR .....	130
6.10.4.3 ESTADO DE RESULTADOS.....	130
6.10.4.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	131
6.11 RECOMENDACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA... 132	
6.11.1 MANTENIMIENTO.....	132
6.11.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD .....	132
6.11.3 CONCLUSIONES .....	133

6.11.4 RECOMENDACIONES .....	133
<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>134</b>
<b>LINKOGRAFÍA: .....</b>	<b>136</b>
ANEXO A: TABLAS, FIGURAS Y CATÁLOGOS DE PRODUCTOS	138
ANEXO A1: Características físicas de la válvula de dosificación.....	139
ANEXO A2: Composición y propiedades del acero inoxidable .....	140
ANEXO A4: Límite de fluencia del acero inoxidable .....	141
ANEXO A5: Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete .....	141
ANEXO A6: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín .....	142
ANEXO A7: Factor de carga para la ecuación de Marín.....	142
ANEXO A8: Efecto de temperatura de operación para diseño a fatiga	142
ANEXO A9: Factor de confiabilidad para diseño a fatiga.....	143
ANEXO A10: Factor de concentración de esfuerzos para soldadura ..	143
ANEXO A11: Propiedades geométricas de tubería redonda de acero inoxidable .....	143
ANEXO A12: Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción (teóricas) .	144
ANEXO A13: Diagrama de cortante y flector máximo para viga en voladizo con carga extrema .....	145
ANEXO A14: Propiedades geométricas del círculo hueco.....	145
ANEXO A15: Diagrama de consumo de aire .....	146
ANEXO A16: Consumo de aire en los cilindros.....	147
ANEXO A17: Dimensiones de chapa metálica de la tolva de dosificación .....	148
ANEXO A18: Accesorios neumáticos Racor rectos, codos 90°, T.....	148
ANEXO A19: Válvula de distribución para el control de entrada de aire .....	148
ANEXO A20: Cilindro neumático Serie “ISO 6431 VDMA Ø32mm 125 mm tipo A.....	149
ANEXO A21: Micro reguladores de flujo (anillos de estrangulamiento) .....	150
ANEXO A22: Abrazadera tipo clamp de acero inoxidable .....	151
ANEXO A23: Anillos para aumento de caudal .....	151
ANEXO A24: Abrazadera de sujeción clamp.....	152

ANEXO A25: Accesorio de acople en acero inoxidable .....	153
ANEXO A26: Simbología de elementos neumáticos .....	154
ANEXO B: PLANOS DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE CHOCOLATE .....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Operacionalización de la variable dependiente.....	52
Tabla 3.2 Operacionalización de la variable independiente.....	53
Tabla 3.3 Técnicas de investigación .....	54
Tabla 3.3 Técnicas de investigación (continuación).....	55
Tabla 4.1 Ensayo de dosificación manual.....	78
Tabla 4.2 Ensayos con la máquina dosificadora de tabletas de chocolate .....	79
Tabla 4.3 Resumen de ensayo de dosificación.....	80
Tabla 4.4 Resumen de tiempos en ensayo de dosificación .....	80
Tabla 4.5 Porcentaje de tiempo en el proceso de dosificación .....	83
Tabla 4.6 Ahorro de tiempo en el proceso de dosificación manual, semiautomática .....	84
Tabla 4.7 Prueba T pareada.....	86
Tabla 4.8 Prueba T tabulada para dos muestras con varianzas iguales.....	87
Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta .....	92
Tabla 6.2 Cálculo de tiempos de dosificación manual para el diseño con 25 muestras .....	98
Tabla 6.3 Selección del diámetro y área útil del émbolo .....	110
Tabla 6.4 Resumen de los componentes neumáticos del sistema de control .....	118
Tabla 6.5 Costos de materiales mecánicos.....	127
Tabla 6.6 Costos de materiales varios.....	128
Tabla 6.7 Costos de mano de obra .....	128
Tabla 6.8 Costo total .....	128
Tabla 6.9 Ingreso por venta de tabletas de chocolate.....	129
Tabla 6.10 Egresos por uso de dosificadora.....	129
Tabla 6.11 Depreciación y valor en libros del dosificador .....	130
Tabla 6.12 Estado de resultados equivalente al proceso de dosificación.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Árbol de problemas.....	4
Figura 2.1 Red de categorías fundamentales .....	11
Figura 2.2 Proceso de producción del chocolate.....	15
Figura 2.3 Chocolate negro .....	16
Figura 2.4 Chocolate de cobertura .....	17
Figura 2.5 Detalle del movimiento del fluido .....	19
Figura 2.6 Proporcionalidad de viscosidad de un fluido Newtoniano .....	21
Figura 2.7 Comportamiento de fluidos pseudoplásticos .....	23
Figura 2.8 Comportamiento de fluidos dilatantes .....	23
Figura 2.9 Diagramas reológicos de los fluidos no newtonianos .....	24
Figura 2.10 Comportamiento de los fluidos thixotrópicos.....	24
Figura 2.11 Comportamiento de los fluidos reopécticos .....	25
Figura 2.12 Dosificador volumétrico .....	26
Figura 2.13 Dosificador a tornillo sin fin.....	27
Figura 2.14 Dosificador a pistón.....	28
Figura 2.15 Dosificador por gravedad .....	29
Figura 2.16 Dosificador por medio de balanza multicabezal.....	29
Figura 2.17 Dosificador por medio de tornillo y balanza .....	30
Figura 2.18 Dosificador con canales vibratorios.....	31
Figura 2.19 Dosificador gravimétrico .....	31
Figura 2.20 Tolva cónica.....	32
Figura 2.21 Estructura soporte .....	33
Figura 2.22 Válvula de dosificación .....	33
Figura 2.23 Cilindro neumático .....	34
Figura 2.24 Cilindro de simple efecto.....	35
Figura 2.25 Cilindro de doble efecto.....	35
Figura 2.26 Cilindro de doble efecto, con doble vástago.....	36
Figura 2.27 Esquema de válvulas.....	37
Figura 2.28 Electroválvula 5/2.....	37
Figura 2.29 Racor recto.....	38
Figura 2.30 Silenciador .....	38
Figura 2.31 Tubo de poliuretano .....	39

Figura 2.32 Válvula de corredera.....	39
Figura 2.33 Conectores rápidos de neumática .....	40
Figura 2.34 Boquillas dosificadoras.....	40
Figura 2.35 Abrazaderas tipo clamp .....	41
Figura 2.36 O-ring para uso alimenticio .....	41
Figura 2.37 Unidad de mantenimiento.....	42
Figura 2.38 Mando de pie neumático.....	43
Figura 2.39 Compresor de aire.....	43
Figura 2.40 Pulsador de encendido y apagado.....	44
Figura 2.41 Interruptores de parada de emergencia.....	45
Figura 4.1 Esquema de tolva.....	57
Figura 4.2 Esquema de camisa.....	63
Figura 4.3 Esquema neumático de dosificadora .....	66
Figura 4.4 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletas .....	69
Figura 4.4 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletas (continuación).....	70
Figura 4.5 Llenado del fluido a los recipientes .....	71
Figura 4.6 Homogeneización de la muestra.....	71
Figura 4.7 Adición de ventilación forzada y natural.....	72
Figura 4.8 Muestra granulada antes de dosificar .....	72
Figura 4.9 Vaciado del producto granulado hacia los molinos.....	73
Figura 4.10 Dosificación manual actual.....	73
Figura 4.11 Tabletadas colocadas en el molde .....	74
Figura 4.12 Compactación de tabletadas manualmente.....	74
Figura 4.13 Enfriamiento de las tabletadas de chocolate.....	75
Figura 4.14 Almacenamiento de las tabletadas.....	75
Figura 4.15 Control de calidad, condición y pesaje de las tabletadas.....	76
Figura 4.16 Envasado de las tabletadas .....	76
Figura 4.17 Codificado y sellado de las tabletadas.....	77
Figura 4.18 Empacado de las tabletadas .....	77
Figura 4.19 Resumen de ensayos de dosificación a diferentes temperaturas .....	81
Figura 4.20 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletadas modificado .....	82
Figura 4.21 Tiempo del proceso de dosificación .....	84
Figura 6.1 Esquema y partes de máquina dosificadora de chocolate.....	93
Figura 6.2 Diagrama de ejecución del diseño .....	96

Figura 6.3 Experimento de prueba manual de dosificación.....	98
Figura 6.4 Dimensiones básicas de la tolva .....	101
Figura 6.5 Dimensiones de la tolva de alimentación .....	103
Figura 6.6 Soldadura típica a tope.....	105
Figura 6.7 Acción de la presión interna P sobre las paredes de la tolva .....	105
Figura 6.8 Diagrama del vástago cilindro-émbolo-camisa .....	110
Figura 6.9 Dimensiones de la camisa de succión.....	112
Figura 6.10 Diagrama del cuerpo libre de la chapa metálica.....	114
Figura 6.11 Solución de sistema 4 ecuaciones con 4 incógnitas.....	115
Figura 6.12 Esquemático del circuito neumático .....	118
Figura 6.13 Esquemático del circuito eléctrico de control.....	119
Figura 6.14 Modelo final de la máquina (Vista isométrica) .....	120
Figura 6.15 Modelo final de la máquina (Vista lateral) .....	120
Figura 6.16 Cargas pesentes en la estructura de la máquina.....	122
Figura 6.17 Espacio físico destinado para la instalación de la máquina .....	123
Figura 6.18 Ergonomía deficiente en el proceso de dosificación .....	123
Figura 6.19 Vista de máquina dosificadora importada .....	124
Figura 6.20 Proceso actual de elaboración de las tabletas de chocolate .....	125
Figura 6.21 Etiquetas de seguridad y advertencias .....	133



## SIMBOLOGÍA

$\tau_{yx}$ : Esfuerzo de corte aplicado al elemento de fluido [Pa]

$\mu$ : Viscosidad dinámica [poise = g/cm \* s]

$\nu$ : Viscosidad cinemática [stoke=cm<sup>2</sup>/s]

$\eta$ : Viscosidad aparente [stoke=cm<sup>2</sup>/s]

$\rho$ : Densidad [kg/m<sup>3</sup>]

V: Volumen [m<sup>3</sup>]

$\gamma$ : Peso específico [N/m<sup>3</sup>]

I: Segundo momento de inercia [mm<sup>4</sup>]

L: Longitud [m]

C: Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo [mm]

S: Módulo de sección [m<sup>3</sup>]

D: Diámetro [m]

$A_t$ = Área de la sección transversal [m<sup>2</sup>]

$F_{per}$ : Fuerza permisible [N]

$F_{req}$ : Fuerza requerida [N]

$P_t$ : Presión de trabajo [Pa]

W: Peso de materiales [N]

T: Temperatura [°C]

$T_a$ : Temperatura ambiente [°C]

$\sigma$ : Esfuerzo [Pa]

$\sigma_f$ : Esfuerzo de flexión [Pa]

$\sigma_A$ : Esfuerzo axial [Pa]

$\sigma_a$ : Esfuerzo flexionante máximo [Pa]

$\sigma_m$ : Esfuerzo medio [Pa]

$\sigma_{max} = \sigma'$ : Esfuerzo máximo o de Von Misses [Pa]

$M_{m\acute{a}x}$ : Momento flector máximo [N-m]

n: Factor de seguridad [adimensional]

$s_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero [Pa]

$S_{ut}$  = Resistencia última a la tensión [Pa]

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico [Pa]  
 $S_e'$ : Límite de resistencia a la fatiga del elemento giratorio [Pa]  
 $P$ : Carga de diseño [N]  
 $C_m$ : Carga muerta [N]  
 $C_v$ : Carga viva [N]  
 $t$ : Espesor del material [mm]  
 $Q$ : Consumo de aire [l/min]  
 $q$ : Consumo de aire del cilindro, [l/cm de carrera]  
 $Q_{\text{empuje}}$ : Consumo de aire de empuje del cilindro [l/min]  
 $Q_{\text{tracción}}$ : Consumo de aire de tracción del cilindro [l/min]  
 $R_c$ : Relación de compresión, [adimensional]  
 $C$ : Carrera del vástago [cm]  
 $n$ : Ciclos por minuto [ciclos/min]  
 $T_{td}$ : Tiempo del proceso total de dosificado [seg]  
 $T_{II}$ : Tiempo de alimentación a la tolva [seg]  
 $T_d$ : Tiempo dosificado [seg]  
 $T_c$ : Tiempo de caída del producto [seg]  
 $tT$ : Comprobación prueba T pareada  
 $SS$ : Sumatoria de los cuadrados  
 $N$ : Número de muestras  
 $VS$ : Valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil [\$]  
 $TMAR$ : Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento  
 $VAN$ : Valor Actual Neto  
 $D$ : Depreciación del activo [\$]  
 $n_1$ : Vida útil o período de recuperación de la inversión [años]  
 $t_a$ : Tiempo de análisis [años]  
 $P_o$ : Valor inicial del activo a depreciar inversión [\$]  
 $i$ : Tasa activa referencial según el banco central del Ecuador [%]  
 $pr$ : Premio al riesgo, [%]  
 $u$ : Utilidad para el inversionista

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de tesis tiene como propósito la realización del **“Estudio de un sistema de dosificación para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate y su incidencia en la producción de la empresa Chocolates Doña OLGUITA en la parroquia de Huachi Chico”** estudio acerca de cómo se puede mejorar el proceso de dosificado de la pasta de chocolate, cuáles son las razones por las que se decide automatizar dicho proceso.

El presente trabajo de investigación radica en la realización de los estudios en el dosificado semi automático para la elaboración de tabletas de chocolate de la empresa, con el objetivo de reducir el tiempo en el proceso, aumentar los índices de productividad, eliminar actividades deficientes.

La investigación se fundamenta en un estudio de campo efectuado en algunos meses, desde el proceso de mezclado del chocolate hasta el despacho, mediante el empleo de instrumentos investigativos, donde se obtuvieron determinaciones como: cantidad exacta a dosificar, presión de trabajo adecuada, consumo de aire eficiente, temperatura óptima de funcionamiento con el propósito de determinar un análisis del proceso unitario más óptimo de dosificación de chocolate en la empresa.

De los estudios realizados se establece conclusiones y recomendaciones, de donde se determina el flujo de proceso adecuado para la dosificación de chocolate semi automático. Finalmente se diseña la máquina dosificadora de chocolates semi automática, se detallará el mecanismo para que la dosificadora de semi sólidos funcione de una forma automática, también los costos que implica la construcción de la dosificadora, además de un manual de uso.

Finalmente se puede lograr optimizar el tiempo de dosificado en un porcentaje importante realizándolo de manera automatizada, con lo cual el proyecto debe cumplirse con sus respectivos parámetros de diseño, con las expectativas claramente planteadas para así lograr el desarrollo de la empresa.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 TEMA**

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS APLICABLE EN LA ELABORACIÓN DE TABLETAS DE CHOCOLATE Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CHOCOLATES DOÑA OLGUITA EN LA PARROQUIA DE HUACHI CHICO.

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

En el mundo actual, los avances tecnológicos juegan un papel importante en la industria alimenticia, es así que para el procesamiento del cacao se han fabricado máquinas continuamente, para aprovechar en su totalidad las materias primas, lo que en los últimos tiempos se ha incrementado su tecnología, para mejorar la producción del cacao en grandes cantidades y por eso su importancia a nivel mundial.

Un dosificador es un equipo que por lo general forma parte integral de una línea de producción. La función del dosificador es entregar o suministrar de forma ágil la cantidad de material o insumo necesario para la realización de un sistema, como es el caso del cacao.

En otras palabras un dosificador es un mecanismo que proporciona la cantidad exacta de cualquier tipo de fluido y automatizada con el fin de optimizar una operación. Existen dosificadores de diseño y construcción Italiana, Alemana, Española, Japonesa etc. países que son los principales consumidores de chocolate

en la Unión Europea.

En Latinoamérica existen empresas que se dedican a distribuir productos alimenticios derivados del cacao, podemos encontrar estos productos de diversas marcas en el mercado, debemos tener presente que son muy costosos debido a que pertenecen a marcas muy reconocidas de grandes empresas que se dedican a la fabricación de dosificadores, tales como: FLOW CONTROL (Colombia), ACRISSON (Brasil), QUIMINET (Venezuela), MECALUX (Perú).

Por lo cual el sector microempresarial tiene la necesidad de seguir implementándose para crecer y así competir, en base a la obtención de maquinaria más económica pero que cumpla y satisfaga las necesidades del mercado.

Ecuador es un país en crecimiento, y en la actualidad es un potencial productor de cacao fino, en nuestro país existen empresas que elaboran dosificadores para distintos usos entre las más importantes tenemos INDUPAK, TUMAQUINARIA, TALLERES JARA S.A, INDUACERO.

Así evoluciona las pequeñas y medianas empresas (PYMES) debido a ello se incrementa cada vez más la necesidad de mejorar el sistema de dosificación, para optimizar recursos, reducir esfuerzo de mano de obra y mejorar la calidad del producto, abriendo así puertas para llegar a los mercados nacionales y poder alcanzar un nivel internacional en avances tecnológicos.

Actualmente en la Provincia de Tungurahua existen alrededor de unas 15 microempresas que se dedican a la elaboración de las tabletas de chocolate. Los métodos utilizados, para el proceso de dosificación del producto son lentos, y por acelerar el proceso existen en muchas ocasiones diferencia y deficiencia en las tabletas; las empresas siendo de similares características no cumplen con normas de calidad.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

El avance de la ciencia y la tecnología ha obligado a que las empresas que fabrican chocolate en tableta, tomen acciones para mejorar su productividad y se han visto en la necesidad de construir un sistema de dosificación de sólidos.

La problemática que actualmente se ha detectado en la fabricación de tabletas de chocolates es primordialmente el proceso de dosificación, ya que este es completamente manual, no existe un control eficiente en la cantidad exacta que debe contener cada tableta; en sí el proceso ha traído demasiados inconvenientes como son: mano de obra mal aprovechada, desperdicio de la pasta, exceso de trabajo a los empleados, exceso en manipulación del producto.

Pérdida de tiempo porque carece de un sistema de dosificación para sólidos, y esto hace que los costos sean demasiado elevados y por ende el precio en el mercado sea alto, sin cumplir con los requerimientos de los clientes que cada vez son más exigentes.

Los operarios nunca podrán compararse con una máquina por lo que no calculan la medida exacta para vaciar en los moldes, lo que provoca una pérdida de tiempo significativa en la comprobación del peso que debe contener cada tableta de chocolate.

En la Fábrica de Chocolates Doña OLGUITA donde se va a realizar la investigación, no existe un dosificado uniforme en el proceso productivo de las tabletas de chocolate, por lo cual no existe homogeneidad en las tabletas.

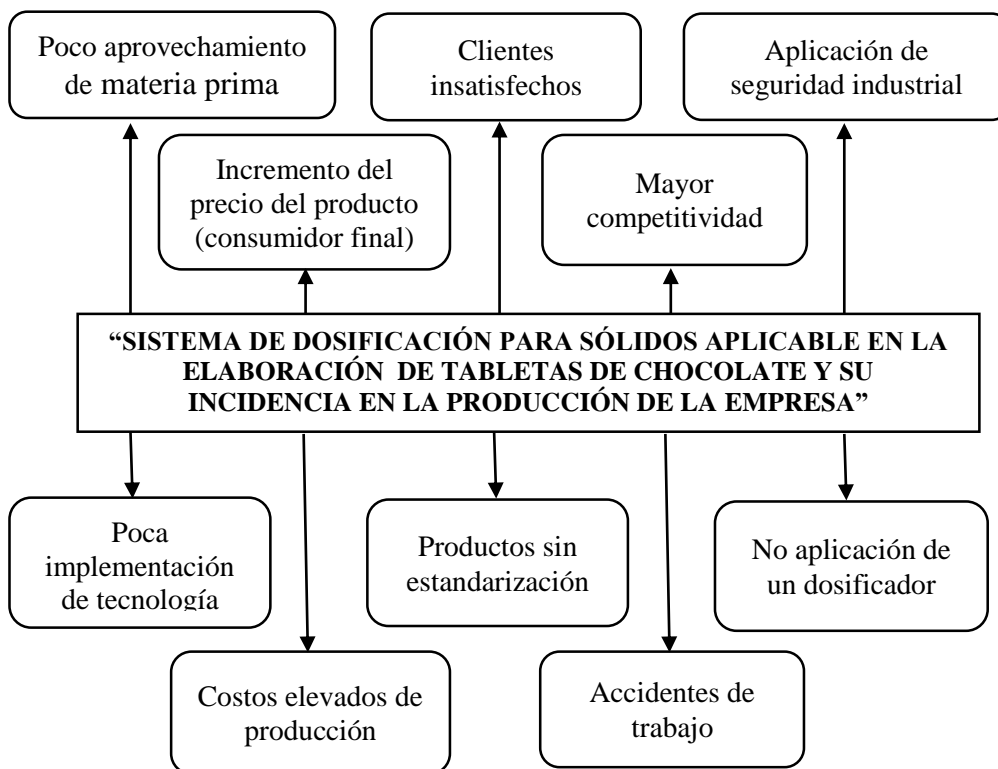
El método de producción manual en la elaboración de las tabletas requiere un gran esfuerzo físico, el mismo que afecta ergonómicamente a los operarios en las últimas horas, ya que lo realizan en una forma rudimentaria y repetitiva.

El empleo de estos métodos de producción provoca un bajo rendimiento de los

trabajadores y desde el punto de vista estético las tabletas no son homogéneas en cuanto a la presentación.

El uso de maquinaria tradicional en el proceso productivo de las tabletas de chocolate, tiene como consecuencias obtener productos de menor calidad, tiempos de producción largos y por ende insatisfacción del consumidor final, obligando a tener modificaciones en el diseño y estructuración del sistema de dosificación de la empresa.

Un factor importante que se debe tener en cuenta es la materia prima, ya que esta debe ser de buena calidad, es decir, se presenta muy seco, sin moho, ni plagas y enfermedades; pues al no proveerse de un buen cacao, no se puede ofrecer una tableta de chocolate con un agradable sabor y un aceptable aroma.



**Figura 1.1** Árbol de problemas

**Fuente:** Luis Gómez

## **RELACIÓN CAUSA EFECTO**

- La poca aplicación de tecnología en la fábrica de Chocolates Doña Olguita hace que no haya un aprovechamiento de las materia primas.
  
- La no aplicación de un sistema de dosificación, hace que los costos de producción sean elevados y por ende el precio del chocolate se incremente.
  
- Al no contar la empresa con productos de calidad los clientes se pierden paulatinamente por su insatisfacción.
  
- Al aplicar un sistema de dosificación de sólidos la empresa se vuelve más competitiva y tendrá la oportunidad de crecer con nichos de mercado.
  
- Al no contar con equipos de seguridad se puede aumentar los accidentes de trabajo.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

El entorno competitivo en la producción de tabletas de chocolate, a nivel de la Provincia de Tungurahua y particularmente en la fábrica de Chocolates Doña OLGUITA se presenta especialmente por la falta de equipos de dosificación de sólidos para la elaboración de tabletas, actualmente la industria alimenticia está innovando en la instalación de maquinaria que ahorre recursos en la mayoría de procesos y que estas a su vez cumplan con normas básicas de diseño para el sector alimenticio, de esta manera, de no solucionar la problemática y la no realización del estudio generará, primeramente pérdida de recursos y la empresa no estaría capacitada para competir al nivel de sus rivales directos.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿ Cómo incide la ausencia de un sistema de dosificación volumétrico de sólidos, semiautomático el mejoramiento de la producción de tabletas de chocolate, en la



empresa Chocolates Doña OLGUITA de la parroquia de Huachi Chico?

### **1.3.1 PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿Cuáles son las variables del sistema de dosificación volumétrica para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate, en la empresa Chocolates Doña OLGUITA?

¿Cómo se puede determinar los índices de producción en el proceso de dosificación de tabletas de chocolate en la empresa Chocolates Doña OLGUITA?

¿Cuál es el proceso adecuado para el sistema de dosificación de sólidos para mejorar los índices de producción de la empresa Chocolates Doña OLGUITA ?

## **1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 DE CONTENIDO**

La investigación realizada se fundamentó en el campo de la Ingeniería Mecánica, en el área de Diseño de elementos de máquinas y laboratorio de neumática.

### **1.4.2 ESPACIAL**

La presente investigación se realizará en la empresa Chocolates Doña OLGUITA, de la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, en la Parroquia de Huachi Chico ubicada en las avenidas Jácome Clavijo y Atahualpa.

### **1.4.3 TEMPORAL**

El actual trabajo de investigación se desarrolló en los meses de agosto del 2013 hasta diciembre del 2013.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Dadas las circunstancias actuales en la que se encuentra la empresa Chocolates Doña OLGUITA cuya misión es producir y comercializar tabletas de chocolate de calidad, eficiencia e innovación permanente.

Y como visión liderar el mercado local en la comercialización de tabletas de chocolate aplicando principios y valores.

La Provincia de Tungurahua se ha convertido en una plaza de gran demanda, de este producto, sin embargo no existe una tecnificación suficiente para aprovechar la oportunidad de crecimiento del sector dedicado a la producción de las tabletas de chocolate, ya que la gran mayoría de los productores lo realizan de una manera empírica y tradicional.

Una de las políticas actuales del gobierno es incentivar el consumo local de nuestra producción, estableciendo altas tasas impositivas a las importaciones, dando prioridad al mercado ecuatoriano; por lo que incluso se inició con una campaña “consume primero lo nuestro”, ya que Ecuador es uno de los principales países productores del cacao, con el fin de que las empresas que se dedican a esta actividad y cumplan la responsabilidad de generar fuentes de trabajo y hacer aportaciones a nivel nacional.

Por las razones antes indicadas se justifica plenamente la implementación de un sistema de dosificación de sólidos para el proceso de la elaboración de las tabletas de chocolate, lo que permitirá tener ventaja competitiva y comparativa con relación a la competencia, y cumplir con la visión establecida por la empresa.

Con la implementación de un sistema de dosificación para sólidos, se beneficiarán los propietarios obteniendo mejores ingresos, mayor productividad y rentabilidad así como también los consumidores al adquirir productos de calidad.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Relizar el estudio de un sistema adecuado de dosificación de sólidos para mejorar el proceso de producción en la elaboración de tabletas de chocolate.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las variables del sistema de dosificación volumétrica para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate, en la empresa Chocolates Doña OLGUITA.
- Analizar los índices de producción en el proceso de dosificación de tabletas de chocolate en la empresa Chocolates Doña OLGUITA.
- Evaluar el proceso adecuado para el sistema de dosificación de sólidos automático para mejorar los índices de producción de la empresa Chocolates Doña OLGUITA.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la planta de producción de la propietaria Ing. Patricia Pazmiño, ubicada al frente de Carrocerías Pacomar en el sector Huachi Chico de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, no se ha realizado el estudio del sistema de dosificación del chocolate.

A nivel mundial existen pocos trabajos documentados sobre sistemas de dosificación volumétrica para chocolate ya que los estudios que se presentan son muy generalizados para todos los tipos de fluidos, dichas investigaciones no se ajustan a las necesidades de nuestro medio en especial a un país productor de cacao.

La bibliografía existente en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, es de poca ayuda ya que no se encuentran antecedentes investigativos sobre el sistema de dosificación para sólidos en la elaboración de las tabletas de chocolate.

Sin embargo de las indagaciones realizadas, se encontró tesis en la biblioteca de la Escuela Politécnica Nacional, así como también en hemeroteca y linkografía documentos que se basan en equipos de dosificación altamente eficientes y de gran durabilidad, con lo cual la presente investigación tiene un punto de partida para el pre diseño y construcción del equipo.

En el presente caso el aporte científico y tecnológico permitirá resolver los problemas existentes en el proceso y fabricación de tabletas de chocolate en la empresa Chocolates Doña Olguita, empezando a solucionar la producción y así lograr ser competitivos, evitando la manipulación de los materiales. Sin embargo

después de una minuciosa búsqueda se encontró los siguientes temas relacionados, a un sistema de dosificación para sólidos.

➤ Carlos Napoleón Cueva Vargas y Carlos Javier Flores Arias [1] en su tesis de grado de Ing. Mecánica presentada a la Escuela Politécnica Nacional de Quito con el tema: “Diseño y Construcción de una Mezcladora Dosificadora de Cremas Cosméticas” realizada en junio del 2008.

➤ Henry Mauricio Ortega Acosta y Daniel Alejandro Carrillo Balseca [2] en su tesis de grado de Ing. Mecánica presentada a la Escuela Politécnica Nacional de Quito con el tema: “Diseño y Construcción de una máquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa del Valle Lojano” realizada en enero del 2011.

➤ Emilio Enrique Morales Toapanta [3] en su tesis de grado de Ing. Electromecánica presentada a la Escuela Politécnica del Ejército con el tema: “Diseño y Construcción de un Dosificador y Empacador de producto Alimenticio de Molido y seco de 50 gr.” realizada en julio del 2010.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación se fundamenta en el paradigma crítico-propositivo, ya que la investigación parte de problemas reales en nuestro medio involucrados en dosificadores volumétricos de sólidos, con el objeto de aportar positivamente con ideas para dar una solución al problema.

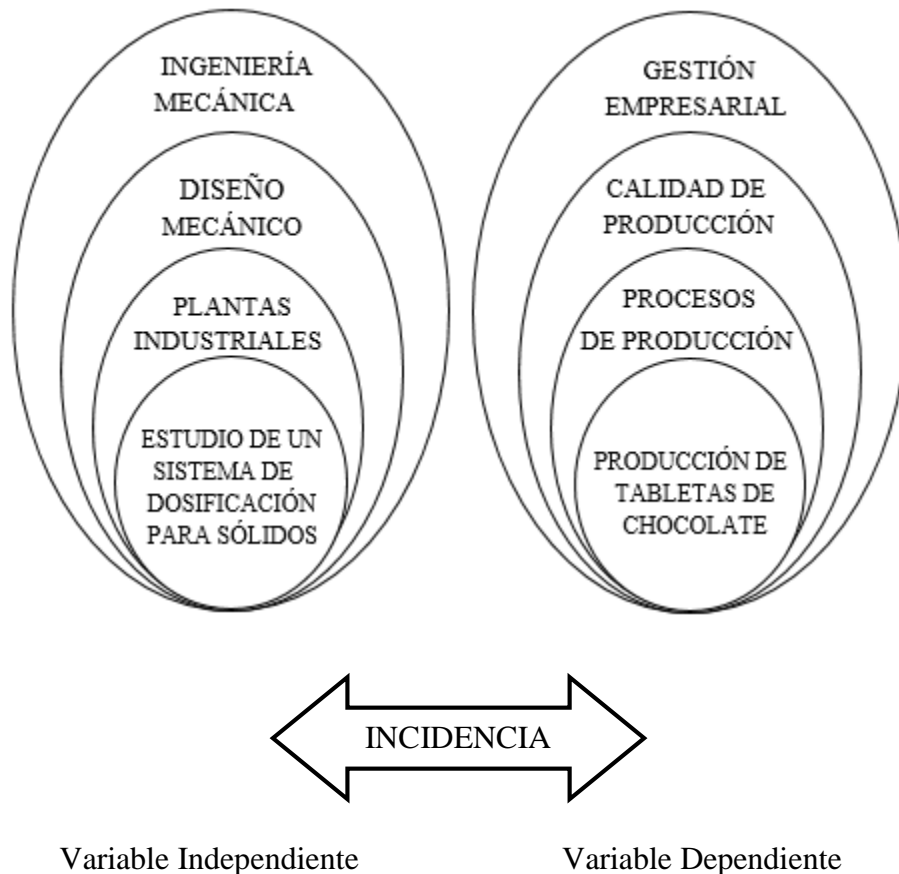
La investigación parte del hecho que, los niveles académicos de tercer nivel, deben ser orientados a la solución de problemas de la sociedad manejando todos los entes que involucren el desarrollo científico y tecnológico.

## 2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.3.1 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

X = Estudio de un sistema de dosificación para sólidos (variable independiente)

Y = Producción de las tabletas de chocolate (variable dependiente)



**Figura 2.1 Red de categorías fundamentales**

**Autor:** Luis Gómez

### 2.3.2 DOSIFICADOR

Un dosificador es un equipo que forma parte integral de una línea de producción, su función es entregar o suministrar de forma ágil la cantidad de material o insumo necesario para la realización de un sistema, además es un mecanismo que proporciona la cantidad exacta del sólido o material y mejora los procesos, con el fin de optimizar recursos.

### **2.3.3 PROCESO INDUSTRIAL DEL CHOCOLATE**

Los diferentes procesos de manufactura difieren de acuerdo al proceso de la planta, pero se identifica un patrón de comportamiento. Para el proceso industrial se requiere el grano sometido a un proceso de beneficio, que incluye las etapas de desgrane, fermentación y secado.

La selección–adquisición de la materia prima del cacao es la etapa más importante del proceso de producción del chocolate, en la medida en que la presentación y la calidad de la almendra dependen de este proceso. Un cacao con buena presentación y calidad tiene un alto precio en el mercado. El cacao debe recogerse cuando está maduro, lo cual se establece por el color. La recolección debe hacerse semanalmente o cada 15 días para evitar la sobre maduración. Las mazorcas cosechadas deben amontonarse en un lugar apropiado o directamente bajo el árbol para extraerle el grano.

El procesamiento del cacao tiene dos criterios: sabor y textura. El primero se refiere a la importancia de obtener un chocolate que no posea un sabor extremadamente amargo y a lograr un aroma que sea del gusto del consumidor; la textura se refiere al hecho que el chocolate debe ser sólido entre los 25 y 30 grados centígrados y debe fundirse rápidamente en la boca a 37 grados centígrados.

El proceso industrial del chocolate inicia con la fermentación del cacao que tiene como fin la eliminación de la pulpa que recubre las habas de cacao. Este tiene una duración de 5 a 6 días, durante los cuales las habas de cacao se dejan al aire libre de modo que las levaduras y bacterias se desarrollen produciendo la degradación de azúcares y mucílagos de la pulpa.

Posterior a la fermentación, se inicia con el secado de las habas de cacao que busca reducir el contenido de humedad, para que se pueda continuar con la fermentación interna, disminuir el amargo y potenciar al máximo el aroma. Este proceso se puede llevar a cabo en dos formas: la primera consiste en esparcir las habas al sol y la

segunda se hace por medio de secadores mecánicos hasta alcanzar un 7% a 8% de contenido de humedad relativa.

Luego del secado, se procede a realizar una limpieza a las habas de cacao a fin de eliminar materiales extraños como arena o piedras, con el fin de darle una buena presentación y mejorar su valor comercial. Luego se empaca y deposita en un lugar suficientemente ventilado, libre de humedad y malos olores mientras va al mercado.

Las habas de cacao son sometidas al proceso de tostado, proceso que realiza ya la industria procesadora, cuyos objetivos son lograr un aroma óptimo y reducir la dureza de la almendra de cacao para facilitar la trituration y finalmente la separación de las cubiertas de las habas de la almendra de cacao. El tueste se realiza a través de diferentes métodos como aire caliente, vapor saturado, radiación infrarroja, etc. Con el tostado de las habas de cacao termina la primera fase de transformación del cacao hacia el chocolate.

La segunda fase del proceso industrial de chocolate es la molturación, que consiste en la trituration de la almendra de cacao en partículas de diferentes tamaños, separables entre sí por medios mecánicos, para luego pasar a la trituration de la almendra a través de la utilización de diferentes herramientas como rodillos estriados, molinos de masas, molinos de palas, molinos de discos, extrusores y molinos de bolas hasta conseguir una masa fina y homogénea que se denomina pasta o licor de cacao, el cual se dirige principalmente a la producción de chocolates.

En una fase posterior del proceso industrial del chocolate o puede ser llevado al consumidor final en estado sólido como manteca de cacao natural o desodorizada. La manteca de cacao representa cerca del 25% del peso total de una barra de chocolate, teniendo mucha importancia para la industria del chocolate. Su éxito al resistir la oxidación y ponerse rancia, la hace muy práctica. Bajo las condiciones de almacenamiento normales, puede guardarse manteca de cacao durante varios años sin que se deteriore.



En la última fase se realizan los procesos de refinamiento del producto. Este consiste en moler la pasta de cacao para que se componga de partículas más finas, el atemperado consiste en el enfriamiento de las coberturas, buscando lograr la dureza final adecuada para el chocolate y mejorar el aspecto visual y la sensación en el paladar.

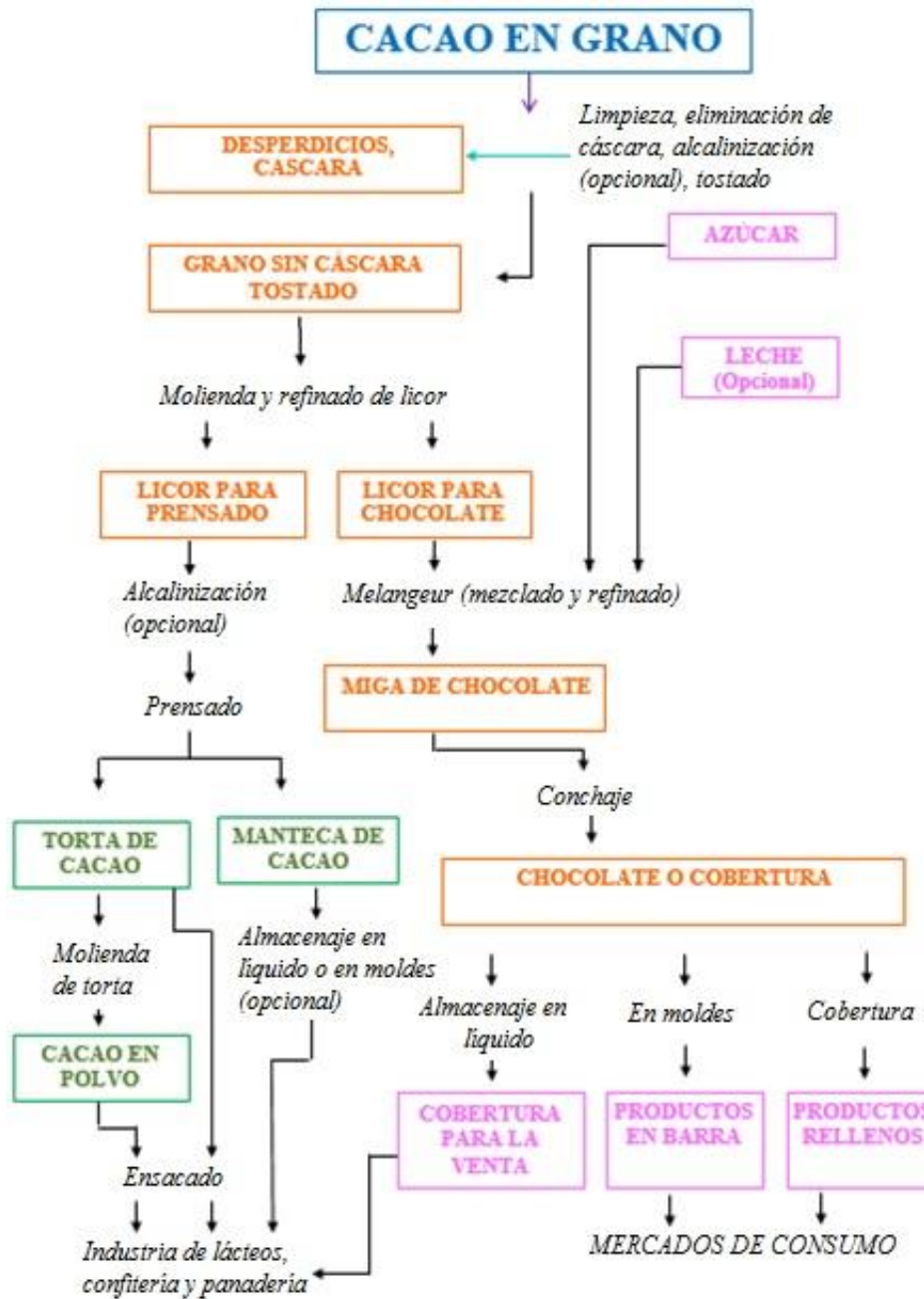
Durante este proceso se cristaliza la manteca de cacao; consiste en elevar la temperatura de la cobertura para luego enfriarla a temperatura ambiente y por último agregar chocolate líquido caliente para elevar nuevamente la temperatura de la cobertura a la cual se mantendrá para ser llevada al moldeado.

