



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

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

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL
PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y PRENSADO DE LA
CUAJADA.**

AUTOR: LEDESMA GARCÉS LUIS ALBERTO

DIRECTOR: ING. JOSÉ HUACA

IBARRA – ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CÉDULA DE IDENTIDAD	1002457206
APELLIDOS Y NOMBRES	LEDESMA GARCÉS LUIS ALBERTO
DIRECCIÓN	AV. JOSÉ TOBAR Y TOBAR 6-48 Y HELEODORO AYALA
E-MAIL	tedd_efer@hotmail.com
TELÉFONO	065-003434 - 0995068922
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y PRENSADO DE LA CUAJADA.
AUTOR	LEDESMA GARCÉS LUIS ALBERTO
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	ING. JOSÉ HUACA

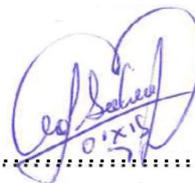
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Alberto Ledesma Garcés, con cedula de identidad Nro. 1002457206, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior en el Artículo 144.

3. CONSTANCIA

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

Ibarra, marzo de 2016



Nombre: Ledesma Garcés Luis Alberto

Cédula: 1002457206



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Yo, Luis Alberto Ledesma Garcés con cédula de identidad Nro. 1002457206, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4,5,6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y PRENSADO DE LA CUAJADA", que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

.....
Nombre: Ledesma Garcés Luis Alberto

Cédula: 1002457206



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICO

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN, MOLDEO Y PRENSADO DE LA CUAJADA", ha sido desarrollado y terminado en su totalidad por el Sr. Luis Alberto Ledesma Garcés, con cédula de identidad: 1002457206, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large stylized 'S' and 'P' with the name 'JOSÉ HUACA P.' written below it. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

Ing. José M. Huaca P.

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, LEDESMA GARCÉS LUIS ALBERTO, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Ibarra, marzo de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ledesma Garcés Luis Alberto', is written over a horizontal dotted line.

Nombre: Ledesma Garcés Luis Alberto

Cédula: 1002457206



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de manera especial a mis padres por darme la vida y haberme enseñado a persistir en mis sueños, para fijar una meta y alcanzarla, debido a que con gran esfuerzo y en sus posibilidades supieron guiarme y apoyarme para cumplir esta meta. También quiero agradecer mucho a una persona muy especial en mi vida que no solo ha sido mi inspiración para salir adelante, sino también ha sido el mejor regalo que Dios me ha dado en la vida, a mi hija Elisse Daniela a quien dedico este y muchos logros en la vida.

LUIS L.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los docentes del equipo que conforman la FICA, en especial a mi tutor Ing. José Huaca y al coordinador de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica Ing. Diego Ortiz y todos aquellos que directa o indirectamente han contribuido para culminar con éxito este trabajo. A mi familia, Y a todas aquellas personas que siempre estuvieron apoyándome con su granito de arena, que como retribución dejaré plasmados sus nombres en memoria de todo el apoyo brindado.

Carolina P., Marisol V., Walter O., Fabián V., María E., Arturo C., Janeth G., Leivy L., Pablo M., Cruz Elena C., Fanny A., Carlos N., Alejandro L., Harold C.

LUIS L.

RESUMEN

El presente trabajo describe el desarrollo de un sistema automático acoplado a una serie de mecanismos para el control del flujo de la cuajada, en la elaboración de quesos, que permite apoyar a la industria artesanal, la cual posee bajos recursos y por ende este proyecto de tesis está dirigido para la pequeña industria. Este trabajo pretende crear desarrollo con el cumplimiento de normas sanitarias para la elaboración del queso utilizando materiales tales como el acero inoxidable, y procesos semiautomáticos, para crear valor agregado en los productos sin la necesidad de cambiar las tradiciones y métodos de elaboración. En la actualidad el 90% de la industrias artesanales manufacturan todos sus productos de manera manual, se cree que al eliminar este proceso, el producto deja de ser artesanal y pasa a ser industrializado, pero el objetivo no es ese, el objetivo es seguir con el mismo método de fabricación solo que con procesos automáticos para garantizar factores de seguridad para los consumidores, aparte de que presenta otros beneficios como disminución de los tiempos de manufacturación y acelerar la producción de quesos.

Los sistemas de control están configurados de manera en que la comprensión acerca del funcionamiento de la maquina sea sencilla y poder ser utilizada por cualquier persona después de una capacitación de 2 horas. El resultado del trabajo es el diseño y la implementación de un sistema automático para la dosificación moldeo y prensado de la cuajada que tiene como fin elaborar quesos para la venta, elevando la calidad y de producción de este producto, sin afectar su precio de venta.

SUMMARY

This document describes the development of an automatic system coupled to a number of mechanisms for controlling the flow of the curd in making cheese, which can support the handicraft industry, which has low income and therefore this project thesis is for small industry. This work aims to create development with compliance with health standards for cheese making using materials such as stainless steel, and semi-automated processes to create added products without the need to change the traditions and methods of processing value. Currently 90% of cottage industries manufacture all their products manually, it is believed that removing this process, the product ceases to be handmade and becomes industrialized, but the goal is not that the goal is to continue with the same method only with automated manufacturing processes to ensure safety factors for consumers, besides presenting other benefits as reduced manufacturing times and accelerate the production of cheese.

The control system is configured so that the understanding on the operation of the machine is simple and can be used by anyone after a 2-hour training. The result of this work is the design and implementation of an automated system for molding dosing and pressing the curd which aims to make cheese for sale, raising the quality and production of this product

INDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
INDICE DE CONTENIDO.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxvii
1. CAPÍTULO 1	1
1. ESPECIFICACIONES GENERALES	1
1.1 Introducción.....	1
1.1.1 Dispositivos y mecanismos a utilizarse.	2
1.1.2 Válvulas de control.	2
1.1.3 Sensores.	3
1.2 Funcionamiento de electroválvulas.....	4
1.2.1 Válvulas.....	4
1.2.2 Accionamiento de las válvulas:.....	7

1.3	Módulos de pesaje.....	8
1.3.1	Principio de funcionamiento.....	8
1.3.2	Sensores de presión.....	9
1.3.3	Sensores de peso.....	10
1.4	Cilindros neumáticos.....	11
1.4.1	Fuerza en los cilindros.....	11
1.4.2	Consumo de aire en cilindros.....	12
1.4.3	Variantes constructivas.....	13
1.5	Alimentador helicoidal.....	14
1.5.1	Características del material.....	15
1.5.2	Tamaño del helicoidal.....	17
1.5.3	Artesas para transporte.....	20
1.6	Aceros inoxidables.....	21
1.6.1	Acero AISI 304.....	22
1.6.2	Normativa legal para el uso de acero de la gama AISI 300.....	23
1.6.3	Materiales para la fabricación de máquinas destinadas a los productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos.....	23
1.7	Controladores lógicos programables.....	24
1.7.1	Definición.....	25
1.7.2	Campos de aplicación.....	25
1.7.3	Ventajas y desventajas.....	26

1.7.4	Estructura de un PLC.	26
1.7.5	Definición y descripción de la estructura básica de un PLC.	27
1.7.6	Alimentación.	30
1.7.7	Sistema de control para la dosificación moldeo y prensado de la cuajada. 30	
1.7.8	Sistemas de control.	32
1.8	La cuajada como fluido no newtoniano.	33
1.8.1	Fluidos Newtonianos.	33
1.8.2	Fluidos no Newtonianos.	34
1.8.3	La cuajada como fluido.	35
1.9	Elementos que constituyen el proceso de dosificación moldeo y prensado de la cuajada.	35
1.9.1	Leche.	35
1.9.2	Queso.	35
1.9.3	Cuajada.	36
1.9.4	Coagulación.	36
1.9.5	Suero.	36
1.9.6	Dosificación.	36
1.9.7	Moldeado.	37
1.9.8	Prensado.	37
	CAPÍTULO 2	38

2. PRE DISEÑO	38
2.1 Introducción.....	38
2.2 Estadísticas del sector	38
2.3 Procesos de automatización.....	40
2.3.1 Estación 1.....	41
2.3.2 Estación 2.....	41
2.3.3 Estación 3.....	42
2.3.4 Estación 4.....	42
2.3.5 Estación 5.....	43
2.4 Preselección de alternativas para el diseño.....	43
2.4.1 Criterios de selección.....	43
CAPÍTULO 3	54
3. DISEÑO	54
3.1 INTRODUCCIÓN	54
3.2 Diseño del sistema de control	54
3.2.1 Identificación de variables a controlar	55
3.2.2 Dispositivo de control de variables mediante programación.....	55
3.2.3 Programación.....	56
3.3 Selección de elementos de control y potencia	59
3.3.1 Motor eléctrico monofásico.....	59
3.3.2 Actuadores lineales	61

3.3.3	Electroválvulas	66
3.3.4	Sensores de posición	71
3.3.5	Panel de control.....	72
3.4	Diseño del contenedor de cuajada.....	72
3.4.1	Dimensionamiento:.....	73
3.4.2	Selección de contenedor	74
3.4.3	Calculo volumen contenedor	75
3.5	Diseño del sistema de dosificación.	77
3.5.1	Procedimiento para la selección de alimentadores helicoidales.....	77
3.5.2	Establecer factores conocidos.....	78
3.5.3	Clasificación del material	78
3.5.4	Capacidad del diseño	79
3.5.5	Diámetro del eje y velocidad del sistema.....	79
3.5.6	Diámetro mínimo del helicoidal por limitación de partículas.	81
3.5.7	Selección de bujes.	82
3.5.8	Determinar Potencia HP.....	83
3.5.9	Capacidad torsional de elementos en transportadores helicoidales.....	87
3.5.10	Selección de componentes	88
CAPÍTULO 4		100
4.	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	100
4.1	Introducción.....	100

4.2	Pasos para realizar un análisis costo beneficio.....	100
4.2.1	Define la unidad de costo de tu ACB.....	100
4.2.2	Hacer una lista con los costos tangibles e intangibles del proyecto. ...	101
4.2.3	Cálculo del tiempo de amortización del proyecto.	103
4.3	Procesos manuales y tiempo de manufacturación obrera.	104
4.3.1	Dosificación Manual.	105
4.3.2	Moldeo manual.....	105
4.3.3	Prensado manual.	106
4.4	Proceso automático y tiempos de manufacturación del automatismo.....	107
4.4.1	Dosificación automática.....	107
4.4.2	Moldeado automático.	108
4.4.3	Prensado automático.....	108
4.5	Tiempo de recuperación de la inversión.	109
CAPÍTULO 5		110
5.	IMPLEMENTACIÓN.....	110
5.1	Introducción.....	110
5.2	Implementación.....	110
5.2.1	Visión general del sistema.....	111
5.2.2	Arquitectura mecánica del sistema.....	111
5.2.3	Controlador del sistema automático	115
5.2.4	Sensores	115

5.2.5	Tablero de control.....	116
5.2.6	Actuadores del proceso	118
5.3	Pruebas y resultados	119
5.3.1	Fluidez	119
5.3.2	Deslizamiento	120
5.4	Evaluación del sistema	120
5.4.1	Especificaciones de los procesos.....	121
5.4.2	Manipulación.	121
5.4.3	Proceso lógico	122
5.4.4	Proceso en línea o lote.....	122
5.4.5	Frecuencias y volumen de operación	122
5.4.6	Sistemas de seguridad	122
5.4.7	Sistema de control.....	123
5.4.8	Número de usuarios	123
5.4.9	Resumen.....	123
CAPITULO VI.....		124
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
6.1	Conclusiones.....	124
6.2	Recomendaciones.	126
7.	Bibliografía	128
8.	ANEXOS	131

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	132
ANEXO B: ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL SIN FIN HELICOIDAL.....	143
ANEXO C: PLANOS ELÉCTRICOS, DE DISTRIUBUCION Y PROGRAMACIÓN	161
ANEXO D: PLANOS MECÁNICOS.....	168

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE ACCIONAMIENTOS PARA VÁLVULAS DE CONTROL.....	7
TABLA 2. CÓDIGO DEL MATERIAL.....	16
TABLA 3. CODIGO DE CLASIFICACION DEL MATERIAL.....	16
TABLA 4. FORMAS DE ARTESAS PARA TRANSPORTE.	20
TABLA 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS INOXIDABLES.....	22
TABLA 6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLC'S.....	26
TABLA 7. DIVISIÓN EN ESTACIONES Y PROCECSOS DE FABRICACIÓN.....	40
TABLA 8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE GEOMETRÍAS DE CONTENEDORES .	44
TABLA 9. ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN PARA TRANSPORTADORES HELICOIDALES.	46
TABLA 10. SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR HELICOIDAL.....	46
TABLA 11. TIPOS DE APLICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES.	47
TABLA 12. SENSORES FINALES DE CARRERA Y SENSORES MAGNÉTICOS.	49
TABLA 13. SELECCIÓN DE CELDAS DE CARGA.....	50
TABLA 14. CRACATERÍSTICAS CILINDROS DE SIMPLE Y DOBLE EFECTO.....	51
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL	52
TABLA 16. IDENTIFICACIÓN DEL NÚMERO DE VARIABLES A CONTROLAR.....	55
TABLA 17. DIGITALIZACION DE VARIABLES PARA EL SISTEMA DE CONTROL.....	56
TABLA 18. MATERIALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CONTROL.....	59
TABLA 19. SELECCIÓN DE MOTORES CON EMBREGUE SONAL	60
TABLA 20. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO PARA DIFERENTES MATERIALES	63
TABLA 21. CRACATERISTICAS PARA EL CALCULO DEL DEL CAUDAL DE AIRE EN LA SELECCIÓN DEL COMPRESOR.	68
TABLA 22. MODELOS COMPRESORES DE PISTON PARA ALIMENTACION DE SISTEMA NEUMATICO	70

TABLA 23. SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS	71
TABLA 24. RENDIMIENTO QUESERO	73
TABLA 25. KG DE CUAJADA EN FUNCION DE LECHE PROCESDA.....	73
TABLA 26. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA TRANSPORTADORES HELICOIDALES	77
TABLA 27. FACTORES CARACTERÍSTICOS DE LA CUAJADA.	78
TABLA 28. CÓDIGO DE MATERIAL PARA LA CUAJADA DE QUESO FRESCO	79
TABLA 29. TABLA PARA ESTABLECER DIAMETRO DEL EJE Y VELOCIDAD DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL	80
TABLA 30. TABLA DE TAMAÑOS MAXIMOS DE PARTICULAS	81
TABLA 31. TABLA DE SELECCIÓN DE BUJES PARA HELICOIDAL DE 4 PULGADAS ...	82
TABLA 32. FACTOR DEL DIAMETRO DEL TRANSPORTADOR F_D	84
TABLA 33. FACTOR DEL BUJE PARA COLGANTE	84
TABLA 34. FACTOR DEL HELICOIDAL	85
TABLA 35. FACTOR DE PALETA F_P	85
TABLA 36. FACTOR DE SOBRECARGA	85
TABLA 37. EFICIENCIA DE TRANSMISION.	86
TABLA 38. EFICIENCIA DE TRANSMISION.	87
TABLA 39. COMPONENTES DE UN TRANSPORTADOR HELICOIDAL	88
TABLA 40. HELICOIDALES CONTINUOS.....	89
TABLA 41. COMPONENTES Y MEDIDAS PARA UN HELICOIDAL DE 4 PULGADAS DE DIAMETRO	90
TABLA 42. DIMENSIONAMIENTO PARA ARTESAS EN U ESTANDAR.....	92
TABLA 43. DIMENSIONAMIENTO PARA CUBIERTAS DE ARTESA.....	94
TABLA 44. DIMENSION DE LA ARTESA EN U PARA ALIMENTADOR DE 4 PULGADAS	95
TABLA 45. DIMENSION DE LA CUBIERTA FORMADA PARA ARTESA EN U.....	95
TABLA 46. DIMENSIONES DE LA TAPA LATERAL INTERIOR DE ARTESA EN U.....	95

TABLA 47. DIMENSIONES DE LA TAPA LATERAL INTERIOR PARA UN TRANSPORTADOR HELICOIDAL DE 4 PULGADAS.....	96
TABLA 48. DIMENSIONES RODAMIENTOS DE BOLAS DE BRIDA O PARED	97
TABLA 49. DIMENSIONES DEL SOPORTE PARA LA ARTESA CON HELICOIDAL DE 4 PULGADAS.....	97
TABLA 50. EGRESO MENSUAL PARA LA MANUFACTURACIÓN DE QUESOS CON MÁQUINA.	101
TABLA 51. ANÁLISIS DE COSTOS MENSUALES DE FABRICACIÓN DEL QUESO.....	103
TABLA 52. EGRESO MENSUAL PARA LA MANUFACTURACIÓN DE QUESOS SIN MÁQUINA.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA INTERNA DE UNA VÁLVULA DE BOLA.....	5
FIGURA 2 ESTRUCTURA INTERNA DE UNA VÁLVULA DE COMPUERTA.....	6
FIGURA 3. ESTRUCTURA INTERNA DE UNA VÁLVULA DE ASIENTO.....	7
FIGURA 4. ESQUEMA DE UN SENSOR DE PRESIÓN MICRO MECÁNICO	10
FIGURA 5. GRAFICA PRESIÓN DEL CILINDRO EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DEL EMBOLO.....	12
FIGURA 6. GRAFICA CONSUMO DE AIRE EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DEL CILINDRO NEUMÁTICO.....	13
FIGURA 7. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO CON REGRESIÓN POR RESORTE....	14
FIGURA 8. CILINDRO DE DOBLE EFECTO	14
FIGURA 9. HELICOIDAL DE PASO ESTÁNDAR.....	18
FIGURA 10. HELICOIDAL SENCILLO DE PASO CORTO.....	18
FIGURA 11. HELICOIDAL SENCILLO DE MEDIO PASO.....	19
FIGURA 12. HELICOIDAL SENCILLO DE MEDIO PASO.....	19
FIGURA 13. HELICOIDAL DOBLE DE PASO ESTÁNDAR.....	19
FIGURA 14. ESTRUCTURA DE UN PLC	27
FIGURA 15. ENTRADAS Y SALIDAS DE UN PLC	28
FIGURA 19. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN MOLDEO Y PRENSADO MANUAL.....	31
FIGURA 16. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	32
FIGURA 17. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.....	33
FIGURA 18. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO	33
FIGURA 20. CARACTERÍSTICAS DE VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN BAJO ESFUERZO CORTANTE.....	34

FIGURA 21. ASIGNACIÓN GRÁFICA DE LAS ESTACIONES A PARTIR DE UN PROTOTIPO VIRTUAL.....	40
FIGURA 22. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INTERACCIÓN DE LAS ESTACIONES PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	41
FIGURA 26. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE CONTROL DE DOSIFICACIÓN MOLDEO Y PRENSADO AUTOMATIZADO.	58
FIGURA 27. ANÁLISIS FÍSICO PARA ESTABLECER LA FUERZA MÍNIMA PARA MOVER UNA MASA DE 1500G.....	62
FIGURA 28. SISTEMA DE APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULA DOSIFICADORA..	65
FIGURA 29. CARACTERÍSTICAS DE FLUJO	67
FIGURA 30. VÁLVULA DE CINCO VÍAS.....	67
FIGURA 31. ESQUEMA NEUMÁTICO DEL TRABAJO DE GRADO.....	71
FIGURA 32. TABLERO DE CONTROL.....	72
FIGURA 33. CONTENEDOR CUADRÁTICO	74
FIGURA 34. VOLUMEN DE CUERPOS GEOMÉTRICOS	75
FIGURA 35. CONTENEDOR CUADRÁTICO DIMENSIONADO EN MM.....	75
FIGURA 36. DIBUJO DE ARTESA EN U.....	91
FIGURA 37. DIBUJO DE ARTESA ENSANCHADA.....	91
FIGURA 38. IMAGEN DEL MÉTODO DE DOSIFICACIÓN MANUAL DEL QUESO.	105
FIGURA 39. IMAGEN DEL MÉTODO DE MOLDEO MANUAL DEL QUESO.....	106
FIGURA 40. IMAGEN DEL MÉTODO DE PRENSADO MANUAL DEL QUESO.	106
FIGURA 41. SISTEMA MECÁNICO PARA LA DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CUAJADA	108
FIGURA 42. SISTEMA MECÁNICO PARA EL MOLDEO AUTOMÁTICO DE LA CUAJADA	108
FIGURA 43. SISTEMA MECÁNICO PARA EL PRENSADO DE LA CUAJADA.....	109

FIGURA 44. DESPIECE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN MOLDEO Y PRENSADO DE LA CUAJADA	111
FIGURA 45. DESPIECE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA CUAJADA	137
FIGURA 46. MESAS DE SOPORTE PARA LA AUTOMATIZACIÓN.	137
FIGURA 47. DISTRIBUCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	139

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1	5
ECUACIÓN 2 CÁLCULO DE PRESIÓN.....	9
ECUACIÓN 3 SEGUNDA LEY DE NEWTON	9
ECUACIÓN 4 RESULTADO DE DESPEJAR LA ECUACIÓN 2	11
ECUACIÓN 5. FUERZA DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO	11
ECUACIÓN 6 CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS NEUMÁTICOS.....	12
ECUACIÓN 7 LEY QUE GOBIERNA A LOS FLUIDOS IDEALES NEWTONIANOS.....	34
ECUACIÓN 8 SEGUNDA LEY DE NEWTON PARA FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL EJE DE LAS ORDENADAS.....	62
ECUACIÓN 9 SEGUNDA LEY DE NEWTON PARA FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL EJE DE LAS ABSCISAS.....	63
ECUACIÓN 10 FUERZA DE ROZAMIENTO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO.....	63
ECUACIÓN 11. VOLUMEN ADECUADO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN UNIDADES DE COMPRESIÓN.....	69
ECUACIÓN 12 SUMATORIA DE VOLÚMENES PARA GEOMETRÍA DIFERENTES.....	75
ECUACIÓN 13 VOLUMEN DE PIRÁMIDE TRUNCADA	76
ECUACIÓN 14 VOLUMEN DEL CUBO.....	76
ECUACIÓN 15 RPM'S NECESARIAS PARA UN CAUDAL DEFINIDO DENTRO DE LA ARTESA.....	79
ECUACIÓN 16 POTENCIA PARA MOVER EL TRANSPORTADOR VACÍO	83
ECUACIÓN 17 POTENCIA PARA MOVER EL MATERIAL EN LA ARTESA	83
ECUACIÓN 18 POTENCIA TOTAL PARA MOVER EL TRANSPORTADOR Y EL MATERIAL	84
ECUACIÓN 19 CÁLCULO DEL TORQUE EN LB-PULGADA	88
ECUACIÓN 20 CÁLCULO DEL COSTO PRIMO	102
ECUACIÓN 21 CÁLCULO DEL GASTO GENERAL DE FABRICACIÓN	102

ECUACIÓN 22 COSTO MENSUAL DE PRODUCCIÓN	102
ECUACIÓN 23 COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIA	103

CAPÍTULO 1

ESPECIFICACIONES GENERALES

1.1 Introducción.

El sector artesanal de cualquier producción dentro del país, siempre ha sido caracterizado por dos factores; precios bajos y una manufacturación empírica, que destaca la diferencia con el sector industrializado, en una sociedad donde la tecnología y la tecnificación de procesos crecen aceleradamente, y los procesos de saneamiento son más rigurosos para garantizar la buena salud de los consumidores.

Este crecimiento acelerado ha dejado de lado a la industria artesanal, reduciendo su población y producción, debido a que la tecnificación es costosa en la mayoría de aspectos; los propietarios de estas industrias no desean correr riesgos y de forma clandestina venden una pequeña producción a un selecto grupo de personas que pese a tener conocimiento de los procesos de elaboración, prefieren comprar el producto por razones como: creer que los quesos son más sanos por tener menos químicos en su fabricación y conservación, otros degustan su sabor y establecen diferencias. Estas y otras razones hacen de los quesos artesanales los preferidos de un grupo limitado de consumidores, que ha sabido mantener un pequeño pero constante mercado.

Es en donde entendido este concepto, la automatización se aplicará para mejorar los procesos de producción en la quesera artesanal, sin dejar de lado todos los beneficios y propiedades que los consumidores buscan en el queso artesanal.

1.1.1 Dispositivos y mecanismos a utilizarse.

1.1.1.1 Acero inoxidable serie 300.

Éste acero inoxidable es el más versátil y el más utilizado en la industria alimenticia. Tiene propiedades extraordinarias para el conformado y buenas características para la soldadura, no requiere tratamiento térmico tras la soldadura. La resistencia a la oxidación es excelente en una amplia variedad de ambientes corrosivos, incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión (Sumitec, 2007).

El acero AISI 304 de la norma ASTM A276, da cumplimiento con las normativas 89/109/CEE acerca del diseño higiénico del equipo para el procesado de alimentos (Castañeda, 2010).

1.1.1.2 Actuadores.

Se define como accionador o actuador a un dispositivo totalmente mecánico y su función es contribuir con fuerza para desplazar o “mover” otro dispositivo mecánico. El empuje producido por el accionador procede de tres posibles fuentes: neumática, hidráulica, y fuerza motriz mecánica o eléctrica. De acuerdo al principio generador de la fuerza, el actuador se denomina: “neumático”, “hidráulico”, “eléctrico” y “mecánico”.

1.1.2 Válvulas de control.

En los procesos industriales las válvulas de control juegan un papel importante en el lazo de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido que modifica a su vez el valor de la variable de medida comportándose como un orificio de área continuamente variable (Solé, 1997).

1.1.3 Sensores.

Un sensor es un dispositivo eléctrico o mecánico que convierte magnitudes físicas (presión, luminosidad, gravedad, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

1.1.3.1 Sensores de posición.

Los sensores de posición por su funcionamiento se clasifican en: Analógicos (potenciómetros) y digitales (finales de carrera), la diferencia entre ellos es su salida, los analógicos arrojan señales en valores numéricos representados por voltios o mili amperes, en tanto que los digitales emiten solo dos tipos de señales 0L (off) o 1L (on).

1.1.3.2 Sensores de presión.

Dentro de la medición de presión, existen tres maneras de obtener estas lecturas:

- *Mecánicamente.* - Consiste en una serie de mecanismos (lira, diafragma y fuelle) los que mediante una deformación unitaria hacen variar las agujas de un manómetro.
- *Neumáticamente.* - Constituidos por un sistema transmisor de equilibrio de fuerzas (tubo Bourdon, transmisión de equilibrio por medio de fuelles).

- *Electromecánicamente y electrónicamente.* - Los electromecánicos son elementos mecánicos unidos a una parte eléctrica, que emite una señal de control, mientras que los electrónicos consisten en fenómenos netamente eléctricos (resistivos, magnéticos, capacitivos, extensométricos, etc.)

1.2 Funcionamiento de electroválvulas.

Una electroválvula está compuesta de dos partes fundamentales: la válvula mecánica y el accionador eléctrico, servo eléctrico o electromecánico, que se encarga de reemplazar la acción mecánica por la de un motor eléctrico, que cumple con las mismas funciones que son: abrir, cerrar y regular el flujo de la presión y el caudal.

La electroválvula dentro de su dispositivo eléctrico consta de un solenoide que realiza un cambio de energía de eléctrica a mecánica para que ésta actúe sobre la válvula y cumpla con su función de regulación y control.

Las válvulas accionadas electrónicamente se han categorizado en dos grupos: las válvulas y los accionamientos, en donde se analizarán todos los mecanismos diferentes que categorizan las válvulas, funciones, propiedades y principios que hacen posible el cálculo de factores para obtener un control preciso.

1.2.1 Válvulas.

El principio fundamental bajo el cual se crearon las válvulas fue, el de regular y controlar el caudal suministrado por un sistema hidráulico o neumático. Desde la antigüedad se han utilizado todo tipo de válvulas con accionamientos manuales para regular los diferentes tipos de fluidos, por ejemplo, abrir una llave de paso para que fluyan el agua y el gas licuado de petróleo con mayor o menor caudal.

Las válvulas están encargadas de controlar la presión y la dirección de los fluidos líquidos, su funcionamiento está limitado a la regulación del caudal, mediante un incremento o disminución en el área de paso, mediante un elemento de obstrucción, que hace variar la pérdida de carga asociada en el sistema según Figura 1.

Ecuación 1

$$\delta P = A(x) \cdot Q^2 \quad \text{Giles (2003)}$$

Dónde: δP = Pérdida de carga o presión (Pa);

$A(x)$ = Área de paso variable (m²).

Q^2 = Caudal (m³).

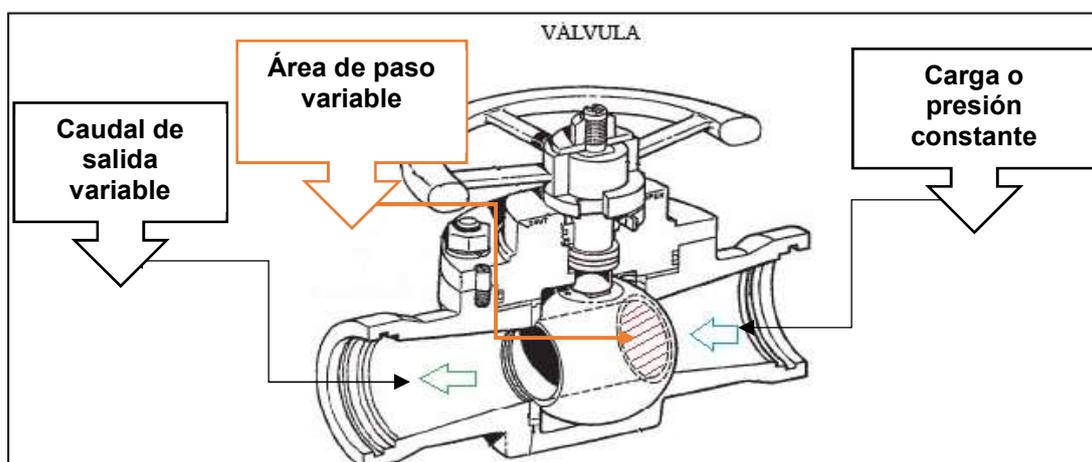


Figura 1. Estructura interna de una válvula de bola

Fuente: http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm

1.2.1.1 Válvulas neumáticas.

Las válvulas neumáticas, como su nombre lo indica pneuma, proviene de derivativo aire, controlan flujos de gases, en este caso que dan accionamiento a dispositivos del mismo tipo, cumplen con la misma función que otras válvulas solo que estas se aplican a un grupo limitado de sensores y actuadores.

1.2.1.2 Clasificación de válvulas por mecanismo de accionamiento.

Su clasificación está dada por el mecanismo de accionamiento en: válvula de compuerta, válvula de asiento y válvulas de diafragma. Para los cuales solo se tratará las válvulas de compuerta y asiento, por ser más comunes en el uso.

1.2.1.2.1 Válvula de compuerta.

Este tipo de válvula se caracteriza por su elemento deslizante de apertura y cierre, denominado compuerta o cuchilla, que consiste en una placa de forma redonda o cuadrada, la cual permite o interrumpe el paso del fluido.

Estas válvulas se caracterizan por el tipo de sello alojado en la parte interna, el cual realiza la disminución del flujo, mediante el asentamiento del disco en un par de áreas distribuidas en los contornos de la válvula. Las caras del disco están diseñadas en forma paralela o en cuña, conforme se muestra en la Figura 2.

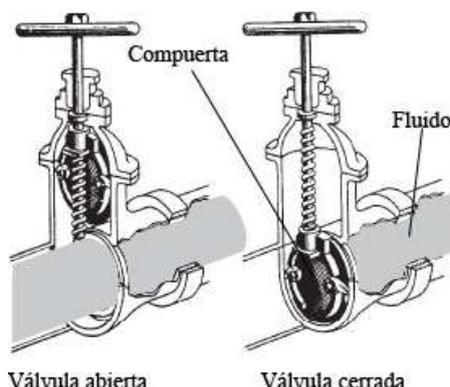


Figura 2. Estructura interna de una válvula de compuerta.

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Valvulas>

1.2.1.2.2 Válvulas de asiento.

Las válvulas de asiento son aquellas que están diseñadas con: discos, placas, bolas, o conos para la regulación de fluidos, su fácil estanqueidad hace que los elementos

se desgasten muy poco, asegurando una larga duración para casi cualquier sistema, por su estructuración son robustas e insensibles a la suciedad se ve en la Figura 3.

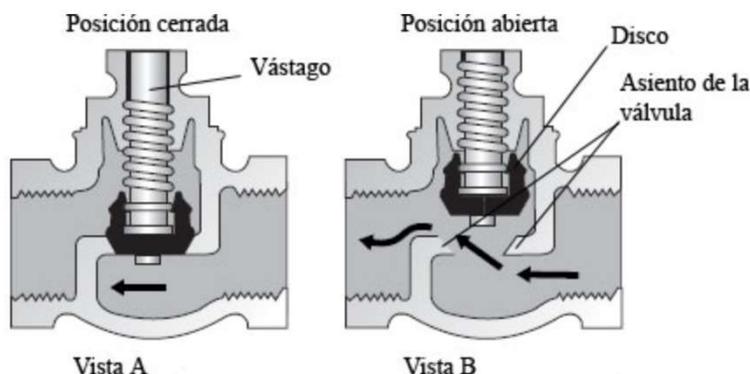


Figura 3. Estructura interna de una válvula de asiento.

Fuente: <http://informefebbreroatanquehidraulico828826.blogspot.com/?view=mosaic>

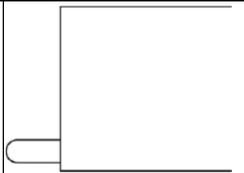
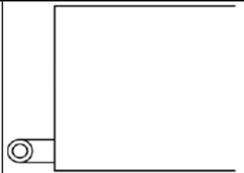
1.2.2 Accionamiento de las válvulas:

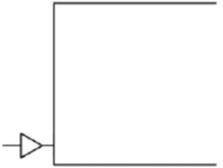
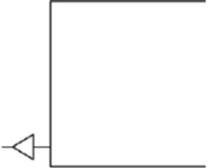
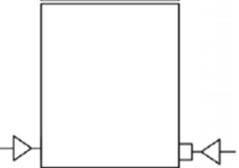
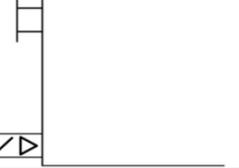
Los accionamientos de válvulas se realizan mediante la intervención de diversos dispositivos que pueden ser: de accionamiento directo y accionamiento indirecto.

1.2.2.1 Accionamiento directo de válvulas.

Los dispositivos de accionamiento directo se caracterizan por tener su órgano de mando directamente establecido sobre la válvula, y actúan en su sistema de apertura o cierre, y se clasifica en: muscular, mecánico, neumático y eléctrico. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de accionamientos para válvulas de control.

