



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTORES:

**CHANO IZA, CARLOS EDUARDO
PAUCAR PICHUCHO, LENIN XAVIER**

**TEMA: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE
LA LÍNEA DE MANUFACTURA DE GAS IRRITANTE, PARA
LA EMPRESA SANTA BÁRBARA E.P.**

**DIRECTOR: ING. ALEXANDER IBARRA
CODIRECTOR: ING. ANÍBAL LÓPEZ**

SANGOLQUÍ, MAYO 2015

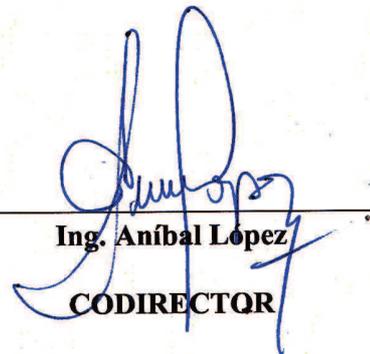
CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE MANUFACTURA DE GAS IRRITANTE, PARA LA EMPRESA SANTA BÁRBARA E.P.” fue realizado en su totalidad por Carlos Eduardo Chano Iza y Lenin Xavier Paucar Pichucho, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica.



Ing. Alexander Ibarra

DIRECTOR



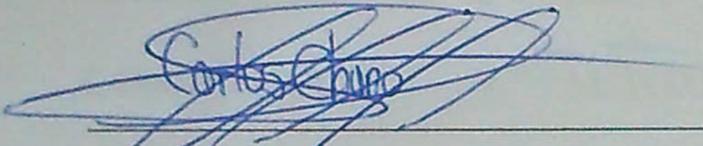
Ing. Anibal Lopez

CODIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE MANUFACTURA DE GAS IRRITANTE, PARA LA EMPRESA SANTA BÁRBARA E.P.”

ELABORADO POR:

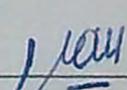


Carlos Eduardo Chano Iza



Lenin Xavier Paucar Pichucho

CARRERA DE INGENIERÍA MECTRÓNICA



Ing. Francisco Terneus

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica



CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**DEDICATORIA****AUTORIZACIÓN**

A Dios, por permitirme culminar este proyecto, la cual me llena de orgullo y felicidad; A mis queridos padres, Anibal y Fabiola quienes gracias a su apoyo moral, económico me han incentivado para lograr este objetivo. A mi madre Fabiola una mención especial ya que con su amor y consejos, me ha motivado a culminar este gran paso en mi vida.

Nosotros: Carlos Eduardo Chano Iza y Lenin Xavier Paucar Pichucho

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE MANUFACTURA DE GAS IRRITANTE, PARA LA EMPRESA SANTA BÁRBARA E.P.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Carlos Eduardo Chano Iza



Lenin Xavier Paucar Pichucho

Sangolquí, 30 de Abril 2015

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme culminar esta etapa en mi vida, la cual me llena de orgullo y felicidad; A mis queridos padres, Aníbal y Fabiola quienes gracias a su apoyo moral, económico me han incentivado para lograr este objetivo. A mi madre Fabiola una mención especial ya que con su amor y consejos, me ha motivado a culminar este gran paso en mi vida.

CARLOS EDUARDO CHANO IZA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por permitirme culminar con éxito esta nueva etapa de mi vida; A mis amados padres Ximena y José quienes son un pilar fundamental en mi vida, las personas que amo tanto y que supieron guiarme por el camino del bien; A mi esposa Veryto y mi hermosa hija Arisita quienes son mi motor e inspiración para poder alcanzar esta nueva meta y de todas las venideras además con su dulzura, cariño y todo su amor hicieron de mi vida una bendición; A mi hermana Alisson, mis tíos Rocío, Marcelo, Yolanda, Marco, Juan quienes fueron muy importantes en todo el transcurso de mi carrera y un ejemplo a seguir; A mis primos Gabyta, Paul, Karlita y Pame que más que primos son como mis hermanos y por último a mis suegros y cuñados que nunca dejaron de confiar en mí.

LENIN XAVIER PAUCAR PICHUCHO

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que me ha permitido conocer grandes profesionales y amigos que sin duda alguna deja recuerdos inolvidables. Agradezco a todos los profesores que a lo largo de mi carrera universitaria supieron aportar con todos sus conocimientos para así forjarme como profesional. Y finalmente, agradezco a mi Director de Tesis Ingeniero Alexander Ibarra y a mi Codirector de tesis Ingeniero Anibal Lopez excelentes profesionales, quien con su apoyo y grandes conocimientos aportaron para la culminación de este proyecto.

CARLOS EDUARDO CHANO IZA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, que me ha permitido conocer buenos amigos que sin duda dejan buenos recuerdos.

A mi esposa por todo su amor y comprensión al momento de realizar este trabajo ya que sin su ayuda y apoyo no hubiese logrado terminar mi carrera.

Y por último agradezco A mi Director Ing. Alexander Ibarra y Codirector Ing. Aníbal López, excelentes profesionales que supieron guiarnos con sus conocimientos en la realización de este proyecto y culminar con éxito.

LENIN XAVIER PAUCAR PICHUCHO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e Importancia.....	2
1.3 Áreas de Influencia.....	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Alcance del Proyecto	4
CAPITULO 2	6
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1 Composición química y tipos de gases irritantes.	6

2.2	Normas de seguridad, salud y ambiente para el manejo de una línea de producción de aerosoles.	7
2.2.1	Riesgos en plantas industriales automáticas.....	8
2.2.2	Normas básicas y reglas de seguridad para manipulación de productos químicos.....	9
2.2.2.1	Definiciones.....	9
2.2.2.2	Adquisición del producto químico	12
2.2.2.3	Almacenamiento.....	13
2.3	Variables físicas presentes en la producción de aerosoles.	16
2.3.1	Control y peso de llenado de la formulación.....	16
2.3.2	Control de presiones y ensayo de pérdida en el aerosol terminado.....	16
2.4	Layout de líneas industriales.	18
2.4.1	Objetivos del Layout.	18
2.4.2	Diseño de instalaciones.	18
2.4.3	Capacidad de producción.	21
	CAPITULO 3	22
	DISEÑO MECATRÓNICO.....	22
3.1	Diseño de los componentes mecánicos.	22
3.1.1	Diseño de los Transportadores Giratorios.	23
3.1.1.1	Dimensionamiento Mecánico.....	25
3.1.2	Estructura de cabina hermética.....	29
3.1.3	Sistema de Extracción de gases.....	36
3.1.4	Selección de actuadores neumáticos	43
3.1.5	Selección de Rodamientos y tornillos de sujeción.	47
3.2	Diseño de los componentes eléctricos y/o electrónicos.	49
3.2.1	Dimensionamiento del torque requerido para selección de motores a pasos.....	49

3.2.2	Selección de sensores y electroválvulas.....	56
3.3	Diseño del Sistema de Control.....	62
3.3.1	Parámetros del controlador.....	62
3.3.2	Selección de PLC y pantalla HMI.....	70
CAPITULO 4.....		81
IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.....		81
4.1	Construcción e Implementación de la línea de manufactura.....	81
4.2	Implementación de componentes electrónicos y/o eléctricos.....	86
4.3	Implementación del sistema de control.....	98
4.4	Programación del sistema de control.....	107
4.5	Protocolo de pruebas.....	115
CAPITULO 5.....		121
ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....		121
5.1	Rentabilidad económica.....	121
CAPITULO 6.....		124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		124
6.1	Conclusiones.....	124
6.2	Recomendaciones.....	125
Referencias Bibliográficas.....		127
ANEXOS.....		130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina neumática llenadora de líquidos. (Equipo desarmado)	1
Figura 2. Máquina neumática crimpadora. (Equipo desarmado).....	2
Figura 3. Máquina de control de calidad visual (Equipo desarmado).....	2
Figura 4. Elementos del sistema de manufactura de aerosoles con gas irritante.	4
Figura 5. Hoja de datos de seguridad (MSDS) de la capsaicina.	12
Figura 6. Layout por distribución por producto o en línea.	19
Figura 7. Máquina de producción de aerosoles de gas pimienta que se implementará en Santa Bárbara.	19
Figura 8. Layout de la planta de producción de aerosoles de gas pimienta que se implementará en Santa Bárbara.	20
Figura 9. Modelo de Diseño Mecánico	22
Figura 10. Planteamiento de modelo solución para transportadores giratorios.	23
Figura 11. Transportador Giratorio	24
Figura 12. Detalle Geométrico del Transportador Giratorio.....	25
Figura 13. Envase para gas irritante.	25
Figura 14. Geometría de partida para disco giratorio	26
Figura 15. Geometría establecida para disco giratorio.....	27
Figura 16. Cargas aplicadas al eje de transmisión.	27
Figura 17. Análisis FEA – Deformación por cargas sobre eje.....	28
Figura 18. Análisis FEA – Grafica de esfuerzos según Von Mises.	29
Figura 19. Geometría de la cabina hermética.....	30
Figura 20. Distribución de fuerzas en cabina hermética.	31
Figura 21. Soldadura con electrodo metálico revestido.	32

Figura 22. Cordón de soldadura empleado en sujeción de la estructura.....	32
Figura 23. . Placa de PVC cristal para pared lateral.....	33
Figura 24. Placas de acero inoxidable para paredes frontales y posteriores	33
Figura 25. Placa de acero ASTM 36 para base inferior	34
Figura 26. Placa de acero ASTM 36 para mesa y cubierta	34
Figura 27. Estructura de cabina hermética.....	35
Figura 28. Máquina de producción de gas irritante.....	36
Figura 29. Selección de diámetro del conducto.	37
Figura 30. Diámetro equivalente de un conducto rectangular	38
Figura 31. Obtención de la presión dinámica.....	39
Figura 32. Obtención del coeficiente de pérdida	40
Figura 33. Plano del conducto obtenido del Layout.	41
Figura 34. Programa de selección de extractores de la empresa Soler&Palau.	42
Figura 35. Cilindro de movimiento vertical.....	43
Figura 36. Diagrama de fuerzas en cilindro de movimiento vertical.....	45
Figura 37. Cilindro simple efecto de la empresa FESTO.	47
Figura 38. Transportador Giratorio – Simulación Dinámica y Fuerza sobre Rodamientos.....	47
Figura 39. Características técnicas del rodamiento SKF – 7205 – BE.	48
Figura 40. Catálogo de Tornillos DIN 912 calidad 8.8.....	49
Figura 41. Gráfica de Desplazamiento y Velocidad angular del Transportador Giratorio	50
Figura 42. Torque requerido por el Transportador Giratorio.....	50
Figura 43. Motor a pasos (SY57STH56-1006).....	51

Figura 44. Driver STP-DRV-4035	51
Figura 45. Especificaciones del accionamiento de motor a pasos.	52
Figura 46. Fuente de Poder STP.	52
Figura 47. Fuente de Poder STP.	53
Figura 48. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.	54
Figura 49. Accionamiento de motor a pasos partir-parar.....	55
Figura 50. Sensor Ultrasónico SICK UM30 – 14113.	57
Figura 51. Sensor Inductivo SICK UM30 – 14113.	58
Figura 52. Sensor RTD PT-100	59
Figura 53. Celda de carga WIM WLC – SPPC.....	59
Figura 54. Sensor mecánico fin de carrera.....	60
Figura 55. Electroválvula de bloqueo hidráulica	61
Figura 56. Electroválvula de bloqueo hidráulica	62
Figura 57. Electroválvula neumática 3/2	62
Figura 58. Variables físicas continuas y discontinuas.	63
Figura 59 . Sistema de control de temperatura en piscina de control de calidad.	63
Figura 60 . Sistema de nivel de líquido.....	64
Figura 61. Arquitectura del sistema de control.....	67
Figura 62. Diagrama de bloques del sistema unitario de control.....	67
Figura 63. Configuración de la planta en lazo abierto ante una entrada escalón al 20% del rango total.	67
Figura 64. Respuesta de la planta en lazo abierto ante una entrada escalón al 20% del rango total.	68
Figura 65. Sistema con controlador y realimentado unitariamente.	69

Figura 66. Arquitectura usada en Simulink.....	70
Figura 67. Respuesta en estado transitorio del sistema.....	70
Figura 68. Control Centralizado.....	73
Figura 69. PLC CL5000 Modelo L6.....	75
Figura 70. Fuente de poder.	76
Figura 71. Módulo de entradas y salidas analógicas.....	76
Figura 72. Módulo de entradas digitales 1756-IA16I.....	77
Figura 73. Módulo de salidas digitales 1756-OA16I.....	78
Figura 74. Módulo de salidas digitales PWM 1756-OA16IEF.....	78
Figura 75. Parte externa del módulo 1756-EN2TXT puente Ethernet IP.....	79
Figura 76. Módulo de salidas digitales 1756-OA16I.....	80
Figura 77. Estructura de Cabina hermética con los componentes que la conforman.	81
Figura 78. Maquina de Control de calidad con los componentes que la conforman.	82
Figura 79. Detalle de componentes de banda transportadora.	83
Figura 80. Ensamble total de la banda transportadora.	84
Figura 81. Ensamble del sistema de extracción de gases.....	84
Figura 82. Ensamble de armario de mando y monitorización.	85
Figura 83. Ensamble general de línea de producción de aerosoles.....	85
Figura 84. Arquitectura básica del PLC ControlLogix.....	86
Figura 85. Arquitectura básica del PLC ControlLogix.....	87
Figura 86. Arquitectura implementada en la línea industrial.....	87
Figura 87. Arquitectura implementada en la línea industrial.....	88

Figura 88. Arquitectura implementada en la línea industrial.....	89
Figura 89. Conexión de un relé de estado sólido.....	90
Figura 90. Conexión de Potencia estrella-triángulo.....	90
Figura 91. Conexión de Maniobra estrella-triángulo.....	91
Figura 92. Conexión de los terminales del motor.....	92
Figura 93. Implementación del módulo de comunicación Ethernet 1756- EN2TXT.....	92
Figura 94. Modulo Ethernet IP.....	93
Figura 95. Comunicación Proceso – PLC- HMI.....	94
Figura 96. Driver STP-DRV-4035.....	94
Figura 97. Especificaciones del accionamiento de motor a pasos.....	95
Figura 98. Fuente de Poder STP.....	95
Figura 99. Fuente de Poder STP.....	96
Figura 100. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.....	97
Figura 101. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.....	98
Figura 102. Diagrama de arquitectura PID para control de nivel.....	99
Figura 103. Implementación del sistema de control de nivel en la línea industrial.....	99
Figura 104. Función PID en software RSLogix5000.....	100
Figura 105. Señal Funcionamiento de la señal PID en el bit. EN.....	100
Figura 106. Configuración de Ajuste de la función PID en Rslogix5000.....	101
Figura 107. Configuración de la función PID en Rslogix5000.....	101
Figura 108. Configuración de alarmas de función PID en RSlogix 5000.....	102
Figura 109. Configuración del Escalado de la función PID en RSlogix 5000.....	102

Figura 110. Implementación del sistema de control On-Off de temperatura en la línea industrial.....	103
Figura 111. Pantalla de portada diseñada en Intouch.....	104
Figura 112. Interfaz gráfica HMI de la planta industrial automática de gas pimienta.....	105
Figura 113. Maquina rotativa de control de calidad de gas pimienta.	105
Figura 114. Piscina de control de calidad para aerosoles de gas pimienta.	105
Figura 115. Pantalla de monitorización.	106
Figura 116. Pantalla de monitorización de alarmas.	107
Figura 117. Pantalla de atención de alarmas.....	107
Figura 118. Programación escalera del Sistema de Manufactura de gas irritante ...	110
Figura 119. Diagrama de bloques del funcionamiento de la Línea de Manufactura de gas irritante (a).....	111
Figura 120. Diagrama de bloques del funcionamiento de la Línea de Manufactura de gas irritante (b).....	114
Figura 121. Formato de protocolo de pruebas parte 1.	117
Figura 122. Formato de protocolo de pruebas parte 2.	118
Figura 123. Formato de protocolo de pruebas parte 3.	119
Figura 124. Formato de protocolo de pruebas parte 4.	120
Figura 125. Porcentajes de Costo Beneficio	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los elementos del Sistema de Manufactura de aerosoles con gas irritante.....	4
Tabla 2. Descripción del gas irritante	6
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la Capsaicina.	7
Tabla 4. Tipo de dispersión de gases irritantes.	7
Tabla 5. Descripción de riesgos de los operarios que trabajan en plantas industriales automáticas.	8
Tabla 6. Descripción de riesgos en plantas industriales que producen aerosoles de gas pimienta.....	9
Tabla 7. Manipulación adecuada para almacenamiento de materia prima	13
Tabla 8. Clasificación según la Norma NTE INEN 2266: 2013.....	14
Tabla 9. Detalle de componentes de cada transportador giratorio.	24
Tabla 10. Propiedades del envase para gas irritante	26
Tabla 11. Especificación de cargas aplicadas al eje.....	28
Tabla 12. Valores usados para la determinación de material a usarse en la construcción de la cabina hermética.	31
Tabla 13. Características y propiedades del material.....	33
Tabla 14. Características y propiedades del material.....	34
Tabla 15. Características y propiedades del material.....	34
Tabla 16. Características y propiedades del material.....	35
Tabla 17. Características técnicas del extractor 5BS-700.....	42
Tabla 18. Características técnicas del cilindro neumático.	44
Tabla 19. Relación Diámetros vs Fuerza en cilindro neumático.	44

Tabla 20. Relaciones entre Diámetros y Energía en cilindros neumáticos.....	45
Tabla 21. Características de motor – Transportadores Giratorios.....	51
Tabla 22. Características de driver para control de motores a pasos.	52
Tabla 23. Características de Fuente de poder STP.....	53
Tabla 24. Características técnicas del sensor SICK UM30 – 14113.....	56
Tabla 25. Variables físicas asociadas a un sensor ultrasónico.	57
Tabla 26. Características técnicas del sensor SICK IM30-15NNS-ZC1	57
Tabla 27. Variables físicas asociadas a un sensor inductivo.....	58
Tabla 28. Características técnicas del sensor RTD PT-100	58
Tabla 29. Características técnicas de la celda de carga WIM WLC – SPPC.....	59
Tabla 30. Variables físicas asociadas a un sensor resistivo	60
Tabla 31. Características técnicas del sensor mecánico fin de carrera.	60
Tabla 32. Variables físicas asociadas a un sensor de accionamiento mecánico.	61
Tabla 33. Variables físicas asociada a una electroválvula de bloqueo hidráulica	61
Tabla 34. Variables físicas asociada a una electroválvula neumática.....	62
Tabla 35. Tabla de traducciones del sistema de control PID.	68
Tabla 36. Variables físicas de la línea de manufactura de gas irritante.	71
Tabla 37. Controlador Control Logix 5000 Modelo L6.....	75
Tabla 38. Especificaciones técnicas 1756-IF6CIS.....	77
Tabla 39. Características externas del módulo 1756- EN2TXT	79
Tabla 39. Detalle de componentes de canina hermética.	82
Tabla 40. Detalle de componentes de cabina hermética.	83
Tabla 41. Detalle de componentes de cabina hermética.	83
Tabla 42. Detalle de componentes de sistema de extracción de gases.....	84

Tabla 43. Detalle de componentes de armario	85
Tabla 44. Detalle de componentes de línea de producción de aerosoles.	86
Tabla 45. Características de driver para control de motores a pasos.	95
Tabla 46. Características de Fuente de poder STP.....	96
Tabla 48. Costos de materiales en dólares y en porcentaje.....	121
Tabla 49. Porcentaje de costos en materiales.....	121
Tabla 50. Costos indirectos de fabricación.	122
Tabla 51. Costo Beneficio del proyecto.....	122
Tabla 52. Diferencia entre precio oferta de producción vs total costos.....	123

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo el diseño, construcción y automatización de una línea de manufactura de gas irritante. El sistema consta de cinco sub estaciones: llenado, control de calidad de peso, colocación automática de válvulas (FEEDER), crimpado y presurizado, todas estas sub estaciones están conformadas en una cabina hermética en la cual, luego del proceso de llenado realizará el control de calidad de peso mediante un clasificador rotatorio que es el encargado de desechar los envases que no contengan el peso indicado y continuar con los siguientes sub procesos. Una vez que los envases hayan cumplido el control de calidad ingresarán a un sistema rotatorio de manufactura el cual se encarga de realizar la colocación automática de válvulas, crimpar y presurizar, todo con ayuda de sensores de presencia para que permita el funcionamiento de los sistemas neumáticos de cada sub-proceso. La cabina hermética cuenta con un sistema de extracción de gases para evitar que el entorno interior y exterior de la línea de producción se contamine. La banda transportadora en toda la línea de producción comunica todos los subprocesos a la máquina rotativa con piscina controlada de temperatura, la misma que permite al operario tener un control de calidad del producto. Todos los subprocesos estarán operativos siempre y cuando se activen desde el panel de control principal del sistema el cual está constituido por un PLC y una interfaz HMI para el monitoreo de todas las variables.

PALABRAS CLAVE:

FEEDER

CONTROL DE CALIDAD

CRIMPADO

PRESURIZADO

HMI.

ABSTRACT

This paper aims to design, construction and automation of a manufacturing irritant gas line. The system consists of five sub stations: filling, quality control weight, automatic placement of valves (FEEDER), crimped and pressurized, all these sub stations are formed in an airtight cabin which, after the filling process will control quality of weight using a rotary classifier which is responsible for disposing of containers that do not contain the specified weight and continue with the following sub processes. Once the containers have met quality control will enter into a revolving manufacturing system which is responsible for performing the automatic placement of valves, crimp and pressurize all using presence sensors and position in strategic locations to allow operation of pneumatic systems of each sub-process. The sealed cabin has a gas extraction system for no environmental pollution. Across the conveyor production line communicating into the rotary machine with temperature controlled pool, the same which allows control of visual quality. All operating systems will be provided when activated from the main control panel system which consists of PLC and interfaz HMI for monitoring all variables.

KEY WORDS:

FEEDER

QUALITY CONTROL

CRIMPED

PRESSURIZED

HMI.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los cambios que el gobierno del Ecuador realiza con la matriz productiva, se refiere al impulso y a la necesidad de las empresas Ecuatorianas en desarrollar sus propios productos y no tengan la necesidad de importar o a su vez reduzcan al máximo sus importaciones.

Dentro de los grandes proyectos que se ha planteado SANTA BÁRBARA EP., está contemplado la fabricación de dispositivos de seguridad personal específicamente la fabricación de aerosoles con gas irritante.

SANTA BÁRBARA EP al contar con máquinas **no operativas**, tiene la necesidad de repotenciarlas, mejorar su funcionamiento y sobre todo aplicar una mejora de tecnología con un nivel de automatización aceptable todo esto con el propósito de implementar una línea de producción de aerosoles con gas irritante.

Bajo estos parámetros se abre un mercado de oportunidad de negocio respecto a los aerosoles con gas pimienta y siendo la empresa SANTA BARABARA E.P. autorizada por el gobierno del Ecuador, encargada de fabricar todo tipo de productos relacionados con la defensa nacional es muy predecible el éxito de esta línea de producción, en donde los potenciales clientes son la Policía Nacional, Fuerzas Armadas, Policía Municipal y empresas de seguridad.

Se debe mencionar que SANTA BARBARA EP cuenta con algunos equipos que han estado muchos años sin funcionamiento, en muchos casos falta piezas, están corroídos y están desarmados, por ejemplo:



Figura 1. Máquina neumática llenadora de líquidos. (Equipo desarmado)



Figura 2. Máquina neumática crimpadora. (Equipo desarmado)



Figura 3. Máquina de control de calidad visual (Equipo desarmado)

Lo que se pretende con la implementación de la línea de gas irritante es que SANTA BÁRBARA EP se posicione como una empresa líder en la fabricación de aerosoles con gas irritante dentro del Ecuador y posteriormente se posicione como una empresa exportadora del producto.

1.2 Justificación e Importancia

El presente proyecto será desarrollado con el fin de satisfacer una necesidad que nace a raíz del cambio de la matriz productiva realizada por el Gobierno Nacional el cual exige a las empresas que fabriquen sus propios productos, reduciendo notablemente las importaciones y por ende para satisfacer la necesidad dentro del área de producción de la empresa, este proyecto sin duda permitirá que SANTA BARBARA EP:

- Mejore los tiempos de manufactura.
- Mejore el volumen de producción
- Reduzca costos de manufactura.
- Incremente la seguridad de los operarios en cada puesto de trabajo que conforma la línea de manufactura.

- Tenga una línea de manufactura que cumpla con las leyes medio ambientales.

Como se ha venido mencionando, la empresa no cuenta con una línea implementada de producción de gas irritante, y al existir pedidos del producto, lo que la empresa haría es una fabricación totalmente manual y sin procesos que garanticen la calidad del producto.

1.3 Áreas de Influencia

El desarrollo de este proyecto tendrá directa influencia en el mejoramiento del sector de manufactura de dispositivos de seguridad personal en el Ecuador.

Además, desarrollará la calidad y permitirá la mejora notable de la producción en la empresa; adicionalmente servirá como aporte en la innovación y automatización es decir una mejora de tecnología de los diferentes procesos productivos de SANTA BARBARA EP, que contribuyan además al empleo eficiente de tiempos de producción y un mejor manejo de materia prima, todo esto con el fin de tener una mejor productividad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar, automatizar y simular la línea de manufactura de gas irritante, para la Empresa Santa Bárbara EP.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar los transportadores giratorios y la estructura de la cabina hermética realizando ensayos mecánicos con la ayuda de un software CAD-CAE para la aprobación de estos componentes.
- Diseñar un sistema de ventilación que nos permita tener un ambiente de trabajo lo menos contaminado posible cumpliendo normas de seguridad y medioambientales.
- Diseñar un Feeder de colocación de válvulas mediante simulaciones en un software CAD para que sea un proceso automático.
- Determinar los parámetros del controlador a implementar y dimensionar los componentes eléctricos y electrónicos como PLC, motores a pasos,

electroválvulas y sensores mediante softwares para que el error tenga valores de tolerancias aceptables, que cumplan los requerimientos de la línea de manufactura de aerosoles respectivamente.

1.5 Alcance del Proyecto

Para el proceso de manufactura de aerosoles con gas irritante se plantea como solución una línea automática de producción que consta de los siguientes elementos básicos, detallados en la Fig. 4.

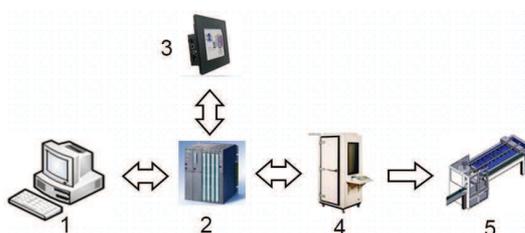


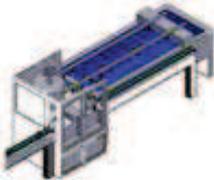
Figura 4. Elementos del sistema de manufactura de aerosoles con gas irritante.

Tabla 1.

Descripción de los elementos del Sistema de Manufactura de aerosoles con gas irritante.

No.	Nombre	Descripción	Figura
1	PC	Realiza el control y monitoreo de todo el proceso de manufactura desde una oficina.	
2	ELEMENTO DE CONTROL	Además del control de variables en todo el proceso, el PLC es el encargado de realizar el sistema de control de temperatura, el vaciado y llenado automático en la piscina de control de calidad y en el reservorio del subproceso de llenado de químico activo.	
3	ELEMENTO DE MONITORIZACIÓN	Este dispositivo nos ayuda en la monitorización de las variables presentes en el sistema de manufactura y en la monitorización y contabilidad de los envases.	

CONTINUA →

4	CABINA HERMÉTICA	Realiza los procesos de llenado, control de calidad de peso, colocación de válvulas, crimpado y presurizado.	
5	CONTROL DE CALIDAD VISUAL	La máquina rotativa y la piscina son las encargadas del control de calidad visual del producto, en donde se hará el monitoreo y contabilidad de los envases.	

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Composición química y tipos de gases irritantes.

El gas irritante, conocido como spray OC (Oleoresin Capsicum), es un agente lacrimógeno no letal que se utiliza para defensa personal, incluyendo defensa contra animales con un alcance aproximado de 3 a 4 metros. (Pino, 2012)

El ingrediente activo del gas irritante es la capsaicina, que es un compuesto derivado de plantas del género capsicum tales como los ajíes, chiles o pimientos. El gas irritante es considerado un arma porque utiliza las propiedades tóxicas de sustancias químicas para herir o incapacitar al enemigo. (Pino, 2012)

Tabla 2.

Descripción del gas irritante

No.	CLASE DE AGENTE	GAS IRRITANTE
1	CLASE DE AGENTE	Agente lacrimógeno vesicante.
2	SINTOMAS	Fuerte irritación en ojos y piel.
3	EFFECTOS	Provoca dolor punzante y agudo en los ojos y ceguera temporal.
4	VELOCIDAD DE ACCIÓN	Inmediata.
5	PERSISTENCIA	No persistente y peligroso por inhalación.
6	NOTAS	En las últimas décadas estos agentes han sido utilizados a menudo como elementos antidisturbios.

Fuente: (Pino, 2012)

El compuesto químico capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida, C₁₈H₂₇NO₃) es el componente activo de los pimientos picantes (capsicum). Es irritante para los mamíferos; produce una fuerte sensación de ardor en la boca. La capsaicina pura es un compuesto, inodoro, incoloro. En la tabla 3 se muestran las propiedades físicas y químicas de este compuesto. (Zavaleta Avejar, 2009)

Tabla 3.**Propiedades físicas y químicas de la Capsaicina.**

No.	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
1	PUNTO DE FUSIÓN	65 °C
2	PUNTO DE EBULLICIÓN	210 – 220 °C
3	UV MAX.	227, 281 nm
4	SABOR	Picante
5	SOLUBILIDAD	Alcohol, Éter, Benceno, Cloroformo
6	INSOLUBLE	Agua fría
7	COLOR	Rojo - Naranja
8	MASA MOLAR	305.421 g/mol.

Fuente: (Zavaleta Avejar, 2009)

Los gases irritantes se pueden encontrar en diferentes tipos de presentaciones con las mismas composiciones como:

- Spray o gas,
- Gel y
- Espuma. (Valdez, 2008)

El proyecto se versa sobre el tipo Spray el mismo que puede ser disperso como:

Tabla 4.**Tipo de dispersión de gases irritantes.**

No.	DISPERSIÓN	EFFECTIVIDAD	ALCANCE (m.)
1	CHORRO DE LARGO ALCANCE	Menor	De 4 a 6.5.
2	LLOVIZNA EN FORMA DE CONO	Medio	De 2 a 4.
3	NIEBLA	Mayor	De 2 a 4.

Fuente: (Valdez, 2008)

2.2 Normas de seguridad, salud y ambiente para el manejo de una línea de producción de aerosoles.

Desde el punto de vista de la seguridad y salud en el trabajo, la automatización de procesos se utiliza para reemplazar ventajosamente a trabajadores que ejecutan tareas

con elevado nivel de riesgo, ya sea de seguridad, higiénico o ergonómico/psicosocial. (Valdez, 2008)

Se debe mencionar que la automatización no implica el despido intempestivo de trabajadores, sino la reubicación de los trabajadores a áreas en un entorno más seguro de trabajo.

Estudios realizados indican que los accidentes ocurridos en líneas industriales automáticas, se dan mayoritariamente durante la programación, reprogramación, mantenimiento, reparación, testeo, arranque o ajuste de los mismos y no en condiciones de funcionamiento normal.

Los riesgos se asocian con el de tipo mecánico por ejemplo un eje mal acoplado puede convertirse en un objeto de riesgo de golpes para los operarios causándoles inclusive la muerte, riesgos de tipo eléctrico por ejemplo cables sin aislante pueden generar que el operario sufra una descarga eléctrica.

Los errores humanos pueden resultar riesgosos tanto para el personal como para el equipo, errores de programación, comunicación con equipos periféricos, conexión de entrada/salidas de sensores, pueden suponer movimientos o acciones imprevistas de los equipos automatizados que pueden provocar lesiones en el personal y daños en los equipos. (Norma OHSAS 18001: 2007)

2.2.1 Riesgos en plantas industriales automáticas

Riesgos más comunes que se presentan en líneas industriales automáticas:

Tabla 5.

Descripción de riesgos de los operarios que trabajan en plantas industriales automáticas.

No.	RIESGOS EN PLANTAS INDUSTRIALES AUTOMÁTICAS
1	Mayor nivel de estrés derivado de la mayor intensidad y del aumento de la carga de trabajo.
2	Mayor presión psíquica derivada del requerimiento del ritmo de trabajo, del proceso automático, las tareas añadidas y el aumento de responsabilidades en la toma de decisiones.
3	Riesgo de accidentes más graves derivados de las nuevas características de las nuevas tecnologías de automatización.

Fuente: (Valdez, 2008)

Tabla 6.

Descripción de riesgos en plantas industriales que producen aerosoles de gas pimienta.

No.	RIESGOS EN PLANTAS INDUSTRIALES DE AEROSOLES
1	Contaminación del entorno de trabajo debido a fugas de gas en las maquinas.
2	Contaminación del entorno de trabajo debido a fugas de gas en los envases de aerosoles.
3	Riesgo de atrapamiento de extremidades superiores en máquinas de crimpado y presurizado.
4	Riesgo de atrapamiento de extremidades superiores en maquina rotativa de control de calidad.
No.	RIESGOS EN PLANTAS INDUSTRIALES DE AEROSOLES
5	Riesgo de congelamiento por fuga de gas refrigerante R134a

Fuente: (Valdez, 2008)

2.2.2 Normas básicas y reglas de seguridad para manipulación de productos químicos

Se requiere implantar una metodología básica a seguir para la manipulación y uso de productos químicos, enfocado a una planta de producción de gas pimienta, con el fin de establecer las medidas de seguridad preventivas para proteger al trabajador de los riesgos inherentes.

2.2.2.1 Definiciones

Para la implantación de una metodología básica enfocada a las normas de seguridad y acciones sugeridas en plantas de producción de gas pimienta, se necesita conocer las definiciones o conceptos que se presentan a continuación, obtenidas de las siguientes normas y hojas técnicas: (INEN, 2014), (NTE INEN 2251: 2003, 2003), (NTE INEN 2266:2013, 2013), (Norma OHSAS 18001: 2007), (Ministerio de Relaciones Laborables, 2013), (Naciones Unidas, 2009)

- **Acción preventiva:** Acción tomada para eliminar la causa de una conformidad potencial, o cualquier otra situación potencial indeseable. (Norma OHSAS 18001: 2007, pág. 4).
- **Cilindro:** Recipiente de acero o aluminio en el cual se envasa gas a alta presión. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 2)
- **Desechos peligrosos:** Son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas, o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 2)
- **Embalaje/envase compuesto:** Un embalaje/envase constituido por un embalaje/envase exterior y un recipiente interior unidos de modo que el recipiente interior y el embalaje/envase exterior formen un embalaje/envase integral; una vez montado, dicho embalaje/envase constituye un todo indisociable que se llena, se almacena, se transporta y se vacía como tal. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 2)
- **Etiqueta:** Es un conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, elegidos en razón de su pertinencia para el sector o los sectores de que se trate, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el material peligroso o en su embalaje / envase exterior, o que se fijan en ellos. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 2)
- **Incidente:** Suceso o sucesos relacionados con el trabajo en el cual ocurre o podría haber ocurrido un daño, o un deterioro de la salud (sin tener en cuenta la gravedad), o una fatalidad. (Norma OHSAS 18001: 2007, pág. 3) INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN, 2014)
- **Manejo de materiales peligrosos:** Son las operaciones de recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento, rehúso y/o reciclaje, transporte, tratamiento y su disposición final. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 4)
- **Materiales peligrosos:** Es todo aquel producto químico peligroso y/o desecho peligroso que por sus características físico-químicas, corrosivas, tóxicas,

reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas, representa un riesgo de afectación a la salud humana, los recursos naturales y el ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al mismo, de acuerdo a las disposiciones legales. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 4)

- **MSDS:** (Material Safety Data Sheet) Hojas de Datos de Seguridad de Materiales: Documento que contiene información de seguridad de diversos materiales. Incluye características, riesgos, precauciones para la manipulación y procedimientos de emergencia y primeros auxilios, entre otros. (Ministerio de Relaciones Laborables, 2013, pág. 1)
- **Producto químico:** Son todo tipo de material de naturaleza orgánica o inorgánica, que puede estar presente como elemento o compuesto puro, o como la mezcla o combinación de los anteriores. Se puede encontrar en estado sólido, líquido o gaseoso. (Slideshare, 2005)
- **Producto químico peligroso:** Todo producto químico que por sus características físico-químicas presenta o puede presentar riesgo de afectación a la salud, al ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al producto. (NTE INEN 2266:2013, 2013, pág. 4)
- **Productos controlados:** Son productos o sustancias químicas que están controladas o reguladas por el Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas.
- **Procedimiento:** Forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso. (Norma OHSAS 18001: 2007, pág. 4)
- **Riesgo:** Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición. (Norma OHSAS 18001: 2007, pág. 4).
- **SGA:** Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. Es un sistema que tiene como objetivo normalizar y armonizar la clasificación y etiquetado de los productos químicos. Se trata de un enfoque lógico y completo encaminado a: definir los peligros físicos, para la salud y el medio ambiente que entrañan los productos químicos; crear procesos de clasificación en los que se utilicen datos disponibles sobre los

productos químicos para compararlos con los criterios definidos relativos a sus peligros; y transmitir información sobre los peligros, así como las medidas de protección, en la etiquetas y fichas de datos de seguridad. (Naciones Unidas, 2009, pág. 1)

2.2.2.2 Adquisición del producto químico

Previo a la adquisición de todo producto químico, el responsable requirente debe solicitar la hoja de datos de seguridad del material (MSDS) a los posibles proveedores con el fin de conocer los compuestos químicos, los riesgos inherentes al producto químico que se va a adquirir.

Una Hoja de Datos de Seguridad de Materiales es un documento que contiene información sobre uno o varios compuestos químicos que conforman un material en uso o desarrollo; la información abarca por ejemplo el modo seguro en que se debe utilizar, el almacenaje, el manejo de recipientes, los procedimientos de emergencia e información sobre los efectos potenciales a la salud que podría tener como material peligroso.

El fabricante del material, en algunos casos el distribuidor, es el responsable de preparar y redactar las MSDS.

Se presenta en la Fig.5 un ejemplo de la hoja de datos de seguridad de la capsaicina que es el compuesto activo con el que se fabrica el gas pimienta.

Ficha de Datos de Seguridad		ACOFARMA
Conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH)		
1.- Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa		
<i>Identificación de la sustancia o del preparado</i>		
Denominación:	Capsaicina	
Identificación de la sociedad o empresa:	Acofarma Distribución S.A. El Jorquet, 20 08233-Terrassa, España. Tel: 93 736 00 88 / Fax: 93 785 93 62	
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología, Madrid. Tel: 91 562 04 20		
2. Identificación de los peligros		
Clasificación de la sustancia o mezcla		
De acuerdo al Reglamento (EC) No1272/2008		
Toxicidad aguda, Cutáneo (Categoría 3)		
Toxicidad aguda, Oral (Categoría 3)		
Iritación cutánea (Categoría 2)		
Lesiones oculares graves (Categoría 1)		
Sensibilización respiratoria (Categoría 1)		
Sensibilización cutánea (Categoría 1)		
Toxicidad específica en determinados órganos (stof) - exposición única (Categoría 3)		
De acuerdo con la Directiva Europea 67/548/CEE, y sus enmiendas.		
Tóxico por ingestión.		
Irrita las vías respiratorias y la piel.		
Riesgo de lesiones oculares graves.		
Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel.		
Elementos de la etiqueta		
Pictograma		
Palabra de advertencia Peligro.		
Indicaciones de peligro		
H301	Tóxico en caso de ingestión.	
H311	Tóxico en contacto con la piel.	
H315	Provoca irritación cutánea.	
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.	
H318	Provoca lesiones oculares graves.	
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.	
H335	Puede irritar las vías respiratorias.	
Declaración(es) de prudencia		
P261	Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ el neblina/ los vapores/ el aerosol.	
P280	Llevar guantes de protección/ gafas de protección/ máscara de protección.	
P301 + P310	EN CASO DE INGESTIÓN: Lavar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.	

Página 1 de 6

Figura 5. Hoja de datos de seguridad (MSDS) de la capsaicina.

Fuete: (Zavaleta Avejar, 2009)

2.2.2.3 Almacenamiento

El producto químico que ingrese a las instalaciones de la empresa debe tener la etiqueta de identificación del producto en la que se comuniquen todos los riesgos asociados al producto y también la MSDS, las etiquetas de identificación se mencionan en la tabla del ítem de clasificación de materiales según su peligrosidad.

Es responsabilidad del fabricante y del comercializador de materiales su identificación y etiquetado de conformidad norma INEN 2266:2013 rev. 2

Las sustancias químicas como la capsaicina deben conservarse en áreas frescas y bien ventiladas lejos de fuentes de calor, ácidos, humedad y sustancias oxidantes. Los envases una vez abiertos deben cerrarse con cinta u otro elemento obturador antes de su colocación en el lugar de almacenamiento.

Los gases comprimidos como el gas refrigerante R134a pueden almacenarse en espacios abiertos solo si están adecuadamente protegidos de la intemperie y de la luz del sol directa.

Tabla 7.

Manipulación adecuada para almacenamiento de materia prima

No.	PROCEDIMIENTO PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA
1	Los productos químicos deben estar ubicados bajo áreas cubiertas o cerradas, libres de humedad, ventiladas y cuya construcción ofrezca una seguridad estructural y física.
2	Todos los contenedores (envases, recipientes o contenedores) deben estar identificados y etiquetados, independiente de que sean los envases originales o envases donde se ha trasvasado el producto.
3	Las áreas destinadas para almacenamiento deben estar aisladas de fuentes de calor e ignición.
4	El lugar de almacenamiento de productos químicos debe contar con señalética y letreros alusivos a la peligrosidad de los materiales, en lugares y formas visibles.
6	El lugar de almacenamiento debe estar ubicado en un lugar que sea fácilmente accesible para todos los vehículos de transporte, especialmente los de bomberos.
7	Las sustancias químicas tóxicas deben conservarse en áreas frescas y bien ventiladas lejos de fuentes de calor, ácidos, humedad y sustancias oxidantes.

CONTINUA 

	Los envases una vez abiertos deben cerrarse con cinta u otro elemento obturador antes de su colocación en el lugar de almacenamiento
8	Los gases comprimidos pueden almacenarse en espacios abiertos solo si están adecuadamente protegidos de la intemperie y de la luz del sol directa
9	Los gases comprimidos deben almacenarse separados de otros gases en un área bien ventilada por encima del nivel del suelo.
10	Los gases comprimidos deben almacenarse separados de otros gases en un área bien ventilada por encima del nivel del suelo
11	En todas las áreas en las que se almacene productos químicos debe existir un extintor de fuego en buenas condiciones y operable.

Fuente: (NTE INEN 2266:2013, 2013)

- **Clasificación de materiales según su peligrosidad**

Tabla 8.

Clasificación según la Norma NTE INEN 2266: 2013.