El atemperado permite al cristalizar la manteca de cacao en una masa fina y homogénea, obtener la consistencia adecuada a la cobertura, si no se toma esta precaución, el producto moldeado desarrollará grandes cristales de grasa que le darían una consistencia granulosa.

Finalmente el chocolate atemperado pasa a las salas de moldeado; en donde se tienen moldes de las más variadas formas y dimensiones. Los moldes una vez enfriados, se dan vuelta para liberar el producto que pasa a ser envuelto y puesto en su embalaje de presentación.

La diversidad de operaciones industriales mencionadas tiene significativa incidencia en la calidad del producto final, pero la fase industrial del tueste y el prensado son los procesos básicos para el desarrollo y mantenimiento de la calidad y del aroma.

Y sin lugar a dudas, la fórmula, o mezcla utilizada es el aspecto fundamental para la calidad y para la obtención de las características peculiares que se quieran dar al chocolate (Figura 2.2).



**Figura 2.2 Proceso de producción del chocolate**

**Fuente:** STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods In Food Process Engineering”. 2a ed., Ed Freeman Press, USA, 1992

Para preparar el chocolate era indispensable el molinillo, un batidor de madera con el que se revolvía la bebida de cacao para hacerla más homogénea, fina y espumosa. El proceso de elaboración desarrollado por los españoles a comienzos del siglo XVIII consistía en lo siguiente: una vez tostado, descascarillado y molido, la masa

del cacao era molida hasta dejarla convertida en una fina pasta y mezclada con mucho azúcar, canela, vainilla, y colorantes.

Se daba al chocolate forma de bloques, pero aun así se utilizaba básicamente para preparar bebidas y apenas se empleaba como golosina o para hacer pasteles. En 1755 los estadounidenses descubren el chocolate. La primera fábrica fue fundada en 1765.

### 2.3.4 CHOCOLATE EN TABLETA

**Chocolate negro:** (llamado también chocolate fondant; chocolate amargo; chocolate bitter; chocolate puro): es el chocolate propiamente dicho, pues es el resultado de la mezcla de la pasta y manteca del cacao con azúcar, sin el añadido de ningún otro producto (exceptuando el aromatizante y el emulsionante más arriba citados).

Las proporciones con que se elabora dependen del fabricante. No obstante, se entiende que un chocolate negro debe presentar una proporción de pasta de cacao superior, aproximadamente al 50% del producto, pues es a partir de esa cantidad cuando el gusto amargo natural del cacao empieza a ser perceptible. En cualquier caso, existen en el mercado tabletas de chocolate negro con distintas proporciones de cacao, llegando incluso hasta el 99%, (Figura 2.3).



**Figura 2.3 Chocolate negro**

**Fuente:** STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods in Food Process Engineering”. 2a ed., Ed Freeman Press, USA, 1992

**Chocolate de cobertura:** es el chocolate que utilizan los chocolateros y los pasteleros como materia prima. Puede ser negro o con leche, pero en todo caso se trata de un chocolate con una proporción de manteca de cacao de alrededor del 30%, lo que supone el doble que en los otros tipos de chocolate. La cobertura se usa para conseguir un alto brillo al templar el chocolate y porque se funde fácilmente y es muy moldeable (Figura 2.4).



**Figura 2.4 Chocolate de cobertura**

**Fuente:** Empresa Chocolates Doña Olguita

**Chocolate a la taza:** es el chocolate negro (normalmente, con una proporción de cacao inferior al 50%), al que se le ha añadido una pequeña cantidad de fécula (normalmente, harina de maíz) para que a la hora de cocerlo aumente su espesor. Suele disolverse en leche. Hoy en día, es posible encontrar también este chocolate en los comercios en forma ya líquida.

**Chocolate con leche:** es el derivado del cacao más popular. Se trata, básicamente, de un dulce, por lo que la proporción de pasta de cacao suele estar por debajo del 40%. No obstante, buena parte de las más importantes marcas de chocolate producen tabletas de chocolate con leche con proporciones de cacao inusual, por encima incluso del 50%, dirigido tanto al mercado de los gourmets, como al negocio de la pastelería, el chocolate con leche, como su nombre indica, lleva leche añadida, en polvo o condensada.

**Chocolate blanco:** estrictamente, no se trata de chocolate como tal, pues carece en su composición de la pasta de cacao, que es la materia que aporta las propiedades del cacao. Se elabora con manteca de cacao (por lo menos, el 20%), leche (en polvo o condensada) y azúcar. Es un producto extremadamente energético y dulce (no posee gusto amargo). Visualmente muy atractivo, es un elemento decorativo muy usado en la repostería.

**Chocolate relleno:** como indica la expresión, es una cubierta de chocolate (en cualquiera de sus variantes y con un peso superior al 25% del total) que recubre frutos secos (avellanas, almendras...), licores, frutas, etc., así como galletas tipo waffer.

### 2.3.5 DEFINICIÓN DE UN FLUIDO

Se define al fluido como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo de corte, por tanto, en ausencia de éste, no habrá deformación.

“Los fluidos pueden clasificarse de manera general de acuerdo con la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la relación de deformación”.

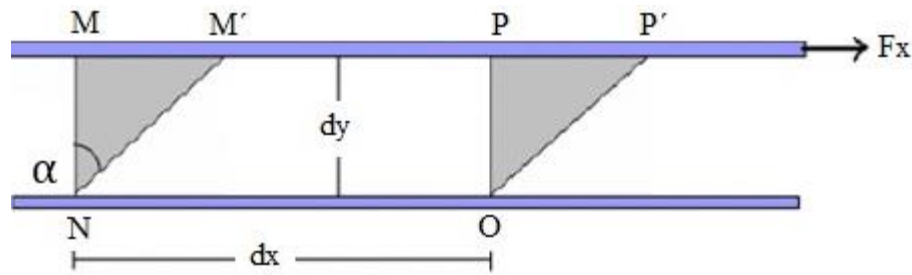
Imaginemos un elemento de fluido entre dos placas paralelas infinitas. La placa superior se mueve a una velocidad constante,  $dy$ , bajo la influencia de una fuerza aplicada constante,  $dFx$ .

El esfuerzo de corte  $\tau_{yx}$  aplicado al elemento de fluido está dado por:

$$\tau_{yx} = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{dFx}{dAy} \Delta y;$$

$$\frac{dFx}{dAy} = \frac{dFx}{dAy} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

### 2.3.5.1 DEFORMACIÓN DE UN ELEMENTO DE FLUIDO



**Figura 2.5 Detalle del movimiento del fluido**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum

Donde  $A_y$  es el área del elemento de fluido en contacto con la placa. Durante el intervalo de tiempo  $dt$  el elemento de fluido se deforma de la posición MNOP a la posición M'NOP'. La relación de deformación del fluido está dada por:

$$\text{Relación de deformación} = \lim_{t \rightarrow 0} d; \frac{d\alpha}{dt} = d\alpha/dt \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

Para calcular el esfuerzo de corte  $\tau_{yx}$ , es deseable expresar  $d\alpha/dt$  en términos de cantidades medibles fácilmente. Esto puede hacerse sin dificultades. La distancia  $dl$  entre los puntos M y M' es:

$$dl = dv \times dt \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

o de manera alternativa para ángulos pequeños,

$$dl = dy \times d\alpha \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Igualando estas dos expresiones para  $dl$  obtenemos:

$$d\alpha/dt = dv/dy \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

Por lo tanto el elemento de fluido de la figura cuando se somete a un esfuerzo de corte, experimenta una relación de deformación (relación de corte) dada por  $dv/dy$ . “El término no newtoniano se utiliza para clasificar todos los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de corte.”

### 2.3.6 VISCOSIDAD

Es una medida de la fricción interna del fluido, esto es, la resistencia a la deformación. La viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido. Las moléculas de regiones con alta velocidad global chocan con las moléculas que se mueven con una velocidad global menor, y viceversa. Estos choques permiten transportar cantidad de movimiento de una región de fluido a otra. Ya que los movimientos moleculares aleatorios se ven afectados por la temperatura del medio, la viscosidad resulta ser una función de la temperatura.

$$\mu = f(T) \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

En la mecánica de fluidos se emplea muy frecuentemente el cociente de la viscosidad absoluta,  $\mu$ , entre la densidad,  $\rho$ . Este cociente recibe el nombre de viscosidad cinemática y se representa mediante el símbolo  $\nu$ .

Las dimensiones de la viscosidad dinámica son  $[Ft/L^2]$  o en forma equivalente  $[M/Lt]$ . En el sistema métrico, la unidad básica de viscosidad se denomina poise (poise =  $g/cm \cdot s$ ). Las dimensiones de viscosidad cinemática son  $[L^2/t]$ . La unidad para  $\nu$  es un stoke (stoke= $cm^2/s$ ).

### 2.3.7 TIPOS DE FLUIDOS

#### 2.3.7.1 FLUIDO NEWTONIANO

Los fluidos en que los esfuerzos de corte son directamente proporcional a la tasa de deformación son fluidos newtonianos. Los fluidos más comunes tales como el agua, el aire y la gasolina son newtonianos en condiciones normales. Si el fluido de la figura anterior es newtoniano entonces:

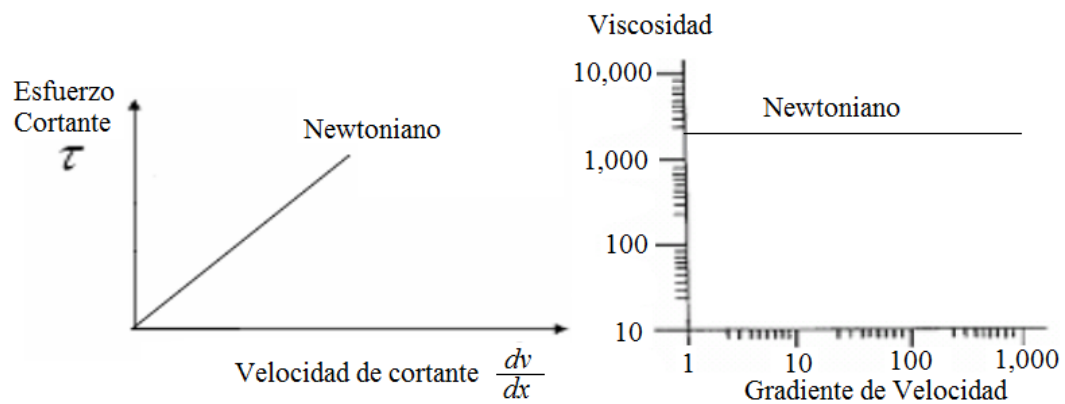
$$\tau_{xy} = \alpha dv/dy \quad \text{Ecuación (2.7)}$$

Si consideramos la deformación de dos fluidos newtonianos diferentes, digamos glicerina y agua podemos darnos cuenta de que se deformarán a diferentes

proporciones ante la acción del mismo esfuerzo de corte aplicado. La glicerina presenta una resistencia mucho mayor a la deformación que el agua y por ello podemos decir que es mucho más viscosa. La constante de proporcionalidad es la viscosidad absoluta (dinámica),  $\mu$ .

$$\sigma = \mu \sqrt{\left(\frac{dv}{dy}\right)} \quad \text{Ecuación (2.8)}$$

En las gráficas se aprecia la proporcionalidad de la viscosidad y así mismo esta permanece constante al incrementarse el gradiente de viscosidad.



**Figura 2.6 Proporcionalidad de viscosidad de un fluido Newtoniano**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum

### 2.3.7.2 FLUIDO NO NEWTONIANO (FNN)

Los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de deformación son no newtonianos. Por lo común, los fluidos no newtonianos se clasifican con respecto a su comportamiento en el tiempo, es decir, pueden ser dependientes del tiempo o independientes del mismo.

### 2.3.7.3 FLUIDO NO NEWTONIANOS (FNN) INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

Un gran número de ecuaciones empíricas se han propuesto para modelar las relaciones observadas entre  $\tau_{yx}$  y  $dv/dy$  para fluidos independientes del tiempo.



Pueden representarse de manera adecuada para muchas aplicaciones de la ingeniería mediante un modelo de la ley de potencia, el cual se convierte para un flujo unidimensional en:

$$\tau = K \left( \frac{dv}{dy} \right)^n \quad \text{Ecuación (2.9)}$$

Dónde:

El exponente  $n$  se llama índice de comportamiento del flujo y  $K$  es el índice de consistencia. Ambos se determinan experimentalmente.

Esta ecuación se reduce a la ley de viscosidad de newton para  $n = 1$  y  $k = \mu$ .

Si la ecuación se rescribe de la forma:

$$\tau = K \left( \frac{dv}{dy} \right)^{n-1} \left( \frac{dv}{dy} \right) \quad \text{Ecuación (2.10)}$$

Y haciendo  $\eta = K \left( \frac{dv}{dy} \right)^{n-1}$

Nos queda:

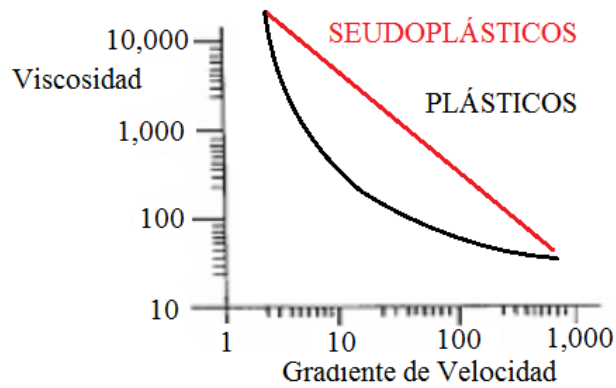
$$\tau = \eta \left( \frac{dv}{dy} \right) \quad \text{Ecuación (2.11)}$$

$\eta$  se denomina viscosidad aparente.

La mayor parte de los fluidos no newtonianos tienen viscosidades aparentes que son relativamente altas comparadas con la viscosidad del agua.

#### **2.3.7.4 FLUIDO SEUDOPLÁSTICO**

Los fluidos en los cuales la viscosidad aparente disminuye con el aumento de la relación de deformación ( $n < 1$ ) se llaman pseudoplásticos. Casi todos los fluidos no newtonianos entran en este grupo; los ejemplos incluyen soluciones poliméricas, suspensiones coloidales y pulpa de papel en agua.

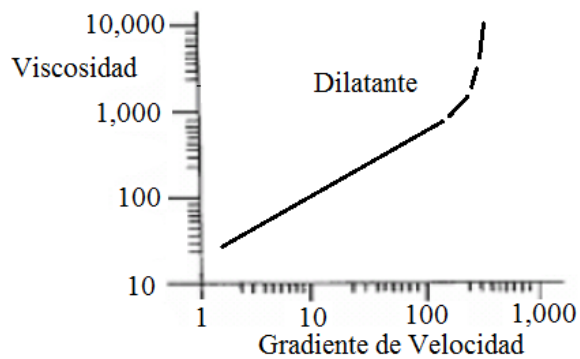


**Figura 2.7 Comportamiento de fluidos seudoplásticos**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.

### 2.3.7.5 FLUIDO DILATANTE

Si la viscosidad aparente aumenta con el incremento de la relación de deformación ( $n > 1$ ) el fluido se nombra dilatante. Ejemplo: Suspensiones de almidón, suspensiones de arena.



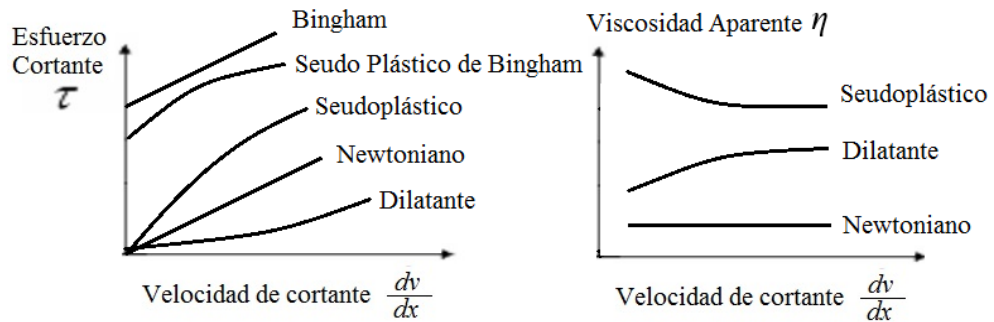
**Figura 2.8 Comportamiento de fluidos dilatantes**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum

### 2.3.7.6 FLUIDO PLÁSTICO DE BINGHAM O IDEAL

El fluido que se comporta como un sólido hasta que se excede un esfuerzo de deformación mínimo  $\tau_y$  y exhibe subsecuentemente una relación lineal entre el esfuerzo y la relación de deformación, se conoce como plástico de Binghamo ideal.

Ejemplo: Las suspensiones de arcilla, lodos de perforación, pasta de dientes.



**Figura 2.9 Diagramas reológicos de los fluidos no newtonianos**

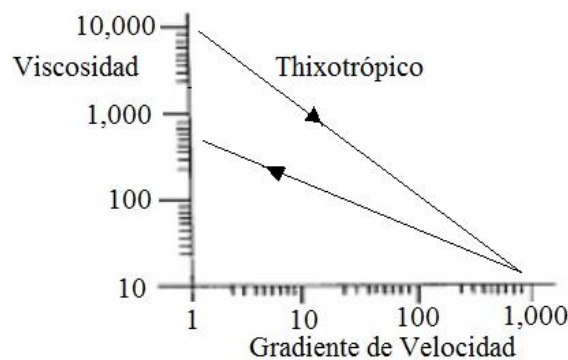
**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.

### 2.3.7.7 FLUIDOS NO NEWTONIANOS (FNN) DEPENDIENTES DEL TIEMPO

El estudio de fluidos no newtonianos dependientes del tiempo es aún más complicado por el hecho de que la variación en el tiempo de la viscosidad aparente es posible.

### 2.3.7.8 FLUIDOS THIXOTRÓPICOS

Los fluidos tixotrópicos muestran una reducción de  $\eta$  con el tiempo ante la aplicación de un esfuerzo de corte constante. Ejemplo: pinturas, shampo, yogurt, resinas de poliéster, tintas, pasta de tomate.

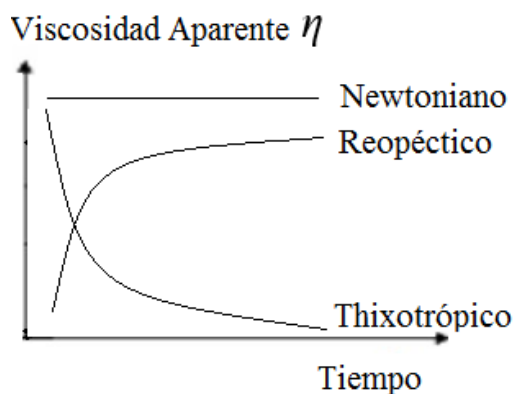


**Figura 2.10 Comportamiento de los fluidos thixotrópicos**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum

### 2.3.7.9 FLUIDO REOPÉCTICO

Los fluidos reopécticos muestran un aumento de  $\eta$  con el tiempo. Ejemplo: algunas sustancias bituminosas como betunes y ceras.



**Figura 2.11 Comportamiento de los fluidos reopécticos**

**Fuente:** Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum

### 2.3.7.10 FLUIDO VISCO ELÁSTICO

Después de la deformación, algunos regresan parcialmente a su forma original cuando se libera el esfuerzo aplicado. A tales fluidos se les llama visco elástico. Ejemplo: Soluciones acuosas y celulosas de methyl y algunos pegamentos industriales.

### 2.3.8 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS

Los dosificadores de sólidos aseguran un caudal constante y preciso de productos granulados, pulverulentos o fibrosos. Su diseño sencillo y con poco requerimiento de espacio le permite una fácil adaptabilidad a todas las condiciones de utilización.

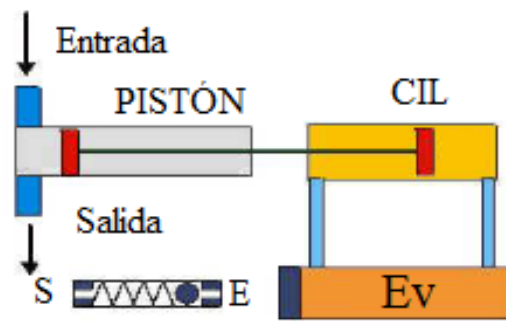
### 2.3.9 TIPOS DE DOSIFICADORES DE USO MÁS COMÚN

Los equipos de envasado, no manuales, utilizan distintos tipos de dosificadores dependiendo del producto que se trabaje, la función del dosificador es fraccionar de

forma precisa y autónoma el producto a envasar. Aquí se describirán los dosificadores de uso más común.

### 2.3.9.1 DOSIFICADOR VOLUMÉTRICO

La dosificación de sólidos se realiza en una variedad de formas, todas deben de alguna manera determinar la cantidad de centímetros cúbicos, litros o gramos entregados. El sistema por volumen se basa en llenar un recipiente de volumen fijo y descargarlo la cantidad de veces necesarias para completar la cantidad a dosificar el peso específico en relación al volumen desplazado permite conocer los cm<sup>3</sup> medidos. Un simple pistón con dos válvulas sirve como método de dosificación así se observa en la figura 2.12.



**Figura 2.12 Dosificador volumétrico**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

EV = Electroválvula

CIL = Cilindro neumático

S = Salida

E = Entrada

En este caso un cilindro neumático empuja el pistón dentro del pistón dosificador, la electroválvula EV inicia y detiene el avance del cilindro de empuje, las válvulas del dosificador constan de una bolilla empujada por un resorte, cuando hay presión del fluido dentro del pistón dosificador la misma se abre y deja pasar una cantidad de fluido dosificado, avanzando o retrocediendo el cilindro neumático en relación con el pistón dosificador se cambia la cantidad del fluído controlado.

## **APLICACIONES**

Este tipo de dosificadores son utilizados en su mayoría para productos alimenticios como son las mermeladas, chocolates, yogurt, cremas, leches incluso para jarabes.

La utilización de este se visualiza en la industria alimenticia donde necesitan de precisión.

### **2.3.9.2 DOSIFICADOR A TORNILLO SIN FIN**

A igual que el dosificador volumétrico éste consiste de una tolva que también puede ser alimentada de forma manual o automática. Dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin que es controlado por la envasadora.

Dependiendo del tipo de producto a dosificar y el gramaje del envase se ajusta la cantidad de vueltas que el tornillo girará.

Dependiendo la cantidad de envases o el ancho del mismo se puede requerir más de un tornillo dentro de la tolva. Está diseñado para productos en polvo como pimienta, pimentón, colorantes, orégano, etc.

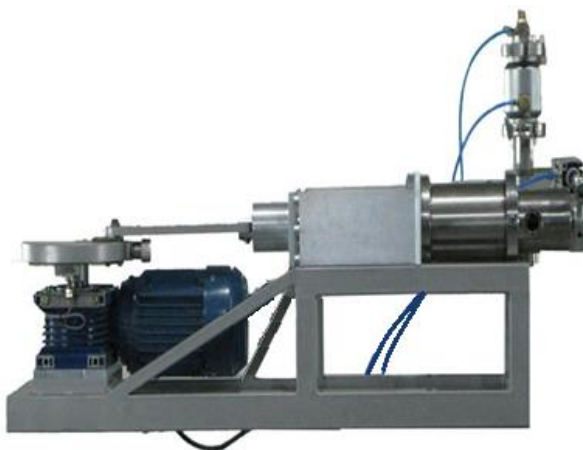


**Figura 2.13 Dosificador a tornillo sin fin**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

### 2.3.9.3 DOSIFICADOR A PISTÓN

Se utiliza para productos líquidos y semilíquidos. Este consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del recipiente y llevado hacia un pico que se ubica en el interior de la bolsa ya confeccionada por la envasadora. Este dosificador es ideal para productos líquidos densos o viscosos como Shampoo, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, dulce de membrillo, etc. También se puede utilizar para líquidos como agua, jugos, vinos, etc.



**Figura 2.14 Dosificador a pistón**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

### 2.3.9.4 DOSIFICADOR POR GRAVEDAD

Consiste en un tanque donde se ubicará el líquido que normalmente es alimentado por un tanque principal mediante un flotador que tiene en el interior se habilita o deshabilita la alimentación del mismo. En la parte inferior posee una llave de paso que es controlada por la envasadora, el cual, permite el paso del líquido en el momento preciso.

Se utiliza únicamente para productos líquidos como agua, jugos, salmuera, vinos, etc.



**Figura 2.15 Dosificador por gravedad**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

### **2.3.9.5 DOSIFICADOR POR MEDIO DE BALANZA MULTICABEZAL**

Es el medio más preciso y rápido en la actualidad para el dosificado de sólidos homogéneos y no homogéneos. Dada su gran velocidad este tipo de dosificador no puede ser alimentado de forma manual, es obligatorio para éste, el uso de un elevador del producto.

Se utiliza para envasar todo tipo de sólidos homogéneos y no homogéneos como legumbres en general, snacks, confites, caramelos, gomitas, tornillos y un largo etc.



**Figura 2.16 Dosificador por medio de balanza multicabezal**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>



### 2.3.9.6 DOSIFICADOR A TORNILLO Y BALANZA

Para polvos con difícil fluidez se usa generalmente una combinación de tornillo y balanza, el método de funcionamiento es el siguiente: Cuando se quiere hacer el dosificado del producto se envía una señal de inicio al tornillo para que comience a girar y este va depositando el producto sobre una celda de carga.

La celda se encarga de enviarle una señal del PLC de la envasadora en aviso que se ha llegado al peso deseado, a continuación, se envía una señal de stop al tornillo para que éste deje de girar. De este modo se garantiza el dosificado de forma muy precisa, alrededor del 0,5% de margen de error.



**Figura 2.17 Dosificador por medio de tornillo y balanza**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

### 2.3.9.7 DOSIFICADOR CON CANALES VIBRATORIOS

Este dosificador se utiliza con productos de fácil caída, como pasta, caramelos, productos deshidratados, partículas no homogéneas, etc., así como con otros productos que no pueden ser dosificados con un dosificador convencional.

El dosificador vibratorio está compuesto por una tolva vibratoria de acero inoxidable y canales vibratorios grandes y chicos que va dosificando el producto continuamente a una balanza, sincronizados automáticamente con cada ciclo de máquina. La intensidad de la vibración se adecua a las características de cada producto. La cantidad de conjuntos canales y balanzas.



**Figura 2.18 Dosificador con canales vibratorios**

**Fuente:** <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

### **2.3.9.8 DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO**

Los dosificadores gravimétricos controlan el flujo de material por peso, para lograr una mayor precisión de dosificación, y por lo tanto requieren una báscula. Además de mejorar la calidad de procesamiento, los dosificadores gravimétricos pueden documentar el contenido de material en el producto final.

Un ejemplo de este tipo de dosificadores es el dosificador gravimétrico de correa transportadora, el material depositado en la tolva cae en una correa transportadora que se desplaza sobre la plataforma de una balanza, que se regula para recibir el peso que corresponde a la dosis deseada.



**Figura 2.19 Dosificador gravimétrico**

**Fuente:** [http://www.acrison.com/spanish/pages/pro\\_wf\\_02.html](http://www.acrison.com/spanish/pages/pro_wf_02.html)

### **2.3.10 ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA DOSIFICADORA**

A continuación se presentan conceptos de algunos elementos principales, tipos de mecanismos o sistemas que constituyen una dosificadora mecánica y/o neumática para el diseño de la dosificadora de sólidos para la elaboración de tabletas de chocolates.

#### **2.3.10.1 TOLVA CÓNICA**

Se denomina tolva a un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte, el recipiente sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha; suele tener forma de pirámide o cono invertido, ancho por la parte superior y estrecho y abierto por la inferior.

Canaliza los materiales sólidos, pulverizados o líquidos y se lo construye de varios tamaños y modelos de acero inoxidable.



**Figura 2.20 Tolva cónica**

**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tolva\\_de\\_inyeccion.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tolva_de_inyeccion.JPG)

### 2.3.10.2 ESTRUCTURA SOPORTE

Es un sistema de elementos rígidos que garantizan una colocación robusta y resistente, destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones externas como fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc. sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue construida, tal como se observa en la figura 2.21.



**Figura 2.21 Estructura soporte**

**Fuente:** [http://www.tumaquinaria.net/uploads/portfolios/42936/img\\_7563.jp](http://www.tumaquinaria.net/uploads/portfolios/42936/img_7563.jp)

### 2.3.10.3 VÁLVULA DE DOSIFICACIÓN

En una máquina, es una pieza que, colocada en una abertura sirve para dejar libre o cerrar un conducto, las dosificadoras tiene una válvula por la que sale el contenido del flujo, tal como se observa en la figura 2.22.



**Figura 2.22 Válvula de dosificación**

**Fuente:** <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/DZ5.jpg>

#### **2.3.10.4 CILINDRO NEUMÁTICO**

Consiste en un émbolo o pistón operando dentro de un tubo cilíndrico, este dispositivo es utilizado para la conversión de potencia fluida en fuerza y movimiento mecánico. El cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por ambos extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos. El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras.



**Figura 2.23 Cilindro neumático**

**Fuente:** <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/DZ5.jpg>

#### **2.3.11 ELEMENTOS DE TRABAJO NEUMÁTICO**

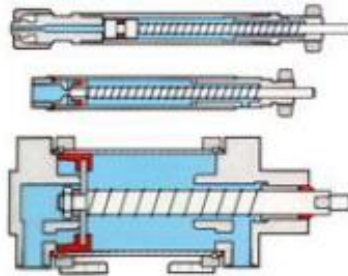
Existen variedad de tipos pero se revisarán solo los necesarios para esta máquina dosificadora los cuales son:

##### **2.3.11.1 CILINDRO DE SIMPLE EFECTO**

Estos cilindros se componen de: tubo cilíndrico, tapa de fondo y tapa frontal con cojinete, émbolo con retén, vástago, muelle de recuperación, casquillo de cojinete y junta de rascador. Al aplicar el aire comprimido a la parte posterior del émbolo avanza el vástago. Al efectuarse la purga del aire el muelle recupera el émbolo a su posición inicial.

Debido a la longitud del muelle se utilizan cilindros de simple efecto hasta carreras de 100 mm aproximadamente. Aplicación: Estos cilindros sólo pueden efectuar

trabajo en una dirección, por lo tanto es apropiado para tensar, expulsar, introducir, sujetar, etc. En la figura 2.24; cilindros de émbolo de diversas ejecuciones de estanqueidad.



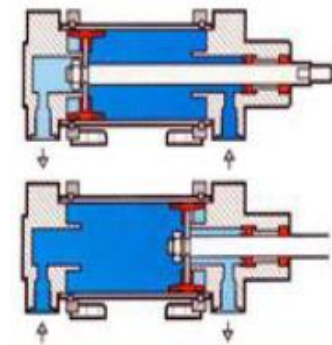
**Figura 2.24 Cilindro de simple efecto**

**Fuente:** <http://neumatica-es.timmer-pneumatik>

### 2.3.11.2 CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Estos cilindros se componen de: Tubo, tapa posterior, frontal con casquillo de cojinete, junta de labio, junta de rascador, vástago y émbolo con retén (de doble labio). Al recibir aire comprimido por la parte posterior y purgándose el lado anterior, sale el vástago. Cuando el aire se introduce frontalmente el vástago retrocede. A igualdad de presión, la fuerza del émbolo es mayor en el avance que en el retroceso debido a la mayor sección posterior sobre la anterior.

Aplicación: En los casos en que el trabajo sea en las dos direcciones, además las carreras que pueden obtenerse son mayores a la de los cilindros de simple efecto.

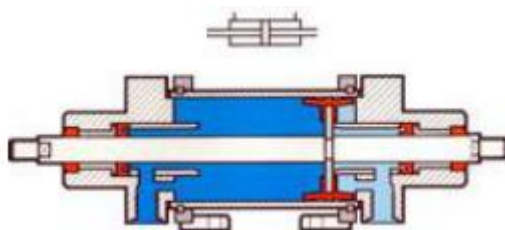


**Figura 2.25 Cilindro de doble efecto**

**Fuente:** <http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento>

### 2.3.11.3 CILINDRO DE DOBLE EFECTO, CON DOBLE VÁSTAGO

Este tipo constructivo puede soportar mayores fuerzas transversales y momentos de flexión que el cilindro de doble efecto normal, debido a que el vástago está doblemente apoyado. Ambas superficies del émbolo son iguales y con ella las fuerzas resultantes. Cuando el espacio es reducido pueden fijarse las levas de accionamiento para los órganos de mando y señal en el extremo del vástago libre.



**Figura 2.26 Cilindro de doble efecto, con doble vástago**

**Fuente:** [http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento neumático](http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento+neumatico)

### 2.3.11.4 VÁLVULAS

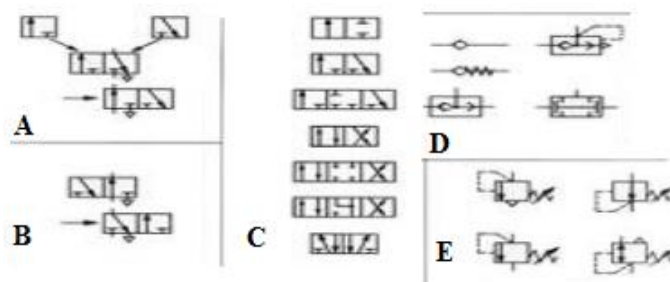
Las válvulas según ISO 1219 se clasifican en:

- Válvulas distribuidoras (de vías).
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de estrangulación.
- Válvulas de cierre.

Los símbolos gráficos según ISO 1219 representan el funcionamiento, no la construcción de la válvula. En las válvulas distribuidoras cada posición de mando está representada por un cuadrado. Las flechas indican la dirección de paso, las rayas transversales los cierres. Las conducciones se conectan al cuadrado que representa la posición de reposo de la válvula.

- a) 3/2 vías, cerrada en reposo.
- b) 3/2 vías, abierta en reposo.

- c) 2/2 vías, 3/2 vías, 3/3 vías con posición central cerrada, 4/2 vías, 4/3 vías con, posición central cerrada, 4/3 vías, con posición central salidas a escape y 5/2 vías.
- d) Válvula anti-retorno sin resorte, válvula anti-retorno con resorte, válvula de escape rápido.
- e) Válvula limitadora de presión, válvula de secuencia, válvula reguladora de presión, sin/con escape.



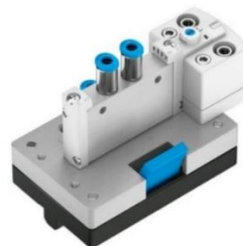
**Figura 2.27 Esquema de válvulas**

**Fuente:** [http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento neumático](http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento+neumatico)

### 2.3.11.5 ELECTROVÁLVULA DE 5 VÍAS 2 POSICIONES 5/2 – 1/4

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina de solenoide.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.



**Figura 2.28 Electroválvula 5/2**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Electroválvula](http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula)



### 2.3.11.6 RACOR RECTO

Racor es un elemento de unión consistente en un órgano tubular cuyos extremos están preparados para el acoplamiento de dos conductos. Adopta diferentes denominaciones en función del tipo de unión, por lo cual existen racores roscados, de pletina, de bayón, etc.



**Figura 2.29 Racor recto**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cms/es\\_es/9672.htm](http://www.festo.com/cms/es_es/9672.htm)

### 2.3.11.7 SILENCIADOR POLIPROPILENO

Dispositivo denominado también silencioso, aplicado a elementos neumáticos de escape de las válvulas, constituido por una o varias cámaras combinadas de manera que el ruido se expande gradualmente reduciendo sus pulsaciones y, por tanto, el ruido.



**Figura 2.30 Silenciador**

**Fuente:** <http://www.accesfluid.com/racores.silenciadores>

### 2.3.11.8 TUBO FLEXIBLE PARA AIRE COMPRIMIDO

El tubo flexible es fabricado con material poliuretano tiene unas muy buenas propiedades mecánicas, resistencia a la temperatura, resistencia a los aceites minerales, a los líquidos hidráulicos y neumáticos.



**Figura 2.31 Tubo de poliuretano**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano\\_termopl%C3](http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3)

### **2.3.11.9 VÁLVULA DE CORREDERA**

Así como en las válvulas de asiento las fuerzas de accionamiento son relativamente altas, en las válvulas de corredera son claramente más bajas. Y es que en este caso no es necesaria una conmutación frente a fuerzas originadas por la presión de trabajo. El problema del solapamiento.



**Figura 2.32 Válvula de corredera**

**Fuente:** <http://www.suministros-industriales-neumaticos.com>.

### **2.3.11.10 CONECTORES RÁPIDOS DE NEUMÁTICA**

Los acoplamientos de desconexión rápida de Parker se utilizan para conectar o desconectar líneas neumáticas de forma rápida y sencilla, sin tener que utilizar herramientas. Parker ofrece acoplamientos de desconexión rápida en una gran variedad de estilos, por ejemplo:



**Figura 2.33 Conectores rápidos de neumática**

**Fuente:** <http://sistemasdetransmisiondefuerzas.blogspot.com/2013>

## 2.3.12 ACCESORIOS EN ACERO INOXIDABLE ALIMENTICIO

### 2.3.12.1 BOQUILLAS DOSIFICADORAS

Las boquillas son accesorios muy importantes ya que nos permite una buena dosificación existen muchos tipos de boquillas que se seleccionan de acuerdo con el tipo de fluido, la temperatura, la viscosidad y la funcionalidad exacta de las mismas.