TIPO DE ACCIONAMIENTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA		
Mecánico			
	Leva	Rodillo	Muelle

Neumático			
	Presión	Depresión	Presión diferencial
Eléctrico			
	Eléctrico	Servo eléctrico	Electro mecánico

Nota. Accionamientos de válvulas, norma UNE-101 149 86 y su forma de acción.

1.3 Módulos de pesaje.

Los módulos de pesaje son dispositivos integrados, que sirven para medir la masa que posee cualquier elemento. Su principio de funcionamiento está basado en un fenómeno físico que se llama presión, el cual relaciona una fuerza aplicada sobre un área determinada.

Lleva el nombre de módulo de pesaje debido a que en él se incorporan una serie de elementos tales como: circuitos eléctricos, entradas y salidas (digitales y analógicas) y mecanismo o sensor de peso. Todos estos componentes acoplados al módulo ayudan a la interacción con otros dispositivos facilitando la automatización de procesos en cualquier campo.

1.3.1 Principio de funcionamiento.

Para entender cómo funcionan los módulos de pesaje, hay que establecer dos diferencias en los principios básicos que están detrás del accionamiento de estos dispositivos.

La presión es la relación entre una fuerza sobre un área aplicada y su fórmula está desarrollada en la siguiente expresión:

Ecuación 2 cálculo de presión

$$P_{resión} = \frac{F}{A} \text{ (Pa)} \text{ (Giles, 2003)}$$

El peso es una medida de fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto y su ecuación esta designada de la siguiente manera:

Ecuación 3 segunda ley de newton

$$P_{eso} = m \cdot g \text{ (N)} \text{ (Alvarenga, 2004)}$$

Para relacionar estos dos fenómenos se afirma que el peso es una fuerza actuante en cualquier cuerpo, entonces se tiene:

$$m \cdot g = F \text{ (N)}$$

$$P_{resión} = \frac{m \cdot g}{A} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

1.3.2 Sensores de presión.

Para medir peso primero hay que establecer la presión y se utilizan diferentes métodos: mecánicos, neumáticos, electrónicos y electromecánicos.

Para los dispositivos mecánicos se usa el principio de presión, se establece una comparación de la presión ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas, o simplemente se usan elementos elásticos para medir la longitud de deformación por la presión interna de cualquier fluido.

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal correspondiente. El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espira, hélice o una combinación de los mismos que a través de un sistema de placas convierte la presión en una fuerza o desplazamiento mecánico (Solé, 1997).

Un tipo de transductor de presión electromecánico es el resistivo que utiliza la variación del valor de una resistencia cuando sobre ella se ejerce alguna presión, de tal forma que haga que sus características físicas se modifiquen.

1.3.3 Sensores de peso.

Una celda de carga es un transductor que convierte el peso de un objeto colocado sobre esta en una señal eléctrica. Esta conversión se alcanza por la deformación física de galgas extensométricos (BYM, 2010).

El peso aplicado a la celda de carga ya sea por compresión o por tensión produce una deflexión en la viga lo cual introduce tensión a las galgas. La deformación producirá un cambio en la resistencia eléctrica proporcional a la carga Figura 4.

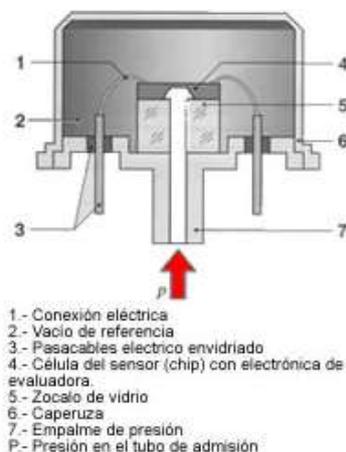


Figura 4. Esquema de un sensor de presión micro mecánico

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores4.htm>

1.4 Cilindros neumáticos.

Los cilindros o actuadores neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón (MiCRO, 2011).

Ecuación 4 resultado de despejar la ecuación 2

$$F = P \cdot A$$

Donde:

F = Fuerza (N); P = Presión manométrica (bar); A = Área del émbolo o pistón (cm²)

1.4.1 Fuerza en los cilindros.

La fuerza aprovechable de un cilindro neumático aumenta cuando la presión y sus diámetros son mayores. Para determinar de la fuerza estática en los cilindros neumáticos se utiliza la siguiente fórmula y está respaldada en la figura 5 (MiCRO, 2011).

Ecuación 5. Fuerza de un actuador neumático

$$F = 7.85 \cdot P \cdot d^2 \quad (\text{MiCRO, 2011})$$

Dónde:

F = Fuerza (N); P = Presión manométrica (bar); d = Diámetro de la camisa del cilindro (cm)

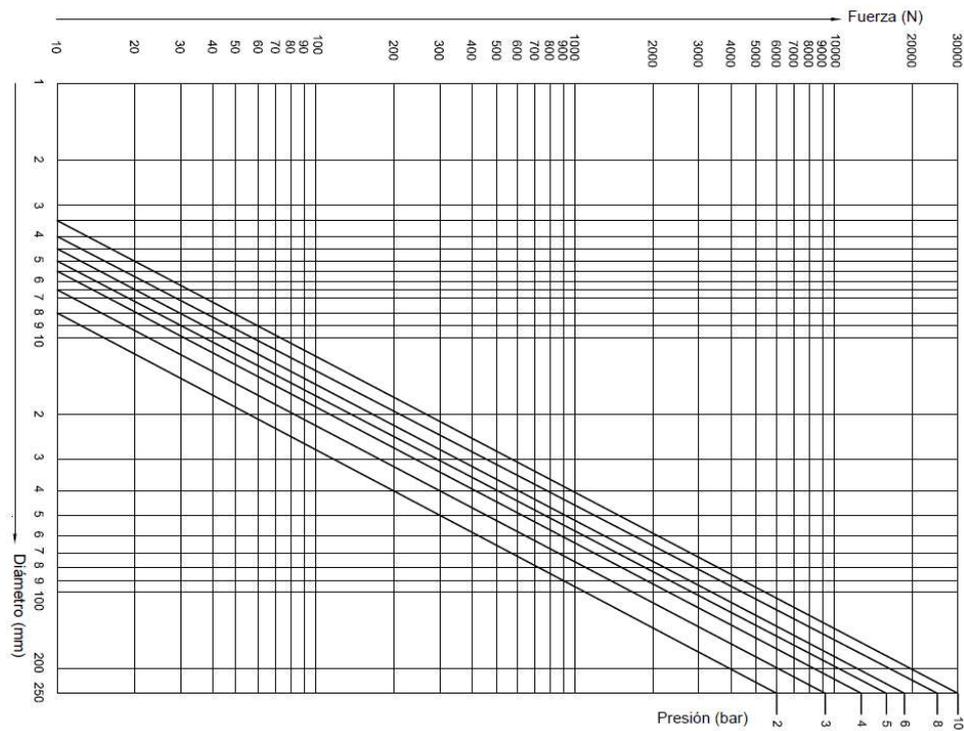


Figura 5. Grafica presión del cilindro en función del diámetro del embolo

Fuente: <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>

1.4.2 Consumo de aire en cilindros.

El cálculo del consumo de aire en actuadores neumáticos es muy trascendental cuando se necesita conocer factores como; la capacidad del compresor necesario para abastecer a la demanda de una instalación y puede calcularse con la siguiente fórmula, o analizando la figura 6 (MiCRO, 2011).

Ecuación 6 consumo de aire en cilindros neumáticos

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6} \quad (\text{MiCRO, 2011})$$

Dónde:

Q = Consumo de aire (NI/min)

d = Diámetro del cilindro (mm)

c = Carrera del cilindro (mm)

n = Número de ciclos completos por minuto

P = Presión absoluta=Presión relativa de trabajo + 1 bar;

N = Número de efectos del cilindro ($N=1$ para simple efecto, $N=2$ para doble efecto)

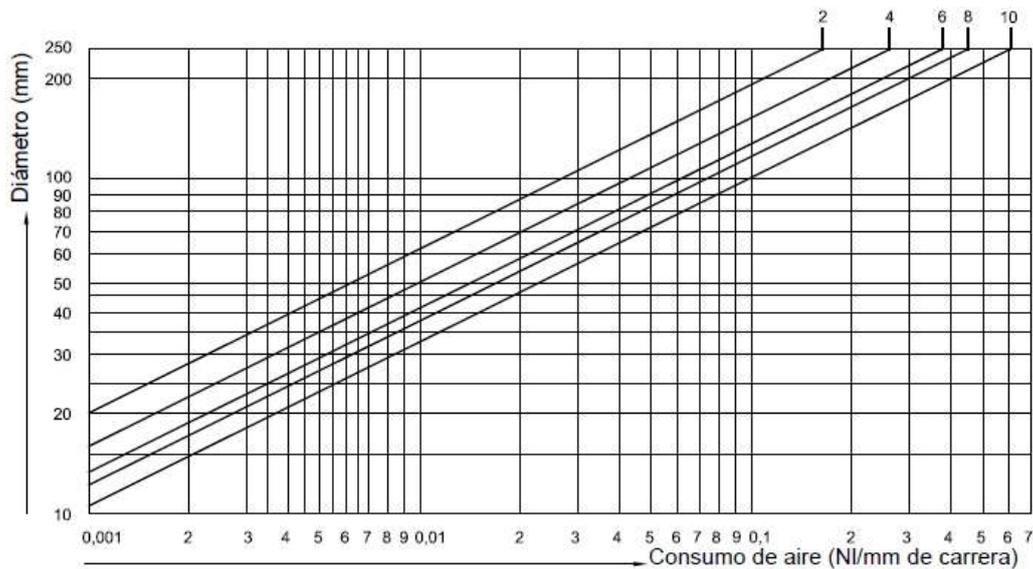


Figura 6. Grafica consumo de aire en función del diámetro del cilindro neumático

Fuente: <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>

1.4.3 Variantes constructivas.

En el campo de los actuadores neumáticos existen varios tipos de cilindros, que de acuerdo a su funcionalidad son clasificados en lineales y rotativos, dentro del grupo lineal existen dos tipos; los más comunes: los de simple efecto y los de doble efecto.

1.4.3.1 Cilindros neumáticos lineales.

Los cilindros de simple efecto están clasificados en dos tipos uno que sus movimientos están gobernados por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista, generalmente por un resorte colocado en el interior del cilindro, que realiza un trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenible

es algo menor a la que da la expresión $F = P/a$, pues hay que restar la fuerza de oposición que ejerce el resorte, ejemplo Figura 7 (MiCRO, 2011).

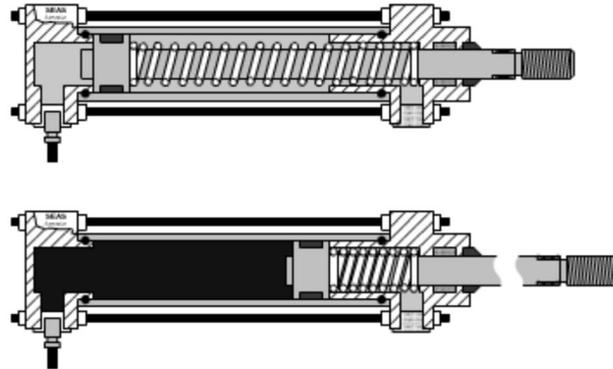


Figura 7. Cilindro de simple efecto con regresión por resorte

Fuente: <http://circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.com/p/21>

De doble efecto: el embolo es movido por el aire compactado en ambas carreras ósea realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha, figura 8.

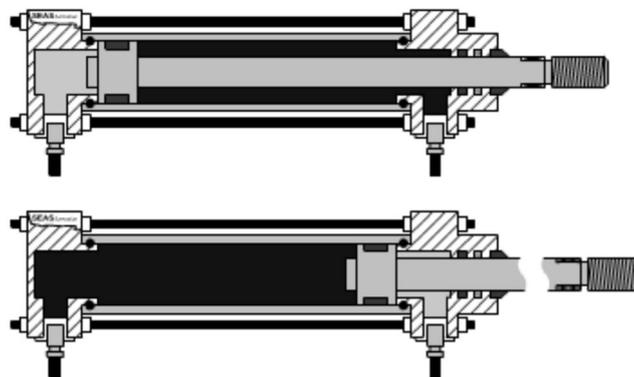


Figura 8. Cilindro de doble efecto

Fuente: <http://circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.com/p/21>

1.5 Alimentador helicoidal.

Los alimentadores helicoidales están diseñados para regular el flujo de un material en una tolva o depósito, por lo general se inunda de material (95% de carga de artesa).

Uno o más helicoidales de paso variable o cónico transportan el material a la capacidad requerida. Para controlar el flujo del material, los alimentadores helicoidales

están regularmente provistos de cubiertas de placa con casquillo o curvas para una distancia corta posterior al extremo de la abertura de la entrada para obtener una regulación en la alimentación (Martin Sprocket & Gear, INC., 2013)

Al haber incremento en el paso o en el diámetro más allá del casquillo, el nivel del material en el transportador disminuye a niveles de cargas normales. En ocasiones se requiere de casquillos más largos de helicoidales de paso extra corto y otras 24 modificaciones para reducir el flujo del material en el alimentador helicoidal.

Los alimentadores están fabricados en dos tipos generales:

Tipo 1 con helicoide de paso regular.

Tipo 2 con helicoide de paso corto.

1.5.1 Características del material.

La tabla 1 de Características de los Materiales contiene la información siguiente:

- El peso por pie cúbico (densidad) que puede ser usado para calcular la capacidad del transportador en pies cúbicos por hora.
- El código para cada material tal y como se describe en la Tabla 2 y que se interpreta al pie de la página.
- El código para la selección del Rodamiento Intermedio se usa para seleccionar el material adecuado para el buje del colgante.
- El código para la Serie de Componentes se usa para determinar los componentes correctos que deben utilizarse.
- El Factor del Material, F_m se usa para determinar la potencia.

Fluidez	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable — Afecta uso	P
	Degradable — Afecta uso	Q
	Emite Humos o gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
Presencia de Aceites	W	
Se Comprime Bajo Presión	X	
Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y	
Temperatura Elevada	Z	

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

1.5.2 Tamaño del helicoidal.

Los helicoidales como la mayoría de elementos mecánicos se han estandarizado para un uso más eficiente y una fabricación sencilla, el tamaño de los helicoidales viene dado por los siguientes estándares:

1.5.2.1 Paso estándar, helicoidal sencillo.

Los helicoidales con paso igual al diámetro son considerados estándar. Son adecuados para manejar una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones convencionales figura 9.

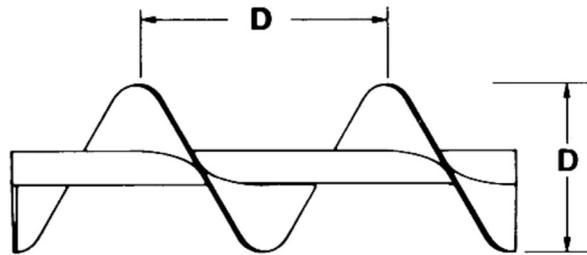


Figura 9. Helicoidal de paso estándar.

Fuente: Sprocken Gear, M. (2013). El gran Catálogo, helicoidales pág. (H-77). EEUU- California.

1.5.2.2 Paso Corto, Helicoidal Sencillo.

El paso del helicoidal se reduce a $\frac{2}{3}$ del diámetro. Se recomienda para aplicaciones inclinadas o verticales. Se utilizan en alimentadores helicoidales. El paso corto reduce el flujo de los materiales que tienden a fluidizarse figura 10.

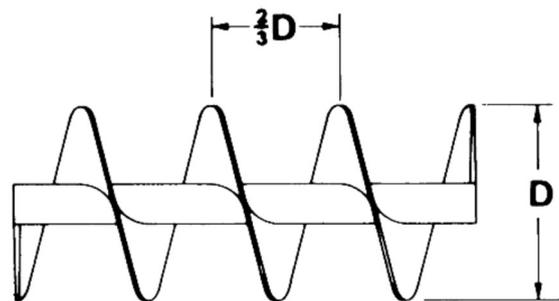


Figura 10. Helicoidal sencillo de paso corto.

Fuente: Sprocken Gear, M. (2013). El gran Catálogo, helicoidales pág. (H-77). EEUU- California.

1.5.2.3 Medio Paso, Helicoidal Sencillo.

Es similar al paso corto excepto que el paso se reduce a la mitad del paso estándar. Es muy útil para aplicaciones inclinadas o verticales, en alimentadores helicoidales y para manejar materiales

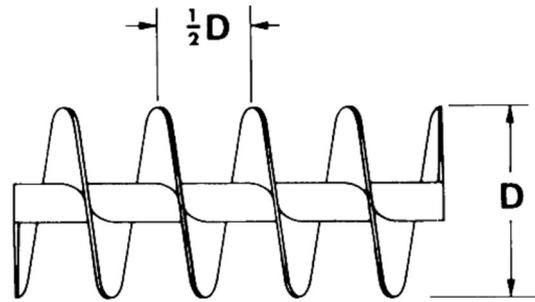


Figura 11. Helicoidal sencillo de medio paso.

Fuente: Sprocken Gear, M. (2013). El gran Catálogo, helicoidales pág. (H-77). EEUU- California.

1.5.2.4 Helicoidal Sencillo de Paso Variable.

Los helicoidales tienen un paso que se incrementa. Se utilizan en alimentadores helicoidales para manejar uniformemente materiales finos que fluyen libremente, a todo lo largo de la abertura de alimentación figura 12.

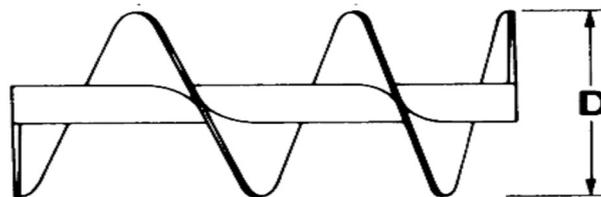


Figura 12. Helicoidal sencillo de medio paso.

Fuente: Sprocken Gear, M. (2013). El gran Catálogo, helicoidales pág. (H-77). EEUU- California.

1.5.2.5 Doble Helicoidal, Paso Estándar.

Los helicoidales dobles de paso estándar permiten que ciertos tipos de materiales fluyan suave y uniformemente figura 13.

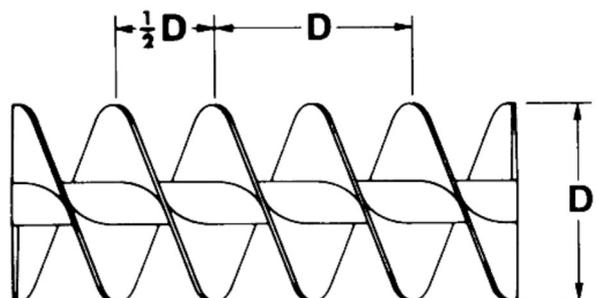


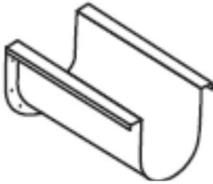
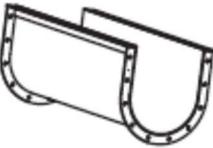
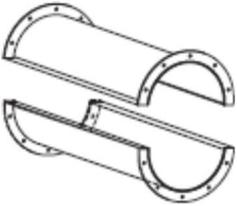
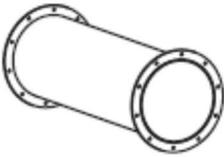
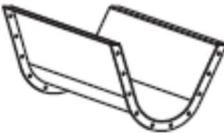
Figura 13. Helicoidal doble de paso estándar.

Fuente: Sprocken Gear, M. (2013). El gran Catálogo, helicoidales pág. (H-77). EEUU- California.

1.5.3 Artesas para transporte.

Las artesas son elementos indispensables dentro de los transportadores helicoidales ya que permiten contener el material mientras es movido trasladado para su dosificación tabla 4.

Tabla 4. Formas de artesas para transporte.

<p>ARTESA EN "U" CON CEJA FORMADA</p>		<p>Es una artesa económica de uso común. Construcción de una sola pieza. Longitudes estándar en existencia.</p>
<p>ARTESA EN "U" CON CEJA EN ÁNGULOS</p>		<p>Construcción rígida. CON CEJA Longitudes estándar en existencia.</p>
<p>ARTESA TUBULAR. CON CEJA FORMADA</p>		<p>Puede operar llena en aplicaciones de alimentadores. En aplicaciones inclinadas, minimiza el regreso del material. Se desensambla fácilmente para su mantenimiento Se puede sellar con empaque para confinamiento a prueba de polvo. Se requieren registros para colgante para usar colgantes estándar.</p>
<p>ARTESA TUBULAR SÓLIDA</p>		<p>Construcción de una pieza para aplicaciones totalmente cerradas o inclinadas. Se requieren registros para colgante para usar colgantes estándar.</p>
<p>ARTESA ENSANCHADA</p>		<p>Se utiliza cuando los materiales tienden a puentearse o cuando se necesitan entradas ensanchadas.</p>

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

1.6 Aceros inoxidables.

El acero inoxidable es utilizado por su extraordinaria resistencia a la oxidación. Aproximadamente contienen un 12% de Cr. como mínimo, lo que permite la formación de una capa protectora de óxido de cromo cuando el acero es expuesto al oxígeno. Además, se pueden limpiar y desinfectar fácilmente. (Castañeda, 2010)

Hay cuatro tipos de aceros inoxidables, según la estructura cristalina y el mecanismo de endurecimiento: ferrítico, martensítico, austenítico y endurecido por precipitación. Los más empleados son los austeníticos 18/8 al cromo- níquel, con adición de molibdeno o sin ella, según el fin al que vayan destinados.

En la tabla 5 se muestra la composición química de los aceros inoxidables de grado 300, según la norma AISI, más usados por sus características tecnológicas y su precio.

El AISI 304 es resistente a la corrosión originada por la mayoría de alimentos y agentes de limpieza, no da coloraciones, es fácil de limpiar y relativamente barato. Sin embargo, es sensible al SO_2 .

Así mismo, cuando se prevean problemas de corrosión más acusados, como en el caso de salmueras y alimentos muy ácidos (vinagre) debe emplearse el AISI 316, dado su mayor contenido en níquel y, sobre todo, el 2-3% de molibdeno presente.

Por otra parte, en aquellas aplicaciones que se requiera soldar, son recomendables los aceros con bajo contenido en carbono (AISI 304L y 316L) para reducir los riesgos de corrosión intergranular.

Tabla 5. Composición química de los aceros inoxidable.

Norma AISI	Composición química %								
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	O.E
301	0.08	2.00	0.04	0.03	0.75	17.00 A 20.00	9.00 A 13.00	---	Ti
304	0.03	2.00	0.04	0.03	0.75	18.00 A 20.00	8.00 A 11.00	---	---
304L	0.035*	2.00	0.04	0.03	0.75	18.00 A 20.00	8.00 A 13.00	---	---
310	0.25	2.00	0.045	0.03	1.50	24.00 A 26.00	19.00 A 22.00	---	---
316	0.08	2.00	0.04	0.03	0.75	16.00 A 18.00	10.00 A 14.00	2.3 A 3.0	---
316L	0.035*	2.00	0.04	0.03	0.75	16.00 A 18.00	10.00 A 15.00	2.3 A 3.0	---

Fuente: <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>

1.6.1 Acero AISI 304.

La resistencia a la corrosión es muy buena, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C, pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango (Sumitec, 2007).

- **Normas involucradas:** ASTM A 276
- **Propiedades mecánicas:**
 - Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
 - Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
 - Elongación 30 % (en 50mm)
 - Reducción de área 40 %
 - Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
- **Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

1.6.2 Normativa legal para el uso de acero de la gama AISI 300.

Desde un punto de vista, la ideología higiénica de los equipos presenta tres finalidades: restringir la contaminación microbiana, facilitar la limpieza, mejorar la desinfección, el enjuagado y finalmente favorecer la conservación y el mantenimiento (Castañeda, 2010).

La concepción higiénica debe estar basada, por tanto, en la combinación de exigencias mecánicas, de tecnología de alimentos y de microbiología.

La higiene pasa a ser considerada como una fase más del proceso productivo, estableciéndose unos métodos que deben ser eficaces para que la repercusión económica del proceso sobre el producto final sea óptima.

Ésta es la tendencia que se está implantando en las industrias alimentarias, donde en vez de analizar el producto acabado se controla el conjunto de procesos que intervienen en la elaboración. A este sistema se le conoce con el nombre de “Análisis de Riesgo y Control de Puntos Críticos” (ARICPC) en el que una de las principales ocupaciones a considerar es el correcto desarrollo de las labores de limpieza y desinfección.

1.6.3 Materiales para la fabricación de máquinas destinadas a los productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos.

Tal como se ha recogido en el apartado anterior y de conformidad con la Directiva 89/109/CEE (**Directiva 89/109/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con productos**

alimenticios), “Todos los materiales en contacto con los alimentos deben ser no tóxicos, mecánicamente estables, no absorbentes, inertes y resistentes a los productos alimentarios y a todos los agentes de limpieza y desinfección, a las diferentes concentraciones y a las diferentes presiones y temperaturas de utilización”. Además, las superficies en contacto con los alimentos serán lisas, duras, continuas y carentes de oquedades, fisuras y grietas. Cuanto más lisa sea la superficie más fácil será su limpieza, de aquí que para su obtención se prefiera el método del electro pulimentado (Castañeda, 2010).

Las superficies que habitualmente no entran en contacto con los alimentos también deber ser lisas, fácilmente lavables y no experimentar corrosión. Así, los pintados y demás tratamientos superficiales de la maquinaria deben limitarse a las superficies que no contactan con los alimentos.

1.7 Controladores lógicos programables.

En el primer intento de reemplazar al hombre en las tareas de control, nacieron los primeros sistemas de control y se realizaron por medio de dispositivos mecánicos. Elementos como las válvulas flotantes de nivel permitieron a los operarios realizar estas tareas.

Según aumentaba el crecimiento de las fábricas, fueron apareciendo necesidades como las de tener información de manera accesible y ordenada. Con la aparición del primer controlador electrónico pasaron varias décadas hasta perfeccionar una serie de dispositivos, que dieron lugar al desarrollo de un conjunto de elementos programables diseñados específicamente para funciones industriales “PLC”.

1.7.1 Definición.

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, un PLC – (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como son: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos (MICRO, 2007).

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en el tiempo real.

1.7.2 Campos de aplicación.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La evolución del hardware y software amplía continuamente este campo, para compensar las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales (MICRO, 2007).

Su uso está estipulado para aquellas subestructuras en donde se necesita un proceso de control, señalización y operación. Por ende, su utilización va desde procesos de manufacturación industriales de cualquier tipo, al control de instalaciones, entre otras, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se valore principalmente en procesos que producen necesidades tales como:

- Escases de espacio.
- Variantes en los procesos de producción.
- Secuencia de procesos.
- Máquinas con variación de procesos.

- Revisión independiente de programación de áreas.

1.7.3 Ventajas y desventajas.

No todos los PLC's ofrecen ventajas iguales en cuanto a lógica cableada, esto se debe, a la gran variedad de modelos que ofrece el mercado en cuanto a marcas y actualizaciones tecnológicas que surgen constantemente y se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de la implementación de PLC's

Ventajas	Desventajas
Tiempo reducido en la elaboración de proyectos, debido a que existe un esquema definido de contactos.	Para un control óptimo y mantenimiento seguro, el operario debe tener una capacitación en la programación de estos dispositivos, que en muchos casos los costos por preparación y actualización son muy elevados.
La lista de materiales reducida, por la conjugación de dispositivos en uno solo.	Red eléctrica no está diseñada para transmitir datos.
Modificaciones sin necesidad de una reestructuración total.	El funcionamiento se puede ver afectado por el uso combinado de la energía eléctrica con el flujo de datos.
Bajo costo de instalación.	Producción de equipos todavía limitada.
Mantenimiento fácil y económico. Aumento de la confianza en el sistema, al contar con un dispositivo compacto y en conjunto.	Marco legal y administrativo no totalmente definido.
Posibilidad de crecimiento modular.	La inversión inicial es elevada.
Alternativa válida a las conexiones ADSL.	
Administrar varios dispositivos a la vez con un mismo autómata.	
Paralización parcial de procesos al momento de hacer mantenimiento.	

Fuente: (MICRO, 2007)

1.7.4 Estructura de un PLC.

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- La Unidad Central de Procesamiento (CPU).
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.
- La fuente de alimentación eléctrica.

Esta estructura se puede observar en la figura 14

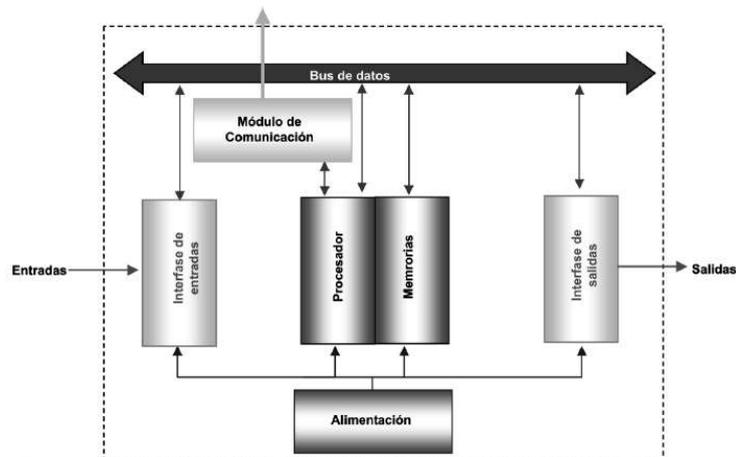


Figura 14. Estructura de un PLC

Fuente:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

1.7.5 Definición y descripción de la estructura básica de un PLC.

1.7.5.1 Procesador:

Es el “cerebro” del PLC, a cargo de la función del programa desarrollado por el usuario, sus tareas principales son:

- Ejecutar la programación planteada por el usuario.
- Gobierno de la comunicación entre los dispositivos de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/ salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

Para poder realizar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado **sistema operativo**. Este programa no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en una memoria que no pierde la información ante la ausencia de alimentación, es decir, en una memoria no volátil. (MICRO, 2007)

1.7.5.2 Memoria.

Los PLC deben tener la capacidad de guardar y eliminar la información a petición del usuario, para esto cuentan con memorias RAM, ROM y EPROM. Las memorias son localizaciones donde la información puede es guardada.

En las memorias el PLC debe ser capaz de almacenar:

Datos del Proceso:

- Datos alfanuméricos y constantes.
- Señales de entradas y salidas.
- Variables internas, tipo bit y word.

Datos de Control:

- Programas y comandos.
- Configuración del autómatas.

1.7.5.3 Dispositivos de entrada.

Los dispositivos tanto de entrada como de salida, intercambian distintos tipos de señales con el PLC al momento de realizar el control, y se muestra en la figura 15.

Cada entrada esta generalmente enlazada a un sensor y es utilizada para reconocer un estado en particular de lo que a su alrededor está sucediendo como: presión, gravedad, posición, temperatura, entre otros fenómenos.

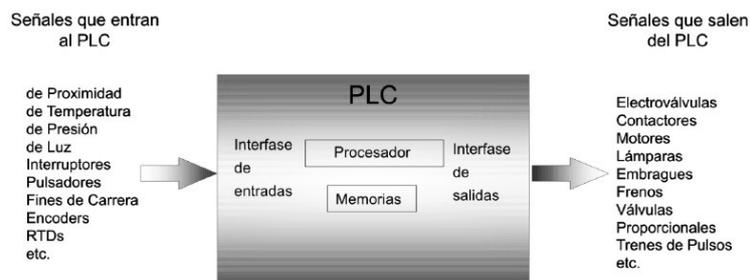


Figura 15. Entradas y salidas de un PLC

Fuente:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Entre estos dispositivos podemos encontrar:

- Ultrasónicos, ópticos, finales de carrera, infrarrojo, sensores de caudal, humedad, etc.

Existen dos tipos de señales de entrada una se denomina digital y la otra analógica.

Entradas Digitales: Denominadas como binarias por tener dos únicos estados; encendido o apagado, la electrónica los denomina como un estado lógico donde 1 es on y 0 es off.

Los módulos de entradas digitales funcionan con señales de voltaje. Si existe voltaje por uno de los contactos, se interpreta como "1L" y cuando no llega una señal eléctrica o su voltaje igual a cero se reconoce como "0L".

Entradas Analógicas: Estas interfaces admiten un rango de valores en la señal de entrada que pueden ser de tensión o corriente, el rango para la tensión va desde 0 a 5 VDC o de 0 a 10 VDC, mientras que los rangos establecidos para la corriente son de 4 hasta 20 MA, el principio fundamental de funcionamiento de estos módulos es convertir estos valores en un número. Este número se guarda en una posición de memoria del PLC para luego ser comparado con los valores establecidos por los sensores.

1.7.5.4 Dispositivos de salida.

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno.

Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactores de motor
- Electroválvulas
- Indicadores luminosos o simples relés

1.7.6 Alimentación.

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU frecuentemente es de 24 Vcc, o de 110/220 Vca. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

1.7.7 Sistema de control para la dosificación moldeo y prensado de la cuajada.

En la figura 19 se muestra un diagrama de bloques, que indica cómo se realizaría el proceso automático, para la dosificación, moldeo y prensado de la cuajada.

El proceso inicia con la llegada de la cuajada al contenedor, una vez encendida, la máquina procede a verificar mediante un sensor que el molde se encuentre en la estación de llenado; si el molde no se encuentra, simplemente la máquina entra en stand by, hasta que cambie la condición, confirmado el molde en la estación, el PLC manda una señal de salida para abrir una válvula que llenará el molde hasta obtener

un volumen definido, este será monitoreado por el peso y estará supervisado por un módulo de pesaje el cual detendrá el flujo de la cuajada una vez alcanzado el umbral establecido mediante el cierre de la válvula. Confirmado el peso, el molde pasará automáticamente a la estación de prensado, una vez compactado el material el molde se retira automáticamente de la estación, para dar lugar al siguiente molde. Proceso actual de dosificación moldeo y prensado de la cuajada.

Donde se va a realizar la aplicación práctica del trabajo de tesis, todos los procesos para la elaboración del queso se realizan manualmente.

Empieza cuando la leche ha sido transformada en cuajada una vez drenado el suero la cuajada está lista para el proceso de dosificación moldeo y prensado.