CLASE	NOMBRE DE LA CLASE	SUBCLASE	DESCRIPCIÓN DE LAS SUSTANCIAS O PRODUCTOS	PICTOGRAMA RELACIONADO
Clase 1	EXPLOSIVOS	División 1.1.	Sustancias y objeto que presentan un riesgo de explosión en masa	
		División 1.2.	Sustancias y objetos que tienen un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa	
		División 1.3.	Sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio y un riesgo menor de explosión o un riesgo menor de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.	
		División 1.4.	Sustancias y objetos que no presentan riesgo apreciable	
		División 1.5.	Sustancias muy insensibles que tienen un riesgo de explosión en masa.	
		División 1.6.	Objetos sumamente insensibles, que no tienen riesgo de explosión en masa.	

CONTINUA →

Clase 2	GASES	División 2.1.	Gases inflamables	
		División 2.2.	Gases no inflamables, no tóxicos	
		División 2.3.	Gases tóxicos	
Clase 3	LÍQUIDOS INFLAMABLES			
Clase 4	SÓLIDOS INFLAMABLES	División 4.1.	Sólidos inflamables; sustancias de reacción espontánea y sólidos explosivos insensibilizados.	
		División 4.2.	Sustancias que pueden experimentar combustión espontánea.	
		División 4.3.	Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables	
Clase 5	SUSTANCIAS COMBURENTES Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS	División 5.1.	Sustancias comburentes	
		División 5.2.	Peróxidos orgánicos	
Clase 6	SUSTANCIAS TÓXICAS Y SUSTANCIAS INFECCIOSAS	División 6.1.	Sustancias tóxicas	
		División 6.2.	Sustancias infecciosas	
Clase 7	MATERIAL RADIOACTIVO			
Clase 8	SUSTANCIAS CORROSIVAS			

Fuente: (NTE INEN 2266:2013, 2013)

2.3 Variables físicas presentes en la producción de aerosoles.

En el método de llenado a presión, el concentrado se introduce en el envase, éste se cierra y el propelente que es el gas que mezclado con el químico activo conforma el aerosol, se introduce bajo presión a través del orificio de la válvula.

En este caso, deben tomarse medidas para evacuar el aire, aplicando vacío o desplazándolo con una cantidad apropiada de vapor del propelente. Los controles durante el proceso de elaboración incluyen:

- control y peso de llenado de la formulación,
- control de presiones y ensayo de pérdida en el aerosol terminado.

2.3.1 Control y peso de llenado de la formulación

- PROPELENTES

Algunos hidrocarburos empleados como propelentes en aerosoles son altamente inflamables y explosivos es por eso que los sprays OC usualmente vienen en varias concentraciones de 1 %, 5 % y 10 %. Pero debido a las diferentes formulaciones, estos porcentajes no son necesariamente una buena indicación de la efectividad del spray. Un spray de 1 % puede ser tan efectivo o mejor que uno de 5 % o 10 % de concentración. Para ello se debe tomar las precauciones necesarias y realizar la toma de muestra en un lugar ventilado como: (Valdez, 2008)

Se debe tener en consideración que en la línea de producción existe presencia de energía eléctrica por lo que es imposible la utilización de propelentes inflamables, es por esta razón que se debe utilizar gases alternativos, como por ejemplo el gas refrigerante R134a el cual se va a utilizar como propelente para la conformación del aerosol con gas pimienta.

- Temperatura de ebullición aproximada.

El peso del químico activo es de 20gr de capsaicina el cual va a ser medido digitalmente para tener una formulación acorde con y no sea dañino para el ser humano.

2.3.2 Control de presiones y ensayo de pérdida en el aerosol terminado

Las presiones utilizadas en las maquinas durante todo el proceso de fabricación es de 6 bares, pero esta presión tiene tolerancias de acuerdo al suministro de la empresa.

Durante el proceso de presurizado se debe observar cual es la presión de salida del contenedor del gas refrigerante, ya que si existe un excedente en dicha presión puede ocasionar que el envase falle.

Más del 95% de los aerosoles fabricados utilizan gases licuados como propelente, tales como los hidrocarburos (PHC), el dimetil éter (DME) y el 1,1 difluoroetano (152a), pues ofrecen un mejor desempeño para la pulverización del producto en aerosol. Sin embargo, estos gases licuados son inflamables y con el incremento de la temperatura, aumenta su presión de vapor y la dilatación térmica del líquido. (Nolasco, 2014)

El propósito de la prueba de baño con agua caliente es comprobar la hermeticidad y resistencia del envase de un aerosol. (Nolasco, 2014)

Con relación a sus fundamentos normativos, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha establecido a la prueba de baño con agua caliente como un requisito básico para el transporte seguro de los aerosoles. Por esta razón, todas las empresas que operan con esta manufacturación deben cumplir rigurosamente con el mismo. (Nolasco, 2014)

Así mismo la ONU asignó los siguientes parámetros para esta prueba:

1. *“La temperatura del baño con agua y la duración de la prueba deberá ser tal que la presión interna alcance el valor que tendría a 55°C (50°C si la fase líquida no ocupa más del 95% del contenido del aerosol a 50°C). Si el contenido es sensible al calor o los botes de los aerosoles son de plástico que se reblandece a dicha temperatura de ensayo, el calor del baño deberá fijarse entre 20°C y 30°C, pero, además, un aerosol de cada 2 mil deberá someterse a ensayo a la temperatura superior.”* (Nolasco, 2014)
2. *“No deberá producirse fuga alguna o deformación permanente de un aerosol, excepto en los de plástico que pueden deformarse o reblandecerse a condición de que no haya fugas.”* (Nolasco, 2014)

De acuerdo a los parámetros asignados por la ONU, es necesario comunicar la máquina que realiza toda la línea de producción con la piscina de control de calidad en la cual se debe realizar un sistema automático de llenado y vaciado cada semana, además del control de temperatura y control de nivel de agua.

2.4 Layout de líneas industriales.

Las instalaciones de una organización no solo son el espacio físico donde se localiza, sino también el lugar donde se desenvuelve y se lleva a cabo el proceso productivo de la misma. De ahí lo importante de que cada decisión que sea tomada en cuanto al diseño y distribución de la empresa, sea el adecuado.

2.4.1 Objetivos del Layout.

Minimizar:

- La inversión en el equipo y en el tiempo total de producción
- Los costos del manejo de materiales
- Los tipos de equipo para manejo de materiales

Así como:

- Utilizar el espacio existente de la manera más eficiente
- Proveer seguridad y confort a los empleados
- Facilitar el proceso de manufactura
- Facilitar la estructura organizacional

2.4.2 Diseño de instalaciones.

El diseño de instalaciones es un paso importante que sirve para establecer una relación física entre actividades, abarca componentes de diseño y análisis, el diseño final de la distribución de una planta se construirá a partir del flujo de trabajo, el cual es el que determina los formatos para la distribución. Corresponde a tres tipos básicos, distribución por producto, distribución por proceso, distribución de posición fija.

a) Distribución por producto

Conocida originalmente como cadena de montaje, organiza los elementos en una línea de producción de acuerdo con la secuencia de operaciones que hay que realizar para llevar a cabo la elaboración de un producto concreto, esto se puede visualizar en la Fig. 6.

Se muestra como ejemplos de distribución por producto el embotellado de gaseosas, la manufactura de aerosoles, el montaje de automóviles y el enlatado de conservas.

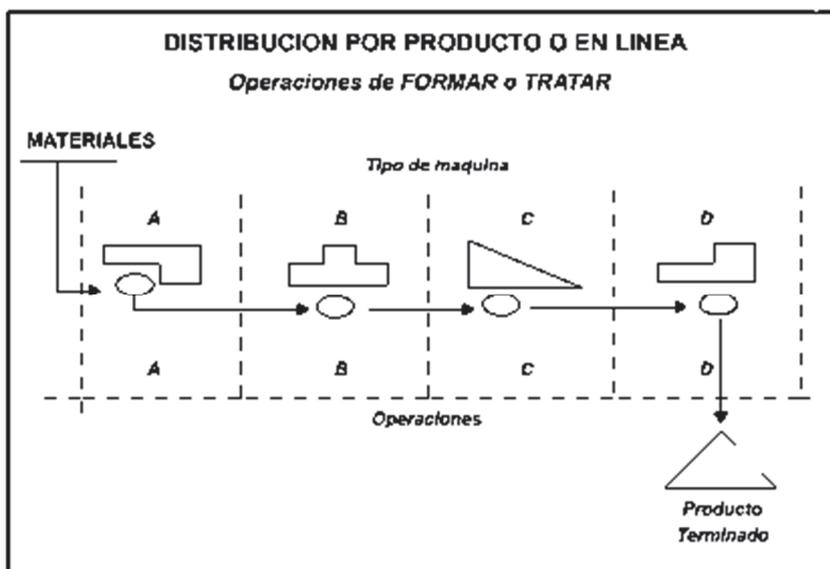


Figura 6. Layout por distribución por producto o en línea.

Fuente: (Valdez, 2008)

Al realizar el análisis para seleccionar el tipo de distribución de layout que se requiere implementar en las instalaciones de la empresa, se selecciona una línea de manufactura por producto, esto en base a que se requiere la fabricación de aerosoles con gas pimienta, lo que implica la utilización de un conjunto de maquinarias en línea o acciones específicas relacionadas y secuenciales que permitan la consecución del producto terminado; esto se muestra en la Fig. 7 donde la maquinaria que se implementará en Santa Bárbara sigue procesos secuenciales y ordenados.



Figura 7. Máquina de producción de aerosoles de gas pimienta que se implementará en Santa Bárbara.

Además este tipo de distribución es acorde con las instalaciones con que cuenta la empresa.

A continuación se muestra en la Fig. 8 la distribución del layout que se implementará en las instalaciones de Santa Bárbara.

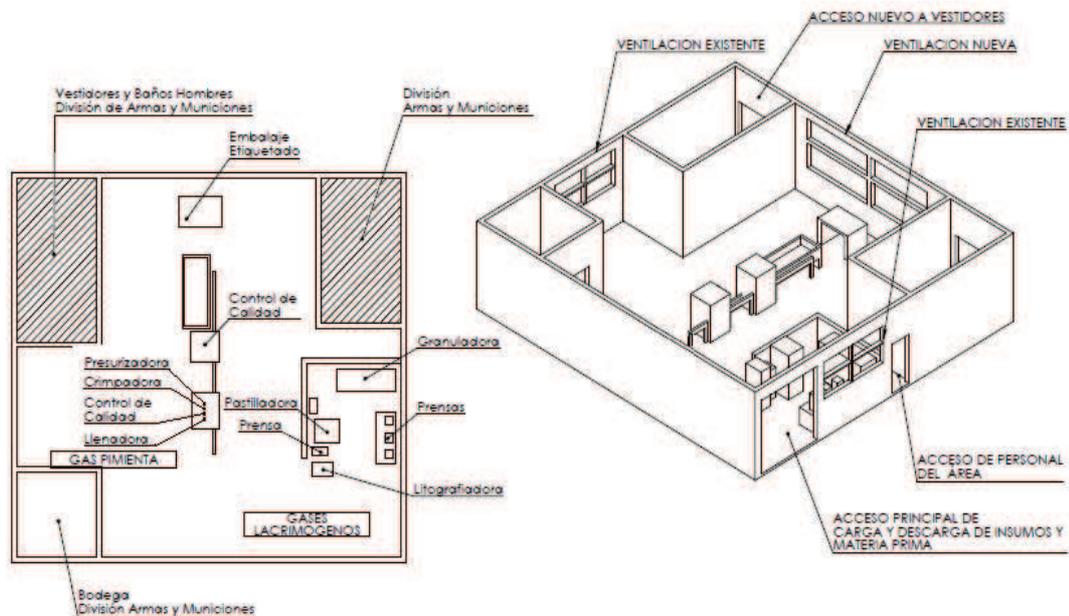


Figura 8. Layout de la planta de producción de aerosoles de gas pimienta que se implementará en Santa Bárbara.

b) Distribución por proceso

De acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas, una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación.

La técnica más común para obtener una distribución por proceso, es acomodar las estaciones que realizan procesos similares de manera que se optimice su ubicación relativa, en muchas instalaciones, la ubicación óptima implica colocar de manera adyacente las estaciones entre las cuales hay gran cantidad de tráfico.

Para optimizar se minimiza los costos de movimientos interdependientes, o sea minimizar el costo de manejo de materiales entre estaciones.

La distribución por proceso no fue seleccionada para la implementación de la planta industrial, por no cumplir las características de manufactura que

se necesita, por ejemplo la fabricación de aerosoles implica procesos de maquinaria que cumplan acciones secuenciales utilizando el menor espacio físico.

c) Distribución de posición fija

Esta distribución se refiere que el producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto.

Esta distribución es imposible aplicar a la planta de producción de aerosoles por ser una planta de producción secuencial y el producto va de estación en estación hasta convertirse en producto terminado.

2.4.3 Capacidad de producción.

Se dice que la capacidad de producción o capacidad productiva es el nivel máximo de actividad que puede alcanzar una estructura productiva. Su estudio es fundamental para la gestión empresarial, ya que permite analizar si se le está dando el uso adecuado a cada uno de los recursos en la organización y si existe oportunidad de optimizarlos. La capacidad productiva se expresa en diversas unidades tales como:

- Toneladas/mes
- Volumen diario
- Unidades por periodo de tiempo
- Horas/hombre

Para un análisis de producción que se requiere implementar en la línea de producción de aerosoles se utiliza las unidades de volumen diario, es decir que se toma como referencia la cantidad de aerosoles producidos por unidad de tiempo, este puede ser diario, semanal, mensual, anual.

Para realizar un análisis lo más objetivo posible, se debe tomar en cuenta la capacidad de producción de la maquinaria, la capacidad de la empresa en brindar los requerimientos energéticos que requiere la maquinaria como por ejemplo, electricidad, aire comprimido, gas refrigerante, así mismo la capacidad de la empresa en el abastecimiento de materia prima como por ejemplo: envases, válvulas, actuadores, etiquetas, capsaicina, gas refrigerante R134a, cajas de almacenamiento.

CAPITULO 3 DISEÑO MECATRÓNICO

3.1 Diseño de los componentes mecánicos.



Figura 9. Modelo de Diseño Mecánico

El Diseño Mecánico comienza con los objetivos propuestos, plan y agenda de trabajo y asesorías técnicas para obtener parámetros de diseño aceptables para desarrollar soluciones en los dimensionamientos mecánicos.

A partir de estas soluciones se procederá al dimensionamiento de actuadores y rodamientos, al análisis de elementos críticos del diseño y al análisis de movimiento;

todo esto con la ayuda de un simulador CAD-CAE (Solidworks) y así finalizar con resultados resumidos en tablas técnicas.

3.1.1 Diseño de los Transportadores Giratorios.

- **Modelo Solución:**

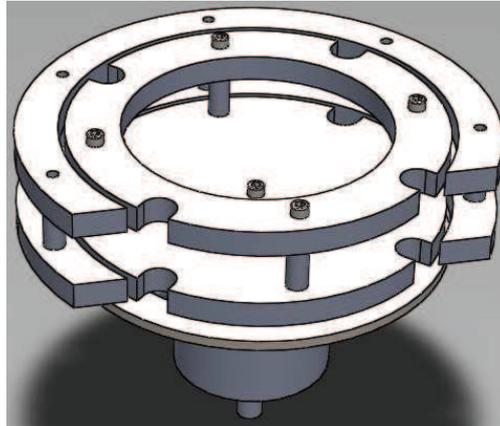
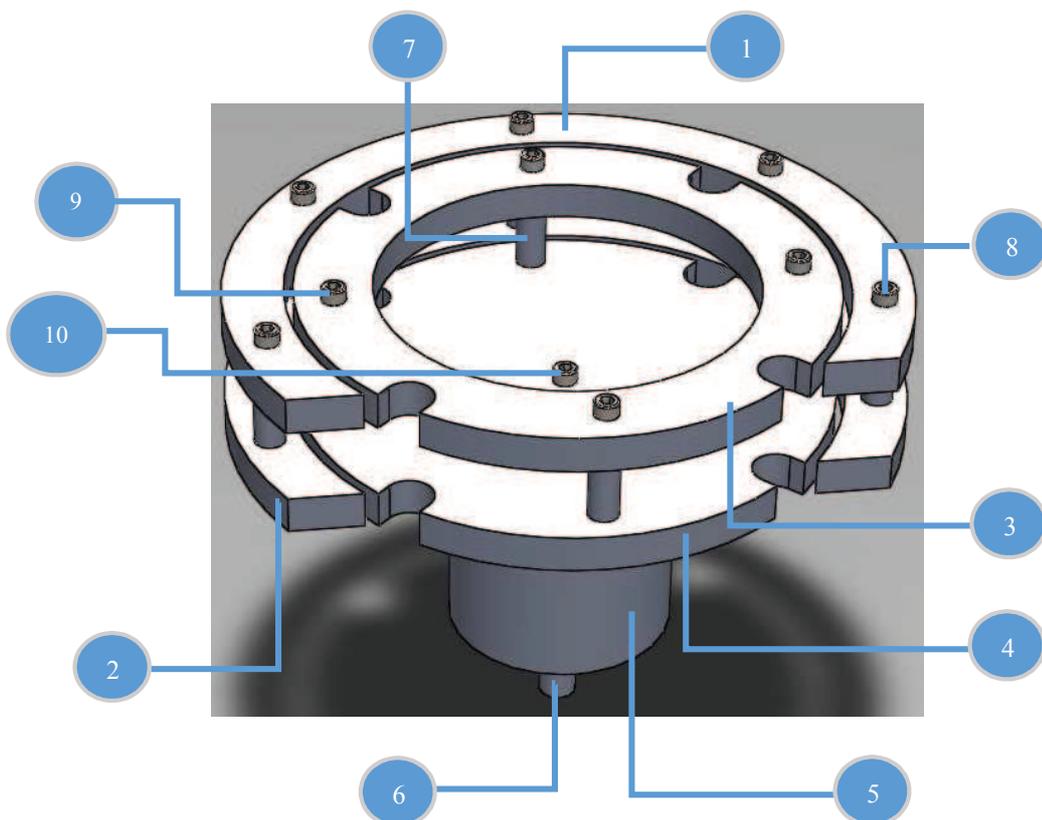


Figura 10. Planteamiento de modelo solución para transportadores giratorios.

De los objetivos propuestos, plan y agenda de trabajo y asesorías técnicas se concluye que el modelo planteado en la Figura 10 es aceptable con lo cual se puede seguir con el desarrollo del mismo, cabe mencionar que el diseño propuesto es para las dos estaciones de manufactura.



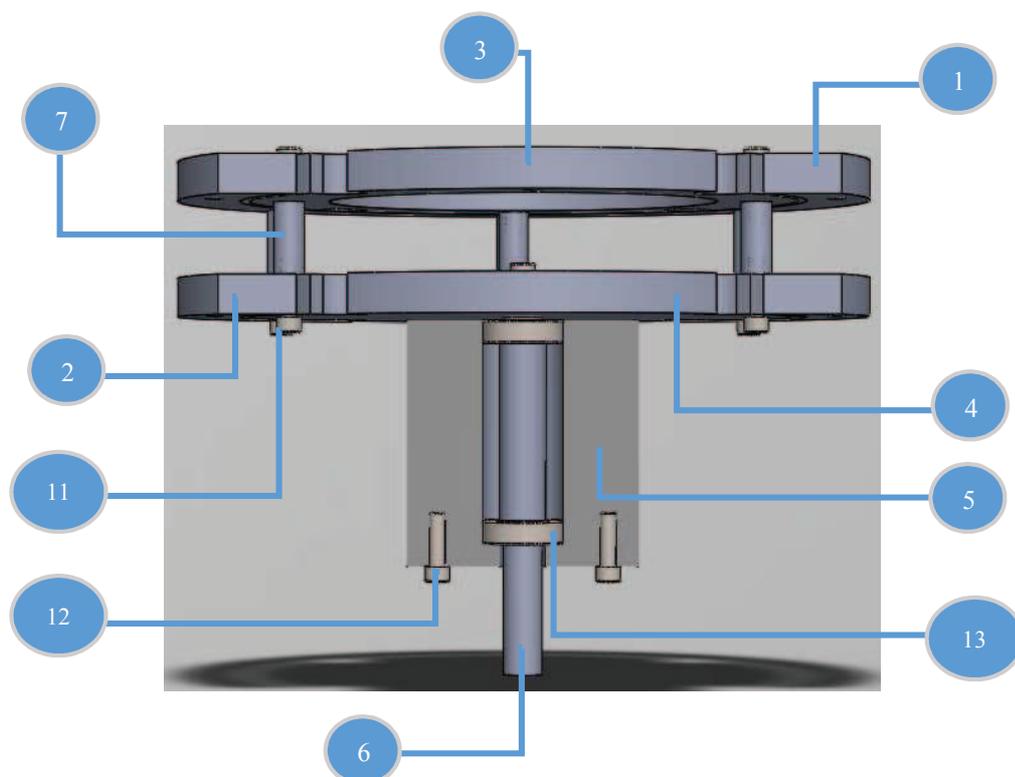


Figura 11. Transportador Giratorio

A continuación se detalla en una tabla la cantidad de componentes utilizados en cada transportador giratorio.

Tabla 9.

Detalle de componentes de cada transportador giratorio.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1-2	GUIA-DISCO-GIRATORIO	2
3	ACOPLE-DISCO-GIRATORIO	1
4	DISCO-GIRATORIO	1
5	BOCIN	1
6	EJE	1
7	UNIONES-GUIA-DISCO	9
8-9-10-11-12	Tornillo M-10 x 1,5 x 40	21
13	Rodamiento SKF-7205-BE	2

El modelo presentado en la Figura 10. Transportador Giratorio, presenta ranuras en las cuales ingresará el envase del Gas irritante el cual será alimentado por la banda

transportadora, este a su vez gira 90 grados para movilizar el envase y colocar en cada estación de trabajo.

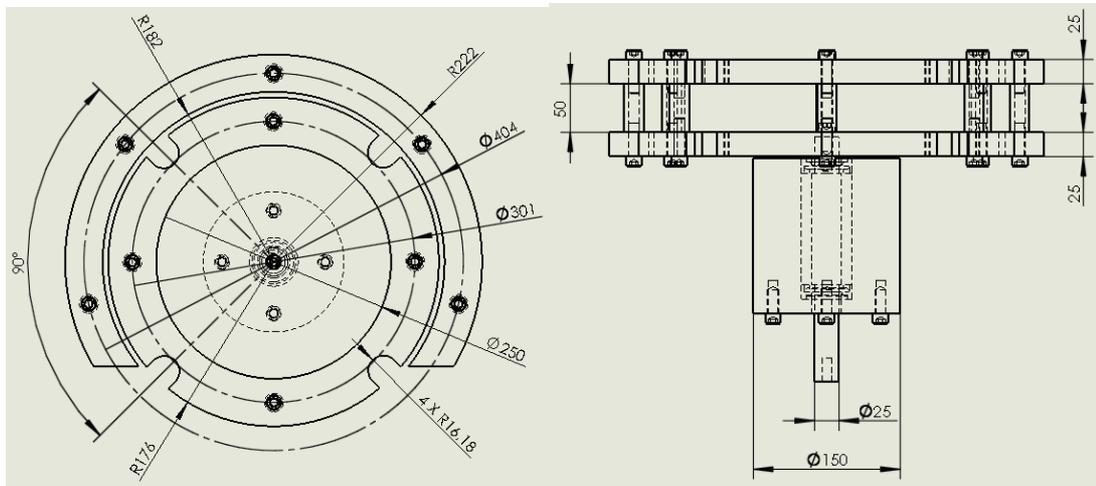


Figura 12. Detalle Geométrico del Transportador Giratorio

3.1.1.1 Dimensionamiento Mecánico.

- **Geometría del Disco Transportador**

Para establecer la geometría del disco Transportador tenemos que encontrar una estrella con un número de dientes que permita:

- Acomodar entre sus dientes el diámetro del envase y
- Colocar al envase en cada estación de trabajo.

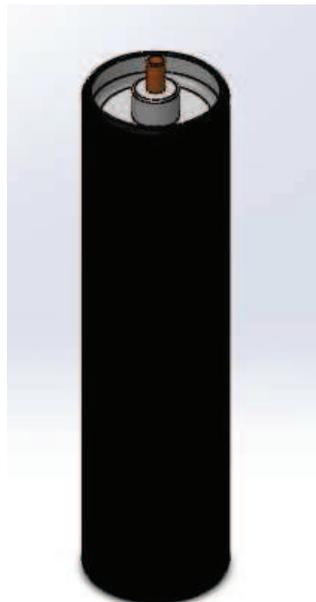


Figura 13. Envase para gas irritante.

Tabla 10.

Propiedades del envase para gas irritante

No.	PROPIEDADES FÍSICAS	
1	DIAMETRO [mm]	32,35
2	ALTURA [mm]	127
3	PESO [gr.]	38,6
4	MATERIAL	Aluminio extruido sin fisuras
5	PRESION DE SOPORTE [PSI]	140

Con los datos del envase procedemos a establecer la geometría del disco rotatorio.

- B: Angulo entre cavidades.
- N: Número de cavidades

$$B = \frac{360^\circ}{4}$$

$$B = 90^\circ$$

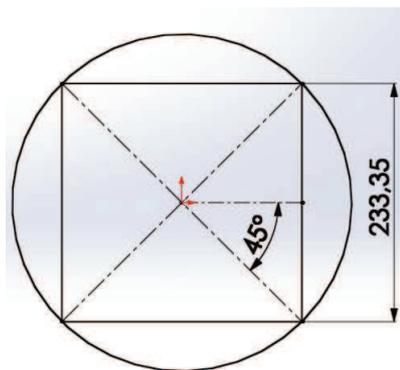


Figura 14. Geometría de partida para disco giratorio

- r: Radio de disco giratorio.

$$r = \frac{\frac{233,35}{2}}{\sin 45}$$

$$r = 165 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 330$$

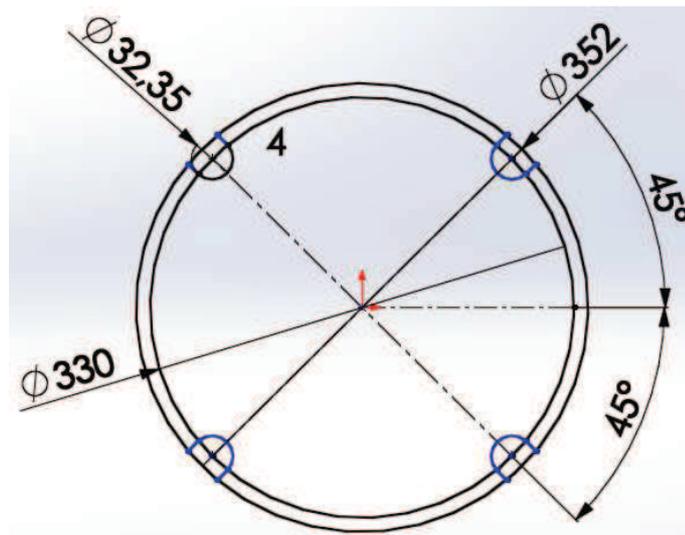


Figura 15. Geometría establecida para disco giratorio.

- **Dimensionamiento del elemento crítico.**

El punto crítico para el Transportador Giratorio es la deformación que el eje pueda llegar a tener debido a las cargas sobre cada pieza de ensamble, para ello el diseño contemplara una carga mayor con el fin de detallar el limite permisible sobre el eje.



Figura 16. Cargas aplicadas al eje de transmisión.

Tabla 11.

Especificación de cargas aplicadas al eje.

No.	CARGAS APLICADAS AL EJE	
1	TOQUE DE MOTOR [Kg-cm]	8,5
2	PESO DE DISCOS [Kgf]	40,1
3	FUERZA AXIAL GENERADA POR RODAMIENTOS [Kgf]	48

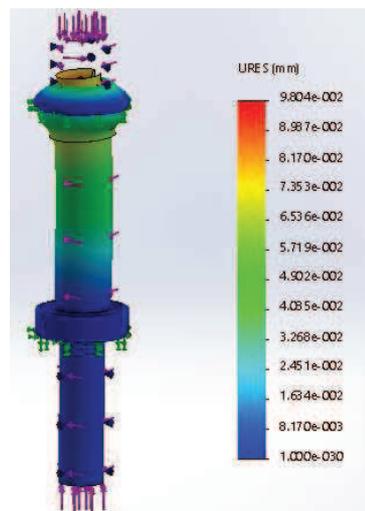


Figura 17. Análisis FEA – Deformación por cargas sobre eje

En base al análisis de Elementos Finitos (Figura 17. Análisis FEA – Deformación por cargas sobre eje) podemos aseverar que la deflexión máxima que se genera es de $\delta = 9,8 \times 10^{-2} mm$. Con el mismo análisis se encontró que el factor de seguridad ante esfuerzos es aproximadamente 8,95 siendo este el factor de seguridad más bajo del eje.

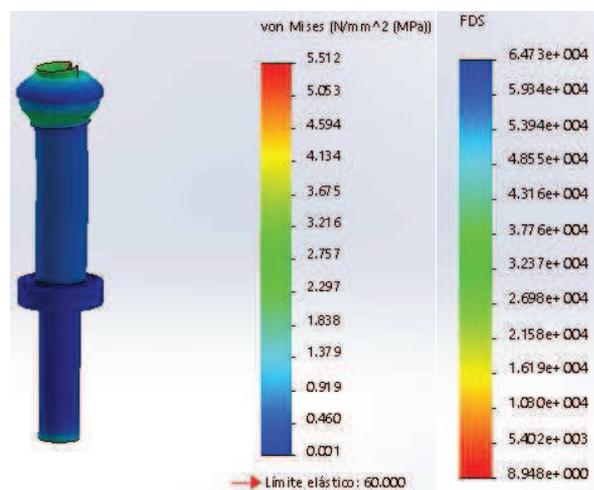


Figura 18. Análisis FEA – Grafica de esfuerzos según Von Mises.

3.1.2 Estructura de cabina hermética

El diseño de la cabina hermética es una parte fundamental e importante de la máquina, la cabina debe brindar todas las seguridades necesarias para evitar, fuga o contaminación del entorno de trabajo, además existen otros factores que deben ser considerados para el diseño de la cabina hermética.

- Factor de seguridad de 3 como mínimo para garantizar la seguridad de los operarios y trabajadores, que se encuentren en el entorno de trabajo.
- Brindar seguridad hermética, tal que no exista fugas de gases.
- Brindar comodidad para los usuarios.

Para el desarrollo del diseño de la cabina hermética se toma en cuenta, el dimensionamiento y geometría de la estructura metálica de la cabina, determinación de cargas que actúan sobre la cabina, tipo de recubrimiento y hermeticidad para la cabina.

a) Dimensionamiento y geometría de la estructura metálica de la cabina

Para poder dimensionar adecuadamente la cabina de debe tener en cuenta ciertas recomendaciones que se detallan a continuación:

- El peso equivalente que debe soportar la cabina es aproximadamente 100 kg.
- La cabina debe ser diseñada de tal manera que debe soportar, las cargas de peso, cargas ocasionadas por presiones de aire, movimientos de los transportadores giratorios, cargas por la fuerza de los pistones de los diferentes módulos que conforman la máquina.
- La cabina debe ser diseñada, para que los movimientos de los diferentes módulos que conforman la maquina tengan suficiente espacio para su normal funcionamiento.

b) Dimensionamiento y geometría de la cabina hermética

Cumpliendo las recomendaciones anteriores se han planteado las siguientes dimensiones de la cabina:

- Largo: 1500mm
- Ancho: 1500mm
- Altura: 2000mm

Una vez definidas las dimensiones de la cabina, se puede tratar de buscar una adecuada configuración geométrica de la estructura metálica para la cabina hermética, la geometría de la estructura de la cabina se muestra en la Figura 18.



Figura 19. Geometría de la cabina hermética.

c) Determinación de material para construcción de la cabina hermética

Se realiza una simulación de elementos finitos para definir si el material seleccionado es idóneo para la utilización en la construcción de la cabina hermética, se usa el software SolidWorks.

Se presenta a continuación la tabla donde se encuentra los valores usados para la simulación y comprobación de material.

Tabla 12.

Valores usados para la determinación de material a usarse en la construcción de la cabina hermética.

No.	VALORES USADOS	
1	MATERIAL	Acero ASTM 36
2	FUERZAS DISTRIBUIDAS EN ESTRUCTURA [N]	1000
3	FUERZAS PUNTUALES DE APOYO EN SUELO [N]	1500

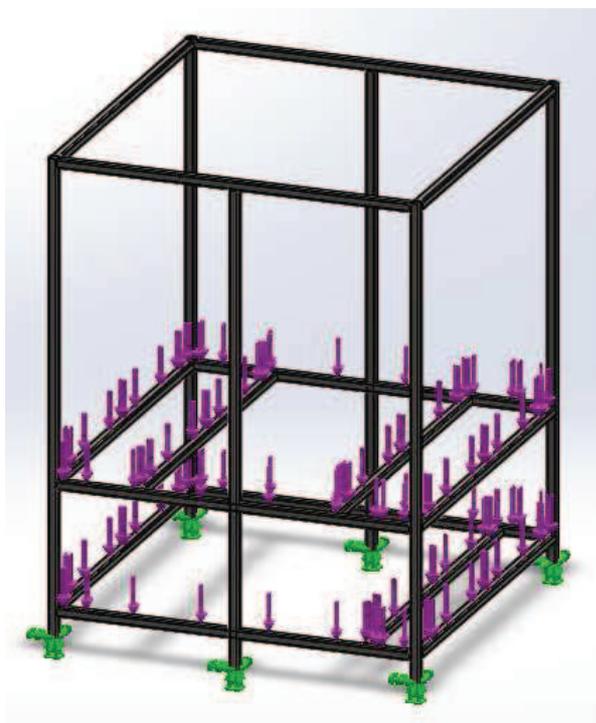


Figura 20. Distribución de fuerzas en cabina hermética.

Según valores obtenidos de la simulación, se puede comprobar que el material, geométrica y dimensionamiento de la estructura es idónea para la construcción de la misma.

d) Sujeción de perfiles metálicos que conforman la estructura hermética

Se debe mencionar que la sujeción de los perfiles que conforman la estructura metálica se realiza con cordones de soldadura.

El tipo de soldadura seleccionado es la soldadura con electrodo metálico revestido, donde es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, pudiendo afirmarse sin titubeos que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en gran parte a este sistema.

La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación. El operario establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar (llamada trabajo), con lo que se inicia un flujo de corriente, posterior se retira ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

En la Figura 20 se muestra las partes que conforman la soldadura con electrodo metálico revestido.

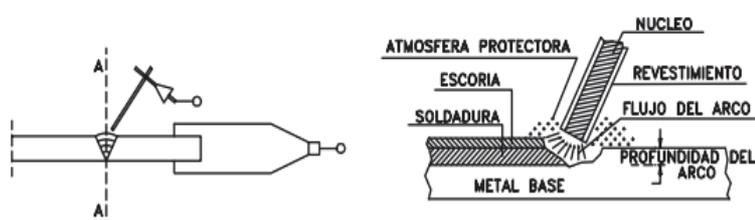


Figura 21. Soldadura con electrodo metálico revestido.

Fuente: (Solá, 2008)

Bajo estos parámetros, se emplea para la sujeción de los perfiles metálicos de la estructura y para la sujeción de las paredes que conforman la cabina hermética.

En la Figura 22 se muestra los cordones de soldadura que se emplean para la sujeción.

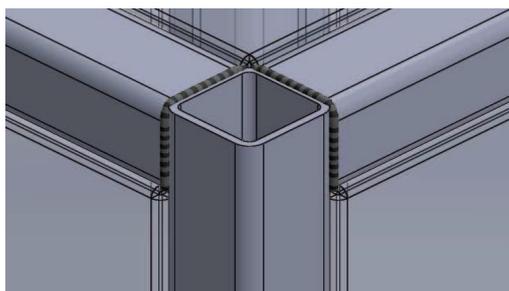


Figura 22. Cordón de soldadura empleado en sujeción de la estructura.

e) Diseño interior y exterior de la cabina hermética

Después de construir la estructura de la cabina hermética, se requiere seleccionar el material para las paredes y bases de la cabina, esto se sintetiza en los siguientes puntos donde se indica la parte a diseñarse y las características y propiedades que debe tener el material a usarse.

- Paredes Laterales

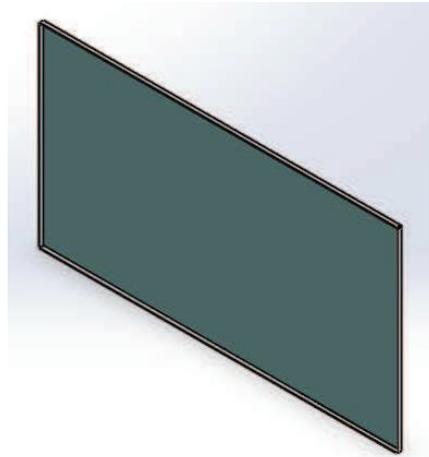


Figura 23. . Placa de PVC cristal para pared lateral

Tabla 13.

Características y propiedades del material.

No.	VALORES USADOS	
1	MATERIAL	PVC Cristal
2	TEMPERATURA MAX DE UTILIZACION [C]	50-80
3	TENSION DE ROTURA A TRACCION [Kg/cm ²]	>500
4	ESPESOR [mm]	5
5	LONGITUD (PLANCHAS) [mm]	2000x1000

- Paredes Frontales y Posteriores

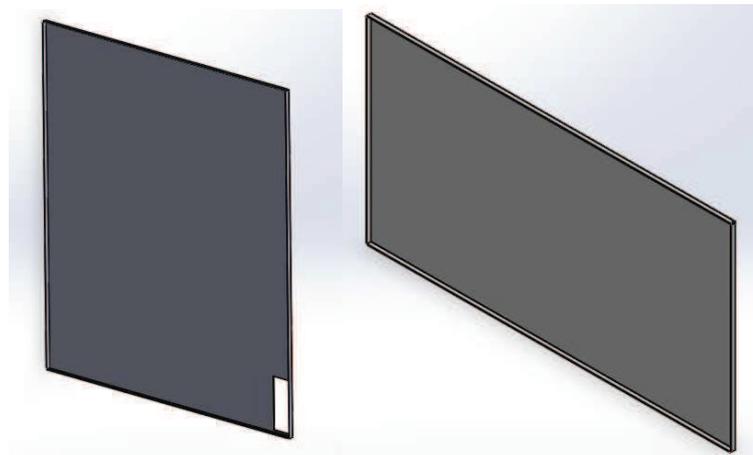


Figura 24. Placas de acero inoxidable para paredes frontales y posteriores

Tabla 14.

Características y propiedades del material.

No.	VALORES USADOS	
1	MATERIAL	Acero Inoxidable
2	RESISTENCIA ULTIMA A LA TRACCION[N/mm ²]	540-750
4	ESPESOR [mm]	8
5	LONGITUD (PLANCHAS) [mm]	2000x1000

- Base inferior

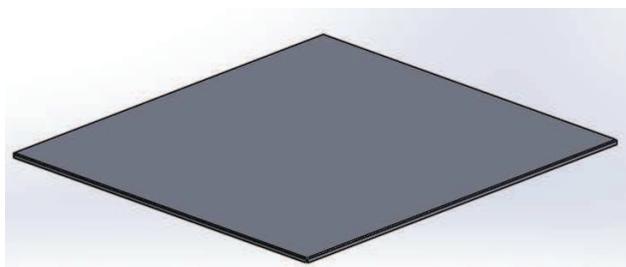


Figura 25. Placa de acero ASTM 36 para base inferior

Tabla 15.

Características y propiedades del material.

No.	VALORES USADOS	
1	MATERIAL	Acero ASTM 36
2	RESISTENCIA ULTIMA A LA TRACCION[N/mm ²]	550
4	ESPESOR [mm]	5
5	LONGITUD (PLANCHAS) [mm]	2000x1000

- Mesa y Cubierta

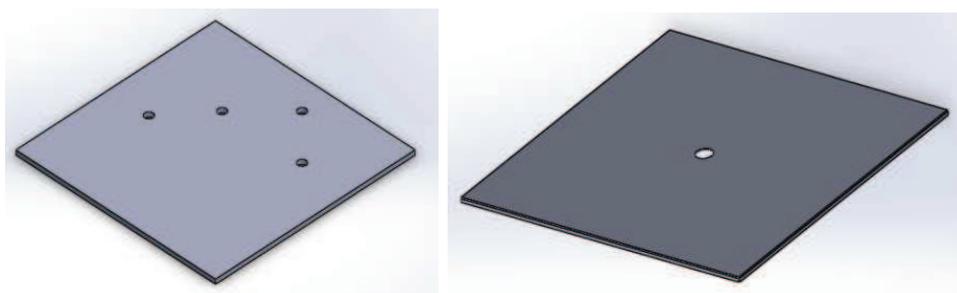


Figura 26. Placa de acero ASTM 36 para mesa y cubierta

Tabla 16.

Características y propiedades del material.

No.	VALORES USADOS
1	MATERIAL Acero Inoxidable
2	RESISTENCIA ULTIMA A LA TRACCION[N/mm2] 540-750
4	ESPESOR [mm] 8
5	LONGITUD (PLANCHAS) [mm] 2000x1000

Después de seleccionar el material, dimensionar los elementos se muestra a continuación en la Figura 26 el diseño ensamblado de la cabina hermética.



Figura 27. Estructura de cabina hermética.

f) Ensamblaje total de máquina de producción de gas irritante

A continuación se muestra en la Figura 27 el ensamblaje de las sub maquinas que conforman la línea de producción de gas irritante, se debe mencionar que para la sujeción de las sub maquinas se utiliza elementos de sujeción y cordones de soldadura para asegurar a la cabina hermética.



Figura 28. Máquina de producción de gas irritante.

3.1.3 Sistema de Extracción de gases

Para el diseño del sistema de extracción de gases irritantes será necesario basarse en las dimensiones del conducto, trabajo a realizar y el tipo de ventilación, para ello tenemos algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta: (Soler&Palau, 2015)

- Tipo de actividad: Cabina hermética para manufactura de gas irritante.
- Volumen de la cabina (V): $1,5\text{ m} * 1,5\text{ m} * 1\text{ m} = 2,25\text{ m}^3$.
- Num. de renovaciones de aire por hora (N):

Mínimo: 40 ren/hora .

Máximo: 60 ren/hora .

Seleccionamos la máxima.

- Calculo del caudal: $Q = V * N$

$$Q = 2,25\text{ m}^3 * 60 \frac{\text{ren}}{\text{h}}$$

$$Q = 135 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Velocidad del aire para lugares cerrados: 8 m/s .
- Tipo de Ventilación: Localizada.

Obtenido el caudal y velocidad del aire buscaremos la intersección en la Figura 29 proporcionado por el catálogo de la empresa Soler&Palau para deducir el diámetro de los conductos de aire que formarán el sistema de extracción. (Soler&Palau, 2015)



Figura 29. Selección de diámetro del conducto.