**Figura 2.34 Boquillas dosificadoras**

**Fuente:** <http://elementos/mecánicos-boquillas-dosificadoras/artbild/DZ5.jpg>

### 2.3.12.2 ABRAZADERAS TIPO CLAMP

Este tipo de abrazaderas se construyen de metal o PVC tienen como función principal asegurar y sujetar alguna tubería o conducto en posición vertical u horizontal, por medio de una mariposa de ajuste, se lo puede colocar en alguna

pared, techo, guía o cualquier otra base.



**Figura 2.35 Abrazaderas tipo clamp**

**Fuente:** [http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera\\_clamp](http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera_clamp)

### **2.3.12.3 O- RING DE TIPO ALIMENTICIO**

Son empaques que se fabrican con materiales que cumplen normas de uso alimenticio, sirven para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar productos desde materia prima hasta producto terminado, soportan importantes temperaturas.



**Figura 2.36 O-ring para uso alimenticio**

**Fuente:** [http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera\\_clam](http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera_clam)

### **2.3.13 ACCIONAMIENTO Y CONTROL NEUMÁTICO**

Es la tecnología que emplea el aire comprimido como actuador de transformación de la energía necesaria para transmitir movimiento y hacer funcionar el sistema neumático.

### 2.3.13.1 UNIDAD DE MANTENIMIENTO

En el proceso de generación y distribución del aire comprimido se acumulan impurezas, suciedad y polvo, para evitar esto se utiliza la unidad de mantenimiento la cual representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido: extrae todas las impurezas (polvo, agua, suciedad).
- Regulador de presión, mantiene la presión constante.
- Lubricador de aire comprimido.

Deben tenerse en cuenta:

El caudal total de aire en m<sup>3</sup>/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por tanto, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante. La presión de trabajo está relacionada con la temperatura que soporta el recipiente plástico, esta no superará los 50°.



**Figura 2.37 Unidad de mantenimiento**

**Fuente:** <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/10.jpg>

### 2.3.13.2 MANDO DE PIE NEUMÁTICO

Es un aparato utilizado para gobernar cualquier máquina operadora industrial. Siendo un comando auxiliar, interviene sobre el motor de la máquina a través de una interface de potencia. Los mandos neumáticos están constituidos por elementos

de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.



**Figura 2.38 Mando de pie neumático**

**Fuente:** [http://www.imejidental.com/productos/manorregulador--pedal-martillo-neumatico-mestra\\_2032862\\_7.html](http://www.imejidental.com/productos/manorregulador--pedal-martillo-neumatico-mestra_2032862_7.html)

### 2.3.13.3 COMPRESOR DE AIRE

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.



**Figura 2.39 Compresor de aire**

**Fuente:** <http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://images04.olx.com.ec/us>

## 2.3.14 SISTEMA DE MANDOS ELÉCTRICOS

### 2.3.14.1 PULSADOR DE ENCENDIDO Y APAGADO

Un pulsador eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.



**Figura 2.40 Pulsador de encendido y apagado**

**Fuente:** [http://www.google.com.ec/imgres?q=pulsadores+electricos & star](http://www.google.com.ec/imgres?q=pulsadores+electricos&star).

### 2.3.14.2 INTERRUPTORES DE PARADA DE EMERGENCIA

Son pulsadores importantes en razón de la seguridad, con una función mecánica de enganchado. Los interruptores de parada de emergencia se utilizan principalmente para la parada de una máquina en una situación de emergencia según la normativa IEC EN 13850 y pueden activar diversas categorías de parada (en función de la aplicación de seguridad).

Un interruptor de parada de emergencia tiene que estar disponible en todo momento, y debe cumplir con ciertas características de funcionamiento básicas:

- Una pulsación única tiene que conllevar una desconexión inmediata.
- La reposición del pulsador de parada de emergencia no debe causar el reinicio.
- El equipo de conmutación tiene que engancharse.



**Figura 2.41 Interruptores de parada de emergencia**

**Fuente:** <http://www.google.com.ec=pulsadores+de+parada+de+emergencia>

## **2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

¿Cómo incide un sistema de dosificación para sólidos en la producción de tabletas de chocolate en la empresa chocolates Doña Olguita?

### **2.4.1 HIPÓTESIS A**

Un sistema de dosificación semiautomático para sólidos no permitirá mejorar los tiempos producción en la elaboración de tabletas de chocolates en la empresa Chocolates Doña Olguita.

### **2.4.2 HIPÓTESIS B**

Un sistema de dosificación semiautomático para sólidos permitirá mejorar los tiempos producción en la elaboración de tabletas de chocolates en la empresa Chocolates Doña Olguita.

## **2.5 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Estudio de un sistema de dosificación para sólidos.



### **2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN**

Permitirá mejorar

### **2.5.3 VARIABLE DEPENDIENTE**

Producción de las tabletas de chocolate

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

El presente trabajo investigativo se basó en un análisis y representación cualitativa y cuantitativa, debido a que el proceso de dosificación de las tabletas de chocolate está enfocado tanto a la cantidad de producción, así como a la calidad.

El análisis cualitativo consiste en la aplicación de normas nacionales e internacionales, para que durante el proceso de dosificación no exista contaminación del producto, la selección adecuada de los elementos mecánicos y neumáticos que entren en contacto directo con el chocolate, para que éste sea apto para el consumo humano, además de la forma de presentación de la tableta terminada, gracias a un proceso mecánico automático, es decir que se vea estético para el consumidor.

Mientras tanto que, con el enfoque cuantitativo, en general se busca aumentar la cantidad de producción de las tabletas de chocolate con el proceso automático, específicamente se tomó en cuenta las variables presentes en los lugares donde se realizó el tema de investigación, como son temperatura interior y humedad, para conseguir una cantidad exacta de dosificación.

#### **3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN**

Se realizó con los siguientes tipos de investigación:

### **3.2.1.1 CAMPO**

Se consideró la aplicación de esta modalidad de investigación en la empresa Chocolates Doña Olguita, porque se necesita conocer directamente las causas y efectos del problema objeto de estudio, para esto se establecieron como instrumentos base la observación directa, además se utilizó la entrevista dirigida a su propietaria y empleados de la empresa como a los productores que se dedican a la elaboración de tabletas de chocolate.

### **3.2.1.2 EXPERIMENTAL**

Con esta investigación podremos evaluar todos los parámetros presentes en el proceso de dosificación, veremos la adaptación y experimentación de las variables (viscosidad, temperatura, presión del fluido) que intervienen directamente en un proceso automático.

### **3.2.1.3 BIBLIOGRÁFICA**

El propósito de aplicar esta investigación es respaldar la información la misma que se recopiló de libros, revistas especializadas, documentales, monografías, internet, tesis relacionadas con el tema de estudio para luego ser organizada, procesada y analizada proporcionando con ello el conocimiento científico necesario para el desarrollo investigativo.

## **3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.2.1 EXPLORATORIA**

El nivel exploratorio se desarrolló con el fin de conocer si las microempresas locales productoras y exportadoras con dificultades similares, se ven afectados por costos innecesarios provocados por las técnicas de llenado empíricas aplicadas por la mayoría de éstas, así como efectos de contaminación por el proceso manual.

Mediante visitas zonificadas dentro de la provincia de Tungurahua, a microempresas idénticas, se buscó tener un panorama mucho más preciso de la situación actual del proceso para la elaboración de las tabletas de chocolate.

#### **3.2.2.2 EXPLICATIVO**

El nivel explicativo determinó como se puede mejorar el proceso de la elaboración de las tabletas de chocolate mediante la introducción de nuevos equipos o mejoras del proceso ya sea manual o automático.

Además pretende explicar de qué manera se puede mejorar cualquier parte del proceso productivo, si es por ejemplo mediante la implementación de maquinaria o a través de la aplicación, de nuevos mecanismos dentro de cualquier parte del proceso.

#### **3.2.2.3 DESCRIPTIVO**

La investigación en curso dió lugar a un documento, en el cual consta un estudio completo del proceso de la elaboración de las tabletas de chocolate para determinar si el proceso utilizado es el correcto o tiene falencias para focalizarlas y llegar a soluciones prácticas eficientes.

#### **3.2.2.4 CORRELACIÓN**

La aplicación de la investigación correlacional permitió relacionar la variable independiente: dosificador volumétrico de sólidos y la variable dependiente: producción, previo al estudio individual de cada una de ellas, a fin de establecer la dependencia directa de una con otra, lo que es indispensable para el estudio planteado, para alcanzar el objetivo de la investigación se requiere identificar el comportamiento, que experimente cada una de ellas desde luego sin confundir la idea de que la una sea causa de la otra.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1 POBLACIÓN O UNIVERSO (N)

En esta investigación se ha propuesto una entrevista con el principal beneficiario del proyecto, es decir a la propietaria de la empresa Ing. Patricia Pazmiño. Ha considerado que el estudio de la dosificación en la actualidad es de vital importancia para poder cumplir con los pedidos de las tabletas y desde luego cumplir con las especificaciones técnicas.

La población está constituida por todo el personal de Chocolates Doña Olguita. Para nuestro estudio utilizamos una muestra finita conformada por la gerente de producción, jefes de producción, jefe emparador, obreros y jefe de mantenimiento, de la empresa antes mencionada.

#### 3.3.2 MUESTRA

En la investigación del proyecto se determinó por medio de la guía de observación que la población está constituida por todo el personal de Chocolates Doña Olguita.

Para la investigación se puede aplicar la siguiente fórmula ecuación (3.1) para determinar el tamaño de la muestra (n).

$$n = \frac{P * Q}{E^2} \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Dónde:

n = Probabilidad a favor, (0,25)

P = Población o universo

E = Error de estimación, (1%=0.01)

Q = Probabilidad a favor, (0,25)

$$n = \frac{0,9 * 0,9}{0,05^2} = 100 \text{ con un error del } 1\% \frac{0,25}{0,01} = 25 \text{ mediciones}$$

Se utilizarán 25 mediciones, de muestras para determinar el volumen adecuado que en nuestro caso necesitaremos que el volumen sea 62,5 gr cada tableta, es decir cada salida o accionamiento del producto.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Estudio de un sistema de dosificación para sólidos

**Tabla 3.1 Operacionalización de la variable dependiente**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMES	TÉCNICA E INSTRUMENTO
Un dosificador es un equipo mecánico, su función es entregar o suministrar de forma ágil la cantidad de material o insumo necesario para la realización de un sistema, además es un mecanismo que proporciona la cantidad exacta del sólido o fluido y mejorar los procesos, con el fin de optimizar recursos.	Equipo	Calidad	¿Con la utilización de un sistema de dosificación para sólidos se mejoró el proceso de producción en la empresa Chocolates Doña Olguita?	Encuesta
		Dimensión		Entrevista
		Vida Útil		
	Suministrar	Materiales	¿Al suministrar la máquina dosificadora cantidades exactas de fluidos se logró estandarización?	Exploratoria
		Volumen		Fichas de observación
	Dosificación	Moldes	¿Con la mejora de los procesos el sistema de dosificación para sólidos permitió establecer tiempos reales en el proceso?	Encuesta
		Inyección		Entrevista
		Tiempos		

**Autor:** Luis Gómez

### 3.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Producción de las tabletas de chocolate

**Tabla 3.2 Operacionalización de la variable independiente**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTO
Es un sistema formado por recursos humanos, maquinaria y procedimientos de trabajo, es el proceso que genera la salida de los productos terminados.	Recurso Humano	Formación académica	¿Qué factores cree usted que deben tomar en cuenta los directivos para contratar el personal?	Entrevista
		Experiencia		
	Proceso	Capacitación	¿Los procesos de producción realizados se cumplen mediante un cronograma?	Entrevista
Procedimientos		¿Qué elementos se deben considerar para que el producto tenga mayor demanda?	Medición Encuesta	
Cronograma				
Control				
Precio				
		Calidad		
		Presentación		

**Autor:** Luis Gómez



### 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.5.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El desarrollo de la información del proyecto propuesto se obtuvo a través de una observación directa y estructurada en la planta, para identificar así los inconvenientes que genera el sistema de dosificación manual para la elaboración de las tabletas. Los instrumentos utilizados serán cuaderno de notas, fichas de observación, video grabadora. Además nos ayudaremos de registros específicos realizados en la fábrica de Chocolates Doña Olguita, en la ciudad de Ambato.

Se realizó una entrevista a la propietaria, quien es la persona más interesada en mejorar el proceso de dosificación. El objetivo principal es realizar la dosificación de forma automática tal que el dosificado se realice de una mejor manera, utilizando los mismos productos del proceso actual; y se realizaron mediciones de tiempo y temperaturas que sirvieron para el diseño del prototipo. Utilizamos como instrumento de medición un cronómetro digital, termómetro o termocupla y una balanza digital.

La razón principal para la utilización de estas técnicas e instrumentos es que permitieron la recolección de información que fue analizada, tabulada y que permitió el registro de resultados para un posterior análisis e interpretación de los mismos.

**Tabla 3.3 Técnicas de investigación**

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	TIPOS	INSTRUMENTOS	INSTRUMENTOS DE REGISTRO
Observación	-Directa- Indirecta - Estructurada - No Estructurada - Individual - De campo - Laboratorio	- Guía de Observación -Escala de Observación - Cuaderno de notas - Escalas estimativas	- Cámara fotográfica - Video grabadora - Equipos de medición

**Fuente:** Ezequiel Ander-Egg. Cómo elaborar un proyecto 18ª edición

**Tabla 3.3 Técnicas de investigación (continuación)**

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	TIPOS	INSTRUMENTOS	INSTRUMENTOS DE REGISTRO
Entrevista	-Estructurada - No Estructurada -Semiestructurada - Focalizada	-Cuestionario -Guía de Entrevista	- Cámara fotográfica - Video grabadora - Equipos de medición
Revisión Documental		-Matriz de Categoría	
Sesión en Profundidad		-Guía de Observación	- Cámara fotográfica - Video grabadora

**Fuente:** Ezequiel Ander-Egg. Cómo elaborar un proyecto 18ª edición

### 3.5.2 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez aplicados los instrumentos de medición y recolección de datos, corresponde al investigador cumplir con el procesamiento y análisis de la información como son: revisión y codificación de la información.

Se revisó y verificó que toda la información obtenida este completa, detectando errores eliminando respuestas contradictorias y organizándolas adecuadamente para facilitar la tabulación, simultáneamente con la revisión debió realizarse la codificación; después categorizar y tabular la misma.

El procesamiento de la información también se basó en la realización de unas pruebas con la propietaria de la empresa, que ayudó a obtener información de las necesidades que existe en el sistema manual; para poder así realizar nuestro proyecto en base a las principales especificaciones técnicas que se requiere para esta información.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS

$$n = \frac{P * Q}{E^2} \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Dónde:

n = Probabilidad a favor (0,25)

E = Error de estimación (1%=0,01)

Q = Probabilidad a favor (0,25)

P = Población

#### Masa inyectada por minuto

$$M_{\min} = C_p \times m_i \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Dónde:

$M_{\min}$  = Masa inyectada por minuto, [gr]

$C_p$  = Capacidad de producción (mínima, máxima)

$m_i$  = Masa de inyección, 62,5 gr

$$V_{\text{tolva}} = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Dónde:

m = Masa del alimento a dosificar (chocolate), 37,5 kg

$\rho$  = Densidad del cacao, 872 kg/m<sup>3</sup>

De la figura 6.4 decimos que:

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{h} = \frac{R-r}{h} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Dónde:

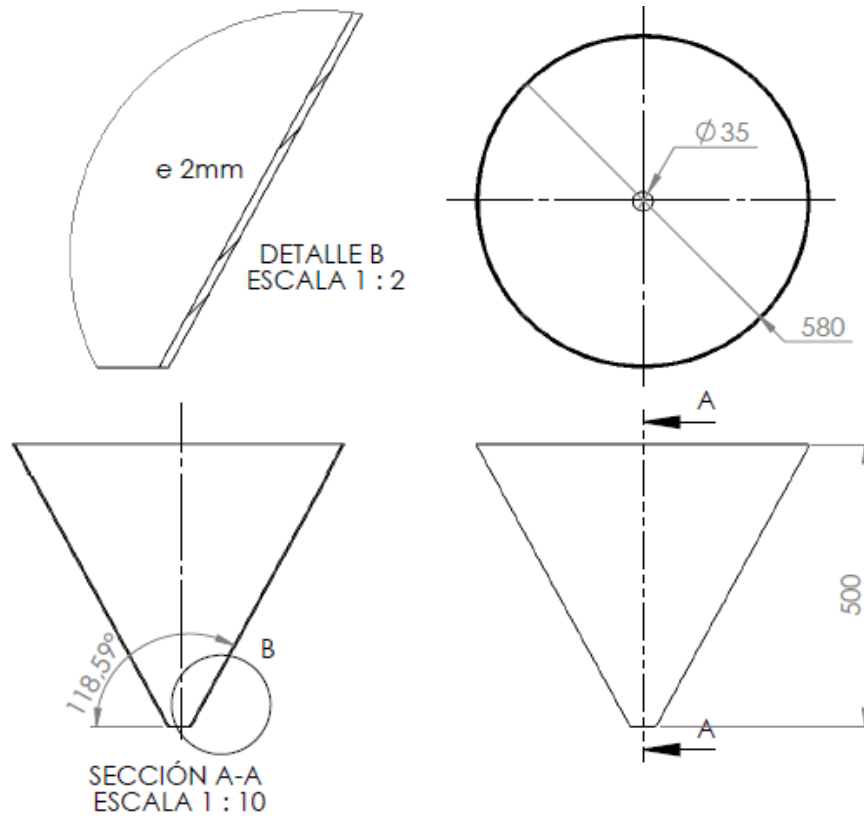
R = Radio mayor de la tolva, [m]

r = Radio menor de la tolva, 0,0175 m

h = Altura de la tolva, [m]

$$h = \frac{R - 0,0175}{0,55}$$

Ecuación (4.4)



**Figura 4.1 Esquema de tolva**

**Autor:** Luis Gómez

**Volumen de la tolva:**

$$V_{\text{tolva}} = \frac{\pi h}{3} [(R)^2 + (r)^2 + (Rr)]$$

Ecuación (4.5)

Dónde:

$V_{\text{tolva}}$  = Volumen de la tolva, 0,043 m<sup>3</sup>

Reemplazando la ecuación (4.4) en la ecuación (4.5) se tiene que:

$$R^3 + 4,456 \times 10^{-7} R - 0,02256 = 0 \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

$$F = m * a \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

$$A_{\text{círculo}} = \frac{V}{L} \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

### **Cálculo de la tolva como chapa metálica:**

Del Anexo A17: Dimensiones de chapa metálica de la tolva de dosificación

$$\alpha = \frac{360 * R}{\sqrt{\left(\frac{h * R}{R - r}\right)^2 + R^2}} \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Dónde:

$\alpha$  = Ángulo de corte para chapa, [°]

R = Radio mayor de la tolva, 0,29 m

r = Radio menor de la tolva, 0,0175 m

h = Altura de la tolva, 0,5 m

### **Presión interna que soporta la tolva:**

Para la tolva  $L = h$  y reemplazando las ecuaciones (4.8) y (4.9) en la ecuación (4.7) se tiene:

$$P = \frac{m * g * h}{V_{\text{tolva}}} \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Dónde:

P = Presión interna, [Pa]

A = Área de la sección transversal, [m<sup>2</sup>]

m = Masa de chocolate en la tolva llena, 37,5 kg

g = Gravedad, 9,8 m/s<sup>2</sup>

h = Altura de la tolva, 0,5 m

$V_{\text{tolva}}$  = Volumen de la tolva, 0,043 m<sup>3</sup>

### **Carga máxima de la tolva:**

$$w = \gamma * V_{\text{tolva}} \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

$$\gamma = \frac{P}{V_{\text{tolva}}} = \frac{m * g}{V_{\text{tolva}}} = \rho * g \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

Dónde:

$\gamma$  = Peso específico del chocolate, [N/m<sup>3</sup>]

P = Peso de la sustancia, [N]

### **Esfuerzos a los que está sometido la tolva:**

$$\sigma_t = \frac{Pd_i}{2t} \quad \text{Ecuación (4.14)}$$

$$\sigma_l = \frac{Pd_i}{4t} \quad \text{Ecuación (4.15)}$$

Dónde:

$\sigma_t$  = Esfuerzo tangencial, [Pa]

$\sigma_l$  = Esfuerzo longitudinal, [Pa]

$d_i$  = Diámetro promedio, [m]

t = Espesor de la placa, [m]

P = Presión interna, 4273,25 Pa

$$d_i = \frac{D + d}{2} \quad \text{Ecuación (4.16)}$$

Dónde:

D = Diámetro mayor de la tolva, 0,58 m

d = Diámetro menor de la tolva, 0,035 m

### **Análisis según el esfuerzo cortante máximo:**

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación (4.17)}$$

Dónde:

$\sigma_1, \sigma_2 =$  Esfuerzos principales, [Pa]

$\sigma_e =$  Esfuerzo equivalente, [Pa]

$s_y =$  Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable, 276 MPa (ANEXO A4)

$n =$  Factor de seguridad

### **Diseño estático de soldadura:**

En una soldadura a tope para cargas de compresión o de tensión el esfuerzo normal medio es:

$$\sigma_1 = \frac{F}{h * l} \quad \text{Ecuación (4.18)}$$

Dónde:

$\sigma_1 =$  Esfuerzo normal medio, [Pa]

$F =$  Carga de tensión o compresión, [N]

$h =$  Media de la garganta, 0,002 m

$l =$  Longitud de la soldadura, 0,571 m = 22,48 pulg

El esfuerzo medio de la junta debido a la carga cortante es:

$$\tau = \frac{F}{h * l} \quad \text{Ecuación (4.19)}$$

Dónde:

$\tau =$  Esfuerzo cortante medio, [Pa]

$$2F_i = F = P * A_1 \quad \text{Ecuación (4.20)}$$

$$F_i = \frac{P * d_i * h}{2} \quad \text{Ecuación (4.21)}$$

Dónde:

$F_i, F =$  Fuerza longitudinal a través de las paredes de la tolva, [N]

$A_1 =$  Área de la sección longitudinal de la tolva, [m<sup>2</sup>]

$P =$  Presión interna, 4273,25 Pa

$d_i =$  Diámetro medio de la tolva, 0,3075 m

$h =$  Altura de la tolva, 0,5 m

$$\tau_{adm} \geq \tau_{req} \quad \text{Ecuación (4.22)}$$

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{req} \quad \text{Ecuación (4.23)}$$

Dónde:

$\tau_{adm}$  = Esfuerzo cortante admisible, [Pa]

$\tau_{req}$  = Esfuerzo cortante requerido o calculado, [Pa]

$\sigma_{adm}$  = Esfuerzo normal admisible, [Pa]

$\sigma_{req}$  = Esfuerzo normal requerido o calculado, [Pa]

Para encontrar el esfuerzo permisible o admisible se utiliza el (ANEXO A3), para una carga de cortante, así:

$$\tau_{adm} = 0,4 S_y \quad \text{Ecuación (4.24)}$$

Para encontrar el esfuerzo permisible o admisible se utiliza el (ANEXO A3), para una carga de tensión, así:

$$\sigma_{adm} = 0,6 S_y \quad \text{Ecuación (4.25)}$$

Dónde:

$S_y$  = Límite de fluencia del material, [MPa]

$$F_{per} = 0,795 * l \quad \text{Ecuación (4.26)}$$

Dónde:

$l$  = Longitud de la soldadura, 0,571 m = 22,48 pulg

Condición de resistencia de soldadura:

$$F_{per} \geq F_{req} \quad \text{Ecuación (4.27)}$$

Dónde:

$F_{per}$  = Fuerza permisible, [N]

$F_{req}$  = Fuerza requerida, [N]



### Diseño dinámico de la soldadura:

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f \quad \text{Ecuación (4.28)}$$

Dónde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico, [MPa]

$S_e'$  = Límite de resistencia a la fatiga del elemento giratorio, [MPa]

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial (ANEXO A6)

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño

$k_c$  = Factor de modificación de la carga (ANEXO A7)

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura (ANEXO A8)

$k_e$  = Factor de confiabilidad (ANEXO A9)

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios

$$S_e' = 0,5 S_{ut} \quad \text{Ecuación (4.29)}$$

Dónde:

$S_{ut}$  = Resistencia última a la tensión,  $S_{ut} = 568$  MPa (ANEXO A4)

$$k_a = a(S_{ut})^b \quad \text{Ecuación (4.30)}$$

Dónde:

$a$  = Factor  $a$ , para  $S_{ut}$  en MPa, 4,51 (ANEXO A6)

$b$  = Exponente para una condición superficial, -0,265 (ANEXO A6)

### Teoría de falla de la energía de a distorsión o Von Mises

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ecuación (4.31)}$$

Dónde:

$\sigma'$  =  $\sigma_{m\acute{a}x}$  = Esfuerzo de Von Mises o esfuerzo máximo

$\sigma$  = Esfuerzo normal, 287,66 kPa

$\tau$  = Esfuerzo cortante. 287,66 kPa

### Esfuerzos normales y cortantes:

Esfuerzo flexionante máximo:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max}}{2} \quad \text{Ecuación (4.32)}$$

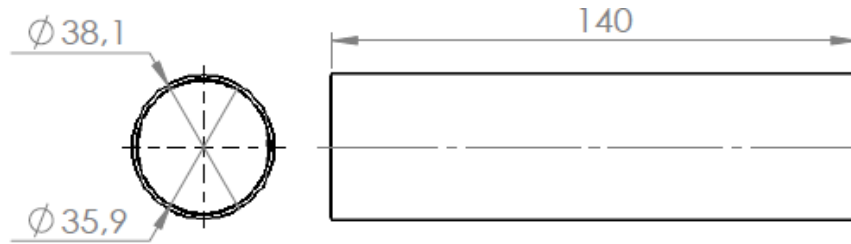
Esfuerzo medio:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2} \quad \text{Ecuación (4.33)}$$

### Teoría de falla de Gerber:

$$\frac{n\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{n\sigma_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1 \quad \text{Ecuación (4.34)}$$

### Diseño de camisa o cilindro de succión:



**Figura 4.2 Esquema de camisa**

**Autor:** Luis Gómez

$$V = \frac{\pi\phi^2}{4} * L \quad \text{Ecuación (4.35)}$$

Dónde:

V = Volumen del cilindro, [m<sup>3</sup>]

$\phi$  = Diámetro del cilindro, [m]

L = Longitud de la camisa, [m]

$$F_{\text{teórica req}} = A * P_t \quad \text{Ecuación (4.36)}$$

Dónde:

$F_{\text{teórica req}}$  = Fuerza teórica requerida para el empuje de la masa, [N]

$A = \text{Área superficial del émbolo de succión, } 1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$P_t = \text{Presión de trabajo, } 5 \text{ bar} = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$

### **Diseño estático de la camisa:**

$$W_T = W_{ch} + W_{tolva} + W_{válvula} + W_{accesorios} \quad \text{Ecuación (4.37)}$$

Dónde:

$W_T = \text{Peso total que soporta la camisa, [N]}$

$W_{ch} = \text{Peso del chocolate, } 367,5 \text{ N}$

$W_{tolva} = \text{Peso de la tolva, } 13,35 \text{ kg} = 130,83 \text{ N}$

$W_{válvula} = \text{Peso de la válvula dosificadora, } 0,65 \text{ kg} = 6,37 \text{ N}$

$W_{accesorios} = \text{Peso de accesorios, } 0,498 \text{ kg} = 4,88 \text{ N}$

Para encontrar el momento máximo se utilizará el (ANEXO A13), que analiza una viga en voladizo con carga en el extremo, por lo tanto:

$$M = F * L \quad \text{Ecuación (4.38)}$$

Dónde:

$F = \text{Fuerza máxima en el extremo, } 509,58 \text{ N}$

$L = \text{Distancia de voladizo, } 0,015 \text{ m}$

Área de la sección circular hueca:

$$A_t = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \text{Ecuación (4.39)}$$

Momento de inercia de la sección circular hueca:

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad \text{Ecuación (4.40)}$$

### **Esfuerzo debido a flexión:**

$$\sigma_f = \frac{M_{\text{máx}} * C}{I} = \frac{M_{\text{máx}}}{S} \quad \text{Ecuación (4.41)}$$

Dónde:

$\sigma_f$  = Esfuerzo por flexión, [MPa]

$M_{\text{máx}}$  = Momento flector máximo, 7,64 Nm

$C$  = Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo, 0,01905 m

$I$  = Segundo momento de área,  $2,18 \times 10^{-8} \text{m}^4$

$S$  = Módulo de sección, [ $\text{m}^3$ ]

### **Esfuerzo por carga axial:**

$$\sigma_A = \frac{F}{A_t} \quad \text{Ecuación (4.42)}$$

Dónde:

$\sigma_A$  = Esfuerzo por carga axial, [Pa]

$F$  = Fuerza aplicada longitudinalmente, 509,58 N

$A_t$  = Área de la sección transversal,  $0,885 \text{ m}^2$

### **Condición de diseño**

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación (4.43)}$$

Dónde:

$\sigma_{\text{máx}}$  = Esfuerzo normal máximo, 6,669 MPa

$n$  = Factor de seguridad estático

$S_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable, 276 MPa (ANEXO A4)

### **Diseño de la chapa metálica o bastidor:**

Segunda ley de Newton:

$$\sum^+ F_y = 0 \quad \text{Ecuación (4.44)}$$

$$\sum^+ MA = 0 \quad \text{Ecuación (4.45)}$$

$$P = 1,4C_m + 1,7C_v$$

Ecuación (4.46)

Dónde:

$P$  = Carga de diseño, [N]

$C_m$  = Carga muerta, 509,58 N

$C_v$  = Carga viva, 0 N

Esfuerzo para carga concentrada:

$$\sigma = \frac{k * P}{t^2} = \frac{S_y}{n}$$

Ecuación (4.47)

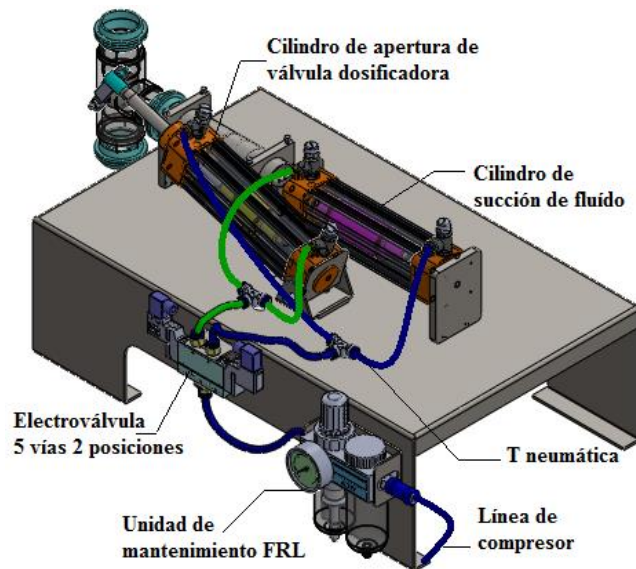
Dónde:

$k$  = Coeficiente en función de la sección rectangular ( $0,5/0,3 = 1,67$ )

$t$  = Espesor de la placa base, [m]

$S_y$  = Límite de fluencia del material, [MPa]

### Diseño de sistema neumático:



**Figura 4.3 Esquema neumático de dosificadora**

**Autor:** Luis Gómez

$$Q = \left[ C * \frac{\pi D^2}{4} + C \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \right] * n * R_c \quad \text{Ecuación (4.48)}$$

Dónde:

Q = Consumo de aire, [l/min]

R<sub>c</sub> = Relación de compresión, [adimensional]

C = Carrera del vástago, 9 cm

n = Ciclos por minuto, 30 ciclos/min

$$R_c = \frac{\rho_{e2}}{\rho_{e1}} = \frac{101,3 + P_t}{101,3} \quad \text{Ecuación (4.49)}$$

Dónde:

P<sub>t</sub> = Presión de trabajo, 5 bar = 500 kPa (referida al nivel del mar)

$$Q = C * n * q \quad \text{Ecuación (4.50)}$$

Dónde:

q = Consumo de aire del cilindro, [l/cm de carrera]

$$Q_{\text{empuje}} = 0,048 * C * n \quad \text{Ecuación (4.51)}$$

$$Q_{\text{tracción}} = 0,042 * C * n \quad \text{Ecuación (4.52)}$$

Dónde:

Q<sub>empuje</sub> = Consumo de aire de empuje del cilindro, medido a 5 bares

Q<sub>tracción</sub> = Consumo de aire de tracción del cilindro, medido a 5 bares

C = Carrera de vástago, [cm]

n = Número de ciclos de trabajo por minuto, 30 ciclos/min

### **Ecuaciones estadísticas:**

$$tT = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{SS_1 + SS_2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}} \quad \text{Ecuación (4.53)}$$

$$SS = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad \text{Ecuación (4.54)}$$

Dónde:

tT = comprobación prueba T pareada

SS = Sumatoria de los cuadrados (grupo 1 y 2)

N = número de muestras

### **Ecuaciones financieras:**

#### **Depreciación del Activo**

$$D = \left[ \frac{n_1 - (t_a - 1)}{n_1 * \frac{n_1 + 1}{2}} \right] * (Po - VS) \quad \text{Ecuación (6.1)}$$

Dónde:

D = Depreciación del activo [\$]

n<sub>1</sub> = Vida útil o período de recuperación de la inversión [años]

t<sub>a</sub> = Tiempo de análisis [años]

Po = Valor inicial del activo a depreciar inversión [\$]

VS = valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil [\$]

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).

$$TMAR = \frac{(i + pr + u)}{3} \quad \text{Ecuación (6.2)}$$

Dónde:

i = Tasa activa referencial según el banco central del Ecuador, 14%

pr = Premio al riesgo, 13 %

u = Utilidad para el inversionista, 15%

Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación (6.3)}$$

## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR EL MÉTODO MANUAL

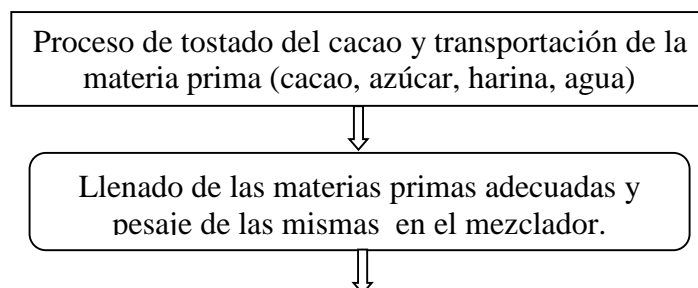
En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio de parámetros físicos y de tiempos, en el sistema de dosificación manual representado en tablas y gráficas correspondientes a: temperaturas, tiempos de dosificación del producto y niveles de producción.

Mediante el análisis en muestras de dosificación se procedió a realizar la tabulación para una mejor interpretación, luego se realizaron las gráficas con los datos obtenidos anteriormente con el fin de determinar los medios de solución, para que el sistema sea optimizado a través de elementos que no vayan a modificar la muestra a ensayar.

El estudio de toda esta información es con la finalidad de depurar inconsistencias, pues en caso de haberlas se realizaron otras pruebas y ajustes.

En el análisis de resultados se hace una comparación del tiempo al realizar el dosificado manual y el tiempo que tarda hacer el dosificado con la simulación de la máquina dosificadora, semiautomática en la tabla 4.5 se obtienen datos referenciales, en la siguiente figura se representa un flujo del proceso de la elaboración de las tabletas de chocolate.

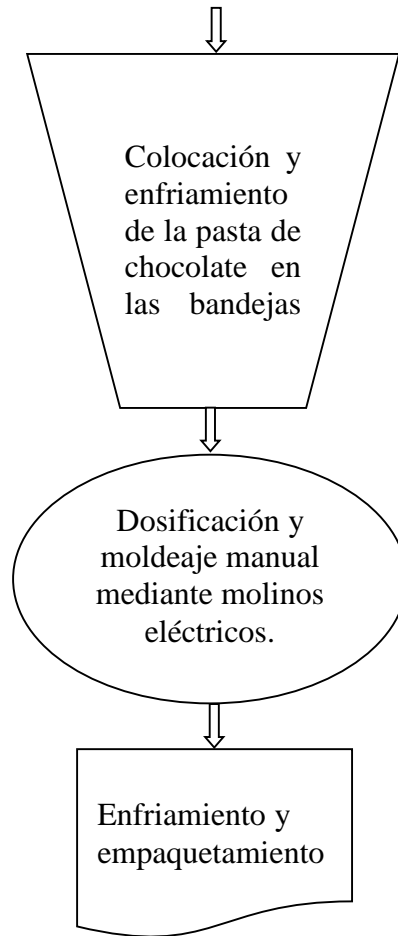
### 4.2.1 FLUJO DEL PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LAS TABLETAS DE CHOCOLATE



**Figura 4.4 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletas**

**Fuente:** Empresa Chocolates Doña Olguita





**Figura 4.4 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletas (continuación)**

**Fuente:** Empresa Chocolates Doña Olguita

En las siguientes tablas 4.1 y 4.2 se analizó el tiempo del proceso de dosificación tomando en cuenta el tiempo del proceso manual y el tiempo que tardaría en el proceso semiautomático mediante simulación, la importancia de realizar esta toma de datos determinó el beneficio productivo y la calidad de realizar el dosificado, con las condiciones que requiere la empresa, cabe destacar que la característica más importante es la regulación de la cantidad a dosificar y el uso de la máquina para un cierto número de ciclos por minuto.

El ahorro del tiempo y recursos es muy importante en el proceso de dosificación, para determinar estos tiempos y recursos se utilizó un cronómetro, termocupla y balanza electrónica.

#### 4.2.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

##### ➤ LLENADO DE PRODUCTO A LOS RECIPIENTES GRANDES

El fluido una vez que alcanza una temperatura aproximada de unos 70°C, en el mezclador eléctrico; se evacúa en un recipiente de 15 kg asegurándose de que el operario pueda levantarlo sin mayor esfuerzo, este se lo coloca en un recipiente grande para poder continuar con el proceso.