Del recipiente donde ha sido albergada la materia prima (cuajada) se toman porciones pequeñas y se llena el molde hasta alcanzar un volumen adecuado, aproximadamente 600 gramos. Una vez que el obrero, bajo su criterio, determina que el molde ha sido llenado, procede a realizar una compactación con la palma de la mano hasta lograr una forma cilíndrica, se esquematiza en la figura 19.

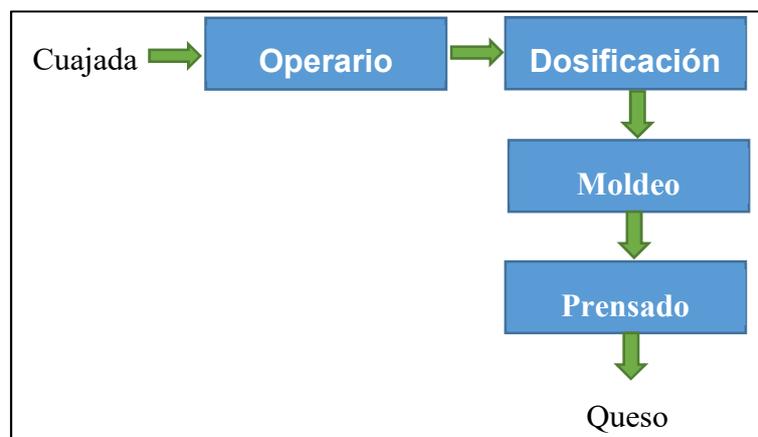


Figura 16. Diagrama de bloque del sistema de dosificación moldeo y prensado manual.

1.7.8 Sistemas de control.

Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control, un ejemplo claro de esto lo demuestra el diagrama de bloques de la figura 16. En donde podemos identificar tres aspectos básicos; la entrada que es la variable a controlar, el sistema de control que es proceso de modificación de la variable y la salida en donde todos los procesos han sido regulados y transformado en el proceso intermedio. Existen dos tipos de sistemas de control: sistema de control en lazo abierto y cerrado.

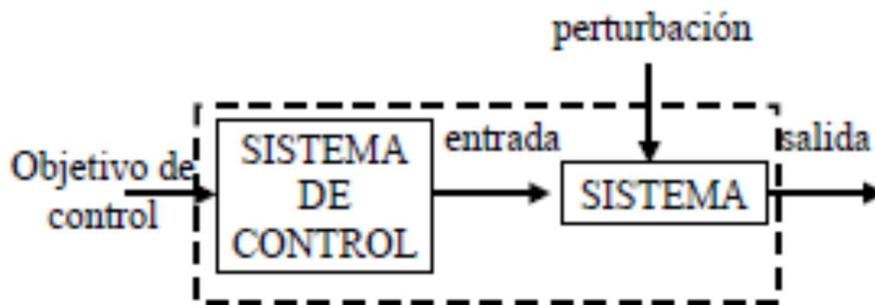


Figura 17. Estructura de un sistema de control

Fuente: http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf

1.7.8.1 Sistemas de control en lazo abierto.

Son aquellos sobre los cuales existe una señal de entrada y una de salida, la cual no influye en nada sobre la señal entrada, esto significa que no existe retroalimentación hacia el PLC, para que este pueda regular la función de control como se puede observar en la figura 17, estos sistemas se caracterizan por ser:

- Sencillos.
- Inestables ante cualquier perturbación.
- La precisión depende de una configuración previa del sistema.

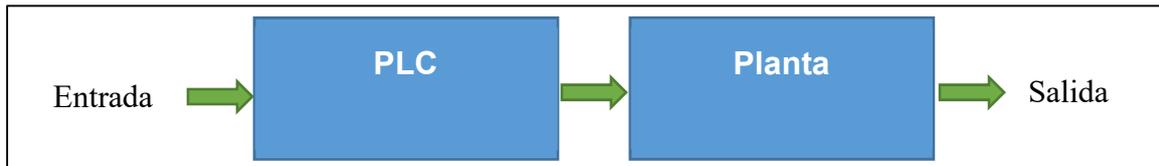


Figura 18. Diagrama de bloque de un sistema de control en lazo abierto.

1.7.8.2 Sistemas de control en lazo cerrado.

Son sistemas en los que la acción de control depende de la señal de salida, es decir existe una retroalimentación desde un resultado final; para calibrar la acción de control como se puede observar en la figura 18, estos sistemas se caracterizan por:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

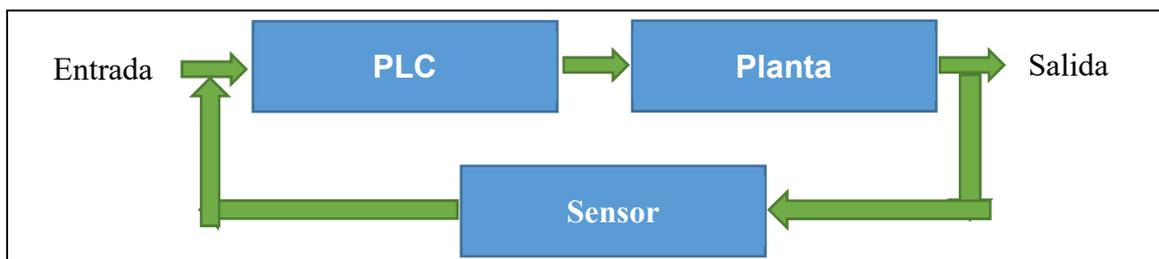


Figura 19. Diagrama de bloque de un sistema de control en lazo cerrado

1.8 La cuajada como fluido no newtoniano.

Para entender que es un fluido no Newtoniano, se explicará primero que es un fluido Newtoniano.

1.8.1 Fluidos Newtonianos.

Los fluidos newtonianos se comportan de acuerdo a la ley:

Ecuación 7 ley que gobierna a los fluidos ideales newtonianos

$$\tau = \mu \left(\frac{dV}{dy} \right), (\text{N.s/m}^2) \text{ (Giles, 2003)}$$

O bien que la tensión cortante es proporcional al gradiente de velocidades o velocidad de deformación tangencial. Por tanto, para estos fluidos, la gráfica de la tensión cortante en función del gradiente de velocidades es una línea recta que pasa por el origen. La pendiente de esta recta determina la viscosidad. (Giles, 2003)

En pocas palabras un fluido newtoniano es aquel en el que su viscosidad puede considerarse constante, es decir aquellos cuyas viscosidades son bajas, en su mayoría son los líquidos, como se puede apreciar en la figura 20.

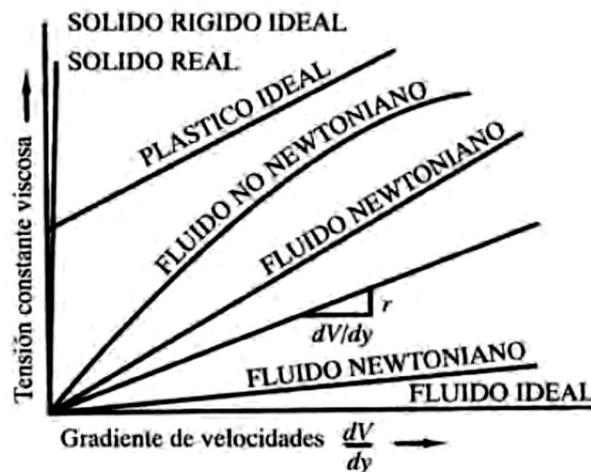


Figura 20. Características de velocidad de deformación bajo esfuerzo cortante.

Fuente: Ranald V. Giles, (1994). Mecánica de fluidos e hidráulica.

1.8.2 Fluidos no Newtonianos.

Los fluidos no newtonianos se deforman de manera que la tensión cortante no es proporcional a la velocidad de deformación tangencial, excepto quizá a tensiones cortantes muy pequeñas. La deformación de estos fluidos pudiera clasificarse como plástica (Giles, 2003).

1.8.3 La cuajada como fluido.

Una vez analizados los dos tipos de fluidos existentes, se concluye que la cuajada es un fluido no newtoniano por su estructura gelatinosa y la variación de su viscosidad cuando aumenta o disminuye la temperatura, por esto se define que la viscosidad de la cuajada es de 3cps esta medida se obtuvo a través (Alais 2003, p128), donde establece una relación entre el PH de la leche y la viscosidad de la caseína o cuajada, y su densidad es de 900 Kg/m³ aproximadamente, este dato se consiguió pesando 1cm³ de cuajada.

1.9 Elementos que constituyen el proceso de dosificación moldeo y prensado de la cuajada.

1.9.1 Leche.

La leche es un líquido blanquecino, que es provisto por las glándulas mamarias de la hembra de cualquier especie de los mamíferos, en este caso de la vaca. La leche está constituida por glóbulos de grasa en una solución que contiene lactosa, proteínas fundamentalmente compuestas por caseína y sales de calcio, fósforo, cloro, sodio, potasio y azufre. Es deficiente en hierro y está compuesta de un 80% a 90% agua.

1.9.2 Queso.

El queso es un producto obtenido de la leche a partir de un proceso llamado coagulación, el mismo que se realiza añadiendo un tipo de fermento bacteriano específico, para aprovechar todas las grasas contenidas dentro de la leche. De este proceso se derivan muchas variedades de quesos, la variedad sobre la cual tratará este proyecto es el queso fresco.

1.9.3 Cuajada.

La cuajada es el producto obtenido después de coagular la leche, cortar y separar el suero, esta coagulación es posible gracias a una enzima llamada renina o cuajo que se obtiene del estómago de los mamíferos rumiantes o vegetales.

1.9.4 Coagulación.

La coagulación es un proceso físico que se obtiene alterando químicamente la composición de la leche, pasando de un estado líquido a uno semisólido de aspecto gelatinoso; el encargado de controlar este proceso es el cuajo, componente que ayuda al proceso de desuerado y a determinar el contenido de humedad de los quesos

1.9.5 Suero.

Una vez terminada la coagulación de la leche y el corte de la cuajada, el reposo de la composición alterada física y químicamente converge en una precipitación de dos fluidos con diferentes densidades, haciendo que el fluido más denso (cuajada) se posicione en la base del contenedor, mientras tanto el menos denso, se ubica en la parte superior, separando la parte grasa de la líquida, esta última se llama suero.

1.9.6 Dosificación.

La dosificación se realiza poniendo en movimiento la cuajada mediante la adaptación de un tornillo sin fin, para lo cual se abre una válvula que permite el paso del material hacia el molde, hasta que se encuentre lleno y luego de verificar su volumen a través del peso por medio del módulo de pesaje se procede a cerrar la válvula impidiendo el paso del material hasta el posicionamiento de otro molde.

1.9.7 Moldeado.

En un recipiente de metal inoxidable o polímero no residual, se procede al proceso de moldeado, que contiene, da forma, libera el exceso de líquido y ayuda al prensado de la cuajada, en el cual reposará un tiempo hasta que su textura haya cambiado de semisólida a sólida y sus componentes bacterianos hayan completado su ciclo y el producto final llamado queso esté listo para el consumo humano.

1.9.8 Prensado.

Produce una compactación del material para que adquiera una textura más sólida fusionando las moléculas por completo para dar como resultado un producto homogéneo.

CAPÍTULO 2

PRE DISEÑO

2.1 Introducción.

En la provincia de Imbabura desde hace mucho tiempo se ha desarrollado la actividad ganadera, esto ha hecho que todo lo relacionado con los productos lácteos se desarrolle con premura.

El cantón Pimampiro, gracias a su ubicación y distribución de tierras se ha convertido en un lugar estratégico para el desarrollo de la actividad láctea.

2.2 Estadísticas del sector.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, en base al último estudio de Población y Vivienda el cantón Pimampiro tiene una población de 12951 habitantes, es decir es el cantón de más baja población en la provincia de Imbabura, representa el 3.8% de la población provincial y el 0.11% de la población nacional.

El 36% de la población habita en la parte urbana, en tanto que el 64% lo hace en el sector rural, esto conlleva a que la mayor parte de la repartición del territorio se dedican a la agricultura y ganadería, esto ha hecho que algunos de los habitantes de esta zona se dediquen la fabricación artesanal de quesos.

Dentro de la fabricación de quesos se ha observado que el fabricante no lo hace con el fin de lucrar, sino como una actividad de pasatiempo. Los que se dedican a la venta de quesos, lo hacen fuera de la ciudad teniendo a abastos de barrio como sus principales compradores, pero el volumen con el que trabajan no supera los 100 kg.

Dejando como resultado una producción muy baja la cual no representa relevancia dentro de un rango estadístico.

El volumen de material procesado en el lugar donde se pretendía implementar este trabajo de grado, es alrededor de los 25kg a 30kg cuajada sin ningún tipo de equipo para el procesamiento de lácteos. Los factores que aumentan o disminuyen la producción de leche son: el ambiente, la comida y la cantidad de agua que los animales ingieran a diario, afectando directamente la producción de los quesos; sumado a la contaminación de productos por trabajar con materiales como aluminio y PVC que no están considerados por las normas alimentarias para trabajar con este tipo de productos (Castañeda, 2010). Lo que provoca que la venta de quesos sea poco rentable, dejando una ganancia mínima la cual se puede incrementar mejorando los procesos de producción mediante el desarrollo de este trabajo de grado, disminuyendo las pérdidas por contaminación y adquiriendo un valor agregado al producto, haciendo redituable este negocio sin dejar de lado el sabor y el proceso de fabricación, razón por la cual los consumidores asumen que es saludable y esto hace que el producto sea aceptado.

Se conoce por versión de los pobladores, que hace varios años existió una fábrica de quesos, que por motivos desconocidos dejó de operar, este hecho da un indicio que existen riesgos en la sostenibilidad de este tipo de negocios, por lo que en el sector se puede contribuir para generar productos con valor agregado, con procesos automáticos y baratos que podrían dar inicio a un sector industrializado.

2.3 Procesos de automatización.

Para la automatización en el área de producción de quesos, se divide en ocho procesos y cinco estaciones, las cuales trabajan en conjunto para la elaboración de este producto como se muestran en las Figuras 21, 22 y en la Tabla 7.

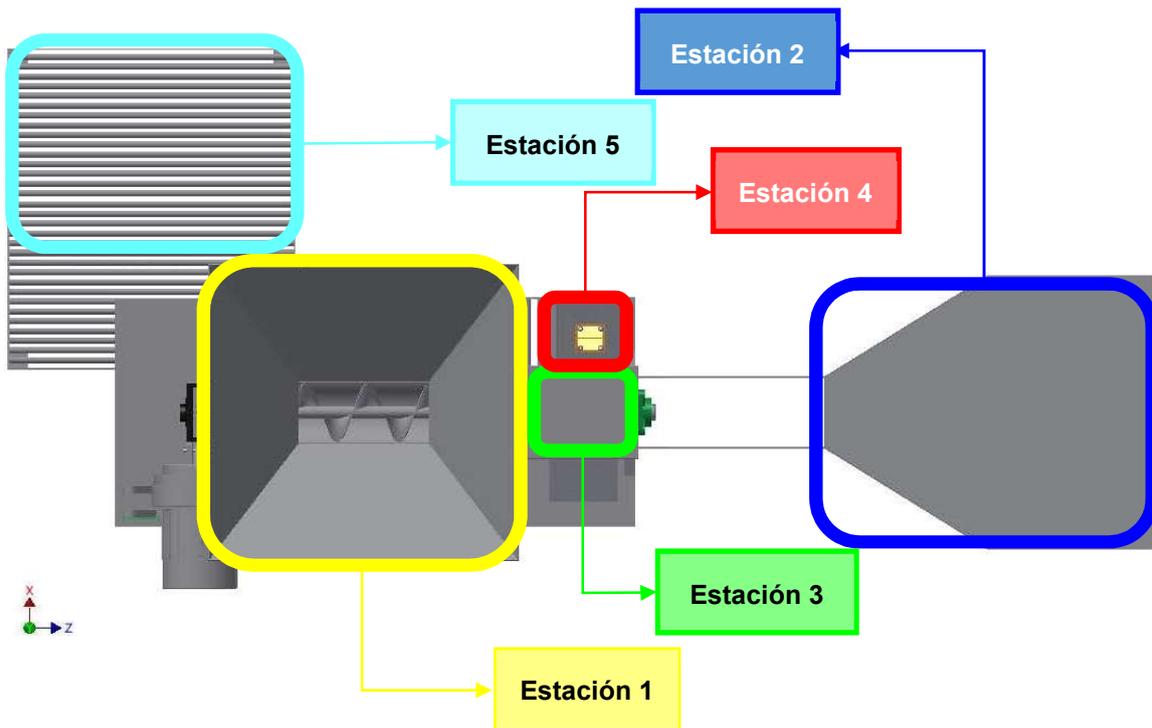


Figura 21. Asignación gráfica de las estaciones a partir de un prototipo virtual.

Tabla 7. División en estaciones y procesos de fabricación.

Estaciones	Nombre de las estaciones	Procesos
1	Contenedor 1	Almacenamiento de cuajada
2	Contenedor 2	Almacenamiento de moldes vacíos
3	Dosificación	Traslado del molde de la estación 2 a la estación 3.
		Se realiza el llenado de los moldes
4	Prensado	Traslado del molde de la estación 3 a la estación 4.
		Compactación de la cuajada.
5	Contenedor 3	Traslado del molde de la estación 4 a la estación 5.
		Acumulación de moldes llenos

Para una mejor comprensión de los procesos realizados en las estaciones y sus relaciones con el entorno además del orden con el que se realizarán cada una de las acciones, se presenta el siguiente diagrama de flujo en la figura 22.

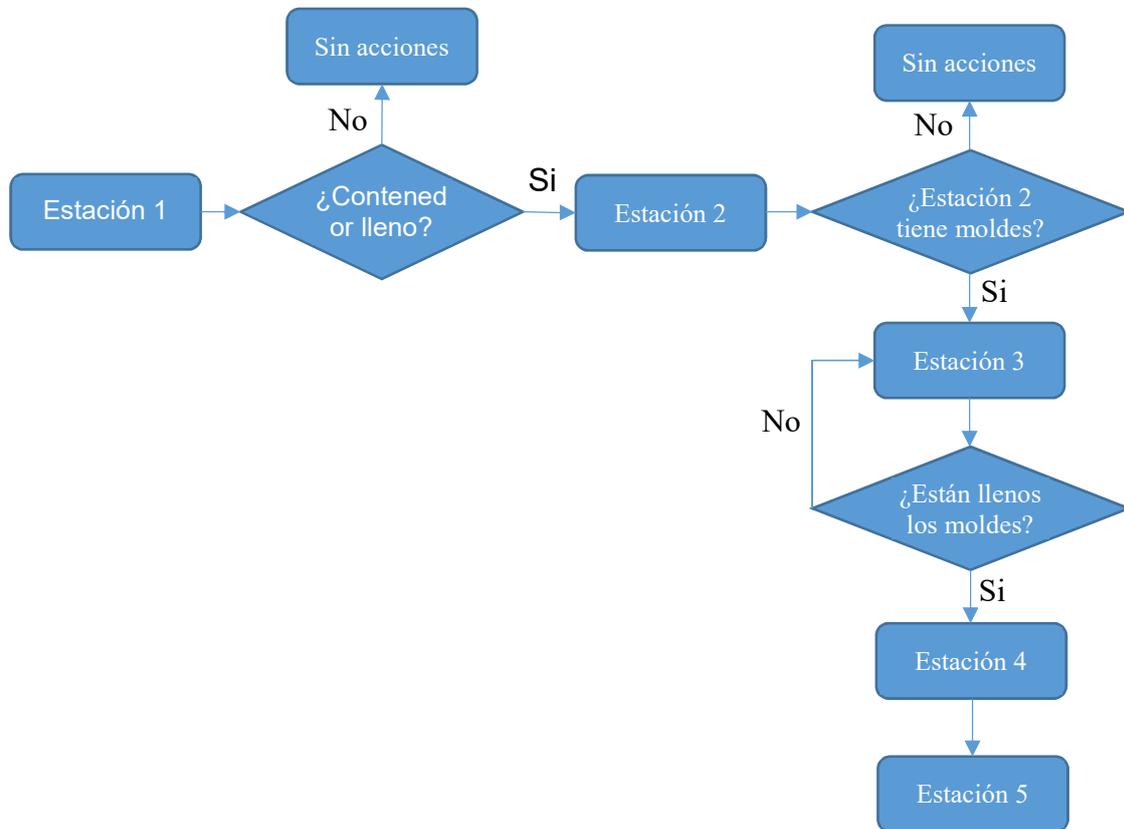


Figura 22. Diagrama de flujo de la interacción de las estaciones para la automatización.

2.3.1 Estación 1.

La presente estación está constituida por un contenedor comúnmente llamado tolva, su función es la de contener o almacenar temporalmente la cuaja, desde este punto se hace la distribución del material para llenar los moldes.

2.3.2 Estación 2.

Este punto contiene los moldes vacíos para luego enviarlos automáticamente a la estación 3 para su respectivo proceso.

2.3.3 Estación 3.

En esta estación se encuentran los procesos más importantes para elaboración del queso y se dividen en los siguientes:

2.3.3.1 Traslado.

Consiste en el posicionamiento del molde proveniente de la estación 2 a través de un cilindro neumático, el cual se desplazará hasta ubicar el molde debajo de la válvula dosificadora en la estación 3.

2.3.3.2 Moldeo.

La dosificación se realizará, una vez comprobada la ubicación del molde en la estación 3 luego el sistema automático procede a abrir la válvula para dar paso a la cuajada y que esta llene el molde.

2.3.3.3 Dosificación.

Este proceso está supervisado por un sensor de peso acoplado con un resorte, en el cual cuando el molde llegue a pesar 600 gr de cuajada, cerrará la válvula para detener el suministro de materia prima al molde.

2.3.4 Estación 4.

En donde se realiza el proceso de traslado del molde desde la estación 3, para compactar la cuajada dentro del molde y luego ser enviado a la estación 5; este es el último paso para dar forma al producto terminado.

2.3.5 Estación 5.

Es el final de todos los procesos, donde se albergará temporalmente el producto terminado. Recibe el producto compactado que proviene de la estación 4.

2.4 Preselección de alternativas para el diseño.

El presente estudio permitirá establecer los sistemas que conformarán la automatización más apropiada para la fábrica artesanal de quesos.

Se empieza con la conformación de matrices y la elaboración de una matriz general que permitirá avanzar sobre los sistemas preseleccionados, comparando sus costos, eficiencias, mantenimientos, y todos aquellos factores que pueden influenciar la producción.

La importancia de un trabajo de pre diseño es el de tener procesos con resultados más eficientes sin la necesidad de invertir más de lo necesario, aparte de permitir una mejor y económica operación cuando, el proyecto sobresale a partir de una selección de alternativas.

2.4.1 Criterios de selección.

Los siguientes criterios han sido puestos en consideración, tomando en cuenta todos los elementos que conforman la máquina, para establecer los posibles elementos que ayudarán a conformarla en su totalidad conforme al orden establecido por el proceso de fabricación del producto.

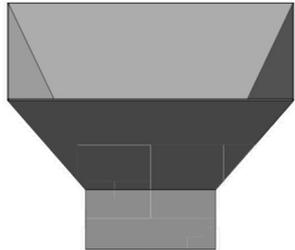
- Geometría del contenedor.
- Selección del alimentador helicoidal.
- Aceros inoxidable.

- Equipamiento electromecánico.
- Dispositivos de control.
- Mantenimiento y operación.
- Costo de mantenimiento.
- Influencia en el medio ambiente.

2.4.1.1 Geometría del contenedor.

La geometría del contenedor se analizará de dos formas fundamentales como son; cilíndrico y cúbico cada uno debido a que su estructuración tiene sus ventajas y desventajas analizadas en la tabla 8.

Tabla 8. Ventajas y desventajas entre geometrías de contenedores

Geometría del contenedor		Ventajas	Desventajas
Cilíndrico		<ul style="list-style-type: none"> • Por su forma no genera espacios donde se puedan acumular residuos. • Fluido rápido de materia prima debido a que no existen bordes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturación compleja, debido a que la lámina tiene que pasar por un proceso de redondeo • Costo de fabricación más elevado por su forma, requiere más procesos para adaptar la forma cilíndrica • Necesita de un espacio más amplio, debido a que cuando aumenta el radio, el contenedor crece a lo largo y ancho uniformemente.
Cúbico		<ul style="list-style-type: none"> • Fácil fabricación, por su forma, solo se sueldan los extremos y se puede considerar lista. • Bajo costo de fabricación incluye menos procesos de fabricación. • Tamaño reducido debido a su estructuración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sus bordes pueden acumular materia prima y descomponerse afectando el resto de la producción. • La fluidez de la materia prima puede ser lenta o nula

Nota: Aunque el contenedor cilíndrico es el ideal para trabajar en este proyecto, se decide utilizar el contenedor cubico por su capacidad de ensanchar la boca de salida en uno de sus lados sin afectar el otro, para ampliar la zona de descarga del material hacia el tornillo sin fin.

Si se comparan las bocas de descarga de los contenedores, se puede observar que el contenedor cilíndrico está limitado por su diámetro máximo, que se incrementa a lo largo y a lo ancho conforme se aumentan sus medidas; esto restringe la salida del material y se necesita una boca de descarga que contenga un lado más ancho que otro para que al fluir el material no obstruya la salida.

Como se puede observar el contenedor cúbico ofrece la facilidad de ampliar la zona de descarga en un solo sentido para que el material tenga más fluidez, debido a que el ancho de la artesa es reducido pero el largo es proporcional para ser agrandado.

En conclusión, se determina que el contenedor cilíndrico es el ideal para actuar como contenedor de la cuajada, pero por la estructura y forma final de la máquina se elige utilizar un contenedor cuadrado, para ampliar la zona de descarga ya que el material a transportar es bastante denso.

2.4.1.2 Procedimiento para la selección y diseño de alimentadores helicoidales.

Los Alimentadores Helicoidales están diseñados para regular el flujo de un material almacenado en una tolva o depósito. La alimentación, por lo regular se inunda de material (95% de carga de artesa). Uno o más helicoidales de paso variable o cónico transportan el material a la capacidad requerida. Para controlar el flujo del material, los alimentadores helicoidales normalmente tienen casquillos o placas curvas colocadas entre la alimentación y la descarga. Como el paso o el diámetro del helicoidal no se incrementan después del casquillo, la carga de artesa cae a los niveles normales. Cuando se manejan materiales muy fluidos se deben hacer ciertas modificaciones en el diseño del alimentador para poder controlar el flujo del material a lo largo del helicoidal (Martin Sprocket & Gear, INC., 2013).

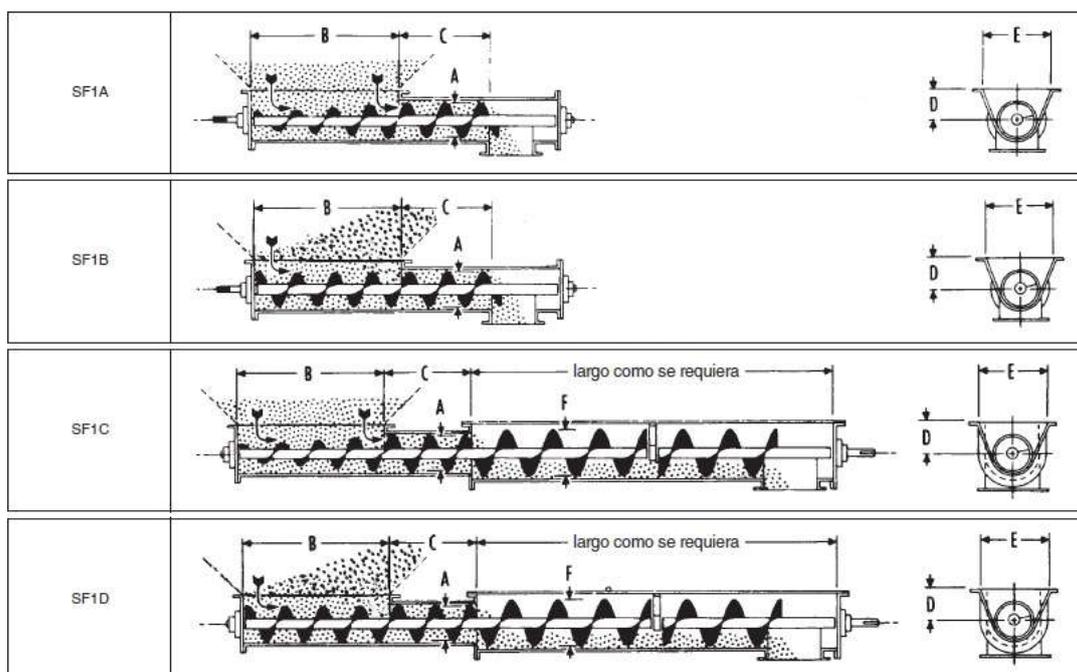
En las tablas 9 y 10 respectivamente, se muestran los tipos de alimentadores helicoidales conforme a una codificación establecida en el catálogo, todos estos helicoidales codificados se establecen de forma estándar, pero su cambio en la forma y estructuración del sistema los hacen individuales en las tareas que van a desempeñar.

Tabla 9. Estándares de construcción para transportadores helicoidales.

Tipo de Alimentador	Alimentación	Movimiento del Material	Paso	Diámetro del Alimentador Helicoidal	Extensión del Helicoidal
SF1A	Estándar	Uniforme a lo largo de la longitud total de la alimentación	Estándar	Cónico	Ninguna
SF1B	Estándar	Sólo en la parte de enfrente de la alimentación	Estándar	Uniforme	Ninguna
SF1C	Estándar	Uniforme a lo largo de la longitud total de la alimentación	Estándar	Cónico	Como se requiera
SF1D	Estándar	Sólo en la parte de enfrente de la alimentación	Estándar	Uniforme	Como se requiera

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 10. Selección del alimentador helicoidal



Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Por las características establecidas y los parámetros del material a transportar, no necesita helicoidales especiales para el traslado, por lo cual se ha seleccionado un helicoidal sencillo de paso medio **SF1B** para realizar la dosificación del material desde el contenedor hacia los moldes. Tomando en cuenta que la selección se hace en base a la forma en que los materiales fluyen del contenedor hacia el sin fin.

2.4.1.3 Aplicaciones de los aceros inoxidables.

Los aceros inoxidables de acuerdo a la norma AISI de las series 200, 300 y 400 son aceros inoxidables pero cada serie tiene diferentes propósitos, el estudio principal para la fabricación de maquinaria alimenticia se basa en la serie 300 por no contener elementos ferrosos, lo cual impide que las bacterias se queden en las superficies del material inoxidable, haciendo fácil su limpieza de cualquier residuo, y se analizan en la tabla 11.

Tabla 11. Tipos de Aplicación de los aceros inoxidables.

Norma AISI	Aplicaciones
301	Posee finalidad estructural; correas transportadoras; aparatos domésticos; herraje; diafragmas; ornamentos de automóviles, equipos de transporte, aeronaves; herrajes para postes; fijadores (horquillas, cierres, estuches); conjuntos estructurales de alta resistencia que se requiere en los aviones, automóviles, camiones y carrocerías, vagones de ferrocarril.
304	Electrodomésticos; finalidad estructural; equipos para la industria química y naval; industria farmacéutica, industria de tejidos y papel; refinería de petróleo; permutadores de calor; válvulas y piezas de tuberías; industria frigorífica; instalaciones criogénicas; almacenes de cerveza; tanques de almacenamiento de cerveza; equipos para perfeccionamiento de harina de maíz; equipos para lácteos; cúpula del reactor de usina atómica; tuberías de vapor; equipos y contenedores de fábricas nucleares; partes para almacenes de algunas bebidas carbonatadas; conductores descendientes del agua pluvial; coches de ferrocarril; canalones.
310	Acero refractario para aplicaciones de alta temperatura, como los calentadores de aire; cajas de re cocimiento; estufa de secamiento; escudos para caldera de vapor; hornos de fundición; recubrimientos, transportistas y soportes de hornos, intercambiadores de calor, compuertas de hornos, cilindros de rollos de transportistas, componentes de turbinas, etc.; cajas de cementación, equipos para fábrica de tinta, el apoyo de la bóveda de horno; componentes de turbinas de gas, intercambiadores de calor, las incineradoras, los componentes de quemadores de óleo, equipos de las refinerías de petróleo, recuperadores; tubería de sopladores de hollín, placas de horno,

	chimeneas y compuertas de chimeneas de hornos; conjuntos de diafragma de los bocales para motores turbo jet; cubas para cristalización de nitrato; equipos para fábrica de papel.
316	Piezas que demandan alta resistencia a la corrosión localizada; equipo de las industrias química, farmacéutica, textil, petrolera, papel, celulosa, caucho, nylon 0y tintas; diversas piezas y componentes utilizados en construcción naval; equipos criogénicos; equipos de procesamiento de película fotográfica; cubas de fermentación; instrumentos quirúrgicos.

Fuente: <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>

Se toma en consideración la tabla 11 para la selección del acero del cual estará conformado el alimentador helicoidal, se selecciona el acero de la norma AISI 304 por su utilización para la elaboración de equipos lácteos, ya que la elaboración de quesos, tiene como materia prima la leche, por ende, la cuajada es considerada un subproducto de la misma.

2.4.1.4 Equipamiento electromecánico.

El equipamiento electromecánico se refiere a todos aquellos dispositivos eléctricos que se encargan del control dentro de la máquina que se está diseñando, para este caso se ha dividido en dos fases; los elementos captadores (sensores) y los elementos de accionamiento (actuadores), que son los que permitirán hacer posible la automatización.

Elementos captadores.

- Sensores de proximidad.
- Sensores de carga.
- Sensores Magnéticos

Elementos Actuadores.

- Cilindros neumáticos
- Electroválvulas.

2.4.1.4.1 Sensores de proximidad.

Los sensores de proximidad existen en una gran variedad, y están clasificados por el fenómeno físico bajo el cual funcionan en: capacitivos, inductivos, opto eléctricos, ultrasónicos, microrruptores, finales de carrera, sensores magnéticos.

Todos aquellos que contienen una parte electrónica, que no tienen un grado de protección IPX > 6 pues son susceptibles a interrupciones ya que el lugar de trabajo para estos sensores es un ambiente con una humedad considerable, se han descartado de esta selección, dejando solo dos opciones: Sensores finales de carrera y sensores magnéticos, se analizaran sus características en la tabla 12.

Tabla 12. Sensores finales de carrera y sensores magnéticos.