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

De acuerdo al análisis de la Figura 29 deducimos que el diámetro mínimo del conducto de extracción es de 78 mm pero aproximaremos a 80 mm para tener un factor de seguridad más seguro, también obtenemos el coeficiente de pérdida en tramos rectos para conductos rígidos de $\eta = 1,4$ por metro.

De forma práctica podemos transformar el conducto circular a rectangular usando la Figura 30 obtenida de los catálogos de Soler&Palau.

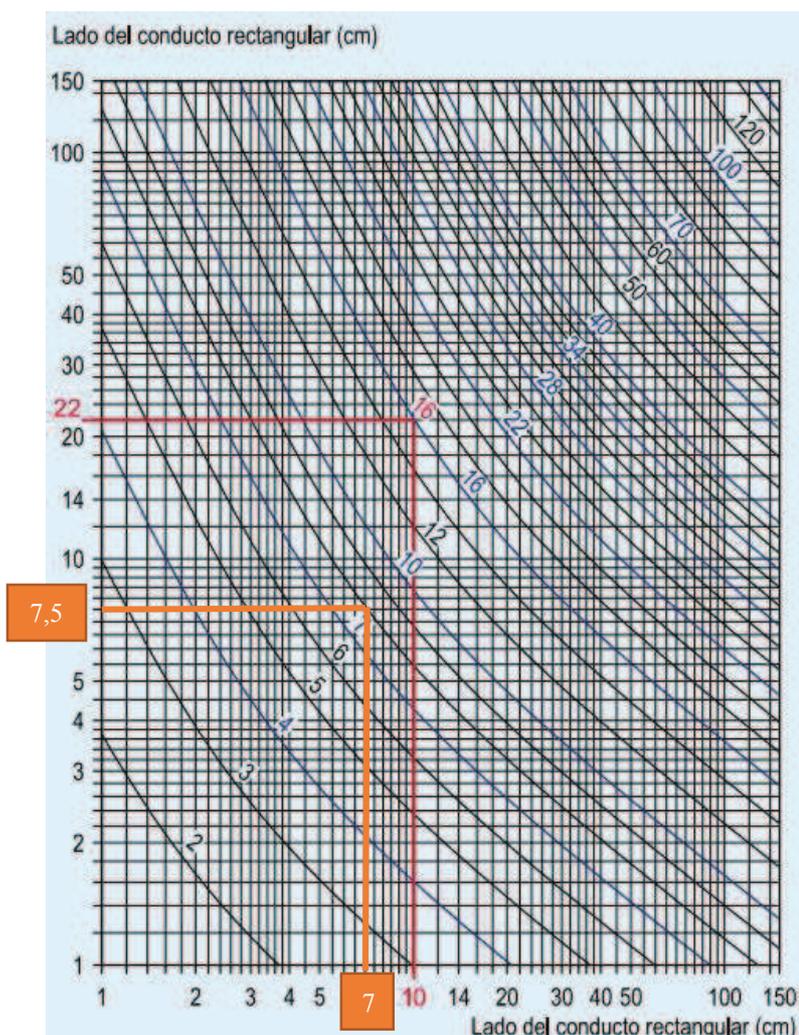


Figura 30. Diámetro equivalente de un conducto rectangular

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

Con esta transformación tenemos un ducto rectangular de 7,5 x 7 cm, además si en la estructura que forma el canal de extracción presenta algunos dobleces se deberá tener en cuenta la pérdida de presión que se basa en la siguiente formula: (Soler&Palau, 2015)

$$\Delta P = \eta \times Pd \text{ (mm c. d. a.)}$$

Donde:

Pd: Presión dinámica [mm c. d. a]

η : coeficiente de perdida de carga

La presión dinámica (*Pd*) obtenemos de la Figura 31 del catálogo Soler&Palau en donde intersecamos los datos de caudal y diámetro.

- $Q = 135 \frac{m^3}{h}$
- $\phi = 8 \text{ cm}$

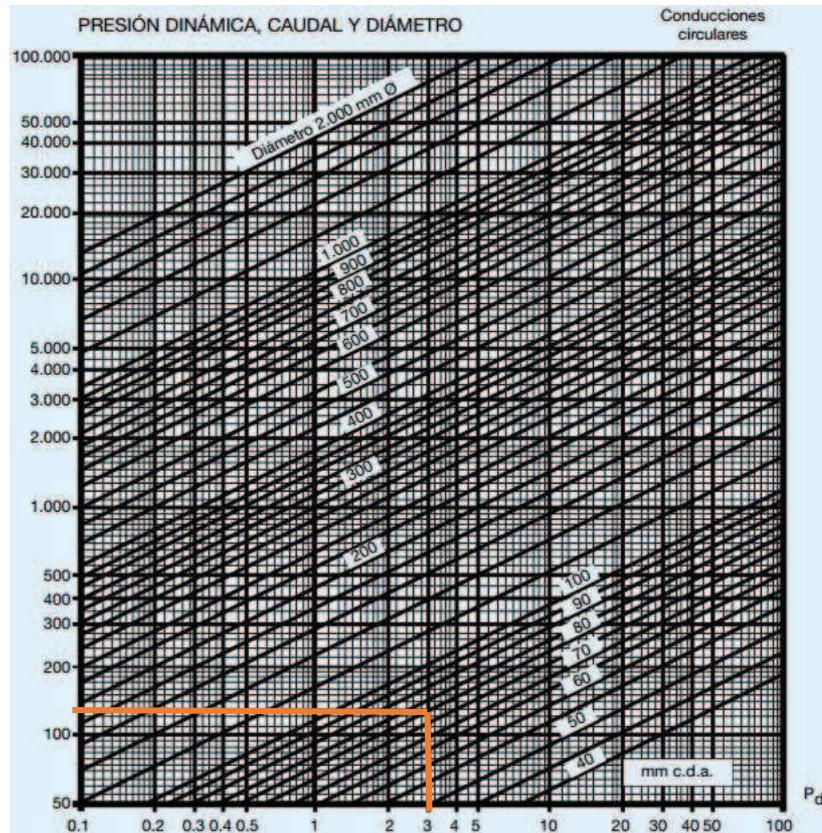


Figura 31. Obtención de la presión dinámica

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

Con esta intersección tenemos una presión dinámica $Pd = 3 \text{ mm c. d. a.}$ (milímetro de columna de agua); para tener una idea, 1 mm c.d.a equivale a 9,81 Pa.

El coeficiente de pérdida de carga (η) obtenemos de la Figura 32 del catálogo Soler&Palau en donde usaremos un radio de curvatura del codo igual al diámetro del conducto (8 cm) y un lado de la sección rectangular (7 cm).

$$\frac{R}{A} = \frac{8}{7} = 1,14$$

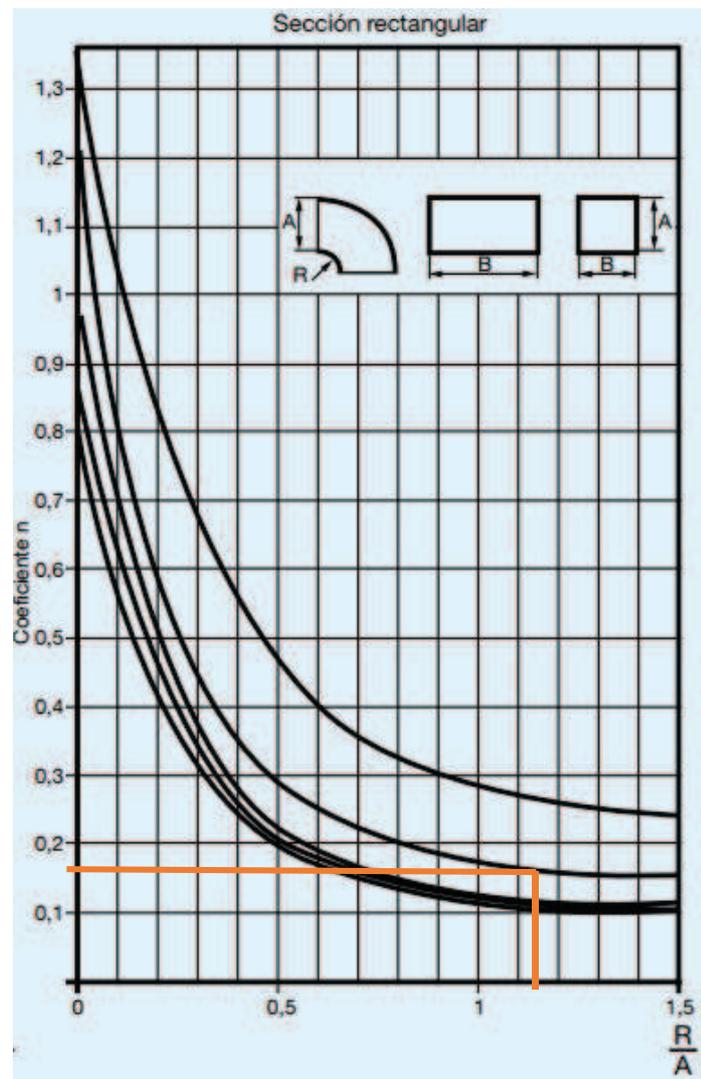


Figura 32. Obtención del coeficiente de pérdida

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

El coeficiente de pérdida de carga en codos obtenido a partir de la figura es $\eta = 0,17$.

Para deducir la pérdida de carga de los tramos rectos necesitamos del plano del Layout para saber cuántos metros de longitud existen desde la cabina hermética hasta la pared por donde va a salir el conducto.

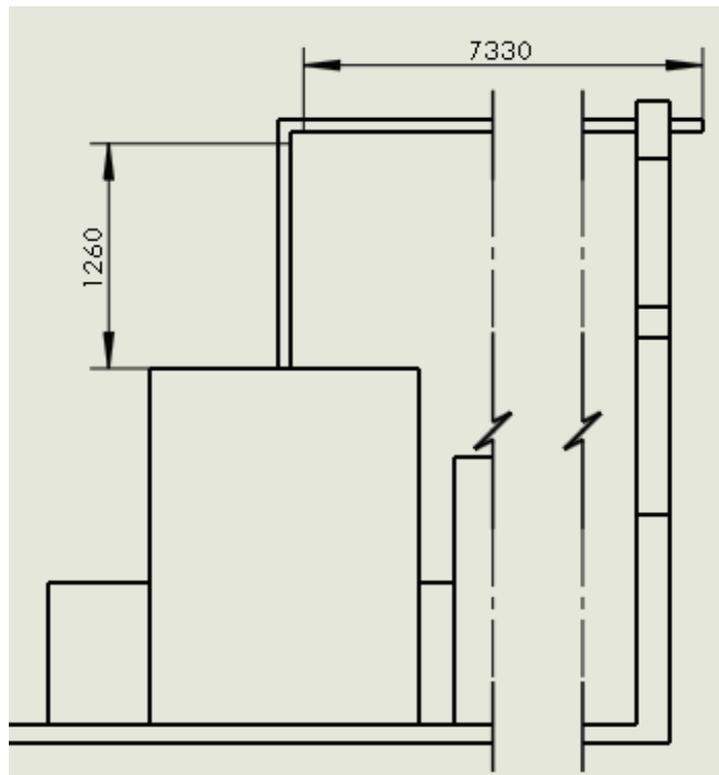


Figura 33. Plano del conducto obtenido del Layout.

La pérdida de carga para los tramos rectos por metro lineal es: (Soler&Palau, 2015)

$$\Delta Pt_1 = \text{Long. Conducto (m)} * \text{Perdida de carga en tramos rectos/m}$$

$$\Delta Pt_1 = (1,26 + 7,33) * 1,4$$

$$\Delta Pt_1 = 12,03 \text{ mm c. d. a.}$$

La pérdida por codos encontramos con la fórmula propuesta anteriormente:

$$\Delta Pt_2 = \eta x Pd \text{ (mm c. d. a.)}$$

$$\Delta Pt_2 = 0,17 * 3$$

$$\Delta Pt_2 = 0,51 \text{ mm c. d. a.}$$

La pérdida de carga total de la instalación resulta ser:

$$\Delta Pt = Pt_1 + Pt_2 = 12,03 + 0,51 = 12,54 \text{ mm c. d. a.}$$

Así pues, el extractor de aire a escoger debe ser capaz de vehicular $135 \text{ m}^3/\text{h}$ a través de un sistema que presenta unas pérdidas de $12,54 \text{ mm c. d. a.}$

Utilizando el programa online (Easyvent) de la empresa Soler&Palau nos guiaremos en la selección del extractor ideal, cabe mencionar que se debe ingresar datos como:

- Hertz: 60 Hz
- Caudal: 135 m³/h
- Presión de pérdida de carga total: 12,54 mm c. d. a. ó mmwg
- Condiciones del aire donde operará el extractor: (Sangolquí)
Densidad: 0,9537 Kg/m³
Altitud: 2550 msnm
Temperatura: 23 °C

Figura 34. Programa de selección de extractores de la empresa Soler&Palau.

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

El equipo que cumple con todos los requerimientos mencionados anteriormente es un ventilador centrífugo 5BS-700 que presenta las siguientes características:

Tabla 17.

Características técnicas del extractor 5BS-700

No.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
1	MODELO	5BS – 700
2	VELOCIDAD [RPM]	1450
3	POTENCIA [W]	80
4	VOLTAJE [V]	120
5	INTENSIDAD [A]	0,31
6	CAUDAL DE DESCARGA [m ³ /hr]	200
7	PRESIÓN SONORA [dB (A)*]	64
8	PESO APROX. [kg]	3

* Nivel sonoro medido de acuerdo a las normas AMCA 300/05 y 301/05

Fuente: (Soler&Palau, 2015)

3.1.4 Selección de actuadores neumáticos

El actuador neumático vertical es el mismo para todas las sub estaciones de la línea de manufactura, ya que en teoría todos cumplen con un proceso el cual se emplea el movimiento vertical.

El actuador neumático (cilindro) debe tener las siguientes características

- Debe tener bloqueada la posibilidad de giro del vástago.
- El vástago debe soportar el momento flector provocado por el hecho eventual que se produzca rozamiento o choque entre el vástago y los envases.
- Su longitud de carrera debe ser mayor que la altura de los envases, con el fin de que su trabajo se realice de una forma óptima.

Para responder adecuadamente a las dos primeras características se va a elegir un actuador con guías, estas ayudan a soportar el momento flector y evitan el giro del vástago, respecto a la longitud de carrera, se va a elegir la primera longitud normalizada mayor que los 40mm que tienen los envases.

Se va a realizar el análisis de selección en base al momento más desfavorable que es cuando el vástago del cilindro sube, es decir a la entrada del vástago del cilindro.

En la Figura 35 se muestra el esquema del cilindro que se va a usar y la Tabla 18 en donde se presenta los datos iniciales para la selección del actuador neumático.

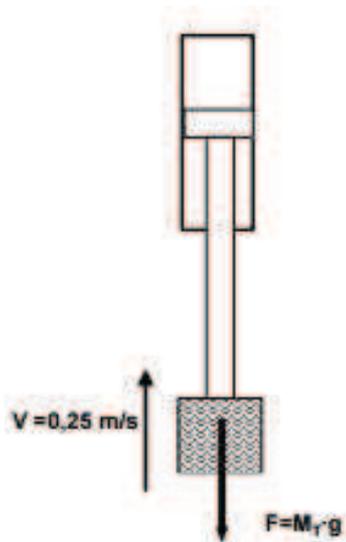


Figura 35. Cilindro de movimiento vertical.

Fuente: (Teja, 1995)

Tabla 18.

Características técnicas del cilindro neumático.

1	Fuerza necesaria para realizar el trabajo	$F=m \cdot g$	$F=1,242 \cdot 9,8=12,2N$
2	Factor de carga	0,7 para aceleraciones normales	0,7
3	Rendimiento interno del cilindro por rozamiento de las juntas	Entre 0,8 y 0,9 se puede ver en catálogos comerciales	0,9
4	Presión manométrica en el cilindro		6 bar
5	Fuerza teórica en el cilindro	$F_t=F/\lambda \cdot \mu=A \cdot p$	$F_t=12,2/0,7 \cdot 0,9=19,3N$

El caso más desfavorable es el de la subida, es decir a la entrada del vástago del cilindro. Faltaría sumar el peso propio vástago y las guías que en este caso no se puede despreciar así que se debe hacer una selección bajo nuestro criterio, porque dependiendo el diámetro que se elija el peso varia.

Tabla 19.

Relación Diámetros vs Fuerza en cilindro neumático.

Fuerzas [N]										
Diámetro del émbolo [mm]	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica a [6 bar]	68	121	188	295	482	754	1178	1870	3016	4712
Avance										
Fuerza teórica a [6 bar]	51	90	141	247	415	686	1057	1750	2827	4418
Retroceso										

En el caso del embolo de 12mm la fuerza teórica a 6 bar de presión en la subida es de 51 N que es bastante superior a los 19,3 N necesarios. Falta por contabilizar la masa móvil del actuador pero como se ve en el cuadro inferior es de 230g por lo que el actuador queda sobredimensionado.

Se debe comprobar que el actuador es capaz de amortiguar la energía cinética que existe durante el movimiento.

Para realizar la comprobación del amortiguamiento de la carga se calcula la energía cinética a disipar.

$$m = 1,242 + 0,230 = 1,472g$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1,472kg \cdot (0,25 m/s)^2}{2} = 0,046j$$

El actuador elegido puede amortiguar 0,09 J así que es apto para trabajar a esa velocidad.

Tabla 20.

Relaciones entre Diámetros y Energía en cilindros neumáticos.

Energía de impacto [J]										
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,09	0,10	0,14	0,35	0,40	0,52	0,64	0,70	0,75	1,00

Para comprobar que no se va a producir el pandeo del vástago se debe considerar la fuerza máxima de compresión que va a tener lugar. En este caso la fuerza máxima de compresión se producirá cuando el vástago se encuentre completamente extendido y realizando el proceso en los envases con la presión de aire con la que se alimenta. Cabe decir que no es de esperar que se produzca pandeo ya que las guías del cilindro contribuyen notablemente a aumentar el momento de inercia de la sección.

Se debe calcular el momento de inercia mínimo que tiene que hacer la sección para que no se produzca el pandeo del vástago. ¿Cuál sería el diámetro del vástago que tendría dicho momento de inercia?

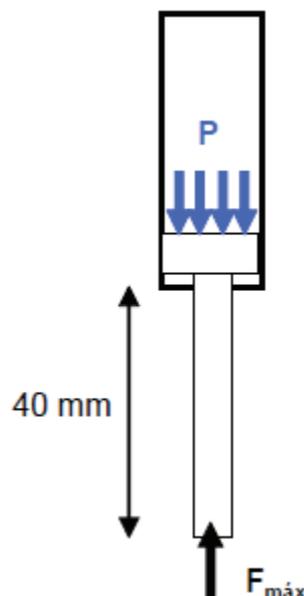


Figura 36. Diagrama de fuerzas en cilindro de movimiento vertical.

Fuente: (Teja, 1995)

Formula de Euler para el pandeo: $F_p = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_p^2}$; siendo $E = 210 \cdot 10^9 Pa$

Momento de inercia de sección circular: $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

Con una fuerza $F = F_p$ se producirá pandeo, luego la fuerza de servicio deberá ser menor que F_p . Normalmente se toma como coeficiente de seguridad 3,5.

En el caso del problema el caso más problemático para el cálculo a pandeo es cuando el actuador llega al fin de carrera y hace tope contra los envases, en este caso la fuerza es la resultante de multiplicar la presión por el área de émbolo.

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot S$$

$$F = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^5 \cdot 3,5 = 158,3N$$

L_p : longitud libre de pandeo en m. Depende del tipo de fijación que lleve el cilindro.

En nuestro caso $L_p: 2 \cdot L = 80mm = 0,08 m$.

$$I = \frac{F_p \cdot L_p^2}{\pi \cdot E} = \frac{158,3 \cdot 0,08^2}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} = 4,9 \cdot 10^{-13} m^4$$

$$\mathbf{d \geq 1,8mm}$$

Por lo calculado anteriormente se llega a la conclusión de que no hay problemas de pandeo ya que solo el diámetro del vástago, sin tener en cuenta las guías, es bastante mayor que 1,8mm.

Por lo calculado anteriormente se debe seleccionar un cilindro que tenga un diámetro del vástago superior a 1,8mm y medida de carrera de máximo 40mm.

En la Figura 37 se muestra el cilindro simple efecto seleccionado y el cual se va a implementar en la línea de producción.

Cilindros normalizados

Tipo	Norma	Diámetro [mm]	Fuerza [N]	Carrera [mm]	Características especiales
Cilindro normalizado DNC 	ISO 15552	32 ... 125	483 ... 7363	10 ... 2000	Para casi todos los sectores, numerosas variantes
Cilindro normalizado DNCB 	ISO 15552	32 ... 100	483 ... 4712	2 ... 2000	Cilindro normalizado económico para casi todos los sectores

Figura 37. Cilindro simple efecto de la empresa FESTO.

Fuente: (Festo, 2003)

3.1.5 Selección de Rodamientos y tornillos de sujeción.

- **Rodamientos:**

Para analizar las cargas dinámicas sobre los rodamientos se tomó en consideración una velocidad angular de 10 rpm y dos diferentes fuerzas de rozamiento que se sitúan en las 3 cavidades ya que estas son las únicas que moverá el transportador giratorio.

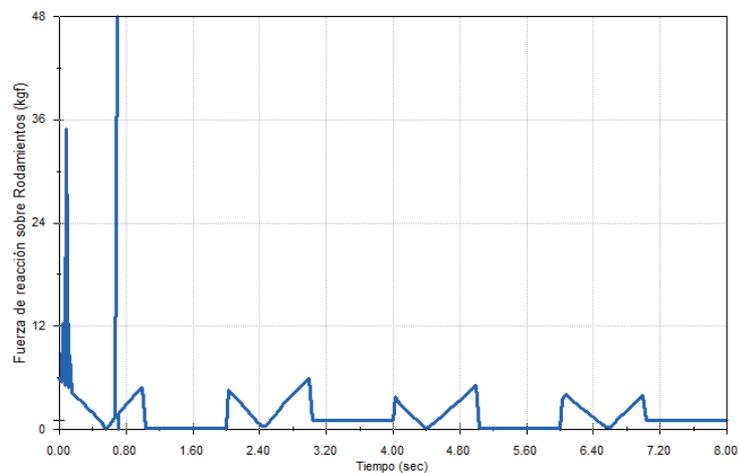
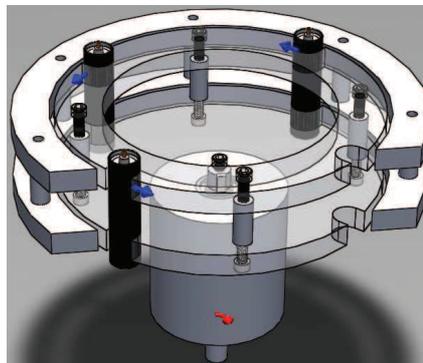


Figura 38. Transportador Giratorio – Simulación Dinámica y Fuerza sobre Rodamientos

Dado que en los rodamientos se generan cargas axiales es necesario aseverar que éstos deben ser de contacto angular, además los rodamientos disponibles en el país son utilizados para repuestos de maquinaria, es por esta razón que consultando en el catálogo SKF se seleccionó los rodamientos 7205BE. (Cedeño, 2012)

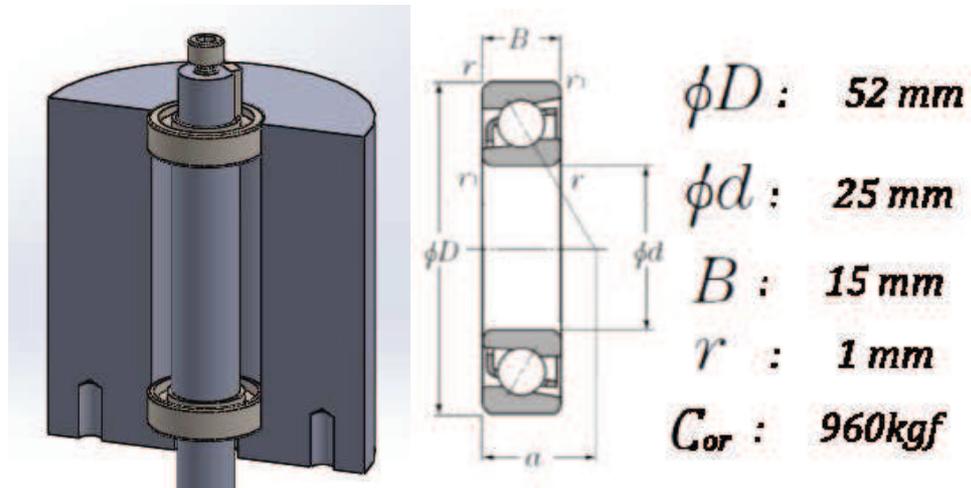


Figura 39. Características técnicas del rodamiento SKF – 7205 – BE.

Para obtener el factor de seguridad de los rodamientos debemos tomar en cuenta que la fuerza radial sobre ellos es prácticamente nula, la carga axial es de 48 Kgf (Figura 38), de esta manera las ecuaciones que gobiernan el factor de seguridad de los rodamientos son: (Cedeño, 2012)

$$S_o = \frac{C_{or}}{P_{or}}$$

$$P_{or} = F_r + 0,66 * F_a$$

donde:

$$F_r = 0 \text{ Kgf}$$

$$F_a = 48 \text{ Kgf}$$

$$C_{or} = 960 \text{ Kgf}$$

$$\therefore S_o = 30,3$$

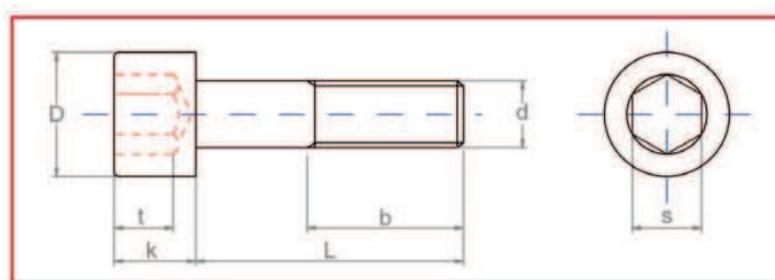
El factor de seguridad S_o es alto ya este tipo de rodamiento está sometido a cargas producidas por el funcionamiento de mecanismos propios de un automóvil. (Cedeño, 2012)

- **Tornillos de Sujeción para Transportadores Giratorios:**

Los tornillos de sujeción de cabeza hueca (Allen) se utilizan en todos los sistemas modulares para fijar componentes no posicionadores. El tamaño M10 que se va a utilizar sirve para fijar placas modulares y bloques a paletas. (Suministros Industriales, 2015)

La designación de los tornillos a utilizarse según normas es DIN 912, grado 8.8, Aleación de acero de alta resistencia zincado, esto para protegerla de la oxidación y de la corrosión, mejorando además su aspecto. (Suministros Industriales, 2015)

Para la selección de un tornillo DIN 912 M – 10 x 1,5 x 40 – 8.8 zincado se ha consultado la existencia y medidas mediante catálogos, además que los tornillos deben estar disponibles en el país.



MÉTRICA	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-24	M-30
PASO		0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	3	3
b		20	22	24	28	32	36	40	44	48	52	60	60
D		7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36	36
k		4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	24
s		3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19	19
t		2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	12

Figura 40. Catálogo de Tornillos DIN 912 calidad 8.8.

Fuente: (Suministros Industriales, 2015)

3.2 Diseño de los componentes eléctricos y/o electrónicos.

3.2.1 Dimensionamiento del torque requerido para selección de motores a pasos

Para el dimensionamiento del motor que permite girar el Transportador giratorio se debe encontrar el mínimo torque que este actuador debe tener. Para este proceso se simuló en Solidworks MOTION el movimiento del Transportador giratorio en base a las siguientes gráficas que describen la cinemática del sistema:

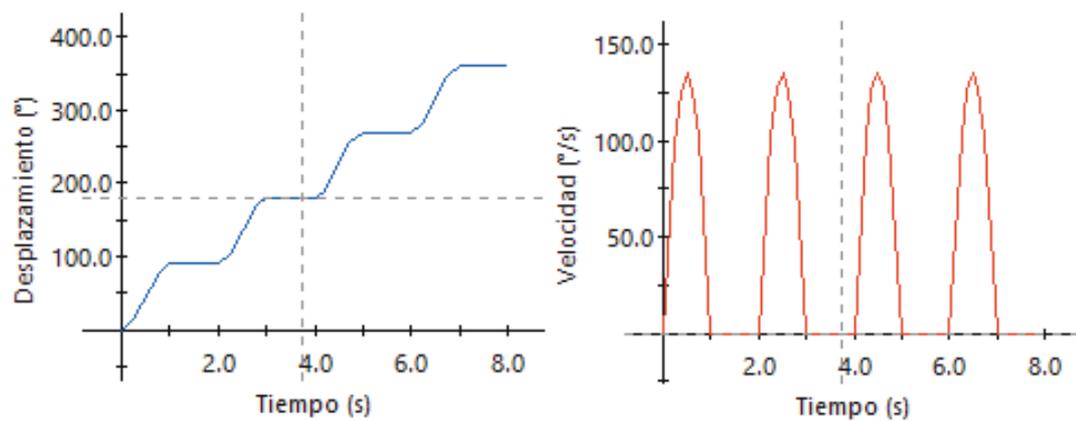


Figura 41. Gráfica de Desplazamiento y Velocidad angular del Transportador Giratorio

Con estas características de simulación y una fuerza de rozamiento de 0,3 N por cada cavidad del disco rotatorio se encontró que el torque requerido asociado a este sistema es aproximadamente de 8,5 Kgf-cm como muestra la Figura 42.

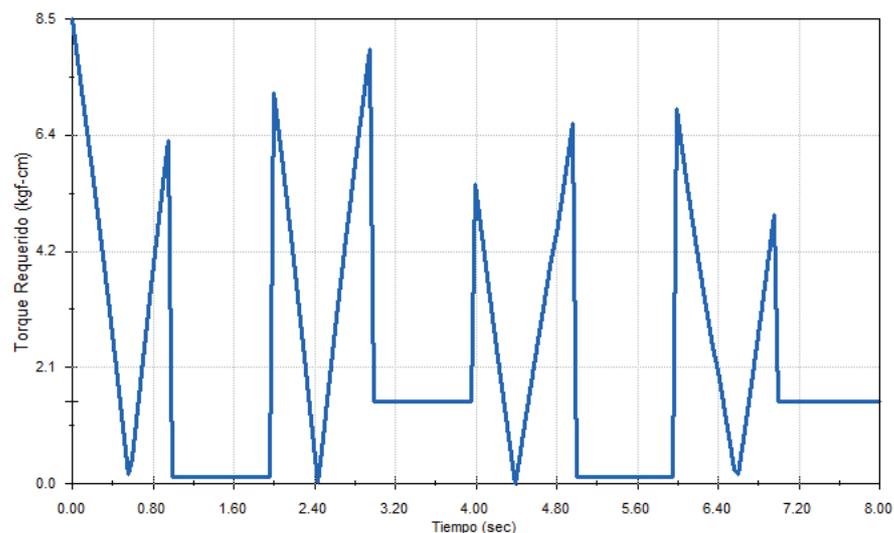


Figura 42. Torque requerido por el Transportador Giratorio

Considerando la Figura 41 que describe la cinemática del sistema podemos observar que el Transportador Giratorio se desplaza 90° y luego se detiene, después de un segundo vuelve a girar 90° y nuevamente se detiene. Esta consideración permite considerar la inercia del mecanismo y aproximar de mejor manera el torque del motor.

El motor eléctrico seleccionado para esta función es un motor a pasos bipolar (SY57STH56-1006) con un torque de freno o arranque de 9 Kgf-cm.



Figura 43. Motor a pasos (SY57STH56-1006)

Fuente: (Pololu, 2015)

Tabla 21.

Características de motor – Transportadores Giratorios.

No.	CARACTERÍSTICAS DE MOTOR ST-M SY57STH56-1006	
1	TOQUE DEL ACTUADOR [Kg-cm]	9
2	FACTOR DE SEGURIDAD EN TORQUE	1,02
3	VOLTAGE DE ALIMENTACION [V]	7
4	CORRIENTE NOMINAL [A]	1
5	FORMA DE CONTROL	Pulsos por segundo [Hz]
6	VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO	15 RPM (aprox. 1Hz)

Fuente: (Pololu, 2015)

- **Control de motor a pasos**

Después de seleccionar el motor adecuado, para nuestra aplicación, se debe seleccionar algunos elementos los cuales permitirán el control del motor y estos se especifican a continuación:

- Amplificador de pulsos STP-DRV-4035



Figura 44. Driver STP-DRV-4035

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

Tabla 22.

Características de driver para control de motores a pasos.

No.	CARACTERÍSTICAS DE DRIVER AMPLIFICADOR DE PULSOS STP-DRV-4035
1	Accionamientos para motores paso a paso NEMA 17 a 34
2	Amplificadores de conmutación de 3 estados con MOSFET, para modulación de anchura de pulso
3	Corriente de fase a partir de 0,4 a 3,5 A
4	Entradas de pulsos ópticamente aisladas, dirección y permiso
5	Paso de 1/2, 1/5, 1/10, 1/50 seleccionado por switch
6	Reducción de corriente de 50% automática

Para realizar la conexión del driver se necesita conocer todas las localizaciones de conexión y ajuste del accionamiento, estas especificaciones se muestran a continuación en la Figura 45.

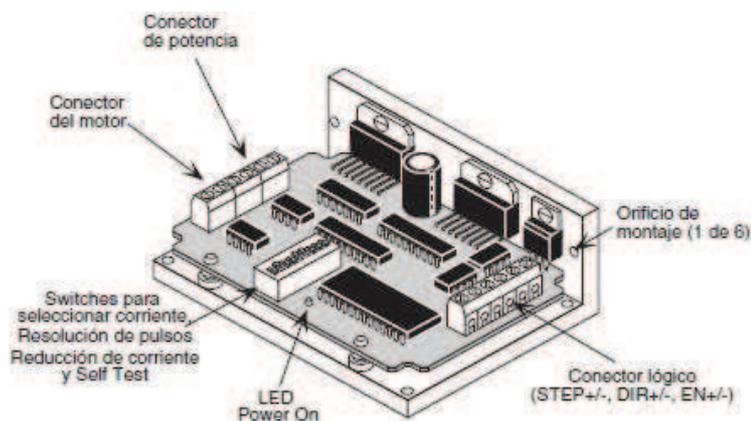


Figura 45. Especificaciones del accionamiento de motor a pasos.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- Fuente de poder STP-PWR-3204



Figura 46. Fuente de Poder STP.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

Tabla 23.

Características de Fuente de poder STP.

No.	CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DEL AMPLIFICADOR DE PULSOS STP-DRV-4035
1	Salida de 32 Vcc hasta 4ª para un motor a pasos bipolar.
2	Salida de 5 Vcc +-5% con hasta 500mA regulada, para las entradas de pulsos.
3	Terminales con tornillos de entrada de CA y de Salida de C.C.
4	Entrada de alimentación de 120 o 240 Vca, 50/60Hz, seleccionable por un switch.
5	Entrada de alimentación de 120 o 240 VAC, 50/60 Hz, seleccionable por un switch.
6	LEDs de indicación de fuente energizada.

Para realizar la conexión de la fuente se necesita conocer todas las especificaciones de conexión, estas especificaciones se muestran a continuación en la Figura 47.

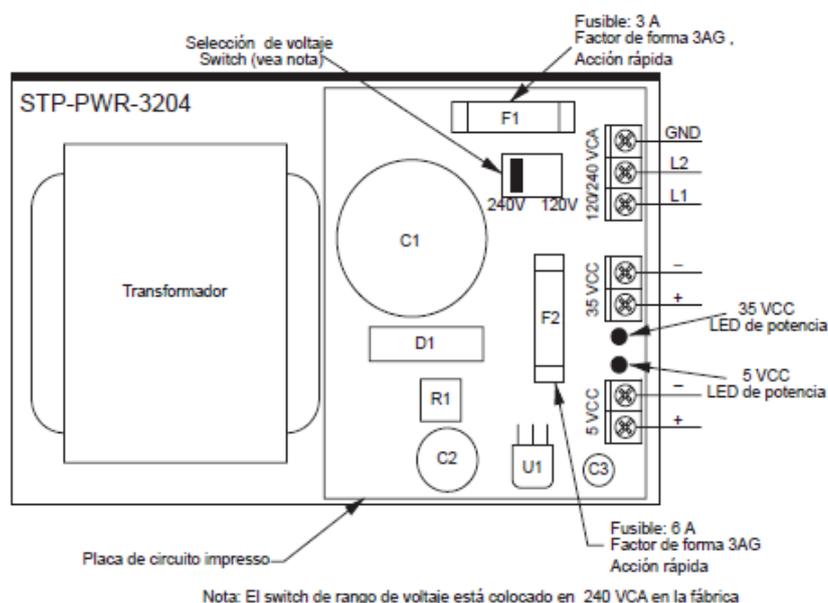


Figura 47. Fuente de Poder STP.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- **Conexión entre PLC-Driver-Fuente de Poder**

La conexión de los elementos es muy importante ya que, si se presenta algún error en la conexión, los elementos de control pueden sufrir daños y sobre todo el motor

puede fallar en sus movimientos generando daños en maquinarias, o procesos., a continuación se presenta en la Fig. 48 el diagrama de cableado típico.

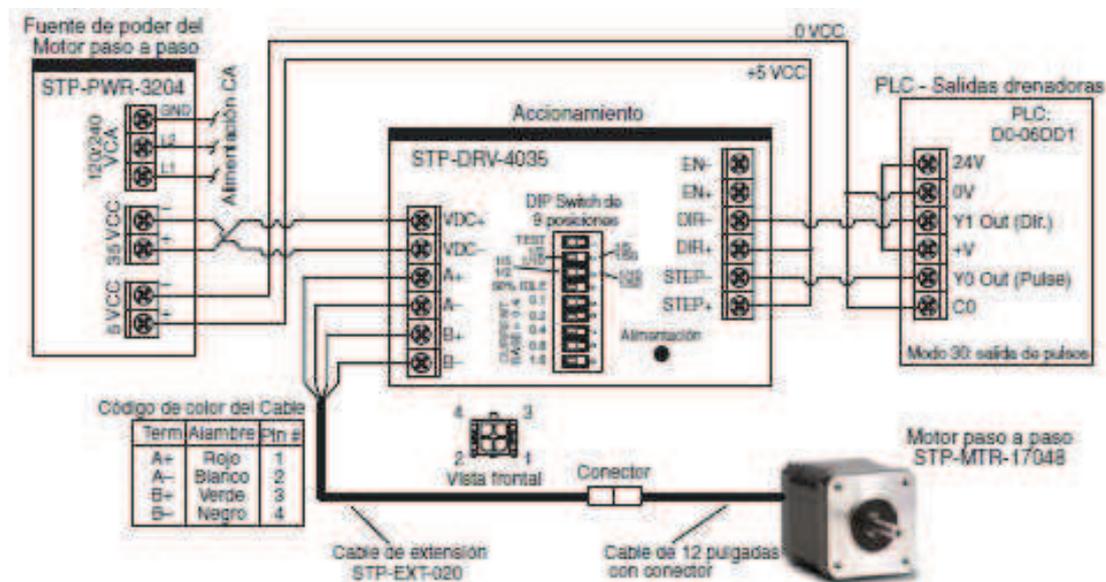


Figura 48. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- **Selección y cálculos para funcionamiento del control del motor a pasos**

El procedimiento de selección para el correcto funcionamiento del motor a pasos se basa en conocer:

- **Cantidad de pulsos que debe enviar el PLC para generar el movimiento**

El número total de pulsos para hacer el movimiento es expresado por la fórmula:

$$Pulsos = (D_{total} \div (d_{carga} \div i)) * \theta_{paso}$$

D_{total} = distancia total del movimiento

d_{carga} = distancia que se mueve la carga por rotación del eje del motor.

θ_{paso} = resolución del paso del accionamiento (pasos/rev. Motor)

i = razón de la reducción (rev. Motor/ rev. Eje reductor)

Nuestro cálculo se basa en las siguientes características, el motor se une directamente a un transportador giratorio, el motor es ajustado para 400 pasos por revolución y necesitamos mover el disco 5,5 revoluciones.

Cuántos pulsos debe generar el PLC para enviar al accionamiento

$$P_{total} = (5.5 \text{ revdisco} \div (1 \text{ revdisco/reveje} \div 1 \text{ revmotor/reveje})) \times 400 \text{ pasos/revmotor}$$

$P_{total} = 2200$ pulsos

- **La frecuencia de pulsos para obtener el tiempo del movimiento.**

El tipo más básico de perfil de movimiento es un perfil "partir-parar" donde no hay un período de aceleración o uno de desaceleración. Este tipo de perfil de movimiento se usa solamente para aplicaciones de baja velocidad porque la carga se mueve a partir de una velocidad a otra y el motor que camina se atascará o faltarán pulsos si se trata de hacer cambios excesivos de velocidad. En la Fig. 48 se muestra el tipo de onda partir-parar para controlar motores a paso, con aplicaciones de baja velocidad.

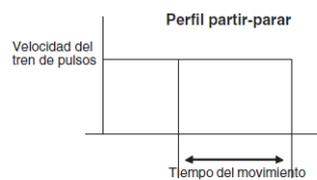


Figura 49. Accionamiento de motor a pasos partir-parar.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

La fórmula para encontrar la velocidad del tren de pulsos para el movimiento "partir - parar" es:

$$f_{ss} = \text{velocidad de tren de pulsos} = P_{total} \div t_{total}$$

P_{total} = Pulsos totales

T_{total} = tiempo del movimiento

Para nuestro caso se necesita conocer, cuál es la velocidad del tren de pulsos para hacer un movimiento "partir-parar" con

10.000 pulsos en 800 ms.

$f_{ss} = \text{velocidad de tren de pulsos} = P_{\text{total}} \div T_{\text{total}}$

$f_{ss} = 10.000 \text{ pulsos} \div 0,8 \text{ segundos}$

$f_{ss} = 12,500 \text{ Hz.}$

3.2.2 Selección de sensores y electroválvulas.

Los elementos de instrumentación, utilizados en la línea de producción de aerosoles, son seleccionados en base a las líneas de alimentación de aire comprimido, líneas de energía eléctrica, líneas de flujo hidráulico, proporcionadas por las instalaciones de Santa Bárbara y en base a los requerimientos de diseño.

Los tipos de sensores que se usarán en la línea de manufactura de gas irritante son: sensores ultrasónicos, sensores inductivos, sensor resistivo, sensores de accionamiento mecánico.

- **Sensores Ultrasónicos**

El sensor a utilizar es de la marca SICK modelo UM30 – 14113, trabaja en modo difuso a un frecuencia de 120Kh que quiere decir emite una onda, choca en el objeto a detectar y regresa una onda de eco. Los datos técnicos del sensor se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24.