**Figura 4.5 Llenado del fluido a los recipientes**

**Fuente:** Luis Gómez

##### ➤ HOMOGENEIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para homogeneizar el producto colocado en el recipiente, se debe realizar manualmente con espátulas de metal y en forma longitudinal, teniendo cuidado de las quemaduras que podría producirse ya que el chocolate sale del mezclador a una temperatura promedio de 70°C.



**Figura 4.6 Homogeneización de la muestra**

**Fuente:** Luis Gómez

### ➤ ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO

Se añade un sistema de ventilación forzada al chocolate caliente que está por encima de los 70°C, por medio de ventiladores eléctricos los cuales extraen calor del producto, se verifican permanentemente las temperaturas hasta que desciendan a un promedio de 30°C, para continuar con el proceso, el tiempo estimado para lograr este descenso es de entre 2 a 3 horas dependiendo de la humedad y temperatura del ambiente, el parámetro que indica el punto al que el producto puede ser manipulado sin riesgo alguno es la granulación del producto.



**Figura 4.7 Adición de ventilación forzada y natural**

**Fuente:** Luis Gómez

### ➤ ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO PROCESADO

Transcurrido el proceso de enfriamiento, y cuando el producto es manipulable, se lo almacena en costales y bandejas con un peso aproximado de 50 kg, ahora el producto tiene una consistencia granulada.



**Figura 4.8 Muestra granulada antes de dosificar**

**Fuente:** Luis Gómez

#### ➤ VACIADO DEL PRODUCTO PARA EL MOLIDO

El producto granulado se vierte en los molinos mecánicos accionados por un motor eléctrico que transmite la potencia en serie a 8 molinos, esto es importante mencionar, ya que por cada molino trabajan dos personas para la dosificación del chocolate, y el uso de los mismos depende de la demanda total del producto.



**Figura 4.9 Vaciado del producto granulado hacia los molinos**

**Fuente:** Luis Gómez

#### ➤ SISTEMA DE DOSIFICACIÓN MANUAL ACTUAL

El producto se lo va colocando manualmente en la tolva del molino mecánico y a la vez con un pizón se lo va presionando, en el proceso de molienda el chocolate se transforma en un fluido pastoso, de hecho el proceso es lento, tarda entre 2 a 3 minutos en caer la primera muestra; la cantidad de chocolate es seleccionada con la mano que por experiencia del obrero se tiene una medida aproximada, que finalmente será depositada en el molde de plástico.



**Figura 4.10 Dosificación manual actual**

**Fuente:** Luis Gómez

#### ➤ **COLOCACIÓN DE LA TABLETA EN EL MOLDE**

Una vez dosificado el producto se colocará cuidadosamente en los moldes (pedazos de plástico de unos 300 mm x 300 mm), en los cuales caben cuatro tabletas, es necesario indicar que en esta actividad la temperatura del chocolate está entre 20°C y 28°C; el fluido es muy pastoso.



**Figura 4.11** Tabletillas colocadas en el molde

**Fuente:** Luis Gómez

#### ➤ **COMPACTACIÓN DE LAS TABLETAS DE CHOCOLATE**

Para este proceso de compactación se procede de la siguiente manera: una vez que se ha colocado la muestra en los moldes se levanta el molde con las manos a una altura aproximada de 40 cm a 50 cm, rápidamente se la golpea fuerte contra la mesa metálica y por impacto la tableta se agranda y homogeniza, como podemos observar en la figura 4.12.



**Figura 4.12** Compactación de tabletas manualmente

**Fuente:** Luis Gómez

### ➤ ENFRIAMIENTO DE LAS TABLETAS DE CHOCOLATE

Para realizar este proceso, el enfriamiento es mediante ventilación natural, colocando el producto en las perchas e incluso en el suelo como se observa en la figura 4.13, debido a la falta de espacio físico y por la gran demanda del chocolate, adicional a ello se colocan ventiladores de tipo industrial, para poder ayudar a enfriar las tabletas; el tiempo estimado para el enfriamiento es de aproximadamente de 60 a 90 minutos según los cambios físicos.



**Figura 4.13** Enfriamiento de las tabletas de chocolate

**Fuente:** Luis Gómez

### ➤ ALMACENAMIENTO DE LAS TABLETAS

Una vez que se han enfriado las tabletas, se las traslada cuidadosamente en unos recipientes plásticos, que soportan la capacidad máxima de 45 kg; el producto frío se lo lleva al área de envase, empaque, control de calidad, codificado y sellado.



**Figura 4.14** Almacenamiento de las tabletas

**Fuente:** Luis Gómez

➤ **CONTROL DE CALIDAD**

Este es sin duda un proceso primordial en cualquier empresa, por lo que para el control del producto se realizan pruebas de composición, condición y pesaje de la tableta de chocolate, todas estas pruebas se las hacen una por una para asegurarse que cumplen con el peso indicado, en el pesaje se utiliza una balanza electrónica es sin duda una actividad tediosa y que significa una importante pérdida de tiempo.



**Figura 4.15 Control de calidad, condición y pesaje de las tabletas**

**Fuente:** Luis Gómez

➤ **ENVASE DE LAS TABLETAS**

El envase del producto se lo realiza una vez cumpla con el control de calidad, el proceso es manual, se toma un envase plástico y se colocan 4 tabletas de 62,5 gr cada una; se lo pesa por última vez para verificar que el peso neto es el indicado.



**Figura 4.16 Envasado de las tabletas**

**Fuente:** Luis Gómez



➤ **CODIFICADO Y SELLADO**

Para realizar este proceso se utiliza una persona calificada para el uso de una máquina selladora que al mismo tiempo codifica el envase, no existe mayor complicación y detalle en este paso.



**Figura 4.17 Codificado y sellado de las tabletas**

**Fuente:** Luis Gómez

➤ **EMPACADO**

El proceso final en la elaboración de las tabletas de chocolate es el empaque del producto, este se lo realiza de manera manual; en cajas de cartón se depositan 24 envases de tabletas, las cajas se sellan, etiquetan y se apilan en el cuarto de despacho del producto terminado.



**Figura 4.18 Empacado de las tabletas**

**Fuente:** Luis Gómez



### 4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se calculó experimentalmente el volumen de la tableta de chocolate en forma manual y mediante análisis CAD para el proceso semiautomático.

#### 4.3.1 ENSAYO MANUAL

En el cual se determinó el volumen máximo por tableta de chocolate y la pericia del operador. El objetivo del ensayo manual es determinar la curva de tiempo de dosificación – volumen dosificado permitido en función de la pericia del operario, en un determinado número de tabletas. Estos resultados permiten elaborar un informe de la eficiencia en un proceso manual, para compararlos con un proceso optimizado.

**Tabla 4.1 Ensayo de dosificación manual**

ENSAYO MANUAL DE DOSIFICADO					
EMPRESA:	PLANTA DE CHOCOLATES DOÑA OLGUITA				
UBICACIÓN:	AMBATO	SITIO:	Huachi Chico		
REALIZADO POR:	Egdo. Luis Gómez				
APROBADO POR:	Ing. Patricia Pazmiño				
REVISADO POR:					
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:	Chocolate de cobertura				
TEMPERATURA DEL PRODUCTO:	70 °C				
MASA DEL CHOCOLATE					
MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Pericia del operador (gr)	69,5	65,1	66,2	65,7	68,4
Tiempo (seg)	26	29	27	31	26
Moldes (gr)	65	66,1	65,8	64,1	65,3
Tiempo (seg)	37	34	41	39	43
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN					
Volumen (cm <sup>3</sup> ) (pericia)	79,7	74,66	75,92	75,34	78,44
Volumen (cm <sup>3</sup> ) (moldes)	74,54	75,92	75,46	73,51	74,89

**Fuente:** Planta de Chocolates Doña Olguita.

Luis Gómez

### 4.3.2 ENSAYO SEMIAUTOMÁTICO

Para este ensayo, se desarrolló una simulación del funcionamiento de la máquina, con la cual se puede ver los resultados de una dosificación semiautomática, estableciendo los parámetros de funcionamiento de la dosificadora, el fluido a dosificar (viscosidad), la temperatura ambiente, la presión de trabajo, etc.

**Tabla 4.2 Ensayos con la máquina dosificadora de tabletas de chocolate**

ENSAYO SEMIAUTOMÁTICO DE DOSIFICADO					
EMPRESA:	PLANTA DE CHOCOLATES DOÑA OLGUITA				
UBICACIÓN:	AMBATO	SITIO:	Huachi Chico		
REALIZADO POR:	Egdo. Luis Gómez				
APROBADO POR:	Ing. Patricia Pazmiño				
REVISADO POR:					
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:	Chocolate de cobertura		PRESIÓN DE TRABAJO:		5 bares
TEMPERATURA DEL PRODUCTO:	70 °C	TEMPERATURA AMBIENTE:		14 °C	
MASA DEL CHOCOLATE					
MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Cantidad dosificado (gr)	62,67	62,64	62,66	62,62	62,59
Tiempo (seg)	26	29	27	31	26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN					
Volumen (cm <sup>3</sup> ) (dosificadora)	71,87	71,83	71,86	71,81	71,78

**Fuente:** Planta Chocolates Doña Olguita. Luis Gómez

La máxima producción posible con la máquina dosificadora es de 30 tabletas/min a una temperatura de 70 °C, debido a los parámetros de funcionamiento del cilindro pistón de doble efecto, suponiendo su máxima producción; dado que el volumen de dosificación requerido que es de 62,5 hasta 63,5 gr, se pueden ajustar todas las variables en la simulación, ya que esto reduce las posibilidades de error en una futura construcción de la máquina. A continuación presentamos un resumen de ensayos de dosificación tanto manual como semiautomático realizados en la empresa de Chocolates DOÑA OLGUITA en la ciudad de Ambato.

**Tabla 4.3 Resumen de ensayo de dosificación**

<b>RESUMEN DE ENSAYOS DOSIFICADORA</b>					
Ciclos/min	1,5	2	2,5	3	3,5
MASA	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
Muestra	1	2	3	4	5
Manual	69,5	65,1	66,2	65,7	68,4
Máquina	62,67	62,64	62,66	62,62	62,59
VOLUMEN	(cm3)	(cm3)	(cm3)	(cm3)	(cm3)
Muestra	1	2	3	4	5
Manual	79,7	74,66	75,92	75,34	78,44
Máquina	71,87	71,83	71,86	71,81	71,78

**Fuente:** Experimentación y simulación en Empresa Chocolates Doña Olguita.

Luis Gómez

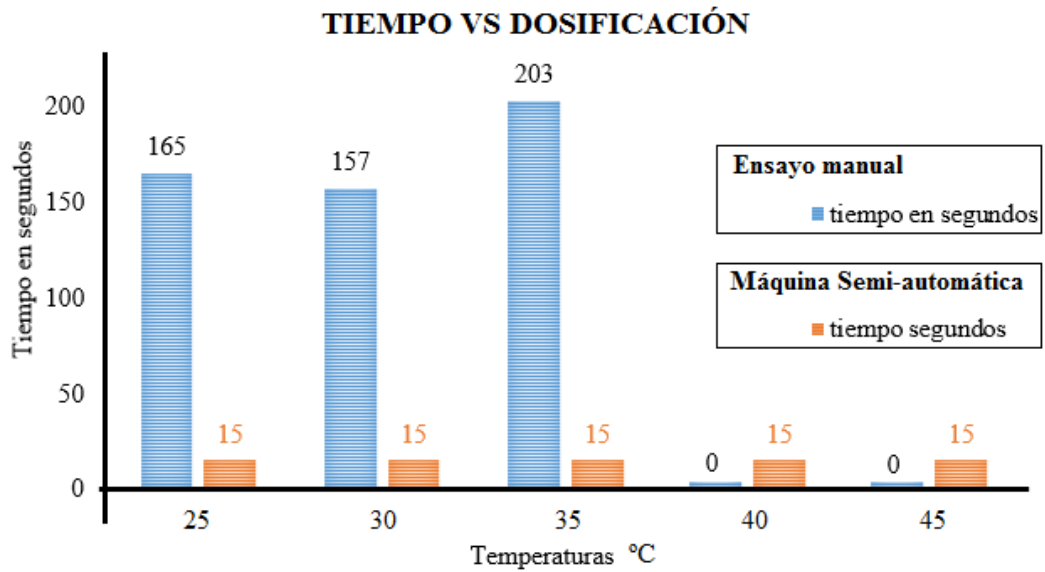
**Tabla 4.4 Resumen de tiempos en ensayo de dosificación**

<b>RESUMEN DE TIEMPOS EN ENSAYOS DE DOSIFICACIÓN DE CHOCOLATE</b>					
TIPO DE FLUIDO:	CHOCOLATE				
TEMPERATURA °C	25	30	35	40	45
MUESTRA	1	2	3	4	5
TIEMPO (s)	165	157	203	0	0
MANUAL (#)	5	5	5	5	5
TIEMPO (s)	0	0	0	15	15
MÁQUINA (#)	10	10	10	10	10

**Fuente:** Experimentación y simulación en Empresa Chocolates Doña Olguita.

Luis Gómez

A continuación se presenta un gráfico del número de muestras y los tiempos de dosificación obtenidos a diferentes temperaturas del chocolate, de manera manual y con la simulación de la máquina dosificadora semiautomática.



**Figura 4.19** Resumen de ensayos de dosificación a diferentes temperaturas

Fuente: Luis Gómez

### 4.3.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA SEMIAUTOMÁTICA

Para la dosificación de la tabletas en la simulación del funcionamiento de la máquina dosificadora neumática se realizaron pruebas en las que se analizó los tiempos, temperaturas y presión de trabajo óptimos para el funcionamiento adecuado de la misma, en este caso se tomó 15 ensayos para una muestra de precisión volumétrica del chocolate depositado en un molde estándar de 62,5 gr. considerando un tiempo óptimo de producción para este ensayo el de 30 ciclos por minuto, así como una temperatura de operación máxima de 70 °C.

En el análisis de resultados se hizo una comparación del tiempo, al realizar el proceso de dosificado manual y el dosificado simulado con la máquina semiautomática. Se usarán los siguientes términos en las tablas:

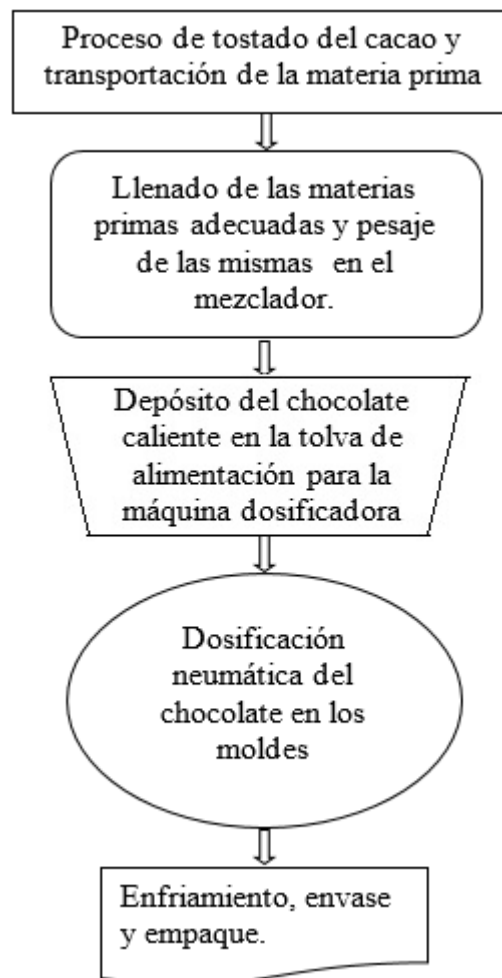
**T.P (Tiempo de proceso)**, Estos valores representarán el tiempo que tarda el proceso de dosificado. Desde que se coloca la muestra en el molde hasta que se enfríe y esta se pese, cada accionamiento neumático constará como una muestra,

estas serán llevadas al cuarto de enfriamiento de 2 a 3 horas según la temperatura ambiente.

*T.T (Tiempo total)*, se sumaron los tiempos del proceso de dosificado manual con la máquina dosificadora semiautomática.

Para el proceso de dosificación manual, se utiliza molinos de baja velocidad por seguridad del operario, ya que es un sistema que funciona manualmente.

En la figura 4.20 se representa un flujo del proceso modificado en la elaboración de las tabletas de chocolate.



**Figura 4.20 Flujo del proceso de la elaboración de la tabletas modificado**

**Fuente:** Luis Gómez

En la tabla 4.5 se analizó el tiempo del proceso de dosificación tomando en cuenta el tiempo del proceso manual y el tiempo de proceso semiautomático, la importancia de realizar esta toma de datos determinó el beneficio productivo y la calidad de realizar el dosificado con la máquina, considerando todas las condiciones que requiere la empresa, la característica más importante es la regulación de la cantidad a dosificar y el uso de la máquina para un cierto número de ciclos por minuto.

Como indica la tabla 4.5 el tiempo tomado en el proceso de dosificado tanto manual como semiautomático se lo realizó para una cantidad de 62,5 gr, con una muestra de 10 tabletas como dato ideal, para este ensayo en la toma de tiempos.

**Tabla 4.5 Porcentaje de tiempo en el proceso de dosificación**

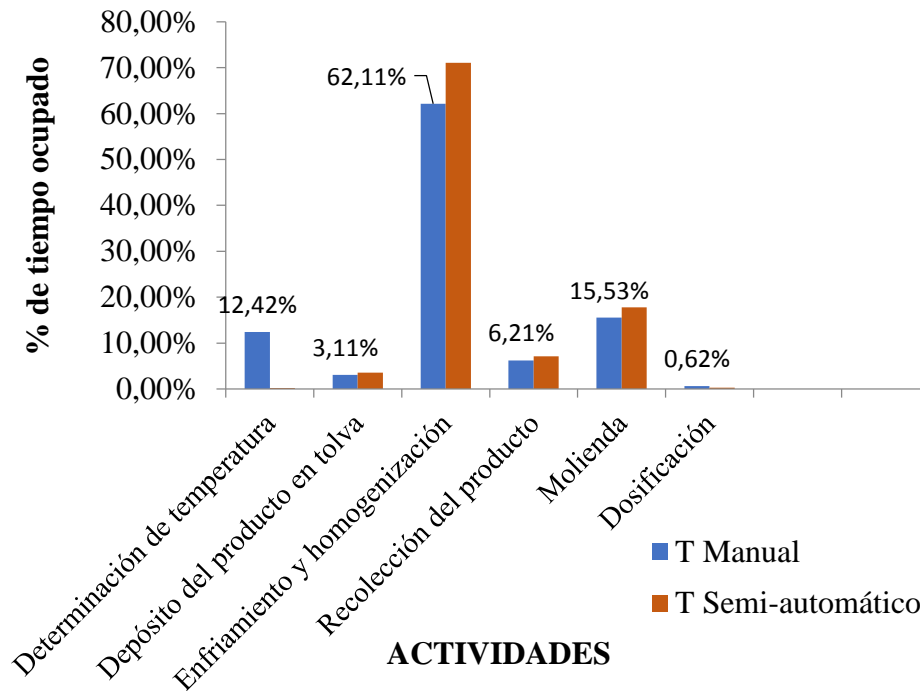
Proceso	TP Manual(seg)	TP Máquina(seg)	TP% Manual	TP% Máquina
Determinación de la temperatura	60	1	12,42	5,75
Colocación del producto (recipiente y/o tolva)	15	15	3,11	86,31
Enfriamiento y homogenización	300	0	62,11	0
Recolección del producto	30	0	6,21	0
Molienda	75	0	15,53	0
Dosificación	3	1,38	0,62	7,94
<b>Tiempo total de dosificación</b>	<b>483</b>	<b>17,38</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Luis Gómez

El tiempo de proceso de dosificación para el ensayo manual es de 483 segundos y 17,38 segundos para el proceso semiautomático, como se observa en la tabla 4.5 para una toma muestral de 625 gr de capacidad de tolva.

En la figura 4.21 se observa un gráfico de barras, con el tiempo empleado en realizar cada una de las actividades en el proceso de dosificación, es decir se compara cuando es necesario realizar esta actividad; ya sea en el proceso manual o como si

se utilizará una máquina dosificadora semiautomática; el ejemplo más claro sería en el enfriamiento y homogeneización, ya que en el proceso manual es necesario dicho paso, mientras que en el proceso semiautomático no se necesita esperar a que enfríe el chocolate.



**Figura 4.21 Tiempo del proceso de dosificación**

**Fuente:** Luis Gómez

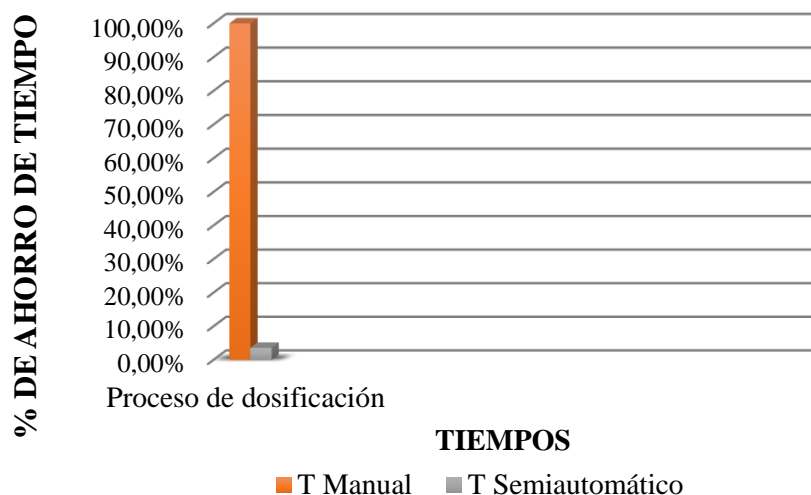
Mediante un análisis de tiempo de producción manual y semiautomática se tiene el ahorro en la siguiente tabla.

**Tabla 4.6 Ahorro de tiempo en el proceso de dosificación manual, semiautomática**

	<b>Tiempo Manual</b>	<b>Tiempo Semiautomático</b>
<b>Tiempo que demora el proceso</b>	<b>483</b>	<b>17,38</b>
Proceso de dosificación	100,00%	3,60%

**Fuente:** Luis Gómez

El ahorro en tiempo del proceso semiautomático frente al proceso manual se tiene en la figura 4.22; obteniendo así un resultado óptimo en el proceso de dosificación.



**Figura 4.22 Ahorro del tiempo total en el proceso de dosificado**

**Fuente:** Luis Gómez

El ahorro del tiempo en el proceso semiautomático, es superlativo ya que existen tareas que no se realizan en el mismo, y que necesariamente se lo hacen en el proceso manual, por ejemplo: esperar a que el producto enfríe, la recolección del mismo y la molienda, estas actividades conllevan a un aumento progresivo del tiempo perdido en todo el proceso; así para una toma muestral de 10 tabletas se concluye que el proceso de dosificado manual tarda 8 minutos, mientras que para el proceso semiautomático tarda solamente 17 segundos, dando como resultado un ahorro del 96% con el uso de una dosificadora semiautomática.

#### **4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

A continuación se presentan resultados, comparando la precisión volumétrica en un proceso de dosificación manual y cómo funcionaría un dosificador semiautomático. Para conocer el grado de esta precisión para las muestras de chocolate, se pasó un test de precisión a un conjunto de 35 tabletas (mayor puntuación significa mayor precisión volumétrica). Se realizó una prueba de dosificado en función del tiempo y la cantidad que se obtiene experimentalmente en el proceso manual; se volvió a medir el tiempo y el grado de precisión volumétrica que presentarían las tabletas de chocolate, mediante una simulación. La columna A representa los datos del proceso



manual de dosificación, mientras que la columna B representa los datos del proceso simulando el uso de la máquina semiautomática de dosificación. Con estos datos, pudimos responder a la pregunta: ¿Qué podemos decir de la eficacia del proceso semiautomático como una técnica para aumentar la precisión volumétrica del dosificado de chocolate?

#### 4.4.1 PRUEBA T PARA LA PRECISIÓN VOLUMÉTRICA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN

- Calculamos la diferencia entre las medias de los dos grupos.
- Cálculo de las diferencias (D) entre parejas de observaciones.
- Cálculo del cuadrado de las diferencias (D<sup>2</sup>).
- Cálculo de la varianza de las diferencias (Sd).
- Cálculo del valor de  $t = \frac{\vec{d}}{sd}$ .

**Tabla 4.7 Prueba T pareada**

A (Manual)	B (Semi-automático)	Df	Df - Md Df	(Df - MdDf) <sup>2</sup>
		Diferencia	Varianza (Sd)	Sd <sup>2</sup>
82,74	71,70	11,04	-4,95	24,51
83,25	71,69	11,56	-4,43	19,66
85,58	71,71	13,88	-2,12	4,48
91,03	71,70	19,33	3,34	11,16
94,66	71,71	22,95	6,95	48,35
83,96	71,67	12,28	-3,71	13,78
80,94	71,70	9,24	-6,75	45,57
90,50	71,69	18,82	2,82	7,98
87,10	71,72	15,38	-0,62	0,38
90,95	71,72	19,23	3,24	10,48
86,95	71,71	15,24	-0,75	0,57
85,17	71,67	13,50	-2,50	6,23
86,23	71,69	14,54	-1,45	2,11
91,61	71,69	19,92	3,93	15,41
94,70	71,71	22,99	7,00	48,99
1315,37	1075,46	239,91	7,00	48,99

**Fuente:** Experimentación Empresa Chocolates Doña Olguita. Luis Gómez

El planteamiento de la hipótesis A y B, vista en el capítulo 2 en la página 46 se calcula con la ecuación (4.53) y (4.54) calculando las varianzas de las diferencias, probando  $H_0 = \text{Método A} = \text{Método B}$ , con un nivel de  $\alpha$  del 5 % se tiene:

$$SS_1 = 115606,33 - \frac{1315^2}{15} = 324,66$$

$$SS_2 = 77107,43 - \frac{1075^2}{15} = 65,76$$

$$tT = \frac{87,67 - 71,67}{\sqrt{\frac{324,66 + 65,76}{(15 - 1) + (15 - 1)} \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{15}\right)}} = 11,73$$

La prueba de la hipótesis  $H_0 = A = B$ , en la “t” tabulada para 0,05 % de nivel de confianza se tiene en la siguiente tabla.

**Tabla 4.8 Prueba T tabulada para dos muestras con varianzas iguales**

Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	87,6911315	71,69724771
Varianza	18,59347508	0,00022545
Observaciones	15	15
Varianza agrupada	9,296850263	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	28	
Estadístico t	14,36536449	
P(T<=t) una cola	9,56944E-15	
Valor crítico de t (una cola)	1,701130934	
P(T<=t) dos colas	1,91389E-14	
Valor crítico de t (dos colas)	2,048407142	

**Autor:** Luis Gómez

Hacemos un análisis comparando el valor del estadístico  $T=14,36$  con el valor crítico de t (puede ser de una cola o dos colas dependiendo del tipo de contraste que

se quiera realizar) una cola t crítico = 9,569E-15 y dos colas t crítico = 1,913E-14.

Para ambos casos la T obtenida es mayor a la Tcrítica, lo cual nos indica que la T obtenida está fuera del área de aceptación de la hipótesis nula (que termina en el T crítico), por lo que se rechaza la hipótesis nula, a favor de la alternativa.

$$T_{obtenida} \geq T_{crítica}$$

$$14,37 \geq 1,7$$

$$14,37 \geq 2,05$$

HIPÓTESIS NULA H0 : X1 = X2

HIPÓTESIS ALTERNATIVA H1 : X1 ≠ X2

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

El modelo de la máquina dosificadora volumétrica de fluidos semi-sólidos garantizará su viabilidad para el diseño porque:

- Tiene gran utilización en el mercado.
- Constituye un diseño práctico y eficiente para la aplicación propuesta.
- El volumen de producción que ofrece el diseño es adecuado con la aplicación que se requiere.
- El método de dosificado por volumen implementado en el diseño tiene grandes ventajas frente a métodos utilizados en la industria convencional como el método de dosificado manual.
- Esto, debido a que la máquina dosificadora cuenta con sensores que controlan la cantidad exacta a dosificar, este sistema es de mucha importancia, ya que facilita el uso y la adaptación del mismo, comparándolo con un sistema mecánico.
- El dimensionamiento de la máquina se ha diseñado de acuerdo a la necesidad de uso de la empresa y las fuentes de información como las de internet, bibliográficas, sugerencias de los trabajadores y opinión de los pequeños productores.

- La implementación de un sistema de dosificación semiautomático, aumentaría la productividad de la empresa, así como se ahorraría el espacio físico ocupado, reemplazando el sistema de molienda obsoleto que se usa para el proceso de dosificado manual.
- El proceso de dosificado semiautomático es muy eficiente ya que mediante simulación de funcionamiento nos proporciona un ahorro del 96%.
- Este sistema no permite la adaptación a diferentes tipos de productos, debido a que el criterio de dosificación se basa directamente en las características físicas del mismo, es el caso de la dosificación volumétrica.
- La implementación de un sistema de control más completo, sea un PLC o un micro controlador, que garantice al diseño mayor versatilidad en el ciclo de trabajo. La selección de un sistema de control más sencillo, se justifica en la reducción de costos así como en la adaptación de una lógica de control sencilla como son contactores.
- Para la aplicación, el uso de un software CAD (diseño asistido por computadora) ha permitido visualizar una idea real del modelo de la máquina y cómo ésta funcionaría si fuese implementada, quedando pendiente la evaluación final y pequeños ajustes en el sistema de control. Sin embargo, los resultados obtenidos son una base fundamental para una eventual implementación como sistema de dosificación.
- El estudio de un sistema de dosificación para sólidos permitiría reducir tiempo, recursos, ruido, quemaduras, esfuerzo físico.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Al realizar el proceso de dosificación en la máquina, el operario deberá alejarse el momento de llenado del producto en lá tolva para evitar quemaduras y accidentes laborales.

- Se debe realizar una limpieza y desinfección de la máquina periódica y permanentemente para evitar que el alimento sea contaminado, como lo establece el Código de Práctica para la Manipulación de Alimentos.
- El sistema de dosificación que comprende; tolva, válvula de dosificación, accesorios y especialmente el cilindro de succión con su vástago deben ser limpiados con agua caliente a una temperatura no mayor a los 40 °C.
- Para un correcto funcionamiento de la máquina tiene que ser operada por una persona responsable y capacitada, y bajo los parámetros especificados para su operatividad.
- Realizar un mantenimiento periódico preventivo, ya que la máquina cuenta con sistemas mecánicos, sistemas de control eléctrico y neumático, en la dosificadora se encuentran elementos que son de mucha importancia para el funcionamiento, un daño en cualquiera de éstos puede disminuir su rendimiento.
- La presión recomendada de funcionamiento es de 5 bares, la disminución o exceso de la misma podría generar inconvenientes en el circuito neumático.
- Para el correcto funcionamiento de la máquina, la temperatura del chocolate debe estar entre los 65 y 70 °C.
- Es muy importante instalar los sensores magnéticos como finales de carrera para el cilindro neumático, ya que con éstos se simplifica el proceso y se precisa la regulación exacta de la cantidad de masa de chocolate que se va a dosificar, pudiendo ser inferior a los 250 gramos.
- Se deben cumplir con todas las normas de Código de Práctica para la Manipulación de Alimentos estipuladas nacional e internacionalmente, así como seguir las instrucciones de normas de seguridad.

# CAPÍTULO VI


## PROPUESTA

### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

#### TEMA:

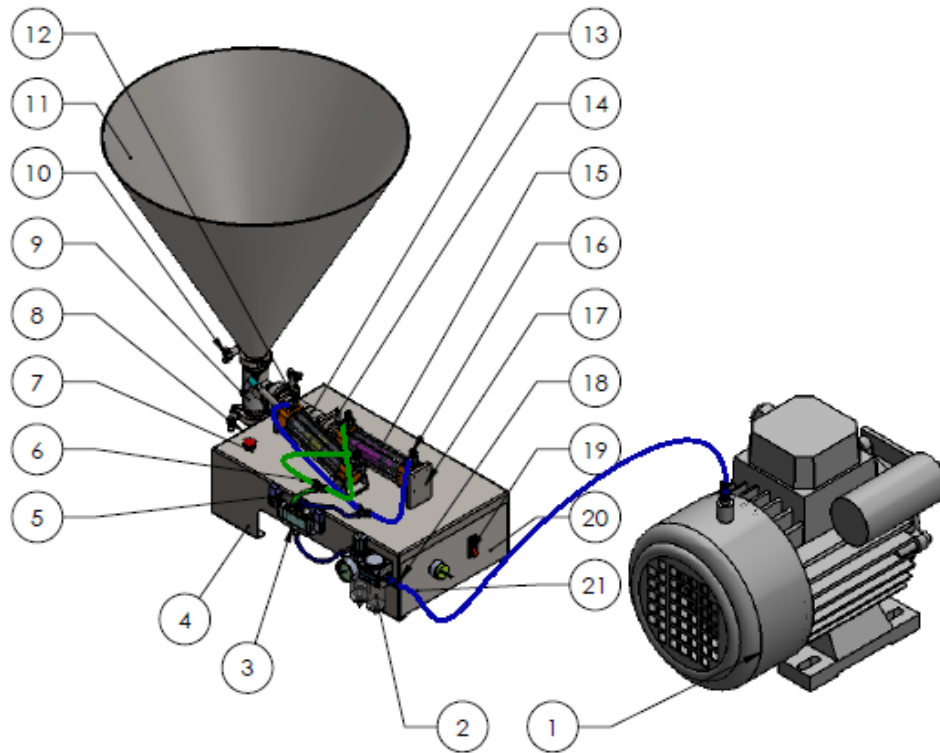
DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA SÓLIDOS, APLICABLE EN LA ELABORACIÓN DE TABLETAS DE CHOCOLATE EN LA EMPRESA CHOCOLATES DOÑA OLGUITA EN LA CIUDAD DE AMBATO.

**Tabla 6.1 Datos generales de la propuesta**

<b>PERSONAL EJECUTORIO:</b>	
Ejecutor:	Egdo. Luis Gómez
<b>UBICACIÓN:</b>	
Institución:	Chocolates Doña Olguita
Ciudad:	Ambato
Dirección:	Av. Jácome Clavijo s/n y Av. Atahualpa 
Carrera:	Ingeniería Mecánica
Áreas:	Diseño Mecánico, Control y Automatización
<b>BENEFICIARIO:</b>	
Razón Social:	Empresa Chocolates Doña Olguita
Gerente:	Ing. Patricia Pazmiño

**Autor:** Luis Gómez

Elementos mecánicos que conforman la máquina dosificadora:



**Figura 6.1 Esquema y partes de máquina dosificadora de chocolate**

**Autor:** Luis Gómez

- 1) Compresor
- 2) Unidad de mantenimiento FRL
- 3) Electroválvula de 5/2
- 4) Estructura de la máquina
- 5) Chapa móvil para cilindro apertura de válvula
- 6) Racor T ¼ x 6 mm
- 7) Paro de emergencia
- 8) Boquilla de dosificación
- 9) Válvula dosificadora
- 10) Bridas de apriete tipo clamp
- 11) Tolva de alimentación
- 12) Soporte de camisa
- 13) Camisa de almacenamiento
- 14) Cilindro neumático (apertura-cierre de válvula)
- 15) Cilindro neumático (succión-empuje fluido)



- 16) Reguladores de flujo
- 17) Soporte fijo de cilindro neumático
- 18) Racor recto  $\frac{1}{4}$  x 6mm
- 19) Selectores manuales
- 20) Tablero de control
- 21) Tubos flexibles de conexión neumático poliuretano azul de 6 mm

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Como se mencionó en el capítulo dos, existen varios trabajos relacionados a este tema en el extranjero, pero a nivel local casi no existe, lo cual se debe a que en nuestro país existen muy pocos equipos de dosificación semiautomáticos para la elaboración de las tabletas de chocolate.

Así mismo es importante mencionar que la tendencia actual es trabajar con máquinas tecnológicamente avanzadas, que se manejen con microcontroladores o PLC, elaboradas con materiales que brinden la máxima seguridad durante todo el proceso y que sean amigables con el medio ambiente.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad los sistemas no son estáticos sino más bien turbulentos, donde los aspectos económicos, sociales, culturales, políticos, geográficos y tecnológicos cambian permanentemente, esto se debe al avance tecnológico y la exigencia de los clientes que cada vez son mayores en la satisfacción de necesidades en un mundo globalizado; es así que Chocolates Doña Olguita debe ajustar su producción a procesos y procedimientos, cumpliendo con todas las normativas nacionales e internacionales, utilizando tecnología para ser más eficiente y competitiva con las empresas que se dedican a la fabricación de las tabletas de chocolate.

## **6.4 OBJETIVOS**

- Realizar un diagnóstico general del proceso de dosificación en la producción actual de la empresa Chocolates Doña Olguita.
- Analizar las características y bondades del dosificador volumétrico de sólidos.
- Proponer el diseño de un dosificador volumétrico para la elaboración de las tabletas de chocolate.
- Seleccionar los materiales adecuados para el manejo de alimentos en el diseño del dosificador .

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Considero que el diseño de un dosificador volumétrico de chocolates es factible de realizar, porque se cuenta con la suficiente información, así como también la predisposición de los directivos de la empresa para mejorar la calidad del producto y crecer en el mercado local, regional y nacional.

Es factible ya que en el mercado interno se pueden encontrar los diferentes materiales y suministros que se van a utilizar en el diseño del dosificador volumétrico de fluidos para la elaboración de tabletas de chocolate.

También debo manifestar que la implementación de una máquina dosificadora para la elaboración de las tabletas de chocolate, nos permitirá realizar el trabajo de manera más efectiva; así como también aprovechar los recursos materiales, económicos, humanos y tecnológicos lo que permitirá obtener un producto de calidad y disminuir los riesgos laborales.