Sensor final de carrera	Sensor magnético
<ul style="list-style-type: none"> • Se ubican en los finales de los recorridos de un elemento móvil. • Internamente contienen interruptores (NA) y (NC) o conmutadores. • Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija. • Su hermetismo soporta humedades extremas y condiciones de mucho polvo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se caracterizan por la posibilidad de conmutación a grandes distancias. • Detectan objetos magnéticos. • Los campos magnéticos pasan a través de muchos tipos de materiales. • El proceso de conmutación se puede realizar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. • Su grado de protección IPX, para el accionador como para el sensor es muy alto. • Su alcance puede ser aumentado mediante un núcleo férnico

Fuente: Creus. S. A., (1997) Instrumentación Industrial 6ed, Medición de variables físicas.

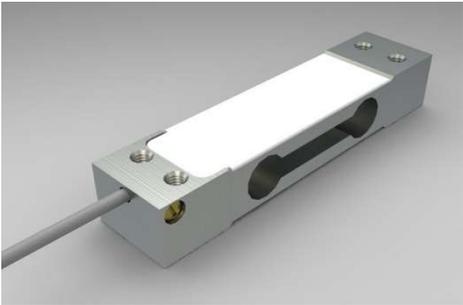
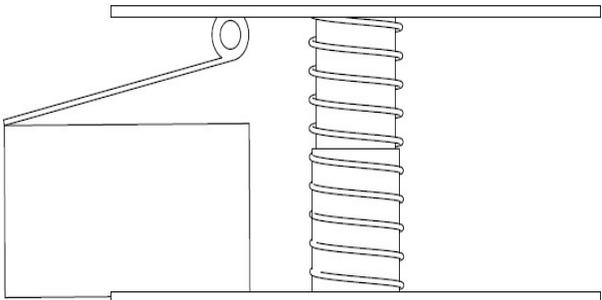
Analizado los ámbitos se decide utilizar los dos tipos de sensores; un sensor de carga con final de carrera para el pesaje, sensores magnéticos para la detección de la posición de los cilindros y sensor de proximidad para los moldes en las estaciones por

sus grados de protección IP y su control a la distancia ya que no tendrá contacto directo con la materia prima haciéndolo de manera más higiénica y reduciendo las probabilidades de contaminación de la cuajada.

2.4.1.4.2 Sensores de carga.

Para este proyecto existen tres categorías de celdas de carga se muestran a continuación en la tabla 13.

Tabla 13. Selección de celdas de carga

Celda de carga	Figura
De punto simple (Single Point)	
Por presión lateral (Shear Beam)	
Final de carrera y resorte de presión	

Conforme a lo establecido por la fábrica, no existe producción de quesos en función de pesos, de esta manera es innecesario utilizar un sensor con celda de carga con salida analógica, de esta manera como el volumen y el peso son directamente

proporcionales, se determina que al llenar un volumen definido el peso será constante, así se procede a seleccionar el módulo de pesaje con final de carrera y resorte de presión para realizar el censado de la masa en la máquina dosificadora, con un grado de protección IP69K que le protege contra polvo y agua a presión.

2.4.1.4.3 Cilindros neumáticos.

Los cilindros neumáticos conocidos como actuadores lineales se identifican en dos tipos de elementos que ayudarán con el desplazamiento de objetos dentro de automatización y sus características se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Características cilindros de simple y doble efecto.

Cilindro de simple efecto de regresión por resorte	Cilindro de doble efecto
<ul style="list-style-type: none"> • Frenado más rápido. • Reducción del consumo de aire. • Su aplicación es como un elemento auxiliar. • Activación de válvulas de 3/2 vías. • Pérdida de fuerza al comprimir en sentido contrario al resorte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Producen trabajo en ambos sentidos. • No se pierde fuerza en comprimir el muelle. • Retorno independiente de la carga. • Se aprovecha como carrera útil toda la longitud del cilindro. • Activación de válvulas 4/2, 5/2 y 5/3

Fuente: http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/361_ca.pdf

Según los datos establecidos en la tabla 14 se selecciona cilindros de doble efecto para no reducir la fuerza de compresión y utilizar el largo total del embolo neumático.

2.4.1.4.4 Electroválvulas.

Para el accionamiento de los cilindros neumáticos, se emplearán electroválvulas de uso común con cualquier tipo de mecanismo para su apertura y cierre, ya que en esta fase lo indispensable es permitir el flujo del aire y cortarlo cuando sea necesario según lo designado por los catálogos de electroválvulas; esta lleva el nombre de “electroválvula simple”.

De acuerdo con los catálogos las electroválvulas para cilindros de doble efecto se clasifican por el número de vías que tienen en: 4/2, 5/2 y 5/3, donde el número de la parte superior de la fracción indica en número total de vías que tiene la válvula y en la parte de abajo en número de salidas, este caso para regular la velocidad de los cilindros se opta por usar una válvula 5/2 en donde dos vías van a regular la velocidad del cilindro neumático, una vía está estipulada para la entrada de aire y las dos vías restantes quedan para el accionamiento en ambos sentidos del cilindro neumático.

2.4.1.5 Dispositivos de control.

Los dispositivos de control son aquellos que permiten enlazar a los captadores con los actuadores, para hacer posible el control automático en este caso se han considerado dos elementos; micro controladores y PLC'S, tabla 15.

Tabla 15. Características de los dispositivos de control

Proyectos con PLC	Proyectos con Micro controlador
<ul style="list-style-type: none"> • Tareas básicas del sector industrial, que requieran de bajo procesamiento. • Fácil Mantenimiento. • Robusto ante variaciones de voltaje e interferencias. • Costo elevado • Auto diagnóstico. • Entradas y salidas directamente acondicionadas sean analógicas o digitales (110V, 24V, 12V en AC y DC) • Proyectos con posibilidad de expansión (Modulares) • Paro independiente de procesos al momento de hacer mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Labores complejas que requieran de un alto procesamiento. • Desarrollos muy específicos. • Proyectos poco escalables. • Presupuestos bajos. • Soportes poco exigentes. • Proyectos replicables. • No recomendable para aplicaciones industriales. • Implementación de fases adicionales para completar el sistema automático.

Fuente: <http://www.ingeniosolido.com/blog/2010/10/microcontroladores-vs-plcs-en-la-industria/>

Por la sección semi industrial debido a que es una microempresa artesanal en la que este proyecto se va a aplicar y por la proyección de la fábrica se opta por un PLC modular para el control de los elementos de automatización.

2.4.1.6 Mantenimiento y operación.

La operación de la máquina está estimada, como mínimo para uso diario, después de lo cual se debe hacer un lavado completo de toda la máquina sobre todo las partes que están en contacto directo con la materia prima para eliminar residuos que puedan quedar alojados en rincones y que puedan producir una contaminación parcial o total de la nueva materia prima; por este motivo se ha elegido construir la máquina con acero AISI 304 por su facilidad de limpieza gracias a que su constitución de materiales, no permite que se adhiera ningún tipo de residuo.

En cuanto a la parte electrónica, mecánica y de control, se ha estipulado que la mayoría de elementos tengan una protección IP-65, por su impermeabilidad ante la humedad, polvo y para que su mantenimiento sea menos continuo. Para los elementos que no tengan ese grado de protección se recomienda solo mantenimiento correctivo ya que todos los elementos son de serie industrial y están diseñados para usos extremos en horas y ambientes.

2.4.1.7 Dimensionamiento.

Con base a estas consideraciones, se puede dar inicio al diseño de elementos, pero antes de empezar a diseñar debemos hacer un proceso de dimensionamiento dentro del mismo capítulo, este sirve para definir el tamaño de los elementos que conformará la automatización.

CAPÍTULO 3

DISEÑO

3.1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería mecatrónica se basa en cuatro especialidades de ingeniería: Informática, Mecánica, Control y Electrónica y en este capítulo se hará una aplicación de éstas.

El proceso de diseño empieza con una estructuración mecánica que es la base de todos los sistemas adicionales, ya que en esta estructura van soportados todos los elementos que conforman la automatización de la máquina.

Para este caso se inicia con el sistema control ya que la tesis se basa en una automatización. Para poder desarrollar el sistema mecánico hay que hacer una selección de componentes eléctricos y electrónicos, de los cuales hay que tomar en consideración el tamaño de los componentes para dimensionar en la estructuración mecánica.

3.2 Diseño del sistema de control

Para diseñar un sistema de control, el primer paso es establecer el número variables a controlar. Las variables son todos los dispositivos conectados a la máquina objetos de control, (sensores o actuadores).

Segundo paso es establecer si los dispositivos son de entrada (sensores) o de salida (actuadores), una vez identificado este parámetro, se analiza la señal que emiten los dispositivos, estas pueden ser: analógicas o digitales.

Tercer paso se procede a seleccionar el dispositivo que se va a encargar de realizar el control de acuerdo al tipo de programación del dispositivo para hacer que el conjunto de elementos encargados de controlar los procesos sea estable en la máquina y cumplan con sus tareas individuales de manera correcta.

3.2.1 Identificación de variables a controlar

En la tabla 17 de la sección 3.2.3 del presente capítulo se definió un diagrama de flujo en donde se puede identificar el número de variables que se van a controlar, hay que tomar en cuenta que cada dispositivo que forma parte de la máquina se tomará como una variable, a esta variable se le ha dado una definición y se ha analizado en tipo de señal que emiten y se resumen en la tabla 16.

Tabla 16. Identificación del número de variables a controlar

Elementos	N° Variables	Tipo de dispositivo	Definición	Tipo de señal
Sensor de proximidad	Primera	Entrada	Sensor	Digital
Sensor 1 de posición	Segunda	Entrada	Sensor	Digital
Sensor 2 de posición	Tercera	Entrada	Sensor	Digital
Sensor 3 de posición	Cuarta	Entrada	Sensor	Digital
Sensor 4 de posición	Quinta	Entrada	Sensor	Digital
Sensor de presión	Sexta	Entrada	Sensor	Digital o analógica
Cilindro 1 de desplazamiento	Séptima	Salida	Actuador	Digital
Cilindro 2 de compactación	Octava	Salida	Actuador	Digital
Cilindro 3 de desplazamiento	Novena	Salida	Actuador	Digital
Cilindro 4 de desplazamiento	Decima	Salida	Actuador	Digital
Motor eléctrico 400 W	Decima primera	Salida	Actuador	Digital
Motores eléctricos de 20W	Decima segunda	Salida	Actuador	Digital

Nota: Para una definición más amplia, puede revisar las secciones 1.1.2.2 y 1.1.4 del capítulo I.

3.2.2 Dispositivo de control de variables mediante programación

En el capítulo II sección 2.4.1.5 se establece que el elemento para realizar el control es un PLC. Realizando el análisis de las variables a controlar como se establece en

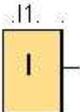
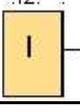
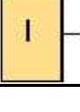
la tabla 16 todas las variables emiten señales digitales, resumiendo todo esto se propone hacer un control de tipo on/off, para lo cual se necesita un dispositivo simple de baja potencia y bajo costo y fácil de programar, para cumplir con estos objetivos en los procesos dosificación moldeo y prensado de la cuajada, se ha optado por utilizar un PLC siemens logo 12/24 RC y la programación se realizará mediante el software distribuida por la misma compañía LOGO confort V8.

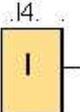
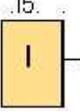
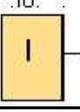
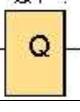
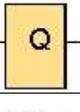
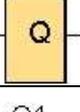
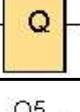
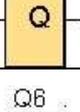
3.2.3 Programación.

Tomando en cuenta la tabla 7 de la sección 2.3 del Capítulo II del presente trabajo, en esta se han dividido los procesos en estaciones y para esta sección los elementos de la automatización llevarán el nombre propio.

Una vez establecidos los siguientes datos en las variables: número, nombres, tipo de dato (entrada o salida) y la señal que emiten. Se procede a digitalizar estas variables dentro del software proporcionado por la compañía proveedora del PLC, como se muestra a continuación en la tabla 17.

Tabla 17. Digitalización de variables para el sistema de control

Elemento	Tipo de dispositivo	Señal emitida	Variable digitalizada
Sensor de proximidad	Entrada	Digital	
Sensor 1 de posición	Entrada	Digital	
Sensor 2 de posición	Entrada	Digital	

Sensor 3 de posición	Entrada	Digital	
Sensor 4 de posición	Entrada	Digital	
Sensor de presión	Entrada	Digital	
Cilindro 1 de desplazamiento	Salida	Digital	
Cilindro 2 de compactación	Salida	Digital	
Cilindro 3 de desplazamiento	Salida	Digital	
Cilindro 4 de desplazamiento	Salida	Digital	
Motor eléctrico 400 W	Salida	Digital	
Motores eléctricos de 20W	Salida	Digital	

Establecidas las variables en el programa se crea condiciones en los elementos, como tiempos de duración de procesos, jerarquías de funcionamiento y protocolos de inicio, para que la automatización no adquiera problemas durante la ejecución y todos los dispositivos eléctricos y mecánicos estén sincronizados para lo cual se establece el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 23.

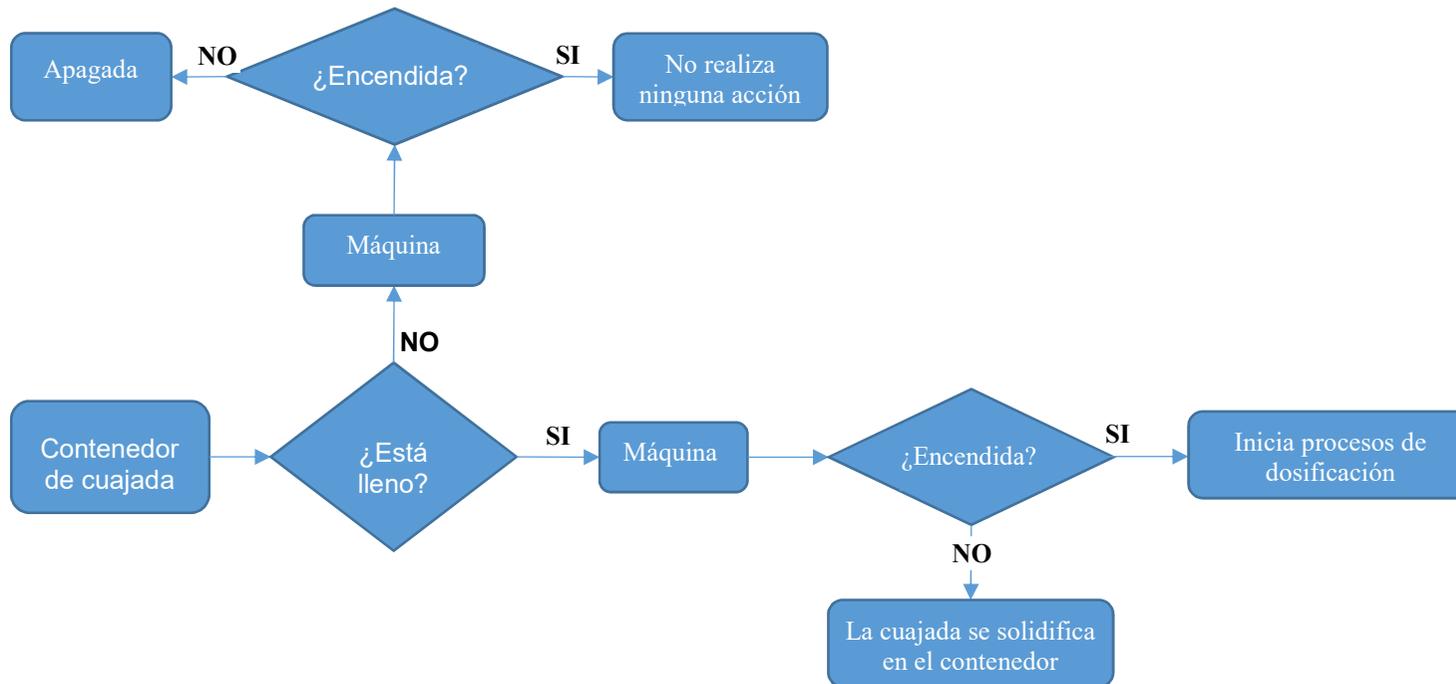


Figura 23. Diagrama de bloque del sistema de control de dosificación moldeo y prensado automatizado.

3.3 Selección de elementos de control y potencia

En la sección 3.2 del presente capítulo se estableció un grupo de variables con todas las características, que dan como resultado una lista de elementos que son necesarios para la ejecución del sistema automático. En esta sección se muestra una lista de materiales reales existentes en el mercado para su implementación, vtabla 18.

Tabla 18. Materiales que conforman el sistema de control.

CANTIDAD	ELEMENTOS	TIPO DE ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	REFERENCIA
1	Motor eléctrico	Eléctrico.	400 W	Sec. 3.5.8.3
5	Actuadores lineales	Neumático	32 mm Ø	Sec. 3.3.2
4	Sensores de posición	Eléctrico	IFM	
4	Electroválvulas	Electrónico	24V	Sec. 3.3.3.1
1	Contactador	Eléctrico	9A	
1	Relé de 24VDC	Eléctrico	10A	
1	Panel de control	Eléctrico	--	
1	PLC	Electrónico	12/24 V	Sec. 2.4.2.5 Sec. 3.2.2
1	Compresor	Neumático	2HP	Sec. 3.3.3.1

3.3.1 Motor eléctrico monofásico

El motor eléctrico cumple con la función de hacer girar al tornillo sin fin para mover la cuajada a fin de ser dosificada a los moldes, en el análisis del proceso de automatización se estipula que el motor debe ponerse en movimiento mientras realiza la dosificación y debe parar en los procesos de compactación y traslado, para lo cual se ha seleccionado un motor con embrague para cumplir con este propósito, con lo referente a la potencia se ha establecido en la sección 3.5.8.3 de este capítulo, seleccionar un motor de ½HP o 1HP de acuerdo con la disponibilidad del proveedor, para muestra se tiene la tabla 19 del catálogo SONAL para motores monofásicos con embrague de uso general.

Tabla 19. Selección de motores con embregue SONAL

MODEL	SM-301	SM-302	SM-401	SM-402	SM-501	SM-502	SM-601	SM-602	SM-701	SM-702	SM-801	SM-802
OUTPUT (watt)	0.25H.P.(200w)		0.33H.P.(250w)		0.5 H.P.(400w)		0.75H.P.(600w)		1.0 H.P.(750w)		2.0H.P.(1500w)	
POLES	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
RATING	CONTINUOUS											
VOLTAGE(v)	SINGAL PHASE 110-250 volts & THREE PHASE 220-440 volts											
FREQUENCY (50/60 HZ)	2850/3450	1425/1725	2850/3450	1425/1725	2850/3450	1425/1725	2850/3450	1425/1725	2850/3450	1425/1725	2850/3450	1425/1725
SPEED(rpm)												
PULLEY SIZE IN (mm)	85	85	85	85	100	100	100	100	85	85	85	85
NET WEIGHT(kg)	13.4		19		20.5		21.1		22.2		34.5	
GROSS WEIGHT(KG)	14.2		20		21.5		22.1		23.2		36	
MEASUREMENT (in)	15'X10'X10'		15'X12'X12'		17'X12'X12'		17'X12'X12'		17'X12'X12'		20'X16'X15'	
STANDARD ACCESSORY	(1) MOTOR SAT SCREW (2) VIBRATING ABSORBING RUBBER						(3) PUSH BUTTON SWITCH & CABLE (4) CORRUGATED BOX WITH THEMOCOL PACKING					

Fuente: SONAL. Catálogo de Motores Eléctricos con embregue SONAL, Gujarat-India.

Los datos del motor quedan especificados de la siguiente manera; modelo SM 502 de la tabla 19, indica un motor de ½ HP cuyo voltaje de operación es de 110V a 250V de 2 polos con una velocidad máxima de 3450 RPM.

3.3.1.1 Guarda motor

El guarda motor cumple con las funciones de protección para el motor, en este caso como el motor viene acoplado con un embregue, el control y las seguridades del mismo vienen dadas dentro de los circuitos del motor, no se necesita usar un guarda motor ya que las protecciones adecuadas vienen instaladas desde la fábrica ver anexo C.

3.3.1.2 Relé térmico

Como se mencionó en el literal anterior el motor tiene sus protecciones instaladas desde la fábrica de esta manera el motor no necesita un relé térmico ya que tiene un sistema de protección incorporado ver anexo C.

3.3.2 Actuadores lineales

También conocidos como cilindros neumáticos, para esta sección se dividirá en tres partes de acuerdo a la labor desempeñada como estipula a continuación.

3.3.2.1 Actuadores lineales para el desplazamiento de moldes

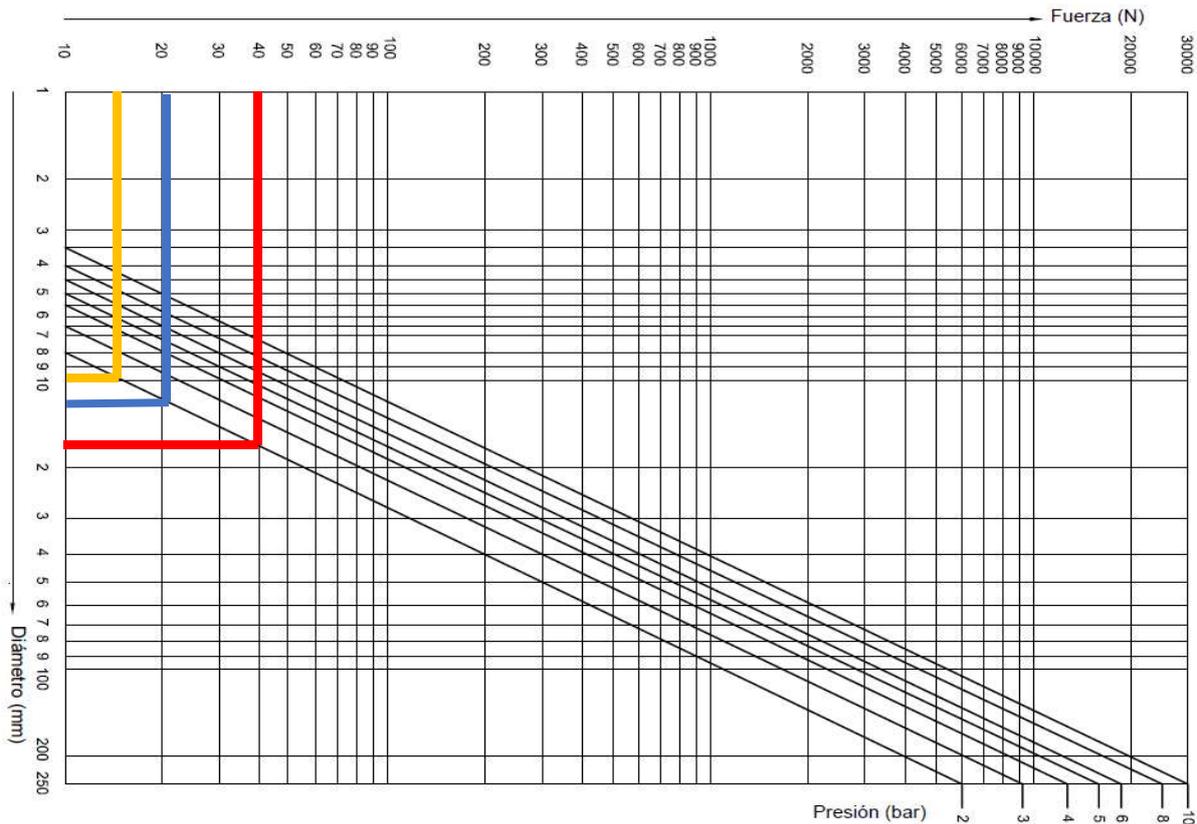


Figura 24. Selección de cilindros según fuerza, presión y diámetro de la cámara.

Estos cilindros se encargan de mover los moldes durante todo el sistema de dosificación, saliendo de la estación 2 pasando por la estación 3 y finalizando en la estación 4, se ha establecido la ecuación 5 mencionada en el capítulo 1 para calcular la fuerza en los cilindros.

$$F = 7.85 \cdot P \cdot d^2$$

Cuando se conoce la presión a ejercer, en este caso para determinar la fuerza mínima necesaria para mover los moldes de una estación a otra, se debe tomar en cuenta dos factores; el primero la masa de los moldes vacíos y la segunda es la masa de la cuajada que sumados aproximadamente dan una masa total de 1500gr para moverse entre estaciones, se establece la fuerza mínima para mover mediante la figura 25.

Se puede observar que, para lograr movimiento del molde lleno de cuajada, se debe determinar las fuerzas actuantes el eje de las abscisas y sumar la fuerza de rozamiento y establecer la fuerza mínima para mover el objeto en estudio.

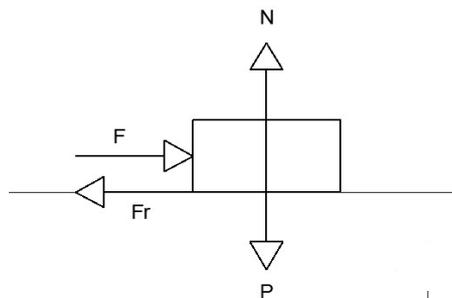


Figura 25. Análisis físico para establecer la fuerza mínima para mover una masa de 1500g.

En donde:

F = fuerza mínima para mover masa de 1500g.

N = fuerza normal.

P = peso

Fr = Fuerza de rozamiento

Ecuación 8 segunda ley de newton para fuerzas que actúan en el eje de las ordenadas

$$\sum F_y: N - P = 0$$

Fuente: Vallejo Z. Patricio, (2009). Física vectorial.

$$N = P$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 1,5\text{kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N = 14,7\text{N}$$

N representa a la fuerza que hay que superar para que la masa de 1,5kg pueda deslizarse en el plano.

Ecuación 9 segunda ley de newton para fuerzas que actúan en el eje de las abscisas

$$\sum F_x: F - Fr = m \cdot a_x$$

Fuente: Vallejo Z. Patricio, (2009). Física vectorial.

Ecuación 10 Fuerza de rozamiento para superficies en contacto

$$Fr = \mu_r \cdot N$$

Fuente: Vallejo Z. Patricio, (2009). Física vectorial.

μ_r se obtiene de la tabla 20 que se muestra a continuación:

Tabla 20. Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales

Superficies en contacto	μ_r
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

Fuente: Koshkin N. I., Shirkévich M. G. *Manual de Física Elemental*. Editorial Mir 1975.

Como el material con el que se está trabajando es acero inoxidable, y los moldes son del mismo material se escoge el coeficiente para deslizamiento de acero sobre acero.

$$Fr = 0,18 \cdot 14,7\text{N}$$

$$Fr = 2,646\text{ N}$$

$$F=14,7N + 2,646N$$

$$F=17.35N$$

A este valor obtenido se debe sumar un 20% por las fuerzas de rozamiento que se presentan al momento de accionar en la vida real, según recomienda (Tornero, 2016).

Analizando la figura 24 línea azul tenemos los siguientes datos:

$$F=21N; \quad P=2bar; \quad d=13mm$$

Estas son las características que debe tener el cilindro para mover una masa de 1500g, como está propuesto en el diseño de automatización se necesitan 3 cilindros de este tipo.

3.3.2.2 Actuadores lineales para la compactación de la cuajada.

Para el proceso de compactación, se necesita analizar la fuerza para lograr una compactación uniforme del producto, (Eduardo, 2015) establece que la presión mínima para compactar un queso es de 2,42 Psi. o 0,1666 Bar., dejando como una opción a cualquier valor mayor al establecido, mientras más alta sea la presión el tiempo de desuerado es menor.

En base a la figura 24 línea roja los siguientes resultados:

$$F=40N; \quad P=2bar; \quad d=18mm$$

Estas son las características que debe tener el cilindro para compactar con una fuerza de 40N, como esta propuesto en la automatización se necesitan 1 cilindro de este tipo.

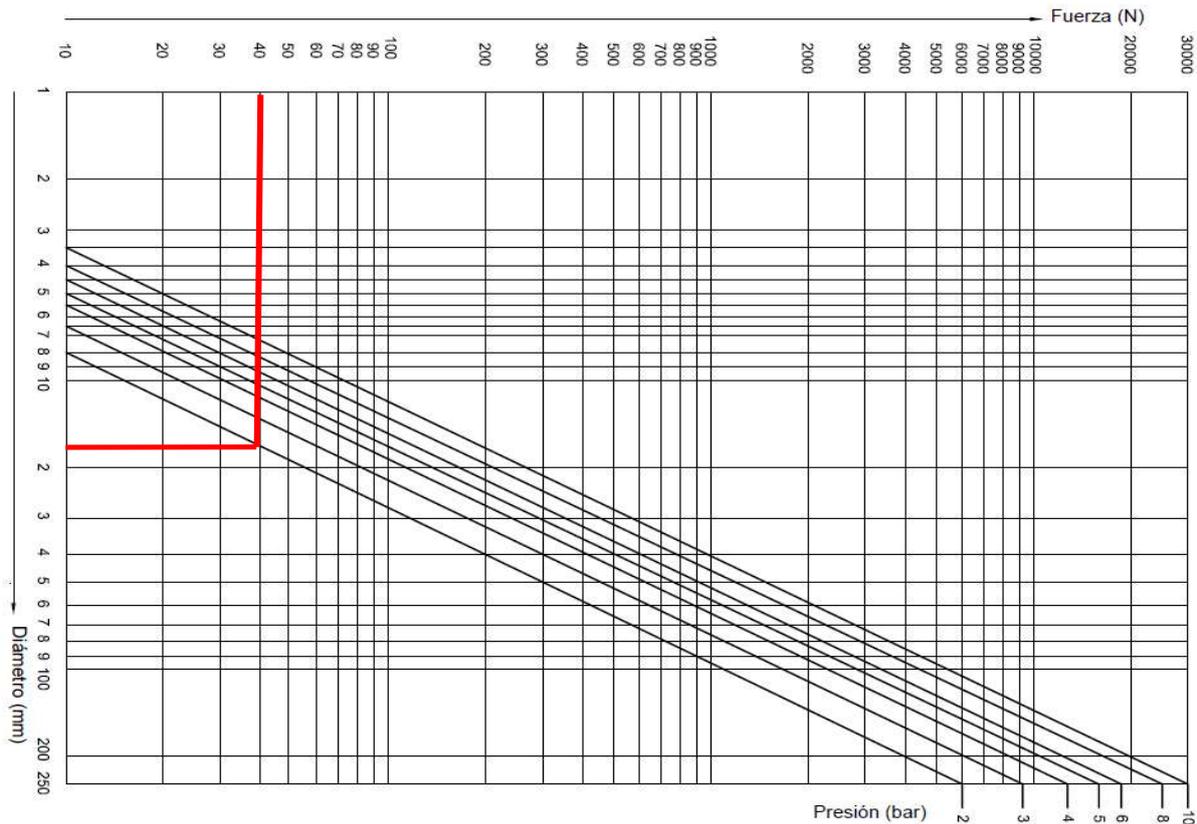


Figura 26. Proceso de selección del cilindro compactador.

3.3.2.3 Actuadores lineales para cierre de válvula dosificadora

Para este caso como el esfuerzo que realiza el cilindro es cortante del cilindro es casi despreciable por el hecho de que la cuajada ofrece poca resistencia al momento de ser atravesada por cualquier objeto, esta fuerza es tan mínima que es imposible medirla sin equipo especializado.

Como se produce un pare del alimentador helicoidal al momento del cierre de la válvula, no existe cargas en el vástago del cilindro neumático, así que como se adquiere tres cilindros de las mismas caracterizas a los cilindros para el desplazamiento de moldes como se puede observar en la figura 24, pueden ser utilizados para este trabajo, porque está dentro los parámetros establecidos para una presión de 2 bares. Aunque para para este caso se determinó usar un cilindro con las siguientes características ver figura 24 línea amarilla.

$$F = 15N; \quad P = 2bar; \quad d = 10mm$$

Estas son las características que debe tener el cilindro para cerrar y abrir la válvula, como esta propuesto en la automatización se necesitan 1 cilindro de este tipo.

Cabe resaltar que los datos obtenidos por las tablas difieren con los de los cilindros implementados, porque solo son una referencia, para la adquisición de los cilindros neumáticos, se debe tomar en cuenta la disponibilidad de los proveedores, y de acuerdo lo referenciado en diseño no adquirir elementos con características inferiores a las establecidas.

3.3.3 Electroválvulas

(MICRO, 2010) “Para llevar a cabo la elección de una válvula neumática, es conveniente recurrir a ciertos criterios de selección”, que posibilitarán la siguiente clasificación:

- **Número de Vías:** De esta forma llamaremos al número de orificios controlados en la válvula, exceptuando los de pilotaje. Podemos así tener 2, 3, 4, 5 o más vías (no es posible un número de vías inferior a 2) para este caso como se ha seleccionado usar cilindros de doble efecto se necesitan dos vías de salida una vía de entrada y dos vías de desfogue de aire para el desplazamiento del vástago dentro de la camisa del cilindro, con un total de cinco vías.

- **Posiciones:** Es el número de posiciones estables del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4 o más posiciones (no es posible un número de posiciones inferior a 2), en este caso como el cilindro es de doble efecto tenemos dos posiciones en el cilindro neumático.

- **Caudal:** volumen de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se calcula a partir del flujo, volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Para el presente sistema neumático en la sección 3.3.2.1 se establece que la presión a trabajar es de 2 bares equivalentes a 29PSI o ,2Mpa con este dato y la figura 27 se determina el caudal del sistema neumático en 500 NI/min.

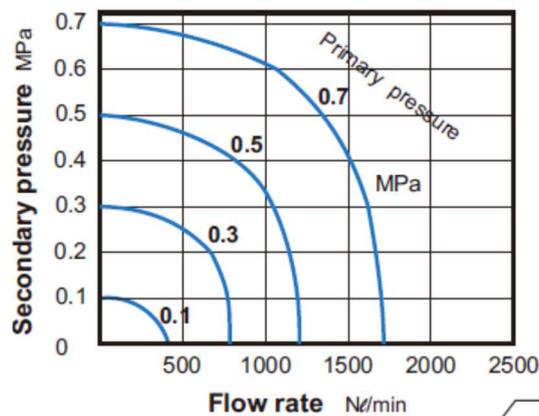


Figura 27. Características de flujo

Fuente: http://www.mindman.com.tw/upload/prod_download/E_MVSC-220.pdf

- **Sistemas de accionamiento:** Una característica importante de toda válvula es su clase de accionamiento o mando, debido a que, de acuerdo con ello, dentro de la cadena de mando de un equipo neumático, se la empleará como elemento emisor de señal, órgano de control o de regulación. Para este caso es una bobina eléctrica que funciona a 24V que controlará el flujo de una vía a otra dentro del sistema neumático y es compatible con el PLC que funciona con el mismo voltaje.

Según los datos obtenidos en los literales anteriores se opta por implementar un electro válvula de 24 VDC de 5 vías y 2 posiciones como se muestra en la figura 28.