Características técnicas del sensor SICK UM30 – 14113.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
1	Voltaje de alimentación 12-30 Vd.c.
2	Voltaje de salida analógico 4 – 20 mA ó 0 – 10 V
3	Rango de medida 350 – 3400 mm.
4	Reproducibilidad 0,15 % del valor final
5	Precisión ±2 % del valor final
6	Rizado ±10%
7	Sin consumo de corriente de carga ≤70 mA
8	Retardo de standby 2 segundos
9	Tipo conexión Conector macho M12 de 5 pines
10	Estanqueidad IP65
11	Rango de temperaturas de funcionamiento de -20 °C a +70 °C
12	Material de la carcasa Latón chapado en níquel

Fuente: (SICK AG., 2014)



Figura 50. Sensor Ultrasónico SICK UM30 – 14113.

Fuente: (SICK AG., 2014)

Las variables físicas que están asociadas a este sensor se detallan en la tabla 25.

Tabla 25.

Variables físicas asociadas a un sensor ultrasónico.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ECc_sNivel	Variable que indica si la piscina de control de calidad está vacía o llena.
ELL_sNivel	Variable que indica si el tanque del químico activo está vacío.

- **Sensores Inductivos**

El sensor a utilizar es de la marca SICK modelo IM30-15NNS-ZC1, los datos técnicos del sensor se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26.

Características técnicas del sensor SICK IM30-15NNS-ZC1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
1 Voltaje de alimentación	10-30 Vd.c.
2 Función de salida:	Normalmente Abierto (NO)
3 Rango de medida	15 mm.
4 Frecuencia de conmutación	200 Hz
5 Tamaño de la rosca	M30 x 1,5
6 El cableado eléctrico	DC de 3 hilos
7 Grado de protección	IP67
8 Rango de temperaturas de funcionamiento	-25 ° C a 70 ° C
9 Tipo conexión	Conector macho M12 de 4 pines
10 Diseño	Cilíndrico
11 Material de la carcasa de la tapa	Plástico
12 Material de la carcasa	Latón chapado en níquel

Fuente: (SICK AG., 2014)



Figura 51. Sensor Inductivo SICK UM30 – 14113.

Fuente: (SICK AG., 2014)

Las variables físicas que están asociadas a este sensor se detallan en la tabla 27.

Tabla 27.

Variables físicas asociadas a un sensor inductivo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ELL_sPresencia	Variable que indica la presencia de envase en la estación de llenado.
EPe_sPresencia	Variable que indica la presencia del envase en la estación de peso.
EC_sPresencia	Variable que indica la presencia del envase en la estación de Crimpeado.
EPr_sPresencia	Variable que indica la presencia del envase en la estación de Presurizado.

- **Sensor Resistivo**

El sensor a utilizar para medir la temperatura es de tipo RTD (Dispositivo Termo Resistivo) PT-100 que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica, los datos técnicos se detalla en la Tabla 28.

Tabla 28.

Características técnicas del sensor RTD PT-100

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
1	Voltaje de alimentación	10-33 Vd.c.
2	Corriente de salida	4-20 mA
3	Rango de medida	0-1000°C
4	Precisión	0.5%
5	El cableado eléctrico	DC de 3 hilos
6	Grado de protección	IP67
7	Longitud	50 mm
8	Material de la carcasa	Acero inoxidable

Fuente: (Hispacontrol S.L., 2012)



Figura 52. Sensor RTD PT-100

Fuente: (Hispacontrol S.L., 2012)

El sensor a utilizar para medir peso es una Celda de Carga WIM que está basada en una galga extensiométrica cuya resistencia varía con la fuerza aplicada; convierte la fuerza, presión, tensión, peso, etc., en un cambio de la resistencia eléctrica el cual puede ser medido, los datos técnicos se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29.

Características técnicas de la celda de carga WIM WLC – SPPC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
1	Voltaje de alimentación	0,5-24 Vd.c.
2	Carga compensada	Lateral
3	Rango de medida	3-60 Kg
4	Resistencia de entrada	415 +/- 15 Ω
5	Resistencia de salida	350 +/- 3 Ω
4	Sensibilidad	2+/- 10% mV/V
5	Tamaño max. de plataforma	250x350mm
6	Grado de protección	IP66
7	Longitud	50 mm
8	Material de la carcasa	Aluminio

Fuente: (WIM - Systems, 2014)

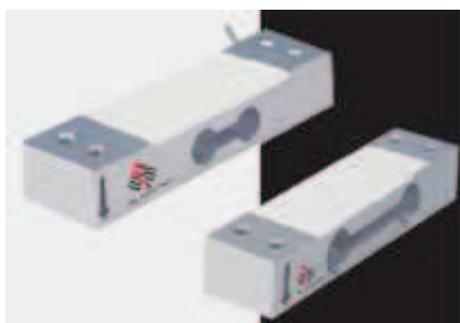


Figura 53. Celda de carga WIM WLC – SPPC

Fuente: (WIM - Systems, 2014)

Las variables físicas que están asociadas a este sensor se detallan en la tabla 30.

Tabla 30.

Variables físicas asociadas a un sensor resistivo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ECc_sTemperatura	Variable que indica la temperatura del agua en la estación de Control de Calidad.
EPe_sPeso	Variable que indica el nuevo peso del envase en la estación de peso.

- **Sensores de accionamiento mecánico**

El sensor a utilizar para localizar la posición del actuador neumático es de tipo mecánico conocido como fin de carrera, los datos técnicos se detalla en la Tabla 31.

Tabla 31.

Características técnicas del sensor mecánico fin de carrera.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
1	Señal de alimentación	24 Vd.c.
2	Funcionamiento	Interruptor NO
3	Tamaño	NA
4	Accionamiento	Mecánico
5	Material	Plástico y metal

Fuente: (Sensores Mecánicos, 2014)



Figura 54. Sensor mecánico fin de carrera.

Fuente: (Sensores Mecánicos, 2014)

Las variables físicas que están asociadas a este sensor se detallan en la tabla 32.

Tabla 32.**Variables físicas asociadas a un sensor de accionamiento mecánico.**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ELL_sPosicion	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de llenado.
EC_sPosicion	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de crimpeado.
EPr_sPosicion	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de presurizado.

En la línea de manufactura de gas irritante se va a utilizar 3 electroválvulas neumáticas 3/2 y 1 válvulas proporcionales y 2 electroválvulas de bloqueo de agua las cuales están asociadas las siguientes variables que se mencionan en la Tabla 33 y 34 respectivamente.

Tabla 33.**Variables físicas asociada a una electroválvula de bloqueo hidráulica**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ECC_aValvulaU1	Activa electroválvula U1 en la piscina de Control de Calidad para llenado.
ECC_aValvulaU2	Activa electroválvula U2 en la piscina de Control de Calidad para vaciado.

**Figura 55. Electroválvula de bloqueo hidráulica**

Fuente: (El instalador, 2012)

Tabla 34.**Variables físicas asociada a una electroválvula de bloqueo hidráulica**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ECC_aValvulaU3	Activa válvula proporcional U3 en la piscina de Control de Calidad para válvula proporcional encargada del llenado de la piscina de control de calidad.



Figura 56. Electrovalvula de bloqueo hidráulica

Fuente: (El instalador, 2012)

Tabla 35.

Variables físicas asociada a una electrovalvula neumática

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ELL_aValvulaU4	Activa electrovalvula U5 en la estación de llenado
EPe_aValvulaU5	Activa electrovalvula U6 si no cumple con peso.
EPe_aValvulaU6	Activa electrovalvula U7 si cumple con peso.
EC_aValvulaU7	Activa electrovalvula U8 en la estación de Crimpeado
EPr_aValvulaU8	Activa electrovalvula U9 en la estación de Presurizado.



Figura 57. Electrovalvula neumática 3/2

Fuente: (Sicole, 2011)

3.3 Diseño del Sistema de Control.

3.3.1 Parámetros del controlador

Al hablar de parámetros del controlador esto implica el diseño de sistemas de control que no es más que un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera, que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular a sí mismo o a otro sistema.

Para obtener los parámetros del controlador, se debe obtener analíticamente los valores de las constantes del controlador para posteriormente, introducir los valores en la programación del controlador en el PLC.

- **Controlador On-Off de temperatura para piscina de control de calidad**

El control On-Off o control discontinuo es aquel en que la modificación de la variable manipulada no es continua sino que solo puede tomar un valor máximo o un valor mínimo, estos valores pueden ser: abierto o cerrado, conectado o desconectado. Para tener una idea más clara de la variable continua y discontinua se presenta a continuación en la Fig. 58 las diferencias de las señales transcurrido un tiempo.

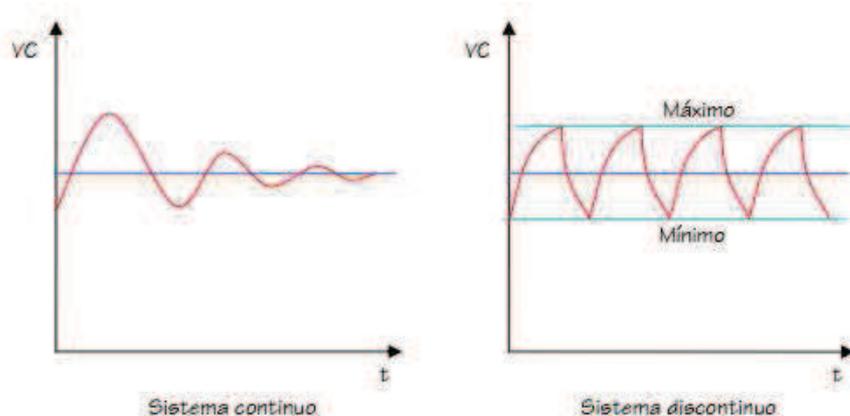


Figura 58. Variables físicas continuas y discontinuas.

Fuente: (Kuo, 1996)

A continuación se muestra en la Fig. 59 el esquema del sistema de control de temperatura que se implementa en la piscina de control de calidad.

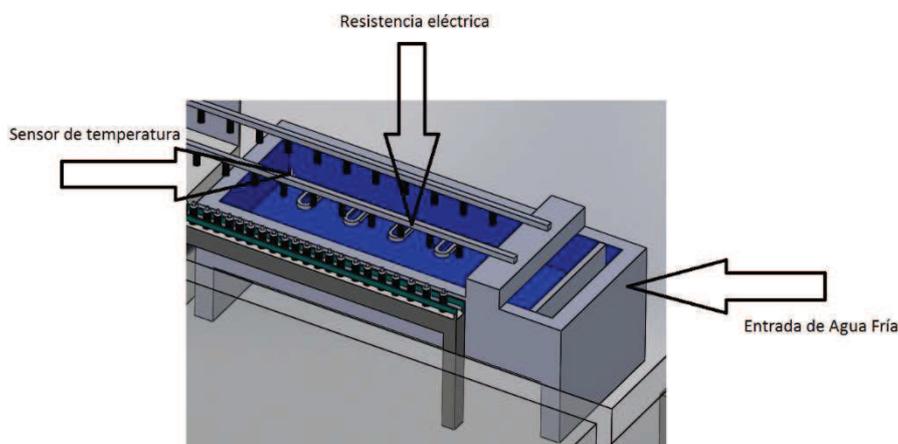


Figura 59 . Sistema de control de temperatura en piscina de control de calidad.

El sistema funciona calentando agua mediante una resistencia eléctrica la cual se conecta o se desconecta por la acción de un relé, según el valor de la temperatura en la piscina, este valor es a su vez medido por el sensor de temperatura PT-100, el sensor de temperatura sirve a la vez de instrumento de medición, controlador. Ya que cuando el agua se calienta hasta el valor deseado la señal de control hace que el relé desconecte el circuito eléctrico apagando la resistencia eléctrica y cuando el agua se enfría se vuelve a conectar el relé con lo cual la resistencia vuelve a calentar el agua.

Para implementar el controlador se necesita programar en el PLC, mencionado controlador y a su vez realizar las conexiones necesarias para el funcionamiento del mismo.

Esta programación se indicará en detalle en el capítulo simulación del proceso.

- **Controlador PID de nivel de agua para piscina de control de calidad**

Para diseñar y obtener los valores del control de nivel, se necesita de varios aspectos que se detalla a continuación:

1. Modelamiento de la Planta
2. Método de Ziegler y Nichols para obtención de parámetros del control
3. Resultados en estado estacionario y transitorio

a) Modelamiento de la planta

Para el modelamiento matemático de la piscina de control de calidad, se requiere un esquema del sistema y este se puede observar en la Figura 60.

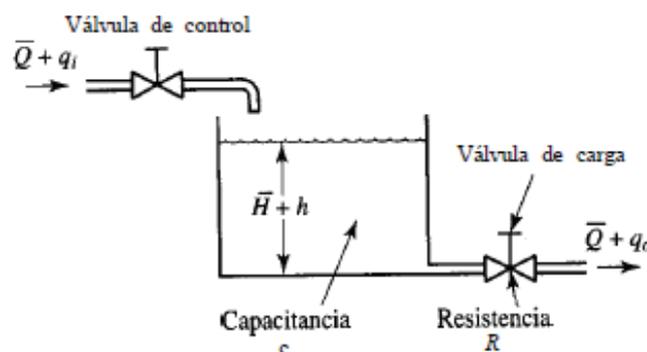


Figura 60 . Sistema de nivel de líquido.

Fuente: (Kuo, 1996)

Las variables presentes en el sistema se definen de la siguiente manera:

- Q = velocidad de flujo en estado estable, antes que haya ocurrido cualquier cambio [m³/seg]
- q_i = desviación pequeña de la velocidad de entrada de su valor en estado estable [m³/seg]
- q_o = desviación pequeña de la velocidad de salida de su valor en estado estable [m³/seg]
- H = altura en estado estable, antes que hay ocurrido un cambio [m]
- h = desviación pequeña de la altura a partir de su valor en estado estable [m]
- C = cambio necesario en la cantidad de líquido almacenado, para producir un cambio de una unidad en el potencial (altura)
- Potencial es la cantidad que indica el nivel de energía del sistema.
- R = cambio en la diferencia de nivel [m/m³/seg]

Dado que el flujo de entrada menos el flujo de salida durante un pequeño intervalo de tiempo dt es igual a la cantidad adicional almacenada en la piscina, se observa

$$Cdh = (q_i - q_o)dt$$

A partir de la definición de resistencia, la relación entre q_o y h se obtiene mediante

$$q_o = \frac{h}{R}$$

La ecuación diferencial para este sistema para un valor constante de R se convierte en:

$$RC \frac{dh}{dt} + h = Rq_i$$

RC es la constante de tiempo del sistema, si se toma la transformada de Laplace en ambos miembros de la ecuación anterior y suponemos la condición inicial de cero, se obtiene:

$$(RCs + 1)H(s) = RQ_i(s)$$

Donde

$$H(s) = \mathcal{L}[h]$$

$$Q_i(s) = \mathcal{L}[q_i]$$

Si q_i se considera la entrada y h la salida, la función de transferencia del sistema es:

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{RCs + 1}$$

Si no obstante, q_0 se toma como la salida, y la entrada es la misma, la función de transferencia es:

$$\frac{Qo(s)}{Qi(s)} = \frac{1}{RCs + 1}$$

Para realizar el sistema de control se va a usar un sensor capacitivo de nivel de agua, el cual va a indicar al sistema la media del nivel de agua presente en la piscina, posterior el controlador enviará la señal al actuador, en este caso las electro válvulas para proceder con el vaciado o llenado del tanque.

b) Método de Ziegler y Nichols para la obtención de parámetros de control

Para la obtención de la ecuación específica de la planta, se reemplaza los valores de R y C, estos valores fueron medidos en la piscina de control de calidad.

Resistencia:

$$R = \frac{\text{cambio en la diferencia de nivel, } m}{\text{cambio en la velocidad de flujo, } m^3/\text{seg}}$$

$$R = \frac{0,01m}{0,001m^3/\text{seg}}$$

$$R = 10$$

Capacitancia:

$$C = \frac{\text{cambio en el liquido almacenado, } m^3}{\text{cambio en la altura, } m}$$

Donde el volumen de la piscina $V=0,747m^3$

$$R = \frac{0,72m}{0,001m}$$

$$R = 720$$

$$G(s) = \frac{1}{7200s + 1}$$

Se utiliza la arquitectura de control que se puede visualizar en la Fig. 61.

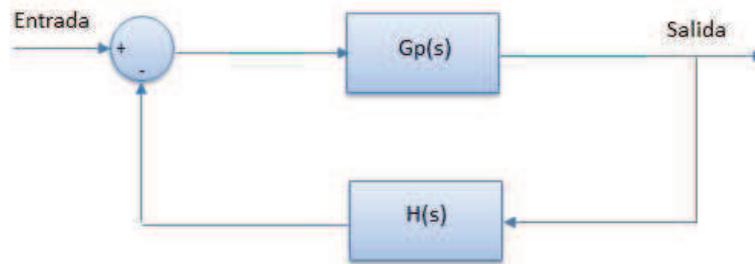


Figura 61. Arquitectura del sistema de control.

Para aplicar el método de ziegler y nichols se procede a cambiar el sistema de estado realimentado no unitario a estado unitario.

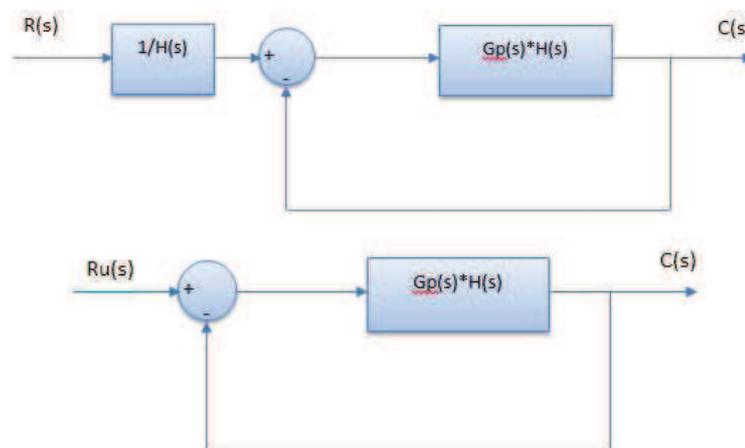


Figura 62. Diagrama de bloques del sistema unitario de control.

Pasos para obtener el controlador PID:

- Se excita a la función de transferencia encontrada con una señal escalón unitaria al 20% total, como vamos a suponer un escalón de uno la señal con que se excite será el 20% de 1, esto se puede ver en la Fig. 63.

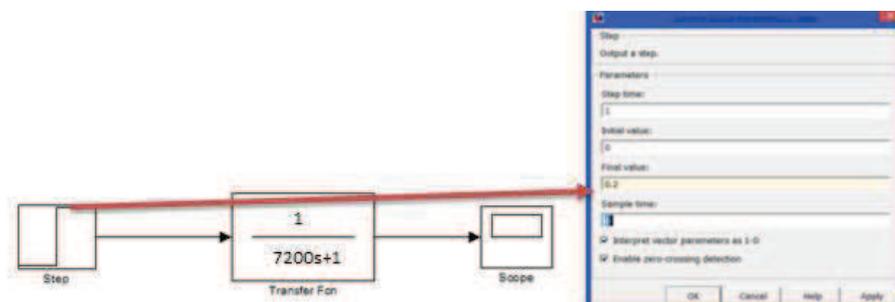


Figura 63. Configuración de la planta en lazo abierto ante una entrada escalón al 20% del rango total.

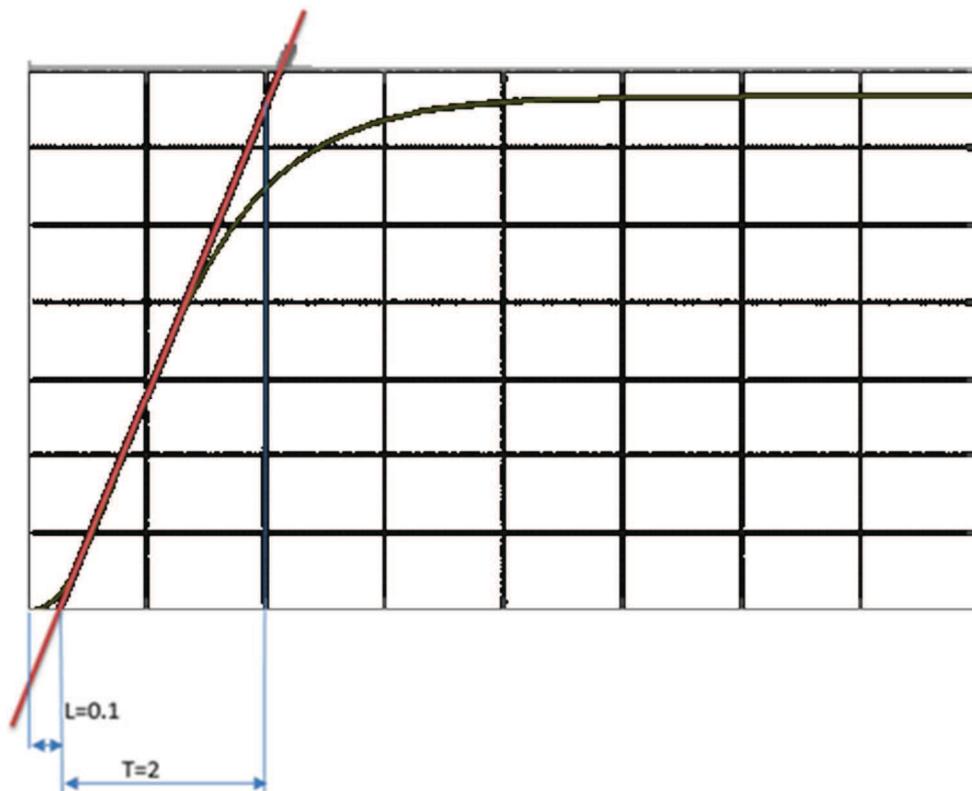


Figura 64. Respuesta de la planta en lazo abierto ante una entrada escalón al 20% del rango total.

Se procede a realizar las traducciones necesarias en base a la siguiente tabla:

Tabla 36.

Traducciones del sistema de control PID.

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	T/L	infinito	0
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

El control PID posee una señal de control proporcional al error a su integral y a su derivada viéndose matemáticamente de la siguiente manera:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Donde:

$$K_p = K$$

$$K_i = K/T_i$$

$$K_d = K * T_d$$

Reemplazando valores:

- Obteniendo K_p :

$$K_p = K = \frac{T}{L}$$

$$K_p = K = \frac{2}{0.1} = 20$$

$$K_p = 20$$

- Obteniendo K_i :

$$T_i = 2L$$

$$T_i = 2 * 0.1 = 0.2$$

$$K_i = \frac{K}{T_i} = \frac{20}{0.2} = 100$$

$$K_i = 100$$

- Obteniendo K_d :

$$T_d = 0.5L$$

$$T_d = 0.5 * 0.1 = 0.05$$

$$K_d = K * T_d = 20 * 0.05 = 1$$

$$K_d = 1$$

Obteniendo el controlador PID:

$$G_c(s) = 20 + \frac{100}{s} + 1s$$

$$G_c(s) = \frac{s^2 + 20s + 100}{s}$$

Ya encontrado el controlador la arquitectura del sistema se puede visualizar en la Fig. 65.

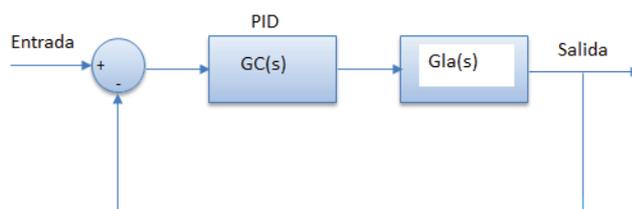


Figura 65. Sistema con controlador y realimentado unitariamente.

c) Resultados

Mediante Simulink se ha simulado el sistema de control, la arquitectura utilizada se muestra en la Figura 65.

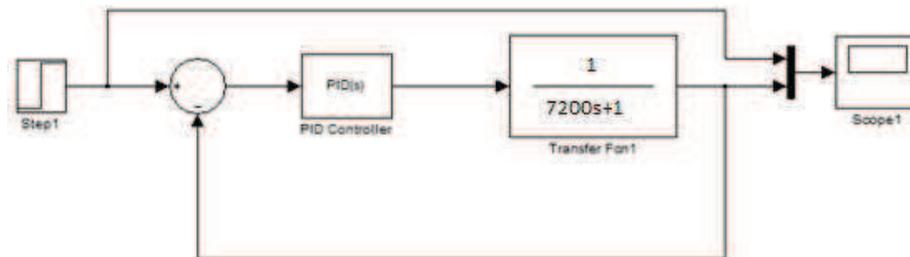


Figura 66. Arquitectura usada en Simulink.

Se procede a simular el sistema de control diseñado y se obtienen los siguientes valores de la respuesta transitoria del sistema.

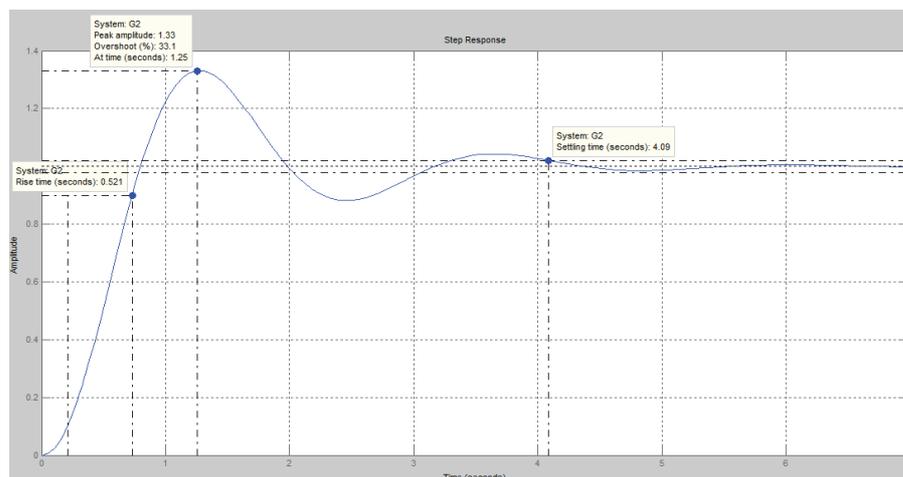


Figura 67. Respuesta en estado transitorio del sistema.

Como se puede observar en la simulación, el controlador diseñado cumple de una manera eficiente.

Parámetros obtenidos de la simulación:

$$M_p = 33.1\%$$

$$T_{subida} = 0.52seg$$

$$T_{establecimiento} = 4.09seg$$

3.3.2 Selección de PLC y pantalla HMI

- **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Los Controladores Lógicos Programables están disponibles en todas las formas y tamaños cubriendo una amplia gama de capacidades, la selección de un PLC tiene muchos factores, así que el diseñador debe determinar cuáles son las características

requeridas en el sistema de control y cuál es el mejor controlador para satisfacer todas las necesidades de la aplicación. Para ello se debe tener muy en cuenta algunos requerimientos del controlador como: (Rosero Yugsi, 2009)

- Entradas / Salidas (I/O)

El numero de I/O se detalla en la siguiente tabla de acuerdo al número de pulsadores, sensores, electroválvulas, indicadores y motores

Tabla 37.

Variables físicas de la línea de manufactura de gas irritante.

VARIABLE	TIPO	DESCRIPCIÓN
LMGI_eSistema	Entrada Digital	Variable que activa todo el sistema de la línea de manufactura.
LMGI_leSistema	Salida Digital	Activa luz de encendido de todo el sistema de la línea de manufactura.
LMGI_aSistema	Entrada Digital	Variable que desactiva todo el sistema de la línea de manufactura.
LMGI_laSistema	Salida Digital	Activa luz de apagado que desactiva todo el sistema de la línea de manufactura.
LMGI_peSistema	Entrada Digital	Activa paro de emergencia de todo el sistema de la línea de manufactura.
LMGI_lpeSistema	Salida Digital	Activa luz de paro de emergencia que desactiva todo el sistema de la línea de manufactura.
EV_aMotor	Salida Digital	Activa motor de extractor de gases.
ECc_aMotor	Salida Digital	Activa Motor de la estación de control de calidad.
ECc_asNivel	Salida Digital	Variable que indica si la piscina de control de calidad está vacía o llena.
ECc_sNivel	Entrada Análoga	Variable que indica si la piscina de control de calidad está vacía o llena.
ECc_aValvulaU1	Salida Digital	Activa electroválvula U1 en la piscina de Control de Calidad para llenado de limpieza.
ECc_aValvulaU2	Salida Digital	Activa electroválvula U2 en la piscina de Control de Calidad para vaciado de limpieza.
ECc_aValvulaU3	Salida Análoga	Activa válvula proporcional U3 en la piscina de Control de Calidad para válvula proporcional encargada del llenado de la piscina de control de calidad.
ECc_asTemperatura	Salida Digital	Variable que activa el sensor de temperatura del agua en la estación de Control de Calidad.
ECc_sTemperatura	Entrada Análoga	Variable que indica la temperatura del agua en la estación de Control de Calidad.
ECc_aNiquelina	Salida Digital	Activa las niquelinas de la piscina de control de calidad.

CONTINUA 

BT_aMotor	Salida Digital	Activa motor de la banda transportadora
LMGI_ceEnvases	Entrada Digital	Variable que indica el número de envases entrantes
TG1_aMotor	Salida Digital PWM	Activa motor del primer transportador giratorio
ELL_asNivel	Salida Digital	Activa sensor de nivel en el tanque del químico activo.
ELL_sNivel	Entrada Análoga	Variable que indica si el tanque del químico activo está vacío.
ELL_aIndicador1	Salida Digital	Activa luz indicadora si el tanque está vacío.
ELL_aIndicador2	Salida Digital	Activa luz indicadora si el tanque está lleno.
ELL_sPresencia	Entrada Digital	Variable que indica la presencia de envase en la estación de llenado.
ELL_aValvulaU4	Salida Digital	Activa electroválvula U4 en la estación de llenado
ELL_sPosicion	Entrada Digital	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de llenado.
EPeso_sPresencia	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase en la estación de peso.
EPe_sPeso	Entrada Análoga	Variable que indica el nuevo peso del envase en la estación de peso.
EPe_aValvulaU5	Salida Digital	Activa electroválvula U5 si no cumple con peso.
EPe_aValvulaU6	Salida Digital	Activa electroválvula U6 si cumple con peso.
TG2_aMotor	Salida Digital PWM	Activa motor del segundo transportador giratorio
ECV_aMotor	Salida Digital	Activa motor de feeder.
ECV_sPresencia	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase en la estación de colocación de válvulas.
ECV_aValvulaU7	Salida Digital	Activa electroválvula U7 en la estación de colocación de válvulas.
ECV_aValvulaU8	Salida Digital	Activa electroválvula U8 en la estación de colocación de válvulas.
EC_sPresencia	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase en la estación de Crimpeado.
EC_sPosicion	Entrada Digital	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de crimpeado.
EC_aValvulaU9	Salida Digital	Activa electroválvula U9 en la estación de Crimpeado

CONTINUA 

EPr_sPresencia	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase en la estación de Presurizado.
EPr_sPosicion	Entrada Digital	Variable que indica la posición inicial del actuador neumático de la estación de presurizado.
EPr_aValvulaU10	Salida Digital	Activa electroválvula U10 en la estación de Presurizado.
ECc_aMotor	Salida Digital	Activa el motor de la estación de control de calidad.
EV_aMotor	Salida Digital	Activa el motor del sistema de ventilación.
LMGI_sEntrada	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase al inicio del proceso.
LMGI_sSalida	Entrada Digital	Variable que indica la presencia del envase al final del proceso.

Número de Entradas: 19

Entradas Digitales: 15

Entradas Analógicas: 4

Número de Salidas: 28

Salidas Digitales: 27

Salidas Análogas: 1

- Tipo de control

La configuración más adecuada es el control centralizado.

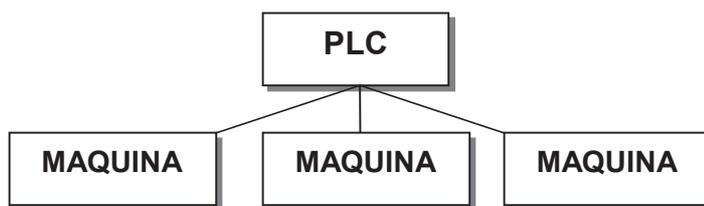


Figura 68. Control Centralizado.

Fuente: (Rosero Yugsi, 2009)

- Memoria

Ciertos fabricantes tienen ciertas fórmulas para ayudar a determinar aproximadamente el requerimiento de memoria. Las fórmulas sugieren multiplicar el número total de I/O por una constante (usualmente de 3 a 8); y si el programa involucra funciones aritméticas y de manipulación de datos, esta aproximación de memoria debería ser incrementada del 25% al 50%. (Rosero Yugsi, 2009)

- Lenguaje de software

El lenguaje a ser programado será de tipo Ladder.

- Aspectos ambientales

Como se menciona anteriormente la línea de manufactura operará en el sector de Sangolquí donde las condiciones del aire son:

Densidad: $0,9537 \text{ Kg}/\text{m}^3$

Altitud: 2550 msnm

Temperatura: $23 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$

El PLC más adecuado a elegir es un PLC Allen Bradley Control Logix 5000 con las siguientes especificaciones:

Proporciona un control de aplicaciones de alta velocidad, de alto rendimiento y multidisciplinario

- Proporciona una arquitectura de controladores completamente redundante con conmutación sin perturbaciones y alta disponibilidad
- Proporciona comunicaciones de redes modulares y escalables
- Ofrece un rango de comunicación de difusión y opciones de E/S
- Proporciona capacidades de sincronización de tiempo para el primer fallo, el secuenciamiento de procesos y otras aplicaciones.

Para formar el sistema de control Control Logix 5000 se debe, interconectar los diferentes módulos que se presenta a continuación:

- **Controlador CPU Control Logix L6**

- Proporciona el doble de velocidad de procesamiento en los modelos L7 al compararlos con los modelos L6
- Admite movimiento integrado en EtherNet/IP™, el movimiento Sercos™ integrado y el movimiento analógico
- Admite redundancia completa de los controladores
- Admite la desconexión y reconexión con la alimentación conectada (RIUP)
- Se comunica a través de EtherNet/IP, ControlNet™, DeviceNet™, Data Highway Plus™, E/S remotas, SynchLink y muchas redes de procesos y dispositivos de otros fabricantes

- Le permite programar usando lógica de escalera de relé, texto estructurado, bloque de funciones y lenguajes SFC
- Ofrece opciones flexibles de memoria de usuario

Tabla 38.**Controlador Control Logix 5000 Modelo L6**

Series de controladores	Palabras de memoria de instrucción	Memoria	Opciones de E/S	Puertos incorporados	Características adicionales
L6	16 K, 32 K o 64 K	32MB	E/S modulares 128,000 digitales y 4000 analógicas	Ethernet (10BASE-T 10/100 Mbps),RS-232-C (ASCII o DF1)	Ethernet admite la carga y la descarga de programas, la edición en línea y la mensajería entre dispositivos similares.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

**Figura 69. PLC CL5000 Modelo L6**

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Fuente de Poder**
 - Proporciona todos los voltajes regulados necesarios para que cualquier módulo ControlLogix opere en el chasis.
 - Proporciona tiempo de retención limitado para fluctuaciones en la alimentación eléctrica de la línea de entrada.
 - Señala a los módulos del chasis un fallo de voltaje inminente para la interrupción metódica del sistema.



Figura 70. Fuente de poder.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Módulo de entradas y salidas analógicas 1756-IF6CIS**

Para la implementación de la línea de automatización se requiere conectar varios sensores analógicos como PT100, sensores de nivel, se requiere activar una válvula proporcional, etc.

Para este fin se va a utilizar el módulo que se muestra en la Fig. 70 en el cual se muestra la configuración de entradas y salidas del módulo.

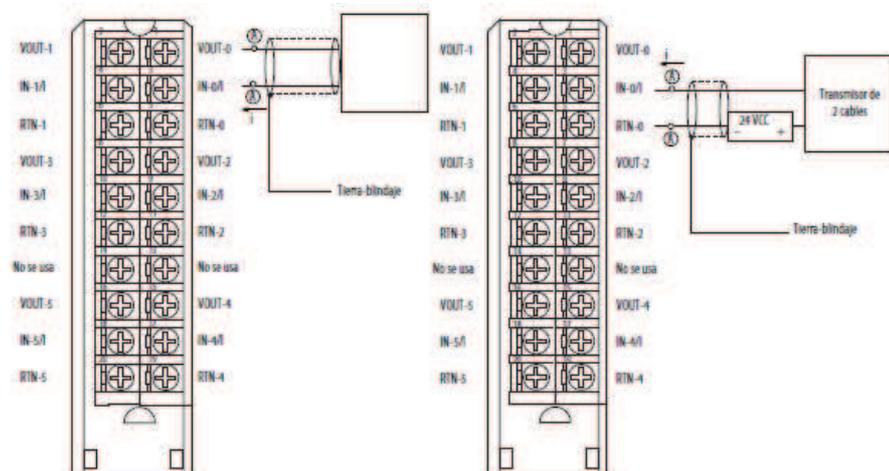


Figura 71. Módulo de entradas y salidas analógicas.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Tabla 39.

Especificaciones técnicas 1756-IF6CIS

Entradas	Rango de entradas	Resolución	Protección contra sobre tensiones	Impedancia de entrada	Rechazo de ruido de modo normal
6	0-21 mA	16 bits	30Vac	215 ohm	60dB

- **Módulo de entradas y salidas Digitales**

Para la implementación de la línea de automatización se requiere conectar varios sensores discretos o también conocidos como digitales entre estos se utiliza, sensores de presencia, finales de carrera para mandos de los cilindros, se requiere también salidas digitales para accionamientos de indicadores luminosos, salidas a relé para arranque de motores y encendido de niquelina para calentamiento de la piscina de control de calidad, se utiliza también un módulo de PWM para control de motor a pasos.

Para estos fines se va a utilizar los siguientes módulos que se muestran a continuación en la Fig. 71, Fig. 72 y Fig. 73 respectivamente, en los cuales se muestra la configuración de entradas y salidas de los módulos.

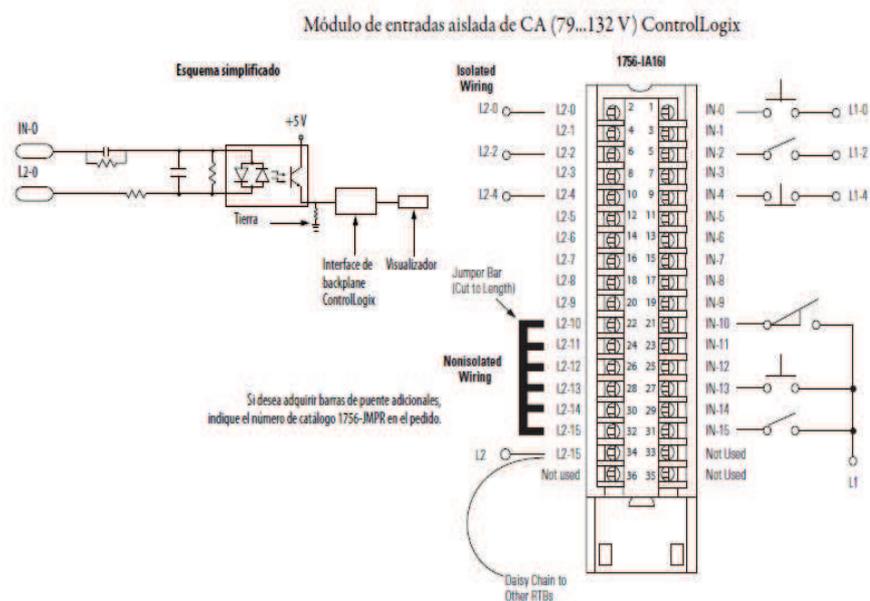


Figura 72. Módulo de entradas digitales 1756-IA16I.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Módulo de salidas rápidas aisladas de CC (10...30 V), drenadoras o surtidoras, protegidas electrónicamente, ControlLogix

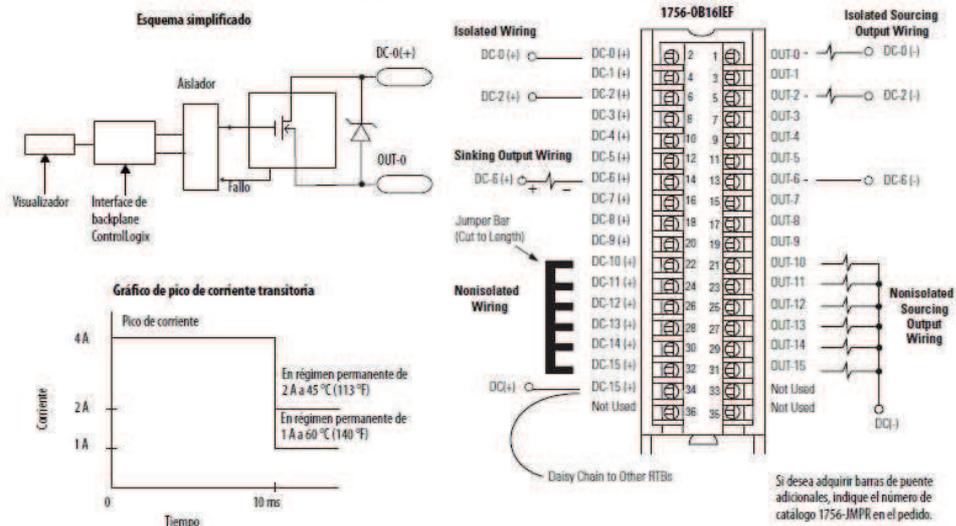


Figura 73. Módulo de salidas digitales 1756-OA16I.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Módulo de salidas rápidas aisladas de CC (10...30 V), drenadoras o surtidoras, protegidas electrónicamente, ControlLogix

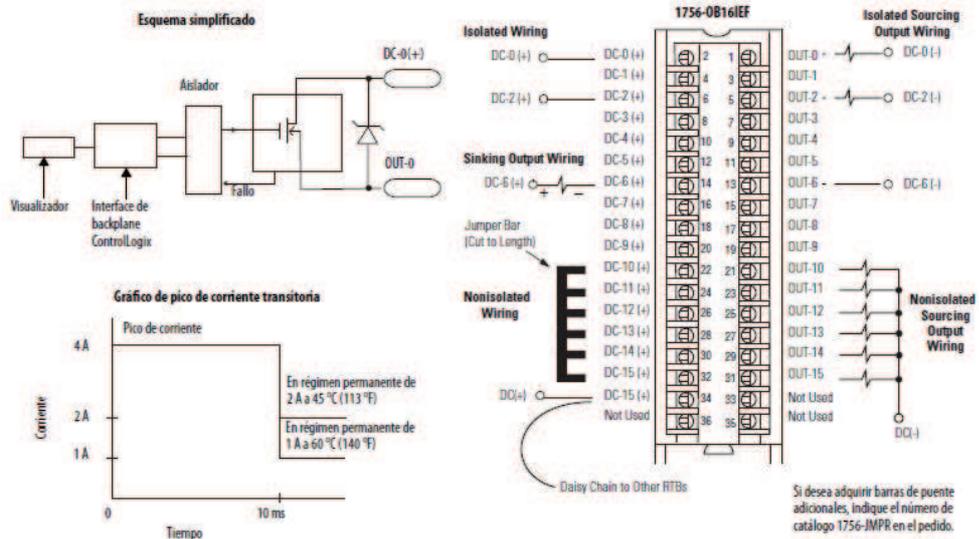


Figura 74. Módulo de salidas digitales PWM 1756-OA16IEF.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Módulo puente Ethernet IP ControlLogix 1756-EN2TXT**

Para la implementación de la línea de automatización se requiere comunicar el PLC con la interfaz gráfica de control y monitorización HMI que se programa en la PC utilizando el software Intouch.