### **6.5.1 ANÁLISIS TÉCNICO**

Para el diseño del sistema de dosificación volumétrica en la elaboración de tabletas de chocolate de la empresa Chocolates Doña Olguita, se propuso de un dosificador semiautomático, que contiene una tolva de alimentación del producto, también de

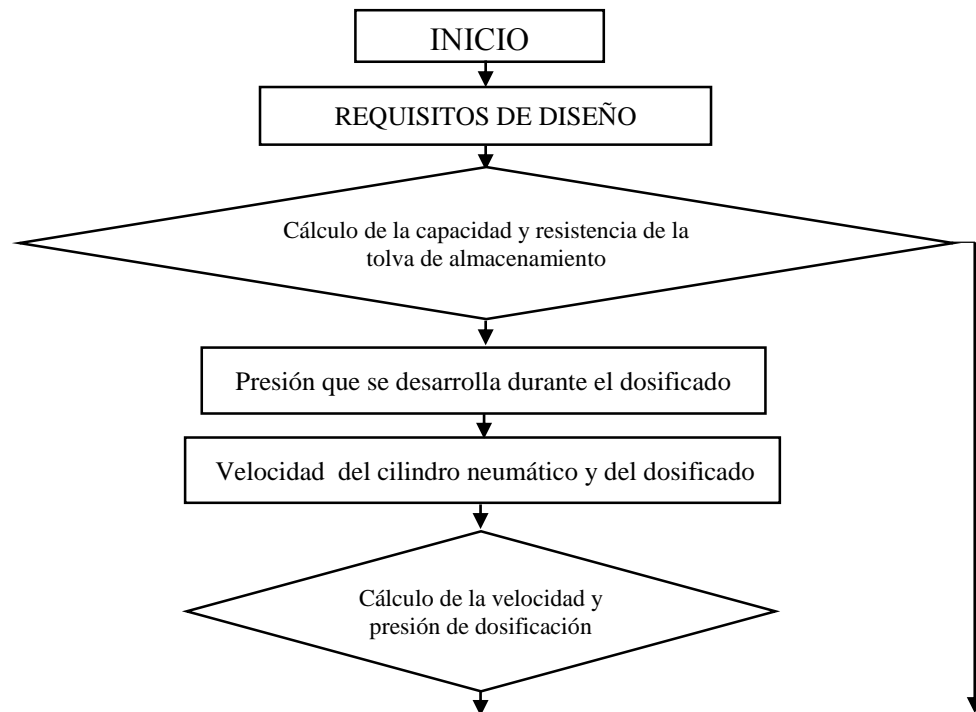
una válvula dosificadora, el movimiento será recíproco entre los cilindros neumáticos, funcionará con un compresor que se controlará con un sistema de regulación de presión, por lo tanto queda claro que el diseño mecánico y neumático es factible.

### 6.5.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Si bien, los materiales, partes, mecanismos, y controles que se utilizaran en la construcción de la máquina dosificadora tienen un precio significativo, este proyecto es viable debido a que su beneficio y eficacia para realizar el proceso de dosificación para la elaboración de las tabletas de chocolate, compensan la inversión económica a corto y largo plazo; además que los gatos serán compartidos entre la empresa y el investigador.

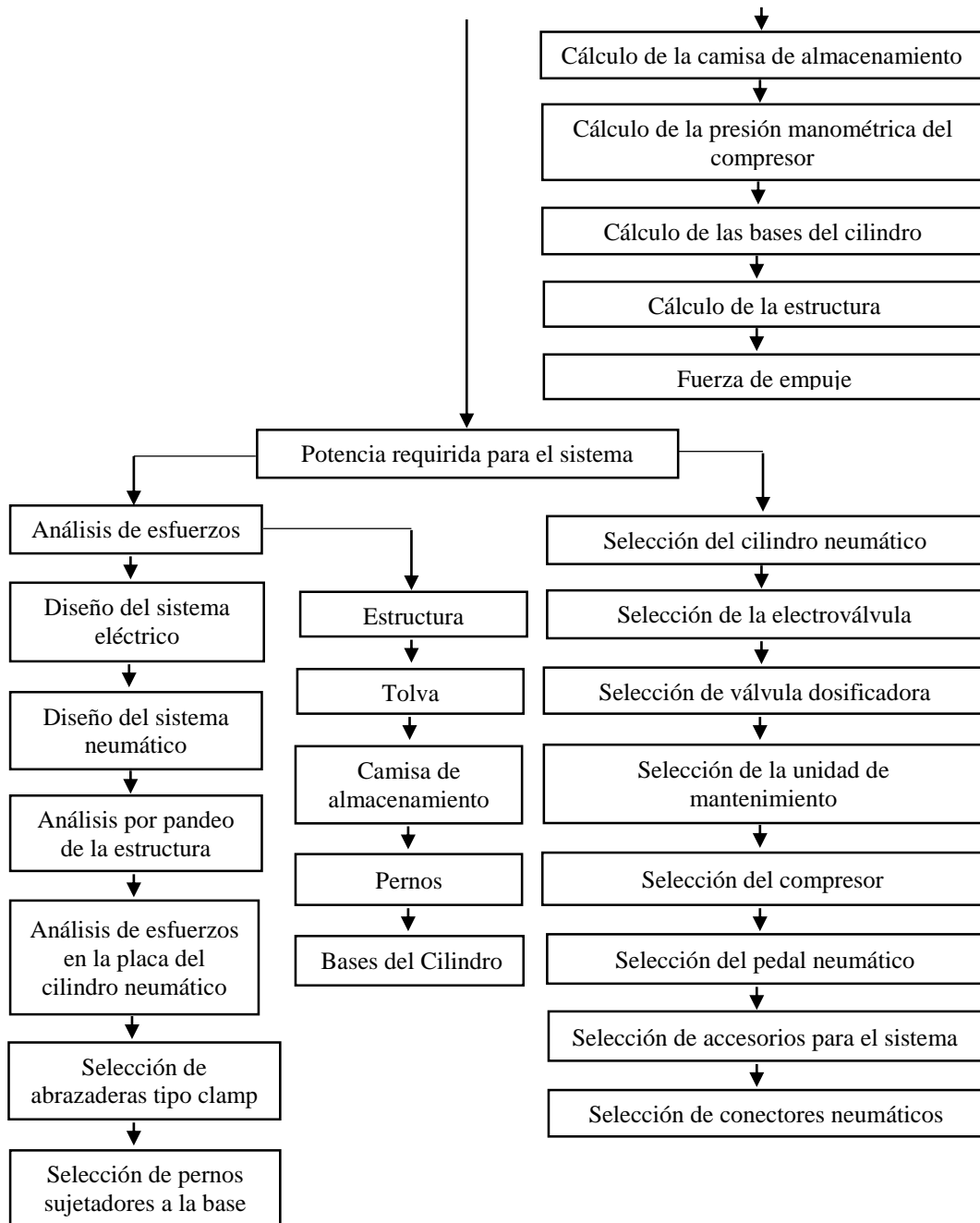
### 6.6 FUNDAMENTACIÓN

#### 6.6.1 DIAGRAMA DE EJECUCIÓN DEL DISEÑO



**Figura 6.2 Diagrama de ejecución del diseño**

**Autor:** Luis Gómez



**Figura 6.2 Diagrama de ejecución del diseño (continuación)**

**Autor:** Luis Gómez

### 6.6.2 REQUISITOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Para el diseño de una máquina dosificadora se requiere conocer características principales de dosificación, como es: caudal de dosificación, velocidad de

dosificación, densidad del fluido a dosificar, viscosidad, temperatura de trabajo.

Con el equipo mostrado en la figura 6.3, se realizó el experimento de dosificación de forma manual, en la fábrica Chocolates Doña Olguita, mediante la utilización de un cronómetro digital, dónde se hace referencia a la tabla 6.2.

**Tabla 6.2 Cálculo de tiempos de dosificación manual para el diseño con 25 muestras**

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TIEMPO (s)
$T_{td}$	Tiempo total	35,5
$T_{ll}$	Alimentación a la tolva	5,25
$T_d$	Dosificado del producto	8,40
$T_c$	Caída del producto	6,47

**Autor:** Luis Gómez



**Figura 6.3 Experimento de prueba manual de dosificación**

**Fuente:** Luis Gómez

## **6.7 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA DOSIFICADORA**

### **6.7.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA VÁLVULA DE DOSIFICACIÓN**

El requerimiento funcional de la válvula de dosificación, se establece como principal parámetro el volumen de dosificado final, el cual se indica como 62,5 gr para la distribución del producto.

En el mercado nacional existen válvulas de dosificación de 3 vías con diámetro reducido, con patrones de flujo en “T” y en “L”, para nuestro diseño se establece el uso de un flujo en “T”, se selecciona una válvula modelo 204 del catálogo Young & Franklin (ANEXO A1), cuyos diámetros comerciales van desde ¼ a 2 pulgadas.

### **6.7.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA TOLVA**

Para los requerimientos funcionales de la tolva para el dosificado, se establece como principal parámetro el volumen en función del tiempo que demora en descargarse completamente; por lo que se debe dosificar la cantidad exacta, en función de la masa y el tiempo de inyección; conociendo que la capacidad de producción es de 30 a 40 tabletas por minuto y que en el molde de la tableta debe contener un peso exacto de 62,5 gr, por cada inyección con una densidad del cacao de 872 kg/m<sup>3</sup>.

## **6.8 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS**

### **6.8.1 DISEÑO DE LA TOLVA**

En el presente estudio de dosificación, la materia prima de alimentación a la tolva es el chocolate en estado líquido (licuoso) o semilíquido a una temperatura de 70°C, el mismo que es un poco denso, los esfuerzos a los cuales va a estar sometida la tolva de alimentación son mínimos, adicionalmente la tolva debe proporcionar suficiente rigidez y el material seleccionado debe garantizar el uso para el consumo humano.

## **SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Para la selección del material adecuado se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El acero común A36 y el pintado electrostático pueden dar un buen resultado al principio pero conforme pasa el tiempo, la pintura se empieza a deteriorar,

exponiendo el alimento al acero común y produciendo una reacción entre el alimento y el acero, provocando la contaminación del alimento con olores y sabores distintos.

El acero inoxidable AISI 304 es indispensable en la fabricación de elementos para la industria alimenticia, hospitalaria, vinícola, de restaurantes, entre otras. Ya que no se pica, no se corroe, ni se oxida, ni tampoco reacciona con ningún alimento y no los decolora ni produce malos olores.

Por las razones citadas, se selecciona como material de construcción para la tolva un acero inoxidable, en este caso (AISI 304) (Catálogo DIPAC ANEXO A2).

En función de los requerimientos de operación de la tolva, se obtiene el volumen, dónde:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{40 \text{ tabletas}}{\text{min}} \text{ (máx)}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{30 \text{ tabletas}}{\text{min}} \text{ (min)}$$

$$\text{Masa de inyección} = 62,5 \text{ gr}$$

Utilizamos la ecuación (4.1)

$$M_i = 40 \times 62,5 = 2500 \frac{\text{gr}}{\text{min}} = 2,5 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

El tiempo establecido para el vaciado de la tolva es de 15 minutos (entre cada carga) esto se ha diseñado por ergonomía y ahorro de tiempo.

$$1 \text{ min} \quad \text{---} \rightarrow 2,5 \text{ kg}$$

$$15 \text{ min} \quad \text{---} \rightarrow X \text{ kg}$$

$$X = (15 \text{ min} \times 2,5 \text{ kg}) / 1 \text{ min}$$

$$X = 37,5 \text{ kg}$$

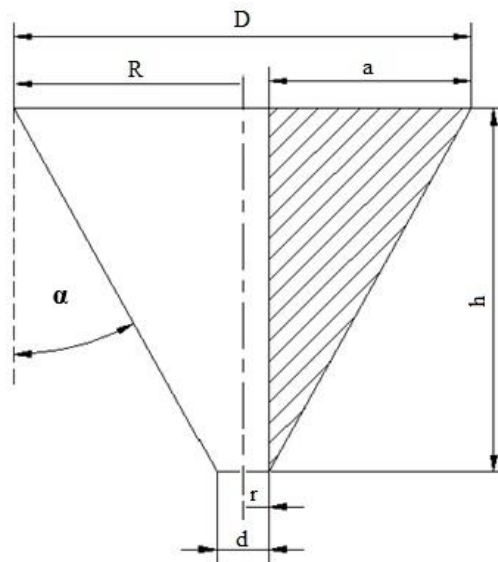
## CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA TOLVA

Utilizamos la ecuación (4.2).

$$V_{\text{tolva}} = \frac{37,5 \text{ kg}}{872 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{tolva}} = 0,043 \text{ m}^3$$

Este volumen determinado es la cantidad exacta necesaria que ocupa la masa para realizar el dosificado durante 15 minutos, en la figura 6.4 se muestra un bosquejo de las dimensiones de la tolva.



**Figura 6.4 Dimensiones básicas de la tolva**

**Fuente:** Luis Gómez

Es necesario encontrar el volumen geométrico de la tolva, conociendo el diámetro de la válvula dosificadora y que va acoplada a un accesorio llamado clamp que tiene un diámetro comercial de 35 mm, se establece este diámetro como interior del tronco de cono.

$$r = \frac{D_{\text{clamp}}}{2} = \frac{0,035}{2}$$

$$r = 0,0175 \text{ m}$$



Relacionando geoméricamente las dimensiones de la tolva con un ángulo de inclinación de 29° en función de la viscosidad de chocolate líquido a 70°C, para el tronco del cono se tiene.

Aplicamos la ecuación (4.3).

$$\tan(29^\circ) = \frac{R - 0,0175}{h}$$

Para el cálculo del volumen del tronco de cono se tiene la siguiente expresión (4.5)

Resolviendo la ecuación (4.6), se tiene

$$R = 282,5 \text{ mm} = 0,2825 \text{ m}$$

Para la facilidad en la construcción de la tolva se tiene:

$$R = 290 \text{ mm} = 0,29 \text{ m}$$

$$D = 580 \text{ mm} = 0,58 \text{ m}$$

Por lo tanto, reemplazando R en la ecuación (4.4) se tiene:

$$h = 0,495 \text{ m}$$

Para la facilidad en la construcción de la tolva se tiene:

$$h = 0,5 \text{ m}$$

## **CÁLCULO DE LA TOLVA COMO CHAPA METÁLICA**

Aplicamos la ecuación (4.10).

$$\alpha = \frac{360 * 0,29}{\sqrt{\left(\frac{0,5 * 0,29}{0,29 - 0,0175}\right)^2 + 0,29}} = 172,276^\circ$$

## **PRESIÓN INTERNA QUE SOPORTA LA TOLVA**

Antes de proseguir a realizar cualquier otro cálculo, es necesario introducir la presión interna máxima que va a soportar la tolva debido a la masa del chocolate.

Utilizando la ecuación (4.11)

$$P = \frac{37,5 * 9,8 * 0,5}{0,043} = 4273,25 \text{ Pa}$$

### CARGA MÁXIMA DE LA TOLVA

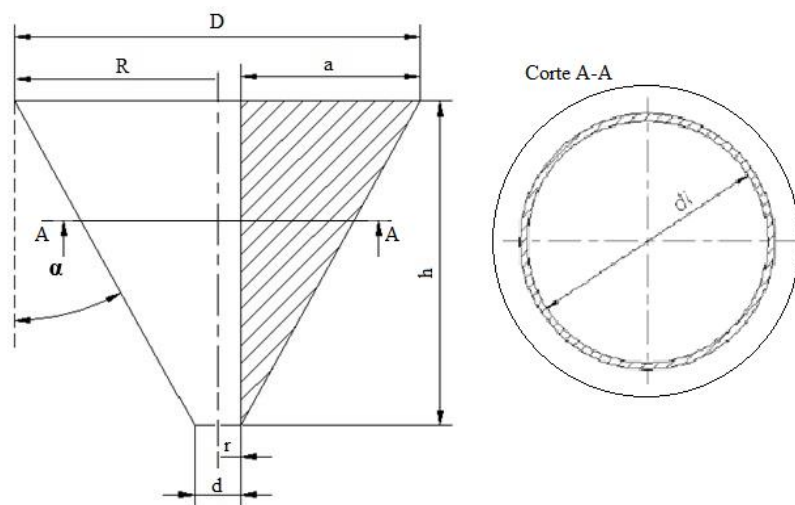
La carga máxima que se encuentra dentro de la tolva se puede comprobar con la expresión (4.12)

$$\gamma = 872 * 9,8 = 8554,32 \text{ N/m}^3$$

$$w = 8554,32 \text{ N/m}^3 * 0,043 \text{ m}^3 = 367,84 \text{ N}$$

### ESFUERZOS A LOS QUE ESTÁ SOMETIDA LA TOLVA

Los esfuerzos se asemejan a los esfuerzos a los que están sujetos los cilindros de paredes delgadas, porque el espesor de la pared, se acerca a un vigésimo del radio.



**Figura 6.5 Dimensiones de la tolva de alimentación**

**Fuente:** SHIGLEY J.; “Diseño en Ingeniería Mecánica”; 8va Edición; Ed.

McGraw-Hill; México

Los diámetros y una representación de la tolva se observa en la Figura 6.5

Utilizamos la ecuación (4.16).

$$d_i = \frac{580 + 35}{2}$$

$$d_i = 307,5 \text{ mm} = 0,3075 \text{ m}$$

Al reemplazar los valores de la presión interna, así como del diámetro promedio interior en la ecuación (4.14), se tiene el esfuerzo tangencial.

$$\sigma_t = \frac{657,01}{t}$$

De la misma forma se puede determinar el esfuerzo longitudinal al que se encuentra sometido la tolva, reemplazando los datos en la ecuación (4.15) se tiene:

$$\sigma_l = \frac{328,51}{t}$$

### **ANÁLISIS SEGÚN LA TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO**

Al aplicar la teoría del esfuerzo cortante máximo en la tolva se puede determinar el espesor  $t$  de la placa, considerando los esfuerzos normales:

$$\sigma_t = \sigma_1$$

$$\sigma_l = \sigma_2$$

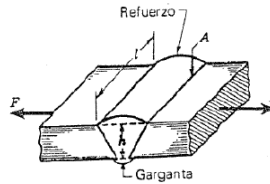
Reemplazando los valores hallados y según la teoría del esfuerzo cortante máximo en la ecuación (4.17) se tiene que:

$$\frac{657,01}{t} + \frac{328,51}{t} = 205 \times 10^6$$
$$t = 3,57 \times 10^{-6} \text{ mm} = 3,57 \times 10^{-3} \text{ m}$$

### **DISEÑO ESTÁTICO PARA LA SOLDADURA DE LA TOLVA**

Para el diseño de la soldadura se selecciona una junta a tope como se muestra en la figura 6.6, la cual no lleva ninguna preparación de biselado debido a su pequeño espesor.

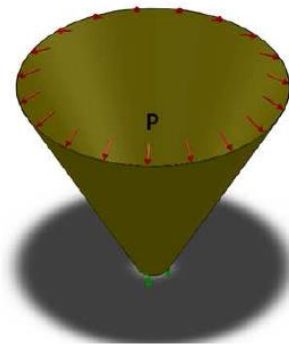
Los esfuerzos en la tolva son relativamente bajos, no obstante se debe realizar los respectivos cálculos para determinar la resistencia mecánica de dicho elemento.



**Figura 6.6 Soldadura típica a tope**

**Fuente:** MIROLIUNOV I.; “Problemas de Resistencia de Materiales”; Tercera Edición; Mir – Moscú; 1978.

La carga F depende de la presión interna ejercida por la masa del chocolate en las paredes de la tolva. Para obtener la fuerza F en la soldadura es necesario conocer la presión interna correspondiente como se muestra en la figura 6.7



**Figura 6.7 Acción de la presión interna P sobre las paredes de la tolva**

**Fuente:** Luis Gómez

Al reemplazar los valores de P,  $d_i$  y h en las ecuaciones (4.20) y (4.21) se obtiene:

$$F = 328,51 \text{ N} = 0,074 \text{ kip}$$

Con el resultado anterior se obtiene el valor de los esfuerzos normal y cortante medio, utilizando las ecuaciones (4.18) y (4.19) respectivamente.

$$\sigma_1 = 287,66 \text{ kPa}$$

$$\tau = 287,66 \text{ kPa}$$

Conociendo los esfuerzos normal y cortante máximos generados por la carga, se procede a seleccionar la soldadura o electrodo con la ecuación (4.24). y sabiendo que el límite de fluencia del acero inoxidable AISI 304, es 276 MPa = 40 ksi (ANEXO A4)

$$\tau_{adm} = 110,4 \text{ MPa}$$

Se comprueba que la unión resulta satisfactoria con la condición (4.22)

$$110,4 \geq 0,287 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación (4.25)

$$\sigma_{adm} = 165,6 \text{ MPa}$$

Se comprueba que la unión resulta satisfactoria con la condición (4.23)

$$165,6 \geq 0,287 \text{ MPa}$$

Como se cumplen ambas condiciones, el esfuerzo de tensión y cortante en el elemento soldado son satisfactorios.

Para encontrar el material adecuado de aporte en la soldadura se selecciona un electrodo E308 con una resistencia de 60 kpsi que de acuerdo al (ANEXO A5), la fuerza permisible por unidad de longitud de 1/16" de espesor de filete es  $F = 0,795$  kip/pulg

Reemplazando en la ecuación (4.26).

$$F_{per} = 0,795 * 22,48 = 17,87 \text{ kip}$$

Aplicamos la ecuación (4.27).

$$17,87 \text{ kip} \geq 0,074 \text{ kip}$$

Por lo tanto decimos que la resistencia del material de aporte es satisfactorio.

## DISEÑO DINÁMICO PARA LA SOLDADURA DE LA TOLVA

Se considera que el límite de la resistencia a la fatiga es de 260 MPa, para análisis dinámico de la soldadura, con la ecuación de Marín (4.28).

Para encontrar el límite de fatiga utilizamos la ecuación (4.29).

$$Se' = 0,5 * 568 = 284 \text{ MPa}$$

El factor de superficie  $k_a$ , cuando se analiza soldaduras y para el material primario, se consideró una superficie en la condición de maquinado en frío, con la ecuación (4.30).

$$k_a = 4,51(568)^{-0,265} = 0,84$$

Para el factor de tamaño se considera una carga de cortante uniforme de tensión en la garganta de la soldadura, por lo tanto:

$$k_b = 1$$

Para el factor de carga se consideró la fuerza interior ejercida en las paredes internas (carga de flexión  $F = 328,51 \text{ N}$ ) así como la colocación continua de la mezcla de chocolate en la tolva como una carga combinada repetitiva, por lo tanto:

$$k_c = 0,59$$

Para temperaturas críticas de hasta  $70^\circ\text{C}$ , en condiciones extremas de operación.

$$k_d = 1,014$$

Para una confiabilidad del 50%.

$$k_e = 1$$

Se establece un factor de concentración de esfuerzo en soldadura,  $k_{fs} = 1,2$  (ANEXO A10), para el factor de efectos diversos.

Reemplazamos los factores calculados en la ecuación (4.28).

$$S_e = 284 * 0,84 * 1 * 0,59 * 1,014 * 1 * 1,2$$

$$S_e = 171,27 \text{ MPa}$$

## **ESFUERZO DE VON MISSES**

### **ESFUERZOS MEDIOS Y ALTERNATES**

El esfuerzo máximo lo calculamos con la ecuación (4.31)

$$\sigma_{\text{máx}} = 498,53 \text{ kPa}$$

Para encontrar el esfuerzo flexionante máximo utilizamos la ecuación (4.32).

$$\sigma_a = 0,249 \text{ Mpa}$$

Para encontrar el esfuerzo medio utilizamos la ecuación (4.33).

$$\sigma_m = 0,249 \text{ Mpa}$$

### **ANÁLISIS SEGÚN LA TEORÍA DE FALLA DE GERBER**

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (4.34).

$$1,92 \times 10^{-7} n^2 + 0,0014538 n - 1 = 0$$

$$n = 634,62$$

Se prueba que la selección de 3 mm de espesor de la placa para la tolva será más que suficiente y no fallará ni estática ni dinámicamente.

Se obtienen factores de seguridad relativamente altos al realizar el diseño tanto estático como dinámico para la soldadura de la tolva, en un material acero inoxidable de espesor de 3 mm, esto es un indicador importante en la selección de los demás elementos que integrarán la dosificadora, y que estén dispuestos técnicamente por el mismo material.

## **6.8.2 DISEÑO DE CAMISA O CILINDRO DE SUCCIÓN**

### **SELECCIÓN DEL MATERIAL**

El material que se utilizará en la camisa de succión del chocolate es un acero inoxidable A 604 (AISI 304), debido a que estará en contacto directo con el producto caliente y brinda ciertas características o propiedades óptimas para las condiciones de servicio estipuladas en el diseño del dosificador, es un material resistente a la oxidación, presenta buena ductilidad y se puede trabajar tanto en frío como en caliente en cualquier ámbito de la industria alimenticia.

Por las razones mencionadas, además de ser factible en la adquisición (Catálogo BOHLER, ANEXO A2), se selecciona este tipo de acero para el cilindro.

### **CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL CILINDRO**

Este volumen se calculará en función de la masa de fluido por ciclo, ya que se necesita de 62,5 gr, y se diseñará para un máximo de 250 gr por ciclo.

De la ecuación (4.2), se tiene el volumen requerido para el diseño de la camisa.

$$V_{\text{camisa}} = \frac{0,25}{872} = 2,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

### **CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL ÉMBOLO**

Las dimensiones a calcular y la fuerza de avance del vástago se muestran en la figura 6.8, el cálculo estará en función del diámetro o superficie útil del émbolo que se encontrará dentro de la camisa y del largo de la misma.

Para encontrar el volumen del cilindro interior de la camisa se utilizará la expresión (4.35), tomando en cuenta la longitud de la misma, ya que se deberá considerar la carrera máxima que pueden tener pistones de doble efecto; y el diámetro del cilindro de la camisa con valores estándar de tubería que se encuentren en el mercado nacional, este cálculo se lo realizará por iteraciones.

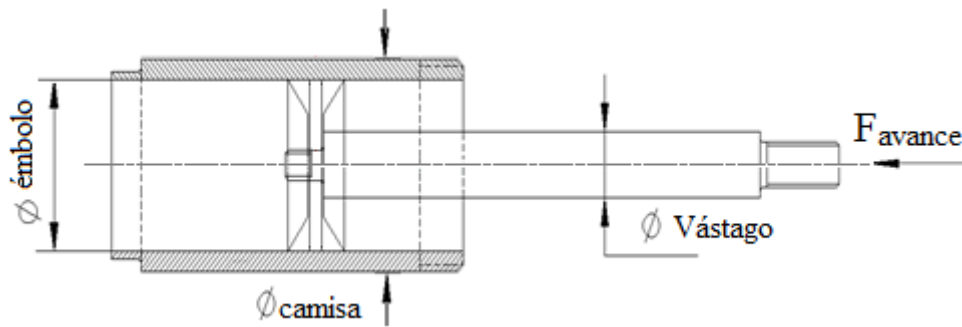


**Tabla 6.3 Selección del diámetro y área útil del émbolo**

$\varnothing$ (diámetro pulg)	L (longitud mm)	A (Área útil m <sup>2</sup> )
1	56,64	$5,07 \times 10^{-4}$
1¼	36,25	$7,92 \times 10^{-4}$
1½	25,17	$1,14 \times 10^{-3}$
1¾	18,5	$1,55 \times 10^{-3}$

**Autor:** Luis Gómez

Se selecciona una tubería redonda de diámetro 1½ pulgadas de acero inoxidable para la construcción de la camisa, con un espesor de 1,1 mm, (ANEXO A11) con lo que podemos calcular el área útil real, es decir con un diámetro interior de 35,9 mm, tanto de la camisa como del émbolo que interactúan en común.



**Figura 6.8 Diagrama del vástago cilindro-émbolo-camisa**

**Autor:** Luis Gómez

Utilizamos la ecuación (4.36).

$$F_{\text{teórica req}} = 303 \text{ N}$$

Para los cálculos se utiliza el cilindro neumático de doble efecto ISO 6431 VDMA  $\varnothing$  32 mm tipo “A” Sensor integrado (ANEXO A20), y se ha seleccionado este actuador, porque vemos que las fuerzas tanto de empuje como de tracción y que la carrera máxima satisface los requerimientos de la máquina.

Se considera una fuerza de rozamiento del 10% de la fuerza teórica aplicada. En nuestro caso, con el resultado calculado anteriormente, se acude al catálogo de cilindros y se selecciona el que más se aproxime.

La fuerza teórica es la fuerza necesaria para empujar o halar la masa que se encuentra en el interior de cilindro de succión, tenemos como datos la fuerza de empuje y de tracción a 5 bares (ANEXO A12) para este cilindro neumático, así:

$$F_{\text{empuje}} = 40,2 \text{ daN} = 402 \text{ N}$$

$$F_{\text{tracción}} = 34,6 \text{ daN} = 346 \text{ N}$$

### **CÁLCULO DEL PESO DEL ÉMBOLO**

Para la selección del material del émbolo se debe considerar que éste opera directamente en contacto con el chocolate, y por esto se ha dispuesto un acero inoxidable, además ya se analizaron las presiones y esfuerzos que actúan en el interior de la camisa y se indica que el material inoxidable soporta dichas cargas, podemos utilizar la ecuación (4.2) para el cálculo del peso del émbolo.

Dónde:

$m_{\text{émbolo}}$  = masa del émbolo de succión, [kg]

$\rho$  = densidad del acero inoxidable AISI 304, 800 kg/m<sup>3</sup>

Para encontrar el volumen del émbolo utilizamos la ecuación (4.35)

$$V = \frac{\pi(0,0359)^2}{4} * 0,02 = 2,02 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$m_{\text{émbolo}} = 800 * 2,02 \times 10^{-5} = 0,0162 \text{ kg}$$

### **PRESIÓN INTERNA DE CAMISA**

Para calcular la presión interna máxima que va a soportar la camisa debido al empuje del cilindro en acción. De la ecuación (4.7)

Dónde:

F = Fuerza de empuje, 402 N

A = Área útil del émbolo,  $1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$P = \frac{402}{1,01 \times 10^{-3}} = 398 \text{ kPa}$$

## ESFUERZOS A LOS QUE ESTÁ SOMETIDA LA CAMISA

Los esfuerzos internos de la camisa de succión se analizarán por la teoría de paredes delgadas, porque el espesor de la pared, se acerca a un vigésimo del radio.

De la ecuación (4.14) y (4.15) respectivamente, se tiene:

$$\sigma_t = \frac{398 \times 10^3 * 0,0359}{2 * 0,0011} = 6,49 \text{ MPa}$$

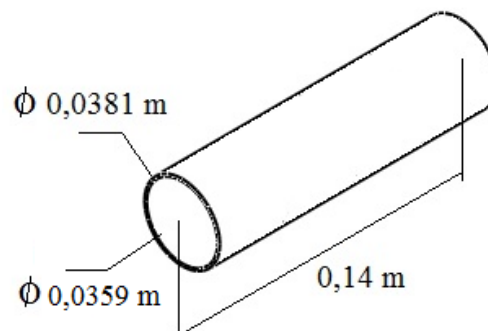
$$\sigma_l = \frac{398 \times 10^3 * 0,0359}{4 * 0,0011} = 3,25 \text{ MPa}$$

Dónde:

$d_i$  = Diámetro promedio, 0,0359 m

P = Presión interna, 398 kPa

t = Espesor de la placa, 0,0011 m



**Figura 6.9 Dimensiones de la camisa de succión**

**Autor:** Luis Gómez

## ANÁLISIS SEGÚN LA TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

Como teoría de falla, al aplicar la ecuación (4.17).

Dónde:

$\sigma_1 = \sigma_t =$  Esfuerzo tangencial, 6,49 MPa

$\sigma_2 = \sigma_l =$  Esfuerzo longitudinal, 3,25 MPa

$s_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable, 276 MPa (ANEXO A4)

$n$  = Factor de seguridad, 1

$$(6,49 + 3,25) \times 10^6 \leq 276 \times 10^6$$

$$9,74 \times 10^6 \leq 276 \times 10^6$$

Como se puede observar en los cálculos, tanto el espesor, como la selección del material soportan las presiones internas que se generan en la camisa de succión, además no se puede reducir más el espesor del cilindro, ya que en el mercado no se fabrican de menor tamaño.

### **DISEÑO ESTÁTICO DE LA CAMISA**

El peso máximo que soporta la camisa es igual a la sumatoria del peso del chocolate incluyendo la tolva, la válvula y accesorios, resolviendo con la ecuación (4.37).

$$W_T = 509,58 \text{ N}$$

Aplicamos la ecuación (4.38).

$$M = 509,58 * 0,015 = 7,64 \text{ Nm}$$

Conocido el momento máximo se realiza el diseño estático para comprobar que la sección de la estructura seleccionada y el material resisten la carga y los esfuerzos presentes.

El área circular hueca de la tubería de la camisa, se puede calcular con la ecuación (4.39).

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0,0381^2 - 0,0359^2) = 0,885 \text{ m}^2$$

Aplicamos la ecuación (4.40) y utilizando el (ANEXO A14), tenemos:

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (0,0381^4 - 0,0359^4) = 2,18 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Con el momento flector máximo se analizará el esfuerzo a flexión, ecuación (4.41).

$$\sigma_f = \frac{7,64 * 0,01905}{2,18 \times 10^{-8}} = 6,67 \text{ MPa}$$

Se calcula el esfuerzo por carga axial con la ecuación (4.42).

$$\sigma_A = \frac{402}{0,885} = 454,24 \text{ Pa}$$

Aplicamos la teoría de falla de Von Misses (4.31), reemplazamos los valores conocidos.

$$\sigma' = \sqrt{454,24^2 - (454,24 * 6,67 \times 10^6) + (6,67 \times 10^6)^2 + 0^2} = 6,669 \text{ Mpa}$$

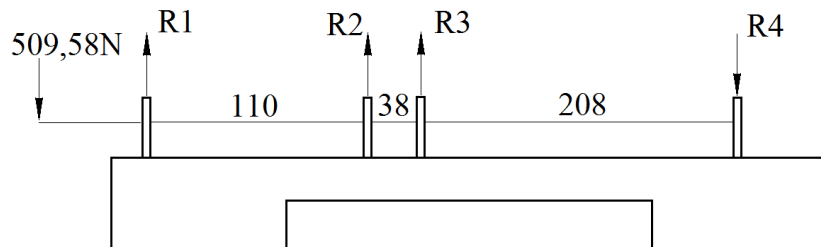
Aplicamos la condición (4.43)

$$n = \frac{276}{6,669} = 41,38$$

Se comprueba que la camisa soportará el peso de la tolva llena, por lo que no se necesitará ningún soporte extra para sostener la tolva.

### 6.8.3 DISEÑO DE LA CHAPA METÁLICA O BASTIDOR

Se realiza el diagrama de cuerpo libre de la chapa en la que se soporta todos los elementos constitutivos del dosificador, en la figura 6.10, se muestran dichas cargas.



**Figura 6.10 Diagrama del cuerpo libre de la chapa metálica**

**Autor:** Luis Gómez

Se aplica la segunda ley de Newton, para encontrar las cargas o reacciones en los soportes tanto de la camisa, como en el cilindro neumático, observando la figura 6.10 y con la ecuación (4.44).

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 509,58$$

Como tenemos cuatro incógnitas como reacciones, debemos realizar un sistema de 4 ecuaciones con 4 incógnitas, por lo tanto podemos aplicar sumatoria de momentos en los puntos de apoyo, aplicando la ecuación (4.45).

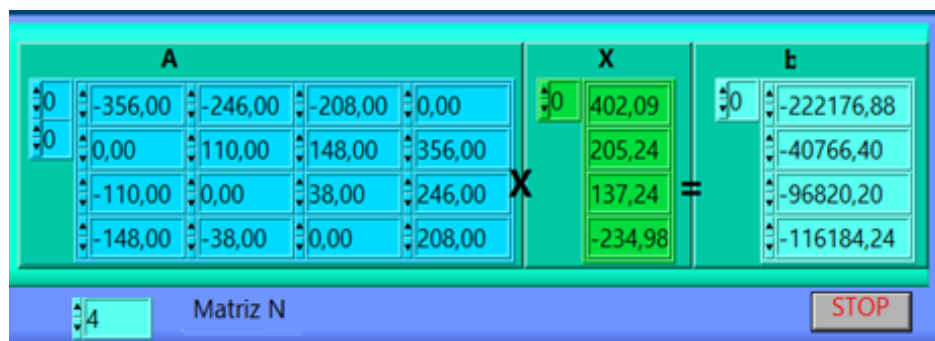
$$110R_2 + 148R_3 + 356R_4 = -40766,4 \quad \text{Ecuación (4.55)}$$

$$-110R_1 + 38R_3 + 246R_4 = -96820,2 \quad \text{Ecuación (4.56)}$$

$$-148R_1 - 38R_2 + 208R_4 = -116184,24 \quad \text{Ecuación (4.57)}$$

$$-356R_1 - 246R_2 - 208R_3 = -222176,88 \quad \text{Ecuación (4.58)}$$

Resolviendo el sistema de 4 ecuaciones con 4 incógnitas, tenemos las reacciones en los apoyos:



**Figura 6.11 Solución de sistema 4 ecuaciones con 4 incógnitas**

**Autor:** Luis Gómez

$$R_1 = 402,09 \text{ N}$$

$$R_2 = 205,24 \text{ N}$$

$$R_3 = 137,24 \text{ N}$$

$$R_4 = -234,98 \text{ N}$$

Para el análisis estático de la base, se determinan las cargas que actúan en la misma, sabemos que aquí se encuentran todas las cargas de peso de la máquina; no existe una carga viva o dinámica.

Por lo tanto indicaremos todos los pesos que actúan en la base:

Peso total = 509,58 N

Fuerza dinámica = 0 N

Para encontrar la carga de diseño a la que estará sujeta la base tenemos la ecuación (4.46).

$$P = 1,4 * 509,58 = 713,41 \text{ N}$$

Utilizamos la ecuación para el esfuerzo para carga concentrada; seleccionamos una placa de acero con  $S_y = 248 \text{ MPa}$ , y despejamos  $t$  de la ecuación (4.47) con un factor de seguridad de 1.

$$t = \sqrt{\frac{1 * 1,67 * 713,41}{248 \times 10^6}} = 0,00219 \text{ m}$$

Por lo tanto el espesor de la placa metálica debe ser mayor o igual a 2,19 mm para que soporte las cargas, se seleccionará un espesor de 2 mm.

## **6.8.4 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

### **6.8.4.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE**

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación, conocidas la presión de trabajo, el diámetro y la carrera del émbolo, el consumo de aire, para un cilindro de doble efecto se calcula como sigue, ecuación (4.49).

$$R_c = \frac{101,3 + 500}{101,3} = 5,94$$

Calculada la relación de compresión reemplazamos los valores calculados anteriormente en la ecuación (4.48)

$$Q = \left[ 9 * \frac{\pi(3,59)^2}{4} + 9 \frac{\pi(3,59^2 - 1,2^2)}{4} \right] * 30 * 5,94$$

$$Q = 16224,07 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 16,22 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Se puede comprobar el consumo de aire, con la utilización del diagrama del ANEXO A15 y la ecuación (4.50), el que se encuentra en función del diámetro del émbolo, la carrera del cilindro y la presión de trabajo, con la siguiente expresión:

$$Q = 9 * 30 * 0,062 = 16,74 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Se calcula el consumo de aire tanto en empuje como en tracción del cilindro, con el ANEXO A16, conocida la presión de trabajo y el número de ciclos de trabajo por minuto, con las ecuaciones (4.51) y (4.52).

$$Q_{\text{empuje}} = 0,048 * 9 * 30 = 12,96 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q_{\text{tracción}} = 0,042 * 9 * 30 = 11,34 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

#### **6.8.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

El sistema neumático que se implementaría requiere, además de los actuadores, una etapa de preparación para el aire, de tal manera el diseño es adaptable a aquellos lugares donde no hay una instalación neumática. Sin embargo, el cliente deberá garantizar la etapa de compresión, quedando pendiente la etapa de preparación del aire. La tabla 6.4 contiene el resumen de los componentes utilizados para la implementación de la instalación neumática de la máquina.