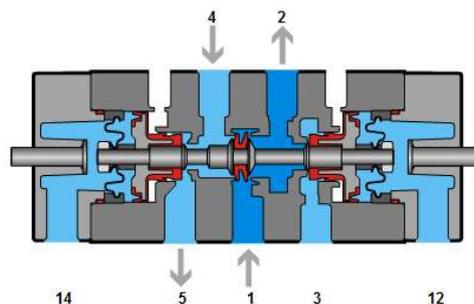


Figura 28. Válvula de cinco vías.

3.3.3.1 Selección de compresor neumático

Para definir un compresor dentro de un circuito neumático se deben establecer varios factores que están descritos en la sección 1.4.2 del capítulo I del presente trabajo, y se utilizará la ecuación 6 del mismo capítulo que describe lo siguiente:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6}$$

Para este caso se calcula el consumo de aire por cada cilindro estipulado en el sistema luego se efectúa una sumatoria de caudales lo que da como resultado el aire total consumido por el sistema y a partir de ese dato se selecciona el compresor.

Como esta descrito en la sección 3.3.2 del presente capítulo, se ha dividido a los cilindros en tres secciones conforme a las funciones que van a desempeñar dentro del sistema de control, a partir de esto se establece la tabla 21.

Tabla 21. Características para el cálculo del caudal de aire en la selección del compresor.

Función desempeñada	Cantidad	Datos del cilindro
Desplazamiento de moldes	2	$P = 2bar; d = 30mm; c = 150mm$
Compactación de cuajada	1	$P = 2bar; d = 30mm; c = 50mm$
Válvula dosificadora	1	$P = 2bar; d = 30mm; c = 150mm$

Nota: los datos de los cilindros neumáticos cambiaron de acuerdo a disponibilidad del proveedor

Consumo de aire para actuadores neumáticos

Reemplazando la ecuación 6 se tiene:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (30mm)^2 \cdot 150mm \cdot 6 \cdot 2Bar \cdot 2 \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 1.27 \frac{Nl}{min}$$

Se multiplica por tres ya que es el número de cilindros con esas características.

$$Q1 = 1.27 \frac{Nl}{min} \cdot 3$$

$$Q1 = 3.81 \frac{Nl}{min}$$

Consumo de aire cilindro compactador de cuajada

$$Q2 = \frac{\pi}{4} \cdot (30mm)^2 \cdot 50mm \cdot 6 \cdot 2Bar \cdot 2 \cdot 10^{-6}$$

$$Q2 = 0.42 \frac{Nl}{min}$$

Consumo total del sistema en un solo proceso de dosificación

$$Q_T = Q1 + Q2$$

$$Q_T = 3.81 + 0.42$$

$$Q_T = 4.24 \frac{Nl}{min}$$

Consumo total del sistema en todo el proceso de dosificación

$$Q_{Ts} = 4.24 \frac{Nl}{min} \times 15$$

$$Q_{Ts} = 63,6 \frac{Nl}{min}$$

Se multiplica por 15 debido a que el mismo proceso de dosificación se repetirá para 15 moldes que es la producción actual de quesos.

3.3.3.2 Calculo de volumen para el tanque del compresor

(KAESER, 2016) Propone que para calcular el volumen para el dimensionamiento del tanque de un compresor se puede utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Volumen adecuado del tanque de almacenamiento en unidades de compresión

$$VR = \frac{V1*(Df-Df^2)}{(Z*Dp)} \text{ (KAESER, 2016)}$$

En donde:

VR = Volumen real del tanque en [m³]

V1 = Flujo de aire del compresor [m³/h] (4.8m³/h)

V2 = Demanda de aire de la planta [m³/h] (0,636m³/h)

Z= Número de ciclos carga – descarga por hora del compresor. (5)

Dp = Presión a la que va a trabajar el compresor (2 Bar)

DF = V2 / V1 = factor de carga

$$VR = \frac{4.8 \frac{m^3}{h} * (0,1325 - 0,176)}{(5 * 2)}$$

$$VR = \frac{0,2088}{10}$$

$$VR = 0,02088 m^3 \text{ ó } 20.88 \text{ lit}$$

Conforme a los datos obtenidos se elige el siguiente modelo: PCO0224 para el compresor seleccionado de la tabla 22 por su rendimiento de 100 $\frac{Nl}{min}$ que supera al rendimiento calculado y un tanque de reserva de 24 litros.

Tabla 22. Modelos compresores de piston para alimentacion de sistema neumatico

Modelo	Motor HP	Voltaje V	Frecuencia Hz	Rendimiento lit/min	Presión Max P.S.I	Tanque lit
PCO-0224	2	110	60	100	90	24
PCO-0250	2.5	110	60	111	90	50
PCO-0275V	2	110	60	117	90	75
PCO-0280	2	110	60	170	90	80
PCO-3200	3	220	60	225	90	200
PCO-5300	5	220	60	550	90	300

Fuente: Porten. Catálogo de Compresores.

3.3.3.3 Diagrama neumático de conexión de válvulas y actuadores

En esta parte se muestra la configuración esquemática en un diagrama neumático, para reconocer las conexiones y la ubicación, se puede ver en la figura 29.

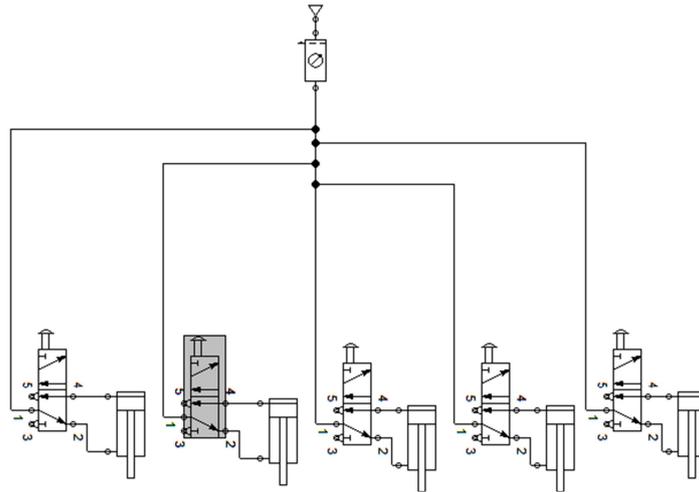


Figura 29. Esquema neumático del trabajo de grado.

3.3.4 Sensores de posición

Para detectar la llegada de los moldes a las estaciones a fin de cumplir con sus procesos correspondientes se ha estipulado utilizar sensores de proximidad para metales M18 inductivo por su versatilidad, bajo costo, y su grado IP de protección por que el ambiente donde se desarrollará la automatización es húmedo debido al suero que liberan los quesos al momento de ser manipulados. Estos sensores funcionan a 24V en corriente continua, y se seleccionan de la tabla 23.

Tabla 23. Sensores de proximidad inductivos

M8	M12	M18	M30
1,5 mm	2 mm	5 mm	10 mm
2,5 mm	4 mm	8 mm	15 mm
0...1,2	0...1,6	0...4	0...8
0...2	0...3,2	0...6,4	0...12
montaje empotrado o montaje no empotrado en función del modelo			
M			
- 25...+ 70			
IP 67		IP 68 (con conector: IP 67)	
CE - UL - CSA - CCC - C-TICK			
M8 x 50 (M8 x 61)	M12 x 33 (M12 x 48)	M18 x 36,5 (M18 x 49)	M30 x 40,5 (M30 x 53)

Fuente: telemecanique. Sensores de Proximidad Inductivos. AB 2015.

Se elige el sensor de proximidad M18-5dp de 5mm alcance tipo PNP y grado de protección IP67 de acero inoxidable para uso en alimentos y bebidas.

3.3.5 Panel de control

Los paneles de control en su gran mayoría son estándar y constan de cinco botones; encendido, apagado, marcha, paro y un pulsador de emergencia. Se ha adoptado este tipo de tablero por su simplicidad en la implementación y manejo ideal para este trabajo, se muestra en la figura 30, si requiere un diagrama eléctrico interno del tablero revisar el Anexo B del presente trabajo.



Figura 30. Tablero de control

3.4 Diseño del contenedor de cuajada

Dentro del diseño correspondiente, existen factores que deben ser tomados en cuenta para el diseño del contenedor, tales como: La cantidad de material a procesar diariamente, las pérdidas al momento de transformar la materia prima en producto

elaborado, volúmenes y espacios que ocupan los materiales y materias primas al momento de procesar entre otros.

3.4.1 Dimensionamiento:

El dimensionamiento está basado en la capacidad de producción de cualquier empresa o fábrica, más un porcentaje de incremento debido a factores como: aumento de producción y modernización.

Actualmente en la fábrica de quesos artesanales se procesan entre 55 y 65 litros de leche diariamente, este factor variante se debe a casos explicados en el capítulo I de este documento, estos valores se obtiene un promedio de procesamiento de 60 litros diarios de los cuales aproximadamente el 22% de toda la leche se convierte en cuajada y el 78% se convierte en suero según la tabla 24.

Tabla 24. Rendimiento quesero

100 litros de leche de vaca	22,75 kg de queso fresco
	78,62 kg de suero

Fuente: Luna Luna, P. (2005). Proyecto de quesería industrial, rendimiento quesero (p.65),

Con la tabla de rendimiento quesero y la cantidad diaria procesada de leche se obtiene el siguiente la tabla 25

Tabla 25. Kg de cuajada en función de leche procesada

Quesos en función de la leche procesada							
Capacidad	Producción	L.	Kg.	Sobre-carga 30%	Anti-derrames 10%	Peso tot. Kg	Vol. tot. Litros
Real de producción	Leche	60	61,92	18,576	6,192	86,688	84
	Cuajada	13,84	13,65	4,095	1,365	19,11	19,376
	Suero	46,15	47,172	14,1516	4,7172	66,0408	64,55
Máxima de producción	Leche	100	103,2	30,96	10,32	144,48	140
	Cuajada	23,07	22,75	6,825	2,275	31,85	32,298
	Suero	76,53	78,62	23,586	7,862	110,068	107,142

Para el dimensionamiento del volumen a trabajar, al valor máximo de producción de cuajada se le aumentará el 30% del factor de sobrecarga al total del material procesado y un 10% para evitar derrames, dando como resultado un volumen total de 0.032 m^3 producidos diariamente. Para un incremento de producción la máquina puede ser usada en múltiples ocasiones según el operario crea conveniente o también se puede establecer un contenedor más grande para poder procesar material en cantidades mayores si lo desea.

3.4.2 Selección de contenedor

Los contenedores o tolvas tienen diversas formas y dimensiones, en este caso que utilizará transportadores helicoidales, quedó definido en el capítulo II sección 2.4, utilizar un contenedor de forma como se muestra en la figura 33.

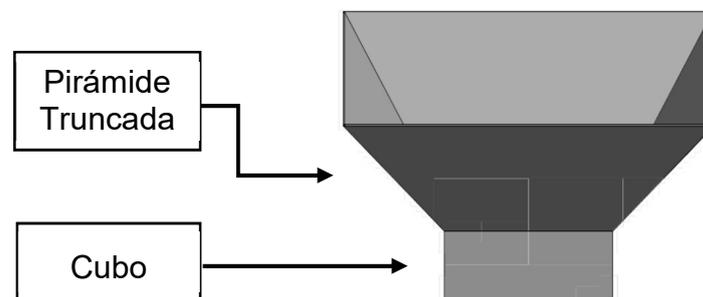


Figura 31. Contenedor cuadrático

Para el dimensionamiento del contenedor existen dos fórmulas que permiten calcular el volumen de cada una de las geometrías que conforman el contenedor, cabe destacar que los volúmenes son sumables y al igual que en todos los cálculos cada figura se trata independientemente, es decir se busca una figura geométrica conocida y se calcula su volumen de acuerdo a las figuras representadas.

3.4.3 Calculo volumen contenedor

Separando geoméricamente el contenedor cúbico está conformado por dos partes, como se indica en la figura 31 una pirámide truncada y un cubo en la parte inferior, se tiene un volumen total de $0,032 \text{ m}^3$ y las ecuaciones se muestran en la figura 32.

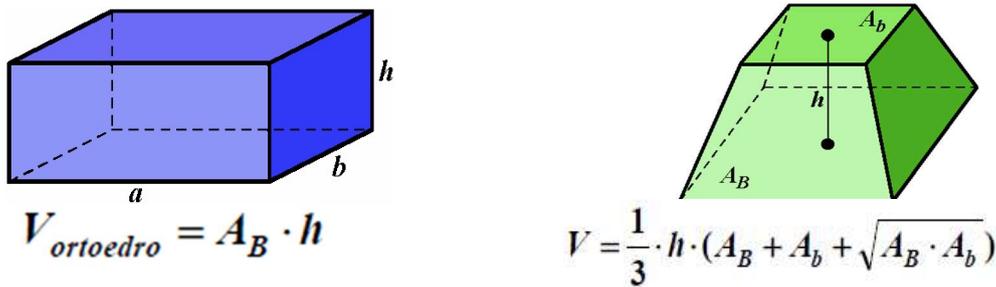


Figura 32. Volumen de cuerpos geoméricos

Fuente: Descartes, (2009). Volumen de cuerpos geoméricos.

Ecuación 12 sumatoria de volúmenes para geometría diferentes

$$V_T = V_c + V_{pt}$$

Siendo: V_T = Volumen total

V_c = Volumen cubo

V_{pt} = Volumen de la pirámide truncada

La sumatoria de todos los volúmenes tiene que ser igual o aproximado a volumen calculado en la tabla 25 transformando los litros a m^3 , de acuerdo a esto se tendrá las siguientes dimensiones para el contenedor.

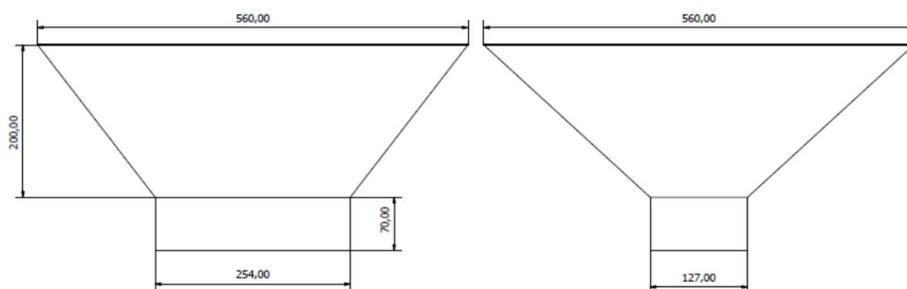


Figura 33. Contenedor cuadrático dimensionado en mm

Área de la base mayor

$$A_B = 560\text{mm} \cdot 560\text{mm}$$

$$A_B = 313600 \text{ mm}^2$$

Área de la base menor

$$A_b = 254\text{mm} \cdot 127\text{mm}$$

$$A_b = 32258 \text{ mm}^2$$

Altura del contenedor

$$h = 200\text{mm}$$

Volumen de la pirámide truncada

Ecuación 13 volumen de pirámide truncada

$$V_{pt} = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

Fuente: Descartes, (2009). Volumen de cuerpos geométricos.

$$V_{pt} = \frac{200 \text{ mm}}{3} \cdot (313600 \text{ mm}^2 + 32258 \text{ mm}^2 + \sqrt{313600 \text{ mm}^2 \cdot 32258 \text{ mm}^2})$$

$$V_{pt} = 29762458 \text{ mm}^3$$

Área de la base del cubo

$$A_b = 32258 \text{ mm}^2$$

Altura del cubo

$$h = 70 \text{ mm}$$

Volumen del cubo

Ecuación 14 volumen del cubo

$$V_c = A_b \cdot h$$

Fuente: Descartes, (2009). Volumen de cuerpos geométricos.

$$V_c = 32258 \text{ mm}^2 \cdot 70 \text{ mm}$$

$$V_c = 2258060 \text{ mm}^3$$

Volumen total del contenedor

$$V_t = 2258060 \text{ mm}^3 + 29762458 \text{ mm}^3$$

$$V_t = 32020518 \text{ mm}^3$$

$$V_t = 0.032 \text{ m}^3$$

3.5 Diseño del sistema de dosificación.

Dentro de los sistemas de dosificación, se han desarrollado varios modelos para el traslado de fluidos no Newtonianos. En ingeniería mecánica se ha desarrollado una serie de máquinas llamadas transportadores helicoidales, los cuales cumplen con las funciones de transportar y dosificar de acuerdo a un cálculo estructural prediseñado, por lo cual se debe seguir una serie de pasos para diseñar este tipo de mecanismos que como su nombre lo indica es un tornillo sin fin de tipo helicoidal para llevar cualquier tipo de material de un punto a otro.

3.5.1 Procedimiento para la selección de alimentadores helicoidales.

Una vez determinado el tipo de alimentador de acuerdo a las características establecidas en capítulo II en la sección 2.4.1.2. Procedimiento para la selección y diseño alimentadores helicoidales se procede a dimensionar siguiendo los parámetros en la tabla 26.

Tabla 26. Procedimiento de diseño para transportadores helicoidales

PASO 1	Establezca los Factores Conocidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material a Transportar. 2. Tamaño máximo de partícula. 3. Volumen en porcentaje de tamaños de partícula. 4. Capacidad requerida en pies cúbicos por hora. 5. Capacidad requerida en libras por hora. 6. Distancia a la que se debe transportar el material. Cualquier otro factor adicional que pueda afectar el transportador o su operación.
PASO 2	Clasificación de Material	Clasifique el material de acuerdo al sistema mostrado en la Tabla 3.
PASO 3	Determine la Capacidad de Diseño	Determine la capacidad de diseño de acuerdo a lo descrito en la ecuación 15

PASO 4	Determine el Diámetro y la Velocidad del helicoidal	Utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora, la clasificación del material y el porcentaje de carga de artesa determine el diámetro y la velocidad en la Tabla 29
PASO 5	Revise el Diámetro Mínimo del Helicoidal por Limitaciones en el Tamaño de Partículas	Utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula, revise el diámetro mínimo del helicoidal en la Tabla 30.
PASO 6	Determine el Tipo de Buje	En la Tabla 31 determine el grupo de buje para colgante adecuado para el material a transportar.
PASO 7	Determine la Potencia HP	Determine el Factor del Material, "Fm" del producto a transportar. Para materiales de codificación D ½
PASO 8	Revise la Capacidad Torsional y/o de Potencia de los Componentes de los Transportadores	Utilice la Potencia Requerida calculada en el paso 7, consulte la ecuación 14 y la tabla 38 para conocer la capacidad de los componentes estándar del transportador, tubo, ejes y pernos de acoplamiento.
PASO 9	Seleccione los Componentes	Seleccione los componentes básicos en las Tablas de la 29 a la 49 de acuerdo con la Serie de Componentes para el material a transportar e
PASO 10	Arreglo de la transmisión de los Transportadores	Consulte la sección 3.5.10.6 del presente capítulo para ver los arreglos típicos de los transportadores.

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.2 Establecer factores conocidos.

Los factores conocidos del material son todas aquellas propiedades físicas y químicas que se pueden determinar a través de análisis y mediciones prácticas, estas características se resumen en la tabla 27.

Tabla 27. Factores característicos de la cuajada.

Material a transportar	Cuajada
Tamaño máximo de partícula	1 cm ³
Volumen en porcentajes de TP	--
Capacidad requerida en $\frac{ft^3}{h}$	26
Capacidad requerida en $\frac{lb}{h}$	154
Distancia a transportar en ft	2.3
Densidad del material $\frac{lb}{ft^3}$	59
Viscosidad del material Pa · s	--

Nota: Datos establecidos de forma general.

3.5.3 Clasificación del material

La clasificación del material se puede determinar de acuerdo a dos tablas: la 2 que indica como leer o interpretar el código del material y la 3 que indica como clasificar

el material de acuerdo a códigos estandarizados como se indica en el capítulo I sección 1.5.1 del presente trabajo, según estas referencias se puede establecer la clasificación para el material denominado cuajada y se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Código de material para la cuajada de queso fresco

CUAJADA PARA QUESO FRESCO			
D ½ Tamaño	3 Fluidez	5 Abrasividad	FHV Otras Características

3.5.4 Capacidad del diseño

La capacidad del diseño se establece de acuerdo a la cantidad de material a transportar en pies³/h. según el diseño se trabajará con un volumen de 0,08 pies³ que necesitan ser trasladados en aproximadamente 10 segundos según lo requerido para la producción y para evitar que el material se endurezca demasiado, lo que nos da un valor aproximado de 28.8 pies³/h de capacidad del sistema.

3.5.5 Diámetro del eje y velocidad del sistema.

El diámetro del eje se establecerá conforme a la tabla 29 luego de haber determinado la velocidad del sistema en rpm. Para helicoidales de paso estándar los rpm necesarios se pueden calcular con la siguiente fórmula.

Ecuación 15 RPM's necesarias para un caudal definido dentro de la artesa

$$N = \frac{\text{Capacidad requerida en pies cubicos por hora}}{\text{pies cubicos por hora a 1 RPM}}$$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

$$N = \frac{26 \frac{ft^3}{h}}{0.62 \frac{ft^3}{h} \cdot rpm}$$

$$N = 46 \text{ rpm}$$

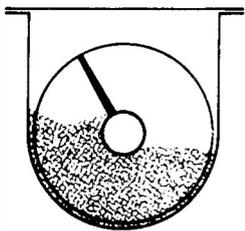
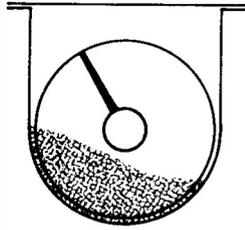
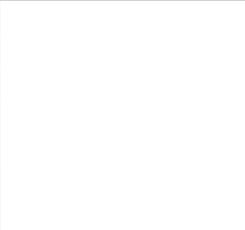
$N = 46 \text{ rpm}$ Existente en el mercado

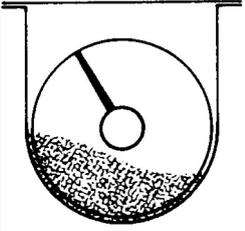
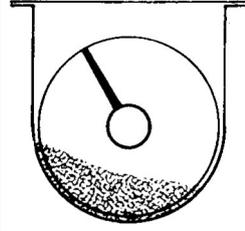
$\emptyset_{\text{helicoideal}} = 4 \text{ in}$ Según tabla 29.

Como se puede observar en la tabla 29 en la tercera columna en la casilla de (Capacidad Pie Cúbico por Hora), nos da una relación entre el diámetro del helicoidal y un rango máximo y mínimo de velocidades en RPM

De acuerdo con los cálculos se toma el diámetro de 4 in para el helicoidal debido a que la cantidad de material a tratar esta en el rango desde 0.62 pies cúbicos como se indica en la tabla 29.

Tabla 29. Tabla para establecer diametro del eje y velocidad del transportador helicoidal

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM	
		A 1 RPM	A Máx. RPM		
45% 	4	0.62	114	184	
	6	2.23	368	165	
	9	8.20	1270	155	
	10	11.40	1710	150	
	12	19.40	2820	145	
	14	31.20	4370	140	
	16	46.70	6060	130	
	18	67.60	8120	120	
	20	93.70	10300	110	
	24	164.00	16400	100	
	30	323.00	29070	90	
30% 	4	0.41	53	10	
	6	1.49	180	120	
	9	5.45	545	100	
	10	7.57	720	95	
	12	12.90	1160	90	
	A	14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
30		216.00	12960	60	
30% 		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
	9	5.45	300	55	
	10	7.60	418	55	
	12	12.90	645	50	
	B	14	20.80	1040	50
16		31.20	1400	45	

		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
		30	216.00	7560	35
15%		4	0.21	15	72
		6	0.75	45	60
		9	2.72	150	55
		10	3.80	210	55
		12	6.40	325	50
		14	10.40	520	50
		16	15.60	700	45
		18	22.50	1010	45
		20	31.20	1250	40
		24	54.60	2180	40
		30	108.00	3780	35

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.6 Diámetro mínimo del helicoidal por limitación de partículas.

La tabla 30 confirma el diámetro del helicoidal según el tamaño de partículas que se manejarán, según el proceso anterior que es el de coagulación de leche y corte de la cuajada las partículas tendrán una dimensión máxima de $\frac{1}{2}$ pulgada según el diseño de la paleta cortadora se ha tomado en cuenta. Según la tabla 30 el helicoidal será de clase 3 con un 95% de partículas. Cabe resaltar que el catálogo considera poco relevantes diámetros del helicoidal menores a 6 pulgadas por lo cual por factores de seguridad asume como valores mínimos los que corresponden a 6 pulgadas.

Tabla 30. Tabla de tamaños maximos de Partículas

Diámetro de Helicoidal (Pulgadas)	Tubo D.E.* (Pulgadas)	Separación Radial Δ (Pulgadas)	Clase 1	Clase 2	Clase 3
			10% de Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)	25% Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)	95% Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)
4 - 6	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
9	2 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
9	2 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
12	2 $\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{16}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
12	3 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
12	4	4 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$	2	1
14	3 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$
14	4	5 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$
16	4	6 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$

16	4½	6¼	3¼	2¼	1½
18	4	7½	4¼	3	1¾
18	4½	7½	4¼	3	1¾
20	4	8½	4¾	3½	2
20	4½	8¼	4¾	3½	2
24	4½	10¼	6	3¾	2½
30	4½	13¼	8	5	3

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.7 Selección de bujes.

Un buje es un elemento de una máquina donde se asienta y gira un eje para dar movilidad rotacional a elementos relacionados a ese eje, en este caso servirá para asentar el eje de helicoidal y dar movilidad al material para ser trasladado desde un punto a otro, es importante que durante este proceso no exista contaminación alguna por cualquier material del que este compuesto el buje.

Para la selección de bujes se ofrece una gama amplia para materiales de la codificación D ½ -35, pero en este caso como se trabaja con material alimenticio de primer grado se elegirá un buje de teflón aprobado por la FDA con sus características propuestas en la tabla 31, o simplemente se puede ubicar los bujes en una zona en donde no entre en contacto directo con la cuajada y evitar la selección de un material.

Tabla 31. Tabla de selección de bujes para helicoidal de 4 pulgadas

MATERIAL	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN (°F)	ESTILOS DISPONIBLES	MATERIAL APROBADO POR FDA	AUTO LUBRICADO	ALGUNOS USOS SUGERIDOS	COMENTARIOS
TEFLÓN (PTFE) GRADO	300°	220, 216	Sí		Alimentos	PTFE de Ingeniería
Gatke	400°	220, 216			Productos químicos	Tela de fibra de vidrio. Bueno para altas
Martin HIERRO ENDURECIDO	500°	220		Sí	Productos químicos, cemento, agregados	Requiere ejes endurecidos
HIERRO FUNDIDO ENDURECIDO	500°	220, 216, 19B			Cal, cemento, sal, yeso	Requiere ejes endurecidos. Puede ser ruidoso. En algunas aplicaciones
MADERA	160°	220, 216, 19B		Sí	Granos forraje, fertilizante	Bueno para usos generales
BRONCE Martin	850°	220		Sí	Procesamiento de granos y forrajes	Bujes de alta calidad. Alta capacidad de carga
NYLON	250°	220	Sí	Sí	Alimentos y granos	Para aplicaciones secas
NYLATRON	250°	220, 19B		Sí	Manejo de productos	Capacidad de carga muy baja

UHMW	225°	220, 216	Sí	Sí	Alimentos	Material aprobado por la USDA . No se expande con
STELLITE	1000°	220, 216			Productos químicos, cemento,	Requiere un inserto de stellite en el eje
NYLON DE INGENIERÍA GRADO	160°	220		Sí	Granos forraje, fertilizante	Substituto económico para la madera
NYLON DE INGENIERÍA GRADO ALIMENTICIO	300°	220	Sí	Sí	Granos forraje, fertilizante	Para aplicaciones secas
RODAMIENTO DE BOLAS	180°	60, 70			Aplicaciones no abrasivas	Para usos generales
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	200°	220	Sí	Sí	Manejo de productos	Recomendado para aplicaciones no abrasivas
CERÁMICA 1	1,000°	220, 216	Sí		Productos químicos,	Requiere ejes endurecidos
URETANO Martin	200°	220		Sí	Granos, productos químicos y	Bueno para usos generales
TIVAR® 1000	275°	220, 216		Sí	Granos y productos	Marca registrada de Quadrant

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.8 Determinar Potencia HP.

La potencia requerida para operar un transportador helicoidal se basa en una instalación adecuada, en una alimentación regular y uniforme del material al transportador y en otros criterios de diseño indicados en este manual (Martin Sprocket & Gear, INC., 2013).

La potencia requerida es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción (HP_f) y la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada (HP_m) multiplicada por el factor de sobrecarga F_o y dividido entre la eficiencia total de la transmisión.

Ecuación 16 Potencia para mover el transportador vacío

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_d \cdot F_b}{1000000}$$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Ecuación 17 Potencia para mover el material en la artesa

$$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{1000000}$$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Ecuación 18 Potencia total para mover el transportador y el material

$$HP_{total} = \frac{(HP_m + HP_f)F_o}{e}$$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

En donde:

L = Longitud total del transportador, en pies. (Tabla 25)

N = Velocidad de Operación, RPM (Literal 3.5.5).

Fd = Factor del diámetro del transportador (Tabla 32).

Fb = Factor del buje para colgante (Tabla 33).

C = Capacidad en pies cúbico por hora (Tabla 27)

W = Densidad del material en libras por pie cúbico (Tabla 27).

Ff = Factor de helicoidal (Tabla 34).

Fm = Factor de material (*Para material de codificación D ½ - 35 = 2*).

Fp = Factor de las paletas (cuando se requieran) (Tabla 35).

Fo = Factor de sobrecarga (Tabla 36).

e = Eficiencia de la transmisión (Tabla 37).

Tabla 32. Factor del diámetro del transportador F_d

Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor Fd	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor Fd
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 33. Factor del buje para colgante

Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante Fb
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce	2.0

S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Tefión * UHMH	2.0
	* Hierro Endurecido	3.4
H	Superficie Endurecida Stellite Cerámica	4.4

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 34. Factor del helicoidal

Tipo de Helicoidal	F _r Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

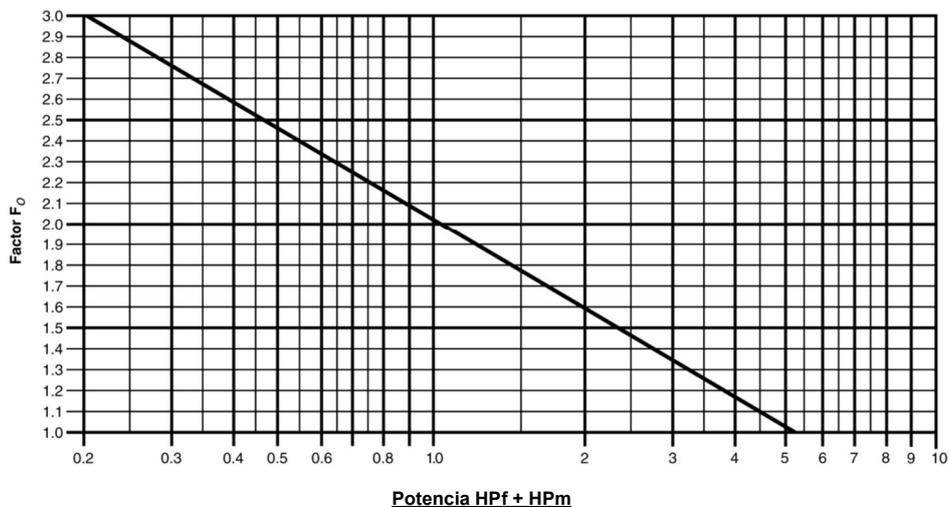
Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 35. Factor de paleta F_p.

Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — F _p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 36. Factor de sobrecarga



Si $(HPf + HPm) \geq 5.2$, entonces $Fo = 1.0$ y si $(HPf + HPm) \leq 0.2$, entonces $Fo=3$

Encuentre el valor de (HPf + HPm), suba verticalmente hasta la línea diagonal y lea el valor de Fo a la izquierda

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 37. Eficiencia de transmision.

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motor reductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfin
.88	.87	.95	.87	1.00

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.8.1 Calculo de la potencia para mover el transportador vacío.

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_d \cdot F_b}{1000000}$$

$$HP_f = \frac{2.3 \text{ ft} \cdot 42 \text{ rpm} \cdot 12 \cdot 3.4}{1000000}$$

En la tabla 33 no se especifica un F_b para acero inoxidable, por lo tanto, como se conoce el acero es una mezcla de hierro y carbono, por ende, el F_b que se puede acercar más al material acero inoxidable es el hierro endurecido.

$$HP_f = 3.94128 \times 10^{-3}$$

3.5.8.2 Calculo de la potencia para mover el material.

$$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{1000000}$$

$$HP_m = \frac{26 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \cdot 2.3 \text{ ft} \cdot 59 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1.87}{1000000}$$

$$HP_m = \frac{26 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \cdot 2.3 \text{ ft} \cdot 59 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1.87}{1000000}$$

$$HP_m = 1.3195468 \times 10^{-2}$$

3.5.8.3 Calculo de la potencia total.

$$HP_{total} = \frac{(HP_m + HP_f) F_o}{e}$$

$$HP_{total} = \frac{(1.3195468 \times 10^{-2} + 3.94128 \times 10^{-3}) 3}{1}$$

Si $(HP_m + HP_f) < 0.2$ el factor de sobre carga (F_o) es igual a 3 como se estipula al final de la tabla 36 y la eficiencia de transmisión (e) es igual 1 como se estipula en la tabla 37 ya que se utilizará un sistema corona sin fin para reducir la velocidad del motor eléctrico.

$$HP_{total} = 0.051 HP$$

Analizando el resultado el valor de la potencia es demasiado pequeño para los motores existentes en el mercado, por ende, se procederá a estandarizar la potencia del motor a 1/2HP o 1HP según haya la disponibilidad o sugiera el sistema de transmisión en la tabla 37.

3.5.9 Capacidad torsional de elementos en transportadores helicoidales.

El diseño general de los transportadores helicoidales está limitado por el torque que pueden soportar los tubos, los ejes y los pernos de acoplamiento.

La tabla 38 que se representa a continuación combina las diversas capacidades de torsión de los pernos, ejes y tubos de tal forma que resulta fácil comparar la capacidad torsional de todas las partes sujetas a esfuerzos en los transportadores helicoidales estándares.

Tabla 38. Eficiencia de transmisión.