Para mencionada comunicación se requiere el uso del módulo puente Ethernet IP, las características y requerimientos técnicos se mencionan a continuación.

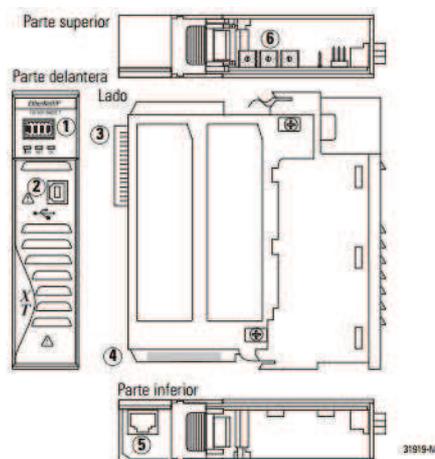


Figura 75. Parte externa del módulo 1756-EN2TXT puente Ethernet IP.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Tabla 40.

Características externas del módulo 1756- EN2TXT

Ítem	Descripción
1	La pantalla alfanumérica proporciona el estado del módulo
2	Puerto USB para conexión temporal de la estación de trabajo.
3	Conector de backplane.
4	MAC ID
5	Puerto Ethernet para conexión RJ45
6	Micro interruptores giratorios que pueden utilizarse para establecer la dirección IP.

Módulo de salidas rápidas aisladas de CC (10...30 V), drenadoras o surtidoras, protegidas electrónicamente, ControlLogix

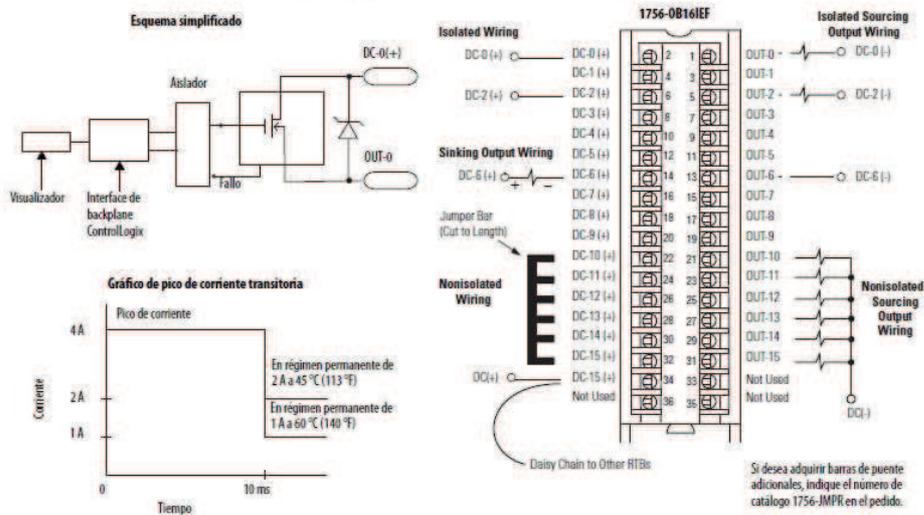


Figura 76. Módulo de salidas digitales 1756-OA16I.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Construcción e Implementación de la línea de manufactura.

Se sigue una secuencia para la construcción e implementación de la línea de manufactura, esta se muestra a continuación.

- **Implementación mecánica de cabina hermética con los elementos que conforman la línea de manufactura.**

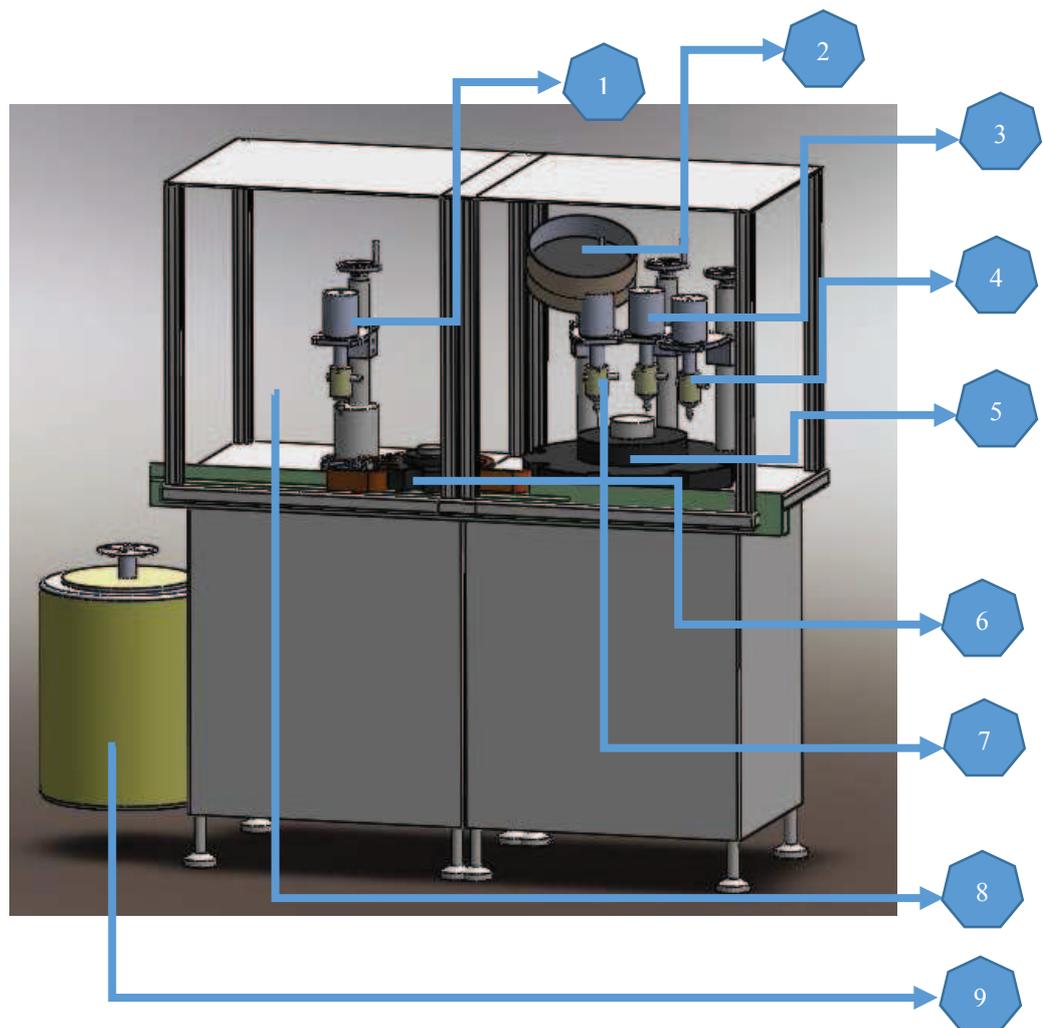


Figura 77. Estructura de Cabina hermética con los componentes que la conforman.

A continuación se detalla en una tabla los componentes utilizados para el ensamble de la cabina hermética.

Tabla 41.

Detalle de componentes de canina hermética.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	LLENADORA DE CAPSAICINA	1
2	FEEDER PARA COLOCADOR DE VÁLVULAS	1
3	CRIMPADORA	1
4	PRESURIZADORA	1
5	TRANSPORTADOR GIRATORIO GRANDE	1
6	TRANSPORTADOR GIRATORIO PEQUEÑO	1
7	COLOCADOR DE VÁLVULAS	1
8	PAREDES DE CABINA	1
9	TANQUE DE CAPSAICINA	1

- Implementación de maquina rotativa y piscina de control de calidad

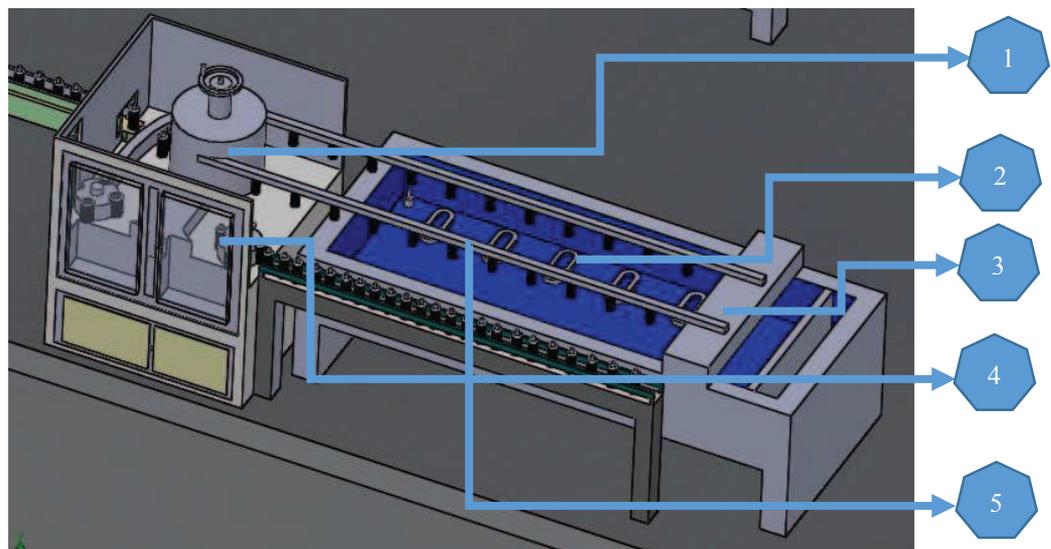


Figura 78. Máquina de Control de calidad con los componentes que la conforman.

A continuación se detalla en una tabla los componentes utilizados para el ensamble de la cabina hermética.

Tabla 42.

Detalle de componentes de cabina hermética.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	TAMBOR ROTATORIO	1
2	NIQUELINA	1
3	PISCINA	1
4	TRANSPORTADOR GIRATORIO	1
5	CORREDERA PARA ENVASES	1

• Implementación y ensamblaje de banda transportadora

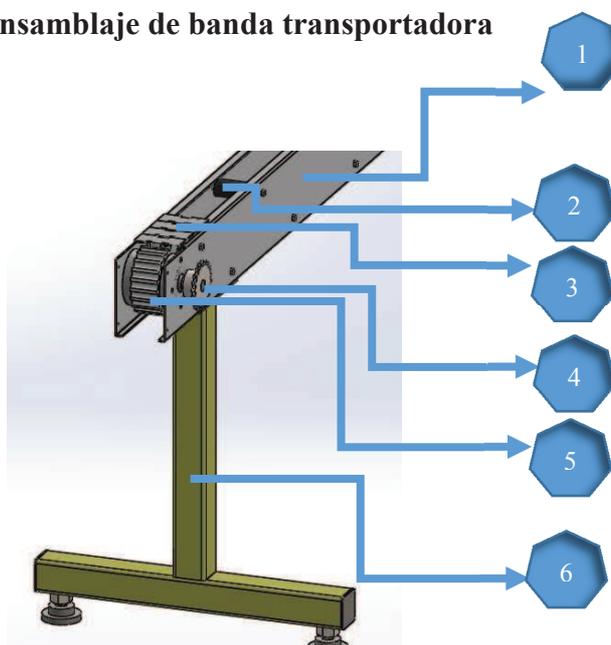


Figura 79. Detalle de componentes de banda transportadora.

A continuación se detalla en una tabla los componentes utilizados para el ensamble de la cabina hermética.

Tabla 43.

Detalle de componentes de cabina hermética.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	PAREDES LATERALES	1
2	RODILLOS	1
3	PLATINAS DE BANDA	130
4	ENGRANE CONEXIÓN MOTOR	1
5	ENGRANE DE BANDA	1
6	BASE	2

En la Fig. 79 se muestra el ensamble total de la banda transportador, la cual interconecta a la cabina hermética con la maquina rotativa y la piscina de control de calidad.



Figura 80. Ensamble total de la banda transportadora.

- Implementación de sistema de extracción de gases

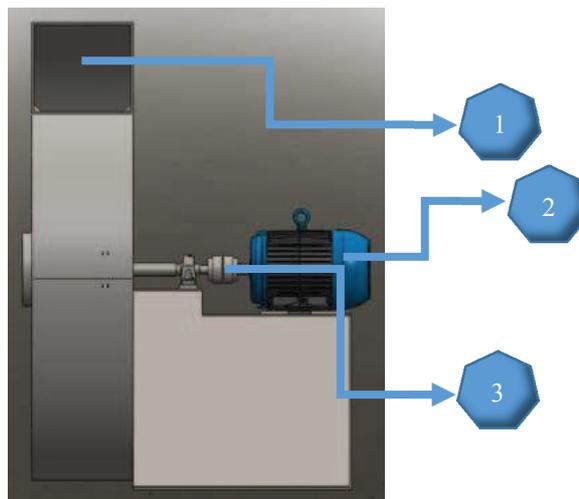


Figura 81. Ensamble del sistema de extracción de gases.

Tabla 44.

Detalle de componentes de sistema de extracción de gases.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	VENTILADOR	1
2	MOTOR	1
3	EJE TRANSMISOR DE MOVIMIENTO	1

- Implementación de armario de conexión.

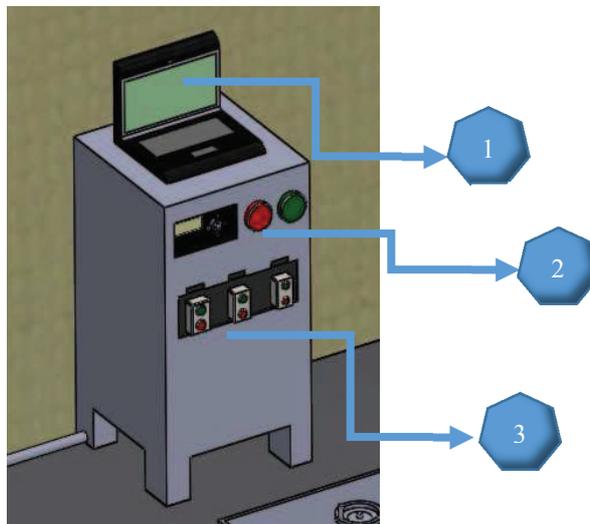


Figura 82. Ensamble de armario de mando y monitorización.

Tabla 45.

Detalle de componentes de armario

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	PC CON INTERFAZ GRAFICA HMI	1
2	INDICADORES LUMINOSOS	1
3	BOTONES DE MANDO	1

- Ensamblaje y montaje de la línea de manufactura de gas pimienta

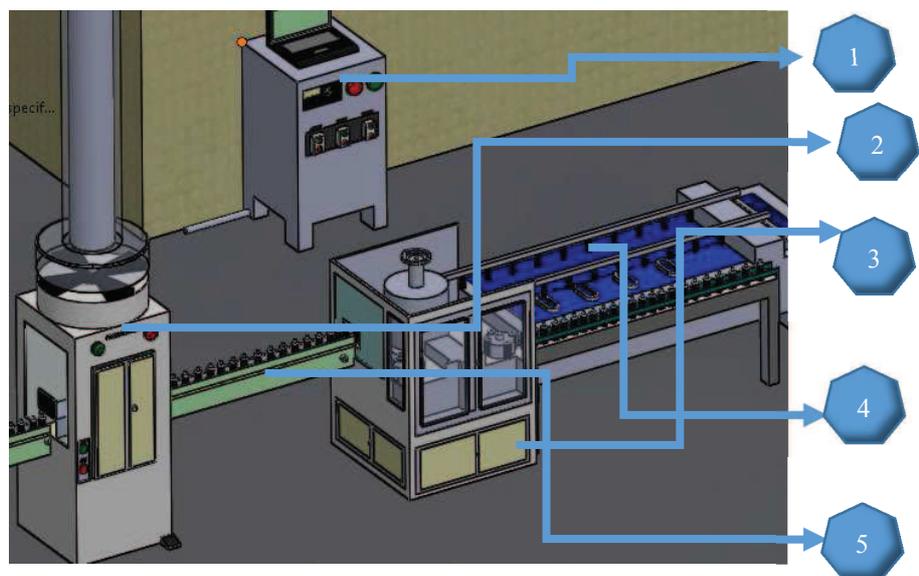


Figura 83. Ensamble general de línea de producción de aerosoles.

Tabla 46.

Detalle de componentes de línea de producción de aerosoles.

No.	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
1	PC CON INTERFAZ HMI	1
2	CABINA HERMÉTICA	1
3	MAQUINA ROTATIVA	1
4	PISCINA	1
5	BANDA TRANSPORTADORA	1

4.2 Implementación de componentes electrónicos y/o eléctricos.

Para la implementación eléctrica, electrónica se necesita básicamente realizar la conexión de PLC, sensores, actuadores eléctricos, arranque de motores, conexión a relé, control de motores a paso.

- **Conexión de PLC y los módulos que conforman el ControlLogix**

Una arquitectura simple de un sistema ControlLogix consiste de un controlador, módulos de entradas y salidas y una tarjeta de comunicación en un chasis como se observa en la Fig. 83

**Figura 84. Arquitectura básica del PLC ControlLogix.**

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

A continuación en la Fig. 84 se muestra el esquema de conexión del PLC con los diferentes componentes que conforman la arquitectura básica del sistema de control.

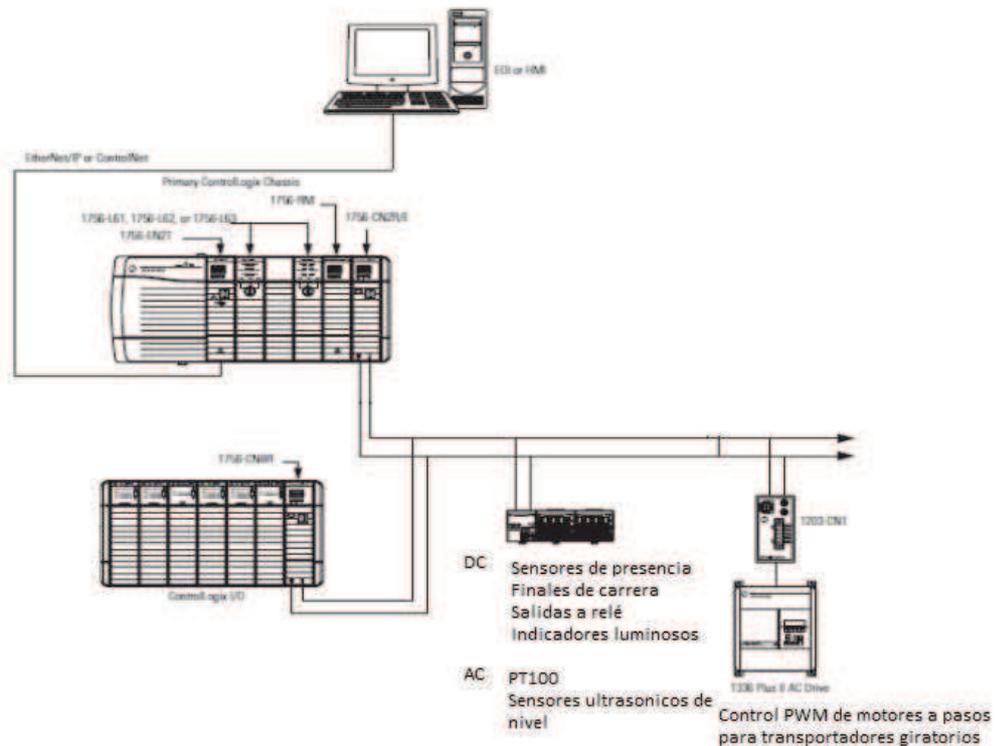


Figura 85. Arquitectura básica del PLC ControlLogix.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

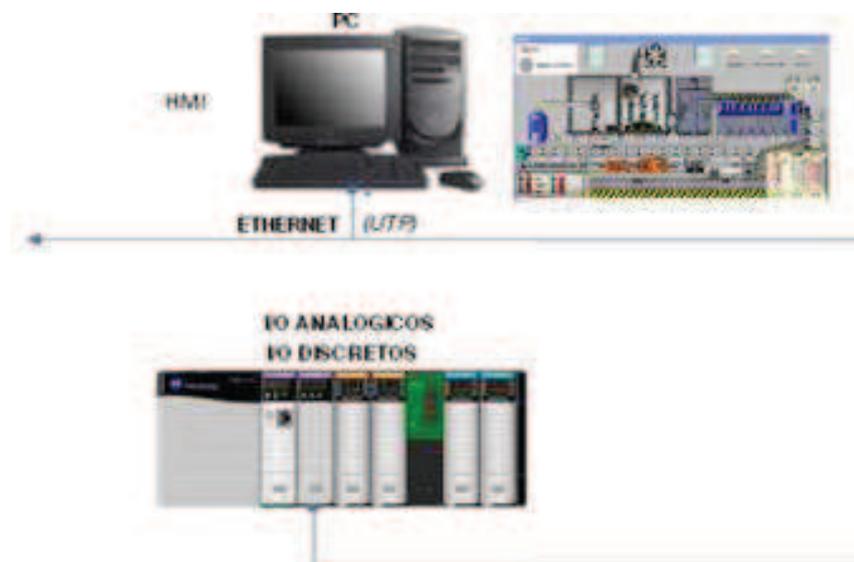


Figura 86. Arquitectura implementada en la línea industrial.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

En esta arquitectura se puede observar el controlador coordinado, sincronizado y comunicado con las demás estaciones, que son las dos estaciones de entradas y salidas remotas, una estación remota para el manejo de entradas y salidas

análogas módulos Flex y la otra para las entradas y salidas discretas (1756-IO), las estaciones remotas están comunicadas con el controlador y con la estación remota discreta, por comunicación Ethernet para que la PC ubicada en la cabina de control pueda adquirir los datos del proceso.

- **Conexión de sensores discretos al PLC**

Los módulos de entradas digitales más conocidos como módulos de entradas discretas se usan para recibir información de dispositivos como contactos auxiliares, pulsadores, botoneras, selectores, fines de carrera, micro switch, etc. Que interpretan un estado booleano es decir 1 o 0 según la lógica.

Los módulos pueden colocarse en forma local es decir en el mismo chasis del procesador o en forma remota.

En la Fig.86 se muestra la conexión de sensores en los módulos de entrada.

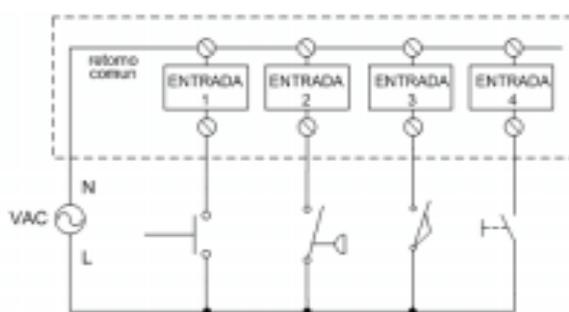


Figura 87. Arquitectura implementada en la línea industrial.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Conexión de salidas digitales al PLC**

El módulo permite al autómatas programable actuar sobre los pre accionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómatas en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos, los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

En la Fig. 87 se muestra la conexión de actuadores en los módulos de salida

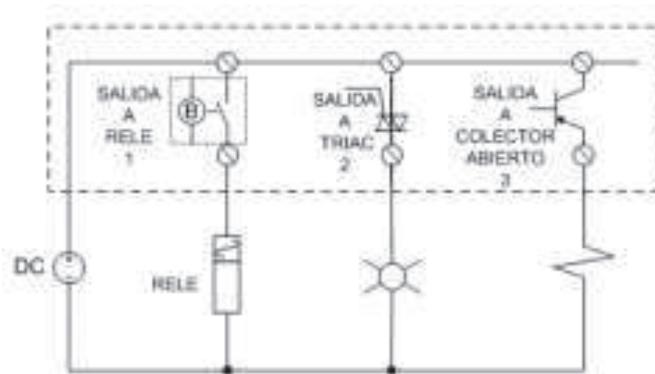


Figura 88. Arquitectura implementada en la línea industrial.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Conexión de entradas analógicas en el PLC**

Los módulos de entradas analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, presión, caudal, nivel.

En la implementación del proyecto se configura para leer corrientes de 4 a 20 mA, por lo general para proveer de corriente al sensor se ubica una fuente de voltaje DC en serie con el mismo.

- **Conexión de salidas analógicas al PLC**

Los módulos de salidas analógicas permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, permitiendo que el autómata realice funciones de regulación y control de procesos continuos.

- **Conexión a relé externo**

El módulo de salida del autómata ofrece salidas a relés, pero en diferentes aplicaciones se necesita que la salida del módulo del autómata active un relé externo con el fin de que este eleve la corriente y accione elementos de manejan altas cargas, como por ejemplo arranque de motores, accionamientos de niquelinas, etc.

La conexión del relé externo se muestra en la Fig. 88.

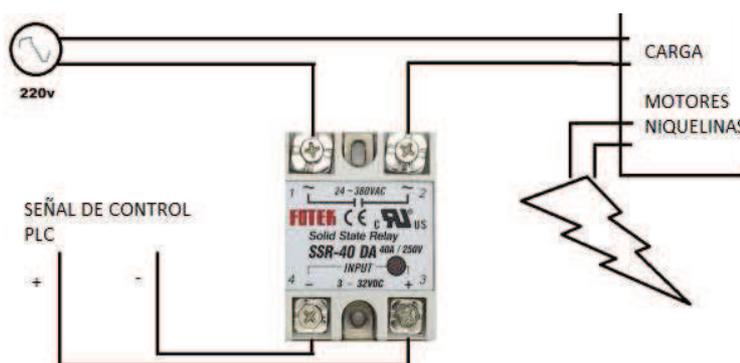


Figura 89. Conexión de un relé de estado sólido.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Configuración de arranque de motores Estrella - Triángulo**

Este tipo de motores arrancan en dos etapas mediante la aplicación de la conmutación del conexionado de estrella a triángulo del bobinado del motor, usando así la tensión mayor de diseño en la primera etapa para reducir las puntas de corriente de arranque.

Es por esta razón, que el uso de este tipo de arranque está imprescindiblemente ligado a la tensión de diseño de la conexión en triángulo del motor, que debe ser siempre la misma que la tensión de la red.

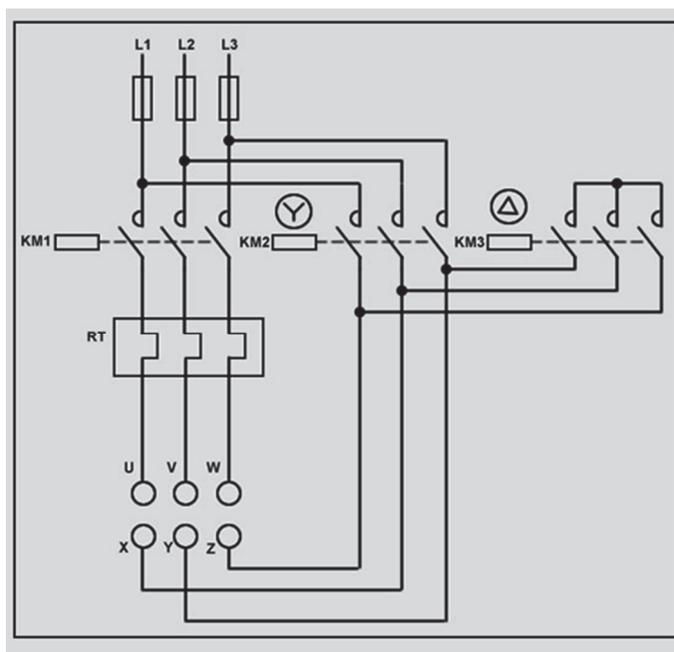


Figura 90. Conexión de Potencia estrella-triángulo.

Fuente: (Cortes, 1994)

desactiva KM2. Recordar, el temporizador debe activarse cuando se alcance el 80 % de la velocidad nominal del motor.

S2

Es el interruptor de paro. Desconecta a KM1, KM3 y KA1. Se inicia el paro del motor, lleva una inercia.

A continuación se muestra en la Fig. 91 la conexión que realiza en la placa de conectores del motor.

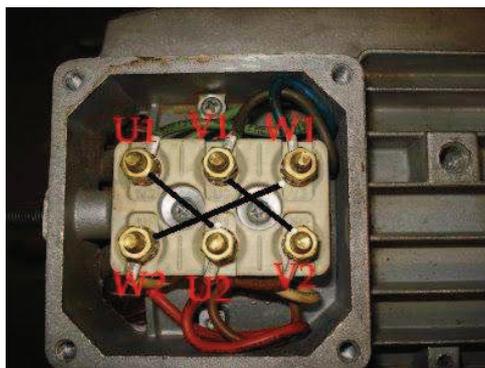


Figura 92. Conexión de los terminales del motor.

- **Configuración y montaje de módulo Ethernet-PLC-HMI**

Para la comunicación entre el PLC y la interfaz gráfica HMI, se utiliza el módulo de comunicación, a continuación se detalla la forma de montar el modulo en el PLC y su configuración, para posteriormente comunicar el HMI.

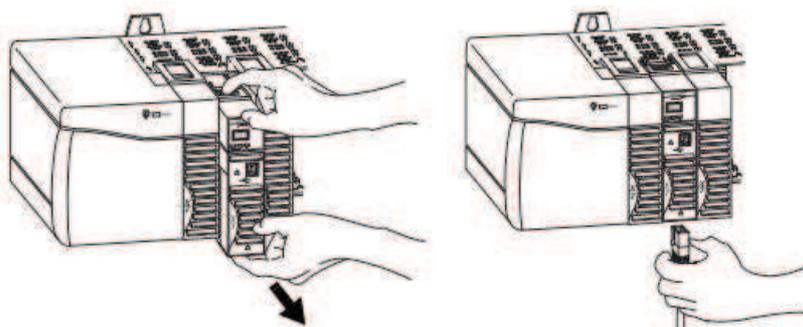


Figura 93. Implementación del módulo de comunicación Ethernet 1756-EN2TXT.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Asignación de IP en el Modulo Ethernet

El modulo trabaja con los microinterruptores giratorios en 999 y con el Software BOOTP habilitado., puede establecerse la dirección de protocolo de internet (IP) de la red utilizando uno de los siguientes métodos:

1. Utilizar los microinterruptores giratorios en la parte superior del módulo, en la Fig.89. se muestra los microinterruptores giratorios que se ubican en el módulo.

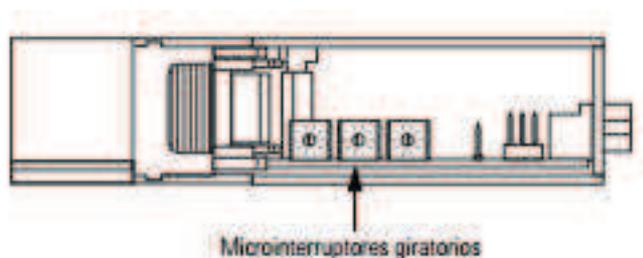


Figura 94. Modulo Ethernet IP .

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

2. Utilizar un servidor BOOTP o un servidor de protocolo de configuración de host dinámico (DHCP) como herramienta de servidor Boot-DHCP de Rockwell Automation.
3. Utilice el software RSlinx o RSlogix 5000 de Rockwell Automation.

Posteriormente después de escoger el método para la asignación de la IP se inicializa de la siguiente manera:

Primero, el módulo lee los microinterruptores giratorios para determinar si la última parte de la dirección IP específica es un número válido. Los números válidos varían entre 001...254. Cuando los microinterruptores se establecen a un número válido, la dirección IP del módulo es 192.168.1.xxx (donde xxx representa el número establecido en los microinterruptores). La máscara de la subred del módulo es 255.255.255.0 y la dirección de gateway es 0.0.0.0. El módulo no tiene asignado el nombre de la computadora principal o usa cualquier sistema de nombre de dominio cuando utiliza las configuraciones del microinterruptor giratorio.

Segundo, Durante la instalación y el encendido, la pantalla alfanumérica muestra los ciclos del módulo a través de estos estados:

1. TEST 2. PASS 3. OK 4. REV X.X (X.X es la revisión actual del firmware del módulo). Una vez que el ciclo queda completado, la pantalla alterna muestra el indicador OK y la dirección EtherNet/IP del módulo.

Después de haber montado el módulo y configurado el IP en el mismo, se muestra la arquitectura esquemática de conexión entre Proceso-PLC-HMI.

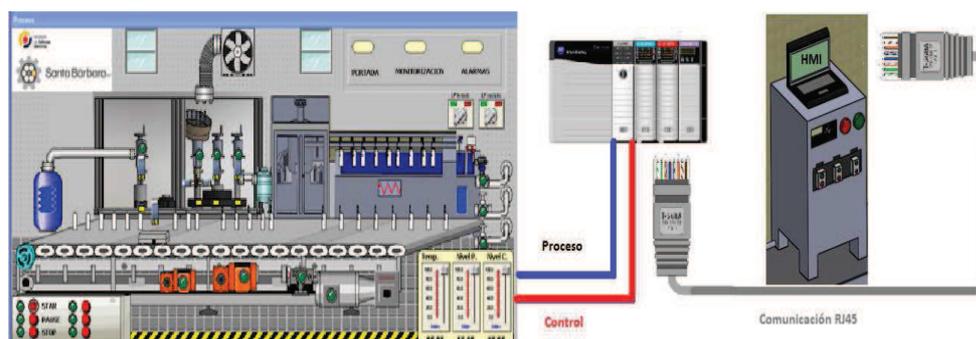


Figura 95. Comunicación Proceso – PLC- HMI

- **Control de motores a paso**

Después de seleccionar el motor adecuado, para nuestra aplicación, se debe seleccionar algunos elementos los cuales permitirán el control del motor y estos se especifican a continuación:

- **Amplificador de pulsos STP-DRV-4035**



Figura 96. Driver STP-DRV-4035

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

Tabla 47.

Características de driver para control de motores a pasos.

No.	CARACTERÍSTICAS DE AMPLIFICADOR DE PULSOS STP-DRV-4035
1	Accionamientos para motores paso a paso NEMA 17 a 34
2	Amplificadores de conmutación de 3 estados con MOSFET, para modulación de anchura de pulso
3	Corriente de fase a partir de 0,4 a 3,5 A
4	Entradas de pulsos ópticamente aisladas, dirección y permiso
5	Paso de 1/2, 1/5, 1/10, 1/50 seleccionado por switch
6	Reducción de corriente de 50% automática

Para realizar la conexión del driver se necesita conocer todas las localizaciones de conexión y ajuste del accionamiento, estas especificaciones se muestran a continuación en la Figura 96.

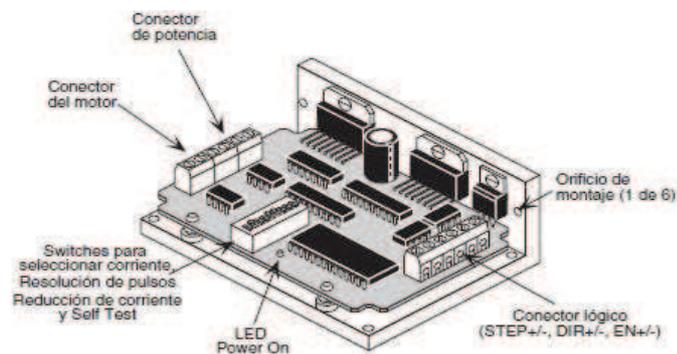


Figura 97. Especificaciones del accionamiento de motor a pasos.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- Fuente de poder STP-PWR-3204



Figura 98. Fuente de Poder STP.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

Tabla 48.

Características de Fuente de poder STP.

No.	CARACTERÍSTICAS DE AMPLIFICADOR DE PULSOS STP-DRV-4035
1	Salida de 32 Vcc hasta 4ª para un motor a pasos bipolar.
2	Salida de 5 Vcc +-5% con hasta 500mA regulada, para las entradas de pulsos.
3	Terminales con tornillos de entrada de CA y de Salida de C.C.
4	Entrada de alimentación de 120 o 240 Vca, 50/60Hz, seleccionable por un switch.
5	Entrada de alimentación de 120 o 240 VAC, 50/60 Hz, seleccionable por un switch.
6	LEDs de indicación de fuente energizada.

Para realizar la conexión de la fuente se necesita conocer todas las especificaciones de conexión, estas especificaciones se muestran a continuación en la Figura 99.

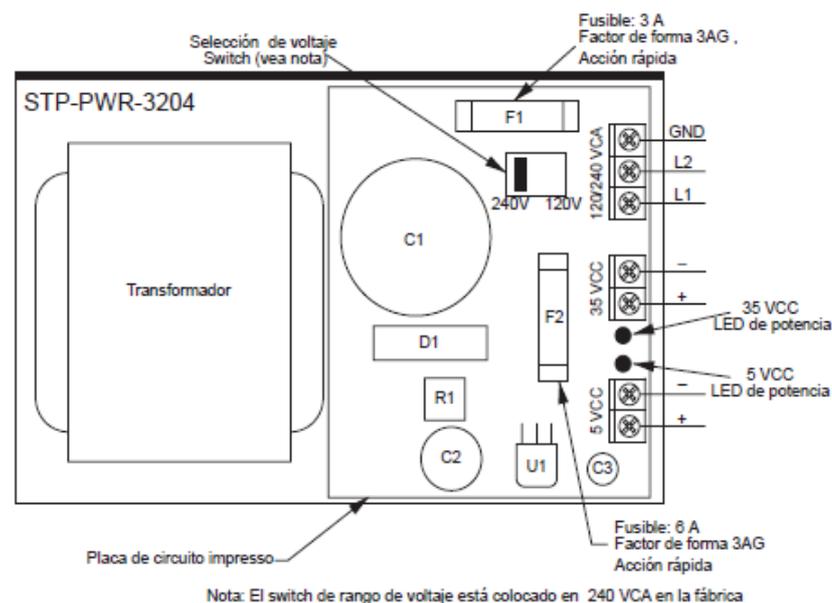


Figura 99. Fuente de Poder STP.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- **Conexión entre PLC-Driver-Fuente de Poder**

La conexión de los elementos es muy importante ya que, si se presenta algún error en la conexión, los elementos de control pueden sufrir daños y sobre todo el motor puede fallar en sus movimientos generando daños en maquinarias, o

procesos., a continuación se presenta en la Fig. 100 el diagrama de cableado típico.

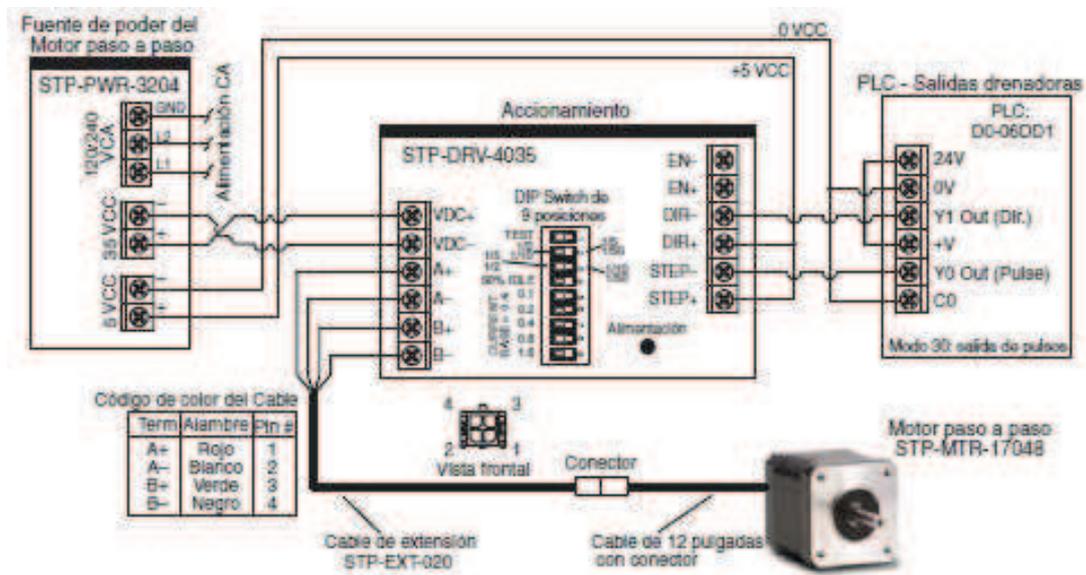


Figura 100. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

- **Selección y cálculos para funcionamiento del control del motor a pasos**

El procedimiento de selección para el correcto funcionamiento del motor a pasos se basa en conocer:

- **Cantidad de pulsos que debe enviar el PLC para generar el movimiento**

El número total de pulsos para hacer el movimiento es expresado por la fórmula:

$$Pulsos = (D_{total} \div (d_{carga} \div i)) * \theta_{paso}$$

D_{total} = distancia total del movimiento

d_{carga} = distancia que se mueve la carga por rotación del eje del motor.

θ_{paso} = resolución del paso del accionamiento (pasos/rev. Motor)

i = razón de la reducción (rev. Motor/ rev. Eje reductor)

Nuestro cálculo se basa en las siguientes características, el motor se une directamente a un transportador giratorio, el motor es ajustado para 400 pasos por revolución y necesitamos mover el disco 5,5 revoluciones.

Cuántos pulsos debe generar el PLC para enviar al accionamiento

$P_{total} = (5.5 \text{ revdisco} \div (1 \text{ revdisco/reveje} \div 1 \text{ revmotor/reveje})) \times 400$
pasos/revmotor

$$P_{total} = 2200 \text{ pulsos}$$

- **La frecuencia de pulsos para obtener el tiempo del movimiento.**

El tipo más básico de perfil de movimiento es un perfil "partir-parar" donde no hay un período de aceleración o uno de desaceleración. Este tipo de perfil de movimiento se usa solamente para aplicaciones de baja velocidad porque la carga se mueve a partir de una velocidad a otra y el motor que camina se atascará o faltarán pulsos si se trata de hacer cambios excesivos de velocidad.

En la Fig. 101 se muestra el tipo de onda partir-parar para controlar motores a paso, con aplicaciones de baja velocidad.

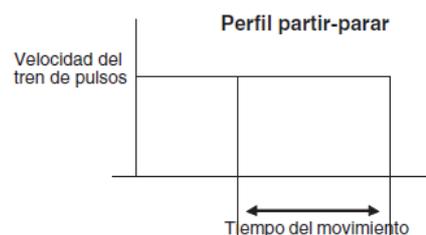


Figura 101. Diagrama de cableado típico entre PLC-Driver-Fuente.

Fuente: (AutomationDirect, 2005)

La fórmula para encontrar la velocidad del tren de pulsos para el movimiento "partir - parar" es:

$$f_{ss} = \text{velocidad de tren de pulsos} = P_{total} \div t_{total}$$

P_{total} = Pulsos totales

T_{total} = tiempo del movimiento

Para nuestro caso se necesita conocer, cuál es la velocidad del tren de pulsos para hacer un movimiento "partir-parar" con

10.000 pulsos en 800 milisegundos

$$f_{ss} = \text{velocidad de tren de pulsos} = P_{total} \div T_{total}$$

$$f_{ss} = 10.000 \text{ pulsos} \div 0,8 \text{ segundos}$$

$$f_{ss} = 12,500 \text{ Hz.}$$

4.3 Implementación del sistema de control

La línea de producción cuenta con tres importantes sistemas de control estos se detallan a continuación.