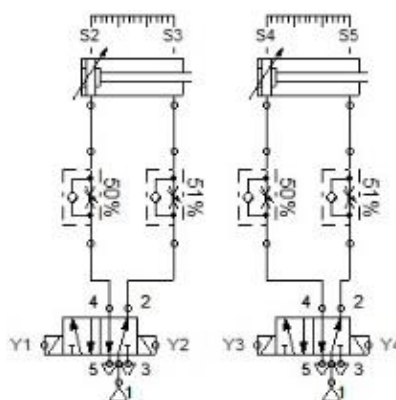
**Tabla 6.4 Resumen de los componentes neumáticos del sistema de control**

CANTIDAD	ELEMENTO NEUMÁTICO	DETALLE
1	Unidad de mantenimiento FRL	
1	Electroválvula 5/2 vías biestable	
2	Cilindros de doble efecto	
4	Sensores electromagnéticos	
2	Racor T ¼ x 6 mm	
8 u	Manguera neumática poliuretano	

**Fuente:** Catalogo FESTO. <http://www.festo.com.co>

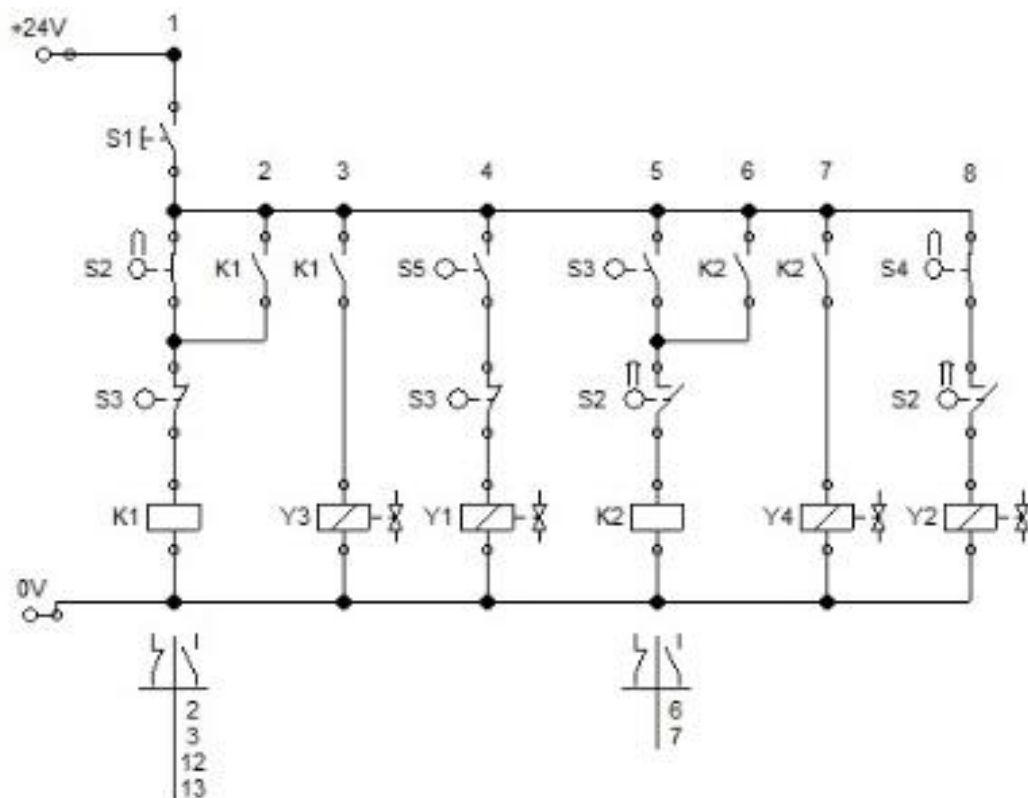
### 6.8.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO PARA LOS ACTUADORES

Los circuitos electroneumáticos implementados para el control de la máquina aparecen a continuación (figuras 6.12 y 6.13)



**Figura 6.12 Esquemático del circuito neumático**

**Autor:** Luis Gómez



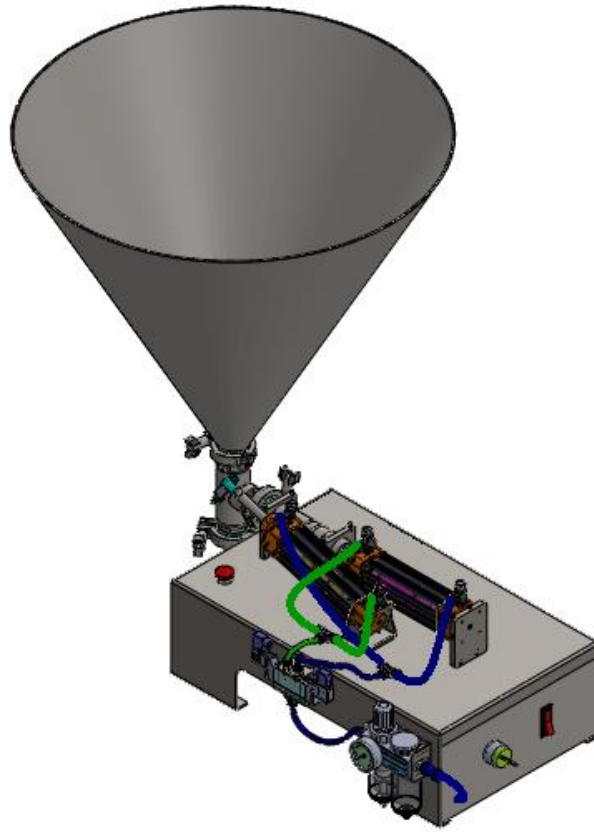
**Figura 6.13 Esquemático del circuito eléctrico de control**

**Autor:** Luis Gómez

## **6.8.5 PANORAMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA**

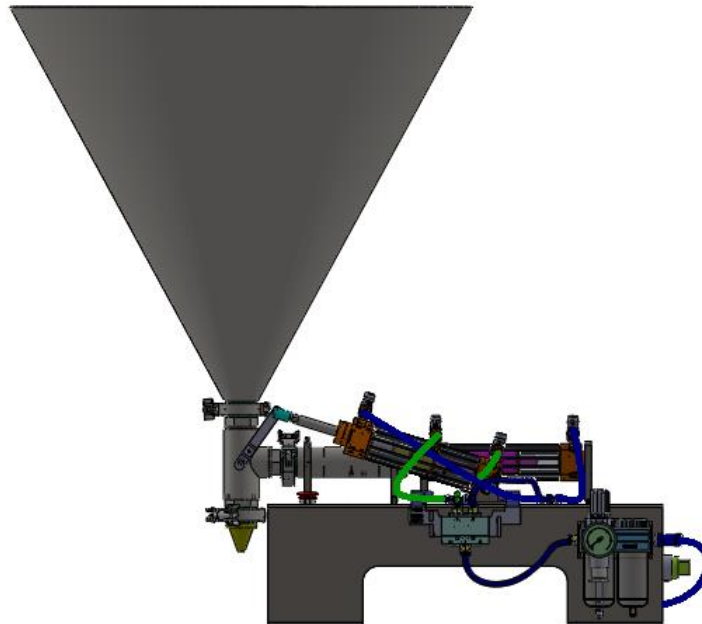
### **6.8.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El producto caliente es introducido a la máquina por la tolva principal; de ésta el fluido semilíquido cae por gravedad hacia la válvula de dosificación, la posición inicial de la válvula está cerrada hacia la dosificación, pero abierta hacia la succión, mientras el otro cilindro neumático acciona dicha posición de succión del chocolate hasta la camisa, las electroválvulas funcionan simultáneamente y mientras la una empuja el producto, la otra abre la válvula de dosificación y viceversa, el dosificado se realiza por medio de una boquilla que permite una presión de salida adecuada; a continuación el producto cae en los moldes y es pesado y luego al sistema de sellado que le permitirá hacer la bolsa y liberar el producto listo para su empaque y distribución.



**Figura 6.14** Modelo final de la máquina (Vista isométrica)

**Autor:** Luis Gómez



**Figura 6.15** Modelo final de la máquina (Vista lateral)

**Fuente:** Luis Gómez

### **6.8.5.2 TIEMPOS DE PRODUCCIÓN POR BOLSA**

Las características finales de producción de la máquina son las siguientes:

- Presentación del producto: bolsas con refuerzo de 250 gr. de producto.
- Material de la bolsa: Laminado BOPP (Polietileno biorientado) coextrusinado mate metalizado.
- Volumen de producción: 3600 bolsas/día (jornada de 8 horas)
- Kilogramos / día: 900 Kg.
- Velocidad de dosificación: 30 ciclos/min = 7,5 bolsas/min
- Velocidad real: 0,125 bolsas /seg
- Una bolsa en: 8 seg

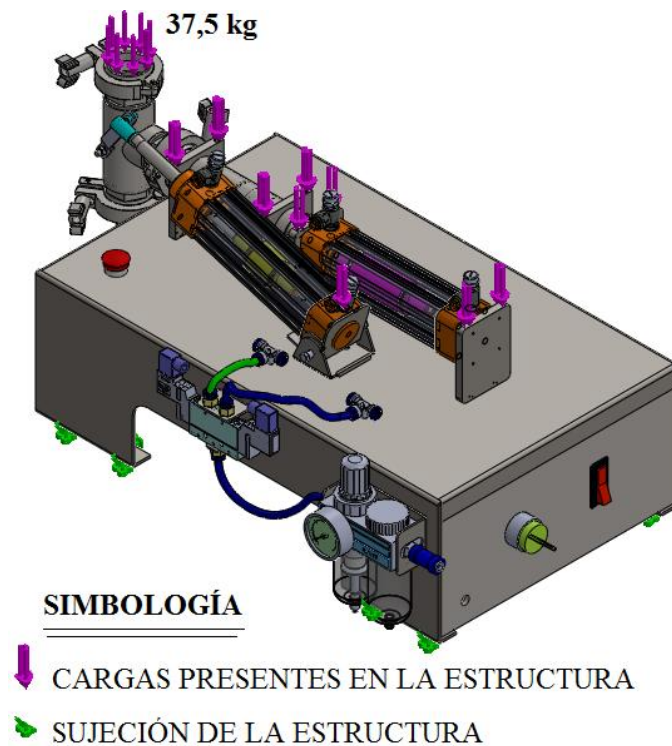
Se debe tener en cuenta que la velocidad de producción de la máquina está determinada en gran parte por la velocidad de funcionamiento de los cilindros que actúan simultáneamente. Factores como la resolución del sensor suman un poco al tiempo de producción. Sin embargo se puede calcular un estimado del tiempo, teniendo en cuenta el producto como una masa y las condiciones ideales de movimiento.

### **6.8.5.3 CAPACIDAD DE CARGA DE LA ESTRUCTURA**

Debe entenderse como una carga estructural aquella que debe ser incluida en el cálculo de los elementos mecánicos (momentos, deformaciones, desplazamientos, fuerzas) de la estructura como sistema y/o de los elementos que la componen. Las cargas estructurales son generalmente clasificadas como: cargas muertas que actúan de forma continua y sin cambios significativos, pertenecen a este grupo el peso propio de la estructura tales como estructuras, edificios, puentes, presas, túneles, maquinaria industrial, etc.

Para el diseño y la construcción de la estructura, la capacidad de carga se ha establecido en base al peso neto de 37,5 kg, mezcla que sale del mezclador industrial, al cual se agrega un 40% de este peso para tomar en consideración los

demás elementos eléctricos, mecánicos o neumáticos que se ensamblarán en dicha estructura.



**Figura 6.163 Cargas pesentes en la estructura de la máquina**

**Autor:** Luis Gómez

#### **6.8.5.4 ESPACIO FÍSICO (ALTURA, ANCHO, LARGO)**

Es el espacio donde se encuentran los objetos y en el que los eventos que ocurren tienen una posición y dirección relativas. El espacio físico es habitualmente concebido con tres dimensiones lineales, alto, ancho y largo.

El prototipo se lo diseña en base a la disponibilidad del espacio físico y distribución de la planta de producción, realizado en la empresa Chocolates Doña Olguita, también se debe considerar las instalaciones y puntos de conexión donde va a operar la máquina dosificadora, las medidas de la máquina son las siguientes: tiene una altura de 1500 mm, ancho 600 mm y largo de 1000 mm.



**Figura 6.174** Espacio físico destinado para la instalación de la máquina

**Fuente:** Luis Gómez

### **6.8.5.5 ERGONOMÍA**

La ergonomía es la disciplina tecnológica que trata del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de estudio de la persona, de la técnica y de la organización. Es una disciplina sistemáticamente orientada, que ahora se aplica a todos los aspectos de la actividad humana con las máquinas.

El aspecto visual del prototipo es importante, ya que tiene que cumplir con las expectativas y características propuestas a los dueños de la empresa, adaptable al medio de trabajo, puesto que la máquina debe ser eficiente en su uso, seguro y que contribuya a mejorar la productividad.



**Figura 6.185** Ergonomía deficiente en el proceso de dosificación

**Fuente:** Luis Gómez

#### **6.8.5.6 COSTO**

Se denomina coste o costo al monto económico que representa la fabricación de cualquier componente o producto, que está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de amortización de la maquinaria.

En el mercado nacional resulta difícil encontrar ofertas de una dosificadora para este tipo de fluido, con las características antes descritas, por lo tanto se toma un costo aproximado a USD 10.000 el cual incluye el diseño y construcción del prototipo.

Este tipo de maquinaria en mercados internacionales se lo consigue a precios elevados con relación al de fabricar en nuestro país.



**Figura 6.196 Vista de máquina dosificadora importada**

**Fuente:** Luis Gómez

#### **6.8.5.7 PESO DEL PROTOTIPO**

En lo que tiene que ver con el peso de la máquina, se debe tener un peso límite que influya drásticamente en los parámetros de diseño, el peso total de la estructura está determinado por los materiales utilizados en la construcción del prototipo y puede estar entre 50 y 60 Kg.

### 6.8.5.8 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo consiste en las visitas continuas a la empresa para determinar los parámetros que intervienen en el diseño de la máquina (físicos, temperatura, instalaciones, y factores de contaminación).



**Figura 6.207** Proceso actual de elaboración de las tabletas de chocolate

**Fuente:** Empresa Chocolates Doña Olguita. Luis Gómez

### 6.8.5.9 DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DOSIFICACIÓN ACTUAL

Actualmente el proceso de producción de las tabletas de chocolate se lo realiza manualmente.

- La empresa cuenta con bodegas de almacenamiento de materia prima (cacao en grano).
- El tueste se lo realiza con una máquina tostadora a gas industrial, la temperatura normal para el desprendimiento de la cascara es de 45 °C.
- Posteriormente se trasporta el grano mediante un sistema de vacío el cual se deposita en el mezclador con azúcar, harina blanca y agua. El mezclado dura aproximadamente 90 minutos a una temperatura de 75°C.
- La continuación del proceso está dada por el vaciado del fluido a un recipiente de acero inoxidable el mismo que es difícil de vaciar en una bandeja de acero inoxidable con dimensiones aproximadas de 1500 mm de largo, 800 mm de ancho y 15 mm de alto. Que almacena un volumen de 0,08 m<sup>3</sup>.



- El chocolate recibe un enfriamiento forzado con ventiladores industriales durante un tiempo de 60 minutos por consiguiente se obtiene un producto granulado y de fácil manipulación que se encuentra a 25°C.
- Una vez enfriado se procede a recolectar el producto en sacos de tela.
- A continuación se lo procede a triturar con unos molinos eléctricos y por fuerza de rozamiento se diluye así se logra la dosificación manual.
- Para darle forma a las tabletas se lo coloca en unos moldes plásticos mediante un fuerza de impacto se logra desprender, su peso oscila entre 60 – 70 gramos sin lograr uniformidad en las tabletas.
- Luego se procede al enfriamiento, pesaje, envase, sellado y empacado del producto.
- Se cumple con un pequeño control de calidad en todas las actividades.

## **6.9 METODOLOGÍA**

Todos los elementos mecánicos, electricos, neumáticos y accesorios que componen la máquina dosificadora volumétrica para sólidos están seleccionados y diseñados de acuerdo al requerimiento del fluido a dosificar, que en nuestro caso es el chocolate caliente, es necesario indicar que este dosificador nos sirve también para dosificar cremas, yogures, pastas, mermeladas, etc, que tengan el mismo grado de viscosidad del chocolate.

## **6.10 ANÁLISIS DE COSTOS**

### **6.10.1 COSTOS DIRECTOS**

Los costos de los materiales, los elementos electroneumáticos, accesorios neumáticos y elementos de soldadura o unión, que se emplean para la construcción del sistema de dosificación volumétrico se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 6.5 Costos de materiales mecánicos**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
½	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI-304		25	150	180
2	CILINDRO NEUMÁTICO ISO	D=50mm,C=250mm	2	61,25	122,5
1	ELECTROVALVULA	5/2 – ¼” BI. 110 VDC	0,5	50	50
2	REGULADOR DE FLUJO	¼ X 8 mm	0,2	6	12
1	VÁLVULA DOSIFICADORA DE ACERO INOXIDABLE AISI-304	1 ½”	1,72	150	150
1	SENSOR MAGÉTICO CILINDRO S.I	D50/63mm	0,3	32	32
1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO S200	F/R-L-1/4”	1	64	64
4	ABRAZADERAS DE TIPO CLAMP EN ACERO INOXIDABLE AISI-304	2”	0,78	15	60
1	VÁLVULA DE CORREDERA ¼”, M-H	1/4”, M-H	0,1	13	13
2	RACOR RECTO	1/4” X 8mm	0,09	1,5	3
3	RACOR CODO	1/4 “x 8mm	2,5	2	6
5	TUBOS NEUMÁTICOS POLIURETANO AZUL	8mm	0,05	2	10
4	ACOPLES DE 3 VIAS	100x100x12mm	0,06	5,5	22
4	PERNOS CON TUERCA	3/8 x ½”	0,05	0,5	2.0
4	ANILLOS DE AJUSTE	D ext 52 mm	0,02	3,5	14
5	ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE	308L	0,02	3,5	17,5
2	SELECTORES ON-OFF	STANDAR	0,052	3	6
1	PARO DE EMERGENCIA	STANDAR	0,25	25	25
<b>Subtotal 1: \$ 773,00</b>					

**Autor:** Luis Gómez

**Tabla 6.6 Costos de materiales varios**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PINTURA ELECTROESTÁTICA	50	50
1	PLIEGO DE LIJA DE HIERRO # 400	3,5	3,5
2	TIÑER	1,8	3,6
5	MASILLA PARA PROTECCIÓN	1	5
1	COMPRESOR DE 2 HP	350	350
<b>Subtotal 2: \$ 412,1</b>			

**Autor:** Luis Gómez

### 6.10.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos que giran por la utilización de máquinas y herramientas se la detalla en la siguiente tabla, estos valores están basados por la hora de ocupación de cada una de ellas.

**Tabla 6.7 Costos de mano de obra**

CARGO	HORAS DE TRABAJO (h)	COSTO/HORA	COSTO TOTAL(\$)
MAESTRO	70	4,5	315
AYUDANTE	50	2,5	125
<b>Subtotal 3: \$ 440</b>			

**Autor:** Luis Gómez

### 6.10.3 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN

Para evaluar el costo total de la máquina consideramos el 10 % de imprevistos a la suma de los costos directos e indirectos.

**Tabla 6.8 Costo total**

SUBTOTAL1 +SUBTOTAL 2 + SUBTOTAL3	1.355,10
10% IMPREVISTOS	135,51
<b>TOTAL</b>	<b>1.490,61</b>

**Fuente:** Luis Gómez

#### 6.10.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis de rentabilidad para el presente proyecto de investigación se realiza enfocado hacia el dosificado de tabletas de chocolate automático.

##### 6.10.4.1 FINANCIAMIENTO

El financiamiento del presente proyecto se lo va ha realizar de la siguiente manera el 50% por el autor y el otro 50% por la gerente de la empresa.

Se establece que se producirán alrededor de 50 cajas diarias, cada caja contiene 25 fundas y cada funda tiene un costo de \$ 1,35.

**Tabla 6.9 Ingreso por venta de tabletas de chocolate**

<b>INGRESOS POR MATERIAL DOSIFICADO</b>	
Dólares/día	1.687,5 USD
Dólares/semana	3.375 USD
Dólares/mes	13.500 USD
<b>Dólares/año</b>	<b>162.000 USD</b>

**Autor:** Luis Gómez

A continuación se especifica los costos de operación y mantenimiento.

**Tabla 6.10 Egresos por uso de dosificadora**

<b>COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
<b>EGRESOS</b>	<b>[USD /MES]</b>
Consumo de Energía Eléctrica	100
Mantenimiento	50
Salarios	600
<b>TOTAL DE EGRESOS MES</b>	<b>750</b>
<b>TOTAL DE EGRESOS AÑO</b>	<b>9000</b>

**Autor:** Luis Gómez

#### 6.10.4.2 DEPRECIACIÓN DEL DOSIFICADOR

Para establecer la depreciación del dosificador (D) se utiliza el método de dígitos de los años: Como afirma el autor de libro Fundamentos de Ingeniería Económica. (Baca, G. 2003).

Se estima la vida útil del dosificador 5 años, el valor inicial de activo es \$ 1490,65.

Las depreciaciones para cada año de estudio se detallan a continuación.

**Tabla 6.11 Depreciación y valor en libros del dosificador**

<b>DEPRECIACIÓN DEL DOSIFICADOR</b>				
<b>Inversión [\$]</b>	<b>V. Salvamento [\$]</b>	<b>Año</b>	<b>Depreciación [\$]</b>	<b>Valor en libros [\$]</b>
<b>1490,65</b>	<b>0</b>	0	0	1490,65
		1	496,88	993,77
		2	397,51	596,26
		3	298,13	298,13
		4	198,75	99,38
		5	99,38	0

**Fuente:** Luis Gómez

Para el cálculo del TMAR se utiliza la ecuación (6.2), con una tasa activa referencial del 14%, premio al riesgo del 13 % y una utilidad para el inversionista del 15%.

$$\text{TMAR} = \frac{(0,14 + 0,13 + 0,15)}{3}$$

$$\text{TMAR} = \frac{0,42}{3} = 14\%$$

#### 6.10.4.3 ESTADO DE RESULTADOS

Con los valores determinados se realiza el estado de resultados equivalente al proceso de dosificación de chocolates semiautomático.

**Tabla 6.12 Estado de resultados equivalente al proceso de dosificación**

<b>ESTADO DE RESULTADOS</b>						
AÑOS	0	1	2	3	4	5
- Inversión	1490,65	0	0	0	0	0
+ Ingresos	0	162000	162000	162000	162000	162000
- Costos	0	6344,698	9840	9840	9840	9840
- Depreciación	0	496,88	397,51	298,13	198,75	99,38
UAI	0	151663,1	151762,4	151861,8	151961,2	152060,6
- Impuesto sobre rentas (25%)	0	37915,78	37940,62	37965,47	37990,31	38015,15
-Reparto de utilidades - 11,25%	0	17062,1	17073,28	17084,46	17095,64	16994,31
UDI	0	96685,24	96748,59	96811,94	96875,31	97051,17
+ Depreciación	0	496,88	397,51	298,13	198,75	99,38
+ Valor de salvamento	0	0	0	0	0	0
Flujo neto de efectivo (FNE)	-1490,65	97182,12	97146,1	97110,03	97074,06	97150,55

**Fuente:** Baca Urbina Gabriel. Fundamentos de Ingeniería económica;  
**Autor:** Luis Gómez

#### 6.10.4.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

En el cálculo del VAN se utilizará TMAR, debido a que los resultados con y sin inflación son idénticos, con la ecuación (6.3)

$$VAN = -1490,65 + \frac{97182,12}{(1+i)^1} + \frac{97146,1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{97150,55}{(1+i)^5}$$

$$VAN = \$ 331986,69$$

El TIR es la tasa de interés  $i$  que se obtiene por iteración cuando en VAN es nulo.

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+TIR)^n}$$

$$0 = -1490,65 + \frac{97182,12}{(1+TIR)^1} + \frac{97146,1}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{97150,55}{(1+TIR)^n}$$

$$TIR = 6600\%$$

$$VAN \geq TMAR$$

$$TIR \geq TMAR$$

Debido a que el VAN y la TIR son mayores que la TMAR, se establece que el proyecto es rentable.

## **6.11 RECOMENDACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA**

- La superficie donde será ubicada la máquina debe ser completamente plana (nivelada), para que su funcionamiento sea correcto; su limpieza debe ser constante.
- Para empezar el dosificado debe estar calibrada la presión adecuada, que va a necesitar la máquina.
- Poner el seguro del paro de emergencia una vez que se haya acabado el proceso de dosificación para evitar el funcionamiento en vacío.

### **6.11.1 MANTENIMIENTO**

- Diariamente realizar la limpieza general y la revisión total de las conexiones neumáticas del dosificador.
- Realizar diariamente la limpieza de la máquina.
- Lubricar los elementos mecánicos móviles.
- Purgar la unidad de mantenimiento.

### **6.11.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD**

El propósito de los símbolos de seguridad es llamar la atención para que tenga cuidado ante posibles condiciones de peligro.



**Figura 6.21 Etiquetas de seguridad y advertencias**

**Fuente:** Luis Gómez

### 6.11.3 CONCLUSIONES

- El dimensionamiento de la máquina se ha hecho de acuerdo a la necesidad de uso y recopilando de la mejor manera las fuentes de información como las de internet, opiniones de los pequeños productores.
- Con el diseño de esta máquina se mejora el uso de máquinas dosificadoras.
- Se crea un precedente de innovación para la elaboración de máquinas tipo alimenticio.

### 6.11.4 RECOMENDACIONES

- Al realizar el proceso de dosificación en la máquina el operario deberá alejarse en el momento de llenado del producto en la tolva para evitar quemaduras y accidentes laborales.
- Utilizar el equipo de seguridad apropiado para el proceso de dosificación.
- Mantener el área de trabajo seca, y con la mayor limpieza posible.
- Lavar con agua caliente todos los elementos mecánicos de acero inoxidable, que estén en contacto directo con el producto, periódicamente.
- Evitar el contacto con el agua de los componentes eléctricos y neumáticos.



## BIBLIOGRAFÍA:

- [1]. Andrew P. (1994). *Resistencia de Materiales*. México: McGraw-Hill.
- [2]. Avallone, E. & Baumeister, T. (1996). *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*. New York: McGraw-Hill.
- [3]. Cengel Y., Cimbala J. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: 1 ed. McGraw-Hill.
- [4]. Cueva C y Flores C. (2008). *Diseño y Construcción de una Mezcladora Dosificadora de Cremas Cosméticas*. Politécnica Nacional de Quito.
- [5]. Dipac. *Catálogo de productos de acero*. Manta.
- [6]. Fox R y Donald Mc. (1995). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. México: 2 ed. McGraw-Hill.
- [7]. Herrera, L., Medina, A., Naranjo, G. (2004). *Tutoría de la Investigación Científica*. Ambato: Tiraje.
- [8]. KUO, Benjamín. (1996). *Sistemas de control automático*. México: 7 ed. Prentice Hal
- [9]. Metalwork. *Catálogo de productos neumáticos*
- [10]. *Monografías.com*. (2011). Obtenido de Contaminación ambiental: <http://www.monografias.com/trabajos34/contaminacion-ambiental>.
- [11]. Morales E. Ortega H y Carrillo D. (2011). *Diseño y Construcción de un Dosificador y Empacador de producto Alimenticio de Molido y seco de 50 gr*. Escuela Superior Politécnica del Ejército
- [12]. Mott L. R. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. México: 4 ed. Pearson
- [13]. Normas de dibujo INEN. ; *Código de Dibujo Técnico Mecánico*; Quito – Ecuador; 1987

[14]. Ortega H y Carrillo D. (2011). *Diseño y Construcción de una Máquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa del Valle Lojano*. Politécnica Nacional de Quito.

[15]. Shames Iving H. (1995). *Mecánica de Fluidos*. Colombia: 3 ed. McGraw-Hill.

[16]. Shigley, J. y Mischke Ch. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw-Hill.

## **LINKOGRAFÍA:**

<http://foro.metalaficion.com/index.php?topic=8237.0>

<http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-2-0-SS304-Pipe-connection-Ferrule-set-Tri-clamp-union-2x-ferrule-1xclamp-1xgasket/1343026899.html?s=p>

[http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item\\_797523](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)

<http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

[http://www.acrison.com/spanish/pages/pro\\_wf\\_02.html](http://www.acrison.com/spanish/pages/pro_wf_02.html)

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tolva\\_de\\_inyeccion.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tolva_de_inyeccion.JPG)

[http://www.tumaquinaria.net/uploads/portfolios/42936/img\\_7563.jp](http://www.tumaquinaria.net/uploads/portfolios/42936/img_7563.jp)

<http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/DZ5.jpg>

<http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/DZ5.jpg>

<http://neumatica-es.timmer-pneumatik>

[http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento neumático](http://www.google.com.ec/search?q=accionamiento+neumático)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

<http://www.accesfluid.com/racores.silenciadores>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano\\_termopl%C3](http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3)

<http://sistemasdetransmisiondefuerzas.blogspot.com/2013>

[http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera\\_clamp](http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera_clamp)

[http://www.imejental.com/productos/manorregulador--pedal-martillo-neumatico-mestra\\_2032862\\_7.html](http://www.imejental.com/productos/manorregulador--pedal-martillo-neumatico-mestra_2032862_7.html)

<http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/10.jpg>


<http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://images04.olx.com.ec/us>.

<http://www.google.com.ec=pulsadores+de+parada+de+emergencia>


**ANEXO A**  
**TABLAS, FIGURAS Y**  
**CATÁLOGOS DE PRODUCTOS**

# ANEXO A1: Características físicas de la válvula de dosificación

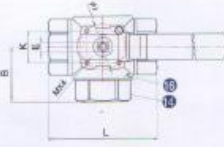
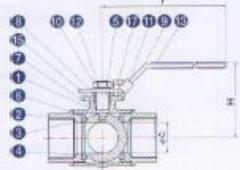
Fuente: Catálogos Young & Franklin

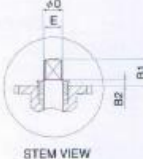


## SERIES 20

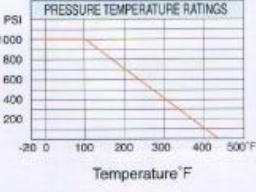


**MODEL 204-1**  
3-WAY REDUCED BORE  
ISO 5211 MOUNTING PAD  
"T" : "L" PORT.  
1000WOG 1/4" ~ 2"



STEM VIEW

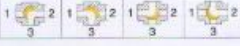


PRESSURE TEMPERATURE RATINGS

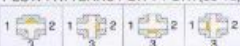
**MATERIALS LIST**

NO.	PART NAME	MATERIAL
1	BODY	ASTM A351 Gr. CF8M
2	END CAP	ASTM A351 Gr. CF8M
3	SEAT	RPTFE
4	BALL	SUS316
5	STEM	SUS316
6	END SEAL	RPTFE
7	STEM SEAL	RPTFE
8	GLAND NUT	SUS304
9	HANDLE	SUS304
10	HANDLE WASHER	SUS304
11	LOCKING DEVICE	SUS304
12	STEM NUT	SUS304
13	HANDLE SLEEVE	VINYL
14	END CAP	ASTM A351 Gr. CF8M
15	STEM PACKING	RPTFE
16	END SEAL	RPTFE
17	STOP BOLT	SUS304

**FLOW PATTERNS FOR L-PORT(38-1L)**



**FLOW PATTERNS FOR T-PORT(38-1L)**



**DIMENSIONS(mm)**

SIZE	B	B1	B2	φC	φD	E	F	H	φI	K	L	M	ISO5211
1/4"	34	11	6	11	12	9	106	58	42	29.7	68	M5	F04
3/8"	34	11	6	11	12	9	106	58	42	29.7	68	M5	F04
1/2"	37.5	11	6	12.7	12	9	138	61	42	29.7	75	M5	F04
3/4"	43	13	6	16	15	11	138	74	50	35.4	86	M8	F05
1"	51.5	19	7.5	20	15	11	162	81	50	35.4	103	M8	F05
1 1/4"	57.5	19	7.5	25	15	11	162	88	50	35.4	115	M8	F05
1 1/2"	62.5	23.5	10	32	15	11	220	104	70	49.5	125	M8	F07
2"	73	24.5	10	38.1	16.5	14	220	110	70	49.5	146	M8	F07

## ANEXO A2: Composición y propiedades del acero inoxidable

Fuente: Catálogos de Aceros DIPAC

Especificaciones Generales						DIPAC <sup>®</sup>				
Norma	304, 316, 430		Espesores		Desde 0,40mm hasta 15,00mm	Rollos	X 1220			
Planchas	4 x 8		Largos y calidades especiales bajo pedido							
Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50~5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 -10,00	0,06	0,030	4,00~6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00- max	0,04	0,030	6,00~8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00- max	0,04	0,030	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-extralowC	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-extralowC	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00- max	0,04	0,030	11,00~15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00- max	0,04	0,030	9,00~13,00
18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00- max	0,04	0,030	9,00~13,00	
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

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

## ANEXO A3: Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Tabla 9-4 Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	0.60S <sub>y</sub>	1.67
Aplastamiento	A tope	0.90S <sub>y</sub>	1.11
Flexión	A tope	0.60-0.66S <sub>y</sub>	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	0.60S <sub>y</sub>	1.67
Cortante	A tope o de filete	0.30S <sub>v</sub>	

\*El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de 0.40S<sub>v</sub> del metal base.

## ANEXO A4: Límite de fluencia del acero inoxidable

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*

**Tabla A-22**

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Fluencia	Última	A la fractura
			$S_y$	$S_u$	$\sigma_f$
			Mpa (kpsi)	Mpa (kpsi)	Mpa (kpsi)
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>†</sup>
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) <sup>†</sup>
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) <sup>†</sup>
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>

\*Los valores se toman de una o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%. <sup>†</sup>Valor derivado.

## ANEXO A5: Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*

**Tabla 9-6**

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

**Programa A: Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete**

		Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)						
		60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial								
$\tau =$		18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal								
$^{\dagger}f =$		12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal							
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45	
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36	
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77	
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18	
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59	

\*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee. <sup>†</sup> $f = 0.707h\tau_{perm}$ .

Fuente: Adaptada de Omer W. Blodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1991, p. 3. Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.



### ANEXO A6: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ 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

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

### ANEXO A7: Factor de carga para la ecuación de Marín

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla Factor de carga  $k_c$**

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases} \quad (6-26)$$

### ANEXO A8: Efecto de temperatura de operación para diseño a fatiga

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

**Tabla 6-4**

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero. \* ( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;  $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$ )

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
70	1.014	158	1.015
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

\*Fuente de datos: figura 2-9.