Acoplamiento	Tubo		Ejes		Pernos				
	Ced. 40		Torque (lb-Pulgadas) *		Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos al Corte (lb-Pulgadas) □		Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)	
	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar Martin (C-1045)		No. de Pernos		No. de Pernos	
					2	3	2	3	
1	1½	3,140	820	999	⅜	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	3,070	3,727	½	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	7,600	9,233	⅝	7,600	11,400	7,860	11,790
2⅝	3	23,100	15,090	18,247	⅞	<u>9,270</u>	13,900	11,640	17,460
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	<u>15,540</u>	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	<u>16,400</u>	24,600	25,000	37,500

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.9.1 Torque en lb-pulgada del alimentador helicoidal.

Ecuación 19 cálculo del torque en Lb-pulgada

$$\text{Torque} = \frac{63.025 \times HP}{RPM}$$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

$Torque = \frac{63.025 \times 0.5 HP}{93.75 RPM}$ corrigiendo los 42 rpm obtenidos al principio por factores de endurecimiento del material

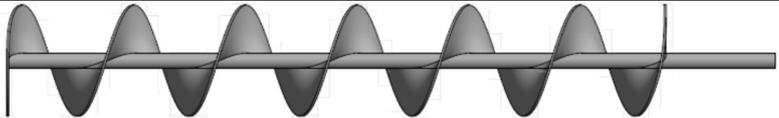
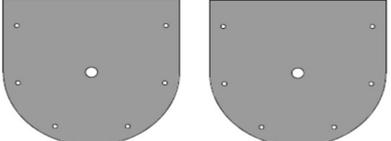
$$Torque = 0.34 \text{ lb} - \text{pulgada}$$

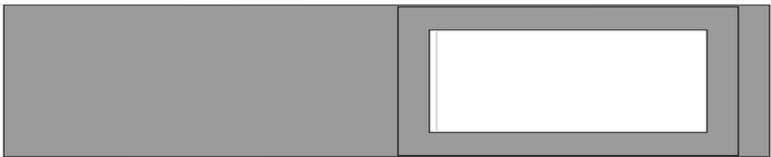
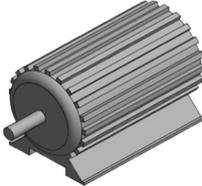
3.5.10 Selección de componentes

Una vez determinado el diámetro del helicoidal, del eje, y la distancia a trabajar se procederá a seleccionar los elementos de los que está constituido un alimentador helicoidal.

A continuación, se enlistará los elementos de los que está constituido un alimentador helicoidal en la tabla 39.

Tabla 39. Componentes de un transportador helicoidal

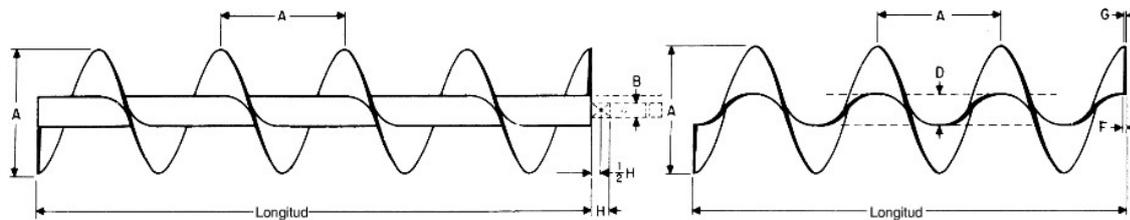
Helicoidal	
Eje	
Artesa	
Tapa de artesa	

Cubierta de artesa	
Chumacera eje motriz	
Bujes	
Soportes	
Motor	
Transmisión	

3.5.10.1 Selección del helicoidal y eje.

Como se puede analizar en la tabla 29 de acuerdo al volumen del material a manejar se elige un helicoidal con un diámetro de 4 pulgadas, a partir de este cálculo establecemos un código de helicoidal con todas las dimensiones necesarias para su fabricación como podemos identificar en la tabla 40.

Tabla 40. Helicoidales continuos.



Helicoidal Continuo

Espiral

A Diámetro del Helicoidal	B Diámetro del Eje	Número de Parte, Helicoidal Completo	Número de Parte Sólo Espiral	D Tamaño de Tubo		Espesor del Helicoidal		H Ancho del Buje del Colgante	Long. Estándar Pies-Pulg.	Peso Promedio lb			
				Interior	Ext.	F	G			Helicoidal Completo		Sólo Espiral	
						Interior	Ext.			Long. Estándar	Por Pie	Long. Estándar	Por Pie
				4	1	4H206-*	4HF206-*			1¼	1½	⅜	⅜
6	1½	6H304-*	6HF304-*	2	2¾	⅛	⅛	2	9-10	52	5	14	1.4
	1½	6H308-*	6HF308-*	2	2¾	¼	⅛	2	9-10	62	6	28	2.8
	1½	6H312-*	6HF312-*	2	2¾	⅜	⅜	2	9-10	72	7	42	4.3
9	1½	9H306-*	9HF306-*	2	2¾	⅜	⅜	2	9-10	70	7	31	3.2
	1½	9H312-*	9HF312-*	2	2¾	⅜	⅜	2	9-10	101	10	65	6.1
	2	9H406-*	9HF406-*	2½	2¾	⅜	⅜	2	9-10	91	9	30	3.0
	2	9H412-*	9HF412-*	2½	2¾	⅜	⅜	2	9-10	121	12	60	6.6
	2	9H414-*	9HF414-*	2½	2¾	⅞	⅞	2	9-10	131	13	70	6.3
10	1½	10H306-*	10HF306-*	2	2¾	⅜	⅜	2	9-10	81	8	48	4.9
	2	10H412-*	10HF412-*	2½	2¾	⅜	⅜	2	9-10	130	13	76	7.7
12	2	12H408-*	12HF408-*	2½	2¾	¼	⅛	2	11-10	140	12	67	5.7
	2	12H412-*	12HF412-*	2½	2¾	⅜	⅜	2	11-10	180	15	102	8.6
	2⅙	12H508-*	12HF508-*	3	3½	¼	⅛	3	11-9	168	14	64	5.4
	2⅙	12H512-*	12HF512-*	3	3½	⅜	⅜	3	11-9	198	17	96	8.2
	3	12H614-*	12HF614-*	3½	4	⅞	⅞	3	11-9	220	18	112	9.3
14	2⅙	14H508-*	14HF508-*	3	3½	¼	⅛	3	11-9	170	14	84	7.1
	3	14H614-*	14HF614-*	3½	4	⅞	⅞	3	11-9	254	22	132	11.2
16	3	16H610-*	16HF610-*	3½	4	⅜	⅜	3	11-9	228	19	120	10.0
	3	16H614-*	16HF614-*	4	4½	⅞	⅞	3	11-9	285	24	154	11.7
18	3	18H610-*	18HF610-*	3½	4	⅜	⅜	3	11-9	282	24	167	13.9

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Resumiendo, la tabla 40 se obtiene la tabla 41 con los siguientes datos

Tabla 41. Componentes y medidas para un helicoidal de 4 pulgadas de diámetro

A Diámetro del Helicoidal	B Diámetro del Eje	D Tamaño de Tubo		Espesor del Helicoidal		H Ancho del Buje del Colgante	Long. Estándar Pies-Pulg.	Peso Promedio lb			
		Interior	Ext.	F	G			Helicoidal Completo		Sólo Espiral	
				Interior	Ext.			Long. Estándar	Por Pie	Long. Estándar	Por Pie
		4	1	1¼	1½			⅜	⅜	1½	9-10½

Nota: para un helicoidal de 4 pulgadas de diámetro, se utilizará un eje de 1 pulgada, y el resto de datos necesarios para la manufacturación de la misma como se ha especificado en la tabla.

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.10.2 Selección de artesa y cubierta.

La artesa es la parte principal de un alimentador helicoidal ya que en esta se almacena temporalmente la materia prima que luego se trasladará a los moldes para efectuar el proceso de dosificación; en este caso se conoce que el diseño mecánico es iterativo, por tanto una vez establecido el diámetro del helicoidal y sus componentes procedemos a seleccionar el tipo de artesa que se utilizará de acuerdo a las necesidades del material de trasportación y otras propiedades, en la tabla 4 del capítulo I podemos observar los diferentes tipos de artesas existentes, por las cualidades de acumulación y compactación que tiene la cuajada es necesario que el material permanezca siempre ubicado en la parte inferior de la artesa para así poder trasladar de mejor manera la cuajada evitando acumulaciones, también por ser un material de fácil descomposición la máquina debe ser fácil de limpiar, lo que hace pensar que es necesario tener una tapa la cual facilite la intervención en la parte interna de la máquina, lo que nos deja con dos opciones de artesa para este tipo de trabajo la primera sería una artesa en U, y la segunda sería una artesa ensanchada como se puede ver en la figura 36 y 37.

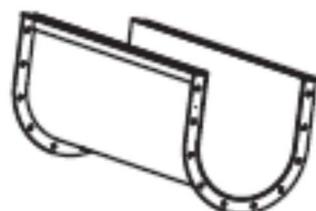


Figura 34. Dibujo de Artesa en U

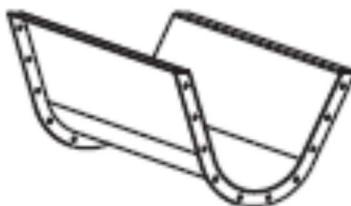
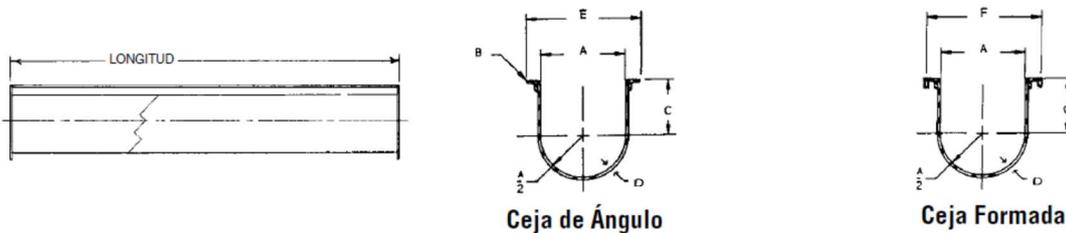


Figura 35. Dibujo de Artesa ensanchada

Se selecciona la artesa en U debido a que en la artesa ensanchada no hay diseño con helicoidal de 4 pulgadas como se muestra correspondientemente en la página H-41 del catálogo de Martin.

La artesa y su cubierta se dimensionarán según las tablas 42 y 43 correspondientemente, en estas tablas de acuerdo al tamaño del helicoidal se ha designado unas medidas de radio, alto y espesor para no tener problemas al momento del montaje.

Tabla 42. Dimensionamiento para artesas en U estandar.



Diámetro del Transportador	D	Ceja de Ángulo	Artesa con Ceja de Ángulo				Artesa con Ceja Formada ▲					A	B	C	E	F
			Peso lb		Peso lb		Número de Parte	Peso lb		Peso lb						
			Largo 10*	Largo 5*	Largo 12*	Largo 6*		Largo 10*	Largo 5*	Largo 12*	Largo 6*					
4	16 Cal.	4CTA16	53	29	—	—	4CTF16	41	23	—	—	5	1¼	3⅝	7⅞	7¼
4	14	4CTA14	60	33	—	—	4CTF14	50	28	—	—				7⅞	7¼
4	12	4CTA12	78	42	—	—	4CTF12	70	38	—	—				7¼	7¼
6	16 Cal.	6CTA16	67	44	—	—	6CTF16	55	32	—	—	7	1¼	4½	9⅞	9⅞
6	14	6CTA14	78	49	—	—	6CTF14	67	38	—	—				9⅞	9⅞
6	12	6CTA12	101	60	—	—	6CTF12	91	50	—	—				9¾	
6	10	6CTA10	123	73	—	—	6CTF10	117	64	—	—				9¾	
6	⅜	6CTA7	164	86	—	—	6CTF7	150	79	—	—				9⅞	
9	16 Cal.	9CTA16	113	66	—	—	9CTF16	83	51	—	—	10	1½	6⅞	13⅞	13¼
9	14	9CTA14	127	73	—	—	9CTF14	99	59	—	—				13⅞	
9	12	9CTA12	156	87	—	—	9CTF12	132	75	—	—				13¼	
9	10	9CTA10	176	102	—	—	9CTF10	164	91	—	—				13⅞	
9	⅜	9CTA7	230	124	—	—	9CTF7	214	116	—	—				13⅞	
9	¼	9CTA3	286	152	—	—	9CTF3	276	147	—	—				13½	

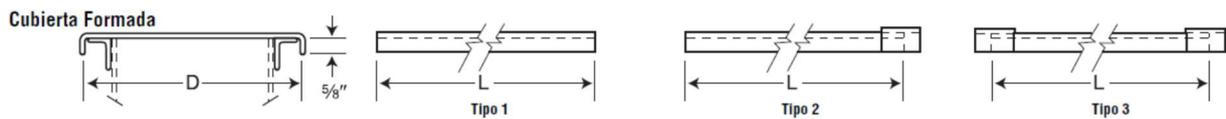
10	16 Cal.	10CTA16	118	69	—	—	10CTF16	88	54	—	—				14 $\frac{1}{6}$	14 $\frac{1}{4}$
10	14	10CTA14	133	76	—	—	10CTF14	105	62	—	—	11	1 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{6}$	14 $\frac{3}{6}$	
10	12	10CTA12	164	92	—	—	10CTF12	140	80	—	—				14 $\frac{1}{4}$	
10	10	10CTA10	178	102	—	—	10CTF10	167	91	—	—				14 $\frac{1}{6}$	
10	$\frac{3}{16}$	10CTA7	233	131	—	—	10CTF7	217	123	—	—				14 $\frac{1}{6}$	
10	$\frac{1}{4}$	10CTA3	306	163	—	—	10CTF3	296	158	—	—				14 $\frac{1}{2}$	
12	12 Cal.	12CTA12	197	113	236	135	12CTF12	164	95	197	114				17 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{2}$
12	10	12CTA10	234	133	281	160	12CTF10	187	117	224	140	13	2	7 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{6}$	
12	$\frac{3}{16}$	12CTA7	294	164	353	197	12CTF7	272	150	326	180				17 $\frac{1}{6}$	
12	$\frac{1}{4}$	12CTA3	372	203	446	244	12CTF3	357	194	428	233				17 $\frac{1}{2}$	
14	12 Cal.	14CTA12	214	121	257	145	14CTF12	183	102	219	122				19 $\frac{1}{4}$	19 $\frac{1}{6}$
14	10	14CTA10	258	143	309	172	14CTF10	207	127	248	152	15	2	9 $\frac{1}{4}$	19 $\frac{1}{6}$	
14	$\frac{3}{16}$	14CTA7	328	180	394	216	14CTF7	304	168	365	202				19 $\frac{1}{6}$	
14	$\frac{1}{4}$	14CTA3	418	224	501	269	14CTF3	403	215	483	258				19 $\frac{1}{2}$	
16	12 Cal.	16CTA12	238	133	285	160	16CTF12	206	107	247	128				21 $\frac{1}{4}$	21 $\frac{1}{6}$
16	10	16CTA10	288	159	345	191	16CTF10	234	144	281	173	17	2	10 $\frac{1}{6}$	21 $\frac{1}{6}$	
16	$\frac{3}{16}$	16CTA7	368	200	442	240	16CTF7	345	188	414	226				21 $\frac{1}{6}$	
16	$\frac{1}{4}$	16CTA3	471	243	565	291	16CTF3	455	228	546	273				21 $\frac{1}{2}$	
18	12 Cal.	18CTA12	252	159	302	191	18CTF12	240	133	288	160				24 $\frac{1}{4}$	24 $\frac{1}{2}$
18	10	18CTA10	353	170	423	204	18CTF10	269	165	323	198	19	2 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{6}$	24 $\frac{1}{6}$	
18	$\frac{3}{16}$	18CTA7	444	243	533	291	18CTF7	394	217	473	260				24 $\frac{1}{6}$	
18	$\frac{1}{4}$	18CTA3	559	298	671	358	18CTF3	520	275	624	330				24 $\frac{1}{2}$	
20	10 Cal.	20CTA10	383	228	460	274	20CTF10	296	190	355	228				26 $\frac{1}{6}$	26 $\frac{1}{2}$
20	$\frac{3}{16}$	20CTA7	484	271	581	325	20CTF7	434	247	521	296	21	2 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$	26 $\frac{1}{6}$	
20	$\frac{1}{4}$	20CTA3	612	334	734	401	20CTF3	573	315	687	378				26 $\frac{1}{2}$	

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Todos los transportadores helicoidales deben tener algún tipo de cubierta, no solo para mantener el material dentro de la artesa y protegerlo de elementos externos, sino que definitivamente deben tener una cubierta como una medida de seguridad, para evitar lesiones y mantener a los operadores fuera de las partes en movimiento del transportador. (Martin Sprocket & Gear, INC., 2013)

La cubierta de artesa al igual que los anteriores procesos depende de la longitud y espesor de la artesa para esto se tiene en cuenta la tabla 43.

Tabla 43. Dimensionamiento para cubiertas de artesa.



Diámetro del Transportador	Cubierta Plana				Cubierta Semiformada				Cubierta Formada				Cubierta a Dos Aguas			
	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D
4	4TCP16	16	1.5	8	4TCS16	16	2.1	7%	4TCF16	D 16	1.9	8%	4TCH16	D 16	2.0	
*					4TCS14	16	2.6		4TCF14	14	2.4		4TCH14	14	2.5	8%
6	6TCP16	16	2.0	9%	6TCS16	16	2.3	9%	6TCF16	D 16	2.1	10%	6TCH16	D 16	2.3	10%
*					6TCS14	16 14	3.8		6TCF14	14	2.6		6TCH14	14	2.8	
9	9TCP14	14	3.5	13%	9TCS14	14	4.1	13%	9TCF16	16	3.2	14	9TCH16	16	3.3	14
*					9TCS12	12	5.7		9TCF14	D 14	3.9		9TCH14	D 14	4.1	
					9TCS10	10	7.3		9TCF12	12	5.5					
10	10TCP14	14	3.8	14%	10TCS14	14	4.4	14%	10TCF16	16	3.4	15	10TCH16	16	3.5	15
*					10TCS12	12	6.1		10TCF14	D 14	4.2		10TCH14	D 14	4.3	
					10TCS10	10	7.8		10TCF10	10	7.6					
12	12TCP14	14	4.6	17%	12TCS14	14	5.1	17%	12TCF14	D 14	4.9	18	12TCH14	D 14	5.0	18
**					12TCS12	12	7.1		12TCF12	12	6.9		12TCH12	12	7.1	
					12TCS10	10	9.0		12TCF10	10	8.8					
14	14TCP14	14	5.1	19%	14TCS14	14	5.6	19%	14TCF14	D 14	5.4	19%	14TCH14	D 14	5.5	19%
**					14TCS12	12	7.8		14TCF12	12	7.6		14TCH12	12	7.7	
					14TCS10	10	9.9		14TCF10	10	9.7					
16	16TCP14	14	5.6	21%	16TCS14	14	6.1	21%	16TCF14	D 14	5.9	21%	16TCH14	D 14	6.1	21%
**					16TCS12	12	8.5		16TCF12	12	8.3		16TCH12	12	8.5	
					16TCS10	10	10.8		16TCF10	10	10.6					
18	18TCP12	12	8.9	24%	18TCS12	12	9.6	24%	18TCF14	14	6.7	25	18TCH14	14	6.8	25
**					18TCS10	10	12.3		18TCF10	10	12.1		18TCH12	D 12	9.5	
20	20TCP12	12	9.7	26%	20TCS12		10.3	26%	20TCF14	14	7.2	27	20TCH14	14	7.4	27
**					20TCS10	10	13.3		20TCF10	10	13.1		20TCH12	D 12	10.4	
24	24TCP12	12	11.1	30%	24TCS12	D	11.8	30%	24TCF14	14	8.3	31	24TCH14	14	8.4	31
**					24TCS10	10	15.1		24TCF10	10	14.9		24TCH12	D 12	11.8	

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

En base a esto las medidas para la artesa en U con base en un helicoide de 4 pulgadas y su cubierta se muestra en las tablas 44 y 45 como corresponde estos valores han sido seleccionadas de las tablas 42 y 43.

Tabla 44. Dimension de la artesa en U para alimentador de 4 pulgadas

Diámetro del Transportador	D	Ceja de Ángulo	Artesa con Ceja de Ángulo				A	B	C	E	F
			Peso lb		Peso lb						
	Esesor de la Artesa	Número de Parte	Largo 10**	Largo 5**	Largo 12**	Largo 6**					
4	16 Cal.	4CTA16	53	29	—	—	5	1¼	3%	7%	7¼

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Tabla 45. Dimension de la cubierta formada para artesa en U.

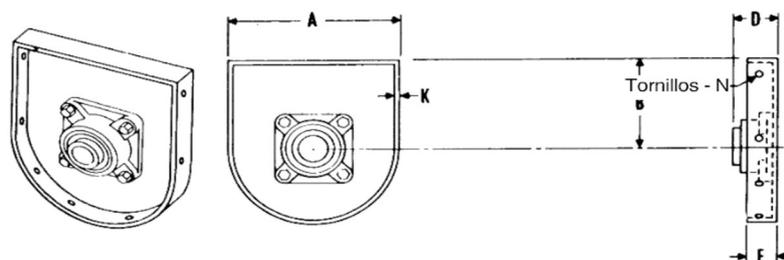
Diámetro del Transportador	Cubierta Formada			
	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D
4	4TCF16	D 16	1.9	8%

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.10.3 Selección de tapas laterales de artesa.

Existen varios tipos de tapas laterales de artesa, para este caso se utilizará una tapa lateral interior que es usada en casos cuando las artesas no tienen o no necesitan bridas para la sujeción de la artesa, también las tapas laterales sirven para sostener los rodamientos para el apoyo del eje sobre el cual girará el tornillo sin fin para hacer el traslado del material.

Para el dimensionamiento de las tapas laterales se observa la tabla 46 que pondremos a continuación.

Tabla 46. Dimensiones de la tapa lateral interior de artesa en U

Diámetro del Transportador	Diámetro del Eje	□ Número de Parte	A	B	D			E	K	N	Peso (lb)
					Rodamiento de Fricción	Rodamiento de Bolas	Rodamiento de Rodillos				
4	1	4TEI2-*	5	3 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	1 $\frac{1}{8}$	—	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	3
6	1 $\frac{1}{2}$	6TEI3-*	7	4 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{16}$	3 $\frac{1}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	5
9	1 $\frac{1}{2}$	9TEI3-*	10	6 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{1}{16}$	3 $\frac{1}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	9
	2	9TEI4-*	10	6 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	9
10	1 $\frac{1}{2}$	10TEI3-*	11	6 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{1}{16}$	3 $\frac{1}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	11
	2	10TEI4-*	11	6 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	11
12	2	12TEI4-*	13	7 $\frac{3}{4}$	4 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{16}$	3 $\frac{3}{8}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	19
	2 $\frac{1}{16}$	12TEI5-*	13	7 $\frac{3}{4}$	5 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{9}{16}$	4 $\frac{1}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	19
	3	12TEI6-*	13	7 $\frac{3}{4}$	6 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{3}{4}$	4 $\frac{15}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	19
14	2 $\frac{1}{16}$	14TEI5-*	15	9 $\frac{1}{4}$	5 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{15}{16}$	4 $\frac{7}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	34
	3	14TEI6-*	15	9 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{5}{16}$	3 $\frac{3}{4}$	4 $\frac{15}{16}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	34
16	3	16TEI6-*	17	10 $\frac{5}{8}$	6 $\frac{5}{16}$	3 $\frac{9}{16}$	5	2	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	40
18	3	18TEI6-*	19	12 $\frac{1}{8}$	6 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{3}{16}$	5	2	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	58
	3 $\frac{1}{16}$	18TEI7-*	19	12 $\frac{1}{8}$	7 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{16}$	5 $\frac{5}{16}$	2	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	58
20	3	20TEI6-*	21	13 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{16}$	2	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	83
	3 $\frac{1}{16}$	20TEI7-*	21	13 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{8}$	5 $\frac{1}{8}$	2	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	83

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Queda definido en la tabla 47 las dimensiones de un par de tapas laterales para un transportador helicoidal de 4 pulgadas de diámetro.

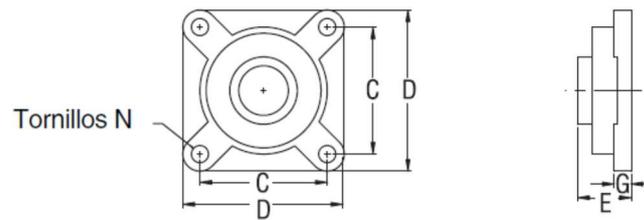
Tabla 47. Dimensiones de la tapa lateral interior para un transportador helicoidal de 4 pulgadas.

Diámetro del Transportador	Diámetro del Eje	A	B	D			E	K	N	Peso (lb)
				Rodamiento de Fricción	Rodamiento de Bolas	Rodamiento de Rodillos				
4	1	5	3 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	1 $\frac{1}{8}$	—	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	3

3.5.10.4 Chumacera del eje motriz.

Para la selección de la chumacera se toma en cuenta donde estará ubicada, como se mencionó en la sección 3.4.10.3, la misma estará montada en la tapa lateral de artesa, así que se utilizará un rodamiento de bolas para pared, se muestra en la tabla 48.

Tabla 48. Dimensiones rodamientos de bolas de brida o pared



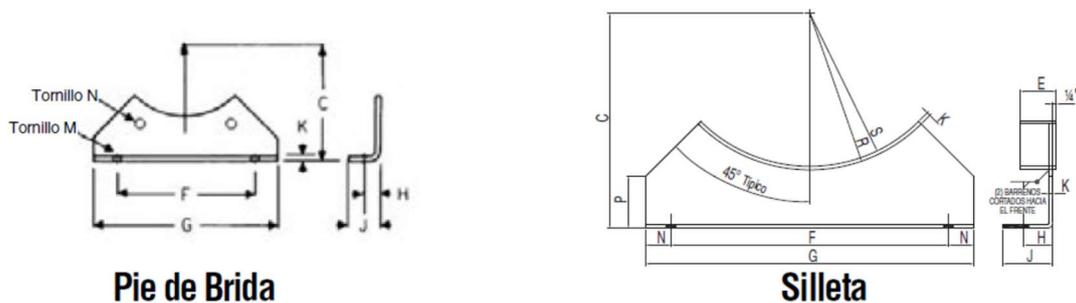
∅ Eje	Número de Parte	C	D	E	G	N
1	TEB2BB	2¼	3¼	1½	½	¾
1½	TEB3BB	4	5½	2	¾	½
2	TEB4BB	5½	6½	2¾	1¼	¾
2½	TEB5BB	5½	7	2½	1¼	¾
3	TEB6BB	6	7¾	3½	¾	¾
3½	TEB7BB	6¾	8¾	4	1	¾

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

3.5.10.5 Soporte de artesa

El soporte de la artesa sirve para sostener la artesa durante el traslado, está pensado para dar estabilidad y soporte a la artesa y se dimensiona utilizando la tabla 49.

Tabla 49. Dimensiones del soporte para la artesa con helicoidal de 4 pulgadas.



Diámetro del Transportador	Número de Parte				Peso lb				
	Silleta		Pie de Brida		Silleta		Pie de Brida		
4	4TS		4TFF		1.5		1.5		
6	6TS		6TFF		2.0		2.0		
9	9TS		9TFF		4.5		4.5		
10	10TS		10TFF		5.0		5.0		
12	12TS		12TFF		6.0		6.0		
14	14TS		14TFF		6.0		6.0		
14	16TS		16TFF		7.0		7.0		
Diámetro del Transportador	C	E	F	G	H	J	K	M*	N

4	4%	1 $\frac{1}{6}$	5%	7%	1	1%	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$
6	5%	1 $\frac{1}{6}$	8%	10	1 $\frac{1}{4}$	2	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$
9	7%	1 $\frac{1}{2}$	9%	12	1 $\frac{1}{2}$	2%	$\frac{3}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{6}$
10	8%	1 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	12%	1 $\frac{3}{4}$	2%	$\frac{3}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{6}$
12	9%	1 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{4}$	15	1%	2 $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{1}{2}$
14	10%	1 $\frac{3}{4}$	13 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$	1%	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{1}{2}$
16	12	1 $\frac{3}{4}$		18	2	3 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$

Fuente: Sprocken Gear, M. *El gran Catálogo* (2013).

Para esta aplicación se utilizará una silleta modificada para obtener una altura definida para poder hacer la dosificación en los moldes tal y como se muestra en la tabla 49.

3.5.10.6 Arreglos de transmisión para transportadores helicoidales.

Como se menciona con los cálculos de la tabla 37 se hicieron tomando en cuenta con una transmisión de sin fin y corona para poder reducir los rpm que originalmente produce un motor eléctrico monofásico.

Para hacer la reducción de rpm se ha decidido hacer un acople directo del eje del motor con la entrada de la caja reductora y de la salida de la caja reductora al eje del sin fin, para el cálculo de reducción de velocidad entre la caja de reducción y el motor eléctrico se necesitan solo dos datos.

Rpm originales del motor.

Relación de reducción de la caja.

En la sección 3.5.5 del presente capítulo se calculó que las RPM necesarias para mover un flujo de 26 pie cúbico sobre hora, se necesitaban 42 RPM con base a este resultado y los datos pedidos anteriormente presenta el siguiente cálculo:

Por motivo de endurecimiento del material se decide duplicar la velocidad de dosificación de 42 RPM a 90 RPM por lo que se decide implementar un motor de 3250 RPM

RPM del motor eléctrico = 3750

Relación de reducción de la caja = 1/40

RPM salida=RPM del motor eléctrico* Relación de reducción de la caja

RPM salida=3750 ·1/40

RPM salida=93

En conclusión, es lo más cercano que se puede obtener en relaciones de reducción con lo calculado, si se analizan estos datos se concluye que la diferencia es mínima con 3 rpm más de la que se necesita, se acepta la caja reductora de 1/40.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

4.1 Introducción.

El análisis costo beneficio o (ACB) es un breve resumen detallado acerca de las ganancias, pérdidas y riesgos potenciales sobre una decisión financiera, cualquier persona que esté dispuesta a realizar un poco de investigación y analizar información junto con los datos pertinentes es capaz de realizar un análisis ACB de calidad.

4.2 Pasos para realizar un análisis costo beneficio.

Para realizar un análisis costos beneficio existen tres sencillos pasos que se nombran a continuación (Swinton, 2007).

4.2.1 Define la unidad de costo de tu ACB.

Dado que el objetivo de un ACB es determinar si cierto proyecto o emprendimiento es viable en consideración del costo que implicaría realizarlo, es importante establecer desde un inicio cuáles son las medidas de tu ACB en términos de "costo".

En este caso el análisis que se realiza es determinar en qué tiempo se hará la recuperación de la inversión para automatización de los procesos de dosificación, moldeo y prensado de la cuajada, según estipula Swinton la inversión adecuada es aquella que se recupera en un promedio de dos años a partir de la incorporación de dicho plan estrategia o modernización; para este proyecto hay que tener en cuenta los siguientes factores: costo de la máquina, costo de producción, egreso mensual adicional producido por la inversión entre otros.

4.2.2 Hacer una lista con los costos tangibles e intangibles del proyecto.

Casi todos los proyectos implican costos. Por ejemplo, los emprendimientos requieren inversiones monetarias iniciales para comprar bienes y suministros, capacitar al personal y otro tipo de cosas.

Para el presente caso, se establece el monto de manufacturación de la máquina en \$ 3 455,23 USD y dividido para veinticuatro meses da una valor de \$ 143,96 USD, que representa un egreso mensual adicional correspondiente al pago de la máquina, este monto puede ser cubierto de algunas maneras, la primera sería sumando un valor agregado al producto ya que posee procesos automáticos que cumplen con normas de funcionamiento y sanitarias para elaborarlo, es decir se brinda un producto más seguro para los consumidores, pero esto implica encarecer el producto. La segunda opción es incrementar la producción de quesos para que puedan incrementarse las ganancias y este costo pueda asumirse, esto implicaría invertir más dinero en materia prima, y la última opción sería buscar un equilibrio entre el aumento de producción y la suma del valor agregado al producto, para lo cual se detallará una lista de egresos iniciales para producir quesos en la tabla 50.

Tabla 50. Egreso mensual para la manufacturación de quesos con máquina.

Ítem	Valor USD	Representación
Leche	1000	MPD
Cuajo	15	MPD
Sueldo obreros	350	MOD
Pago mensual costo maquina	143.96	GGF
Energía Eléctrica	20	GGF
Agua potable	10	GGF
Otros gastos de fabricación	200	GGF

Donde:

- MPD (materia prima directa)
- MOD (mano de obra directa)
- GGF (gastos generales de fabricación)
- Otros GGF (son todos aquellos consumibles que intervienen de forma indirecta en el proceso de fabricación de producto ejemplo: depreciación de vehículos de reparto, mantenimiento, combustibles, llantas, aceite, etc.

Con estos antecedentes se procede a calcular los siguientes datos:

4.2.2.1 Costo primo (C_{pr})

Ecuación 20 cálculo del costo primo

$$C_{pr} = MPD + MOD$$

Fuente: Cashim A. James. *Contabilidad de Costos* (2009).

$$C_{pr} = 1015 + 350$$

$$C_{pr} = 1365 \text{ USD}$$

4.2.2.2 Gastos generales de fabricación (GGF)

Ecuación 21 cálculo del gasto general de fabricación

$$G_{gf} = \sum GGF$$

Fuente: Cashim A. James. *Contabilidad de Costos* (2009).

$$G_{gf} = 373.96 \text{ USD}$$

4.2.2.3 Costo mensual de producción (C_p)

Ecuación 22 costo mensual de producción

$$C_p = C_{pr} + G_{gf}$$

Fuente: Cashim A. James. *Contabilidad de Costos* (2009).

$$C_p = 1738.96$$

4.2.2.4 Costo de producción unitaria (Cpu)

Ecuación 23 costo de producción unitaria

$$C_{pu} = \frac{\frac{Cp}{30}}{\# \text{ elementos procesados}}$$

Fuente: Cashim A. James. *Contabilidad de Costos* (2009).

$C_{pu} = 1.93 \text{ USD}$ Costo de cada queso

4.2.3 Cálculo del tiempo de amortización del proyecto.

Mientras más rápido pueda pagarse un proyecto, es mejor. Teniendo en cuenta los costos y beneficios totales, esto determina la cantidad de tiempo necesario para que se pueda recuperar los costos proyectados de la inversión inicial como ya se había analizado en los literales anteriores; el periodo establecido para pagar la máquina es de 24 meses.