- **Sistema de control PID de nivel para piscina de control de calidad.**

La arquitectura básica del sistema de control de nivel se muestra en la Fig. 101.

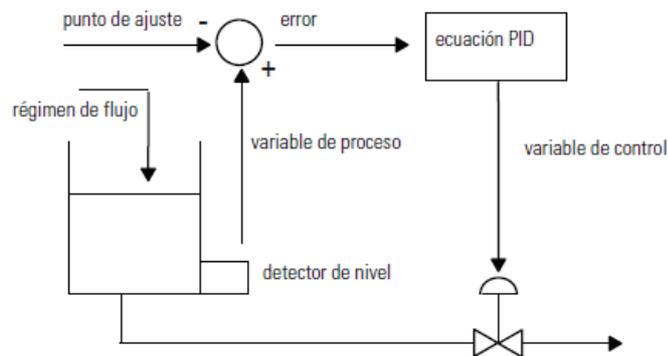


Figura 102. Diagrama de arquitectura PID para control de nivel.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Para la implementación del sistema de control se utiliza los siguientes elementos que conforman el lazo cerrado de control, estos elementos y la arquitectura del sistema de control se muestra a continuación en la Fig. 102.

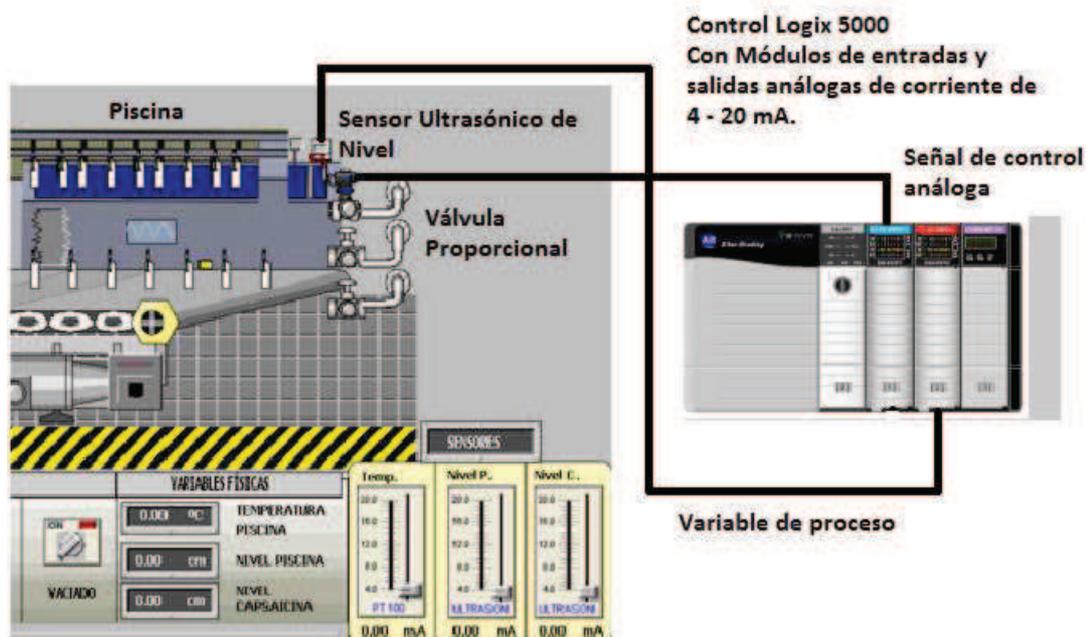


Figura 103. Implementación del sistema de control de nivel en la línea industrial.

Es muy importante para la implementación del control PID, hablar respecto a la configuración de la función PID que se utiliza en el PLC ControlLogix 5000.

La instrucción PID controla una variable del proceso, tal como flujo, presión, temperatura o nivel.

En la Fig. 103 se muestra la función PID del software RSLogix 5000 en el cual se programa el control del sistema.

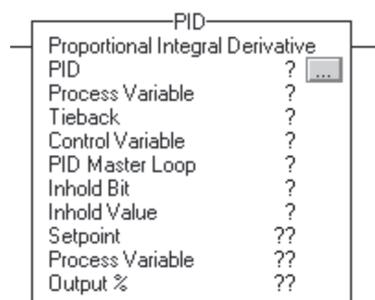


Figura 104. Función PID en software RSLogix5000.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Los operandos son iguales que los de la instrucción PID de lógica de escalera de relés, sin embargo se debe especificar Setpoint, Process Variable y Output % accediendo a los miembros .SP, .PV. y .OUT de la estructura PID, en lugar de incluir valores en la lista de operandos.

La instrucción PID típicamente recibe la variable del proceso (PV) desde un módulo de entrada analógico y modula una salida de variable de control (CV) en un módulo de salidas analógicas a fin de mantener la variable del proceso en el punto de ajuste deseado.

El bit EN indica el estado de ejecución, el bit .EN se establece cuando la condición de entrada del renglón cambia de falso a verdadero.

El bit EN se borra cuando la condición de entrada del renglón se hace falsa. La instrucción PID no usa el bit .DN. La instrucción PID se ejecuta en cada escán, siempre que la condición de entrada del renglón sea verdadera.



Figura 105. Señal Funcionamiento de la señal PID en el bit. EN.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

A continuación se muestra en las Figuras, los campos que se deben llenar para configurar toda la función PID.

Ajuste

En este campo	Especifique:
Setpoint (SP)	Introduzca un valor de punto de ajuste (.SP).
% salida establecida	Introduzca un porcentaje de salida establecido (.SO). En el modo manual de software, este valor se usa para la salida. En el modo auto, este valor muestra el % de salida.
Output bias	Introduzca un porcentaje de polarización de salida (BIAS).
Proportional gain (K_p)	Introduzca la ganancia proporcional (.KP). Para ganancias independientes, ésta es la ganancia proporcional (sin unidades). Para ganancias dependientes, ésta es la ganancia del controlador (sin unidades).
Integral gain (K_i)	Introduzca la ganancia integral (.KI). Para ganancias independientes, ésta es la ganancia integral (1/segundo). Para ganancias dependientes, éste es el tiempo de acción integral (minutos por repetición).
Derivative time (K_d)	Introduzca la ganancia derivativa (.KD). Para ganancias independientes, ésta es la ganancia derivativa (segundos). Para ganancias dependientes, éste es el valor en minutos del tiempo de acción derivada).
Manual Mode	Seleccione ya sea manual (.MO) o manual de software (.SWM). El modo manual tiene precedencia sobre el modo manual de software, si ambos están seleccionados.

Figura 106. Configuración de Ajuste de la función PID en Rslogix5000.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Configuración.

En este campo	Especifique
PID equation	Seleccione ganancias independientes o dependientes (.FE). Use independientes cuando desee que las tres ganancias (P, I y D) operen de manera independiente. Use dependientes cuando desee una ganancia total del controlador que afecte a los tres términos (P, I y D).
Control action	Seleccione ya sea E-PV-SP o E-SP-PV para la acción de control (.CA).
Derivative of	Seleccione VP o error (.DOE). Use la derivada de VP para eliminar los picos de salida causados por cambios del punto de ajuste. Use la derivada de error para respuestas rápidas a cambios del punto de ajuste cuando el algoritmo puede tolerar sobreimpulsos.
Loop update time	Introduzca el tiempo de actualización (.UPD) para la instrucción.
CV high limit	Introduzca un límite alto para la variable de control (.MAXO).
CV low limit	Introduzca un límite bajo para la variable de control (.MINO).
Deadband value	Introduzca un valor de banda muerta (.DB).
No derivative smoothing	Habilite o inhabilite esta selección (.NOF).
No bias calculation	Habilite o inhabilite esta selección (.NOBC).
No zero crossing in deadband	Habilite o inhabilite esta selección (.NOZC).
PV tracking	Habilite o inhabilite esta selección (.PVT).
Cascade loop	Habilite o inhabilite esta selección (.CL).
Cascade type	Si el lazo en cascada está habilitado, seleccione esclavo o maestro (.CT).

Figura 107. Configuración de la función PID en Rslogix5000.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Alarmas.

En este campo	Especifique
PV alta	Introduzca un valor de alarma alta VP (.PVH).
PV low	Introduzca un valor de alarma baja VP (.PVL).
PV deadband	Introduzca un valor de banda muerta de alarma VP (.PVDB).
positive deviation	Introduzca un valor de desviación positiva (.DVP).
negative deviation	Introduzca un valor de desviación negativa (.DVN).
deviation deadband	Introduzca un valor de banda muerta de alarma de desviación (.DVDB).

Figura 108. Configuración de alarmas de función PID en RSlogix 5000.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

Escalado.

En este campo	Especifique
PV unscaled maximum	Introduzca un valor PV máximo (.MAXI) que sea igual al valor máximo sin escalado recibido desde el canal de entrada analógico para el valor PV.
PV unscaled minimum	Introduzca un valor VP mínimo (.MINI) que sea igual al valor mínimo sin escalado recibido desde el canal de entrada analógico para el valor PV.
PV engineering units maximum	Introduzca el valor máximo de unidades de ingeniería correspondiente a .MAXI (.MAXS)
PV engineering units minimum	Introduzca el valor mínimo de unidades de ingeniería correspondiente a .MINI (.MINS)
CV maximum	Introduzca un valor de CV máximo correspondiente al 100% (.MAXCV).
CV minimum	Introduzca un valor de CV mínimo correspondiente al 0% (.MINCV).
Tieback maximum	Introduzca un valor retenido máximo (.MAXTIE) que sea igual al valor máximo sin escalado recibido desde el canal de entrada analógico para el valor retenido.
Tieback minimum	Introduzca un valor retenido mínimo (.MINTIE) que sea igual al valor mínimo sin escalado recibido desde el canal de entrada analógico para el valor retenido.
PID Initialized	Si usted cambia las constantes de escalado durante el modo de marcha, desactívelo para reinicializar valores internos de desactivación de escalado (.INI).

Figura 109. Configuración del Escalado de la función PID en RSlogix 5000.

Fuente: (Rockwell Automation, Inc., Sistema de Control logix 5000, 2015)

- **Sistema de control On-Off de temperatura para piscina de control de calidad.**

Para la implementación del sistema de control se necesita añadir un relé de estado sólido aparte del PLC, sensor, niquelina.

Esto se debe a que la niquelina maneja altas corrientes y colocar un relé externo evita el deterioro de las salidas del PLC y sobre todo soporta altas corrientes para la activación de la niquelina.

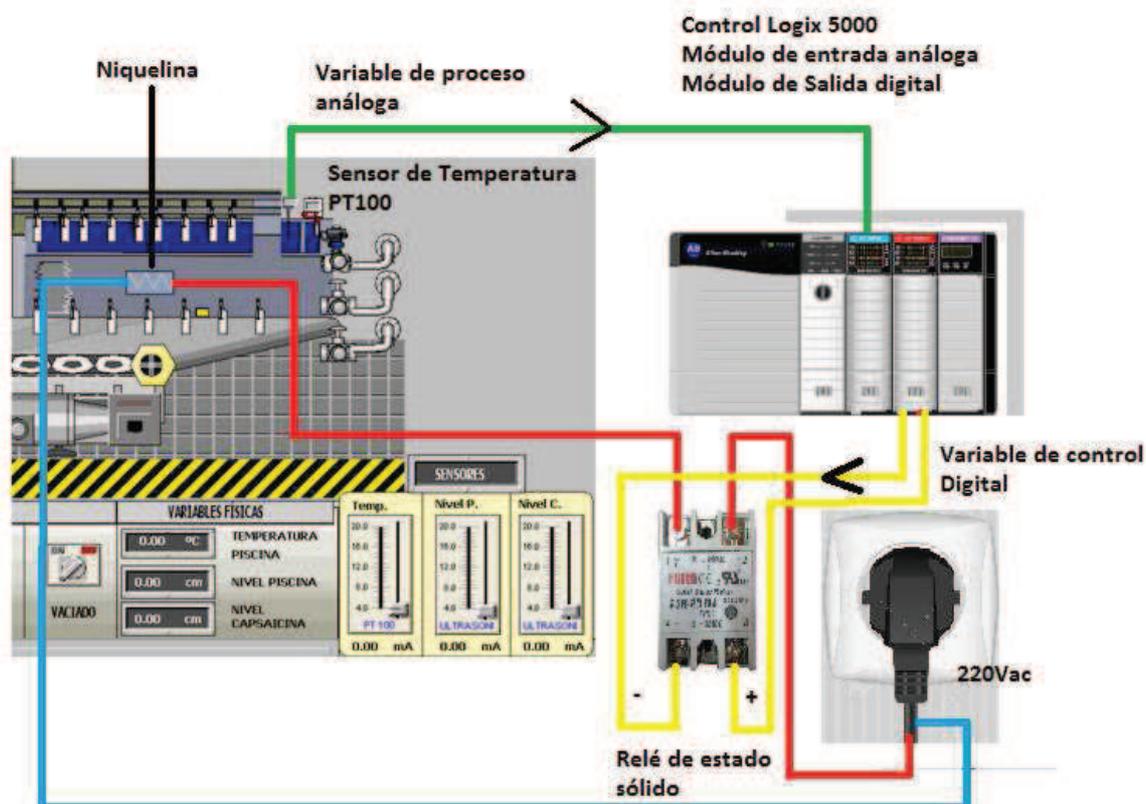


Figura 110. Implementación del sistema de control On-Off de temperatura en la línea industrial.

- **Sistema Global de control de monitoreo del proceso de producción.**

Al mencionar sistema global de monitoreo del proceso se refiere a la implementación de una interfaz gráfica HMI que permita al usuario, tener acceso de monitorear y controlar el proceso vía remota desde una PC o una pantalla adecuada que soporte Intouch que es el software seleccionado para realizar la interfaz.

Para realizar el proyecto se utiliza una PC con sistema operativo Windows XP para la programación y visualización de la interfaz gráfica del proceso.

A continuación se detalla el diseño de la interfaz.

La pantalla HMI se programa en el Software Intouch Wonderware, en el cual mediante una PC, se monitoriza todo el proceso y se obtiene el control del mismo.

El diseño de la interfaz en la PC se basa en las siguientes reglas que se muestran a continuación:

- **Dar control al usuario.**

El diseñador debe dar al usuario la posibilidad de hacer su trabajo, en lugar de suponer qué es lo que éste desea hacer. La interfaz debe ser suficientemente flexible para adaptarse a las exigencias de los usuarios del programa.

- **Reducir la carga de memoria del usuario.**

La interfaz debe evitar que el usuario tenga que almacenar y recordar información.

- **Consistencia.**

Permite al usuario utilizar conocimiento adquirido en otros programas. Ejemplo: mostrar siempre el mismo mensaje ante un mismo tipo de situación, aunque se produzca en distintos lugares.

La aplicación de la interfaz se diseña en base a 4 pantallas que se muestra a continuación:

- **Pantalla de Portada**

En la pantalla de portada se programa básicamente botones que realizan la función de llevarnos a las diferentes pantallas del sistema, es una pantalla informativa para el usuario y es la primera pantalla que el usuario tiene acceso. A continuación en la Fig. 110 se muestra el diseño de la pantalla de portada.



Figura 111. Pantalla de portada diseñada en Intouch.

- **Pantalla de Proceso**

La pantalla de proceso es sin duda la más importante, en esta pantalla se debe diseñar el proceso industrial, que se requiere controlar y monitorizar, el éxito

del diseño de la interfaz gráfica consiste en que el usuario entienda e interactúe sin problema con la pantalla.

A continuación se muestra en la Fig. 111 el diseño de la interfaz gráfica diseñada para la implementación del proyecto.



Figura 112. Interfaz gráfica HMI de la planta industrial automática de gas pimienta.

Para la realización de la interfaz se diseña, con elementos gráficos que se encuentran en el software y otros elementos que se diseñan en base a la necesidad de utilizarlos, la interfaz HMI simula en gran porcentaje las diferentes maquinas que conforman la línea industrial real, que se presenta en la Fig. 112 y Fig.113 respectivamente.



Figura 113. Maquina rotativa de control de calidad de gas pimienta.



Figura 114. Piscina de control de calidad para aerosoles de gas pimienta.

- **Pantalla de Monitorización**

La pantalla de monitorización consiste en que el usuario tenga la visualización de todas las variables físicas presentes en el proceso industrial, además el usuario tendrá acceso a gráficos de curvas de variables físicas en tiempos reales e históricos.

Es de gran utilidad para el usuario o supervisor del proceso tener almacenadas las diferentes variables físicas en archivos Excel, con esto el usuario puede conocer como se está comportando el proceso industrial en el tiempo.

En la Fig. 114 se muestra el diseño de la pantalla de monitorización.

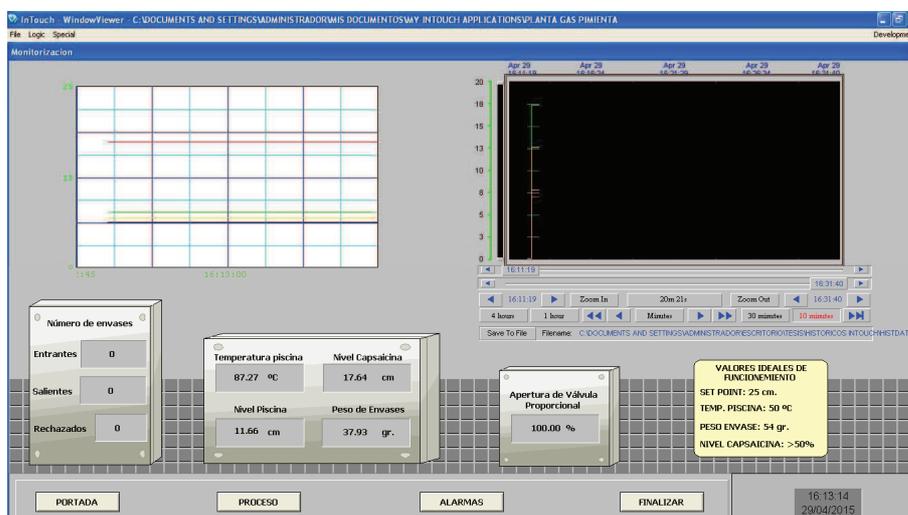


Figura 115. Pantalla de monitorización.

- **Pantalla de Alarmas**

El diseño de la pantalla de alarmas se basa en tener tablas en tiempo real, que indiquen que variables físicas están fuera de los rangos normales de funcionamiento.

Los rangos de medición de las variables físicas se programan de acuerdo al criterio del supervisor del proceso.

A parte de tener las alarmas en cuadros indicadores, se pueden diseñar indicadores luminosos que se activen, indicando que algo no está normal en el proceso.

En la Fig. 115 se muestra el diseño de la pantalla de monitorización de alarmas y en la Fig. 116 un mensaje de atención de acuerdo a la alarma activada.

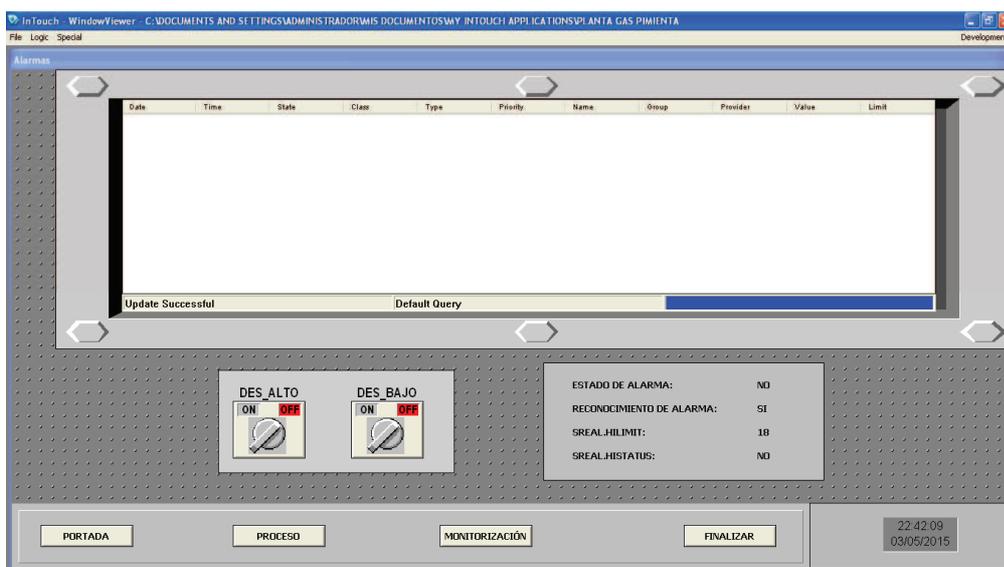


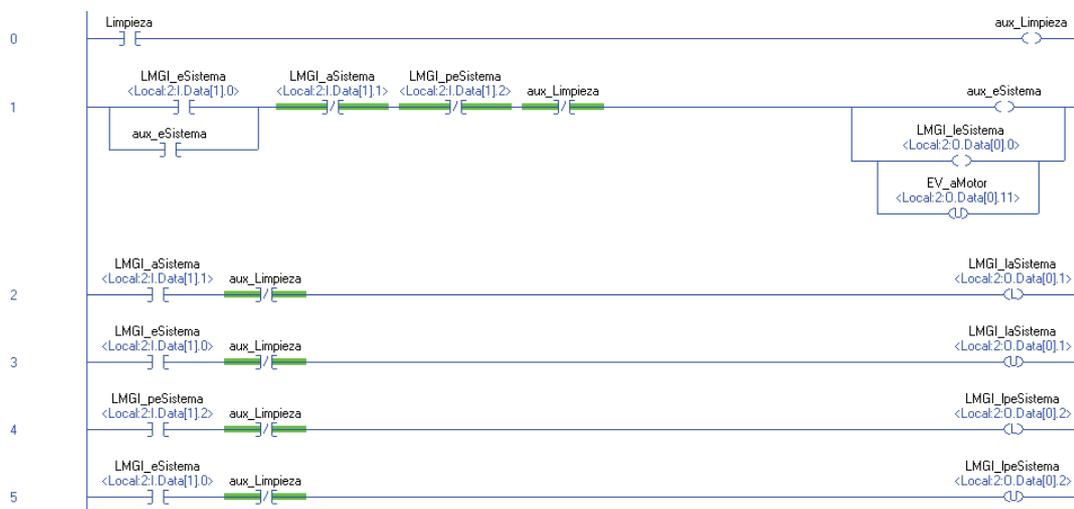
Figura 116. Pantalla de monitorización de alarmas.



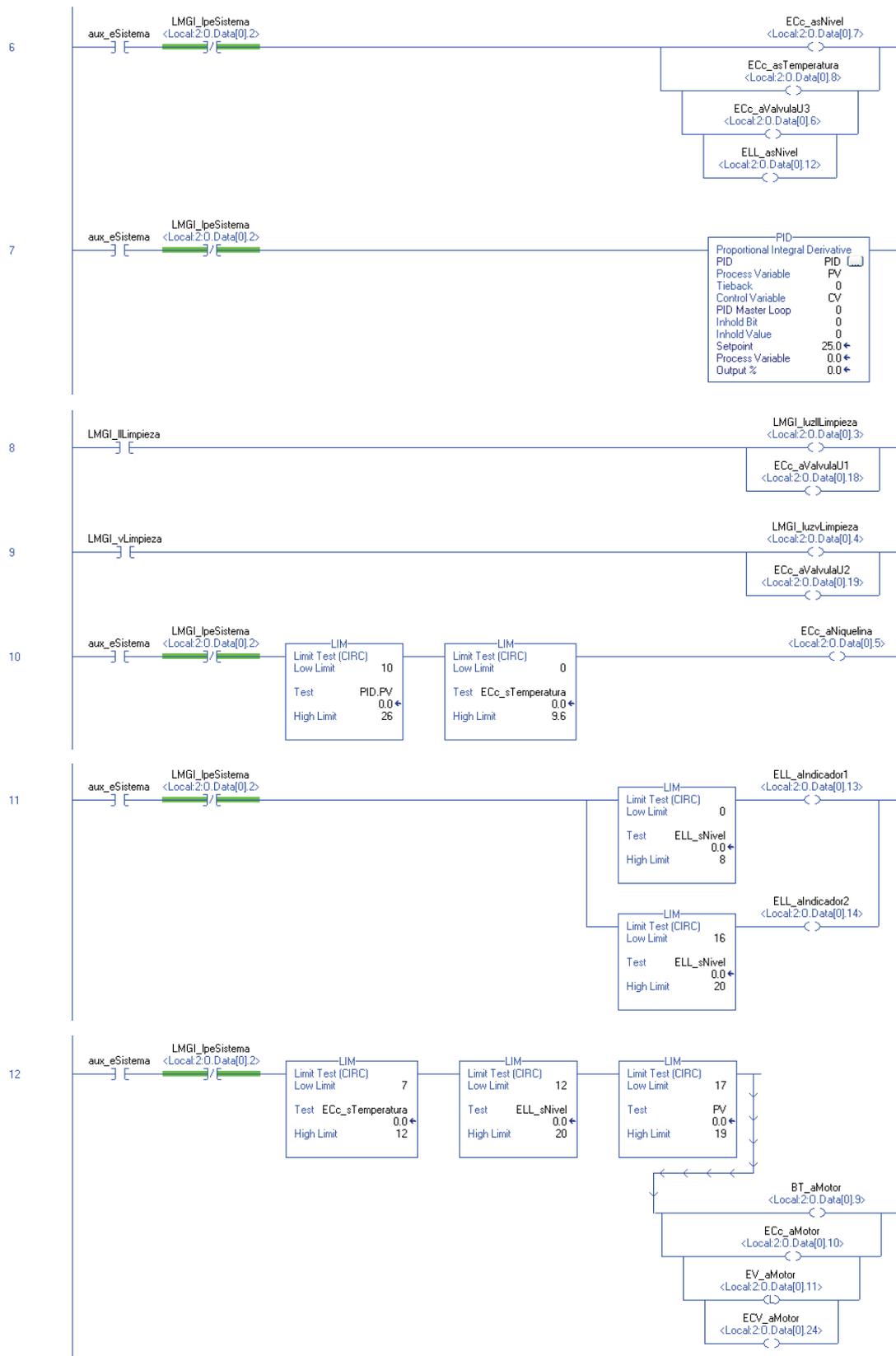
Figura 117. Pantalla de atención de alarmas

4.4 Programación del sistema de control

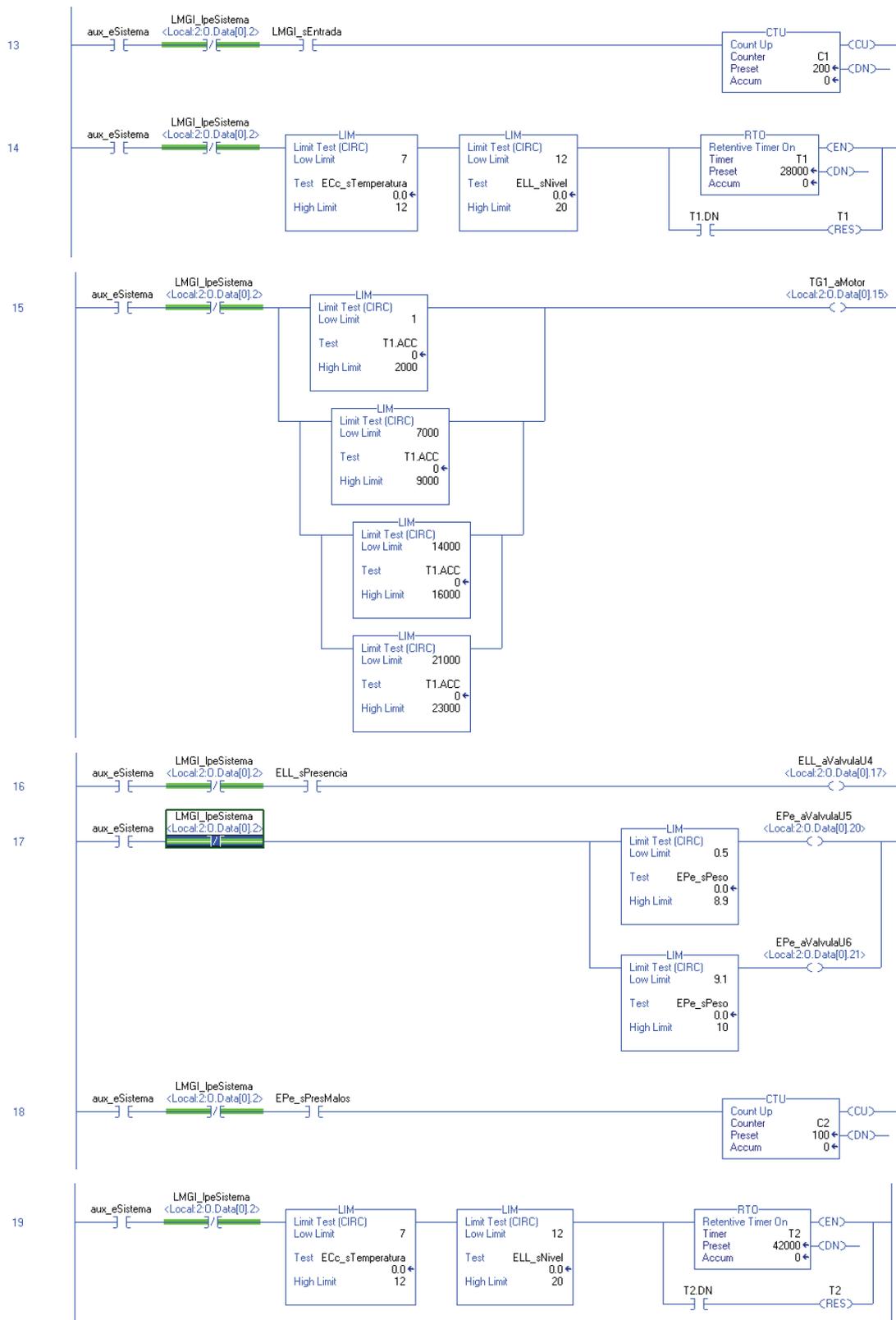
La programación del sistema de control del proceso industrial se basa en la programación íntegra del PLC ControlLogix 5000, la programación se realiza en ladder que se refiere a la programación en escalera.



CONTINUA →



CONTINUA →



CONTINUA

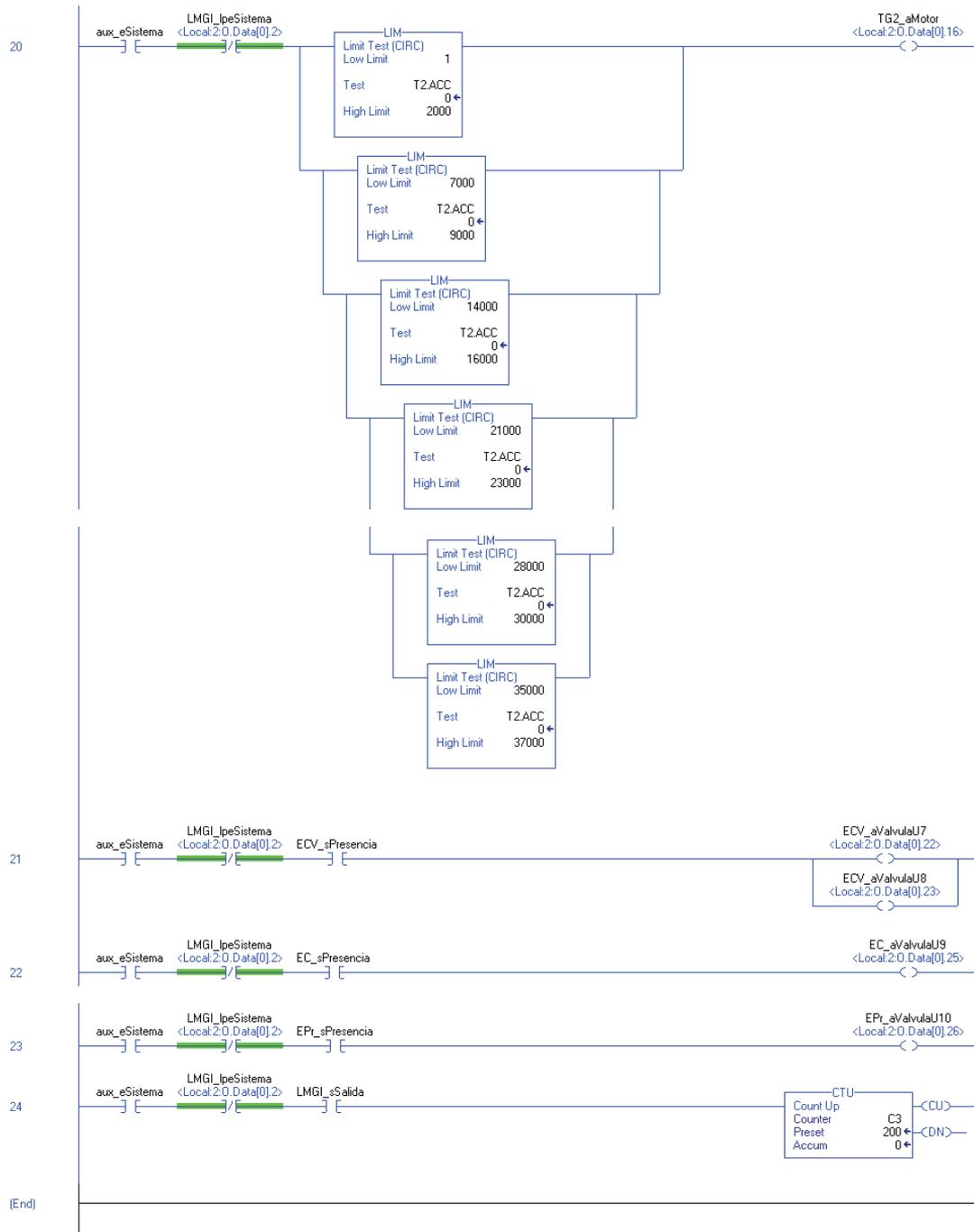


Figura 118. Programación escalera del Sistema de Manufactura de gas irritante

- **Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.**

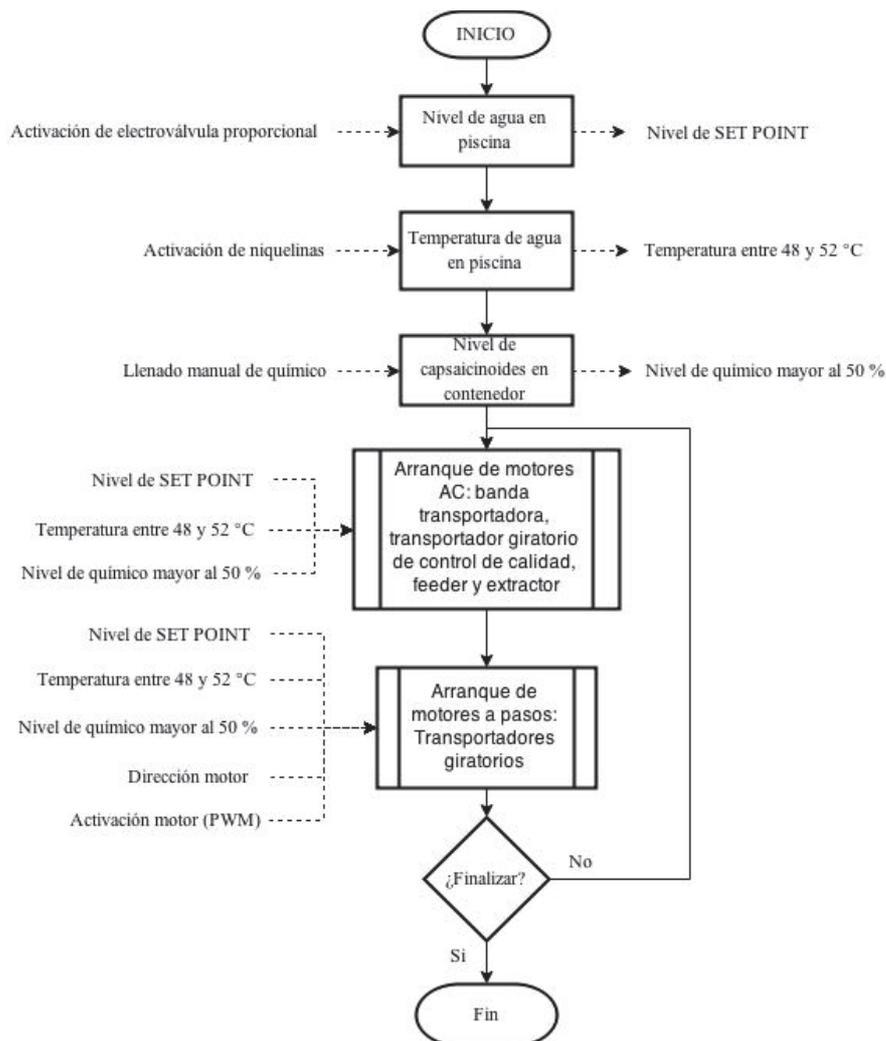
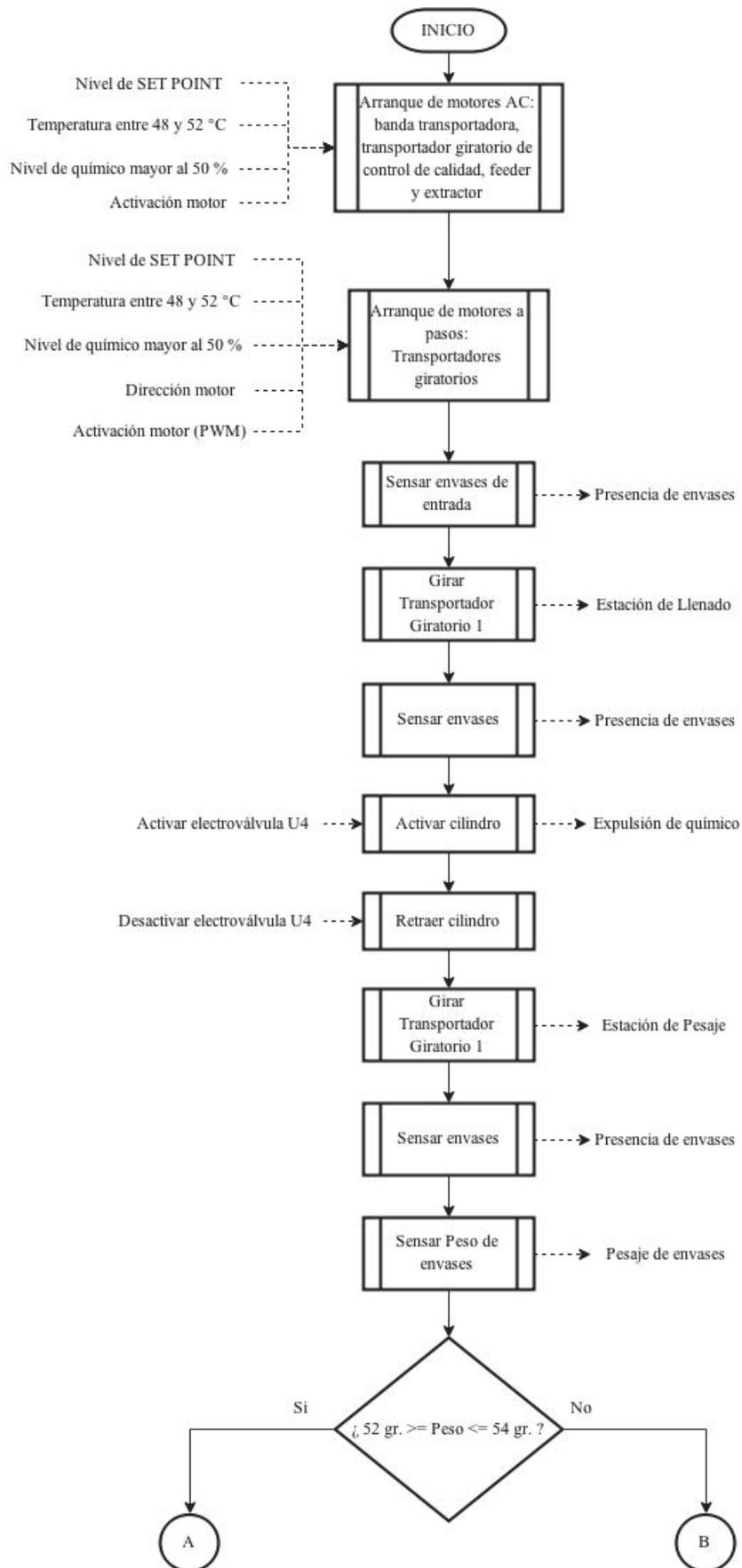


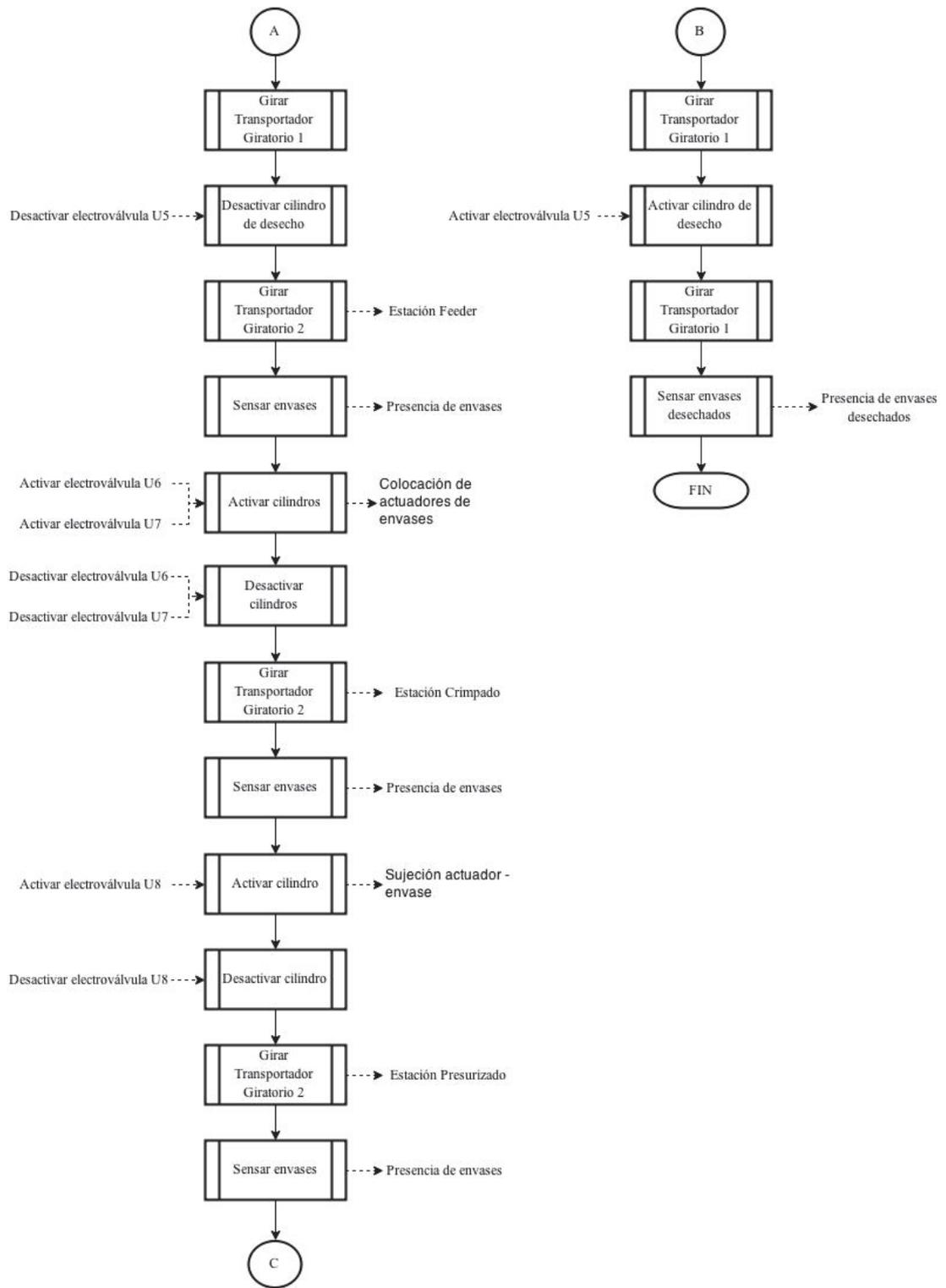
Figura 119. Diagrama de bloques del funcionamiento de la Línea de Manufactura de gas irritante (a)

El funcionamiento de esta línea de manufactura inicia con la activación de la electroválvula proporcional mediante un control PID de Nivel, una vez que el nivel de agua haya alcanzado un 50 % de llenado se procede a activar las niquelinas para calentar el agua a una temperatura entre 48 y 52 °C realizado mediante un control ON-OFF y el nivel del químico (Capsaicina) debe estar lleno más del 50 % del contenedor para que funcionen los siguientes procesos, caso contrario si no cumplen con las restricciones anteriores los motores no se encenderán.