## ANEXO A9: Factor de confiabilidad para diseño a fatiga

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Tabla 6-5

	Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_0$	Factor de confiabilidad $k_c$
Factores de confiabilidad $k_c$ correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga	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 A10: Factor de concentración de esfuerzos para soldadura

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Tabla 9-5

	Tipo de soldadura	$K_{fs}$
Factores de concentración del esfuerzo, $K_{fs}$	A tope reforzada	1.2
	De filete transversal, en la punta	1.5
	De filetes paralelos, en el extremo	2.7
	A tope en T, con esquinas agudas	2.0

## ANEXO A11: Propiedades geométricas de tubería redonda de acero inoxidable

Fuente: Catálogo acero DIPAC

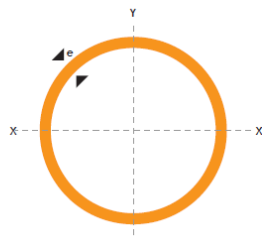
### TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

#### Especificaciones Generales

Norma	AISI 304
Largo Normal	6 mts.
Otros largos dimensiones	previas consulta
Desde 5/8" a 2 7/8"	
Espesor	Desde 0.8 mm a 2.0 mm

#### NOMENCLATURA

A=	Área de la sección transversal del tubo, cm <sup>2</sup>
I=	Momento de inercia de la sección, cm <sup>4</sup>
W=	Módulo resistente de la sección, cm <sup>3</sup>
i=	Radio de giro de la sección, cm



	DIAMETRO EXTERIOR (D)	ESPESOR		PESO		PROPIEDADES		
		e mm	P kg/6m	A cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88	
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87	
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87	
1 1/4	31.75	1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86	
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85	
		0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18	
1 1/2	38.10	1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08	
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07	
		0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31	
1 3/4	44.45	1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31	
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30	
		0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54	
1 7/8	47.63	1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53	
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52	
		0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65	
2	50.80	1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64	
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63	
		0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76	
2 3/8	60.33	1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76	
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74	
		0.95	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08	
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19	

**ANEXO A12: Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción (teóricas)**

**Fuente: Catálogo METAL WORK**



**FUERZAS DESARROLLADAS EN EMPUJE Y TRACCIÓN (TEÓRICAS)**

Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	Aire útil cm <sup>2</sup>	Fuerza en empuje y tracción en daN en función de la presión de ejercicio en bar									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
8	4	empuje	0.50	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		tracción	0.38	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8
10	4	empuje	0.79	0.8	1.6	2.4	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9
		tracción	0.66	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6
12	6	empuje	1.13	1.1	2.3	3.4	4.5	5.7	6.8	7.9	9.0	10.2	11.3
		tracción	0.85	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	6	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.73	1.7	3.5	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
16	8	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.51	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.6	12.1	13.6	15.1
20	8	empuje	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		tracción	2.64	2.6	5.3	7.9	10.6	13.2	15.8	18.5	21.1	23.8	26.4
20	10	empuje	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		tracción	2.36	2.4	4.7	7.1	9.4	11.8	14.1	16.5	18.8	21.2	23.6
25	8	empuje	4.91	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.5	34.4	39.3	44.2	49.1
		tracción	4.41	4.4	8.8	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.7	44.1
25	10	empuje	4.91	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.5	34.4	39.3	44.2	49.1
		tracción	4.12	4.1	8.2	12.4	16.5	20.6	24.7	28.9	33.0	37.1	41.2
32	12	empuje	8.04	8.0	16.1	24.1	32.2	40.2	48.3	56.3	64.3	72.4	80.4
		tracción	6.91	6.9	13.8	20.7	27.6	34.6	41.5	48.4	55.3	62.2	69.1
40	12	empuje	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		tracción	11.44	11.4	22.9	34.3	45.7	57.2	68.6	80.0	91.5	102.9	114.4
40	16	empuje	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		tracción	10.56	10.6	21.1	31.7	42.2	52.8	63.3	73.9	84.4	95.0	105.6
50	16	empuje	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		tracción	17.62	17.6	35.2	52.9	70.5	88.1	105.7	123.4	141.0	158.6	176.2
50	20	empuje	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		tracción	16.49	16.5	33.0	49.5	66.0	82.5	99.0	115.5	131.9	148.4	164.9
63	16	empuje	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		tracción	29.16	29.2	58.3	87.5	116.6	145.8	175.0	204.1	233.3	262.5	291.6
63	20	empuje	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		tracción	28.03	28.0	56.1	84.1	112.1	140.2	168.2	196.2	224.2	252.3	280.3
80	20	empuje	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		tracción	47.12	47.1	94.2	141.4	188.5	235.6	282.7	329.9	377.0	424.1	471.2
80	25	empuje	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		tracción	45.36	45.4	90.7	136.1	181.4	226.8	272.1	317.5	362.9	408.2	453.6
100	25	empuje	78.54	78.5	157.1	235.6	314.2	392.7	471.2	549.8	628.3	706.9	785.4
		tracción	73.63	73.6	147.3	220.9	294.5	368.2	441.8	515.4	589.0	662.7	736.3
125	32	empuje	122.72	122.7	245.4	368.2	490.9	613.6	736.3	859.0	981.7	1104.5	1227.2
		tracción	114.68	114.7	229.4	344.0	458.7	573.4	688.1	802.7	917.4	1032.1	1146.8
160	40	empuje	201.06	201.1	402.1	603.2	804.2	1005.3	1206.4	1407.4	1608.5	1809.6	2010.6
		tracción	188.50	188.5	377.0	565.5	754.0	942.5	1131.0	1319.5	1508.0	1696.5	1885.0
200	40	empuje	314.16	314.2	628.3	942.5	1256.6	1570.8	1885.0	2199.1	2513.3	2827.4	3141.6
		tracción	301.59	301.6	603.2	904.8	1206.4	1508.0	1809.6	2111.1	2412.7	2714.3	3015.9

NOTAS

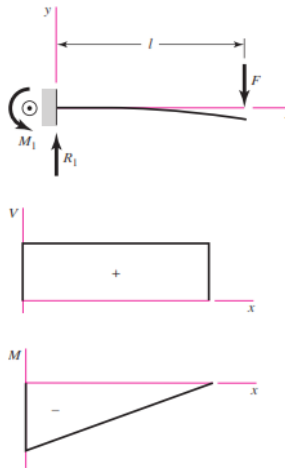
**ANEXO A13: Diagrama de cortante y flector máximo para viga en voladizo con carga extrema**

*Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica*

**Tabla A-9**

Cortante, momento y deflexión de vigas  
(Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante  $V$  y el momento cortante  $M$  siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

1 En voladizo: carga en extremo



$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fl$$

$$M = F(x - l)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3l)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{3EI}$$

**ANEXO A14: Propiedades geométricas del círculo hueco**

*Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica*

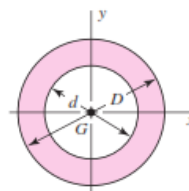
**Tabla A-18**

Propiedades geométricas

**Parte 1 Propiedades de las secciones**

- $A$  = área
- $G$  = ubicación del centroide
- $I_x = \int y^2 dA$  = segundo momento de área con respecto al eje  $x$
- $I_y = \int x^2 dA$  = segundo momento de área con respecto al eje  $y$
- $I_{xy} = \int xy dA$  = momento mixto de área con respecto a los ejes  $x$  y  $y$
- $J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$   
= segundo momento polar de área con respecto al eje que pasa por  $G$
- $k_x^2 = I_x/A$  = radio de giro al cuadrado con respecto al eje  $x$

Círculo hueco



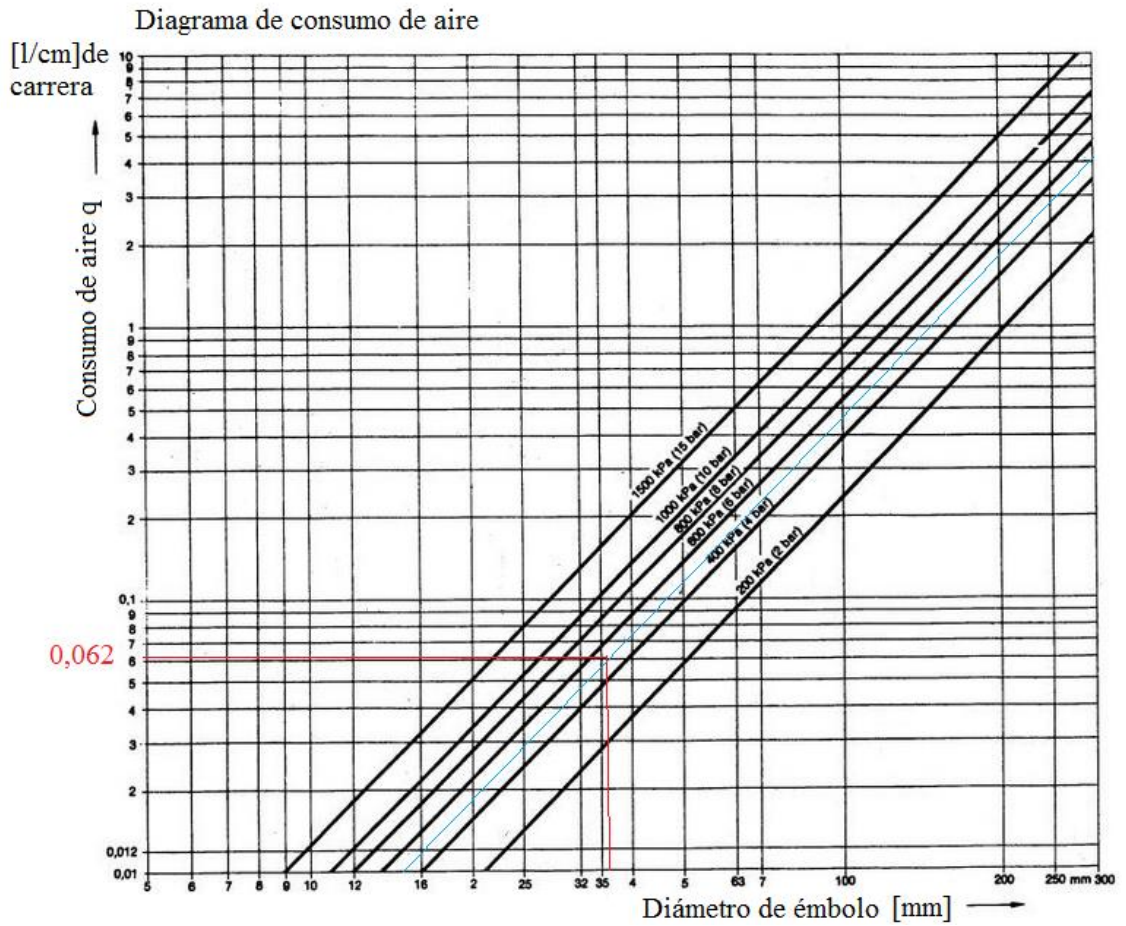
$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$



**ANEXO A15: Diagrama de consumo de aire**

**Fuente:** [http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)

[36315-797563.html#product-item\\_797523](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)



# ANEXO A16: Consumo de aire en los cilindros

Fuente: Catálogo METAL WORK



*Sección transversal*

## CONSUMO DE AIRE EN LOS CILINDROS

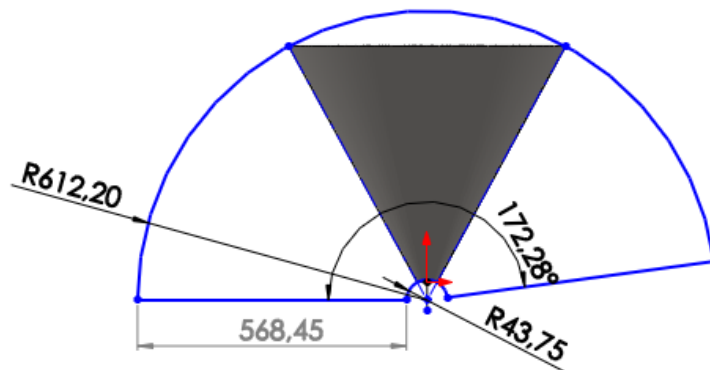
Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	S <sub>ext</sub> cm <sup>2</sup>	Consumo de aire en empuje y tracción en Nl/cm de carrera, en función de la presión de ejercicio P en bar, a 20°C									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
12	4	empuje	1,13	0,0023	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0090	0,0102	0,0113	0,0124
		tracción	1,00	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0070	0,0080	0,0090	0,0100	0,0110
16	6	empuje	2,01	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0121	0,0141	0,0161	0,0181	0,0202	0,0221
		tracción	1,73	0,0035	0,0052	0,0069	0,0086	0,0104	0,0121	0,0138	0,0156	0,0173	0,0190
20	8	empuje	3,14	0,0063	0,0094	0,0126	0,0157	0,0188	0,0220	0,0251	0,0283	0,0314	0,0346
		tracción	2,64	0,0053	0,0079	0,0106	0,0132	0,0158	0,0185	0,0211	0,0238	0,0264	0,0290
25	12	empuje	4,91	0,0098	0,0147	0,0196	0,0245	0,0295	0,0344	0,0393	0,0442	0,0491	0,0540
		tracción	3,78	0,0076	0,0113	0,0151	0,0189	0,0227	0,0264	0,0302	0,0340	0,0378	0,0415
32	12	empuje	8,04	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		tracción	6,91	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,049	0,058	0,066	0,074	0,082
40	16	empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,076	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		tracción	10,55	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,088	0,095	0,106	0,116
50	20	empuje	19,63	0,039	0,059	0,079	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		tracción	16,49	0,033	0,050	0,066	0,082	0,099	0,115	0,132	0,149	0,165	0,181
63	20	empuje	31,16	0,062	0,093	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		tracción	28,02	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	empuje	50,24	0,100	0,150	0,200	0,250	0,301	0,351	0,402	0,452	0,502	0,552
		tracción	45,36	0,091	0,138	0,181	0,227	0,272	0,318	0,363	0,408	0,454	0,500
100	32	empuje	78,54	0,157	0,238	0,314	0,382	0,471	0,549	0,628	0,706	0,785	0,862
		tracción	70,50	0,141	0,211	0,282	0,352	0,423	0,493	0,564	0,635	0,705	0,775
125	32	empuje	122,66	0,245	0,368	0,490	0,613	0,736	0,859	0,981	1,104	1,226	1,349
		tracción	114,67	0,229	0,344	0,459	0,573	0,688	0,803	0,917	1,032	1,147	1,262
160	40	empuje	201,06	0,402	0,603	0,804	1,005	1,206	1,407	1,608	1,809	2,010	2,211
		tracción	188,49	0,377	0,565	0,754	0,942	1,130	1,319	1,508	1,696	1,884	2,073
200	40	empuje	314,15	0,628	0,942	1,257	1,571	1,885	2,199	2,513	2,827	3,141	3,456
		tracción	301,59	0,603	0,905	1,206	1,508	1,810	2,111	2,413	2,714	3,016	3,318

## FUERZA DE LOS MUELLES DE LOS CILINDROS DE SIMPLE EFECTO (TEÓRICA)

Cilindro ISO 6431 Simple Efecto				Cilindro SSC Simple Efecto			
Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
32	63	250	35	12	6	25	1,5
40	88	250	51	16	7	25	3
50	102	250	64	20	12	25	4
63	102	250	64	25	14	25	5
Cilindro ISO 6432 Simple Efecto				32	33	50	6
8	3	50	1	40	45	50	15
10	5	50	1	50	70	50	20
12	7	50	3	63	81	50	25
16	20	50	5	Cilindro redondo simple efecto			
20	22	50	12	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
25	28	50	17	32	86	250	34
Cilindro de cartucho Simple Efecto				40	95	250	50
Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N	50	108	250	62
6	5.03	15	-	Cilindro de cartucho Simple Efecto			
10	7.05	15	-	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
16	7.05	15	-	6	5.03	15	-
$P = P_1 + \frac{(P_2 - P_1)}{C_{max}} \cdot C_x$ <p>                     P<sub>1</sub> = Fuerza del muelle extendido                      P<sub>2</sub> = Fuerza del muelle comprimido                      C<sub>x</sub> = Carrera deseada                      C<sub>max</sub> = Carrera max.                 </p>				10	7.05	15	-
				16	7.05	15	-

**ANEXO A17: Dimensiones de chapa metálica de la tolva de dosificación**

**Autor:** Luis Gómez



**ANEXO A18: Accesorios neumáticos Racor rectos, codos 90°, T**

**Fuente:** [http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item\\_797523](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)

<b>XPU</b>	<b>MODEL( ∅ D )</b>		<b>XPV</b>	<b>MODEL( ∅ D )</b>	
	Tube(Metric)	Tube(Inch)		Tube(Metric)	Tube(Inch)
	XPU 04	XPU 5/32		XPV 04	XPV 5/32
	XPU 06	XPU 3/16		XPV 06	XPV 3/16
	XPU 08	XPU 1/4		XPV 08	XPV 1/4
	XPU 10	XPU 5/16		XPV 10	XPV 5/16
	XPU 12	XPU 3/8		XPV 12	XPV 3/8
	XPU 14	XPU 1/2		XPV 14	XPV 1/2
	XPU 16			XPV 16	

<b>XPE</b>	<b>MODEL( ∅ D )</b>		<b>XPY</b>	<b>MODEL( ∅ D )</b>	
	Tube(Metric)	Tube(Inch)		Tube(Metric)	Tube(Inch)
	XPE 04	XPE 5/32		XPY 04	XPY 5/32
	XPE 06	XPE 3/16		XPY 06	XPY 3/16
	XPE 08	XPE 1/4		XPY 08	XPY 1/4
	XPE 10	XPE 5/16		XPY 10	XPY 5/16
	XPE 12	XPE 3/8		XPY 12	XPY 3/8
	XPE 14	XPE 1/2		XPY 14	XPY 1/2
	XPE 16			XPY 16	


<b>XPG</b>	<b>MODEL( ∅ D1 - ∅ D2 )</b>		<b>XPGE</b>	<b>MODEL( ∅ D1 - ∅ D2 )</b>	
	Tube(Metric)	Tube(Inch)		Tube(Metric)	Tube(Inch)

**ANEXO A19: Válvula de distribución para el control de entrada de aire**

**Fuente:** [http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item\\_797523](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)

**SLIDE VALVE**

Part No.	VS20	VS30
Material	STEEL	
Working Pressure	15 kgf/cm <sup>2</sup>	
Maximum Pressure	20 kgf/cm <sup>2</sup>	
Temperature Range	-20°C~ + 80°C	
Port Size	1/4"	3/8"
Features	Easy installment. Vents the system immediately with one pull.	





## ANEXO A20: Cilindro neumático Serie "ISO 6431 VDMA Ø32mm 125 mm tipo

A

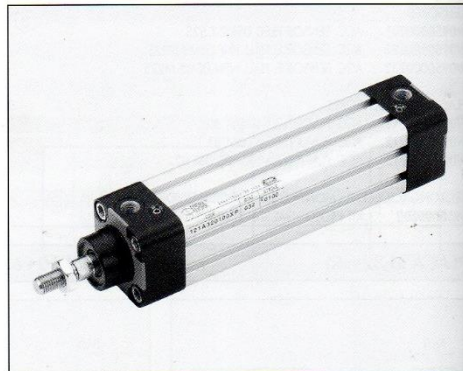
Fuente: Catálogo METAL WORK



### CILINDRO SERIE "ISO 6431 VDMA" Ø 32 ÷ 125 mm TIPO "A" SENSOR INTEGRADO

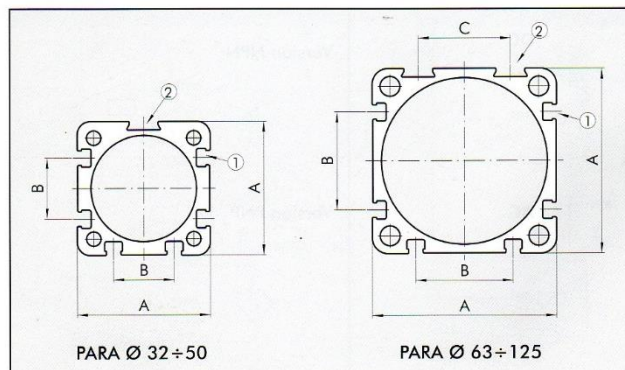
Cilindros realizados de conformidad con la norma ISO 6431 VDMA; disponibles en varias versiones y con una amplia gama de accesorios:

- ejecución con o sin detección magnética
- simple efecto y doble - vástago simple o pasante
- posibilidad de elegir entre juntas en NBR, POLIURETANO y Viton® (para altas temperaturas)
- ejecuciones especiales a petición
- accesorios de fijación, unidad de guía y de bloqueo mecánico de vástago



DATOS TÉCNICOS	POLIURETANO	NBR	Viton®	Bajo Temperatura
Presión de trabajo	máx 10 bar (máx 1 MPa - 145 psi)			
Temperatura de funcionamiento Ø 32 ÷ 63	-20°C÷+80°C (Cil. no magnético)	-10°C÷+80°C (Cil. no magnético)	-10°C÷+150° (Cil. no magnético)	-35°C÷+80°C
	-20°C÷+70°C (Cil. magnético)	-10°C÷+70°C (Cil. magnético)	-10°C÷+150° (Cil. magnético)	-35°C÷+80°C
Ø 80 ÷ 125	-10°C÷+80°C (Cil. no magnético)	-10°C÷+80°C (Cil. no magnético)	-10°C÷+150° (Cil. no magnético)	-35°C÷+80°C
	-10°C÷+70°C (Cil. magnético)	-10°C÷+70°C (Cil. magnético)	-10°C÷+150° (Cil. magnético)	-35°C÷+80°C
Fluido	Aire sin lubricación, si se utiliza aire lubricado la lubricación debe ser continua			
Diámetros	Ø 32 ; Ø 40 ; Ø 50 ; Ø 63 ; Ø 80 ; Ø 100 ; Ø 125			
Tipo de construcción	Culatas con tornillos autofortantes			
Carreras standard	Simple efecto: para diámetros de Ø 32÷63 carreras de 0 a 250 mm Efecto doble: para diámetros de Ø 32÷80 carreras de 25 a 2800 mm para diámetros de Ø 100÷125 carreras de 25 a 2600 mm			
Versiones	Doble efecto amortiguado, Simple efecto vástago retraído amortiguado, Vástago pasante amortiguado, Amortiguamiento prolongado, Alta temperatura, Bloqueo de vástago, Insonorizados, Estanqueidad aceite, Vástago pasante estanqueidad aceite, Bajo rozamiento, Anti skip-slip.			
Imanes para sensores	Todas las versiones con detección magnética a petición suministrado sin detección			
Presión de arranque	Ø 32;40: 0.4 bar Ø 50;63 carrera < 1500 mm: 0.3 bar; carrera ≥ 1500 mm: 0.4 bar Ø 80;100;125 carrera < 1500 mm: 0.2 bar; carrera ≥ 1500 mm: 0.4 bar			
Fuerza a desarrollar a ó bar en empuje/tracción	Ver DATOS TÉCNICOS GENERALES PAG. 1.1/05			
Peso	Ver DATOS TÉCNICOS GENERALES PAG. 1.1/06			
	Para versiones anti stick slip utilizar sólo aire sin lubricación			

#### SECCIÓN CAMISA



Ø	A	B	C
32	44.5	17	-
40	50.5	23	-
50	60.3	26	-
63	70	37	35
80	87	45	45
100	106	50	46
125	132	56	50

- ① RANURA PARA SENSOR INTEGRADO  
② RANURA PARA SENSOR TIPO CB

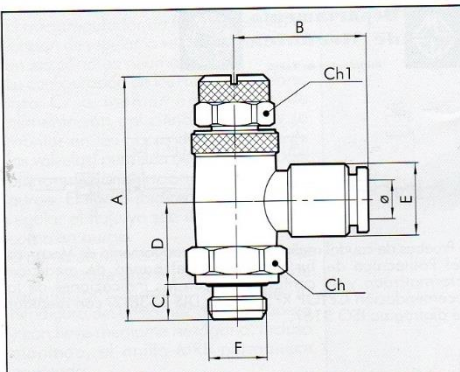


**ANEXO A21: Micro reguladores de flujo (anillos de estrangulamiento)**

Fuente: Catálogo METAL WORK

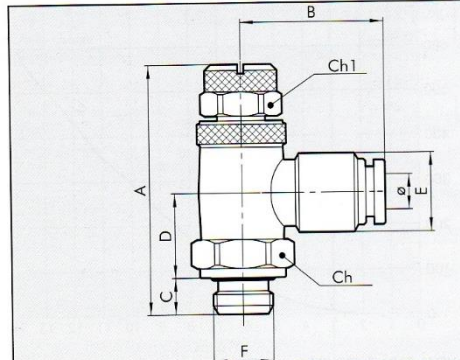


**DIMENSIONES MÁXIMAS: ANILLO EN LATÓN**



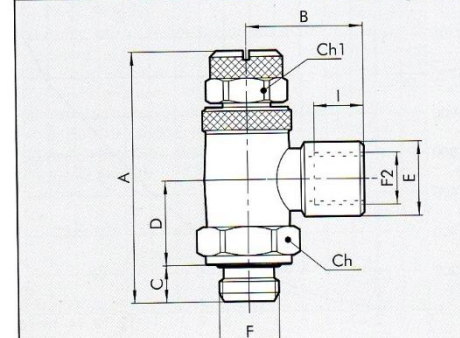
	F	∅	Ch	Ch1	E	B	A	D	C
M5	4	9	9	10.9	23.5	28.2	9.3	4	
M5	5	9	9	12	24.5	28.2	9.3	4	
M5	6	9	9	13.5	24.5	28.2	9.3	4	
G 1/8	4	15	12	11.5	25	42	13.7	6	
G 1/8	5	15	12	12.0	25	42	13.7	6	
G 1/8	6	15	12	13.5	25	42	13.7	6	
G 1/8	8	15	12	15.5	30	42	13.7	6	
G 1/4	6	18	12	13.5	27.5	48	16	8	
G 1/4	8	18	12	15.5	32	48	16	8	
G 1/4	10	18	12	18	34.3	48	16	8	
G 1/4	12	18	12	20.2	37.5	48	16	8	
G 3/8	10	21	14	18	36.3	53	19	9	
G 3/8	12	21	14	20.2	40.5	53	19	9	
G 1/2	12	26	17	20.2	40.5	60.5	22	11	

**DIMENSIONES MÁXIMAS: ANILLO EN TECNOPOLIMERO**



	F	∅	Ch	Ch1	E	B	A	D	C
M5	4	9	9	10.9	20	28.2	9.3	4	
M5	5	9	9	13.5	21.5	28.2	9.3	4	
M5	6	9	9	15	22	28.2	9.3	4	
G 1/8	4	15	12	12.5	22.5	42	14.7	6	
G 1/8	5	15	12	13.5	23	42	14.7	6	
G 1/8	6	15	12	15	22.5	42	14.7	6	
G 1/8	8	15	12	16.3	25.5	42	14.7	6	
G 1/4	6	18	12	15	24	48	17	8	
G 1/4	8	18	12	16.3	27	48	17	8	
G 1/4	10	18	12	18.5	31	48	17	8	
G 1/4	12	18	12	21	32	48	17	8	
G 3/8	10	21	14	18.5	31	53	20	9	
G 3/8	12	21	14	21	33	53	20	9	
G 1/2	12	26	17	21	35	60.5	22	11	

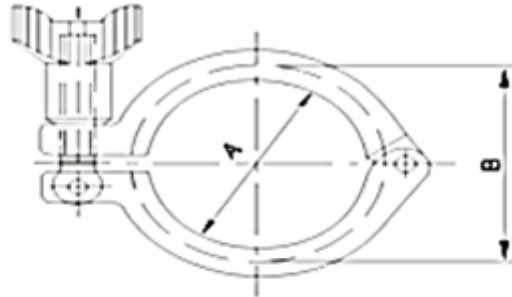
**DIMENSIONES MÁXIMAS: ANILLO ROSCADO**



	F	F <sub>2</sub>	Ch	Ch1	E	B	A	D	C	I
G 1/8	G 1/8	15	12	13.3	21.4	42	13.7	6	6.7	
G 1/4	G 1/4	18	12	16.7	25.5	48	16	8	8	
G 3/8	G 3/8	21	14	20.2	31.5	53	19	9	10	

**ANEXO A22: abrazadera tipo clamp de acero inoxidable**

**Fuente:** [http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera\\_clamp](http://www.accesoriosaceroinoxidable.com/abrazadera_clamp)



SIZE	A	B
1/2" - 3/4"	44.4	53.6
1" - 1.5"	57.8	67
2"	71.4	80.6
2,5"	84	94.2
3"	99	109.2
4"	110	122.2
4.5"	123	133.2
6"	155.4	170.4
8"	205	220

**ANEXO A23: Anillos para aumento de caudal**

**Fuente:** Catálogo XCPC



**ANEXO A24: Abrazadera de sujeción clamp**

**Fuente:** <http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-2-0-SS304-Pipe-connection-Ferrule-set-Tri-clamp-union-2x-ferrule-1xclamp-1xgasket/1343026899.html?s=p>

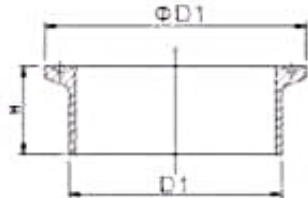


Nombre del producto	Material	Tamaño
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	1"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	1.5"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	2"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	2.5"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	3"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	4"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	4.5"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	6"
Abrazadera de sujeción clamp	SS304	8"
Abrazadera de sujeción clamp	SS316	1"
<b>Abrazadera de sujeción clamp</b>	<b>SS316</b>	<b>1.5"</b>
Abrazadera de sujeción clamp	SS316	2"
Abrazadera de sujeción clamp	SS316	2.5"
Abrazadera de sujeción clamp	SS316	3"
Abrazadera de sujeción clamp	SS316	4"

**ANEXO A25: Accesorio de acople en acero inoxidable**

**Fuente:** <http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-2-0-SS304-Pipe-connection-Ferrule-set-Tri-clamp-union-2x-ferrule-1xclamp-1xgasket/1343026899.html?s=p>

**60048**

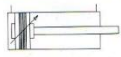
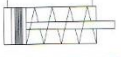
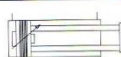
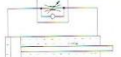
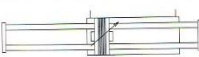

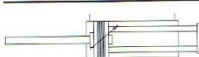


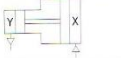

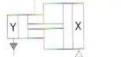
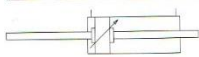

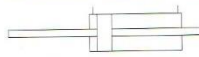

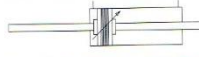

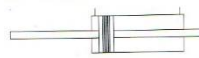

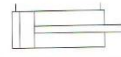

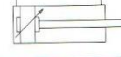

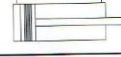





**Ferrule**  
卡箍接头

Size	D	D1	H		
			14WMP	14MMP	14AMP
1"	25.4	50.5	12.7	21.5	28.6
1 1/2"	38.1	50.5	12.7	21.5	28.6
2"	50.8	64	12.7	21.5	28.6
2 1/2"	63.5	77.5	12.7	21.5	28.6
3"	76.2	91	12.7	21.5	28.6
4"	101.6	119	15.8	21.5	28.6
6"	152.4	167	22.2	21.5	38.1
8"	203.2	217.4	22.2	21.5	38.1
10"	254	268	22.2	21.5	38.1

**ANEXO A26: Simbología de elementos neumáticos**

**Fuente: Catálogo METAL WORK**

TRANSFORMACIÓN			
	Cilindro DE magnético con amortiguación bilateral regulable		Cilindro SE magnético
	Cilindro vástagos gemelos DE magnético con amortiguación bilateral regulable		Freno hidráulico con regulación en una sola dirección
	Cilindro vástagos gemelos DE magnético con amortiguación bilateral regulable		Freno hidráulico con regulación por ambas partes
	Cilindro vástagos gemelos DE magnético con amortiguación bilateral regulable vástago pasante simple		Amortiguador
	Cilindro DE magnético con amortiguación bilateral regulable + blq mecánico DZB		Multiplicador de presión para fluidos con características diversas
	Cilindro DE magnético con amortiguación bilateral regulable + blq mecánico DZBA		Multiplicador de presión para fluidos con características diversas
	Cilindro DE con amortiguación bilateral regulable vástago pasante		Transductor neumohidráulico
	Cilindro DE de vástago pasante		Compresor de volumen constante
	Cilindro DE magnético con amortiguación bilateral regulable vástago pasante		Motor neumático de volumen constante 1 dirección de flujo
	Cilindro DE magnético vástago pasante		Motor neumático de volumen variable 2 direcciones de flujo
	Cilindro DE		Motor neumático de volumen variable 1 direcciones de flujo
	Cilindro DE amortiguado		Motor neumático de volumen variable 2 direcciones de flujo
	Cilindro DE magnético		Motor neumático rodante
	Cilindro SE		Cilindro con amortiguador simple regulable



**ANEXO A26: Simbología de elementos neumáticos (continuación)**  
**Fuente: Catálogo METAL WORK**



**TRANSMISIÓN Y PREPARACIÓN**

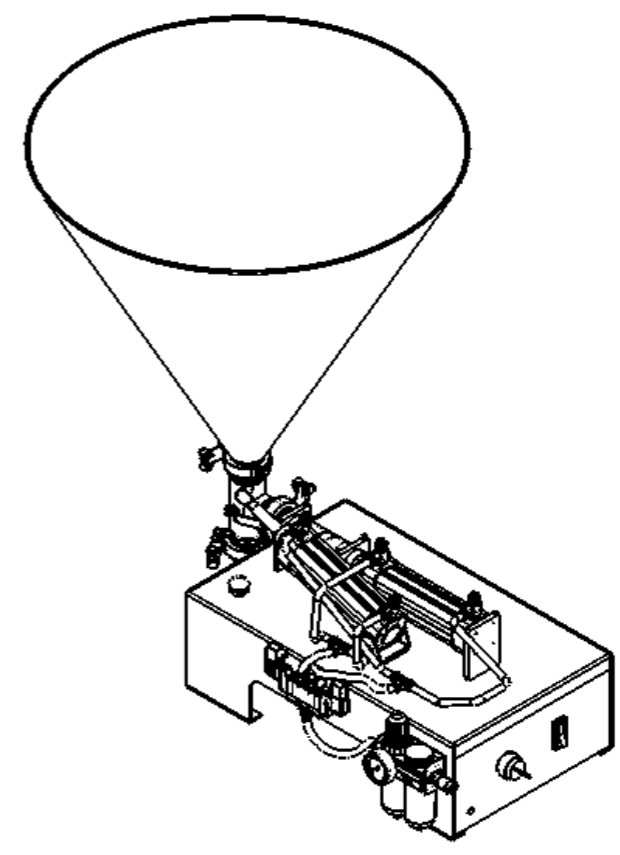
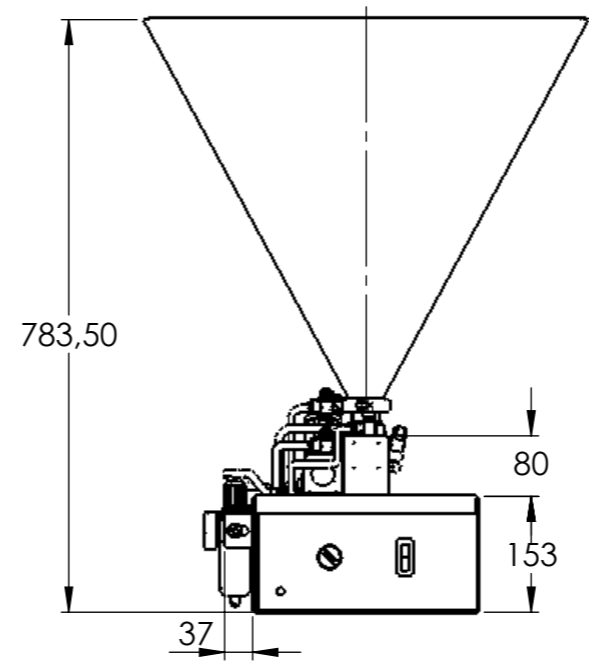
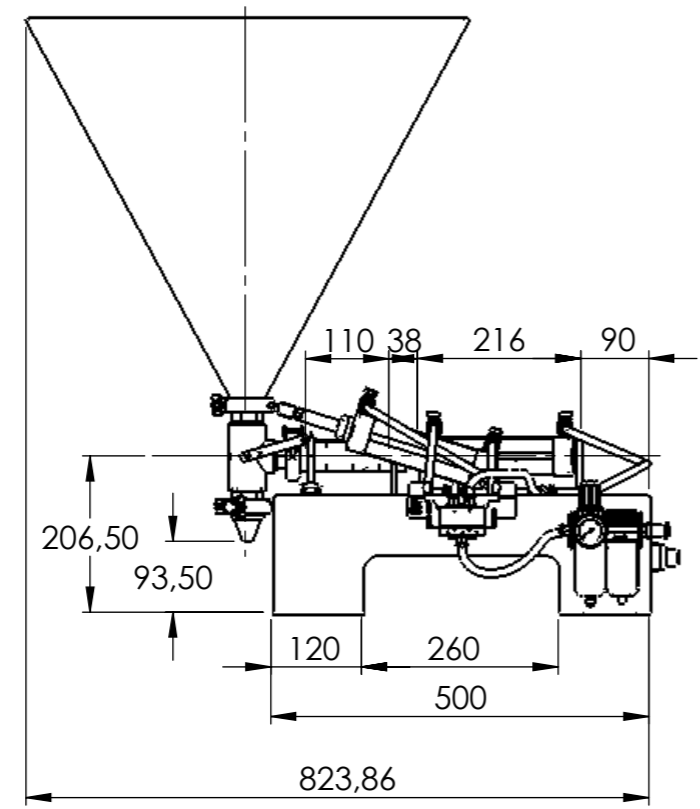
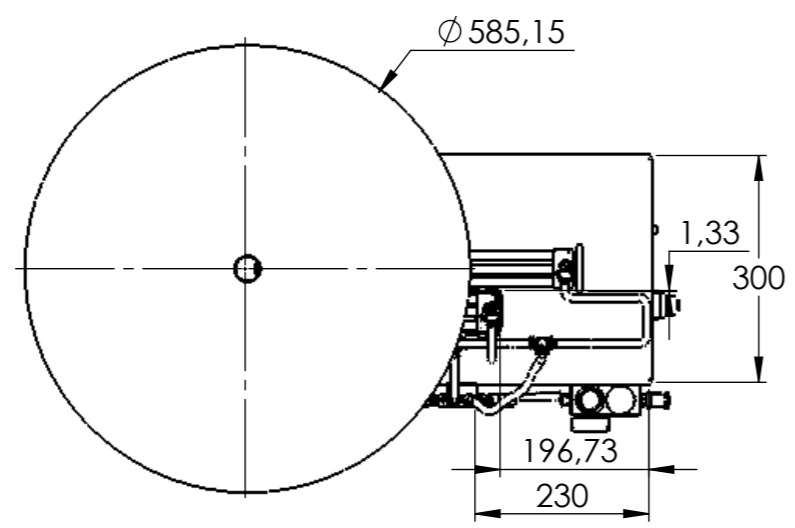
	Fuente de presión neumática o red		Enchufe rápido (desconexión con parte terminal cerrada)
	Línea de trabajo		Conexión rotativa de 1 vía
	Línea de pilotaje		Conexión rotativa de 3 vías
	Línea de purga		Silenziatore
	Conexión flexible de líneas		Depósito
	Cable eléctrico		Filtro
	Conexión de líneas (soldadura, enroscado)		Separador de condensados con purga manual
	Conexión de líneas (soldadura, enroscado)		Separador de condensados con purga automática
	Cruce de líneas no convexas		Filtro con separador de condensados con purga manual
	Final de línea		Filtro con separador de condensados con purga automática
	Purga sin posibilidad de empalme		Lubricador
	Purga con posibilidad de empalme		Manómetro
	Punto de extracción de energía con tapa de cierre		Presóstato
	Punto de extracción de energía con conexión		Indicador óptico
	Enchufe rápido sin válvula unidireccional		Unidad de mantenimiento FRL + manómetro
	Enchufe rápido con válvula unidireccional		Unidad de mantenimiento FRL + manómetro simplificado
	Enchufe rápido (desconexión con terminal abierta)		Unidad de mantenimiento FR + manómetro

ANEXO B  
PLANOS DE LA MÁQUINA  
DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA  
DE CHOCOLATE ELEMENTOS  
MÓVILES Y FIJOS