Se analiza la producción diaria y mensual; en la tabla 51, se puede observar una producción efectiva en 94% dejando un 6% de pérdida. Con estos resultados se pretende optimizar la producción y disminuir las pérdidas en un 4%, y con este porcentaje pagar la máquina para no afectar la producción ni encarecer el producto.

Tabla 51. Análisis de costos mensuales de fabricación del queso.

	Producción de quesos en unidades	Producción real de quesos en unidades	Perdida de quesos por factores de manipulación en unidades	Costo de producción unitaria del queso en dólares	Costo de venta unitaria del queso en dólares	Costo de producción unitaria real del queso en dólares	Costo total unitario real del queso en dólares
Valores Diarios	33	31	2	1,93	2,50	1,93	2,50
Valores Mensuales	990	930	60	1910.7	2475	1794.9	2325

Nota: Los cálculos realizados están basados por unidad, y analizados en un periodo de 30 días, cabe destacar que estos valores pueden variar, ya que las unidades de pérdida no son siempre las mismas, debido a factores internos y externos, los costos con los costos reales difieren en qué; para el costo se analiza idealmente sin pérdida, pero para el costo real se debe tomar en cuenta las pérdidas, por esta razón difieren los valores.

Si se realiza la diferencia de valores mensuales entre el costo de venta unitaria y el costo total unitario real, se obtiene que la empresa mensualmente pierde aproximadamente 150 dólares en la manufacturación de quesos en el peor de los casos. Como se puede observar en la tabla 52 el pago mensual de la máquina a 24 meses es de 143.96, valor que puede ser cubierto solo con la optimización de la producción; en este caso la máquina se paga sola. Si establecemos una relación entre las tablas 50 y 52, tenemos que son casi las mismas, con la única diferencia que en la 52 no tiene el GGF de pago de maquinaria. En resumen, la tabla 50 representa la situación futura, cuando la máquina esta implementada, mientras que la tabla 52 representa a la situación actual.

Tabla 52. Egreso mensual para la manufacturación de quesos sin máquina.

Ítem	Valor USD	Representación
Leche	1000	MPD
Cuajo	15	MPD
Sueldo obreros	350	MOD
Energía Eléctrica	20	GGF
Agua potable	10	GGF
Otros gastos de fabricación	200	GGF

Nota: Se resalta que todos los datos obtenidos para todos los cálculos son proporcionados por el dueño de la fábrica.

4.3 Procesos manuales y tiempo de manufacturación obrera.

Como se menciona en los capítulos anteriores la manufacturación de quesos es completamente manual ya que se trata de una industria artesanal, como se puede identificar en la figura 11 del capítulo I del presente trabajo, existen tres procesos manuales antes de obtener el queso tales como: dosificación manual, moldeo manual y prensado manual de los que se recuerdan los tiempos da cada uno.

4.3.1 Dosificación Manual.

Este proceso se realiza una vez terminado el corte de la cuajada cuando de la leche se desprenden los compuestos grasos y se produce una separación de fluidos quedando el fluido más denso en la parte de abajo (cuajada) y el fluido más liviano en la parte arriba (suero), una vez ocurrido todo este proceso se toma la cuajada para poder trabajar con ella. Se toma porciones similares de cuajada, sin ningún método de verificación para luego ser vertidas en los moldes y queden más o menos por el mismo nivel. Se puede observar en la figura 38.



Figura 36. Imagen del método de dosificación manual del queso.

El tiempo para realizar manualmente este proceso de sacar el exceso de suero y dejar solo la cuajada en cada molde es aproximadamente de 7 a 10 minutos según la cantidad de quesos que se ha procesado en ese instante, los moldes se llenan aproximadamente casi de la misma cantidad de material que al final deben dar un peso aproximado de entre 600gr y 650gr sin ningún instrumento de verificación.

4.3.2 Moldeo manual.

En este proceso la cantidad que se tomó al azar de material en el proceso anterior, es vertido en un molde que por su fácil adaptabilidad se lo ha hecho de forma redonda

que es la característica más conocida del queso, claro que como es un fluido puede adquirir la forma geométrica que se le otorgue, como se puede ver en la figura 39.



Figura 37. Imagen del método de moldeo manual del queso.

Este proceso actualmente lleva un tiempo estimado de 10 minutos en total para que los quesos adquieran la forma más conveniente, en este caso la que el propietario guste darle, cabe recalcar que en este proceso no existe ninguna diferencia con el proceso automático porque se utilizarán moldes con las mismas dimensiones.

4.3.3 Prensado manual.

La importancia de este proceso se analiza en dos aspectos; el primero en que se elimina el exceso de suero de la cuajada disminuyendo el tiempo de maduración, el segundo en la uniformidad del producto, se obtienen los quesos con las mismas características en tamaño y peso, esto se puede observar en la figura 40.



Figura 38. Imagen del método de prensado manual del queso.

El tiempo determinado para este proceso es aproximadamente de 5 minutos, se destaca que entre todos los procesos existe una pérdida de una a dos unidades por lote manufacturado debido a errores en la medida del peso o volumen del queso como: desperdicio del material, los gramajes perdidos por la inexactitud en la medida y la pérdida del material por endurecimiento debido a que el tiempo de moldeo y dosificación se excedió y no pudo lograrse con la última parte de materia prima.

Sumando los tiempos de todos los procesos tenemos que es aproximadamente de 25 a 30 minutos, tomando en cuenta solo el proceso de dosificación moldeo y prensado.

4.4 Proceso automático y tiempos de manufacturación del automatismo.

Como se describe en la tabla 7 del capítulo II del presente trabajo, los procesos influyentes en la manufacturación de quesos mediante el automatismo diseñado, son los mismos métodos manuales descritos en los literales anteriores, solo que, en este punto para realizar procesos completamente automáticos, hay que añadir técnicas adicionales que ayuden a cumplir con este objetivo que es el de fabricar quesos.

4.4.1 Dosificación automática.

Este proceso se lo realizará mediante un tornillo sin fin, que de acuerdo al diseño está estructurado para mover un volumen de material definido en $26 \frac{ft^3}{h}$ o $0,74 \frac{m^3}{h}$ lo que implica, que llenará un molde con volumen de $0,36 ft^3$ o $1,01788 \times 10^{-3} m^3$, cada cinco segundos de acuerdo con las dimensiones del helicoidal como se ve en la figura 41.

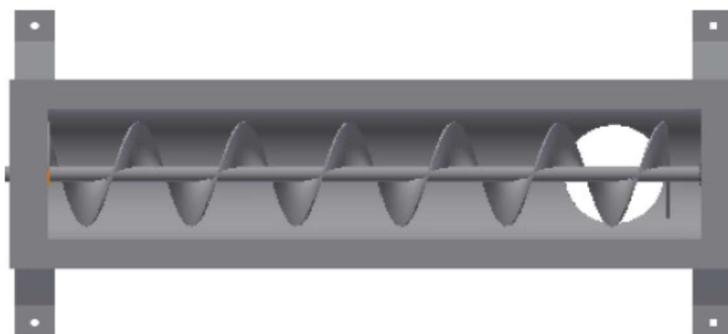


Figura 39. Sistema mecánico para la dosificación automática de la cuajada

4.4.2 Moldeado automático.

Como se ha estipulado trabajar con los mismos moldes con los que actualmente se elabora el queso, el proceso de moldeo se lo realiza en contenedores cilíndricos los cuales tomarán la misma forma, este proceso esta enlazado con el de dosificación porque se establece una medida de 1 500 gr aproximadamente para cada queso sin desuerar, que serán medidos por un sensor de presión ubicado debajo de la válvula de dosificación, el cual llegado al peso requerido cierra la válvula, la dosificación y el moldeo automático toma un tiempo de cinco segundos como se ha expuesto anteriormente, y se muestra en la figura 42.

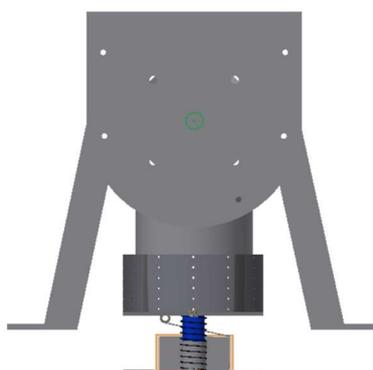


Figura 40. Sistema mecánico para el moldeo automático de la cuajada

4.4.3 Prensado automático

Este proceso al igual que el manual consiste en agregar una presión a la cuajada luego de ser moldeada para este caso, se utiliza un cilindro neumático el cual se encargará de ejercer esta fuerza, está estipulado que este proceso dure 3 segundos

y después de eso termine el proceso de la máquina, para una breve ilustración acerca de este proceso se puede ver la figura 43.

Cabe aclarar que este proceso simplemente es para extraer el exceso de suero de la cuajada y darle uniformidad al producto, no se puede comparar con los procesos de compactación para maduración ya que estos toman más tiempo y se lo realiza con muchos quesos a la vez y tienen diferente propósito, el cual es manufacturar otra clase de queso.

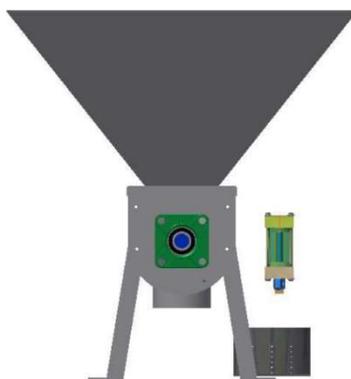


Figura 41. Sistema mecánico para el prensado de la cuajada

4.5 Tiempo de recuperación de la inversión.

En resumen, como se establece en el literal 4.2.2 y 4.2.3 se establece que la inversión realizada se recuperara en un lapso de 2 años pagando cuotas de 143,96 los cuales idealmente son cubiertos por la optimización de la producción, sin afectar ninguno de los factores de producción para esta empresa. Como conclusión de este análisis se puede afirmar que el proyecto de *automatización de los procesos de dosificación y moldeo de la cuajada*, son viables para esta empresa.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN

5.1 Introducción

Los procesos de manufacturación automáticos en la mayoría de ocasiones terminan resumidos en la construcción de uno o varios mecanismos que conforman una máquina, para el caso de este trabajo de grado se resume en una dosificadora de cuajada, para los cuales existen algunas en el mercado con precios de compra que sobrepasan los veinte mil dólares, por ende la adquisición de estas máquinas para micro empresas o empresas artesanales es casi imposible debido a que sus capitales de inversión no superan los cinco mil dólares, por este motivo se busca la manera de abaratar costos con implantación de tecnología de bajo costo y procesos de manufacturación ecuatorianos, que terminan reduciendo en costo en un 75% comparado con cualquier maquina comercial.

5.2 Implementación

La implementación de la máquina encargada de la dosificación el moldeo y prensado de la cuajada, se ha dividido en las siguientes fases:

- Visión general del sistema
- Controlador del sistema automático
- Sensores
- Tablero de control
- Actuadores del proceso

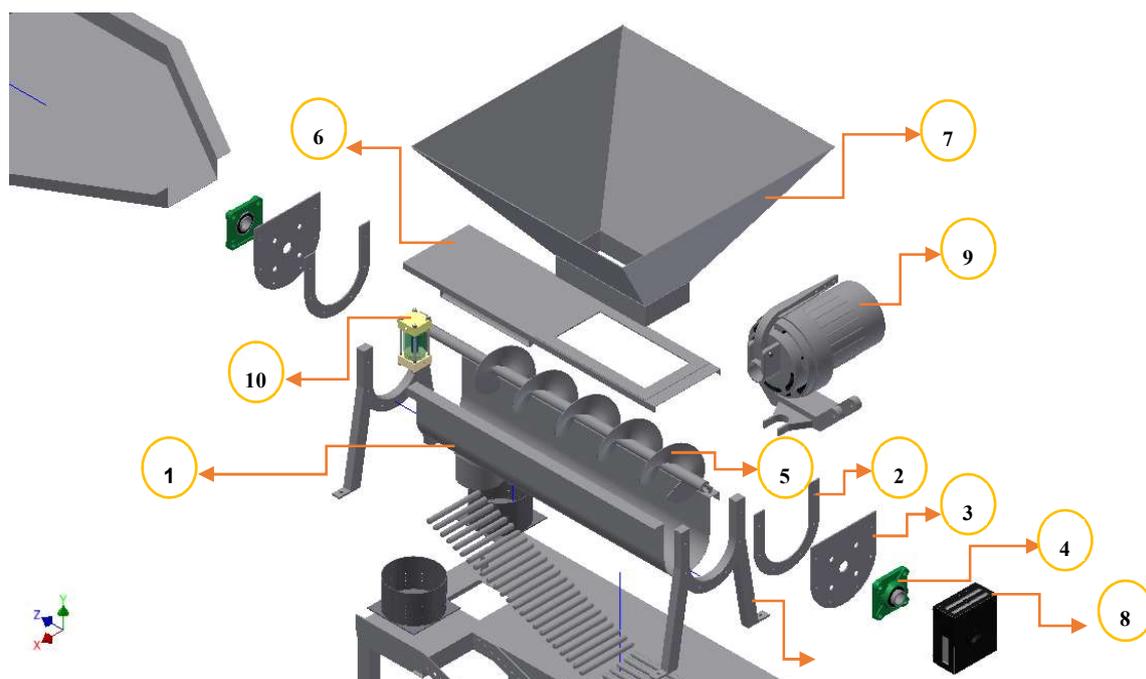
5.2.1 Visión general del sistema

El sistema de automatización para la dosificación y moldeo de la cuajada consta de dos partes fundamentales, la primera se relaciona con la parte estructural, con todo aquello que tiene relación con la parte mecánica, la segunda es aquella sección en la que por medio de elementos eléctricos y electrónicos se realiza la parte de control.

5.2.2 Arquitectura mecánica del sistema

A continuación, a partir de la figura 44 se enumera y describe cada una de las partes que componen el sistema mecánico del presente trabajo de grado.

Figura 42. Despiece sistema automático para la dosificación moldeo y prensado de la cuajada



5.2.2.1 Artesa

Como se muestra en la figura 44 elemento 1, la artesa es aquel elemento que contiene cualquier tipo de material a ser transportado, dosificado o elevado, como se analizó en capítulos anteriores, estas artesas existen en una amplia variedad de formas y tamaños, conforme a lo explicado en capítulos anteriores del presente trabajo, se

había seleccionado una artesa en U con ceja formada, para un helicoidal de 4in de diámetro.

5.2.2.2 Brida de artesa

El elemento 2 de la figura 44, tiene por nombre brida de artesa, y su propósito es; mantener la forma de artesa, soportando desde un perfil asignado, también cumple con la función de soportar la tapa lateral de la artesa mediante la adaptación de pernos, también soporta en parte al tornillo sin fin y es una de los soportes a que ayudan al movimiento del helicoidal para trasladar el material de un punto a otro.

5.2.2.3 Tapa lateral de artesa

Tapa lateral de artesa cumple con las funciones de cerrar por los extremos a la artesa para que en material no se escape y soportar las chumaceras que dan movimiento al eje, están manufacturadas al igual que el resto de pieza de acero inoxidable de grado alimenticio ya que estos elementos se encuentran, en contacto directo con la materia prima para una mejor ilustración ver figura 44 elemento 3.

5.2.2.4 Chumaceras

Estas van en disposición de pared unidas por medio de tornillos a la cara exterior de la tapa lateral de la artesa, estas chumaceras cumplen con el propósito de hacer girar el eje que está formado de helicoidales a su alrededor el cual hace que el material alojado en la artesa tenga movimiento, para ser trasladado, dosificado o elevado, para la selección de esta chumacera se determinó el diámetro del eje, y se selección de un catálogo de rodamiento de pared SKF, ver figura 44 elemento 4.

5.2.2.5 Helicoidal continuo

Los helicoidales con paso igual al diámetro son considerados estándar. Son adecuados para manejar una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones convencionales.

Los helicoidales continuos se forman en una máquina especial de rolado que transforma una cinta de acero en una espiral continua de una sola pieza con el diámetro, el paso y el espesor deseado, cabe destacar que de acuerdo con su diámetro y paso diametral transporta una cantidad de volumen definido en determinado tiempo figura 44 elemento 5.

5.2.2.6 Cubierta de artesa

Todas las máquinas que tienen movimiento con hélices, aspas, paletas, helicoidales, y mecanismos similares deben contener un tipo de protección, en este caso no solo para mantener el material dentro de la artesa y protegerla de agentes externos, sino que deben tener una cubierta como medida de seguridad, para evitar accidentes, lesiones o mantener a los operadores separados de las partes en movimiento, este es el elemento 6 de la figura 44.

5.2.2.7 Tolva

Este elemento tiene una capacidad de albergar en su interior cincuenta litros de cuajada, para el diseño de este elemento, se toma en cuenta, la cantidad de leche a procesar, que en este caso acoplado la maquinaria es de cien litros, como se ha calculado en el capítulo III de este trabajo, el rendimiento quesero es de aproximadamente 22% teniendo en cuenta variables que no se pueden controlar debido a que las propiedades de la leche pueden variar por factores de alimentación

del ganado, haciendo que la leche no contenga un grado homogéneo de grasa elemento 7 de la figura 44.

5.2.2.8 Caja reductora de velocidad

La caja reductora de velocidad se encarga de reducir las RPM originales del motor a través de un mecanismo llamado sin fin y corona, el cual tiene una relación 1/80 que quiere decir que por cada 80 vueltas que da el motor en un extremo de la caja, salen 1 vuelta al otro extremo y con eso se logra conseguir las 42 RPM que se necesitan para tener el flujo calculado para la dosificadora, figura 44 elemento 8.

5.2.2.9 Motor eléctrico con embregue

Como su nombre lo indica es un motor que nos permite arrancar y parar cuando se requiera, sin la necesidad de apagar el motor como tiene incorporado un sistema de embrague el cual se acopla y desacopla convenientemente para la transmisión de movimiento, este acoplado directamente a la caja reductora por medio de un eje a través de rodamientos para brindar estabilidad y reducir la vibración al momento de funcionar, figura 44 elemento 9.

5.2.2.10 Soporte de artesa

El soporte de artesa es aquel elemento donde reposa todos los elementos mencionados anteriormente, además tiene la función de sujetarse a la mesa de artesa y dar estabilidad a la transmisión del movimiento que se produce del motor a la caja reductora de velocidad.

5.2.3 Controlador del sistema automático

El sistema de control comprende del sistema eléctrico, sistema electrónico y el sistema neumático, como se ha mencionado en los capítulos anteriores, el dispositivo encargado de realizar el control automático dentro de la automatización, es un PLC logo V8 siemens, el consta de módulos de expansión analógicos y digitales, también cuenta con una fuente de poder que alimenta al PLC con 24V, este dispositivo es el encargado de coordinar las acciones de los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos dentro de la automatización, también posee una entrada de Ethernet que permite programar, controlar en tiempo real e interconectar por medio de cables de red otros dispositivos, para un control en tiempo real más eficiente y rápido

5.2.3.1 Módulo de expansión digital Dm8

Al existir más de 4 actuadores a controlar el PLC necesita acoplar un módulo de expansión por que el dispositivo contiene solo 4 salida a relé, este módulo amplía las salidas y entradas del PLC en un número de cuatro consecuentemente, y se pueden acoplar cuantos se necesiten, hasta un máximo de nueve módulos por PLC en línea consecutiva.

5.2.4 Sensores

Para el proyecto en curso se utilizaron seis sensores, cuatro sensores magnéticos RCI, un sensor de proximidad PRCM18-5DP y un final de carrera industrial.

5.2.4.1 Sensor magnético RCI

Este tipo de sensor es un switch con una conexión NO, que se cierra en presencia de un campo magnético de hasta 4 milímetros, sirve para determinar la posición del

vástago del cilindro neumático, funciona a 24V DC y esta enlazado a las entradas del PLC para colaborar con la automatización de los procesos y coordinar con las posiciones de los demás cilindros.

5.2.4.2 Sensor de proximidad PRCM18-5DP

Este sensor sirve para detectar la posición de los moldes metálicos en la estación de llenado, tiene un rango de aproximación de 5mm, se decidió optar por este sensor debido a que toda la automatización está en una estructura de acero inoxidable (metálico), y si se utilizaría un rango más alto de aproximación, el sensor se estimularía por las partes metálicas de sus alrededores, tiene un grado de protección IP 65 herméticamente sellado, debido a que el lugar donde se ubica es un lugar con un grado de humedad muy alto.

5.2.4.3 Interruptor final de carrera

Los Fdc también conocidos son sensores de contacto, que muestran una señal eléctrica, ante la presencia de un movimiento mecánico, este es utilizado al final de un módulo mecánico de pesaje, que es el encargado de medir el peso de los moldes cuando se llenan con cuajada, y se desliza un eje mediante un resorte el cual activa el final de carrera para que desconecte el embrague del motor y deje de enviar material a la estación de llenado para que el resto de procesos se lleven a cabo.

5.2.5 Tablero de control.

Como se menciona en el capítulo III sección 3.3.5 se establece un diagrama de conexiones eléctricas del tablero de control, pero en este capítulo se dará a conocer, los elementos que componen este tablero y cuáles son las partes que controla.

El tablero está constituido por un contactor, tres disyuntores, un relé de 24VDC a 110VAC, una fuente independiente de 24VDC de 3A, un PLC, 4 electroválvulas, un regulador de presión, tres pulsadores, tres luces indicadoras y un selector.

Todo este conjunto de elementos e encargan del control de todos los procesos de automatización de la dosificación, moldeo y prensado de la cuajada

5.2.5.1 Disyuntor

La utilización del término puede variar según la región en la que se vive, se puede conocer como: breakers, tacos, interruptor automático, entre otros. Existen dos tipos de disyuntores de acuerdo con el proceso eléctrico con que se estimulen, para este caso se utiliza disyuntores de sobre carga, los cuales en caso de cortocircuito o sobre pasar las cargas del disyuntor este corta el paso de la corriente para la protección de los equipos, que estén anexados a este, en el tablero se utiliza para protección del contactor, fuentes externas y el PLC en sí.

5.2.5.2 Relé electro mecánico

Este dispositivo para el tablero de control es utilizado como un amplificador eléctrico para controlar el motor de la máquina y como protección para salida del PLC.

Las salidas del PLC son salidas de relé también, pero con la diferencia de que el valor de amperaje que soporta es mucho menor, que la del relé externo electromecánico, por eso se utiliza la salida del PLC con 24 voltios para estimular la bobina del relé externo, que se estimula con el mismo valor para cerrar un contacto y enviar 110V con un amperaje máximo de 10A que controla el encendido y apagado del motor para iniciar y finalizar el proceso así como otros dispositivos similares (motores vibradores).

5.2.5.3 Fuente de 24VDC

Aparte de la fuente del PLC que tiene como salida el mismo valor de voltaje, se procede a dejar de manera independiente la alimentación de PLC, y utilizar una fuente externa, para el control de luces, electroválvulas, y sensores.

5.2.5.4 Electro válvulas

Estas permiten el accionamiento de los cilindros neumáticos, es decir que mediante estos dispositivos se pueden controlar el despliegue del vástago del cilindro neumático, estas electroválvulas funcionan a 24VDC son por distribución válvulas 5/2 vías para los trabajos ya escritos anteriormente.

5.2.5.5 Regulador de presión

Este dispositivo permite reducir la presión en la red neumática, para poder controlar la fuerza del despliegue del vástago del cilindro neumático, en un rango de 0 a 140 psi, está pensado para usarse en el proceso de prensado de la cuajada en un cilindro con vástago de 5cm y regular la fuerza con la que se comprime el material dentro del molde para dar homogeneidad al producto para mejorar su presentación y extraer una parte significativa del suero, de tal manera que su maduración sea más rápida acortando el tiempo para la distribución y venta.

5.2.6 Actuadores del proceso

Los actuadores del proceso de automatización son 5 cilindros neumáticos, tres cilindros de 32 mm de diámetro con 160 mm de carrera, un cilindro neumático de 32mm de diámetro 50 mm de carrera, un cilindro neumático de 50 mm de diámetro y 30mm de carrera

Los cilindros con carrera de 160 mm se utilizarán en los procesos de: corte, desplazamiento de molde de la estación de llenado a la estación de prensado y de ahí a la mesa de salida donde se almacenan todos los moldes llenos y prensados respectivamente.

El cilindro de 50 mm de carrera será utilizado en la compactación del material (prensado de la cuajada) figura 44 elemento 10.

El cilindro de 30 mm de carrera se utiliza para accionar el embrague de motor para activar y desactivar el movimiento de tornillo sin fin en el proceso de dosificación.

5.3 Pruebas y resultados

A partir de este punto en las pruebas establecidas durante el funcionamiento de las pruebas establecidas, se encontraron algunos problemas sobre los cuales se debieron hacer modificaciones a la máquina.

Las pruebas se basan en fenómenos físicos como: fluidez y deslizamiento de la cuajada antes y durante su proceso de moldeo.

5.3.1 Fluidez

En el módulo de dosificación se presentó el primer fallo por atascamiento, al momento de llenar el molde se creaba una barrera entre la boca de salida y el molde teniendo en medio la cuajada, por este hecho se incorporó una especie de guillotina para realizar un corte a la cuajada en la parte extrema de la boca de salida, para evitar este problema

Se pudo observar que la cuajada se endurece conforme la cuajada va soltando el suero, y hace que el moldeo se dificulte conforme transcurra el tiempo, para esto se debe tomar las siguientes acciones: acelerar el proceso de dosificación y llenar el contenedor con cuajada que contenga al menos un 30% de suero para evitar el endurecimiento del material.

5.3.2 Deslizamiento

Los coeficientes de rozamiento resultaron bajos, es decir existe movilidad sin mucho esfuerzo de los moldes entre estaciones, debido a que las superficies en contacto permanecen húmedas por el suero y el contacto entre materiales del mismo tipo en superficies irregulares hace propicio para estos desplazamientos sumamente importantes en los procesos. El deslizamiento en las rampas tanto de entrada como de salida no requieren ajustes mayores en la rampa de entrada de los moldes se ha procedido a agregar un motor vibrador para que los moldes este en constante movimiento y puedan desplazarse sin ninguna complicación hacia estación de llenado. Los moldes de la rampa de salida como su peso aproximado es 1.5Kg al descender por una rampa inclinada, adquiere una aceleración que le permite llegar hasta la parte final de la bandeja de salida sin la necesidad de hacer mayores adecuaciones.

5.4 Evaluación del sistema

En esta etapa se deberán analizar las especificaciones del sistema, pero ya no de manera independiente, sino como un conjunto de partes, sin importar a que denominación pertenezcan, ya que en este punto si cualquier elemento falla toda la automatización falla debido a que es un proceso iterativo que de la mano en un

conjunto de acciones correlacionas, para este literal se evaluarán los siguientes aspectos:

- Especificaciones de los procesos.
- Manipulación.
- Proceso lógico.
- Proceso en línea o lote.
- Frecuencia y volúmenes de operación.
- Sistemas de seguridad.
- Sistemas de control.
- Número de usuarios.

5.4.1 Especificaciones de los procesos

En el capítulo II sección 2.3, consta los procesos, las estaciones y especificaciones del sistema sus ciclos y toda la información pertinente con respecto a todos los procesos de la automatización en curso.

5.4.2 Manipulación.

Como una introducción breve a la manejo del sistema automático, se puede agregar lo siguiente; una vez llena la tolva de cuajada, se procede a encender la maquina con el selector de color negro ubicado en la parte derecha del tablero, luego de haber observado que todo el sistema esté en orden procedemos a presionar el botón verde para iniciar con el proceso automático, si durante cualquier operación se observa algún desperfecto o que algo no funciona bien presione el pulsador de emergencia, ubicado en la parte izquierda del tablero, solucione el problema y vuelva a reiniciar el proceso de la máquina, en caso que la maquina culmine su proceso normalmente desactive todos los procesos con el pulsador de color rojo que se encuentra a un lado del botón inicio (botón de color verde), y proceda con el apagado girando el selector.

5.4.3 Proceso lógico

En la figura 2.2 del capítulo II del presente trabajo, se muestra un diagrama de flujo que permite observar el proceso lógico que debe seguir los dispositivos para lograr el control, en la misma sección de la figura 2.2 se encuentra el contexto de la descripción para cada uno de los procesos con una comparación para poder asegurar el sistema contra procesos de redundancia o seguridad para los operadores.

5.4.4 Proceso en línea o lote.

De acuerdo con el rendimiento quesero que se presenta en capítulo III sección 3.4.1, se ha calculado que por cada 100 litros de leche se obtienen aproximadamente 20kg de cuajada que son distribuidos en moldes de 600gr cada uno lo que nos da un promedio de 30 quesos por lote.

5.4.5 Frecuencias y volumen de operación

Como se ha estipulado en capítulos anteriores la frecuencia con la que esta máquina se va a usar es 1 vez por día, dejando a criterio del dueño de la fábrica si utiliza más veces para incrementar el volumen de producción de quesos, está calculado procesar 0.0032 m³ de cuajada por día, se presenta la siguiente observación en que si se desea aumentar la producción de quesos también se debe aumentar la cantidad de adquisición de las materias primas lo que importaría un costo más elevado de producción.

5.4.6 Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad se basan en la protección que brinda toda la automatización, no solo para los operadores sino para sí mismo en cuanto a las partes eléctricas y mecánicas.

Para las partes móviles como la transmisión, sin fin, y todo el sistema que transmite el movimiento del motor, se han manufacturado unas cubiertas que impiden la intrusión de cualquier elemento, para más detalle revise sección 4.2.2.6 del presente capítulo.

En cuanto a la parte eléctrica se describen todos elementos y funciones de protección en la sección 4.2.5 del presente capítulo.

5.4.7 Sistema de control

Ver secciones 5.2.3 y 5.2.4 del presente capítulo.

5.4.8 Número de usuarios

El sistema automático está diseñado para ser operado mínimo por una sola persona de ahí se considera algo irrelevante utilizar más de dos personas para operar este sistema debido a que las partes, extensión y distribución del sistema no permite que más de dos usuarios operen esta máquina al mismo tiempo, sería desaprovechar el personal y generaría pérdidas en el sentido en que se pagaría más gente para que no realice ninguna acción.

5.4.9 Resumen.

La máquina puede trabajar varias veces al día, operado por un solo usuario, la preparación para las personas que necesiten operar esta automatización requiere un nivel de bachillerato técnico en mecánica o eléctrica, con un curso de operación de 20 horas para poder manipular de manera óptima y dar solución a cualquier problema que se presente durante el funcionamiento de dicho dispositivo.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

- La implementación del sistema automático para la dosificación, moldeo y prensado de la cuajada se logró mediante la incorporación de un PLC.
- Los procesos implicados para la elaboración del queso son: Coagulación de la leche, corte de la cuajada, desuerado, dosificación, moldeo y prensado.
- El control de flujo o dosificación de la cuajada se realizó mediante la incorporación y adaptación de un alimentador helicoidal
- La medición del peso individual se realiza mediante un sistema mecánico de pesado constituido por un resorte y un sensor final de carrera.
- Los moldes metálicos que entran a la estación de dosificado son detectados mediante un sensor de proximidad M18 IP68 con un rango de aproximación de 5mm.
- El sistema de control para la elaboración de quesos fue posible gracias a la implementación de un sistema electro neumático que verifica todos los procesos encargados en la manufacturación de este producto.
- La calibración del sistema automático se hizo con un material de prueba sustituto con características similares al de la cuajada, debido a que la cuajada es difícil, y costosa de elaborar.

- La creación de un manual de operación y mantenimiento ayudará a los operarios a entender el funcionamiento de la máquina, así como ofrecer una solución ante diversas situaciones que pueden presentarse durante la operación de la misma.
- El tiempo óptimo de dosificación es 2,5 segundos para evitar el endurecimiento de la materia prima.
- En un promedio de cuatro horas, el queso desuerado adquiere una masa de 700 gramos.
- Aplicando una fuerza promedio de 40 PSI durante dos segundos, el proceso de compactación, acelera el proceso de desuerado.
- Esta planta procesadora garantiza una producción de calidad y cantidad en menor tiempo y mayor rendimiento.
- La automatización del proceso de elaboración del queso, garantiza el cumplimiento de algunos estándares de calidad.
- La implementación de este tipo de proyectos favorece o impulsa la micro empresa.

6.2 Recomendaciones.

- Al presentarse una falla en el sistema automático, presionar el botón de emergencia para detener todos los procesos, y revisar el mensaje del PLC abriendo el panel de control.
- En el proceso de elaboración de la cuajada, se debe prestar mucha atención para no endurecerla por exceso de cocción, porque esto dificultaría o detendría la dosificación.
- Se recomienda no introducir cualquier extremidad mientras la maquina se encuentre encendida, funcionando o conectada a la distribución de aire, podría ocasionar lesiones.
- Antes de empezar a funcionar la maquina por primera vez hay que calibrar la tensión del resorte del módulo de pesaje para adquirir la masa y volumen deseado.
- Al ingresar los moldes a la estación de dosificado se debe acercar hasta topar con el sensor para que inicie la dosificación
- Un mantenimiento correctivo cada tres meses debe estar acompañada con la lubricación del sistema neumático para evitar la oxidación en los vástagos de los cilindros.
- Realizada la primera calibración de la maquina no deberá usar material sustituto para calibrarla nuevamente, solo debe ajustar o aflojar el resorte del modulo de pesaje para regular en volumen.
- Revisar manual de operaciones en caso de existir alguna duda o alguna parte que no se entiende dentro del proceso.

- La persona responsable de operar la maquina debe verificar que todo el material de la tolva haya sido dosificado.
- Acelerar el prensado no solo ayuda a que los quesos salgan más rápido, sino también evitan el endurecimiento de la cuajada en la tolva.
- Al simplificar los tiempos de producción no solo se incrementa la producción, sino también las ganancias de producción minimizando costos de fabricación con una sola inversión
- Implementar cada vez más los estándares de calidad garantiza un producto de excelente calidad.
- Incentivar y motivar a los estudiantes de las diferentes carreras de ingenierías a hacer convenios con empresas e instituciones para que puedan realizar proyectos de este tipo para tener un beneficio bipartito.

Bibliografía

Alais, C. (2003). *Ciencia de la leche*. Barcelona - España: Reverté.

Alvarenga, B. (2004). *Física General*. Brazil: OXFORD University Press.

Bonet, D. B. (2009). *Libro Blanco de los Lacteos*. España: Brucelas Abstract.

BYM. (20 de Febrero de 2010). <http://www.celdasdecargabym.com>. Obtenido de http://www.celdasdecargabym.com/productos/repositorio/CVS%20_esp_.pdf

Castañeda, E. (2010). *Diseño higiénico del equipo de procesado de alimentos*. Madrid - España: Real Academia Nacional de Farmacia.