Este proceso de fabricación de aerosoles cuenta con motores AC colocados en banda transportadora, transportador giratorio de control de calidad, feeder, extractor de aire y motores a pasos en los transportadores giratorios.



CONTINUA →



CONTINUA

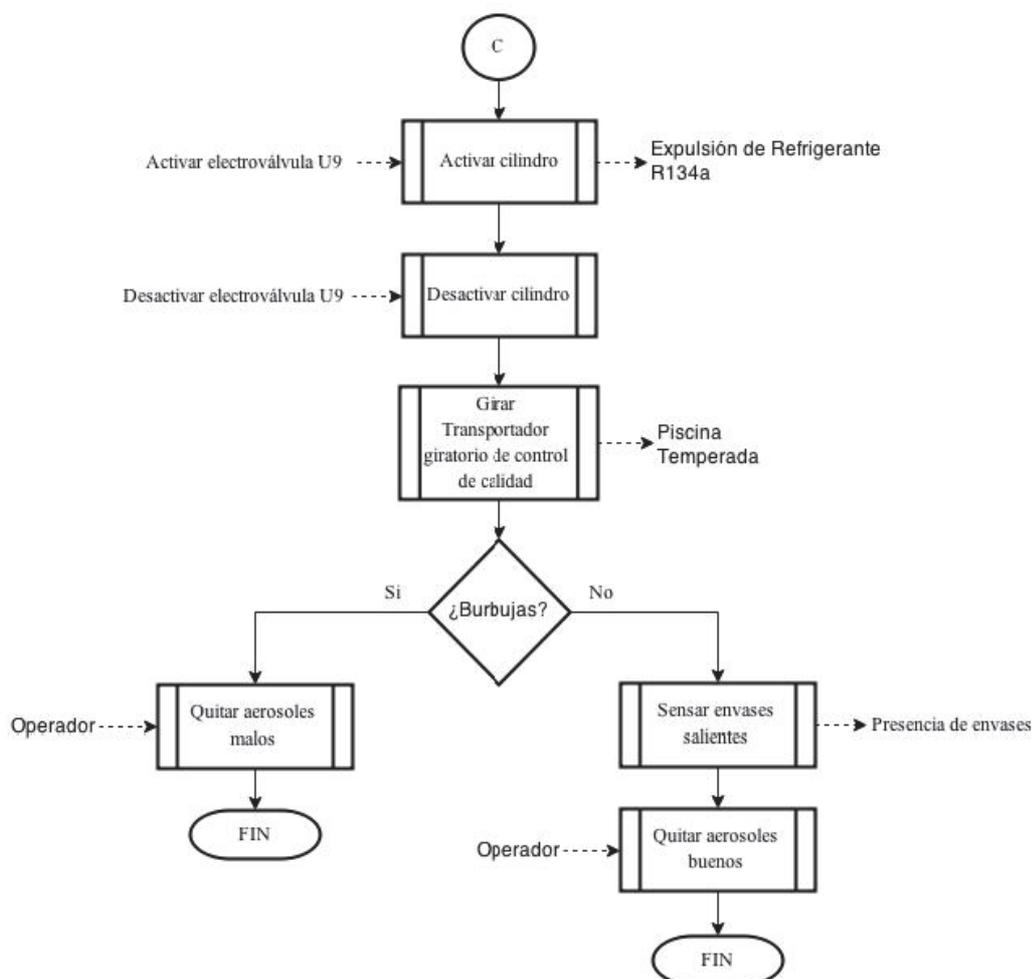


Figura 120. Diagrama de bloques del funcionamiento de la Línea de Manufactura de gas irritante (b)

A partir de la activación de todos los motores de la línea de manufactura Figura (anterior) el envase es posicionado por medio del transportador giratorio en la estación de llenado para activar la electroválvula U4 que es la encargada de colocar el químico en una cantidad de 20g, la desactivación de esta electroválvula es por medio de una señal de mando neumática de tiempo la cual proporciona menor o mayor colocación de químico en el envase.

Una vez que acabado con el llenado de químico, el envase es posicionado por el transportador giratorio en la estación de pesaje para decidir si el envase debe continuar con el proceso.

Si el peso del envase no se encuentra entre 53 y 55 gramos incluyendo el peso del envase (34 gr.), este debe ser rechazado por medio de un cilindro activado por la electroválvula U5 que no permita el paso a las siguientes estaciones y a la vez

realizando el conteo de dichos envases malos; si el peso es correcto, el envase deberá pasar a las siguientes estaciones desactivando la electroválvula U5 y así transferir los envases al siguiente transportador giratorio por medio de la banda transportadora.

El segundo transportador giratorio es el encargado de posicionar al envase en la estación feeder la cual mediante la activación y desactivación de las electroválvulas U6 y U7 permiten la colocación automática del actuador.

Terminada la colocación del actuador el transportador giratorio continúa con su posicionamiento en la estación de crimpado activando la electroválvula U8 para realizar la sujeción actuador – envase, la desactivación de dicha electroválvula es por medio de una señal de mando neumática de tiempo.

Acabado de realizar el crimpado el transportador giratorio sitúa al envase en la estación de presurizado activando la electroválvula U9 para realizar la inyección de refrigerante R134a, la desactivación de dicha electroválvula es por medio de una señal de mando neumática de tiempo la cual proporciona menor o mayor inyección de refrigerante en el envase.

Como última acción de la línea de manufactura el envase es transportado a la estación de control de calidad por medio de la banda transportadora para que a su vez el transportador giratorio de control de calidad guie al envase hacia la piscina temperada; un operador será el encargado de retirar envases que contengan fugas para su desecho, caso contrario el envase tendrá salida hacia la misma banda transportadora para realizar el conteo de envases salientes.

4.5 Protocolo de pruebas

Al hablar de protocolo de pruebas, sin duda es hablar de la importancia del mantenimiento, el mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción.

El desempeño de la línea industrial estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales, para un mejor desempeño.

El mantenimiento está enfocado en la mejora continua y prevención de fallas, mediante acciones que se pueden aplicar en el diseño de un protocolo de pruebas.

Después de la implementación y simulación de la línea industrial automática es de suma importancia el diseño de un protocolo de pruebas que no es más que un mantenimiento preventivo que se debe programar según los requerimientos de la línea industrial.

El proyecto al ser una línea de producción automática de aerosoles con gas pimienta se recomienda realizar la ejecución del protocolo de pruebas cada semana, ya que se maneja variables que su cuantificación debe ser lo más exacto posible con el fin de obtener una fabricación de aerosoles de calidad y que cumpla las normas de calidad nacionales e internacionales.

Para el diseño del protocolo de pruebas se basa en conocer y sobre todo realizar un test de todos los elementos que conforman la línea industrial, estos se indican a continuación.

- Motor de banda transportadora
- Motor de maquina rotativa
- Motor a pasos para transportador 1
- Motor a pasos para transportador 2
- Niquelina
- Sensores de posición
- Finales de Carrera
- Sensores de nivel ultrasónicos
- Señor de temperatura PT100
- PLC
- Central de control y monitorización
- Pruebas de comunicación entre estación PC con PLC

Teniendo en cuenta las características mencionadas, se procede a realizar el diseño del protocolo de pruebas, que se muestra a continuación.

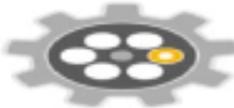
										
 Santa Bárbara E.P.										
Nº Prueba:	1									
PROTOCOLO DE PRUEBAS										
EMPRESA:	Santa Barbara E.P.									
LINEA INDUSTRIAL DE AEROSOLES										
FECHA:	Lunes 27 de Abril del 2015									
CONTROLISTA:										
PRUEBAS DE CONEXIONES Y CABLEADO										
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Conformidad	Rechazo	Correcciones								
I. Pruebas de energizado de las redes electricas de la linea Industrial										
A continuacion las pruebas efectuadas se realizan para cada Subestacion que conforma la linea Industrial										
Medida de Tension de Motores	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Motor Banda T.</td> <td style="padding: 2px;">Motor Maq. R.</td> <td style="padding: 2px;">Motor Tr. 1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Tension Emitida:</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Otros:</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Motor Banda T.	Motor Maq. R.	Motor Tr. 1	Tension Emitida:			Otros:		
Motor Banda T.	Motor Maq. R.	Motor Tr. 1								
Tension Emitida:										
Otros:										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Motor Transportad</td> <td style="padding: 2px;">Motor extractor de gas</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	Motor Transportad	Motor extractor de gas							
Motor Transportad	Motor extractor de gas									
II. Pruebas de energizado de PLC Y Driver de Control de motor a Pasos										
Medida de elementos de control	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">PLC.</td> <td style="padding: 2px;">Driver.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Tension Emitida:</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Otros:</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table>	PLC.	Driver.	Tension Emitida:		Otros:				
PLC.	Driver.									
Tension Emitida:										
Otros:										

Figura 121. Formato de protocolo de pruebas parte 1.

V. Verificación de sensor de Temperatura PT100					
Se requiere realizar la calibración del sensor PT100 con un sensor externo, se comparará las medidas.					
Temp. Prueba °C	Prueba	PT100 Interno	PT 100 externo	Promedio	Status (ok,x)
10	1				
20	2				
30	3				
40	4				
50	5				
60	6				
70	7				
Estado del sensor					
Se obtiene el promedio de la medición del sensor PT100 interno y PT100 externo y se compara con la Temperatura de prueba , se coloca el status.					
ok	sensor en buen estado				
x	sensor en mal estado				
VI. Verificación de celda de carga					
Se requiere realizar la verificación de la celda de carga con una celda externa, se comparará las medidas.					
Peso Prueba Kg	Prueba	Celda Interna	Celda externa	Promedio	Status (ok,x)
10	1				
20	2				
30	3				
40	4				
50	5				
60	6				
70	7				
Estado de la celda					
Se obtiene el promedio de la medición del sensor PT100 interno y PT100 externo y se compara con la Temperatura de prueba , se coloca el status.					
ok	celda en buen estado				
x	celda en mal estado				
VII. Equipos usados en Pruebas					
Marca			Equipo		
RADIO SHACK			CABLE DE CONEXIÓN ETHERNET		
MEGABRAS / MD 5060e			MEGOMETRO DIGITAL		

Figura 123. Formato de protocolo de pruebas parte 3.

FLUKE / 361	TERMOMETRO POR INFRAROJO
FLUKE / 322	MULTITESTER Y PINZA AMPERIMETRICA
Diagnost	TERMOMETRO CONVENCIONAL DE BULBO
VIII. Resultados de Pruebas	
Aceptado: <input type="checkbox"/> Rechazado: <input type="checkbox"/> Corrección: <input type="checkbox"/>	Nº 1 Nº 2 Nº 3
VIII. Responsable de la Prueba y Aprobación del Producto	
Firma: Apellido y Nombre : Cargo:	

Figura 124. Formato de protocolo de pruebas parte 4.

CAPITULO 5

ANALISIS ECONÓMICO FINANCIERO

El presente capítulo tiene como fin obtener el beneficio-costo de la ejecución del presente proyecto, pues si bien se requirió de una inversión considerable, misma que se detalla a continuación, la recuperación será inmediata ya que la línea de producción ya cuenta con ofertas y pedidos de producción a alta escala de aerosoles con gas pimienta.

5.1 Rentabilidad económica

Para el análisis de la rentabilidad económica se necesita tener tabulados todos los egresos realizados, para la ejecución del proyecto, estas tabulaciones y análisis se presentan a continuación.

Se realiza el análisis de los costos que se requieren para la implementación del proyecto, a su vez se analiza obteniendo el porcentaje de cada valor y así se puede tener una idea contablemente clara de que componentes, materiales o elementos son de mayor costo.

Tabla 49.

Costos de materiales en dólares y en porcentaje.

CONCEPTO	VALOR	PORCENTAJE %
Material Electrico	1800,00	22,50
Manufactura de Accesorios	900,00	11,25
Manufactura de Componentes	1000,00	12,5
Material de Sujecion	400,00	5
Material de Manufactura	1200,00	15
Accesorios neumaticos	1200,00	15
Sensores ultrasonicos	350,00	4,375
Drives motores	800,00	10
Motores a paso	750,00	9,375
Sensores fin de carrera	120,00	1,5
Otros materiales	450,00	5,625
Actuadores neumaticos	550,00	6,875
Total costo de Materiales	9520,00	119

Tabla 50. Porcentaje de costos en materiales.

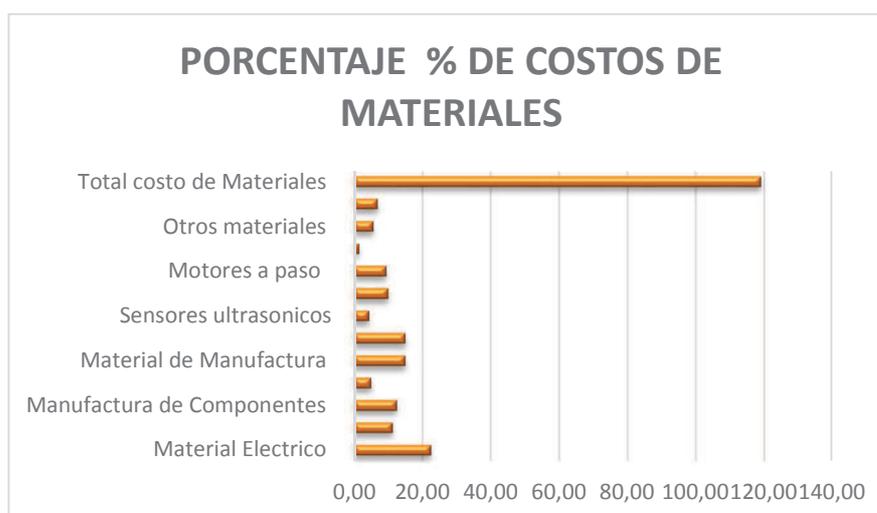


Figura 125. Porcentajes de Costo Beneficio

Posterior a analizar los costos de producción, se requiere el análisis de los costos indirectos de fabricación, que no es más que los costos de producción que no son materiales directos ni mano de obra directa. (Jimenez, 2007)

Los costos que se presentan en la Tabla 50 se refieren a los costos que genera la implementación / simulación del proyecto, esto durante todo el tiempo que se lleva en implementar/ simular el proyecto.

Tabla 51.

Costos indirectos de fabricación.

CIF DE PRODUCCIÓN	
Transporte	220,00
Luz	350,00
Agua	300,00
Alimentación	450,00
TOTAL CIF	1320,00

En análisis de costo beneficio se presenta en la Tabla 52.

Tabla 52.

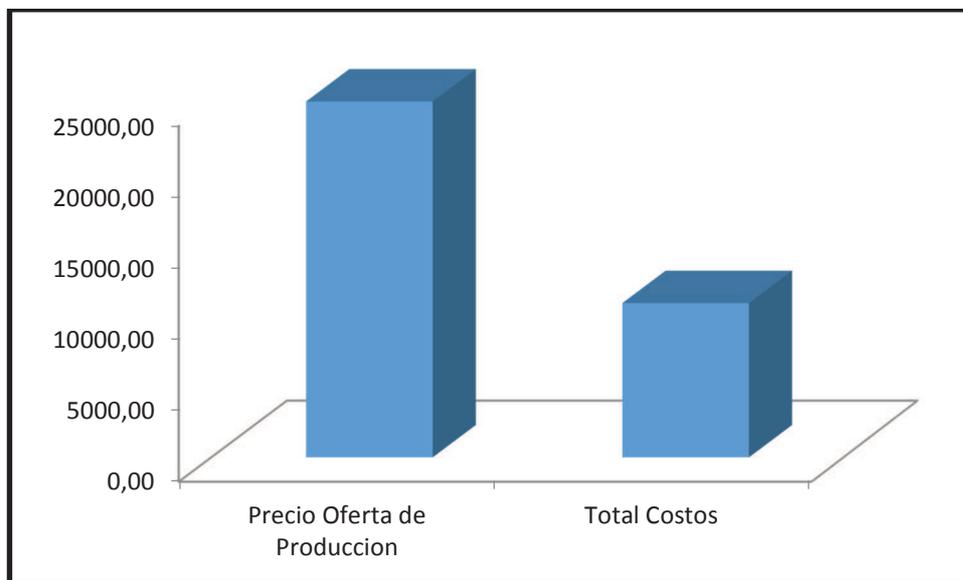
Costo Beneficio del proyecto.

BENEFICIO COSTO DEL PROYECTO	
Precio Oferta de Producción	25000,00
Total Costos	10840,00
Beneficio Costo del Proyecto	2,31

El precio de la oferta se basa en el pedido de una producción de 5000 aerosoles de gas pimienta, obteniendo por esa producción un costo de 25000 dólares.

Tabla 53.

Diferencia entre precio oferta de producción vs total costos.



Después de analizar el costo beneficio se llega a la conclusión de que el proyecto presenta una rentabilidad alta, ya que solo en el primer pedido de producción la empresa recupera su inversión y a la vez le queda una ganancia de 14160 dólares.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La información teórica del sistema: diseño, funcionamiento, operación, puesta en marcha, protocolo de pruebas esta precisado a lo largo del escrito en forma sintetizada de diagramas, figuras y cuadros de funcionamiento y programación elaborados por los autores.
- La metodología de diseño utilizada para la contemplación y ejecución del presente proyecto fue buscar las necesidades originadas desde el cliente en características técnicas cuantificables.
- El alcance del proyecto sin contar con el material técnico de dicha planta debido a la criticidad del producto en caso de que llegue a manos inadecuadas se ha cumplido en totalidad, contemplando el uso de softwares que ayudaron a la simulación del sistema, haciéndolo lo más real posible.
- La inclusión del software Solidworks para el desarrollo del diseño mecánico de los diferentes componentes del sistema, fue de gran utilidad ya que se pudo someter a simulaciones virtuales y de esa manera estar seguros de escoger el material correcto, dimensionado, formas etc.
- Al tener virtualizados los diferentes componentes mecánicos que conforman la línea industrial y específicamente los transportadores giratorios, esta se convierte en una línea de producción flexible, que no contemple solo la manufactura de aerosoles con gas pimienta, sino también la fabricación de productos conexos, como podría ser aerosoles para diferentes aplicaciones.
- La programación del sistema al ser realizada en un PLC, automáticamente se convierte en un sistema flexible capaz de adaptarse a los requerimientos de la empresa, esto hablando en requerimientos cuantificables de producción.
- Los modelos de los sistemas de control de temperatura y nivel que utiliza la línea industrial son modelos centralizados que se programó en el PLC, de esta forma nos aseguramos la flexibilidad del sistema, si la empresa desearía en un futuro agregar más controles al sistema.

- Al tener el sistema la interfaz HMI que simula el funcionamiento de la línea industrial, el operario tiene el control del sistema en sus diferentes etapas: proceso, monitorización, alarmas.
- En la simulación del proceso, respecto a la comunicación entre el PLC (softlogix) y PC (Intouch) existe un pequeño desfase de tiempos, que se puede visualizar en pantalla, esto se debe a los tiempos de muestreo que maneja cada equipo.
- Para cuantificar la capacidad de producción de la línea de manufactura, se realizó en base a la simulación del sistema y esta a su vez proporciona que cada aerosol manufacturado se demora 1 minuto.
- Es muy importante el mantenimiento de la línea industrial, es por eso que se ha diseñado un protocolo de pruebas antes de empezar con el funcionamiento regular de la línea, ya que al manejar productos químicos es de suma importancia el correcto funcionamiento de cada elemento que conforma la línea industrial.

6.2 Recomendaciones

- Se debe seguir todas las instrucciones del protocolo de pruebas antes de comenzar con el funcionamiento normal de la línea industrial, esto se recomienda hacer una vez por semana.
- Si en el caso de presentarse la necesidad de cambiar los tiempos de fabricación, se debe re programar al PLC y esto debe ser realizado por una persona capacitada ya que de lo contrario existe un riesgo en la integridad de todos los componentes que conforman la línea de manufactura.
- Si por motivos de ofertas de producción que requiera realizar la empresa, se requiere la manufactura de aerosoles de diferentes tamaños y usos, se puede cambiar los transportadores giratorios en base a las medidas de los aerosoles solicitados, al tener digitalizado los transportadores giratorios, se puede fabricar e implementarlos en la línea de manufactura.
- Si existe algún problema con el funcionamiento normal de la línea de manufactura, el operario sabrá de ante mano dónde se está presentando el error y poder revisar el daño, esto gracias a que el sistema tiene integrado la

monitorización de alarmas en el panel de control - monitorización PC y también se puede ver en el proceso mismo a través de indicadores luminosos.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo 161. (2003). Reglamento para la prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales.
- AutomationDirect. (2005). *Sistema de Motores a Paso*. Mexico DF: AutomationDirect.com.
- Cedeño, R. (26 de 04 de 2012). *Catálogo SKF*. Obtenido de <https://app.box.com/s/e741ee52a755d5f37fad/1/255644030/2114832189/1>
- CONSEP. (2014). *Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas*. Obtenido de <http://www.consep.gob.ec/calificaciones-y-licencias/>
- Cortes, M. (1994). *Curso Moderno de Maquinas Rotativas*. Brcelona: Reverté S.A.
- El instalador. (2012). *Electroválvula de bloqueo*. Obtenido de <http://www.elinstaladorelectricista.es/default/domotica-2/electrovalvulas-de-agua-y-gas/electrovalvula-agua-servocomandada-1-mc133-16bar-n-c-220v.html>
- Festo. (2003). *Catálogo 2003-2004*. México DF: Festo Didactic.
- Hispacontrol S.L. (2012). *Sonda PT-100*. Obtenido de <http://www.hispacontrol.com/sensores/74-sonda-pt100-a-3-hilos-de-250x6-mm-de-acero-inoxncon-1m-de-cable-de-silicona-con-muelle-protector-de-cable.html>
- INEN. (2014). Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Jimenez, F. (2007). *Costos Industriales*. Costa Rica: Tecnologica de Costa Rica.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Mexico: Pearson Educación.
- Ministerio de Relaciones Laborables. (2013). *Hoja de Seguridad- Tarjeta de Emergencia*. Obtenido de <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NT-23-Hojas-MSDS-y-Tarjetas-de-Emergencia.pdf>
- Naciones Unidas. (2009). Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas. Obtenido de http://books.google.com.ec/books?id=ixYdCEVdHUsC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=solidos+explosivos+insensibilizados&source=bl&ots=eOHVLa8czn&sig=V0-4BLPIRnYZ7edc88IB_Kenbq8&hl=es-

419&sa=X&ei=Nnt7U4a1BtajqAaHtYgQBQ&ved=0CEEQ6AEwBA#v=onepage&q=solidos%20explosivos%20i

Nolasco, J. (Agosto de 2014). *Prueba de baño caliente para aerosoles—Primera Parte*. Obtenido de <http://aerosollarevista.com/2014/08/prueba-de-bano-caliente-para-aerosoles-primera-parte/>

Norma OHSAS 18001: 2007. (s.f.). Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos.

NTE INEN 2251: 2003. (2003). Manejo, almacenamiento, transporte y expendio en los centros de distribución de combustibles líquidos. Requisitos. Quito.

NTE INEN 2266:2013. (2013). Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.

Pino, F. (4 de Mayo de 2012). *Ojo Curioso*. Obtenido de <http://curiosidades.batanga.com/3682/que-es-el-gas-pimienta-y-que-hace>

Pololu. (Enero de 2015). *Pololu Robotics & Electronics*. Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1472>

Rockwell Automation, Inc. (2015). *Sistema de Control logix 5000*. Obtenido de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/CL-5000#overview>

Rockwell Automation, Inc. (2015). *Terminales gráficos PanelView Plus 6 1000*. Obtenido de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711P-PanelView-Plus-6-1000-Terminals#overview>

Rosero Yugsi. (2009). *Selección de PLC*. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F9276%2F5%2FSelecci%253Fn%2520de%2520PLC.doc&ei=u1wkVdroNsmRsAWnv4DYAg&usg=AFQjCNHJt1i0fHkiBF_yF_iZ

Sensores Mecánicos. (2014). *Sensores de proximidad*. Obtenido de <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/sensor-fin-de-carrera-el-final-de.html>

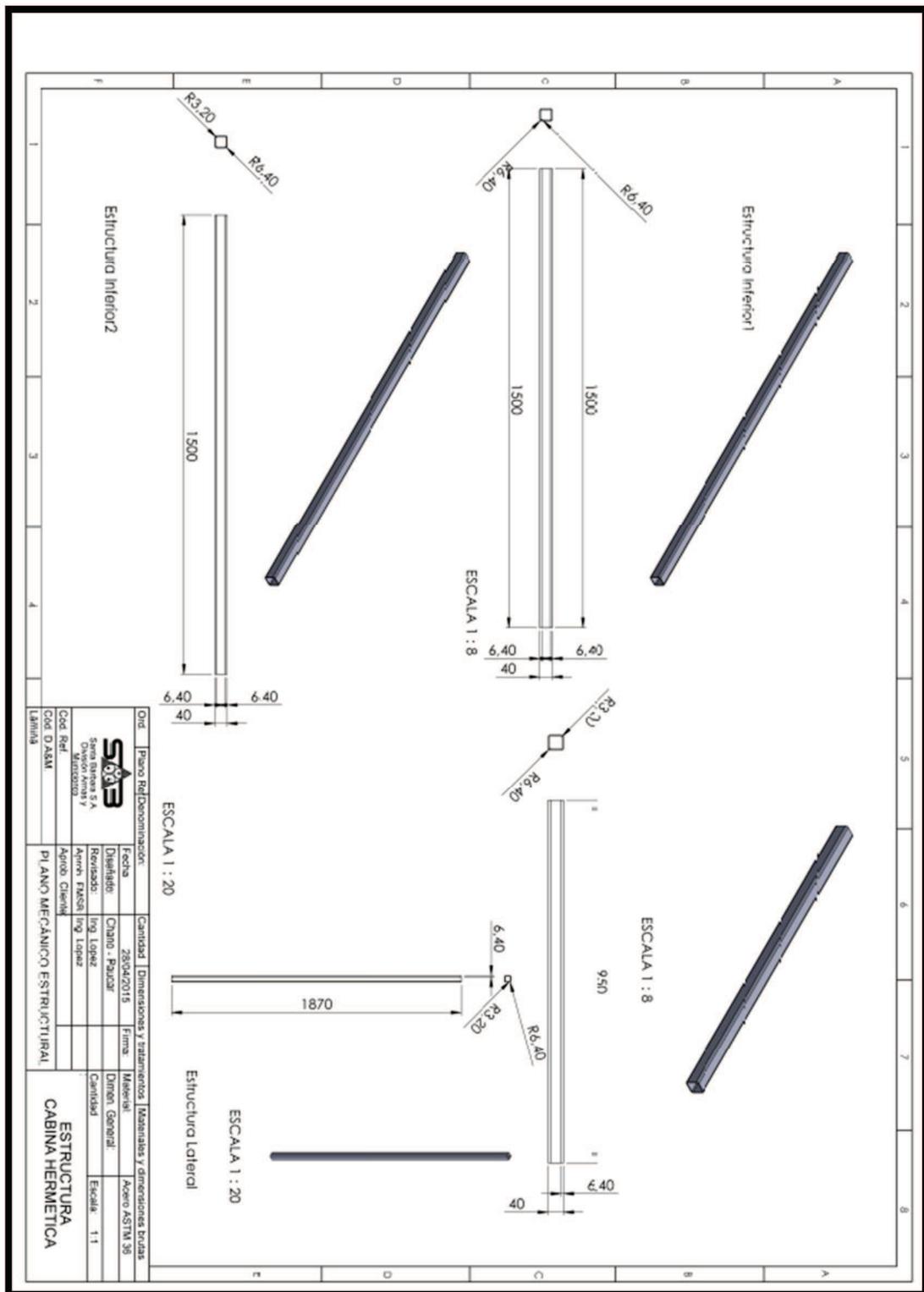
SICK AG. (2014). *SICK Sensor Intelligence*. Obtenido de <https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&C>

ult=Spanish&FamilyID=404&List=1&Category=Produktfinder&Selections=49224

- Sicole. (2011). *Electroválvula neumática*. Obtenido de <http://www.sicole.com/Valvula-solenoide-doble-3-vias-2-posiciones-p-288.html>
- Slideshare. (2005). *Manejo de productos químicos*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/yolichavez/manejo-de-productos-quimicos>
- Solá, P. M. (2008). *Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones*. Barcelona: Marcombo.
- Soler&Palau. (2015). *S&P Sistemas de Ventilacion*. Obtenido de <http://www.solerpalau.es/es-es/manuales-de-ventilacion/>
- Suministros Industriales. (Enero de 2015). *Catálogo Tornillería Allen*. Obtenido de <http://www.suministrosindustrialesenvalencia.es/es/catalogos/tornilleria-allen.pdf>
- Teja, s. M. (1995). *Automatización Neumática y Electroneumática*. Marcobombo.
- Valdez, F. (27 de Julio de 2008). *La Mejor Seguridad*. Obtenido de <https://tuseguridad.wordpress.com/2008/07/27/el-uso-del-spray-de-pimienta/>
- WIM - Systems. (2014). *Celdas electrónicas de carga*. Obtenido de <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga-wim-wlc-sppc.html>
- Zavaleta Avejar, L. (23 de Marzo de 2009). *Extracción de capsaicinoides*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fnafiux.com%2Fitz%2FLUNESDECONFERENCIAS23DEMARZO%2F11.0A13.0%2FSALADELEDIFICIOU%2FExtracciondecapsaicinoides.ppt&ei=4drsVL5egY2DBLGdg-AJ&usg=A>

ANEXOS

ANEXO D. Plano mecánico de vigas de estructura de cabina hermética



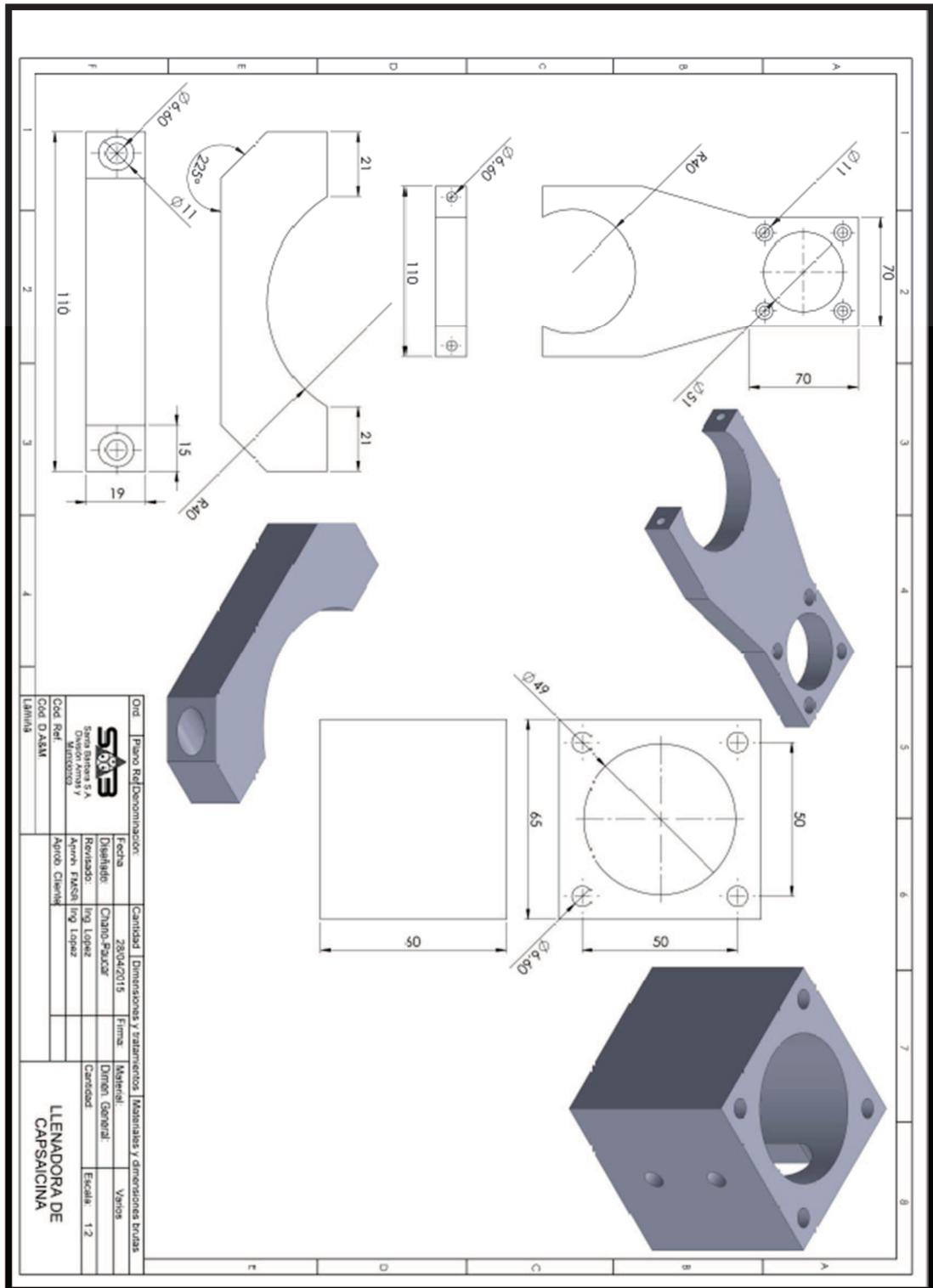
ANEXO E. Plano Conjunto de Llenadora de capsaicina

ESCALA 1 : 4

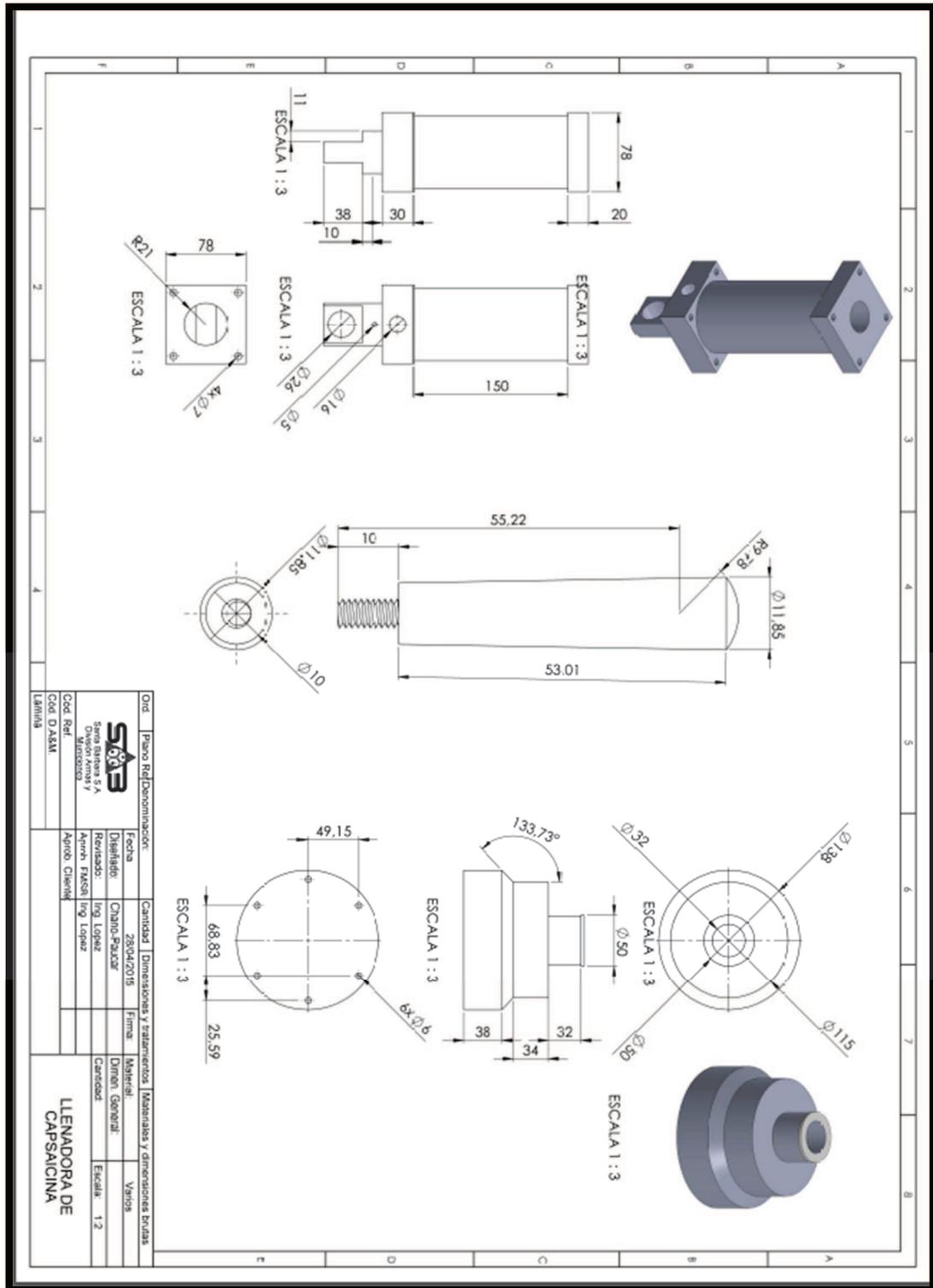
Nº	Nombre	Función
2	Sujetador cuadrado Base	Sujeta la maquina llenadora a su base
3	Cilindro de llenado	Sujeta el piston llenador segun requerimientos
4	Reservorio pequeño de capsaicina	Cilindro de llenado por donde sale la capsaicina hacia el envase
5	Elementos de sujecion	Almacenamiento de capsaicina
6	Cilindro	Sujeta el piston llenador con base
7	Manija	Almacena aire y lo transforma en trabajo
8	Sujetador de manija	regulador de altura del piston llenador
9	Guia de manija	Fijamiento de sujecion
10	Tornillo sin fin	Guia donde se ocupa el sujetador de manija
11	Tornillo sin fin	Encargado de regular el movimiento circular para regulacion de altura regulacion de altura

Ord.	Plano Ref/Denominacion:	Cantidad	Dimensiones y Tratamientos	Materiales	Varios
	28/04/2015			Dircon General	Escala: 1:1
Diseñador:	Orlando Paucar	Revisado:	Ing Lopez	Caracode	
Aprobado:	Arroyo Cienfuegos				
Cod. Ref.	Cod. D. AAM	PLANO CONJUNTO		LLENADORA DE CAPSAICINA	
FAMILIA					

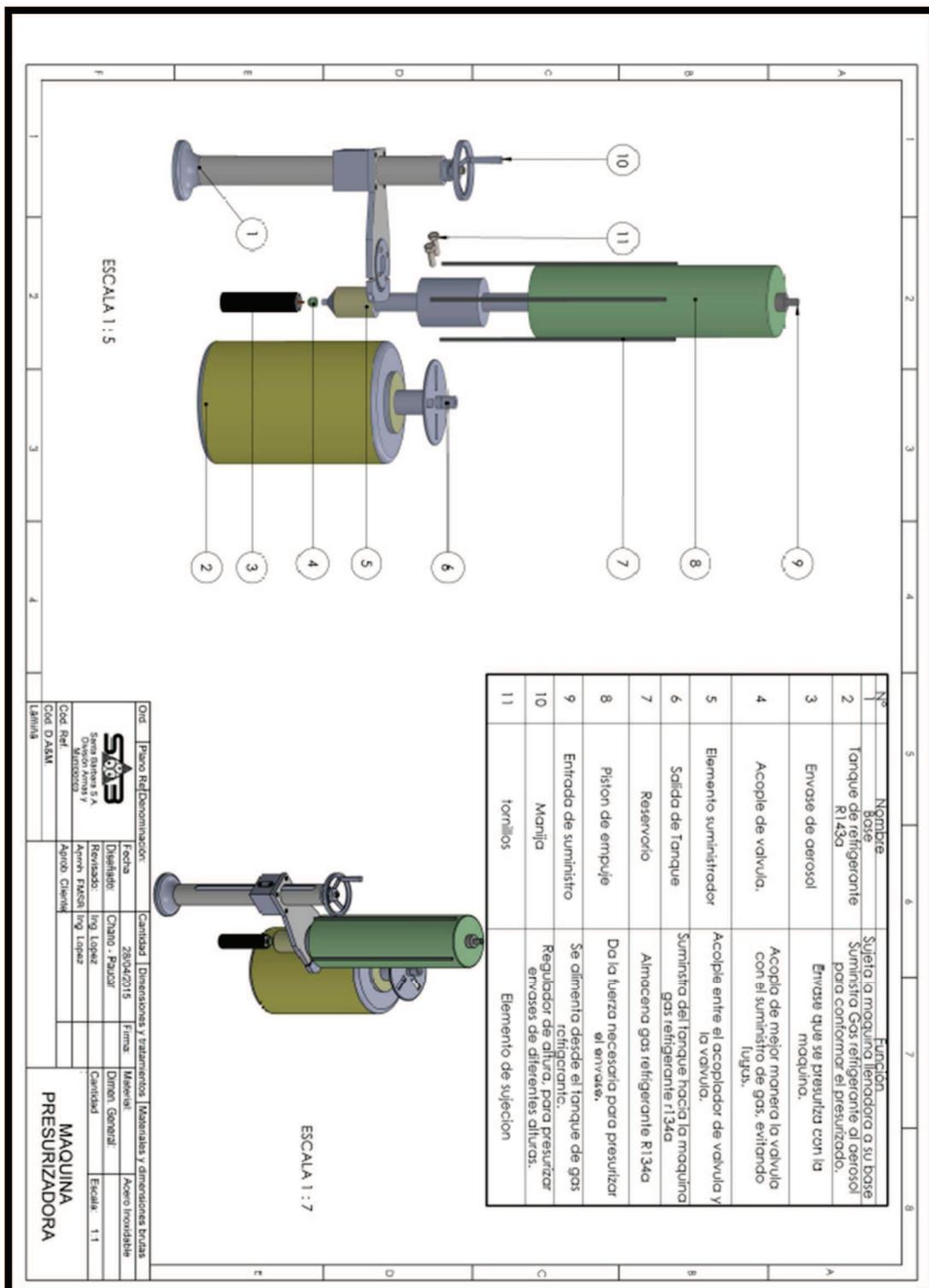
ANEXO F. Plano Mecánico 1 de Llenadora de capsaicina