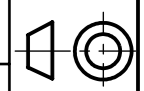




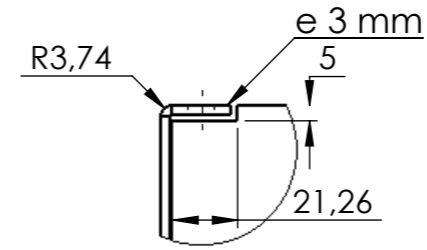
N7



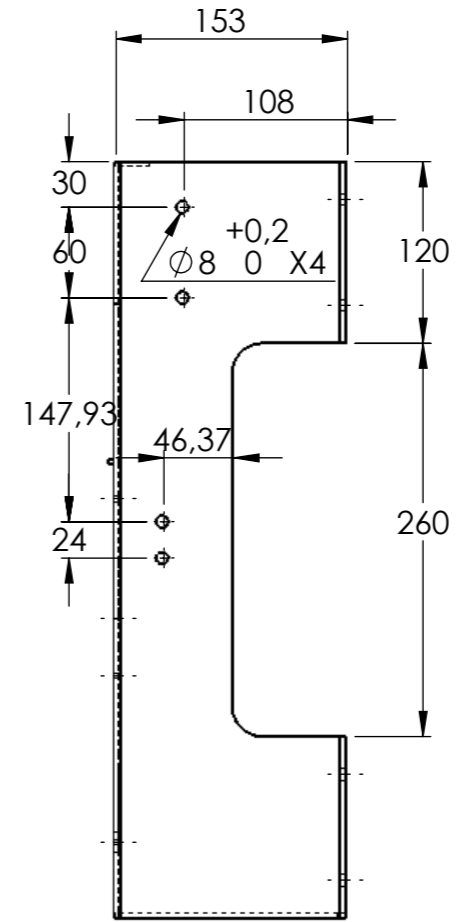
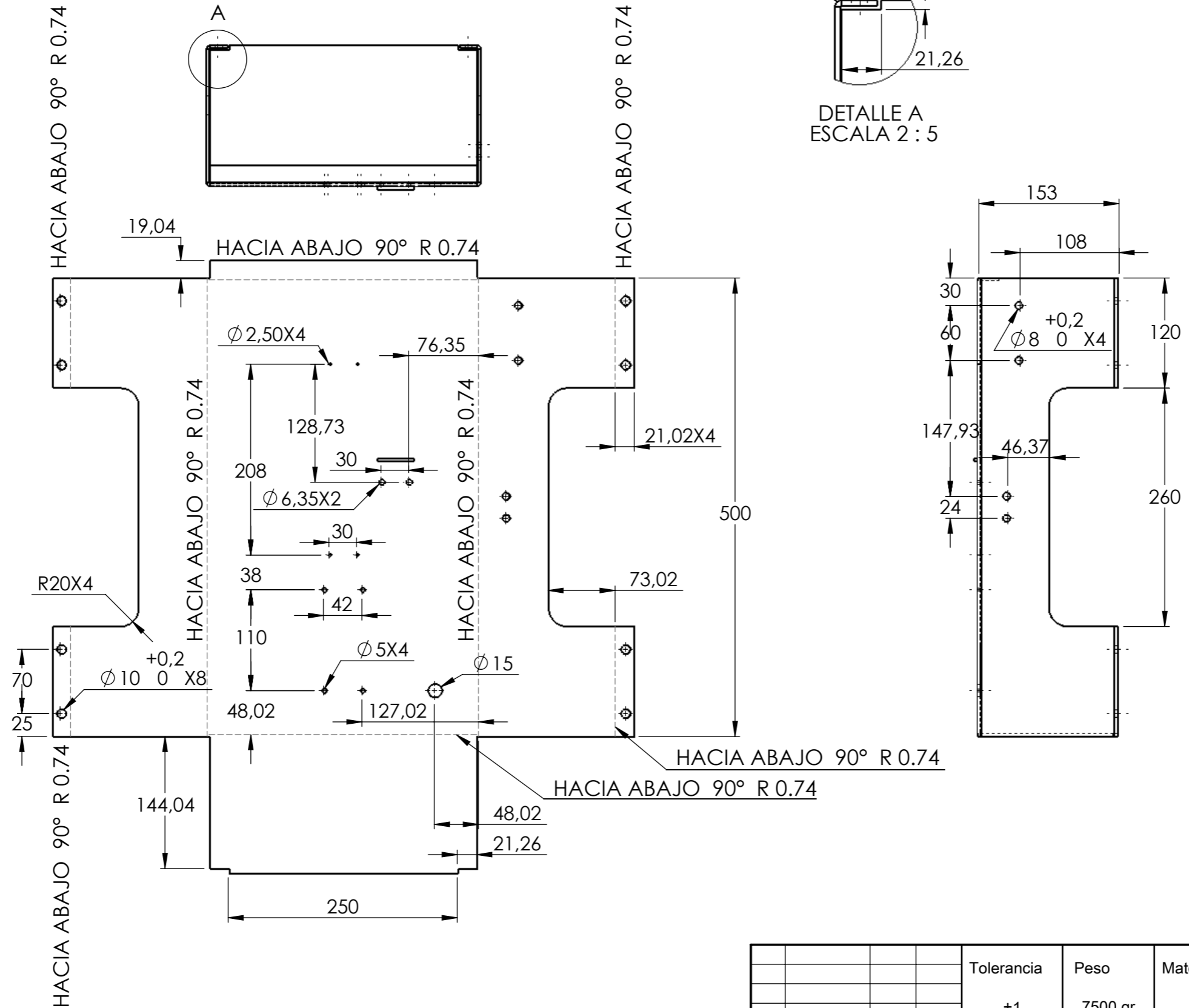
				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	26060 gr	VARIOS	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez	DOSIFICADOR DE CHOCOLATE	
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Escala:	
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	1:10	
				<b>U.T.A</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Número del dibujo:	02 de 15
						Sustitución	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



N8  
N7



DETALLE A  
ESCALA 2 : 5



				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	7500 gr	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez	BASTIDOR	
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Escala:	
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	1:5	
				<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	03 de 15
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

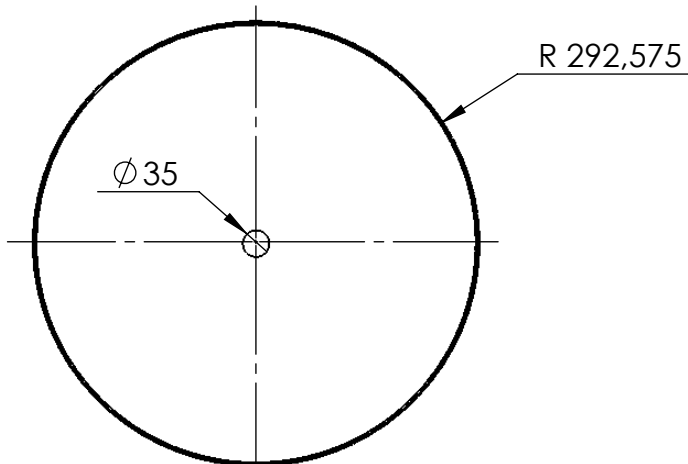
1

2

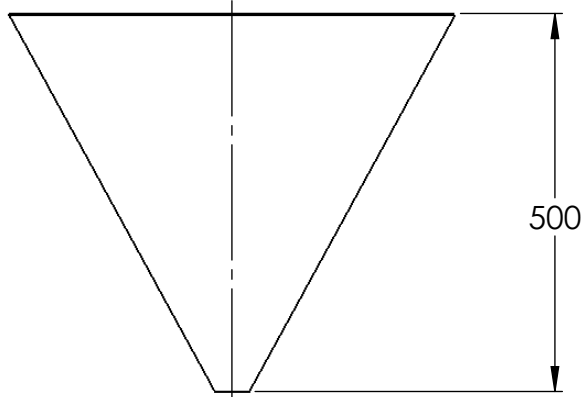
3

4

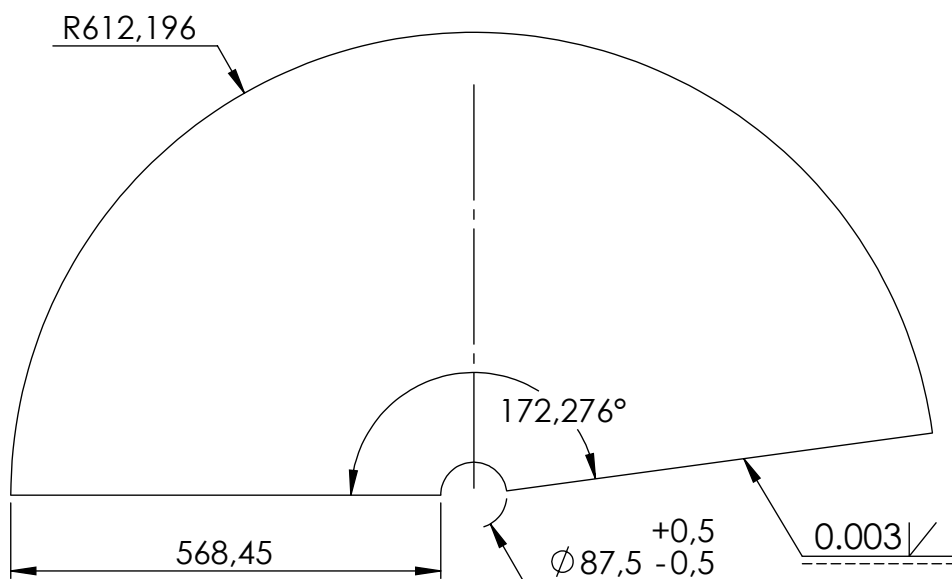
A



B



C



D

E

				Tolerancia $\pm 1$	Peso 13346 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>TOLVA DE DOSIFICACIÓN</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 04 de 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA			

1

2

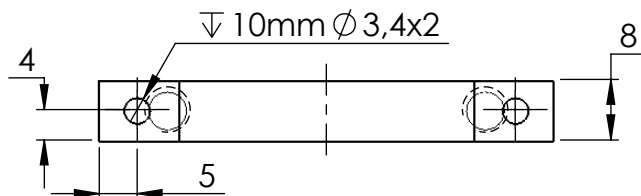
3

4

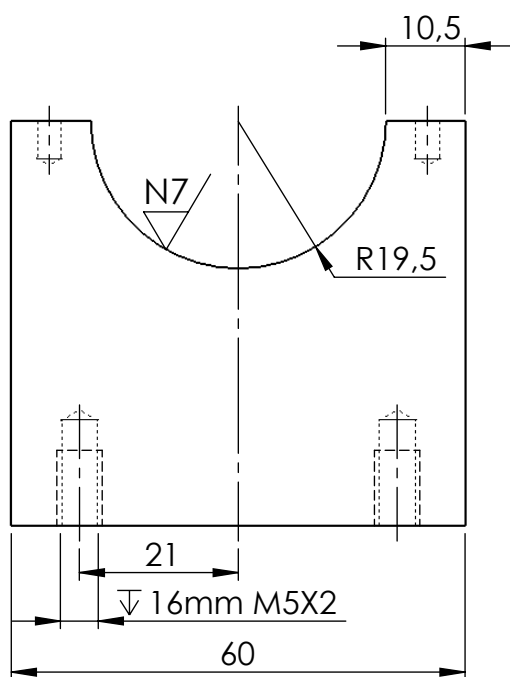
A

N8

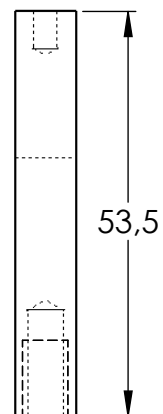
B



C



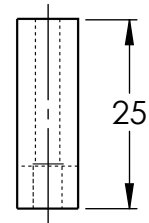
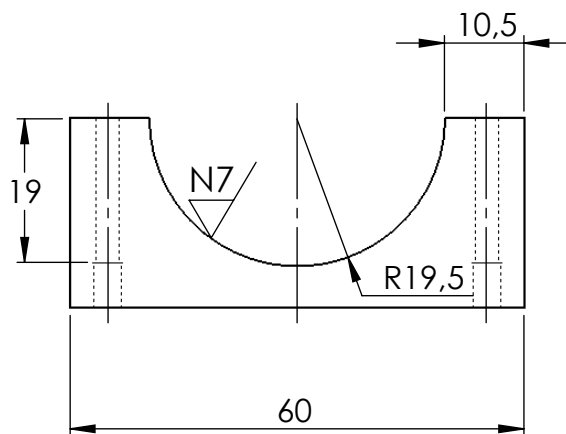
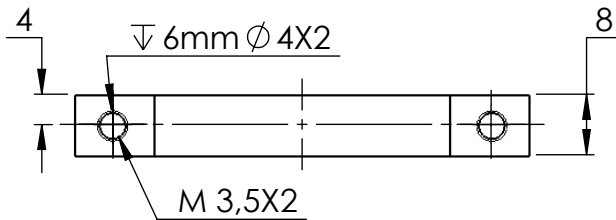
D



E

				Tolerancia ±1	Peso 19,26 gr	Material: POLIETILENO HDPE	
				Fecha	Nombre	Título: SOPORTE DE CAMISA INFERIOR	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 05 de 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución	

N8

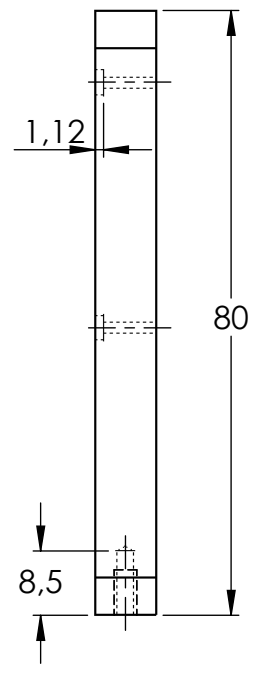
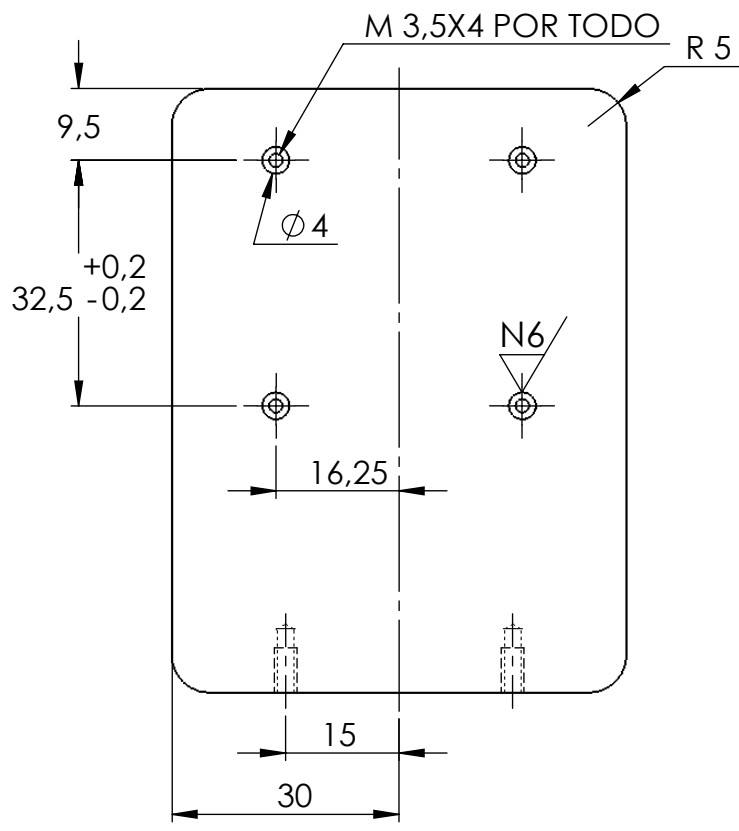
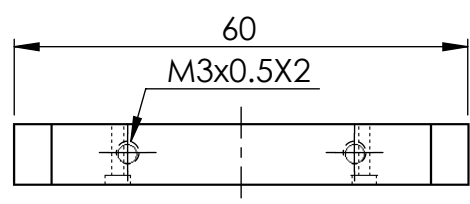


				Tolerancia ±1	Peso 6,4 gr	Material: POLIETILENO HDPE	
					Fecha	Nombre	Título: SOPORTE CAMISA SUPERIOR
				Dibujó:	15/07/2013	Luis Gómez	
				Revisó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	
					Aprobó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López
				<b>U.T.A</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Número de lámina: 06 de 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

Escala:  
1:5



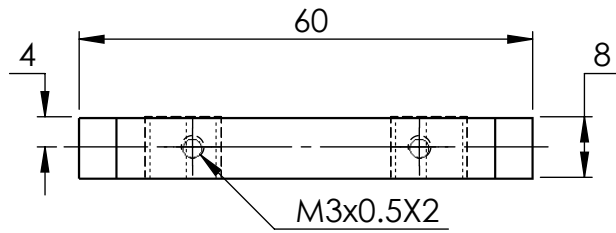
N8



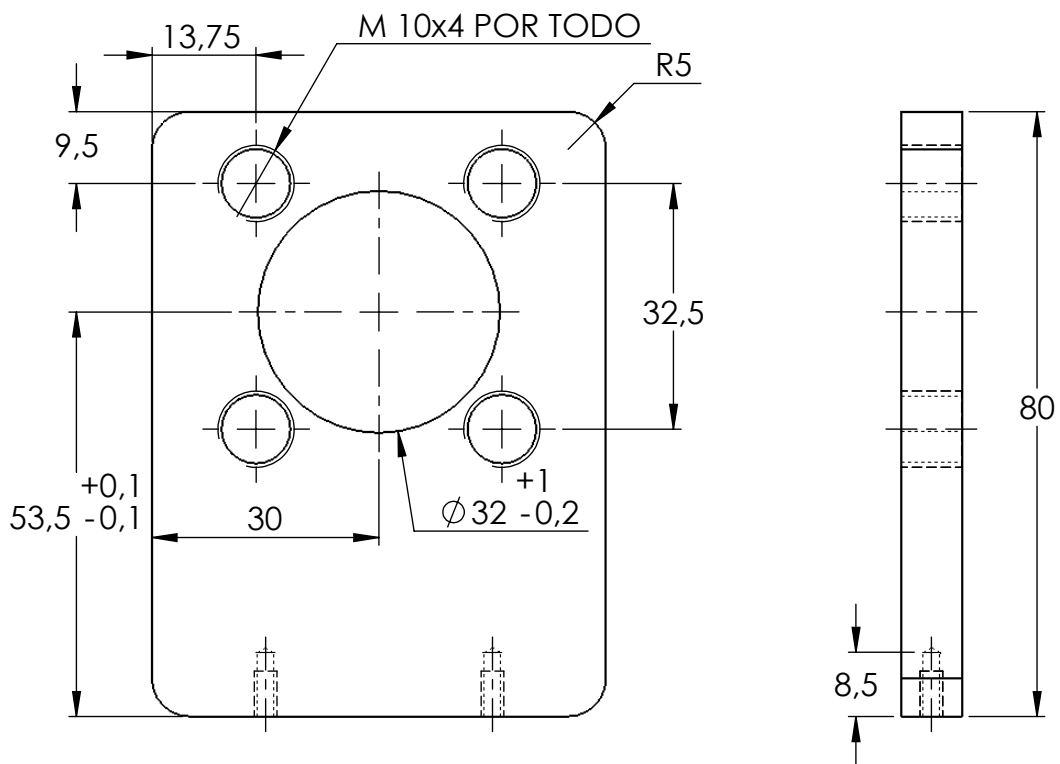
				Tolerancia ±1	Peso 298,53 gr	Material: <b>ACERO ASTM A36</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>PORTA CILINDRO ANTERIOR</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 07 de 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución	

1 2 3 4

A



B

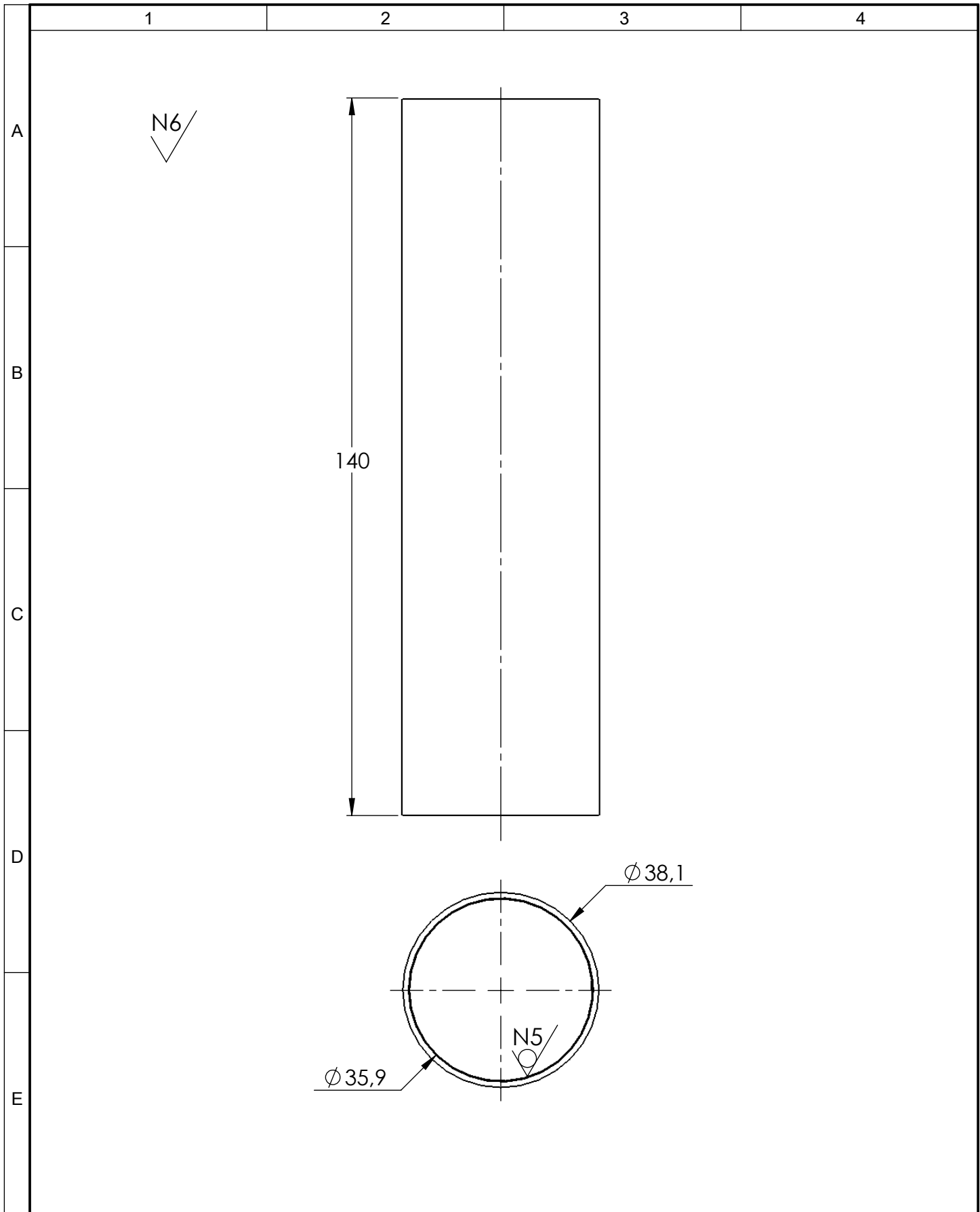


C

D

E

				Tolerancia ±1	Peso 232,6 gr	Material: ACERO ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Título: PORTA CILINDRO POSTERIOR
				Dibujó:	29/04/2014	Luis Gómez	
				Revisó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	
				Aprobó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Escala: 1:5
				<b>U.T.A</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				Sustitución



				Tolerancia ±1	Peso 143,57 gr	Material: ACERO AISI 304	
				Fecha	Nombre	Título: <b>CAMISA</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina: 09 de 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	



1

2

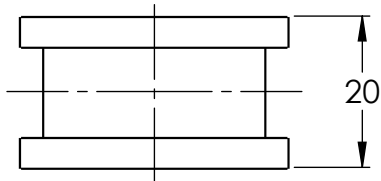
3

4

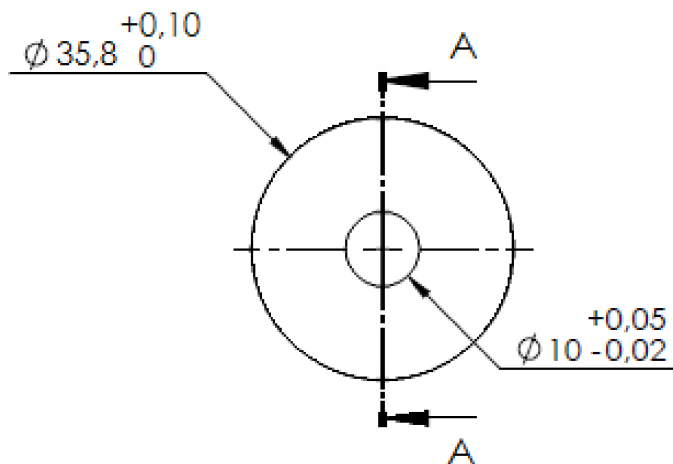
A

N7

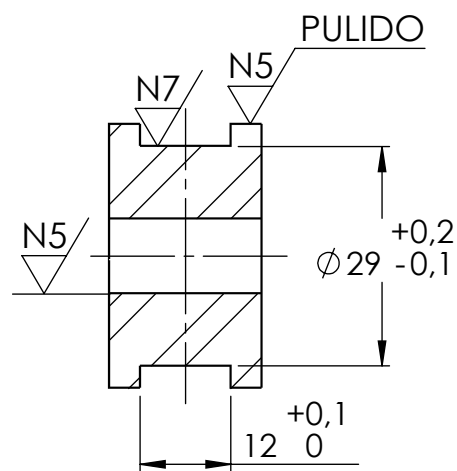
B



C



D

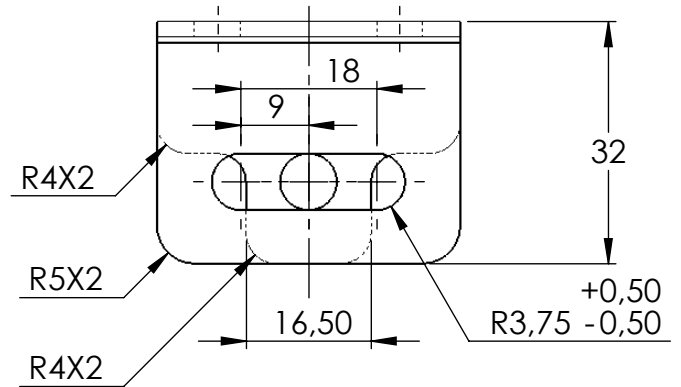
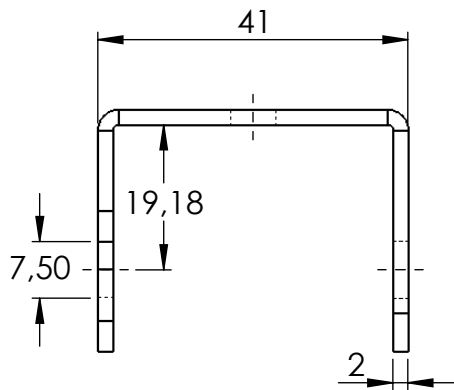
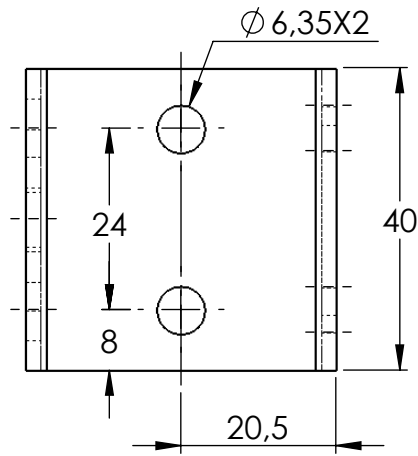


SECCIÓN A-A

E

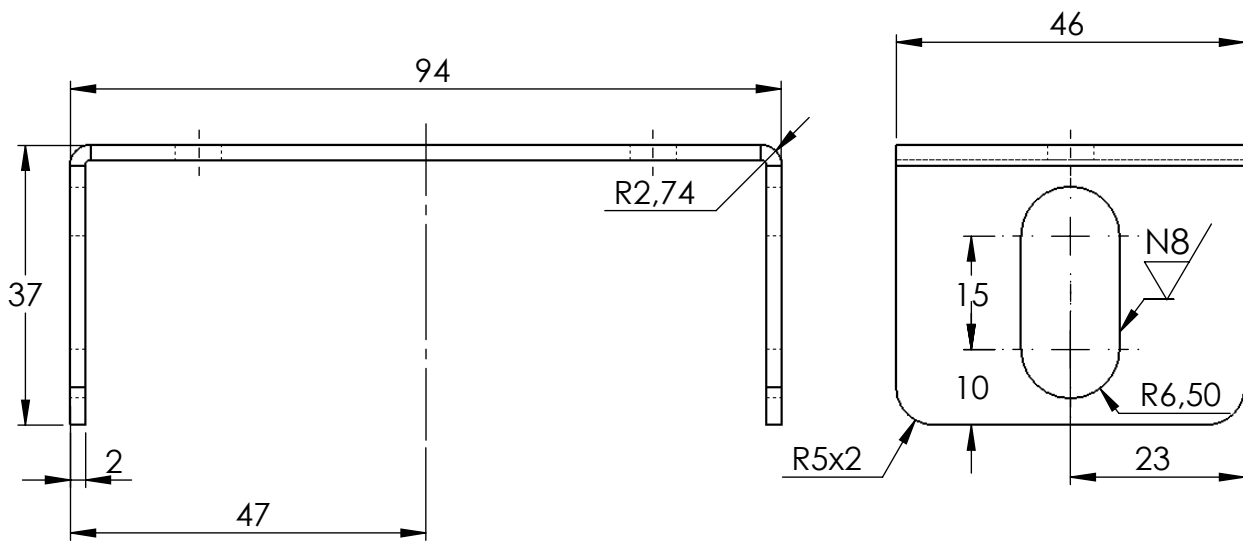
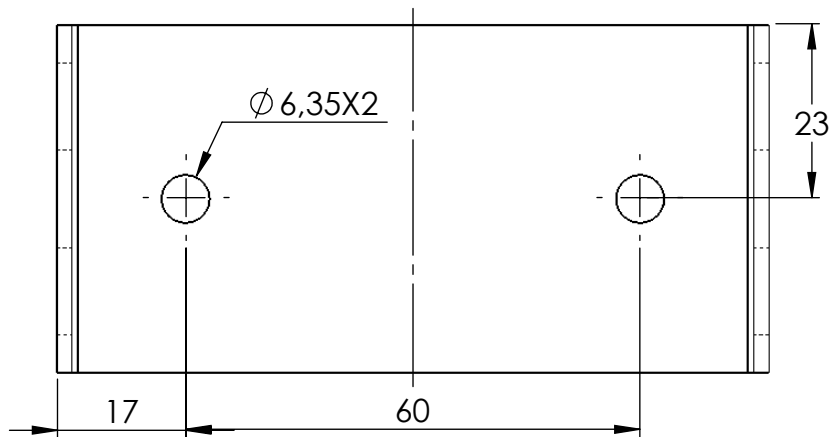
				Tolerancia $\pm 1$	Peso 112,42 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>SELLO DE CAMISA</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 10 DE 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución	

N8



				Tolerancia $\pm 1$	Peso 53,33 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>SOPORTE ELECTROVÁLVULA</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina: 11 DE 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

N8  
N7



				Tolerancia $\pm 0,5$	Peso 107,76 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez	SOPORTE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	1:5
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina:	Registro:
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			12 DE 15	
						Sustitución	

N8  
N7

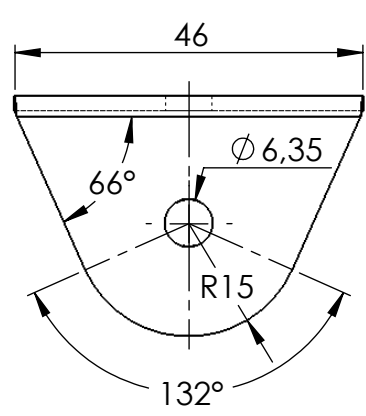
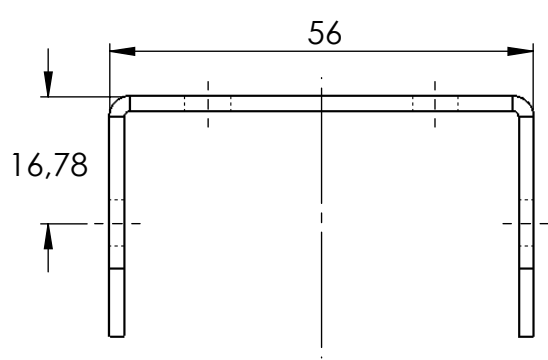
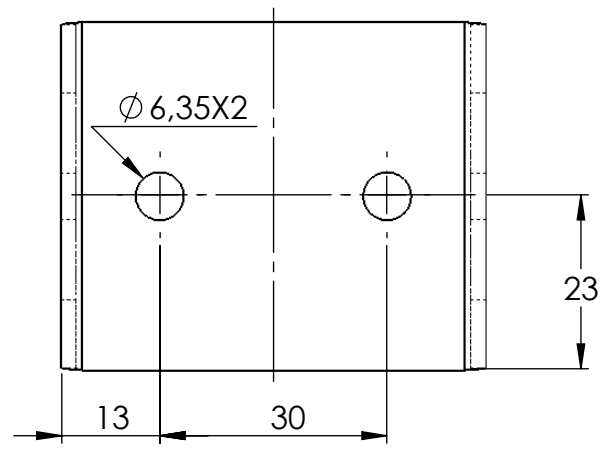
A

B

C

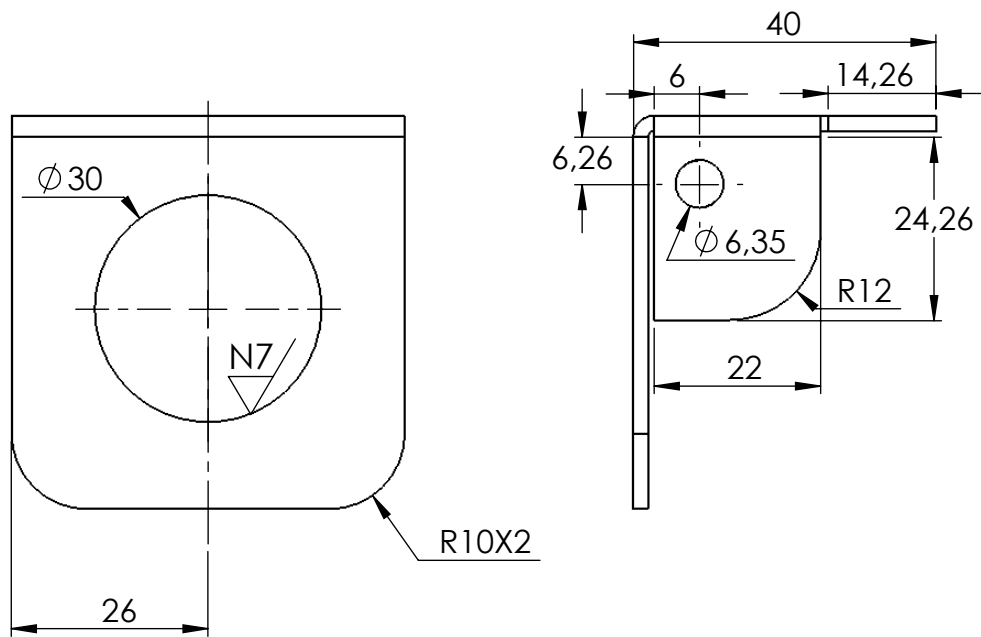
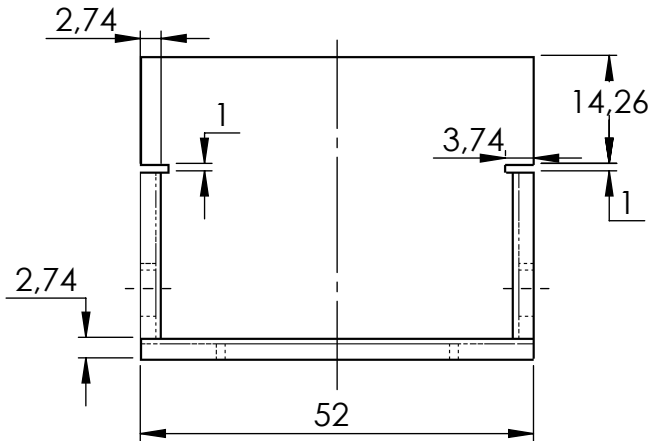
D

E



				Tolerancia ±1	Peso 68,21 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>PLACA MÓVIL DE CILINDRO 1</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 13 DE 15	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución	

N8  
N7



				Tolerancia $\pm 1$	Peso 77,22 gr	Material: <b>ACERO AISI 304</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>PLACA MÓVIL DE CILINDRO</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/04/2014	Luis Gómez		
				Revisó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López		
				Aprobó: 16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	Número de lámina: 14 DE 15	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	<b>U.T.A</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Registro: 	
				Sustitución			

1

2

3

4

N8

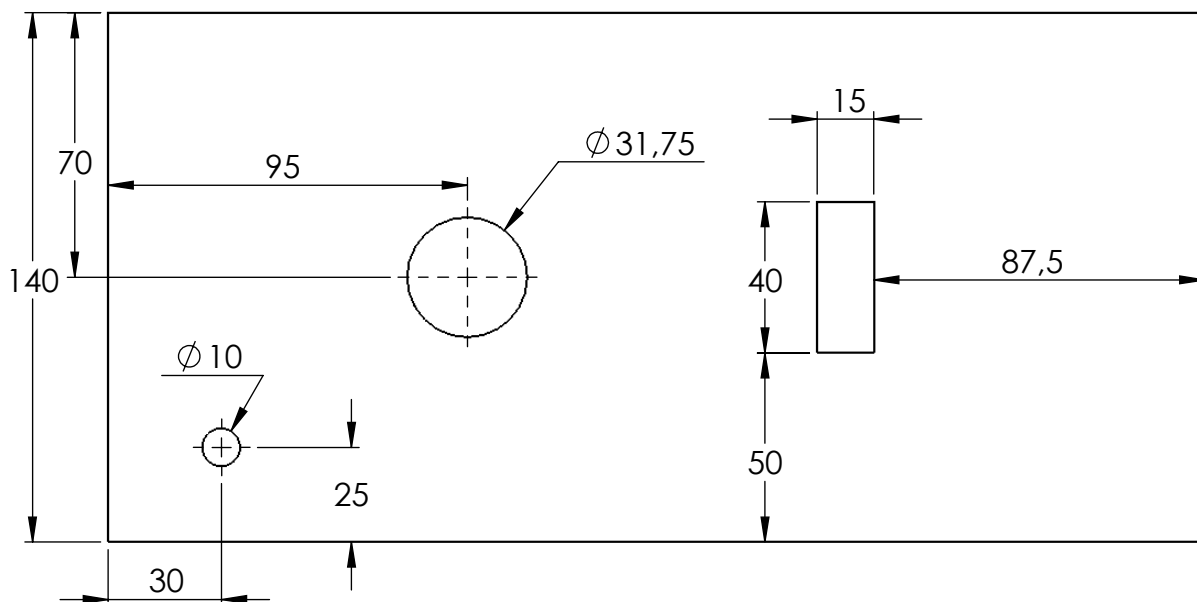
A

290

5

B

C



D

E

				Tolerancia $\pm 1$	Peso 1565,19 gr	Material:  ACERO AISI 304	
					Fecha	Nombre	Título:
				Dibujó:	29/04/2014	Luis Gómez	TABLERO DE CONTROL
				Revisó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	
				Aprobó:	16/10/2014	Ing.Mg. Gonzalo López	
				<b>U.T.A</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Número de lámina: 15 DE 15	Registro:
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

Escala:  
1:5