Eduardo, C. V. (2015). *UFPSO*. Obtenido de repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/811

FESTO. (2000). *Neumatica Industrial*. Colombia: FESTO DIDACTIC.

Giles, R. V. (2003). *Mecanica de los fluidos e hidraulica*. Aravaca: McGraw-Hill.

Jensen, C. (2009). *Dibujo y Diseño en Ingeniería*. Mexico: Mc Graw Hill.

KAESER. (07 de 11 de 2016). www.airecomprimidokaeser.com. Obtenido de www.airecomprimidokaeser.com/index.php/2016/02/15/volumen-adechado-del-tanque-de-almacenam

Luna, P. (2009). *Tesis de Ingeniería de procesos Industriales*. Ciudad Real: Universidad de Castilla.

Martin Sprocket & Gear, INC. (2013). *El gran catálogo*. Arlington: Martin Sprocket & Gear, INC.

Martin Sprocket & Gear, INC. (2013). *El gran catálogo*. Arlington.

MICRO. (19 de Junio de 2007). <http://www.microautomacion.com>. Obtenido de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

MICRO. (2010). *Introduccion a la neumatica*. Buenos Aires: M. Moreno.

MiCRO. (3 de Mayo de 2011). <http://www.microautomacion.com>. Obtenido de <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>

Mott, R. (2006). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: PEARSON EDUCATION.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito, Ecuador.

Solé, A. C. (1997). *Instrumentacion Industrial*. Barcelona: ALFAOMEGA.

Sumitec. (13 de Octubre de 2007).

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>.

Obtenido de

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

Swinton, L. (10 de Julio de 2007). *www.mftrou.com* . Obtenido de <http://www.mftrou.com/support-files/cost-benefit-analysis.pdf>

Tornero, M. J. (2016). *Actuadores Neumaticos*. Huelva - España: Universidad de Huelva.

Universidad Nacional de la Plata. (2014). *Curso-Taller: "Producción y Manipulación de Productos Sanos"*. Argentina: Soberania Alimentaria.

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Introducción



⚠ ATENCIÓN

Lea íntegramente estas instrucciones. En caso de no atenerse a las instrucciones siguientes, ello puede ocasionar una descarga eléctrica, un incendio y/o lesión grave. El término "maquina eléctrica" empleado en las siguientes instrucciones se refiere a elementos que tienen conexión a la red eléctrica (con cable de red eléctrica).

1. Puesto de trabajo

Mantenga limpio y bien iluminado su puesto de trabajo. El desorden y una iluminación deficiente en las áreas de trabajo pueden provocar accidentes.

2. Seguridad eléctrica

a. Respecto al enchufe

El enchufe del aparato debe corresponder a la toma de corriente utilizado. No es admisible modificar el enchufe en forma alguna. No emplear adaptadores en aparatos dotados con una toma de tierra. Los enchufes sin modificar adecuados a las respectivas tomas de corriente reducen el riesgo de una descarga eléctrica.

b. Contacto con el cuerpo

Evite que su cuerpo toque partes conectadas a tierra como tuberías, radiadores, cocinas y refrigeradores. El riesgo a quedar expuesto a una sacudida eléctrica es mayor si su cuerpo tiene contacto con tierra.

c. Humedad

No exponga el tablero de control a la lluvia y evite que penetren líquidos en su interior. Existe el peligro de recibir una descarga eléctrica si penetran ciertos líquidos en el sistema eléctrico.

d. Extensiones eléctricas

No utilice el cable de red eléctrica para transportar o colgar el aparato, ni tire de él para sacar el enchufe de la toma de corriente. Mantenga el cable de red eléctrica alejado del calor, aceite, esquinas cortantes o piezas móviles. Al trabajar con la maquina en la intemperie utilice solamente cables de prolongación homologados para su uso en exteriores. La utilización de un cable de prolongación adecuado para su uso en exteriores reduce el riesgo de una descarga eléctrica.

3. Seguridad de personas

a. Estar alerta cuando la maquina se encuentre marcha

Esté atento a lo que hace y emplee la maquina con prudencia. No utilice el aparato si estuviese cansado, ni tampoco después de haber consumido alcohol, drogas o medicamentos. El no estar atento durante el uso de un aparato puede provocarle serias lesiones.

b. Equipo de protección

Utilice un equipo de protección y en todo caso. El riesgo a lesionarse se reduce considerablemente si, dependiendo del tipo y la aplicación de la máquina, se utiliza un equipo de protección adecuado como una mascarilla, guantes, zapatos de seguridad con suela antideslizante, ropa impermeable.

c. Arranque fortuito

Evite una puesta en marcha fortuita de la máquina, aunque esta posee sistema de verificación para evitar este tipo errores, cerciorarse de que el aparato esté apagado antes de conectarlo a la toma de corriente. Si mueve la maquina sujetándola por el interruptor de conexión/desconexión, o si introduce el enchufe en la toma de corriente con el aparato encendido, ello puede dar lugar a un accidente.

d. Precaución

Sea precavido. Trabaje sobre una base firme y nivelada en todo momento. Ello le permitirá controlar mejor el aparato en caso de presentarse una situación inesperada. No introduzca ninguna parte del cuerpo en la boca de salida del material, esta contiene una cuchilla de corte acopladas a un cilindro neumático de fuerza considerable, que puede ocasionar lesiones graves.

e. Vestimenta

Lleve puesta una vestimenta de trabajo adecuada. No utilice vestimenta amplia ni joyas. Mantenga su pelo, vestimenta y guantes alejados de las piezas móviles. La vestimenta suelta, el pelo largo y las joyas se pueden enganchar con las piezas en movimiento.

4. Servicio

Únicamente haga reparar su máquina por un profesional, Solamente así se mantiene la seguridad del aparato.

5. Especificaciones

Se presenta a continuación la siguiente información para tener un conocimiento general, acerca de los dispositivos que conforman la máquina.

a. Especificaciones generales

Tensión nominal..... 110 V, 60Hz

Intensidad nominal..... 7 A

Velocidad..... 42 Rpm

b. Especificaciones del motor

Esta máquina utiliza un motor de alta velocidad 3250 Rpm y 400 W de potencia con tensión de 110-220 V con reversión de giro. Se conecta a través de un cable para recibir una corriente de 230-240 voltios y 50-60 Hz. Compruebe siempre que la tensión de alimentación es la misma que la indicada en la placa de datos de la máquina que pueden conectarse a ambos valores según como se desee.

6. Montaje

Desenchufe siempre la maquina antes de cambiar un accesorio, realizar limpieza, hacer mantenimiento y antes de realizar cualquier reparación, para evitar cualquier tipo de daño sea del sistema automático o hacia los operadores, recuerde ser cauteloso con las operaciones, que realice que desempeñe la máquina, si no está seguro con alguna citación, consulte el manual o aun experto.

a. General mecánico

El sistema automático para la dosificación, moldeo y prensado de la cuajada, es un conjunto de mecanismos y sistemas acoplados sistemáticamente y controlados por un sistema electrónico, que permite facilitar la manufacturación de quesos para la pequeña industria.

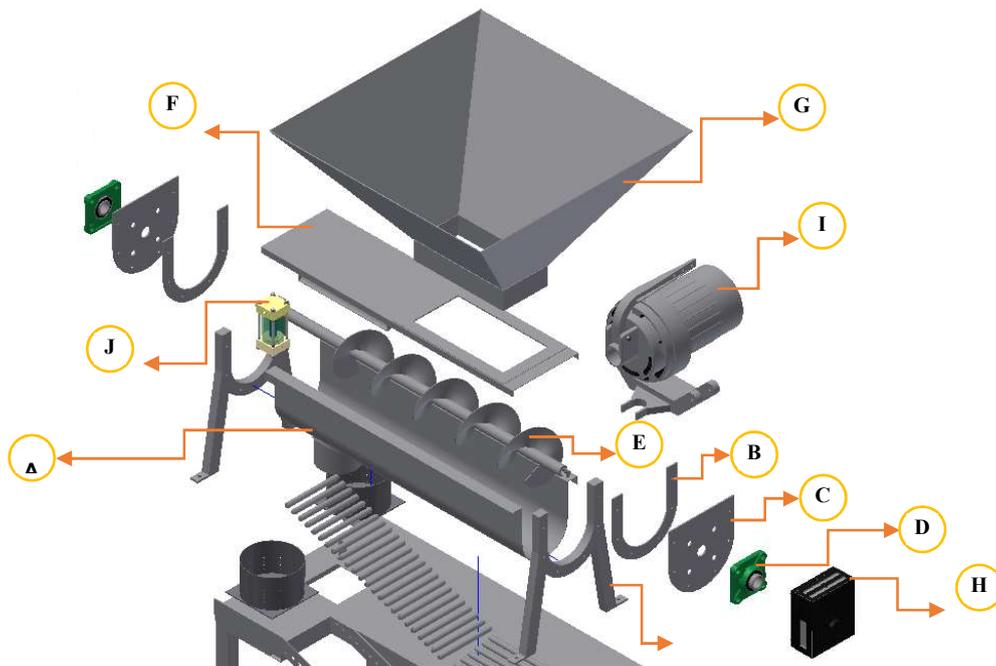


Figura 43. Despiece sistema automático para la dosificación de la cuajada

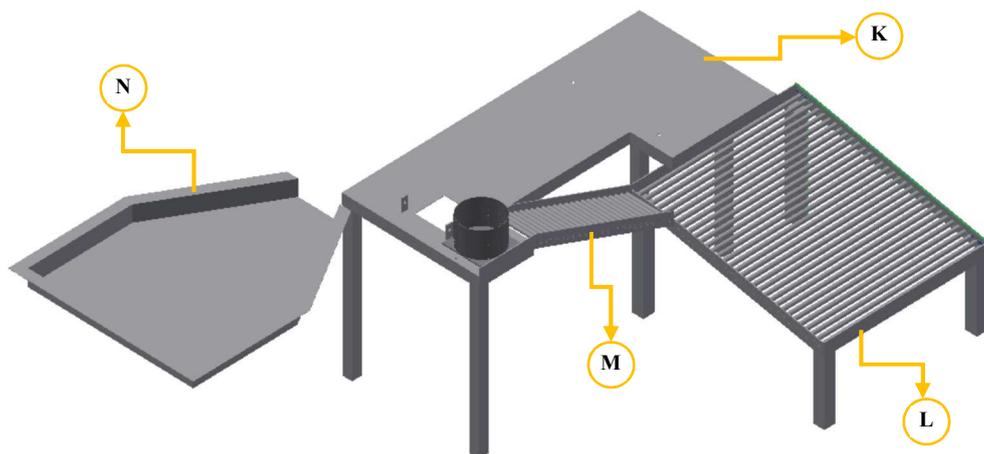


Figura 44. Mesas de soporte para la automatización.

Figura 45

- A. Artesa en U
- B. Brida de artesa
- C. Tapa lateral de artesa
- D. Rodamiento de pared (chumacera)
- E. Helicoidal
- F. Cubierta de artesa
- G. Contenedor de cuajada
- H. Caja reductora de velocidad
- I. Motor eléctrico con embregue
- J. Cilindro neumático

Figura 46

- K. Mesa de artesa
- L. Mesa de salida
- M. Rampa deslizadora
- N. Mesa de entrada

b. General de control

Figura 45. Distribución del tablero de control

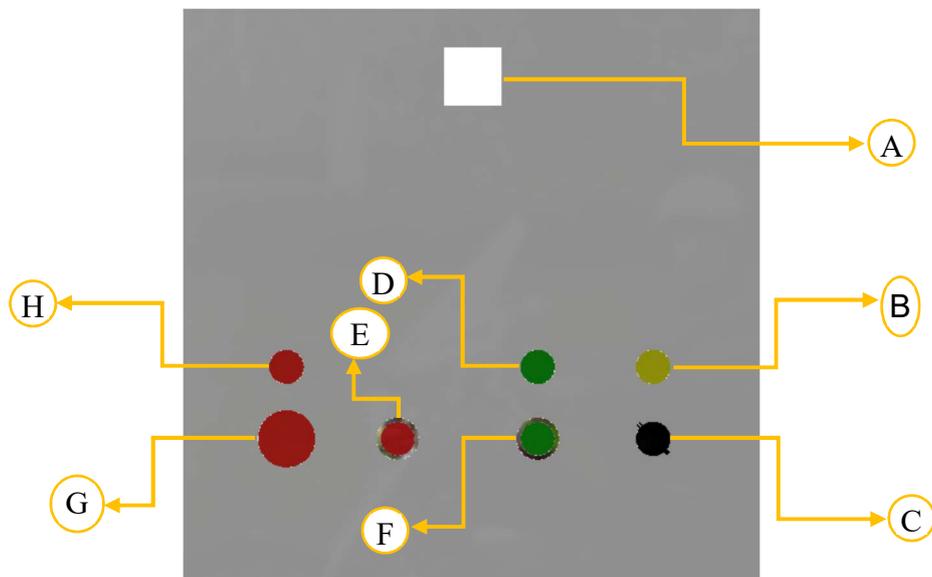


Figura 47

- A. Visor de control del sistema
- B. Luz indicadora de encendido
- C. Swich selector para encendido y apagado
- D. Luz indicadora de proceso
- E. Pulsador de fin de proceso
- F. Pulsador de inicio de proceso
- G. Botón de paro de emergencia
- H. Luz indicadora de emergencia

7. Como empezar

El primer paso es revisar el manual y reconocer cada una de las partes por las cuales está compuesto el sistema automático.

a. Uso

Conecte el sistema automático a la red eléctrica, encienda el sistema girando el selector a la derecha (elemento C imagen 47), una luz indicadora de color amarillo se encenderá, mostrando que sistema se ha energizado, una vez encendido el sistema, verifique que el contenedor de cuajada este lleno, y luego proceda a revisar que la mesa de entrada esté surtida de moldes vacíos, para empezar con el proceso.

Una vez pasado estas verificaciones, presione el pulsador de color verde y una luz del mismo color se encenderá (elementos D y F de la figura 47), indicando que el proceso ha iniciado, una vez terminado todo el material del contenedor, proceda a finalizar el proceso si no existe más material para procesar, presionando el pulsador de color rojo (elemento E de la figura 47) en el tablero de control, y proceda apagar el equipo girando el switch selector hacia la izquierda.

b. Botón de emergencia

Si en algún instante del proceso de funcionamiento, se presentan dificultades con cualquiera de los sistemas incorporados a la automatización, presione el botón de mayor diámetro de color rojo (elemento G de la figura 47), y todo el sistema se paralizará inmediatamente, solucione los inconvenientes presentados, y luego destrabe el botón girando hacia la izquierda, y reinicie con el proceso presionando el botón verde.

c. Proceso de funcionamiento

Al presionar el botón verde del tablero de control, el sistema automático empieza realizando lo siguientes procesos: inicia un proceso de verificación para comprobar que todos los elementos estén sus posiciones, para prevenir desperdicios del material

entre otras, luego de haber realizado la verificación de seguridad, el sistema pone en marcha el motor para hacer girar el tornillo sin fin, y empezar a mover el material desde la entrada del contenedor hacía, la boca de desfogue ubicada en la artesa, luego se procede a abrir la compuerta de descarga que tiene acoplada una guillotina, que cumple con 2 funciones, la primera es cortar el paso del material a los moldes una vez que estos han sido llenados, y la segunda es cortar el material para separar la cuajada de los moldes y la boca de salida, para que no se produzca atascamiento, mientras los moldes son llenados en la base de la estación de llenado existe un módulo mecánico de pesaje, que activara un sensor para indicar que el molde ha alcanzado, el peso necesario, una vez alcanzado el peso necesario, la boca de salida es cerrada y el motor deja de girar para ya no enviar más material, en el mismo instante en que la boca de salida es cerrada un cilindro neumático, desplaza el molde lleno de cuajada hacia otra zona que es donde se realiza el prensado, una vez que el sistema compacta el material por medio de un cilindro neumático, se despliega otro cilindro para empujarlo y por medio de una rampa de rodillos guiarle hasta la zona de almacenamiento de moldes llenos, o mesa de salida como se conoce, una vez culminado este proceso, se vuelve a repetir una y otra vez hasta que el material se agote.

8. Mantenimiento

El mantenimiento preventivo debe ser Fuente personal autorizado, si no fuera así la colocación inadecuada de los componentes internos puede dar lugar a un grave riesgo. Se recomienda que cualquier reparación del sistema se realice en las instalaciones de la fábrica. Para no correr el riesgo de hacerse daño por arrancar accidentalmente el sistema o por una descarga eléctrica, saque siempre el enchufe

de la toma de corriente, desconecte y purgue el sistema neumático antes de reparar o limpiar el sistema.

a. Limpieza

El sistema debe ser limpiado, una vez por día siempre y cuando el sistema haya sido usado o haya transcurrido mucho tiempo antes de su utilización, debido a los agentes y factores contaminantes que se pueden alojar en las distintas partes de la automatización, usar agua y jabón sobre las superficies, de acero inoxidable y luego proceda a secar, no utilice materiales abrasivos, que puedan dañar las capas de acero inoxidable, no mojar el tablero de control ni los sistemas neumáticos.

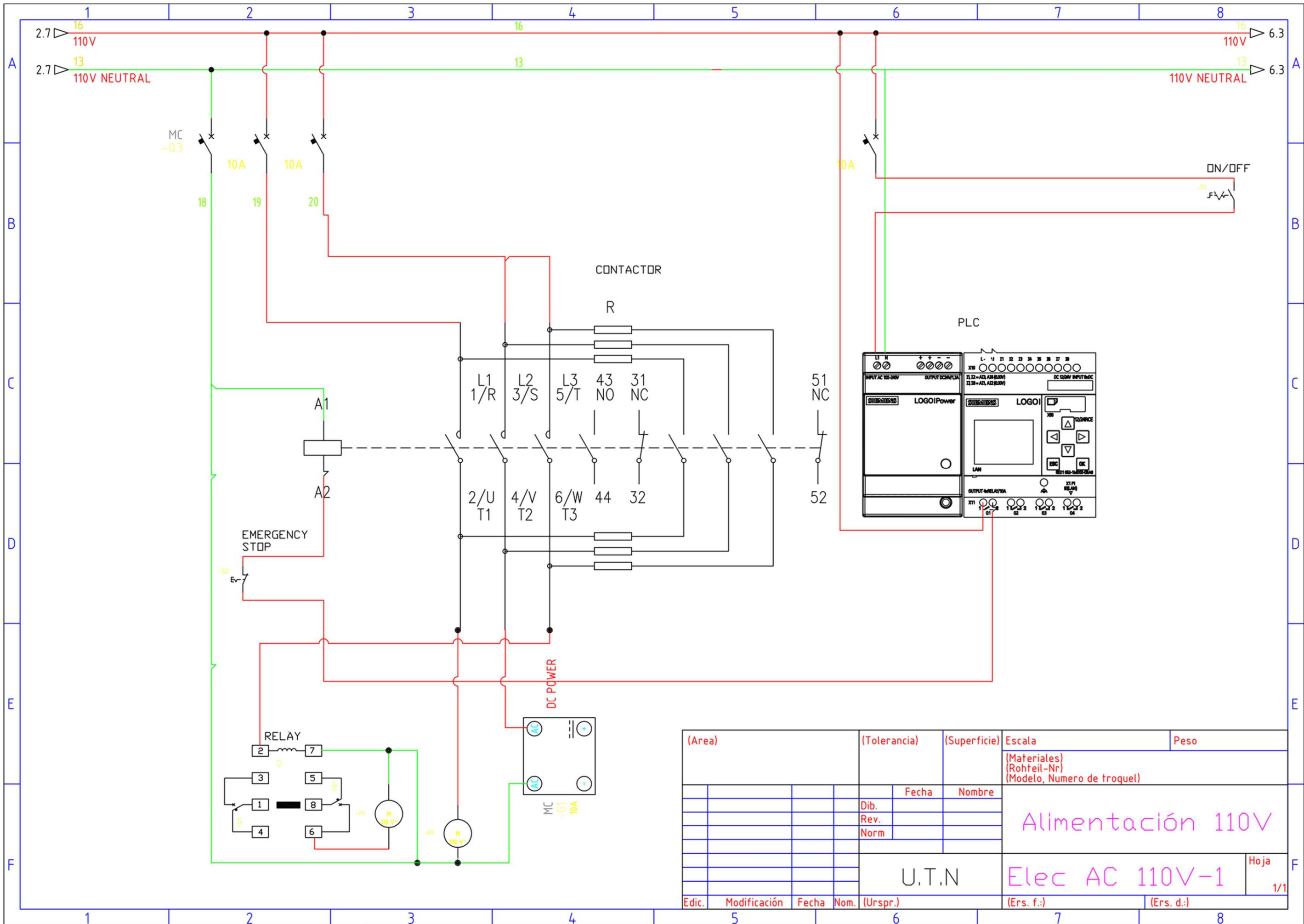
b. Mantenimiento

La única zona que necesita mantener un mantenimiento riguroso y periódico, es el sistema neumático, este sistema se debe; desmontar, desarmar, limpiar y lubricar en un periodo de cada 4 meses, ya que los cilindros no poseen sistema de lubricación continua.

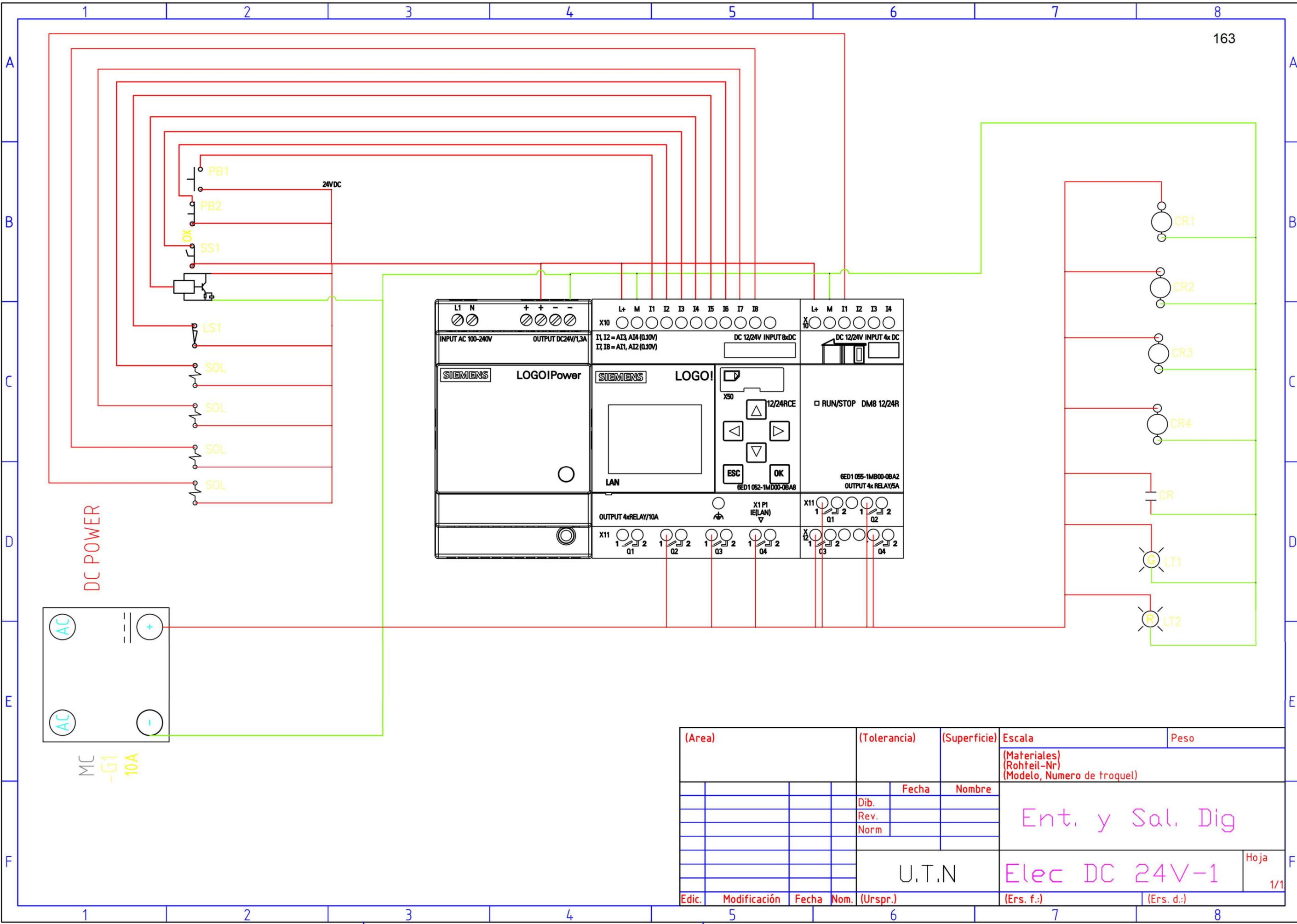
Para dar mantenimiento a otras áreas, asegúrese de contar con la información necesaria o con una ayuda experta del sistema para no tener complicaciones en el futuro.

ANEXO B: ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL SIN FIN HELICOIDAL

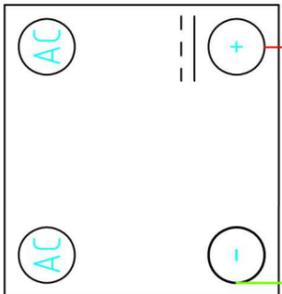
**ANEXO C: PLANOS ELÉCTRICOS, DE DISTRIBUCION Y
PROGRAMACIÓN**



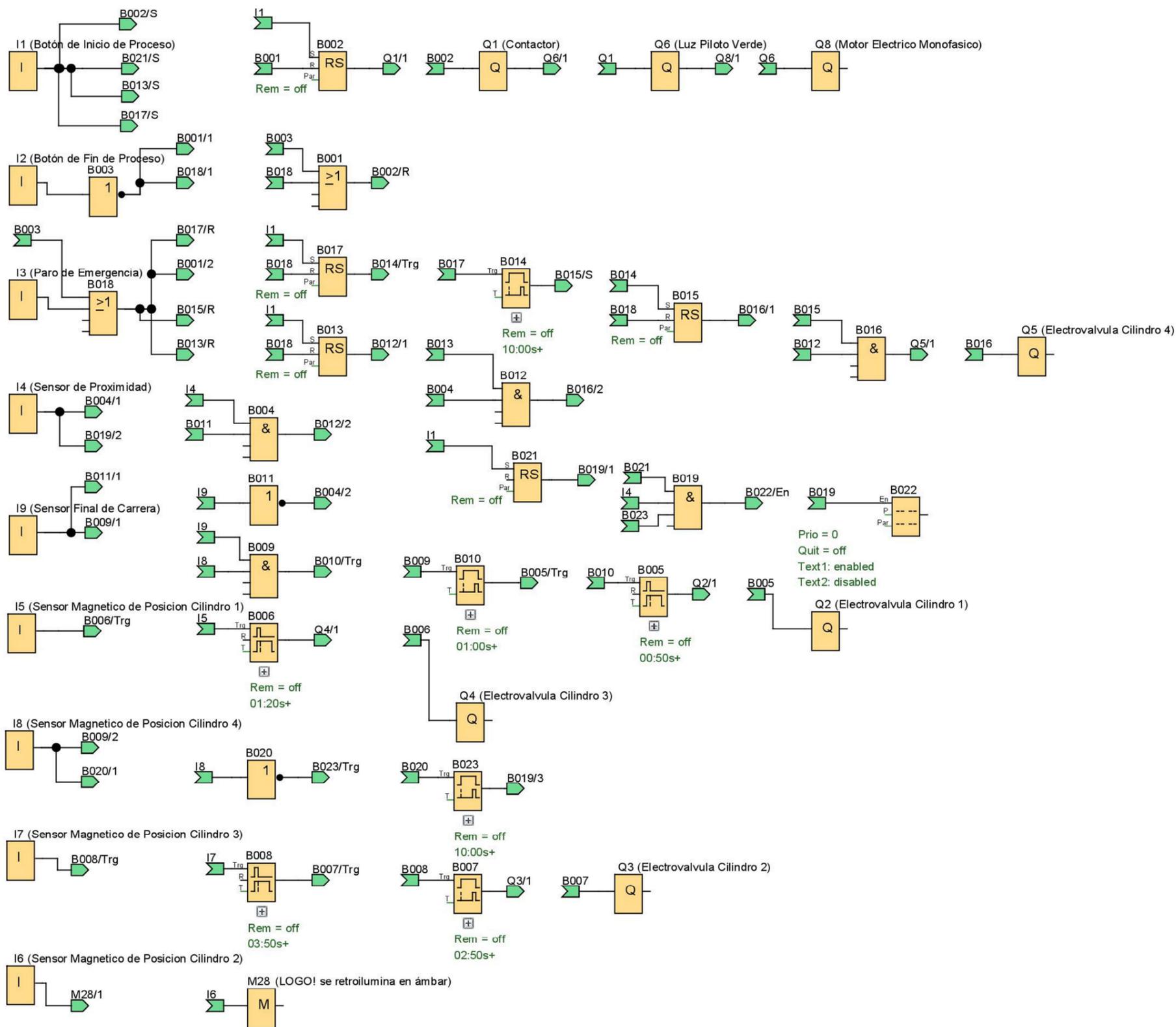
(Area)				(Tolerancia)	(Superficie)	Escala	Peso
						(Materiales) (Rohteil-Nr) (Modelo, Numero de troquel)	
				Fecha	Nombre	Alimentación 110V	
			Dib.				
			Rev.				
			Norm			Elec AC 110V-1	
				U.T.N		Hoja	1/1
Edic.	Modificación	Fecha	Nom.	(Urspr.)		(Ers. f.)	(Ers. d.)



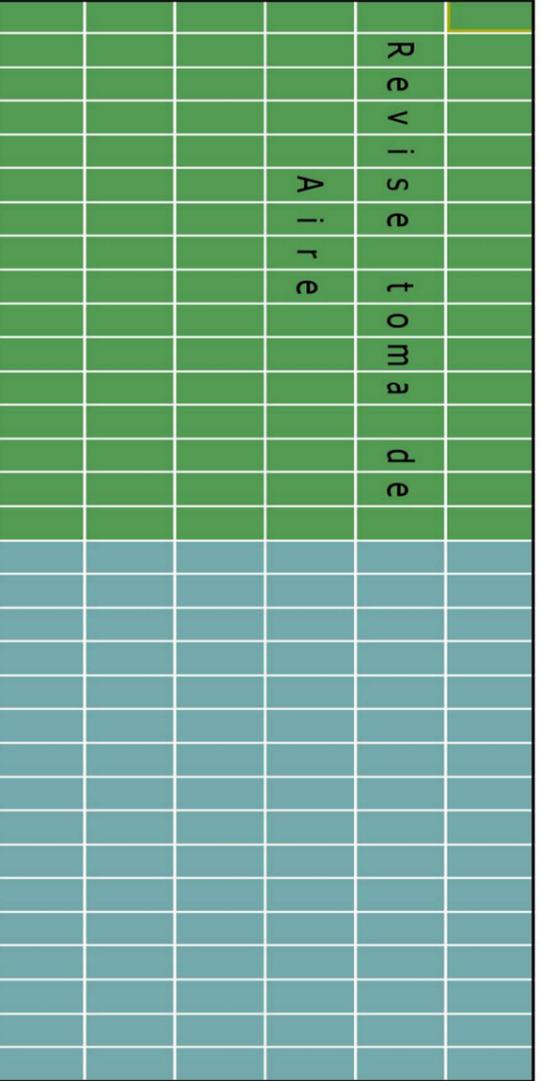
DC POWER



(Area)	(Tolerancia)	(Superficie)	Escala	Peso
			(Materiales) (Rohteil-Nr) (Modelo, Numero de troquel)	
		Fecha	Nombre	
		Dib.		
		Rev.		
		Norm		
		U.T.N		Hoja
		Elec DC 24V-1		1/1
Edic.	Modificación	Fecha	Nom.	(Ers. f.:) (Ers. d.)



Autor:	Luis Ldesma	UTN	Proyecto:	Diseño e implementación de un sistema	Cliente:	
Comprobado:			Instalación:	D.C.1.0	N° diagrama:	7
Fecha de creación/modificación:	2/12/15 15:40/5/11/16 4:07		archivo:	Programa VII.1.lsc	Página:	1 / 3

Número de bloque (tipo)		Parámetro
B002(Relé autoenclavador) :		Rem = off
B005(Retardo a la desconexión) :		Rem = off 00:50s+
B006(Retardo a la desconexión) :		Rem = off 01:20s+
B007(Retardo a la conexión) :		Rem = off 02:50s+
B008(Retardo a la desconexión) :		Rem = off 03:50s+
B010(Retardo a la conexión) :		Rem = off 01:00s+
B013(Relé autoenclavador) :		Rem = off
B014(Retardo a la conexión) :		Rem = off 10:00s+
B015(Relé autoenclavador) :		Rem = off
B017(Relé autoenclavador) :		Rem = off
B021(Relé autoenclavador) :		Rem = off
B022(Texto de aviso) :		Prio = 0 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>--> Configuración del ticker</p> <ul style="list-style-type: none"> - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N <p>Destino de aviso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambos </div> </div>		
B023(Retardo a la conexión) :		Rem = off 10:00s+

Autor:	Luis Ldesma	UTN	Proyecto:	Diseño e implementación de un	Cliente:	
Comprobado:			Instalación:	D.C.1.0	Nº diagrama:	7
Fecha de creación/mod	2022/05/15:40/5/11/16 4:07		archivo:	Programa VII.1.lsc	Página:	2 / 3

Conector	Rotulación
I1	Botón de Inicio de Proceso
I2	Botón de Fin de Proceso
I3	Paro de Emergencia
I4	Sensor de Proximidad
I5	Sensor Magnetico de Posicion Cilindro 1
I6	Sensor Magnetico de Posicion Cilindro 2
I7	Sensor Magnetico de Posicion Cilindro 3
I8	Sensor Magnetico de Posicion Cilindro 4
I9	Sensor Final de Carrera
Q1	Contactor
Q2	Electrovalvula Cilindro 1
Q3	Electrovalvula Cilindro 2
Q4	Electrovalvula Cilindro 3
Q5	Electrovalvula Cilindro 4
Q6	Luz Piloto Verde
Q8	Motor Electrico Monofasico

Autor:	Luis Ldesma	UTN	Proyecto: Instalación: archivo:	Diseño e implementación de un D.C.1.0 Programa VII.1.lsc	Cliente: Nº diagrama: Página:	7 3 / 3
Comprobado:						
Fecha de creacion/mod	13/07/06 15:40/5/1/1/16 4:07					

ANEXO D: PLANOS MECÁNICOS