ANEXO G. Plano Mecánico 2 de Llenadora de capsaicina



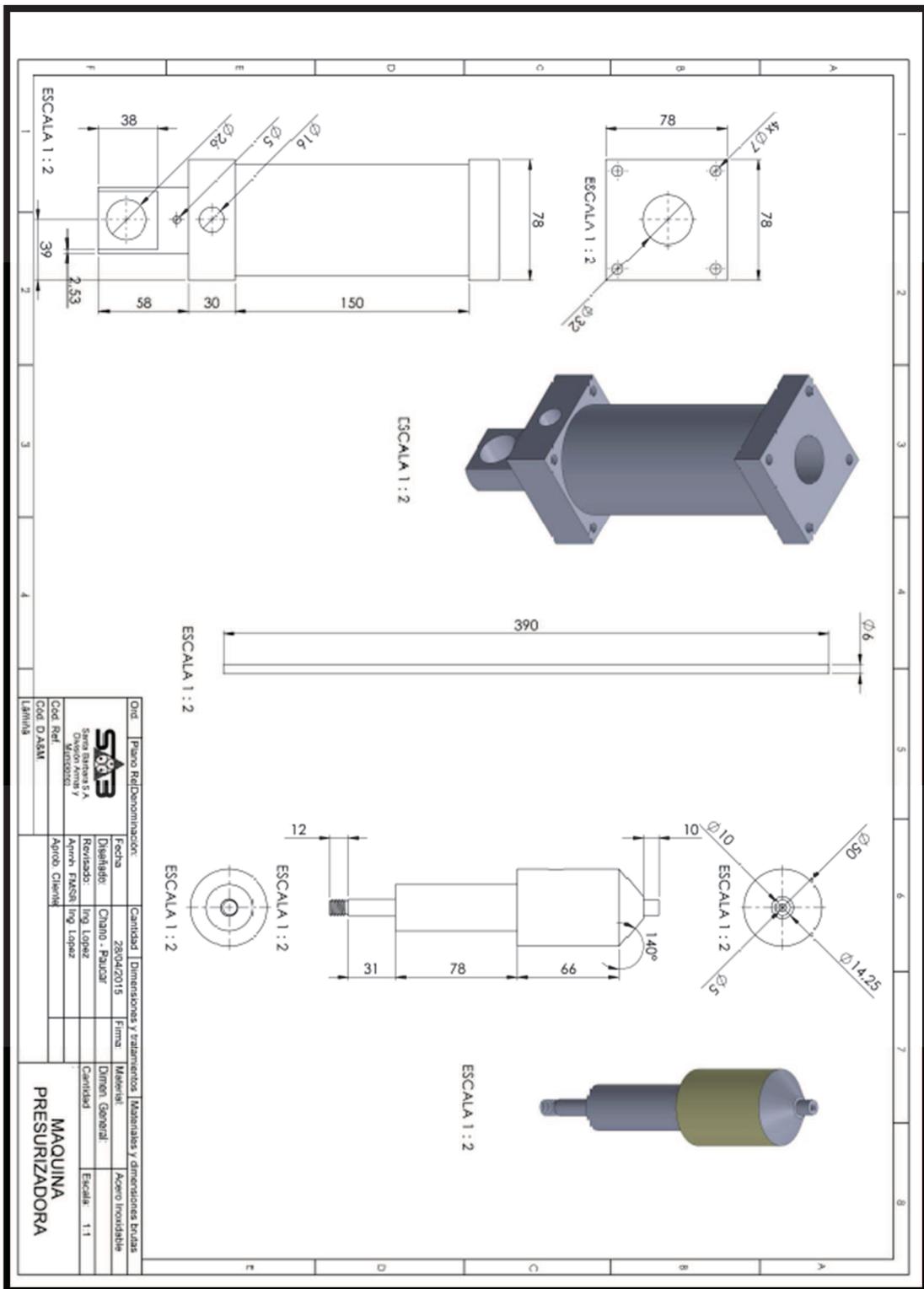
ANEXO I. Plano Conjunto de Presurizadora



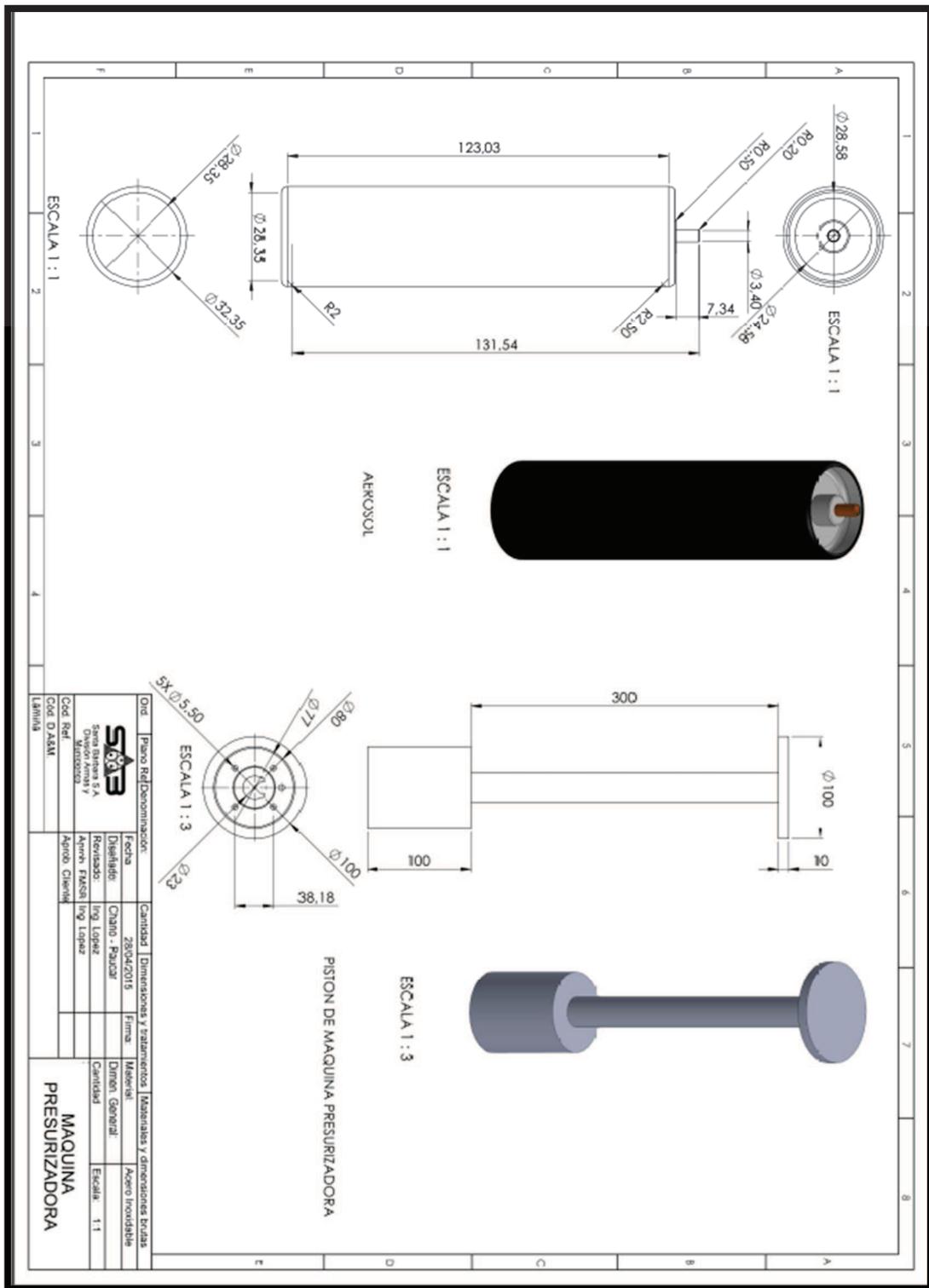
Ord	Plano Redenominaion	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas
	Fecha	28/04/2015	Firma	
	Diseñado	Chano - Pajuel		
	Revisado	Ing. Lopez		
	Col. Ref.	Ayudo Client		
	Code D/ASMI			
	Labrinas			

MAQUINA PRESURIZADORA	
Cantidad	Escala: 1:1
Material	Acero inoxidable
Dimen. General	

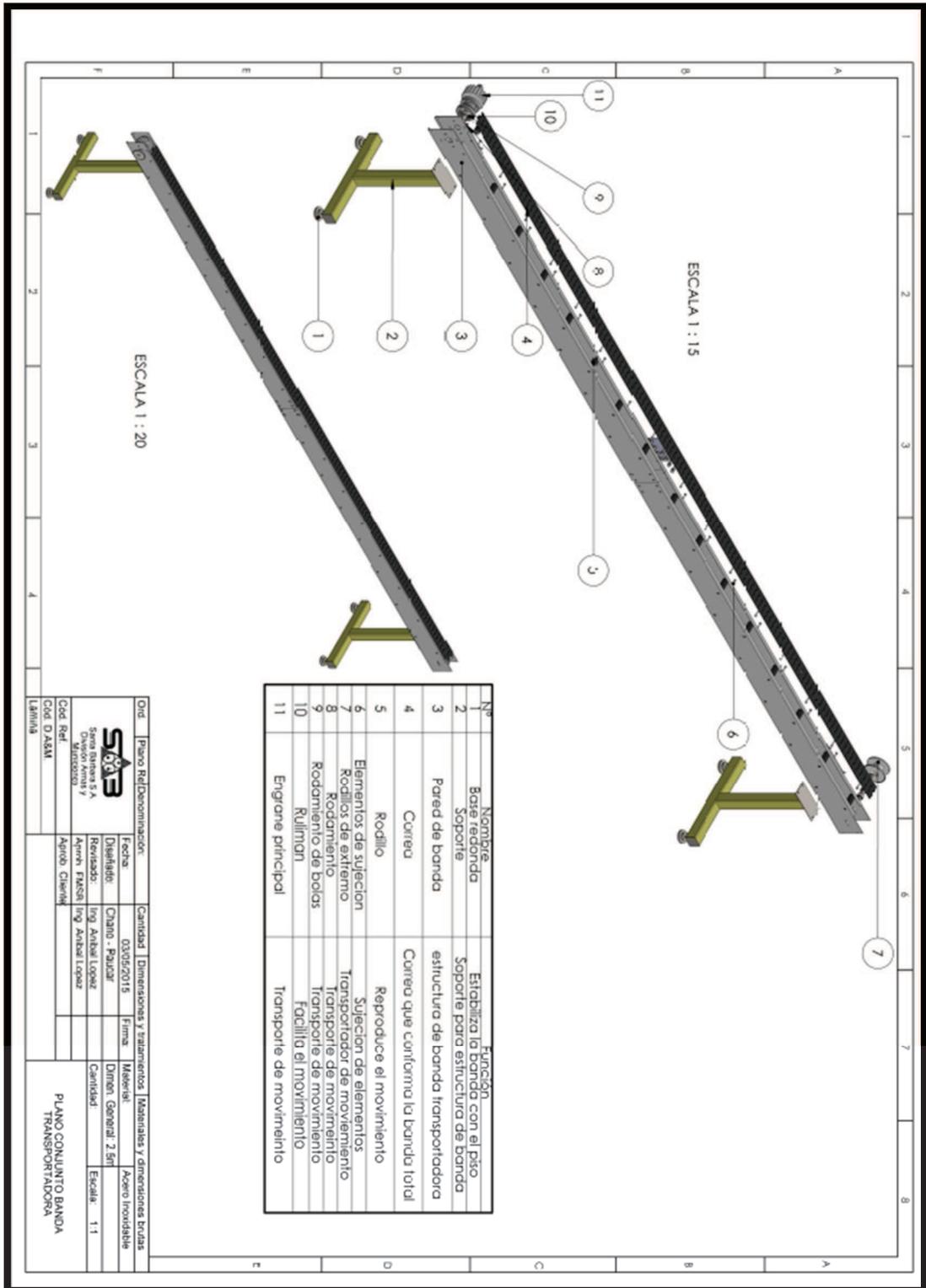
ANEXO J. Plano Mecánico 1 de Presurizadora



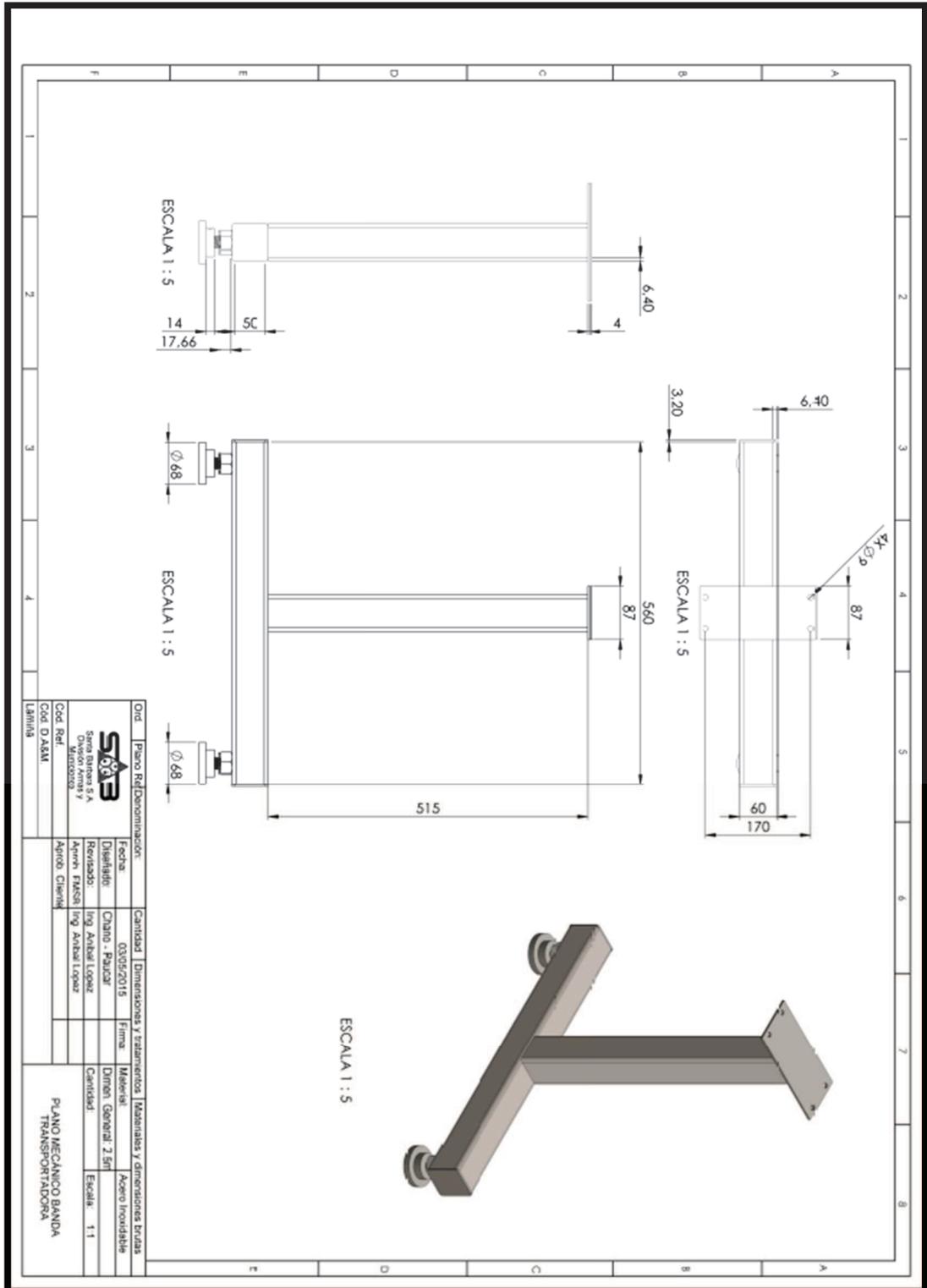
ANEXO L. Plano Mecánico 3 de Presurizadora



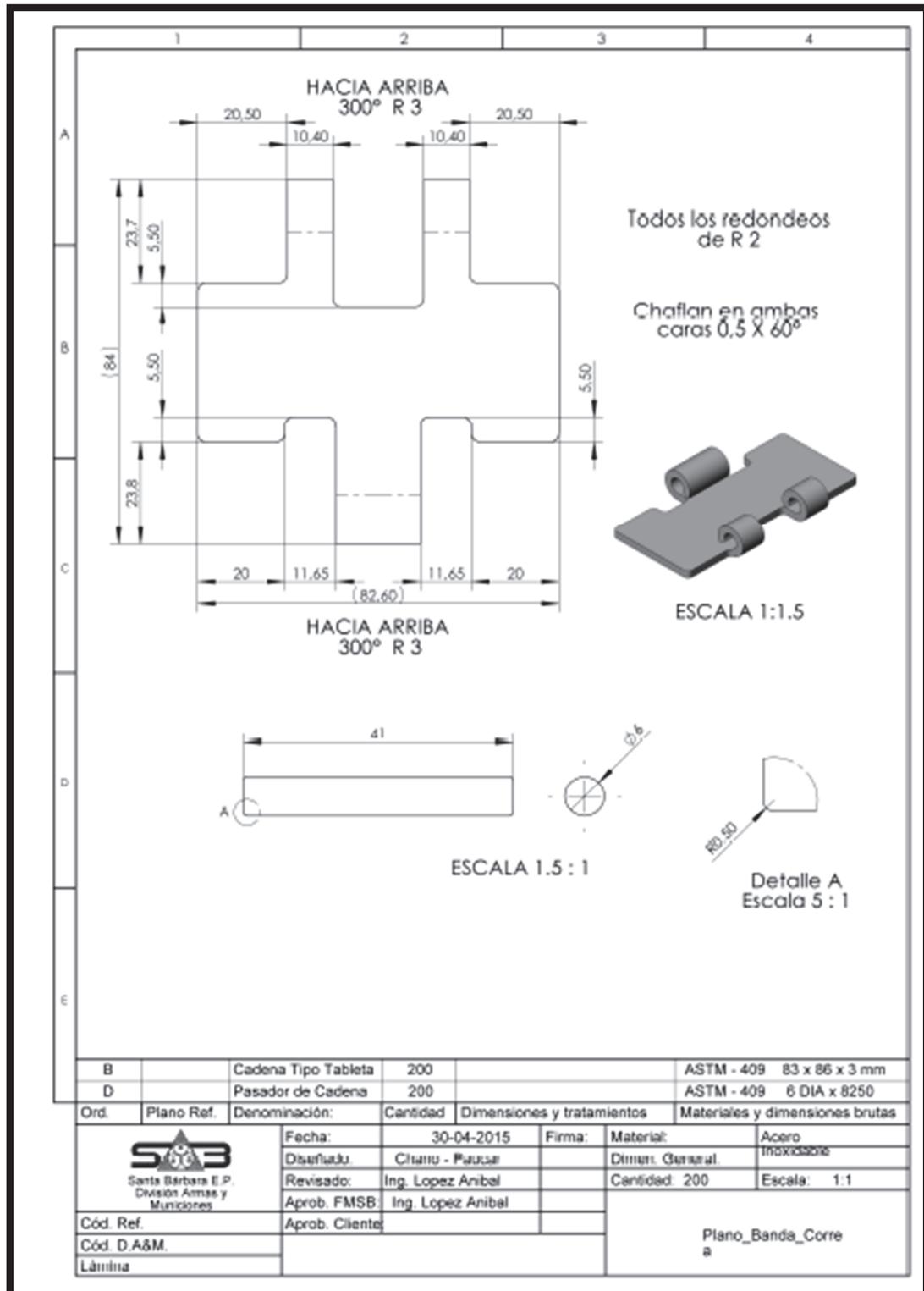
ANEXO M. Plano Conjunto de Banda Transportadora.



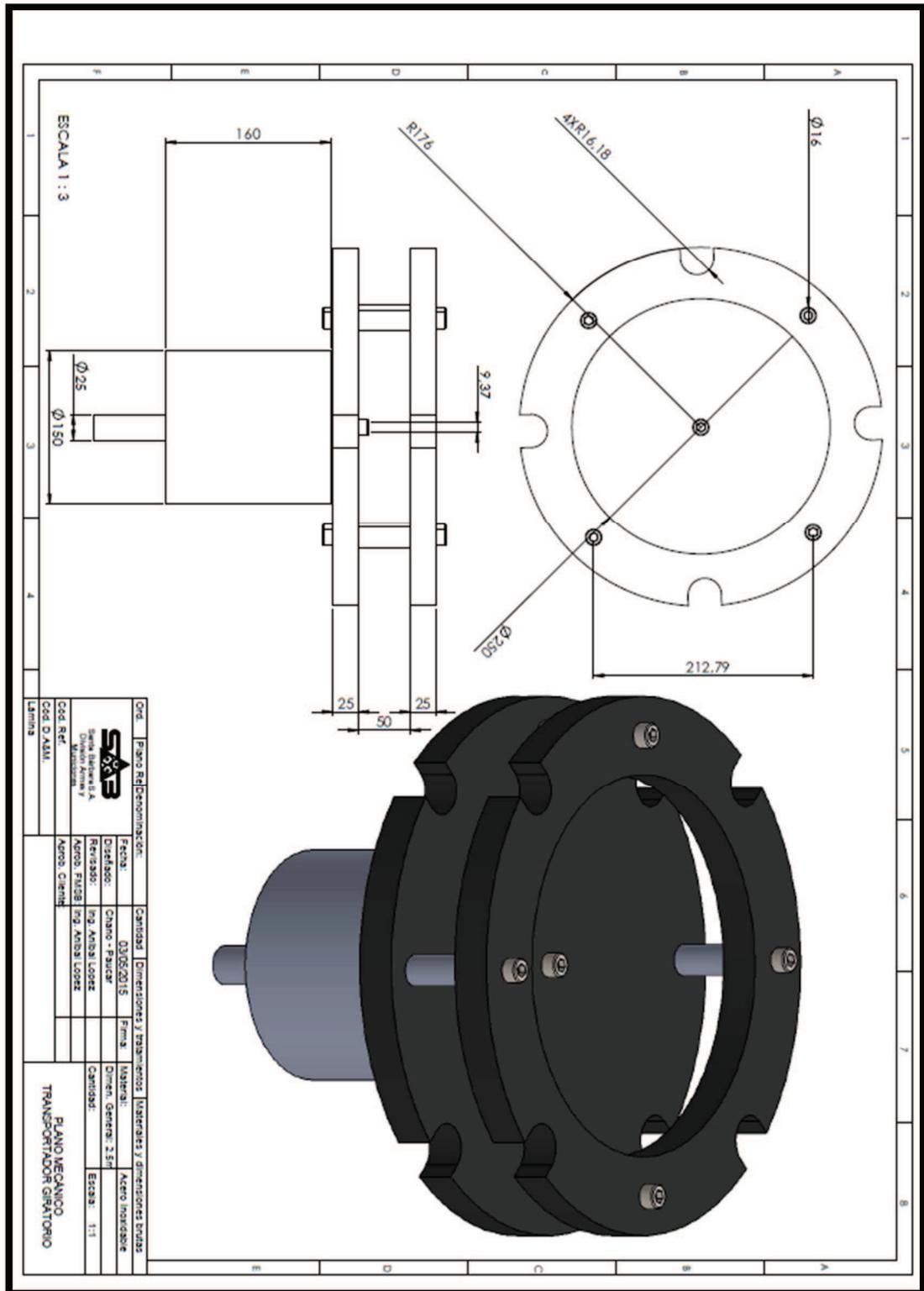
ANEXO P. Plano Mecánico3 de Banda Transportadora



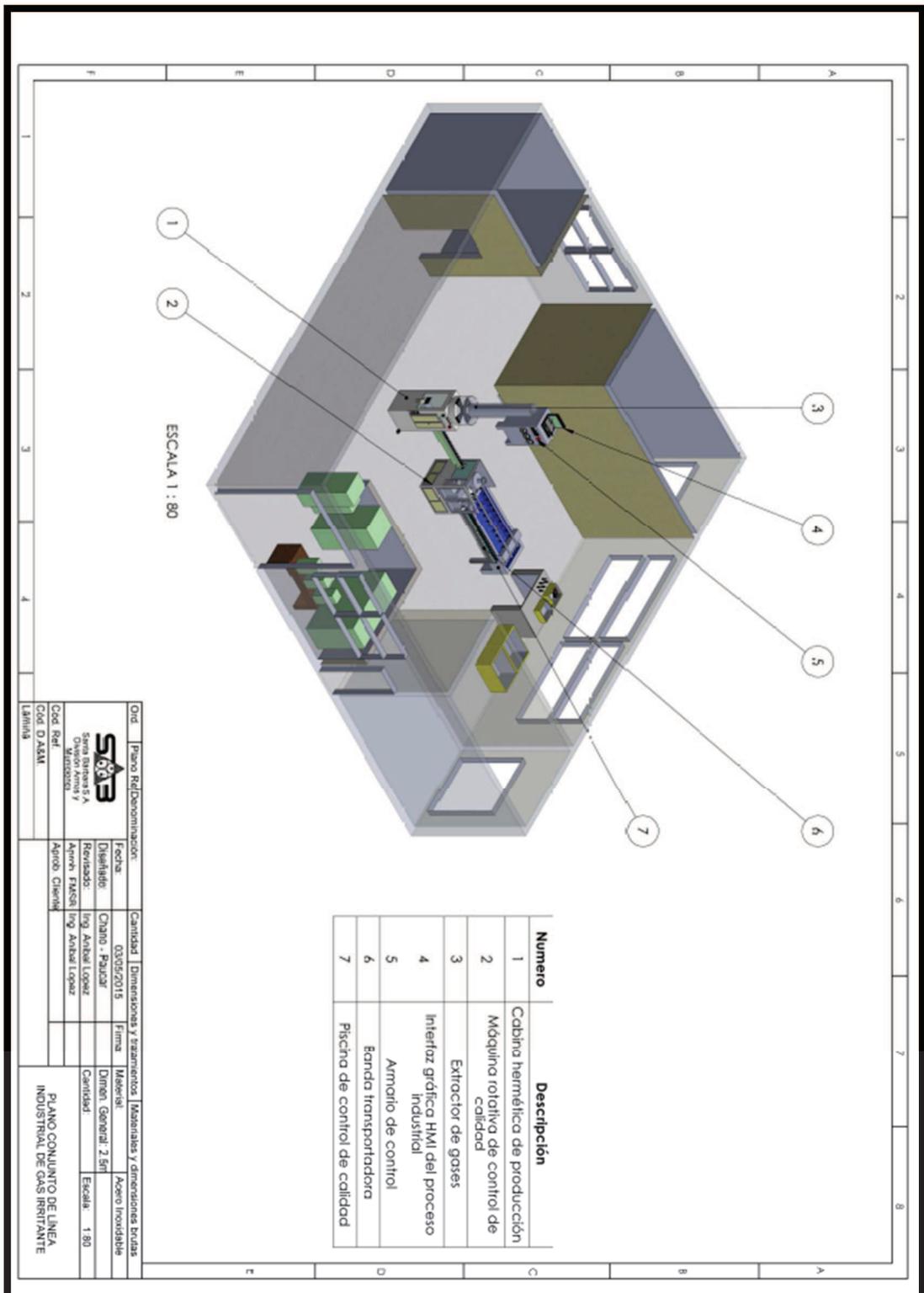
ANEXO S. Plano Mecánico6 de Banda Transportadora



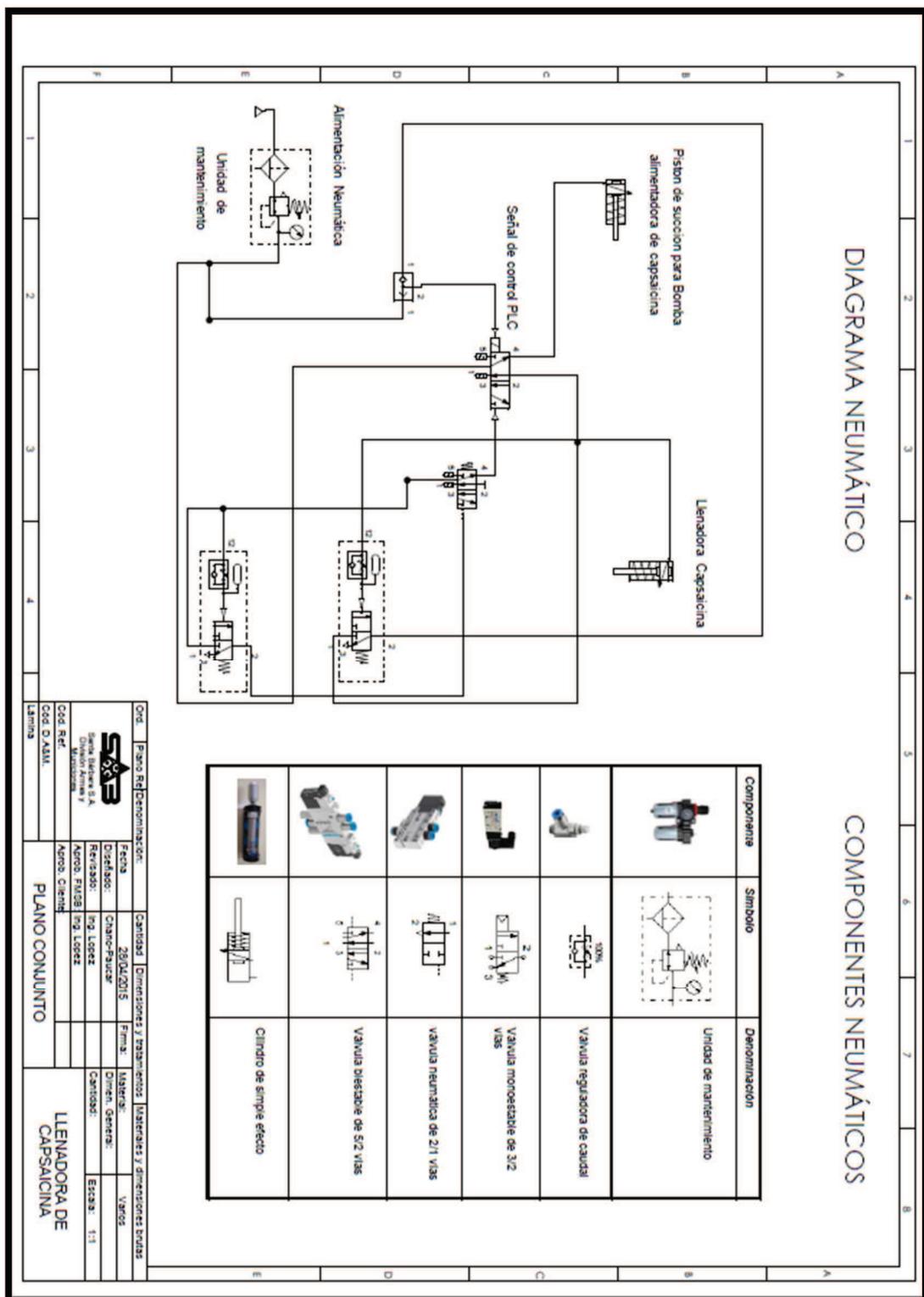
ANEXO T. Plano Mecánico de Transportador Giratorio



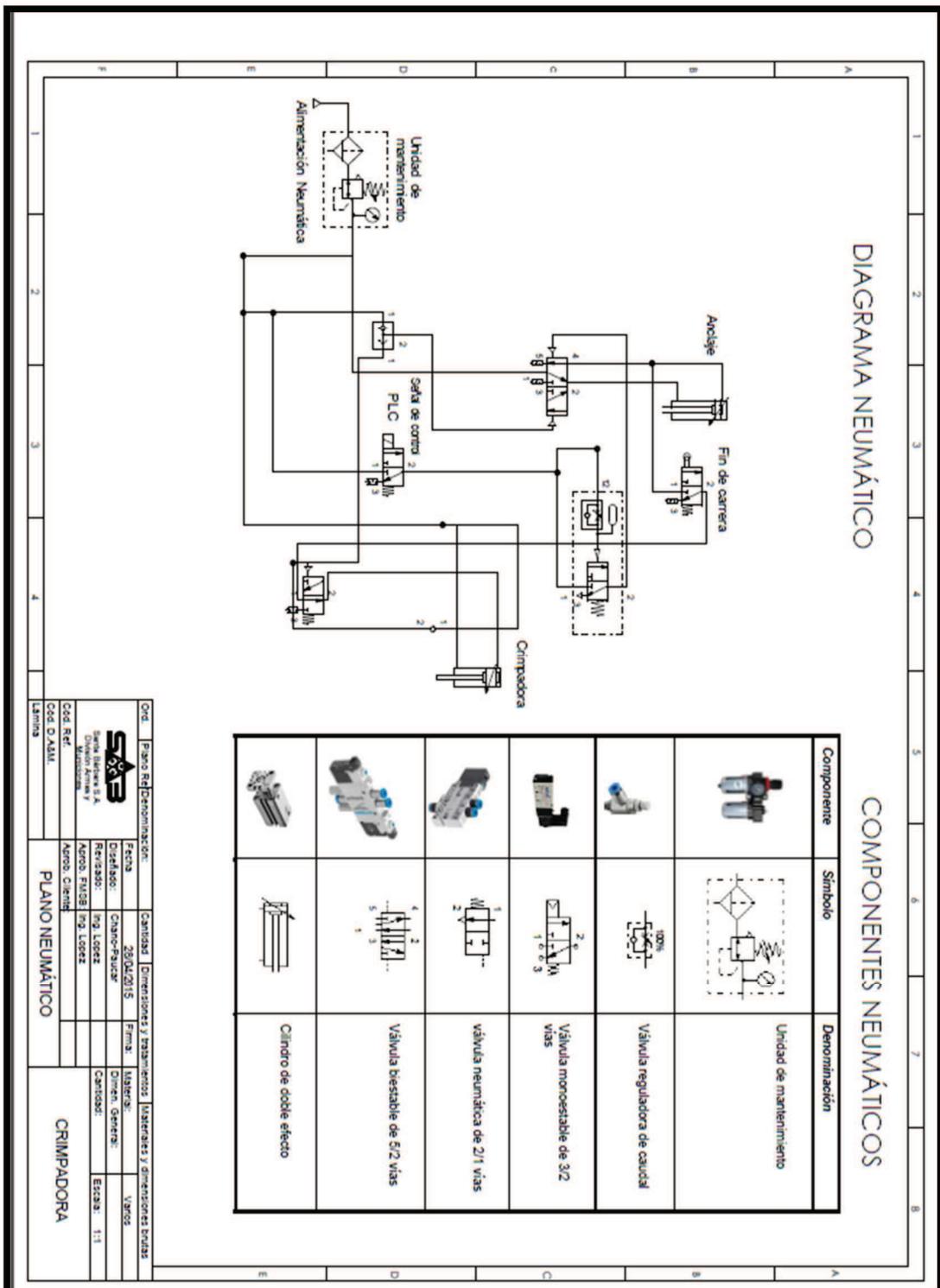
ANEXO U. Plano Conjunto de Línea Industrial de Gas Irritante



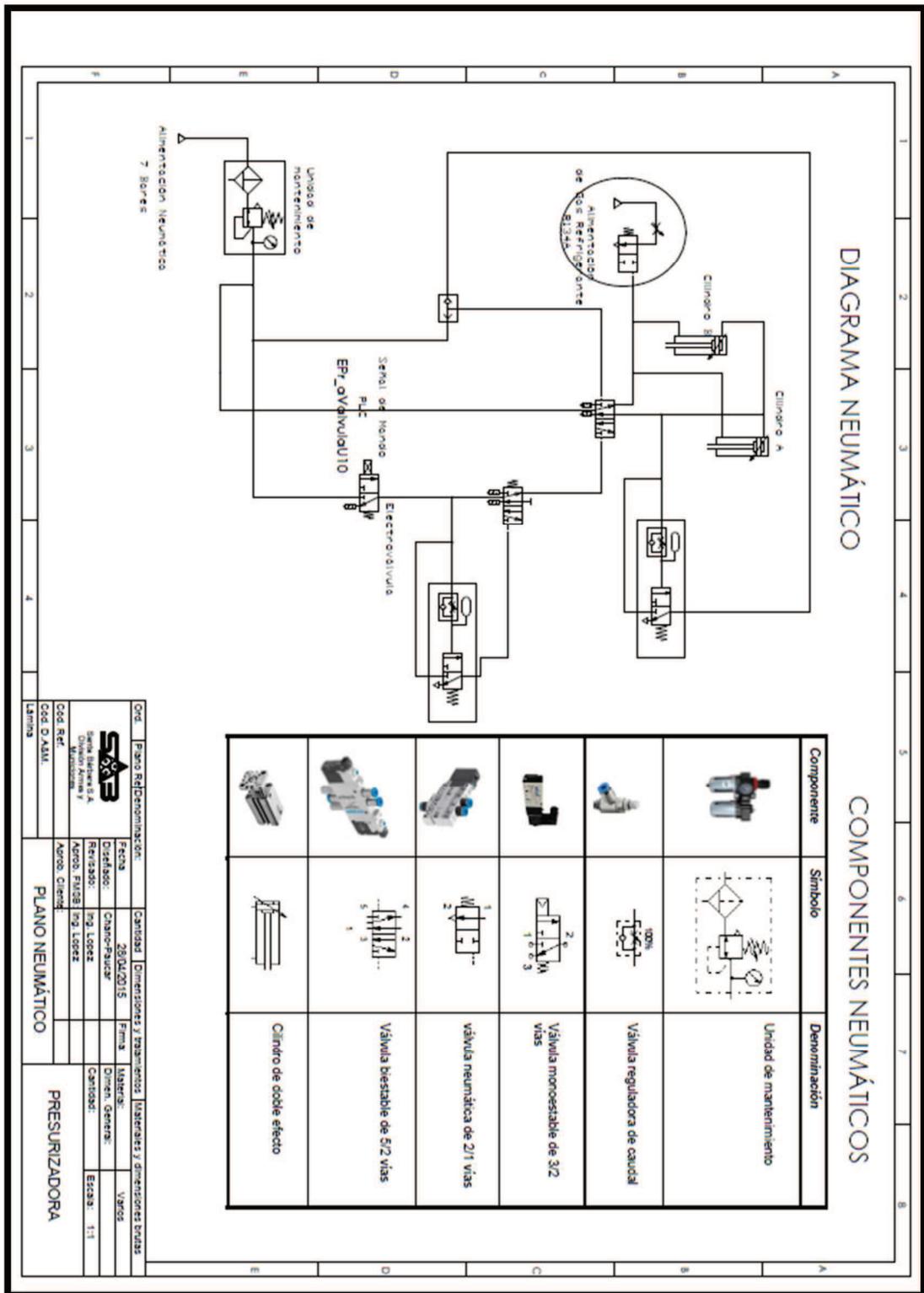
ANEXO V. Plano Neumático de Llenadora de capsaicina



ANEXO X. Plano Neumático de Crimpadora



ANEXO Y. Plano Neumático de Presurizadora



ANEXO Z. Protocolo de Pruebas de Línea Industrial de aerosoles

 Ministerio de Defensa Nacional		
 Santa Bárbara E.P.		
Nº Prueba:	1	
PROTOCOLO DE PRUEBAS		
EMPRESA:	Santa Barbara E.P.	
LINEA INDUSTRIAL DE AEROSOLES		
FECHA:	Lunes 27 de Abril del 2015	
CONTROLISTA:		
PRUEBAS DE CONEXIONES Y CABLEADO		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conformidad	Rechazo	Correcciones
I. Pruebas de energizado de las redes electricas de la linea Industrial		
A continuacion las pruebas efectuadas se realizan para cada Subestacion que conforma la linea Industrial		
Medida de Tension de Motores	Motor Banda T. Motor Maq. R. Motor Tr. 1	
Tension Emitida:	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Otros:	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
	Motor Transportad Motor extractor de gas	
	<input type="text"/> <input type="text"/>	
II. Pruebas de energizado de PLC Y Driver de Control de motor a Pasos		
Medida de elementos de control	PLC. Driver.	
Tension Emitida:	<input type="text"/> <input type="text"/>	
Otros:	<input type="text"/> <input type="text"/>	

V. Verificación de sensor de Temperatura PT100					
Se requiere realizar la calibración del sensor PT100 con un sensor externo, se comparará las medidas.					
Temp. Prueba °C	Prueba	PT100 Interno	PT 100 externo	Promedio	Status (ok,x)
10	1				
20	2				
30	3				
40	4				
50	5				
60	6				
70	7				
Estado del sensor					
Se obtiene el promedio de la medición del sensor PT100 interno y PT100 externo y se compara con la Temperatura de prueba , se coloca el status.					
ok	sensor en buen estado				
x	sensor en mal estado				
VI. Verificación de celda de carga					
Se requiere realizar la verificación de la celda de carga con una celda externa, se comparará las medidas.					
Peso Prueba Kg	Prueba	Celda Interna	Celda externa	Promedio	Status (ok,x)
10	1				
20	2				
30	3				
40	4				
50	5				
60	6				
70	7				
Estado de la celda					
Se obtiene el promedio de la medición del sensor PT100 interno y PT100 externo y se compara con la Temperatura de prueba , se coloca el status.					
ok	celda en buen estado				
x	celda en mal estado				
VII. Equipos usados en Pruebas					
Marca			Equipo		
RADIO SHACK			CABLE DE CONEXIÓN ETHERNET		
MEGABRAS / MD 3060e			MEGOHMETRO DIGITAL		

FLUKE / 561	TERMOMETRO POR INFRAROJO
FLUKE / 322	MULTITESTER Y PINZA AMPERIMETRICA
Diagnost	TERMOMETRO CONVENCIONAL DE BULBO

VIII. Resultados de Pruebas

Aceptado:

 Rechazado:

 Corrección:

	Nº 1
	Nº 2
	Nº 3

VIII. Responsable de la Prueba y Aprobación del Producto

Firma:
 Apellido y Nombre :
 Cargo: