

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica

Tesis

**Diseño de una máquina clasificadora de botellas pet
por color mediante un control automático en
Huancayo - Junín - 2021**

Belji Flening Naupay Fabian
Cristian Quispe Lopez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecatrónico

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar, por haberme guiado y acompañado en los cinco años de mi carrera profesional.

A mis docentes y asesor quienes me brindaron sus conocimientos a lo largo de la tesis.

A todas las personas que me apoyaron de manera directa e indirecta a cumplir con mis objetivos.

Belji Flening Naupay Fabian

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradecer a mi asesor de tesis, por habernos guiado en la elaboración de este trabajo de titulación y a lo largo de mi carrera universitaria.

Por último, quiero agradecer a mi familia y todos mis compañeros, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante.

Cristian Quispe Lopez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos y mi enamorada que siempre me proporcionaron su apoyo incondicional para poder concluir satisfactoriamente la elaboración del proyecto de investigación.

Belji Flening Naupay Fabian

Dedico este proyecto de tesis a mis padres: mi madre Juana Lopez Taipe, mi padre Q. E. P. D. Leoncio Quispe Valencia, por ser los pilares más importantes, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos quienes me aconsejaron a seguir adelante y no rendirme, a todas las personas por su cooperación desinteresada, a la persona especial en mi vida que muy bien lo tiene presente. Muchas gracias a todos.

Cristian Quispe Lopez

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivos generales	20
1.2.1. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación	21
1.3.1. Justificación práctica.....	21
1.3.2. Justificación metodológica	22
1.3.3. Alcances.....	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
1.4.2.1. Antecedentes del problema	23
1.5.2.2. Bases teóricas	27
2.2.1. La automatización	27
2.2.2. Controlador.....	45
2.2.3. Placas rectangulares	50
2.2.4. Esfuerzos en ejes	51
2.2.5. Esfuerzos en una estructura.....	53
1.6.2.2.6. Botellas plásticas	54
2.2.7. Separación de botellas plásticas	58
2.2.8. Máquinas clasificadoras automatizadas	61

2.8.9. Tecnologías fotónicas para la clasificación de plásticos.....	63
1.7.2.3. Definición de términos básicos	66
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	68
1.8.3.1. Resultados esperados	68
1.9.3.2. Plan del proyecto	69
3.2.1. Metodología general.....	69
3.2.2. Tipo de investigación.....	69
3.2.3. Nivel de investigación.....	69
3.2.4. Metodología específica.....	70
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	81
4.1. Análisis de requerimientos.....	81
4.1.1. Lista de exigencias	81
4.1.2. Caja negra.....	83
4.1.3. Estructura de funciones	84
4.2. Análisis de solución	85
4.2.1. Matriz morfológica	85
4.2.2. Determinación de la solución óptima.....	86
4.3. Cálculos.....	89
4.3.1. Cálculo de potencia requerida para elegir motor para faja transportadora	89
4.3.2. Cálculo de eje por el método ASME-ELÍPTICA.....	94
4.3.3. Cálculo para hallar el espesor de las planchas a utilizar	101
4.3.4. Cálculo para la selección de cilindro de simple efecto	102
4.3.5. Cálculos para la selección del compresor	105
4.4. Selección de componentes	107
4.4.1. Selección de válvulas para accionamiento del sistema.....	107
4.4.2. Selección de unidad de mantenimiento.....	109
4.5. Diseño de la solución	114
4.5.1. Funcionamiento de la máquina.....	115
4.5.2. Características generales de la máquina	116
4.5.3. Vista detallada de la máquina.....	119
4.5.4. Componentes de la máquina.....	120

CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	121
5.1. Simulaciones en inventor de la máquina	121
5.1.1. Simulación de estructura de faja transportadora	121
5.1.2. Simulación de estructura tapa en faja transportadora	126
5.1.3. Simulación de eje 1 para faja transportadora	131
5.1.4. Simulación de eje 2 para faja transportadora	136
5.2. Resultados y propiedades de los materiales	140
5.2.1. Resumen de resultados de estructura de faja transportadora	140
5.2.2. Resumen de resultados de eje 1 para faja transportadora	141
5.2.3. Resumen de resultados de eje 2 para faja transportadora.....	141
5.2.4. Resumen de resultados de eje para podillo polín para faja transportadora.....	142
5.2.5. Resumen de resultados de plancha de tapa-faja	143
5.3.2. Programa.....	145
5.3.3. Visualización.....	149
5.4. Diagrama de flujo del proceso del funcionamiento de la máquina.....	155
5.4.1. Diagrama de flujo general.....	155
5.4.2. Diagramas de flujo de funcionamiento de los vástagos.....	158
5.5. Costos	162
CONCLUSIONES.....	165
TRABAJOS FUTUROS	166
REFERENCIAS	167
ANEXOS	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas del contactor AC CJX2-1210	41
Tabla 2. Especificaciones Relé Térmico Regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC.....	42
Tabla 3. Especificaciones técnicas de los pulsadores rasantes	43
Tabla 4. Especificaciones técnicas de Luz piloto LED de 22 mm.....	43
Tabla 5. Especificaciones Técnicas del Microcontrolador PIC16F18875	48
Tabla 6. Comparativa para la selección del tipo controlador.....	49
Tabla 7. Tipos de botellas PET	57
Tabla 8. Características de botellas PET	58
Tabla 9. Recomendaciones por material – Botellas PET	61
Tabla 10. Máquinas clasificadoras para envases de plástico.....	62
Tabla 11. Modelo de lista de exigencias	72
Tabla 12. Modelo de matriz morfológica	74
Tabla 13. Tabla de evaluación para lista de exigencia.....	75
Tabla 14. Tabla de evaluación valor técnico	76
Tabla 15. Tabla de evaluación valor económico	76
Tabla 16. Código de colores para pulsadores	79
Tabla 17. Código de colores para lámparas señalizadores industriales.....	80
Tabla 18. Lista de exigencias	81
Tabla 19. Estructura de funciones.....	84
Tabla 20. Matriz morfológica	85
Tabla 21. Criterios técnicos y económicos	86
Tabla 22. Criterios técnicos	87
Tabla 23. Criterios económicos	88
Tabla 24. Tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras	103
Tabla 25. Especificaciones técnicas del cilindro de simple efecto CDM B25-300S-Z-M9PV1	103
Tabla 26. Tabla de factor de simultaneidad	106
Tabla 27. Características de compresores.....	107
Tabla 28. Especificaciones técnicas del compresor	107

Tabla 29. Simbología de válvulas distribuidoras	108
Tabla 30. Características técnicas de electroválvula directo 3/2 vías G 1/8... ..	108
Tabla 31. Características técnicas de unidad de mantenimiento FRC	110
Tabla 32. Parámetros técnicos del sensor de fotoeléctrico	111
Tabla 33. Parámetros técnicos del sensor de color.....	112
Tabla 34. Parámetros técnicos del sensor capacitivo	113
Tabla 35. Especificaciones técnicas del detector magnético	114
Tabla 36. Propiedades físicas de la máquina.....	116
Tabla 37. Propiedades de material aplicado	117
Tabla 38. Propiedades de material aplicado	117
Tabla 39. Fuerzas y esfuerzos en la máquina.....	118
Tabla 40. Propiedades de resistencia de material en la faja transportadora	140
Tabla 41. Resultados de esfuerzos según simulación de la faja transportadora	141
Tabla 42. Propiedades de resistencia de material en eje 1 para faja	141
Tabla 43. Resultados de esfuerzos según simulación en el eje 1 para faja ...	141
Tabla 44. Propiedades de resistencia de material en eje 2 para faja	142
Tabla 45. Resultados de esfuerzos según simulación en el eje 2 para faja ...	142
Tabla 46. Propiedades de resistencia en eje rodillo polín para faja	142
Tabla 47. Resultados de esfuerzos según simulación en eje rodillo polín para faja.....	143
Tabla 48. Propiedades de resistencia de plancha de tapa para faja	143
Tabla 49. Resultados de esfuerzos según simulación de plancha de tapa para faja.....	143
Tabla 50. Asignación de variables.....	144
Tabla 51. Presupuesto parte mecánica.....	162
Tabla 52. Presupuesto parte electrónica.....	163
Tabla 53: Costo total de la máquina.....	164
Tabla 55. Matriz de operacionalización	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación manualmente de botellas PET	19
Figura 2. Modelo de Sistema de Control	30
Figura 3. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial	32
Figura 4. Diagrama de bloques de un controlador on-off	33
Figura 5. Diagrama de bloques de un controlador proporcional-integral- derivativo	36
Figura 6. Esquema clásico de sistema continuo	36
Figura 7. Esquema de un sistema discreto	37
Figura 10. Clasificación de motores	39
Figura 11. Contactor AC CJX2-1210 Trifásico AC380V	41
Figura 12: Relé Térmico Regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC.....	42
Figura 13: Elementos de mando y señalización, 22 mm.	42
Figura 14. Tipos de lámparas señalizadores.....	43
Figura 15. Laboratorio I de control	46
Figura 16. Ciclo de operación del PLC.....	46
Figura 17. Microcontrolador PIC16F18875	47
Figura 18. Curiosity High Pin Count (HPC) Development Board DM164136 ...	48
Figura 19. Reciclado de PET a partir de botellas post consumo	56
Figura 20. Reciclado de PET a partir de botellas post consumo	57
Figura 21. Escáner óptico	62
Figura 22. Máquina SORTEX B	62
Figura 23. Máquina SOLCOMEX	63
Figura 24 .Máquina prototipo para la Identificación y separación de residuos plásticos	63
Figura 25. Sistema óptico.....	64
Figura 26. Funcionamiento del corriente de Foucault	65
Figura 27. Proceso generalizado de desarrollo y diseño según la norma VDI 2221	71
Figura 28. Modelo de Black-Box	73
Figura 29. Modelo de estructura de funciones	74

Figura 30. La máquina como caja negra	83
Figura 31. Diagrama de evaluación técnico-económica según VDI 2225	89
Figura 32. sensibilidad a la muesca en acero, para hallar “q”	95
Figura 33. Sensibilidad a la muesca para hallar “qcortante”	95
Figura 34. Constantes físicas de los materiales	95
Figura 35. Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM	96
Figura 36. Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia	97
Figura 37. Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales.....	97
Figura 38. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin	98
Figura 39. Factor de temperatura "kb"	98
Figura 40. Efecto de temperatura de operación en la resistencia a la tensión.....	99
Figura 41. Factor de confiabilidad “ke”	99
Figura 42. Programa MD-Solids, para hallar el momento flector.....	100
Figura 43. Propiedad del material acero inoxidable	101
Figura 44. Simulación de esfuerzos en Inventor	101
Figura 45. Compresor portátil con acumulador de aire.	105
Figura 46. Válvula 3/2 N.C. de accionamiento eléctrico	109
Figura 47. Unidad de mantenimiento	109
Figura 48. PMDLine M30 compacto	110
Figura 49. ColorSENSOR OT-3-MA.....	111
Figura 50. Sensor de Proximidad Capacitivo	112
Figura 51. Detector magnético.	113
Figura 52. Vista isométrica de ensamble de la máquina	114
Figura 53: Vista isométrica en diferentes ángulos.....	115
Figura 54. Vista isométrica en diferentes ángulos.....	116
Figura 55. Vista general de la máquina.....	119
Figura 56. Componentes de la máquina	120
Figura 57. Propiedades físicas de la estructura de faja transportadora	121
Figura 58. Fuerzas aplicadas en la estructura de la faja transportadora.....	121
Figura 59. Gravedad aplicada en la estructura.....	122

Figura 60. Momento (torque) aplicados en la estructura	122
Figura 61. Material y propiedades de esfuerzo	122
Figura 62: Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura.....	123
Figura 63: Esfuerzo de Von Mises	123
Figura 64. Primera tensión principal.....	124
Figura 65. Desplazamiento	124
Figura 66. Coeficiente de seguridad.....	125
Figura 67. Resumen de resultados	126
Figura 68. Propiedades físicas de la pieza.....	126
Figura 69. Fuerzas aplicadas en la estructura.....	126
Figura 70. Gravedad por defecto.....	127
Figura 71. Material y propiedades de esfuerzos.....	127
Figura 72. Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura	127
Figura 73. Esfuerzo de Von Mises	128
Figura 74. Primera tensión principal.....	128
Figura 75. Desplazamiento	129
Figura 76: Coeficiente de seguridad.....	130
Figura 77. Resumen de resultados	131
Figura 78. Propiedades físicas del eje	131
Figura 79. Fuerza aplicados en el eje	131
Figura 80. Momento (torque) aplicado en el eje	131
Figura 81. Gravedad por defecto.....	132
Figura 82. Material y propiedades de esfuerzo	132
Figura 83: Fuerzas y momentos aplicados en el eje	132
Figura 84: Esfuerzos de Von Mises.....	133
Figura 85. Primera tensión principal.....	133
Figura 86. Desplazamiento	134
Figura 87. Coeficiente de seguridad.....	134
Figura 88. Resumen de resultados	135
Figura 89. Propiedades físicas de la pieza eje	136

Figura 90. Fuerza aplicada en el eje	136
Figura 91. Momento (torque) aplicado en el eje 2	136
Figura 92. Gravedad por defecto.....	136
Figura 93. Material y propiedades de esfuerzo	136
Figura 94. Ubicación de fuerzas y momentos en el eje 2.....	137
Figura 95. Esfuerzo de Von Mises	137
Figura 96. Primera tensión principal.....	138
Figura 97. Desplazamiento	138
Figura 98. Coeficiente de seguridad.....	139
Figura 99. Resumen de resultados del eje 2	140
Figura 100. Variables	146
Figura 101. Programa en diagrama de contactos “LD”	149
Figura 102. Condiciones iniciales.....	150
Figura 103. Primer pulso al S3, cilindros extendidos.....	150
Figura 104. Cilindros “C1 y C3” retrayéndose	151
Figura 105. Segundo pulso al “S3”, Arranque del motor trifásico en estrella.....	151
Figura 106. Arranque del motor trifásico en Delta.....	152
Figura 107. El sensor fotoeléctrico detecta un material diferente a la botella.....	152
Figura 108. Sensor magnético 1 y 4 se activan.....	153
Figura 109. Sensores de nivel 2, 3 y 6 activados	153
Figura 110. Sensores de nivel 1,4 y 5 activados	154
Figura 111. El relé térmico activado	154
Figura 112. Diagrama de flujo general	155
Figura 113. Diagrama detectar botella	156
Figura 114. Diagrama detector de botella color transparente.....	157
Figura 115. Diagrama detector de botella color verde.....	157
Figura 116. Diagrama detector de botella color azul-celeste.....	158
Figura 117. Diagrama detector de botella color rojo-guindo.....	158
Figura 118. Diagrama de funcionamiento del contendor 1	159
Figura 119. Diagrama de funcionamiento del contendor 2	159

Figura 120. Diagrama de funcionamiento del contendor 3.....	160
Figura 121. Diagrama de funcionamiento del contendor 4.....	160
Figura 122. Diagrama de funcionamiento del contendor 5.....	161
Figura 123. Diagrama de funcionamiento del contendor 6.....	161

RESUMEN

Con el propósito de complementar la mecatrónica para la separación de botellas PET, la investigación tiene como objetivo diseñar una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo – Junín – 2021. La metodología tiene un enfoque tecnológico y consiste en responder a problemas técnicos, aprovechando el conocimiento teórico científico.

La investigación se elaboró empleando la norma VDI 2221, VDI 2222 y VDI 2225. Las dimensiones de máquina son: longitud =5300 mm, ancho=2200 mm, altura= 1810. El sistema de control se realiza a través del controlador lógico programable (PLC) de la marca de Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relé. En esta, la programación se lleva a cabo mediante el software Codesys, utilizando el lenguaje de programación gráficos (LD: diagrama de contactos), se muestra la simulación del proceso de clasificación de botellas PET según los colores transparente-blanco, verde, azul-celeste y rojo- guindo.

La clasificación por color se realiza mediante la tecnología óptica en la cual se utiliza cuatro sensores colorSENSOR-OT-3-MA, la misma utiliza el interfaz RS232(USB) y cuatro cilindros neumáticos. El sensor colorSENSOR-OT-3-MA captura la imagen de la botella, lo envía al controlador lógico programable, esta lo procesa y emite una señal a la electroválvula para activar al cilindro de simple efecto.

Con esta máquina automática se optimizará el proceso de clasificación de botellas PET disminuyendo tiempos y costos, además contribuir con el cuidado del medio ambiente, al reutilizar nuevamente los envases de plástico.

Palabras claves: actuadores, botella, controlador, color, diseño, sensores.

ABSTRACT

With the purpose of complementing the mechatronics for the separation of PET bottles, the objective of the research is to design a sorting machine for PET bottles by color by means of an automatic control in Huancayo - Junín - 2021. The methodology has a technological approach and consists of responding to technical problems, taking advantage of scientific theoretical knowledge.

The research was carried out using the VDI 2221, VDI 2222 and VDI 2225 standards. The machine dimensions are: length = 5300 mm, width = 2200 mm, height = 1810. The control system is carried out through the programmable logic controller (PLC) from Siemens brand S7-1200 CPU 1214C AC / DC / Relay. In this, the programming is carried out through the Codesys software, using the graphics programming language (LD: contact diagram), the simulation of the PET bottle classification process is shown according to the colors transparent-white, green, blue- light blue and red-guindo.

The classification by color is carried out by means of optical technology in which four colorSENSOR-OT-3-MA sensors are used, it uses the RS232 (USB) interface and four pneumatic cylinders. The colorSENSOR-OT-3-MA sensor captures the image of the bottle, sends it to the programmable logic controller, it processes it and emits a signal to the solenoid valve to activate the single-acting cylinder.

With this automatic machine, the PET bottle classification process will be optimized, reducing time and costs, as well as contributing to caring for the environment, by reusing plastic containers again.

Keywords: actuators, bottle, controller, color, design, sensors.

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y las actualizaciones de nuevas tecnologías han conllevado a un impacto en la sociedad, un claro ejemplo lo tenemos en las industrias modernas, la cuales, desde la necesidad del ser humano en mejorar su calidad de vida, ha influenciado en crear sistemas que les permitan reducir riesgos y generar desafíos, como la construcción de nuevas máquinas y herramientas que permiten la ejecución de trabajos peligrosas, pesadas y repetitivas. De tal manera que, estos sistemas frente a los procesos realizados de forma manual, ofrecen muchas ventajas y beneficios de orden económico y ergonómico. (1)

En la industria La PET (tereftalato de polietileno) es uno de los plásticos más reciclados y muy usados en envases de bebidas y textiles, siendo México uno de los principales consumidores de estas botellas. Su recolección y reciclaje se ha convertido en un área de oportunidad de negocio sustentable y favorable para el medio ambiente. (2)

En Perú no contamos con máquinas automáticas para la separación de botellas de plástico (considerando el color), dicho proceso lo realizan los trabajadores manualmente. Por consiguiente, viendo la dificultad que tienen los recicladores en su segregación de las botellas PET, se ve con la necesidad de diseñar una máquina clasificadora.

La investigación se divide en cinco capítulos:

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación de problema, objetivos, la justificación e importancia. En esta parte se identificó la carencia de herramienta tecnológica para la separación de las botellas PET, puesto que dicha actividad (clasificación) es realizado por personas de forma manual, por ello se diseñará una máquina clasificadora con el objetivo de mejorar el rendimiento en la separación de botellas PET en organismos recolectores de residuos sólidos en Huancayo – Junín.

En el capítulo II, se aborda el marco teórico, haciendo referencia a los antecedentes internacionales como nacionales, las bases teóricas y la definición de términos. En dicho capítulo se recopila información importante para la investigación y el diseño, como los artículos científicos y bases teóricas fundamentales, todo ello es plasmado de forma resumido y preciso, ya que se especifican terminologías propias.

En el capítulo III, se describe la metodología general, metodología específica, tipo de investigación y nivel de investigación. Asimismo, el método aplicado a la solución: VDI 2222, VDI 2221 y VDI 2225.

En el capítulo IV, se realiza el estudio y diseño de la solución desde el análisis de requerimientos, listas de exigencias, caja negra, estructura de funciones, matriz morfológica, criterios de evaluación técnica y evaluación económica, en lo cual se especifica los criterios y normas para el diseño de la máquina clasificadora de la separación de botellas PET.

En el capítulo V, se detalla los resultados y discusión de la solución planteada, dentro de ello tendremos: los cálculos, diagramas de flujo del proceso de funcionamiento de la máquina y de cada etapa de proceso, características generales de la máquina, diseño de la solución, memoria de cálculo, simulaciones en Inventor de la máquina, costos de los equipos y materiales a utilizar y la programación en lenguaje gráficos (diagrama de contactos "LD") en el software CoDeSys.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Se calcula que al menos 12 millones de toneladas de PET se generan anualmente en el mundo y que cada año tiene un aumento porcentual de 6 %. (3) Actualmente, a nivel mundial según estudios realizados por Euromonitor al menos el 50 % de botellas PET se recolectan para ser recicladas y solo el 7 % se vuelven a convertir en botellas, lo cual hace que se requiera material PET puro en exceso, volviendo al círculo de consumo indiscriminado de este material a nivel mundial. (4)

De acuerdo a San Miguel Industrias PET, empresa dedicada a la fabricación de este tipo de envases de plástico, que recientemente inauguró la primera planta de transformación de botellas de plástico recicladas en nuevas botellas, en el Perú se fabrican 2 729 622 624 envases de plástico PET anualmente. Esto equivale a 1 784 753 barriles de petróleo, cantidad que pudo abastecer de combustible a 10 500 carros durante ese mismo año. (5)

Según la evaluación PIGARS, se sabe que actualmente en la provincia de Huancayo la generación de residuos sólidos locales es de 100 toneladas métricas por día, en Chilca es de 71 toneladas métricas por día y en Tambo es de 127 toneladas métricas. En los tres casos, la generación per cápita por día es

de 0,53 kilogramos por persona y día. Entonces aproximadamente 298 toneladas métricas diarias de residuos sólidos, entre orgánicos e inorgánicos como plásticos, papel, vidrio, telas, metales y depósitos de pintura, son dispuestas en el botadero. (6)

Actualmente, la clasificación de botellas de plástico por color se realiza de forma manual, los envases llegan a la planta en bolsas naranjas. Los residuos van subiendo por la faja transportadora hasta que llegan a manos de otros trabajadores, quienes van separando cada material. Mientras van cayendo los materiales separados, los sacos se llenan. En ese punto, se llevan a unas máquinas para compactarlos, es decir, reducirlos. (7)



**Figura 1. Clasificación manualmente de botellas PET
Tomado de Francesca, 2021**

A partir del estudio que se realizó a Junín, Perú, por medio de comparaciones a nivel internacional y nacional, se pudo reflejar que en Junín para el reciclaje no se realiza la clasificación de botellas PET, por ello para incluir y hacerlo de manera eficaz, se considera el color como una fuente principal ya que con ello se puede identificar sus propiedades, características y condiciones para así conocer su nueva función y clasificarlo de manera correcta en el reciclaje, por lo que, se considera necesario desarrollar máquinas clasificadoras que puedan realizar dicha actividad.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Formulación del problema general

¿Cómo realizar el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021?

1.1.2.2. Formulación de problemas específicos

- ¿Cómo seleccionar elementos mecánicos y eléctricos para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021?

- ¿Cómo seleccionar los sensores para detectar el tipo de material, color de botellas y el nivel de llenado en cada contenedor para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín -2021?

- ¿Cómo implementar un sistema de control para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos generales

Diseñar una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo – Junín – 2021.

1.2.1. Objetivos específicos

- Seleccionar elementos mecánicos y electrónicos para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín -2021.

- Seleccionar los sensores para detectar el tipo de material, color de botellas y el nivel de llenado en cada contenedor para el diseño de una máquina

clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021.

- Implementar un sistema de control para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación práctica

El aumento de la productividad de los sistemas de alta tecnología utilizados en la industria moderna depende en gran medida de la capacidad de las máquinas para producir a velocidades más altas. (8)

Esta investigación se planteó porque se tiene la necesidad de mejorar el proceso de separación de las botellas PET en las industrias. Con la creación de la máquina se podrá controlar la selección de botellas PET teniendo en cuenta su color, permitiendo así reducir el tiempo de selección.

El color de botellas de plástico es fundamental en el proceso de reciclado mecánico básicamente de dos formas. En primer lugar, las botellas de plástico altamente coloreados tienen un valor monetario muy inferior al de los plásticos no pigmentados. Por otra parte, las botellas fuertemente coloreadas interfieren con la maquinaria de clasificación automática que emplean la espectroscopia del infrarrojo cercano para reconocer el tipo de plástico. (9)

El PET sin color, no pigmentado, es el que ofrece mayores tasas de reciclado y dispone de la más amplia variedad de mercados finales. Actualmente, no es preferible para muchos recicladores las botellas de PET coloreadas (a no ser de tinte azul claro o verde claro o) u opacas, porque la calidad de los productos finales es sensible al color. Por tanto, las botellas pueden categorizarse por color y polímero para obtener valores de venta más altos. (9)

1.3.2. Justificación metodológica

Existen varias técnicas para identificar los plásticos como separación manual, marcadores químicos, flotación, uso de disolventes y técnicas espectroscópicas donde existen dos técnicas de este tipo: la de fluorescencia de rayos X y la de radiación infrarroja. La etapa de identificación y separación del polímero es una parte esencial del proceso de reciclaje, y su eficiencia depende del costo del sistema (2).

Los aportes que proporcionará esta investigación serán dar a conocer que el diseño de la máquina, al igual que en muchas empresas industriales, tiene influencia innovadora en las actualizaciones del desarrollo tecnológico, en el que se mostrará una nueva forma de seleccionar las botellas de plástico, lo cual puede ser utilizado en diversas áreas.

1.3.3. Alcances

- Identificar botellas de tereftalato de polietileno (PET), debido que actualmente es más utilizado.
- La máquina fue diseñada para la clasificación de botellas PET, la cual realiza la selección de cuatro colores de envases como: transparente-blanco, verde, celeste-azul y rojo-guindo.
- Almacenamiento y verificación del llenado en los cuatro contenedores.
- Teniendo como referencia el proceso de reciclaje que se realiza de forma manual, la máquina tiene una función fundamental dentro de la planta recicladora, debido a que clasificará las botellas PET en menor tiempo posible de acuerdo al color, en el presente diseño no se considera el proceso de compactado.
- La máquina fue diseñada con el propósito de poder contribuir en el cuidado del medio ambiente, aprovechando la tecnología para poder clasificar de manera óptima uno de los productos más desechados que son las botellas de plástico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.4.2.1. Antecedentes del problema

- Artículo científico titulado “*Desarrollo e implementación de un sistema de visión artificial basado en lenguajes de uso libre para un sistema seleccionador de productos de un centro Integrado de manufactura (CIM)*”. La investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema clasificador de productos gobernado por visión artificial, empleando una cámara web incluida al software Python, que ejerce en conjunto con las librerías open cv. El funcionamiento del seleccionador está basado en unos posicionados de objetos, inicialmente configurado por el usuario empleando el sistema de colores RGB frente a la lente de la cámara, lo cual se encargará de detectar la imagen y procesarla por medio del lenguaje de software. El sistema, permite comunicar al usuario si el elemento incorporado al sistema es de los colores y la forma requerida por él. Con esto se obtiene una clasificación de objetos de manera eficaz en la forma y color. (10)

- Tesis titulada “*Diseño e implementación de un sistema automatizado para clasificación del limón Tahití de acuerdo al tamaño y grado de madurez*”. La investigación tiene como objetivo desarrollar una máquina clasificadora de limón Tahití aplicando un sistema de selección por color mediante el procesamiento digital de imágenes y un sistema de clasificación por tamaño para la aceptación del fruto tipo exportación. Cuenta con una cámara que

procesa las imágenes adquiridas, las cuales tras ser examinados envían una señal a los actuadores para que ejecuten la respectiva clasificación. El sistema de reconocimiento detecta el color de la fruta, así como también su estado de madurez. Es un método muy económico en vista de que soporta su ejecución en una computadora personal y una cámara web de alta precisión y definición. (11)

- Proyecto de investigación titulado “*Diseño de una máquina automatizada clasificadora de cebolla por tamaño y color*”. Se tiene como objetivo diseñar una máquina automática que clasifica la cebolla por tamaño y color para optimizar el proceso de clasificación. Para ello, se desarrolló una guía que permitió determinar el diámetro de la cebolla (para la clasificación por tamaño). Asimismo, se hizo un análisis para conseguir sus características por color resultando cebolla en buen estado cuando es de color rojo violáceo, rojo cobrizo; cebolla imperfecta es de amarillo, amarillo verdoso, verde. El desplazamiento de la cebolla se efectúa mediante las fajas transportadoras y la clasificación se realiza por mallas calibradas de acero. La clasificación por color se lleva a cabo a través de un panel de reconocimiento de imagen, conformado un sistema de iluminación por led, por cuatro cámaras de alta velocidad, cuatro actuadores, una computadora y un patrón de comunicación inalámbrica. La cámara captura la imagen de la cebolla, lo envía a la computadora, esta lo procesa mediante una serie de instrucciones y emite una señal a los actuadores por medio de señales inalámbricas, las cuales se ponen en marcha solo si la cebolla es dañada o defectuosa imposibilitando su paso. (12)
- Artículo científico titulado “*Máquina clasificadora de flores: Diseño y construcción*”. El trabajo tiene como objetivo mejorar el proceso de producción de rosas, agilizando específicamente la etapa de clasificación de las mismas, dentro de las diversas etapas que implica el proceso de producción. Se recolectaron datos de la empresa Finca Floricultura que expuso su necesidad de mejorar ese proceso en particular. Con ayuda de ellos se definieron

algunas cualidades que debía tener la máquina, como: volumen, capacidad de procesamiento, costo, disminución de la cantidad de flores rechazadas por mal manejo de producto, ha obtenido una máquina con una precisión cercana al 80%, donde los errores más comunes se presentaban al clasificar rosas de las categorías de Estados Unidos y Rusia. Finalmente, para un comportamiento adecuado del sistema es necesario que la velocidad de la banda sea constante, es importante el correcto dimensionamiento del motor para evitar problemas por la inercia de la cadena o por fricción. Los sistemas de soporte de las rosas son funcionales, sin embargo, al llegar al piñón, la aceleración angular que se produce por el movimiento irregular de la banda hace que las flores se desacomoden, por tanto, en versiones posteriores es necesario mejorar el sistema de soporte. (13)

- Artículo titulado "*Implementation of Programmable Logic Controller in multi machine operations with product sorting and packaging based on colour detection*", tiene como objetivo el diseño de la automatización del sistema de empaque usando MELSEC PLC de Mitsubishi y Human Machine Interface (HMI) usando Pro-Face para monitorear y controlar remotamente el sistema. Se desarrolla la selección de sensores adecuados para seleccionar dos productos metálicos diferentes y luego empaquetar en cajas diferentes donde cada caja contiene tres productos. Este sistema de empaque utiliza tres transportadores para mover el producto, un sensor inductivo para detectar el producto, dos sensores de proximidad para diferenciar el producto y dos solenoides simples para mover el producto a la caja. El diagrama de escalera se implementó con éxito en el PLC Melsec y se probó en hardware para simular el sistema. Según los resultados de las pruebas, el sistema puede comunicarse con HMI y controlar máquinas de múltiples operaciones con clasificación y embalaje de productos. La máquina puede separar y empaquetar productos metálicos por color y el sistema de empaque se puede monitorear y controlar de forma remota automáticamente con HMI. (14)

- Artículo titulado "*Fruit sorting robot based on color and size for an agricultural product packaging*". Tiene como objetivo diseñar un robot clasificador como la mejora de la aplicación actual de una cinta transportadora o sistema manual para clasificar el producto agrícola. Analiza la aplicación de un robot manipulador de brazo como un robot de clasificación de frutas según el color y el tamaño para un sistema de envasado de productos agrícolas. Los objetos a clasificar considerados en este estudio son los tomates rojos, verdes y las uvas rojas, verdes. Los frutos se eligen porque son un producto agrícola estándar. El procesamiento de la imagen realizado mediante la configuración del análisis del valor de HSV para reconocer el color de la fruta y el tamaño se logra calculando el diámetro de la fruta en la imagen en escala de grises y estableciendo el umbral. El experimento se realizó diez veces para cada fruta. La efectividad de clasificar, recolectar y colocar la fruta es del 80% para los tomates rojos y del 90% para los verdes, y el 70% para uvas rojas, el 60% para verdes. Los fallos se deben al tamaño de los frutos y a la iluminación durante el experimento. Este inconveniente puede superarse aplicando una pinza flexible que se pueda ajustar al tamaño de la fruta y mejorando el algoritmo de procesamiento de imágenes para que sea menos propenso a la iluminación. El tiempo requerido para lograr la clasificación de la fruta se anota en tres experimentos para cada fruta, y el tiempo promedio para que el robot clasifique los tomates rojos es 11,91s, los tomates verdes es 11,76s, las uvas rojas son 12,56s y las uvas verdes son 12,92s. El resultado experimental muestra que el robot de brazo es aplicable a un robot de clasificación de frutas basado en el método propuesto en este estudio. (15)
- Artículo titulado "*Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps (SISAC)*" Tiene como objetivo dejar una plataforma en la que el alumno pueda interactuar con él, que pueda programarlo y detectar tantos colores como sea posible, en base a grupos de 6. Donde a través de métodos deductivo se diseñó la celda utilizando técnicas CAD, para este caso trabajos sólidos, también seleccionar los actuadores y sensores de la celda y la programación en las tarjetas electrónicas que controlan el sistema. Como

resultado se ha obtenido que el sensor TCS3200 fue capaz de tomar la información de manera más efectiva, logrando así una eficiencia cercana al 100% a la hora de seleccionar los tapones, asimismo da la posibilidad de seleccionar simultáneamente hasta 6 colores, pero dejando abierta la posibilidad de incluir nueva selección de colores ajustando el algoritmo. De esta forma, se abre la posibilidad de que el alumno interactúe con el sistema, ya que se puede reprogramar. (16)

1.5.2.2. Bases teóricas

2.2.1. La automatización

La automatización es una disciplina de la ingeniería que integra la instrumentación industrial e incluye los sensores, captadores, transmisores de nivel de campo, los sistemas de control, supervisión y gestión, todo ello en tiempo real para controlar y supervisar las operaciones en las plantas, esto se realizan mediante las siguientes técnicas: diseño (con asistencia del computador CAD), simulación (el diseño aplicado a la ingeniería CAE) y fabricación (desarrollo del producto aplicando el diseño y la ingeniería CAM). (17)

La automatización es la acción de reemplazar el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos en un proceso industrial, de modo que tareas que eran peligrosas, tediosas o que estaban limitadas por la capacidad humana pueden ser elaboradas incluso más eficientemente por la automatización, sin causar riesgos al operario y permitiendo dedicar sus capacidades a otras labores de menor peligro y mayor contribución intelectual, en las que su intervención hoy en día es imprescindible. (18)

Existen tres clases en la automatización industrial: automatización fija, automatización programable, y automatización flexible.

a. La automatización fija: se aplica cuando el volumen de producción es muy alto, de tal manera que se puede justificar económicamente el alto costo del

diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas.

b. La automatización programable: se ejecuta cuando el volumen de producción es relativamente bajo y existe una diversidad de producción a obtener. Está diseñado para adaptarse a múltiples variaciones de configuración del producto, donde dicha adaptación se realiza a través de un programa (Software).

c. La automatización flexible: es apropiado para un nivel de producción medio, cuentan con características de la automatización fija y de la automatización programada. Asimismo, esta constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, lo cual son controlados en conjunto por una computadora.

2.2.1.1. Objetivos de la automatización

- **Competitividad:** exige la reducción de los costos de producción mejorando su calidad, con la finalidad de incrementar la cantidad de artículos elaborados por hora.
- **Seguridad:** progreso de labores nocivos o pesados por parte del hombre, con el propósito de facilitar las condiciones de trabajo.
- **Calidad:** proporcionar un valor agregado, un mejor acabado para el mismo y una calidad relativamente constante.
- **Evitar limitaciones humanas:** ejecutando tareas imposibles o difíciles de controlar de manera intelectual o manualmente en menor tiempo.
- **Disponibilidad del producto:** optimizando la disponibilidad de los productos, con la finalidad de proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

- **Flexibilidad de la herramienta:** cambiar la línea de producción de forma sencilla y rápida para la fabricación de otros productos.

2.2.1.2. Tipos de procesos industriales

Los procesos industriales se clasifican en tres grandes partes:

- **Procesos continuos:** generalmente son variables continuas, cuya variación tiene un cambio constante. Se caracterizan porque las materias primas están continuamente ingresando por un extremo del sistema, mientras que en el otro extremo se obtiene de forma continua un producto terminado. Un ejemplo típico de proceso continuo puede ser un sistema de calefacción para mantener una temperatura constante, donde la materia prima de entrada es la temperatura que se quiere alcanzar en la instalación; la salida será la temperatura que realmente existe. (19)
- **Procesos discretos:** Habitualmente son variables de tipo digital, en el que el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similar entre sí. (19)
- **Procesos batch:** en la entrada se reciben cantidades de diferentes piezas discretas que se necesitan para ejecutar el proceso, sobre ello se realizan las operaciones impredecibles para producir un producto acabado o un producto intermedio listo para un procesamiento posterior. (19)

Un claro ejemplo de esto sería la fabricación de productos farmacéuticos y la producción de bebidas gaseosas.

2.2.1.3. Automatismo

El propósito de un automatismo es controlar las operaciones de las máquinas, donde no es necesaria la participación directa del operario con los elementos de salida, ya que el operario solo debe intervenir sobre las variables de control, por el contrario, el automatismo es el encargado de actuar sobre las salidas mediante los accionamientos para poder llevar a efecto el control del proceso,

entre los principales componentes de un automatismo se encuentran: los transductores, captadores de información, los preaccionadores, accionadores, unidad de control, y elementos de interfaz entre el hombre y la máquina. (20)

El automatismo se compone en dos partes, las cuales se describen a continuación.

- **Parte operativa:** constituido por un conjunto de dispositivos, máquinas y/o subprocesos diseñados para realizar determinadas funciones de producción, donde corresponden la mayoría de ellos a elementos de potencia.
- **Parte de control:** conformado por elementos de procesamiento y/o mando, interfaz de comunicación y de diálogo con el hombre.

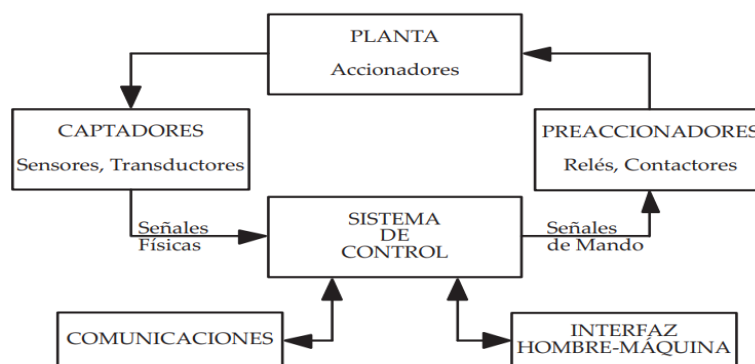


Figura 2. Modelo de Sistema de Control
Tomado de Ricardo Garibay, 2003

2.2.1.4. Controladores industriales

Actualmente, las plantas modernas con numerosas entradas y salidas son muy complejas, el sistema de control moderno demanda gran número de ecuaciones. La teoría de control clásica consiste en sistemas con una entrada y una salida. La teoría de control moderno, centrado en el análisis en el dominio del tiempo y la síntesis a partir de variables de estados, se ha implementado para utilizar en plantas modernas. (21)

Asimismo, tienen como finalidad conservar el valor de las variables dentro de los márgenes de funcionamiento, su comportamiento puede ser configurado por medio de la teoría clásica o la teoría moderna de control. (22)

- **Variable controlada y variable manipulada:** la variable controlada es la cantidad que se mide y controla. La variable manipulada es la condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- **Plantas:** es un conjunto de los componentes de una máquina que funcionan juntos y cuyo propósito es ejecutar una operación particular.
- **Procesos:** es una operación continua, marcado por una serie de cambios graduales que consiste en una serie de acciones controlados, abocado hacia a un objetivo o resultado determinado.
- **Sistemas:** un sistema es una combinación de elementos que actúan juntos con la finalidad de realizar un objetivo establecido.
- **Perturbaciones:** es una señal que tiende a afectar nocivamente el valor de la salida de un sistema.
- **Control realimentado:** consiste en una operación, en presencia de perturbaciones, que tiene como propósito reducir la diferencia entre la salida y entrada de referencia de un sistema y lo efectúa tomando en cuenta esta diferencia.

- **Sistemas de control realimentados**

Se define como sistema de control realimentado a un sistema que mantiene un vínculo establecido entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control. (21)

- **Sistemas de control en lazo cerrado**

En un sistema de control en lazo cerrado se suministra al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal

de salida y sus derivadas y/o integrales), con el propósito de reducir el error y conducir la salida del sistema a un valor deseado. (21)

- **Sistemas de control en lazo abierto**

En el sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para comparar con la entrada de referencia. Así cada entrada de referencia le corresponde una condición fija; como consecuencia de ello, la exactitud del sistema depende de la calibración. Es muy utilizado solo si se conoce la vinculación entre las entrada y salida y si no existen perturbaciones internas y externas. (21)

- **Controladores automáticos**

Un controlador automático tiende a comparar el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia, establece la desviación y produce una señal de control que disminuye la desviación a un valor pequeño. (21)

En la Figura 3, se muestra diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en el controlador automático, actuador, planta y transductor o sensor.

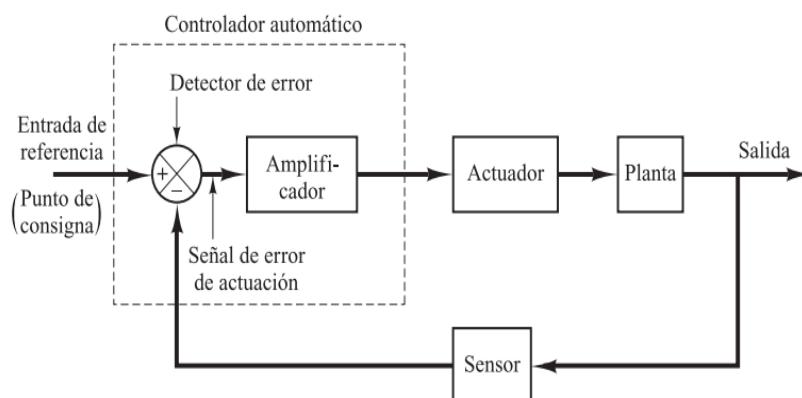


Figura 3. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial
Tomado de Katsuhiko Ogata, 2010

Los controladores industriales se clasifican, conforme a sus acciones de control, como:

- De dos posiciones o controladores on-off

- Controladores proporcionales
- Controladores integrales
- Controladores proporcionales-integrales
- Controladores proporcionales-derivativos
- Controladores proporcionales-integrales-derivativos

a) Acción de control de dos posiciones o de encendido y apagado (on/off)

El elemento de actuación solo dispone de dos posiciones estables. El control de dos posiciones es simple y barato, por lo tanto, su uso es extenso en sistemas de control tanto industriales como domésticos. (21)

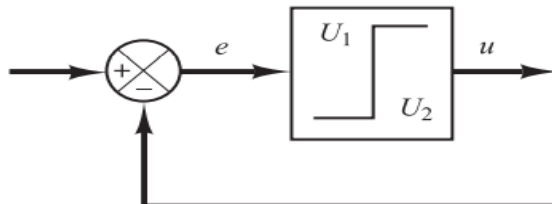
La señal de salida del controlador es $u(t)$ y la señal de error es $e(t)$. En el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ se mantiene en un valor mínimo o máximo, dependiendo si la señal de error es positivo o negativo. (21)

$$\begin{aligned}
 u(t) &= U_1, & \text{para } e(t) > 0 \\
 &= U_2, & \text{para } e(t) < 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde:

✓ U_1 Y U_2 : son constantes

Habitualmente, los controladores de dos posiciones son dispositivos eléctricos. En la figura 4, se aprecia el diagrama de bloque para controlador de dos posiciones.



**Figura 4. Diagrama de bloques de un controlador on-off
Tomado de Katsuhiko Ogata, 2010**

b) Acción de control proporcional

En un controlador de acción proporcional, la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (2)$$

En la ecuación 3 se muestra para cantidades transformadas por el método de Laplace,

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (3)$$

Donde:

✓ K_p : es la ganancia proporcional

c) Acción de control integral

En el control integral el valor de la salida del controlador $u(t)$ se modifica a una razón proporcional a la señal de error $e(t)$.

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad (4)$$

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (5)$$

Donde:

✓ K_i : es una constante ajustable.

En la ecuación 6 se aprecia para la transferencia del controlador integral.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (6)$$

d) Acción de control proporcional-integral.

La acción de control proporcional-integral (PI) se especifica a través de la siguiente ecuación.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (7)$$

En la ecuación 8, se aprecia para la transferencia del controlador.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (8)$$

Donde:

✓ T_i : se designa tiempo integral.

e) Acción de control proporcional-derivativa

La acción de control proporcional-derivativa (PD) se define por medio de, la siguiente ecuación.

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (9)$$

La siguiente ecuación es la transferencia

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s) \quad (10)$$

Donde:

✓ T_d : es el tiempo derivativo.

f) Acción de control proporcional-integral-derivativa

Es la unión del control proporcional, control integral y control derivativa se designa acción de control proporcional-integral-derivativa. En la ecuación 11, se muestra la combinación de los tres tipos de control.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (11)$$

En la ecuación 12, se muestra para la transferencia.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (12)$$

Donde:

- ✓ Kp: es la ganancia proporcional
- ✓ Ti: es el tiempo integral
- ✓ Td: es el tiempo derivativo
- ✓

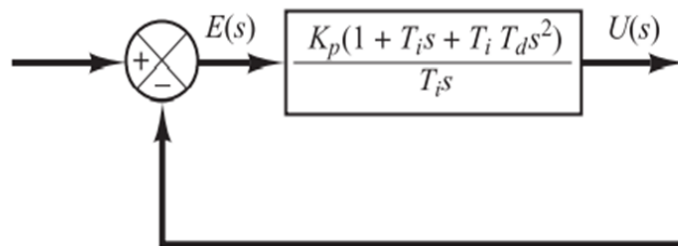


Figura 5. Diagrama de bloques de un controlador proporcional-integral-derivativo
Tomado de Katsuhiko Ogata, 2010

- **Sistemas continuos:** adquieren muestras del sistema en todo el intervalo de tiempo de actividad, el modelado matemático se efectúa a través de ecuaciones diferenciales en el dominio de Laplace. (22)

El esquema típico en los sistemas continuos se muestra a continuación:

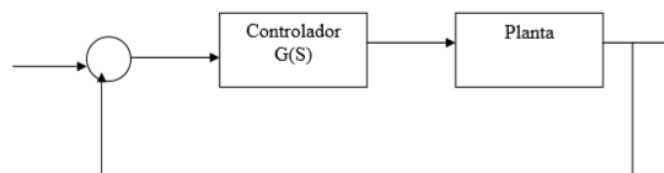


Figura 6. Esquema clásico de sistema continuo
Tomado de Gonzalo Lorenzo, 2007

- **Sistemas discretos:** se obtienen eventualmente los valores de las variables del sistema. La duración de recogida de estos valores recibe el nombre de tiempo de muestreo, donde el modelado matemático se efectúa por medio de, la transformada en el dominio Z. (22)

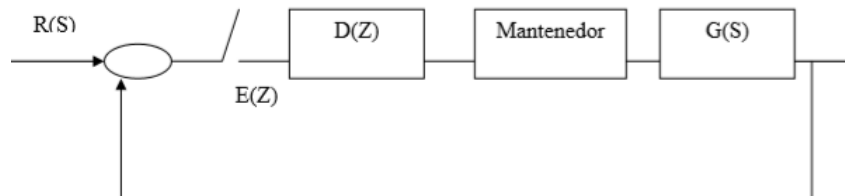


Figura 7. Esquema de un sistema discreto
Tomado de Gonzalo Lorenzo, 2007

En muchos procesos industriales donde utilizaron los reguladores PI o P se presentaron dificultades tales como la complejidad en eliminar el error para poder conseguir la referencia marcada, por este motivo las empresas utilizan los reguladores PID. (22)

2.2.1.5. Sensores y captadores

Dispositivo para medir o detectar la magnitud de la variable que queremos controlar, donde el proceso se basa en la transformación de dichas magnitudes físicas a magnitudes eléctricas, facilitando al transductor a procesar las señales eléctricas en menor tiempo posible. (23)

Clasificación de los sensores:

a. Principio de funcionamiento

- **Los sensores pasivos:** necesitan de una fuente de alimentación externa para poder generar alguna señal.
- **Los sensores activos:** generan energía o señal eléctrica a partir del área que hay en el proceso, por lo tanto, no requieren de una fuente de alimentación externa.

b. Por tipo de señal eléctrica que generan

- **Analógicos:** la señal de salida es un valor de corriente o tensión, es proporcional a la magnitud que se mide.
- **Digitales:** generan una señal digital, codificada en pulsos o en alguna codificación digital.
- **Sensores “todo-nada”:** solamente poseen dos estados, es decir detectan si el variable está presente o ausente.

c. Según el tipo de magnitud física a detectar

- Posición lineal o angular
- Desplazamiento o deformación
- Velocidad lineal o angular
- Aceleración
- Presión
- Temperatura
- Presencia o proximidad

2.2.1.6. Actuadores

Son elementos destinados a proporcionar fuerza para mover otro dispositivo mecánico en el proceso automatizado. La contribución energética que produce el actuador está en relación con la señal de control que le proporciona el controlador. (23)

a. Eléctricos

- **Motores eléctricos**

Son dispositivos eléctricos rotativas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, de tal modo que gracias a las ventajas que tiene (facilidad, economía, limpieza, y seguridad de funcionamiento) estos receptores son los más utilizados en cualquier aplicación automática industrial. (24)

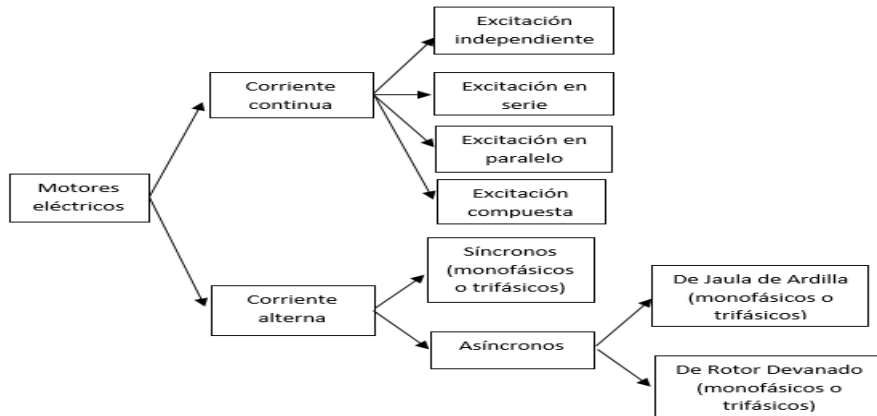


Figura 8. Clasificación de motores
Tomado de Raúl Solbes, 1947

En la figura 10, se muestra la clasificación de los motores eléctricos; sin embargo, existen otros tipos de motores como: motor brushless, motor paso a paso, entre otros.

• **Ecuaciones para la selección del motor trifásico**

Según (25) se clasifican de acuerdo a su rendimiento nominal en tres categorías:

- Bajo Rendimiento < 80 %
- 80% ≥ Rendimiento Medio < 90 %
- Alto Rendimiento ≥ 90 %

Los motores asíncronos presentan tres parámetros estrechamente relacionados que expresan sus características directamente:

$$T = \frac{K * P_1}{N_o} \tag{13}$$

Donde:

- P_1 : Potencia consumida de la red
(Potencia activa) (w)
- K: Coeficiente de igualdad
- N_o : Frecuencia de rotación (rpm)
- T: Par motor (Momento o torque)

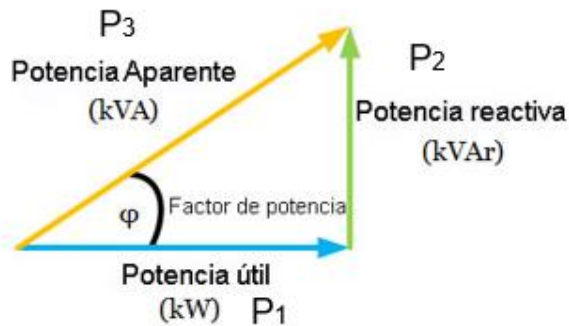
➤ Para una red de suministro trifásica potencia activa:

$$P_1 = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi \quad (14)$$

Donde:

- $\cos\varphi$: Factor de potencia del motor
- V: Voltaje en la línea (v)
- I: Intensidad de corriente que consume el motor (A)

➤ Fórmula para hallar la potencia reactiva



✓ De acuerdo a triángulos rectángulos se realizó el equivalente:

$$P_2 = P_1 \tan(\varphi) \quad (15)$$

$$\varphi = \cos^{-1}(0,95) = 18,195^\circ$$

✓ Despejando la corriente se define con la siguiente formula:

$$I = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} \quad (16)$$

✓ En este caso, el valor del factor de potencia se obtiene de la relación:

$$\cos\varphi = \frac{P_1 * 1000}{\sqrt{3} * V * I} \quad (17)$$

- **Contactador:**

Es un elemento electromecánico, donde su principal función es de abrir o cerrar circuitos eléctricos en circuitos de potencia, ya que tienen contactos NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrados). Hay contactores monofásicos y trifásicos, la diferencia radica en la cantidad de contactos que tiene.



**Figura 9. Contactador AC CJX2-1210 Trifásico AC380V
Tomado de Linio-Perú, 2021**

En la tabla 1, se aprecia las características del contactor AC CJX2-1210.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del contactor AC CJX2-1210

Contactador AC CJX2-1210 Trifásico AC380V 50Hz Bobina 18A	
Voltaje de alimentación	380 V
Frecuencia	60Hz
Tamaño total aprox.(L*W*T)	76*47*87 mm
Material	Plástico, metal, piezas eléctricas
Temperatura de trabajo	-5°C a 40 °C
Adecuado para	Control automático del sistema de potencia

Tomado de Linio-Perú, 2021

- **Relé térmico:**

Es un elemento eléctrico, lo cual su objetivo es proteger a motores eléctricos frente a sobrecargas o calentamientos, de tal modo que se acopla al contactor para que formen un solo elemento. Asimismo, se puede ajustar la corriente, es decir al pasar al corriente ajustado se empiezan a deformar las láminas que hay dentro, ya cuando termina deformarse dichas láminas acciona un contacto que puede ser (N.A. o N.C.) posteriormente se activa una señalización.



**Figura 10: Relé Térmico Regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC
Tomado de SyZ Cominsa, 2021**

En la tabla 2, se observa las características del Relé térmico regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC.

Tabla 2. Especificaciones Relé Térmico Regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC

Relé térmico regulable TESYS 12-18A P/CA Y CC	
Tipo de producto	Relés de sobrecarga térmica diferencial
Tipo de red	CA o DC
Clase de disparo por sobrecarga	Clase 10A conforme a IEC 60947-4-1
Rango de ajustes de protección térmica	12-18A
Composición de los contactos auxiliares	1 NA + 1 NC
Tipo de control	Rojo pulsador, estado 1 parada azul pulsador, estado 1 reajuste
Compensación de temperatura	-20 a 60 °C

Tomado de SyZ Cominsa, 2021

- **Pulsadores industriales:**

Son elementos auxiliares de mando, que conectan o desconectan circuitos eléctricos por medio de una simple pulsación. Retorna a su estadio inicial mediante su resorte interno.



Figura 11: Elementos de mando y señalización, 22 mm.

Fuente: ABB, 2015.

En la tabla 3, se visualiza las características de los pulsadores rasantes.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de los pulsadores rasantes

Pulsadores rasantes	
Diámetro de montaje	22mm
Forma del cabezal de la unidad de señalización	Redondo
Tipo de operario	Retorno por muelle
Tipo y composición de contactos	1 NC
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40 a 70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25 a 70 °C
Tensión asignada de asilamiento	250 V de acuerdo a EN/IEC 60947-1

Tomado de Schneider Electric, 2021

- **Lámparas señalizadores:**

Son importantes en las instalaciones industriales, ya que indican la información del estado del funcionamiento de la máquina o proceso.



Figura 12. Tipos de lámparas señalizadores
Tomado de ABB, 2015

En la siguiente tabla se muestra las características de BeMatik - Luz piloto LED de 22 mm para paneles de control 220 VAC.

Tabla 4. Especificaciones técnicas de Luz piloto LED de 22 mm.

BeMatik - Luz piloto LED de 22 mm para paneles de control 220 VAC

Material	Plástico
Dimensiones del producto (largo*ancho*alto)	28 x 28 x 52 mm
Diámetro	22 mm
Intensidad	< 20 mA
Voltaje	220 VAC
Peso del producto	20g

Tomado de Schneider Electric, 2021

b. Neumáticos

Producen movimiento controlado con el empleo de motores neumáticos y cilindros, donde son aplicados en herramientas como: martillos neumáticos, pistolas para pintar, válvulas de control, elevadores, sistemas de empaquetado, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, etc. (26)

- **Cilindros lineales**

- **Cilindros de simple efecto:** cuenta con un solo acceso de aire para realizar una carrera de trabajo en un sentido.

- ✓ **Ecuaciones para selección del cilindro de simple efecto**

Las principales variables a considerar en la selección de los cilindros neumáticos son: la fuerza del cilindro, la carga, el consumo de aire y la velocidad del pistón. La fuerza del cilindro, es una función del diámetro del cilindro de la presión del aire y del roce del émbolo, lo cual depende de la velocidad del émbolo y que se toma en el momento de arranque. La fuerza que el aire ejerce sobre el pistón es:

$$F = A * P \quad (18)$$

Dónde:

F= la fuerza requerida por el embolo (N)

A= área requerida para el cilindro (m^2)

P= la presión de alimentación (Bar)

- ✓ **Consumo de aire**

El consumo de aire del cilindro, es una función de la relación de compresión del área del pistón y de la carrera, como se muestra en la siguiente ecuación. (19)

$$V = s * n \frac{d^2 * \pi}{4} \quad (19)$$

Donde:

V: Cantidad de aire (l/min)

S: longitud de carrera(cm)

n: Ciclos por minuto

- **Cilindro de doble efecto:** cuenta con dos accesos de aire para realizar carreras de trabajo de salida y retroceso.

c. Electroválvulas

Gobierna eléctricamente el inicio y cierre de circuitos neumáticos, se clasifican según su forma de trabajo como electroválvulas monoestables y biestables.

- **Electroválvulas monoestables:** cuentan con una sola bobina para que la electroválvula cambie de posición, y la reposición se efectúa con muelle. (26)
- **Electroválvulas biestables:** están compuestos por dos bobinas para desarrollar el paso de una posición a otra, las cuales, se les denomina como bobina de SET y RESET, donde al accionar cualquiera de las dos bobinas, la electroválvula se mantiene fijo en la posición alcanzada. (26)

d. Hidráulicos

La gama de actuadores hidráulicos es muy limitada que la de los neumáticos, de modo que usan la energía producida por un fluido hidráulico (generalmente aceite) para transformarla en un movimiento. (26)

2.2.2. Controlador

a. Controlador lógico programable (PLC):

Consiste en el establecimiento de una secuencia ordenada de instrucciones que resuelven una determinada tarea de control, donde se permite la implementación de funciones específicas como: lógicas, secuenciales, temporizadas de conteo y aritméticas, con la finalidad de controlar las máquinas y sus procesos. (27)

✓ **Partes del controlador lógico programable (PLC):**

El controlador lógico programable se divide en: unidad central de procesamiento, interfaz de entradas/salidas, interfaz de comunicación, la fuente de alimentación y los dispositivos externos.

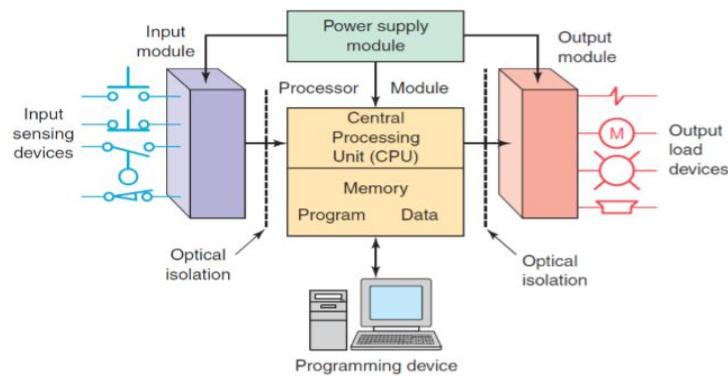


Figura 13. Laboratorio I de control
Tomado de Gerardo, 2010

✓ **Ciclo de escaneo del controlador lógico programable:**

El CPU del PLC ejecuta de forma secuencial todas las instrucciones en orden del inicio hasta el final, y vuelve a comenzar nuevamente dicho proceso, donde la velocidad de ejecución del programa depende del número de elementos en las entradas y salidas, generalmente son tiempos cortos.

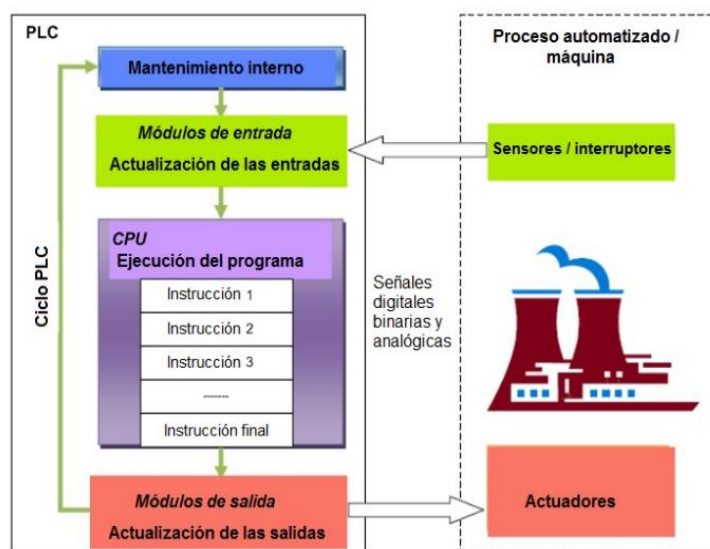


Figura 14. Ciclo de operación del PLC
Tomado de Nora, 2016

✓ **Lenguajes de programación según el estándar IEC-61131-3:**

Los principales lenguajes de programación utilizados para este tipo de dispositivos son:

- Diagrama de bloques de funciones (FBD)
- Diagrama de funciones secuenciales (SFC)
- Diagrama de tipo escalera (LAD)
- Texto estructurado (ST)
- Lista de instrucciones (IL/STC)

b. Microcontrolador PIC

Es un computador completo, está incluido en un chip de un circuito integrado, donde se emplea a gobernar una sola tarea. Para que el microcontrolador ejecute las operaciones que queremos es fundamental grabar en su memoria de programa un conjunto de instrucciones que constituye el programa de aplicación.
(28)

✓ **PIC16F18875:**

Este microcontrolador está compuesto por periféricos análogos, autónomos y de comunicación.



*Figura 15. Microcontrolador PIC16F18875
Tomado de Jesús Torres, 2018*

Algunas de sus características son:

Tabla 5. Especificaciones Técnicas del Microcontrolador PIC16F18875

Núcleo mejorado de gama media con 49 instrucciones, 16 niveles de pila
Oscilador interno ajustable (hasta 32MHz)
Pin Periférico Select (PPS)
2x PWMs de 10 bits
5x Captura, comparación, PWM (CCP)
Generador de forma de onda complementaria (CWG)
Oscilador controlado numéricamente (NCO)
Controlador lógico configurable 4x (CLC)
ADC de 10 bits con computación (ADC 2)
Convertidor digital a analógico de 5 bits (DAC)
Modulador de señal de datos (DSM)
Detección de Cruce por Cero (ZCD)
Verificación de redundancia cíclica (CRC / SCAN)
Reloj temporizador de vigilancia (WWDT)
PIC16LF18875 (1.8V - 3.6V)
PIC16F18875 (2.3V - 5.5V)

Tomado de Jesús Torres, 2018

El microcontrolador PIC16F18875 es compatible con otro producto de microchip que es el: "Curiosity High Pin Count (HPC) Development Board". Asimismo, no se necesita de accesorios externos para su uso (del microcontrolador), ya que es una placa de desarrollo compuesta por un diseño integrado (29).



Figura 16. Curiosity High Pin Count (HPC) Development Board DM164136

Tomado de Jesús Torres, 2018

c. Selección del tipo de controlador

Tabla 6. Comparativa para la selección del tipo controlador

	Características similares	Características diferentes
PLC (Control Lógico Programable)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ambos cuentan con pines de entradas y salidas. ✓ Los dos realizan operaciones lógicas. ✓ Ambos se pueden usar para controlar los mismos equipos, leer los mismos sensores y tomar las mismas decisiones lógicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuentan con diseños para configuraciones industriales con la finalidad de poder soportar condiciones adversas asociadas con ese entorno, tales como; rangos de temperaturas extremas, ruido eléctrico, manejo brusco y gran cantidad de vibraciones. ✓ Muy eficaces en el sistema operativo en tiempo real, debido a su capacidad para producir salidas en el menor tiempo posible después de evaluar sus entradas. Esto es muy importante en el sistema industrial, ya que para la planta es muy primordial la sincronización. ✓ Los PLC están diseñados de manera estándar para interactuar con sensores de grado industrial, actuadores y módulos de comunicación; por lo tanto, reciben valores de corriente y voltaje, en el que si no cuentan con un hardware adicional son incompatibles con los microcontroladores. ✓ Para la comunicación suelen utilizar Ethernet y diversas variaciones de la serie RS-serial como RS-232, RS-485.
Microcontrolador		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se utilizan en aplicaciones donde solo es necesario realizar tareas repetitivas y específicas. ✓ No cuentan con interfaces como la pantalla y los conmutadores integrados, pues mayormente solo tienen GPIO a los que se pueden conectar estos componentes. ✓ Generalmente están diseñados para manejar el procesamiento de solo unos 100 IO; sin embargo, se pueden explorar varias técnicas para aumentar las IO del microcontrolador. ✓ Son menos resistentes, estos no fueron diseñados para funcionar como dispositivos independientes, por lo contrario, fueron diseñados para ser integrados en un sistema, de modo que, los microcontroladores pueden fallar cuando se implementan en ciertos escenarios, ya que los chips son frágiles y pueden dañarse fácilmente.

2.2.3. Placas rectangulares

Matemáticamente, la ecuación diferencial en derivadas parciales que gobierna el comportamiento de una placa se asigna en cuatro órdenes con coeficientes constantes; para un rectángulo limitado por rectas paralelas a los ejes coordenados. A una corta superficie elástica $w = f(x,y)$ pertenece una superficie de cargas p , por lo tanto se tiene la siguiente ecuación. (30)

$$p = D\Delta\Delta w \quad (20)$$

En el cual Δ es el operador $\frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2}$. Por ello, se tiene los momentos que dan lugar a las tensiones:

- **Momento de flexión**

$$M_x = -D \frac{\delta^2 W}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 W}{\delta y^2} \quad (21)$$

$$M_y = -D \frac{\delta^2 W}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 W}{\delta x^2} \quad (22)$$

- **Momento de torsión**

$$M_{xy} = -(1 - \nu) - D \frac{\delta^2 W}{\delta x^2 \delta y^2} \quad (23)$$

Para una placa de carga uniforme el espesor se lo obtiene de la siguiente ecuación:

$$h = \varphi * a * \sqrt{\frac{p}{\sigma_{adm}}} \quad (24)$$

Donde:

- h : Espesor de la plancha
- φ : Coeficiente numérico, $\lambda = \frac{b}{a}$; a lado menor
- p : Pesos distribuidos en la plancha
- σ_{adm} : Máxima tracción admisible

2.2.4. Esfuerzos en ejes

Los esfuerzos de torsión, flexión o axiales pueden estar presentes tanto en los medios como alternantes. Para el análisis, es oportuno adaptar las ecuaciones para aplicaciones de ejes, donde es fundamental acoplar los distintos esfuerzos de Von Mises alternantes y medios. Generalmente, las cargas axiales son relativamente muy pequeñas en ubicaciones críticas donde prevalece la flexión y la torsión, por lo que no se consideran en las siguientes ecuaciones. (31)

Los esfuerzos alternantes debidos a la flexión y la torsión están dados por:

$$\sigma_a = k_f \frac{M_a C}{I} \quad \sigma_m = K_f \frac{M_m C}{I} \quad 25$$

$$\tau_a = k_{fs} \frac{T_a C}{J} \quad \tau_m = K_{fs} \frac{T_m C}{J} \quad 26$$

Donde T_a y T_m son los pares de torsión alternante y medio; M_a y M_m son los momentos flexionantes alternante y medio; k_f y k_{fs} son los factores de concentración del esfuerzo por fatiga de la torsión y flexión respectivamente.

Las ecuaciones resultantes para curvas de falla usadas habitualmente se resumen a continuación, donde la denominación que se asignan a cada uno de las ecuaciones identifican la teoría de falla significativa, seguida por el nombre de un lugar geométrico de deficiencia por fatiga. (31)

- *ED-Goodman*

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \frac{M_m C}{I} \quad 27$$

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \frac{M_m C}{I} \quad 28$$

- *ED-Gerber*

$$\frac{1}{n} = \frac{8A}{\pi d^3 S_e} \left\{ 1 + \left[1 + \left(\frac{2BS_e}{AS_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \quad 29$$

$$d = \left(\frac{8nA}{\pi S_e} \left\{ 1 + \left[1 + \left(\frac{2BS_e}{AS_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \frac{M_m C}{I} \quad 30$$

Donde:

$$A = \sqrt{4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2}$$

$$B = \sqrt{4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2}$$

- *ED-ASME elíptica*

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (31)$$

- *ED-Soderberg*

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \right. \quad 32$$

$$\left. \frac{1}{S_{yt}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \frac{M_m C}{I}$$

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \right. \quad 33$$

$$\left. \frac{1}{S_{yt}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

En un eje giratorio con torsión y flexión constantes, el esfuerzo flexionante es absolutamente reversible y la torsión es constante, donde el método de Soderberg previene de manera inherente la fluencia, su curva de falla que se mantiene siempre dentro de la línea de fluencia (Langer). Por otro lado, el método ASME elíptico también considera la fluencia, pero no es absolutamente conservador a lo largo de todo su rango, debido a que cruza la línea de fluencia. Asimismo, Los métodos de Goodman y Gerber modificado no protegen contra la fluencia, en consecuencia, necesitan una verificación complementaria de este aspecto. (31)

2.2.5. Esfuerzos en una estructura

Se denomina esfuerzo sobre la selección a las magnitudes de fuerzas distribuidas mediante una sección dada. El esfuerzo de tensión de un elemento se obtiene al dividir la magnitud P de la carga axial entre el área transversal A .

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (34)$$

- **Carga permisible y esfuerzo permisible**

La máxima carga que puede resistir un componente estructural en condiciones normales de uso es notablemente más pequeña que la carga última, dicha carga se le conoce como carga permisible, donde el motivo de la carga última a la carga permisible se usa para establecer el factor de seguridad. (30)

$$FS = \frac{\textit{esfuerzo ultimo}}{\textit{esfuerzo permisible}} \quad (35)$$

- **Selección de un factor de seguridad adecuado**

Si el factor de seguridad se selecciona con un valor muy bajo, la probabilidad de falla es inadmisiblemente notable; por otra parte, si se selecciona con un valor muy alto, el resultado es un diseño no funcional. (30)

1.6.2.2.6. Botellas plásticas

En todos los comercios, las botellas plásticas de diferentes formatos y colores han acaparado el mayor porcentaje del mercado de envases de bebidas. El mundo adquiere cientos de millones de botellas por día (gaseosas, jugos, agua, etcétera.), que son consumidas e inmediatamente desechadas a la basura; de modo que, si analizamos y nos enfocamos en solo un envase de plástico, este tarda en degradarse alrededor de 500 años y si queda enterrado los microorganismos tardan otros 500 años aumentado el intervalo de años hasta 1000 años para degradarse, podemos decir que al permitir dicho desperdicio del producto (el desecho de bolsa plásticas) se derrochan todos los materiales y energía que habían sido empleados en su producción perdiendo la oportunidad de ser reciclados. (32)

2.2.6.1. Tipos de plásticos según su material

- **Tereftalato de polietileno (PET).** Se utiliza para botellas de bebidas gaseosas y aguas, bolsas de hervir ahí mismo el alimento congelado y

bandejas para comidas calentadas en microondas. Es liviano, resistente y reciclable, ya que una vez reciclado, el PET se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y reciclado convenientemente en nuevos envases de alimentos. (32)

- **PEAD Polietileno de alta densidad (HDPE).** Se usa en envases de lavandina, detergentes, cosméticos, bidones, baldes y cajones plásticos. Asimismo, se puede ver en envases de leche, zumos, yogurt, agua y bolsas de basura. Se recicla de diversas formas; fabricando cañerías, botellas de detergentes, limpiadores, muebles de jardín, botes de aceite, etc. (32)
- **Cloruro de polivinilo (PVC).** Se fabrican botellas para aceite de cocina, productos de limpieza y en la construcción (ventanas, tubos de drenaje, perfiles, forro para cables, etc.) Asimismo, es muy resistente, donde una vez reciclado, puede ser utilizado para paneles, tarimas, tapetes, etc. (32)
- **PEBD Polietileno de baja densidad (LDPE).** Usado para bolsas de vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos y bolsa para silos. Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar también en diversas bolsas, mangueras, etc. Además, tras su reciclado se puede utilizar de nuevo en contenedores, papeleras, tuberías o baldosas, paneles y sobres. (32)
- **Polipropileno (PP).** Se fabrican envases para yogurt, botellas para champú, potes, muebles de jardín y recipientes para margarina. Su alto punto de fusión permite envases capaces de contener líquidos y alimentos calientes. Se suele utilizar en la fabricación de envases médicos, envases de ketchup, tapas, algunos contenedores de cocina, autopartes, cajones, entre otros. Una vez reciclado se puede utilizar en señales luminosas, cables de batería, escobas, cepillos, rastrillos, baldes, bandejas, etc. (32)

- **Poliestireno (PS).** Espuma plástica utilizada en tazas para bebidas calientes, envase para comidas rápidas, cartones para huevos y bandejas para carnes. Su bajo punto de fusión hace posible que pueda derretirse en contacto con el calor. Una vez reciclado, se pueden obtener diversos productos entre ellos, material para edificación, aislantes, etc. (32)
- **Otros.** Considerando todas las demás resinas de plástico o mezclas no indicadas arriba, se incluyen una gran diversidad, donde con dichos plásticos están hechos algunos materiales tales como: prueba de balas, DVD, gafas de sol, MP3 y PC, etc. (32)

2.2.6.2. Botellas PET

Las partes principales de la botella son el envase mismo, la tapa y la etiqueta. Además, cuenta con dos elementos más los adhesivos y la tinta. (33)



Figura 17. Reciclado de PET a partir de botellas post consumo
Tomado de María Paz, 2016

La tapa y el anillo de seguridad suele ser de PEAD. Se recomienda para el reciclado, que el anillo se desprenda del cuello de la botella, y que el liner se mantenga adherido a la tapa.

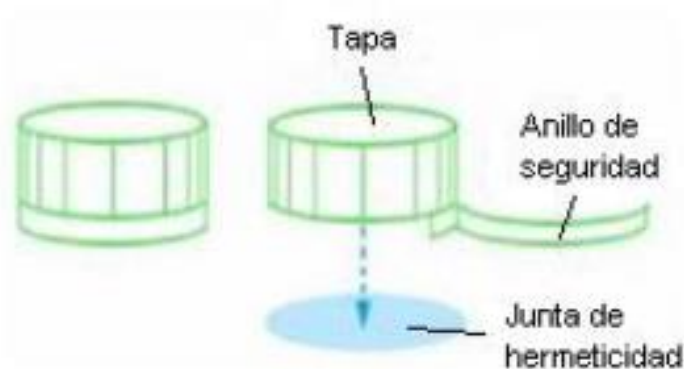


Figura 18. Reciclado de PET a partir de botellas post consumo
Tomado de María Paz, 2016.

En la tabla 7 se muestra los tipos de botellas PET y sus medidas respectivas de cada uno en mililitros.

Tabla 7. Tipos de botellas PET

Tipos	ml
Bebidas carbonatas	330ml -3000ml
Aguas	500ml-7000ml
Aceites	900ml-500ml
Salsas, vinagres y condimentos	120ml-1000ml
Agroquímicos	500ml-1000ml
Lácteos	250ml-2000ml
Limpieza de hogar	Desde los 250ml
Isotónicos	500ml-750ml
Jugos	Desde los 500ml
Higiene personal	Desde los 250ml
Farmacéuticos	Desde los 150ml
Lubricantes	Desde los 1000ml

Tomado de Remsa, 2016

En la tabla 8 se aprecia los modelos, pesos en gramos, medidas y colores de botellas PET.

Tabla 8. Características de botellas PET

ml	Modelo	Peso(gramos)	Medidas (alto-ancho)	Colores
148	Salsas	19 gramos	169.5mm-43.2mm	Transparente y ámbar
350	34 BC	15 gramos	169mm-58.9mm	Transparente y azul
500	45 BC	16.7 gramos	205.5mm-64.5mm	Transparente y azul
600	Genérica	18.8 gramos	239mm-64mm	Transparente y azul
700	Jarabes	34 gramos	217mm-80mm	Transparente
980	Jarabes	40 gramos	304mm-82mm	transparente
1000	Tropical	25.6 gramos	281.5mm-80 mm	Transparente y azul
1500	Adriana	43 gramos	315mm-99.5mm	Transparente
2000	Cuadrada	48gramos	265mm-109mm	transparente
3000	Garrafa	56 gramos	293mm-123mm	Transparente
5 litros	Garrafa	75 gramos	347mm-155mm	transparente

Tomado de Juvasa, 2021

2.2.7. Separación de botellas plásticas

De acuerdo con el Manual de Valorización de Residuos Plásticos (34), señala que, las plantas de separación o centros verdes, una vez que se reciben los productos se clasifican según el tipo y el color del plástico. Si bien esto se puede hacer manualmente; sin embargo, en países desarrollados se han empleado tecnologías de clasificación automatizadas como: escáner óptico, máquina clasificadora SortexB, máquina clasificadora Solcomex y máquina para identificación de residuos plásticos. Este proceso facilita si hay una entrega diferenciada de estos materiales, lo que se puede hacer con el apoyo y la promoción de los municipios. Recordemos el sistema de reconocimiento de plástico, el código internacional SPI, que describe: Una de sus aplicaciones, es específicamente para facilitar la clasificación. Por ello es mejor separar los desechos plásticos por tipo y color, para desarrollar nuevos productos de diferentes gamas como aplicaciones de tipo alimentario (bandejas de alimentos, frescos) y no alimentarias (tuberías, bolígrafos, utensilios de cocina y envase de pintura).

2.2.7.1. Tipos de separación

Actualmente se han desarrollado muchos métodos orientados a la separación de los distintos plásticos que existen, lo cual toman en cuenta ciertas características tales como: el comportamiento ante rayos X, diferencias de color, espectroscopia infrarroja, disolventes, técnicas físicas y marcadores químicos.

Los tipos de separación más frecuentes que tenemos son las siguientes:

- **Separación manual:**

Esto se realiza en función de la detección del color, la forma y el símbolo del plástico, lo cual es visible para el usuario, convirtiéndola así en una tecnología de bajo costo, pero con poca confiabilidad porque este método puede conllevar a identificaciones y separaciones con errores o confusiones humanas. (2)

- **Marcadores químicos:**

El método consiste en la incorporación de marcador para cada polímero, donde los aditivos a incluir deben ser absolutamente inocuos, ya que la aplicación fundamental que se le da al plástico es en la industria del empaque-envase. Asimismo, en estos métodos es necesario limpiar los materiales, lo que significa un mayor costo en el proceso. (2)

- **Flotación:**

En este método, los polímeros se distinguen en función a su densidad, es decir mediante el grado de flotación en diferentes materiales. (2)

- **Técnicas de espectroscópicas:**

Si tomamos en cuenta la determinación de los plásticos donde tienen como respuesta una radiación específica, podemos decir que estas técnicas dan dicha respuesta de manera muy rápida y efectiva, lo cual se dividen en dos tipos: fluorescencia de rayos X y radiación infrarroja. (2)

- **Técnicas ópticas:**

La tecnología NIR (Espectroscopia del infrarrojo cercano), utiliza los sensores de lentes fijos para la detección de color, en el que estos sensores iluminan automáticamente la superficie con una luz blanca y los valores se registran de color reflejado. (35)

- **Solubilidad:**

Las pruebas para determinar la solubilidad o insolubilidad de los plásticos resultan ser simples de identificación, con la excepción de la composición de plásticos como las poliolefinas, acetales, poliamidas y flúor. Todos los materiales termoplásticos pueden considerarse solubles a temperatura ambiente, en cambio, el termoestables es resistente a los solventes. (35)

2.2.7.2. Velocidad de separación

Actualmente desde varias disciplinas se están tratando de explicar los efectos que ha producido la velocidad de separación de las botellas plásticas en un determinado proceso, por la fuerte asociación que tiene con la idea de progreso continuo. Es importante resaltar que las actualizaciones de las tecnologías se han desarrollado para cumplir exigencias cada vez más cambiantes, conllevando a la dificultad de adaptación a la rapidez de los cambios. Asimismo, la alteración de las dimensiones de tiempo, espacio y el aumento de velocidad en la producción ha generado más productos seleccionados en menor tiempo. (36)

2.2.7.3. Clasificación de botellas plásticas PET según su color

En la actualidad no es fácil reciclar las botellas PET de manera eficaz, ya que para ello es necesario seleccionar por colores, lo cual toma mucho tiempo y requiere de varios trabajadores. Teniendo en consideración este inconveniente se propone un diseño de una máquina clasificadora de botellas PET de colores con la finalidad de ahorrar tiempo y dinero en el trabajo manual. En la siguiente tabla, se muestra las recomendaciones según el material de las botellas PET para el reciclaje.

Tabla 9. Recomendaciones por material – Botellas PET

	COMPATIBLE para su reciclado en la mayoría de sus aplicaciones	PUEDE SER APTO para su reciclado para ciertas aplicaciones	SER NO APTO para el reciclaje para
Cuerpo	Color	Claro/ azul claro/verde claros	Azul oscuro/verde oscuro/ marrón/ tientes fuertes
	Barreras/ recubrimientos	Recubrimientos de plasma claro	Recubrimiento externo/PA – 3 capas
	Aditivos		Estabilizadores de UV/ bloqueadores de AA/ nanocompuestos
Cierre	Tapones	PP HDPE LDPE solo en Europa	HDPE LDPE solo en EE. UU. Acero/ aluminio /PS/ PVC/ termoestables
	Revestimiento	HDPE/PE+EVA/PP	PVC/EVA con aluminio
	Precintos	PE/PP/OPP/PET espumado	Silicona (densidad < 1g cm ³)

Recuperado de Recoup, 2016

2.2.8. Máquinas clasificadoras automatizadas

Tabla 10. Máquinas clasificadoras para envases de plástico

Sistemas de clasificación

Escáner
óptico



**Figura 19. Escáner óptico
Tomado de Reocup, 2016**

Se utilizan para segregar materiales por tipo de polímero, utilizando sensores de detección por infrarrojo cercano NIR, ubicado en la parte superior de la faja transportadora. Selecciona el material requerido a través de un disparador de aire. Esta tecnología, con frecuencia, se emplea para clasificar los envases de plástico en distintas secciones, debido a que el mercado solicita de un flujo limpio de colores y polímeros específicos. La velocidad habitual de la selección es de 40.000 botellas por hora.

Máquina
clasificadora
SORTEX B



**Figura 20. Máquina SORTEX B
Tomado de Buhler, 2021**

En cada canal detecta materiales de color oscuro y claro con posibilidad de hasta 2,4 toneladas por hora. Dispone de alternativas configurables para otros tipos de productos. Las opciones de configuración contienen filtros de cámara y canales. Sus elementos críticos están sellados según la clasificación IP5X para prevenir el polvo. Asimismo, los elementos de desgaste, como la iluminación LED de banda ancha y los eyectores, están fijados en los módulos para contribuir en su reemplazo o reparación, disminuyendo así el tiempo de parada.

Pueden emplearse en muchas aplicaciones de reciclaje como: PET, filmes plásticos, desechos electrónicos, residuos industriales comunes, papel y combustible derivado de residuos con componentes orgánicos. Examinan el flujo de

Máquina clasificadora SOLCOMEX

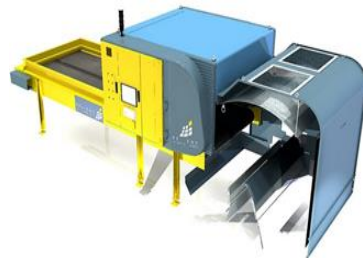


Figura 21. Máquina SOLCOMEX Tomado de Comex, 2016

Máquina para identificación y separación de residuos plásticos.

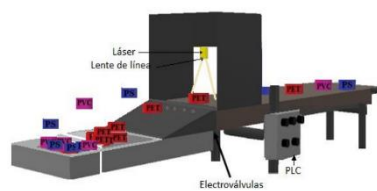


Figura 22. Máquina prototipo para la identificación y separación de residuos plásticos Tomado de Grethell, Armando, Edgar y José, 2017

residuos que pasa por ellos y aprovechan la asociación de todos los indicadores aptos como: la energía, humedad, flujo y contaminante. En el ámbito de recuperación, acoplan la clasificación de materiales y colores, lo que facilita controlar con precisión los tonos de color de los plásticos que se van a reciclar (muy elemental en el reciclaje de botellas de ciclo cerrado).

Se propone el prototipo de un sistema detector y separador de polímeros con la técnica de transmisión infrarroja, lo cual, según nuestros conocimientos, cabe mencionar que para dicho propósito aún no ha sido propuesta en algún sistema comercial actual.

2.8.9. Tecnologías fotónicas para la clasificación de plásticos

En la actualidad las opciones de clasificación automática en el mercado facilitan separar únicamente ciertos tipos de materiales y necesitan de una gran infraestructura e inversión para llegar a las plantas de reciclaje. Por otra parte, los métodos utilizados actualmente en las plantas de reciclaje son sistemas ópticos basados en espectroscopia infrarroja que clasifican exclusivamente algún tipo de plástico específico, equipos basados en corrientes de Foucault para los envases metálicos y equipos de visión artificial calificados para clasificar por forma, color, etc.

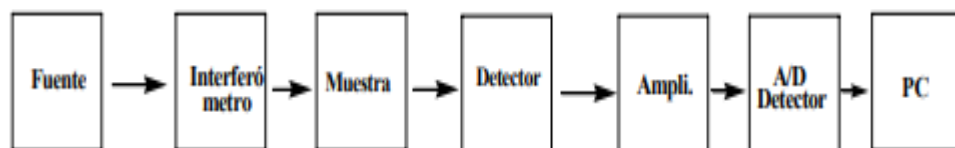
Un nuevo método que se está empezando a utilizar en este sector con gran éxito es la visión hiperespectral o imagen química, se trata de una tecnología que combina la espectroscopia infrarroja y la visión artificial, obteniendo así de cada punto de la muestra captada una huella espectral que incluye la información

de la interacción de la luz con la materia, lo cual está directamente vinculado con su composición química. (37)

2.8.9.1. Sistemas ópticos basados en espectroscopia infrarroja

Un sistema óptico es aquel que se basa en lentes y objetos, en el que cada vez más tiene como finalidad transmitir la radiación desde la fuente al detector con una mínima pérdida. Los sistemas de lentes de vidrio o cuarzo utilizados en otras regiones no tienen utilidad en el IR porque absorben radiación, de modo que se utilizan espejos de vidrio con un recubrimiento de oro o aluminio.

Por otro lado, en el sistema se emplea el detector para convertir la señal óptica en una señal eléctrica fácilmente medible, como el voltaje (se obtienen con la ayuda de equipos electrónicos para amplificar y digitalizar las señales). En la actualidad gracias a un ordenador (con múltiples posibilidades para procesar y almacenar) los espectros se realizan de manera instantánea a diferencia de los primeros espectros que se registraban de forma analógica sobre papel. Los aparatos basados en el método de transformada de Fourier ofrecen una relación señal/ruido mucho mejor y mayor rapidez en la obtención de espectros, por lo que se imponen en el mercado. A continuación, se esquematiza un instrumento de este tipo. (38)



*Figura 23. Sistema óptico
Tomado de José Serrano, 2012*

2.8.9.2. Equipos basados en corrientes de Foucault

Según la explicación física, las corrientes de Foucault son las corrientes internas dadas en un campo magnético alternativo, lo cual es opuesto al campo magnético origen, por consecuencia ocurre repulsión entre ellos, esto se ve cuando un metal no Férrico se introduce a un campo magnético alternativo, en

el que debido a las propiedades explicadas físicamente el metal no férnico será excluido separándose del resto de materiales. (39)

En la figura adjunta del equipo R-SPM/E, puede observarse el comportamiento que tendrán los distintos materiales: Metales NO férricos: Sufren un efecto de repulsión y saltan a una cierta distancia por delante del Tambor de Foucault. Metales férricos: Debido a la excentricidad son atraídos, pero no se separan del flujo del material de manera clara quedando mezclados con los No metales. No metales: No sufren influencia y siguen la trayectoria de caída parabólica natural.

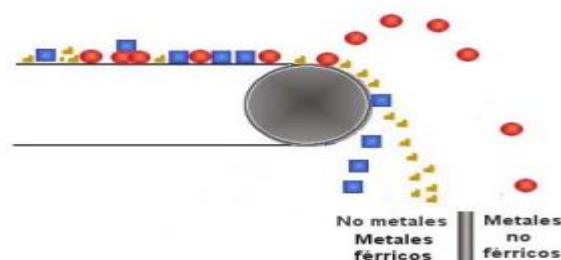


Figura 24. Funcionamiento del corriente de Foucault
Tomado de Pacheco y Soto, 2009

2.9.8.3. Visión artificial

La inteligencia artificial como tal es el avance de la ciencia, en el que cada vez más se asemeja al actuar y pensar como un ser humano, si bien es cierto su desarrollo aún sigue en camino, lo cual para que resulte eficaz se han establecido diversas técnicas, entre ellos tenemos a las redes neuronales artificiales, que se basa en una técnica de procesamiento masivo y paralelo de la información parecido al cerebro humano, en efecto es un modelo complejo para resolver problemas con la capacidad de auto aprendizaje, lo que significa que este se adapta a nuevos cambios y cada vez más aprende de su entorno, acumulando así nuevas funciones en su sistema, un claro ejemplo de ello viene a ser la red Adaline, Asimismo, es importante mencionar en los campos que interactúa, los cuales son la robótica, técnicas de aprendizaje y gestión de conocimientos (usualmente en las finanzas). (40)

1.7.2.3. Definición de términos básicos

- **Acero:** es una aleación de hierro con pocas cantidades de carbono, se identifica por sus resistencias y porque puede ser elaborado en caliente, es decir, solamente en estado líquido.
- **Actuadores:** los actuadores reciben la señal del sistema de control y a partir de ello actúan, existen 3 tipos de actuadores: neumática, hidráulica y de energía.
- **Automatización:** es la aplicación de máquinas o procedimientos automatizados en la ejecución del proceso industriales.
- **Banda transportadora:** son equipos que operan accionados por un motor eléctrico, donde es esencial en el traslado de materiales de un lugar hacia otro.
- **Bits:** sistema de numeración binario, se puede tomar solamente dos valores o dos diferentes estados, que suelen ser cero o uno.
- **Botella:** envase cilíndrico, con cuello reducido, que sirve para conservar líquidos o gases a presión.
- **Byte:** Conjunto formado por 8 bits, que recibe el tratamiento de una unidad y que constituye el mínimo elemento de memoria direccionable de una computadora.
- **Clasificadora:** distribuir o disponer los objetos por tipos, que se clasifican los materiales que están mezclados.
- **Diseño:** es una actividad creativa y técnica de un sistema para crear un proyecto útil, estético y funcional.
- **Ejes:** elemento fundamental de una máquina, destinado a pilotar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas.

- **Estructura:** está formado por la composición de varios elementos, estos están diseñados para soportar y apoyar los componentes en la máquina.
- **Fundición:** consiste en la producción de piezas a partir de derretir un material e introducirlo en un molde.
- **Máquina:** es una combinación de sistemas y mecanismos capaces de desarrollar el trabajo y responder a ciertas necesidades.
- **Motor trifásico:** es una máquina eléctrica rotativa, convierte la energía eléctrica trifásica en energía mecánica. Son más pequeños y ligeros que un motor monofásico de inducción de la misma potencia.
- **Neumática:** es una tecnología que emplea gas como aire comprimido, nitrógeno u otros gases inertes, que funcionan como elementos de transmisión de energía necesaria para hacer funcionar mecanismos.
- **PLC:** controladores lógicos programables, diseñados para tomar información de sensores y/o captadores, luego procesarlo mediante un programa y así finalmente controlar a los actuadores mediante una serie de toma de decisiones en el programa.
- **Proceso:** un conjunto de actividades interrelacionadas, que convierte los elementos de entrada en resultados.
- **Programación en informática:** consiste en la creación de un programa, que abarca de un conjunto de código, lo cual se ejecuta a través de instrucciones.
- **Pulido:** es un proceso que sirve para afinar la superficie metálica de los objetos, retirando marcas, roces, rayaduras y soldaduras.
- **Sensor:** es un dispositivo capaz de detectar cantidades físicas o químicas (como las variables del dispositivo) y convertirlas en variables eléctricas.
- **Software:** agrupación de programas e instrucciones que se debe de cumplir de acuerdo a las reglas informáticas que permiten realizar distintas tareas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.8.3.1. Resultados esperados

Los resultados mostrarán la mejora en el proceso de separación de botellas PET por color mediante un control automático, donde lo que se esperan de la máquina clasificadora de botellas PET es identificar si el objeto ingresado en la faja transportadora es diferente a la botella, separar botellas plásticas según sus colores en diferentes contenedores e informar al operario si los contenedores se encuentran llenos.

- A fin de seleccionar elementos mecánicos se realiza cálculos y para poder corroborar se utiliza simulaciones en el software Autodesk Inventor. También, para una óptima selección de componentes electrónicos se realiza mediante las normas establecidas.

- La tecnología óptica utiliza cuatro sensores de color SENSOR-OT-3-MA, las cuales seleccionarán las botellas de plástico por colores blanco, verde, azul-celeste y roja-guindo.

- El controlador lógico programable PLC siemens S7-1200 CPU 1214C tiene como función principal recabar información de los sensores, dicha información

se procesa mediante un programa y finalmente mediante una serie de toma de decisiones se controla los actuadores.

1.9.3.2. Plan del proyecto

3.2.1. Metodología general

- **Método deductivo:** este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares, se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, entre otros, con una aplicación universal y una vez comprobada su validez se pasa a aplicarlos a soluciones o hechos particulares. (41)

3.2.2. Tipo de investigación

- **Investigación tecnológica:** responde a problemas técnicos, aprovechándose en el conocimiento teórico científico. Asimismo, es la actividad que deja encontrar conocimientos para darles aplicaciones en la práctica con la innovación y mejora de productos, equipos, procesos industriales y diseños. (42)

El propósito es hallar nuevos conocimientos para encontrar aplicaciones prácticas en procesos industriales.

3.2.3. Nivel de investigación

- **Nivel aplicado o desarrollo:** se distingue porque se basa en usar el conocimiento adquirido, mientras que otros se adquieren después de la implementación y organización de la práctica basada en la investigación. Se utiliza el conocimiento y los resultados de la investigación que conducen a una forma rigurosa, sistemática y organizada de conocer la realidad. (43)

El objetivo es la innovación asignada a progresar en el proceso de selección de botellas PET.

3.2.4. Metodología específica

Existen varios métodos para el diseño como la propuesta por la norma alemana VDI 2222 o Pahl & Beitz, Ullman, Hubka & Eder o la VDI 2221, Pugh o Riba (2002). Los modelos propuestos por Otto y Wood y Ulrich y Eppinger (Ulrich & Eppinger) son modelos de fases orientados a desarrollo del producto. (44)

Todos contienen cuatro partes fundamentales, que según sus diferentes criterios pueden encontrarse más disgregadas y agrupadas.

Estas actividades fundamentales del diseñador son las siguientes:

- Comprensión de la solicitud
- Concepción de la solución
- Elaboración del proyecto
- Elaboración (ingeniería) de detalles

El método a desarrollarse será la metodología VDI 2225 y VDI 2222 con las recomendaciones y aplicación de desarrollo de la metodología VDI 2221.

3.2.4.1. VDI 2222

El método estandarizado VDI 2222 puede ser utilizado por un diseñador sin experiencia, además, en este método se realiza una optimización en cada una de sus fases, lo cual redundará en que las “soluciones” entregadas por el diseñador sean las mejores. (45)

A continuación, se muestra las etapas del proceso de diseño según la norma VDI 2221.

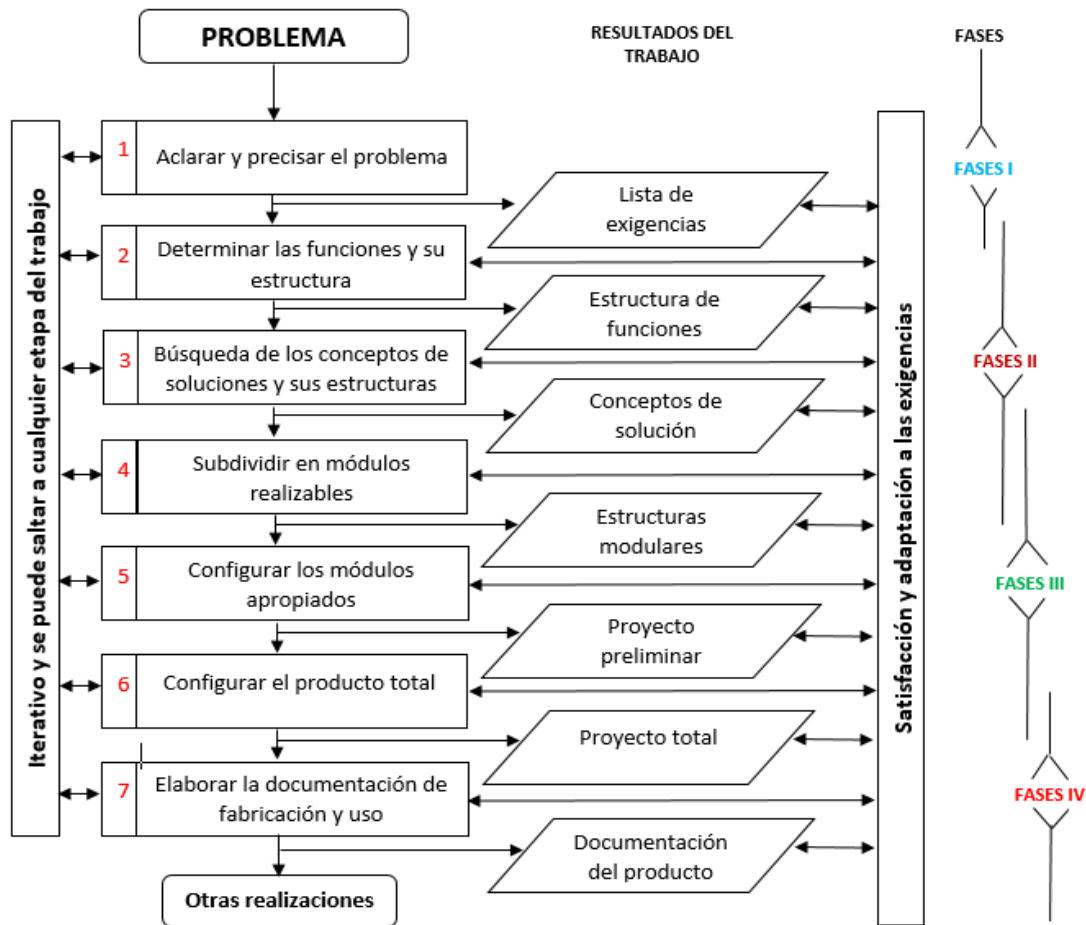


Figura 25. Proceso generalizado de desarrollo y diseño según la norma VDI 2221
 Tomado de Benjamín Barriga, 2016

3.2.4.1.1. Fase I: Compresión de la solicitud

Se debe delimitar las necesidades del consumidor final y del producto a diseñar, como también reunir la información requerida para poder formular una lista de exigencias y expectativa del usuario.

a) Asumir la problemática en forma crítica

En esta etapa se previenen las construcciones erróneas, trabajos duplicados e incumplimiento de plazos de entrega, del mismo modo, se evitan los malos gastos económicos y legales que puedan suceder por los problemas de información. Se debe abordar la complicación como un contrato, donde estén documentado todas las especificaciones del problema que se figuran en una lista de exigencias. (46)

b) Estado de la tecnología

Esto se entiende con la investigación sobre el tema que se está desarrollando, en enfoques como las nuevas creaciones o actualizaciones de la competencia, asimismo indagando literatura especializada, información técnica, revistas técnicas, catálogos, manuales, tesis, información en internet y patentes. También se debe averiguar recomendaciones y normas nacionales e internacionales. Frecuentemente existen asociaciones que cuentan con información que se puede utilizar, por ejemplo; estadísticas, prácticas usuales, normas y reglamentos, etc. (46)

c) Lista de exigencias

Es un conjunto de pasos y actividades que se debe realizar para la obtención del producto o proceso final. Se especifica qué actividades se realiza para cada apartado (materia prima, movimiento, transporte, etc.).

Tabla 11. Modelo de lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICIÓN	Pág._de_
PROYECTO			Fecha:
			Autor:
		CLIENTES	
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable

Tomado de Barriga Gamarra, 1985

d) Completar las exigencias, ordenarlas y cuantificarlas, colocar prioridades

Se ordena la información recabada del cliente en cuanto a las condiciones que debe satisfacer el diseño.

Se realiza en 2 fases:

- ✓ **Exigencia:** son los requerimientos que se deben cumplir bajo cualquier circunstancia, quiere decir que, si algunas de las características marcadas como E no es cumplida, el producto diseñado es inadmisibile.

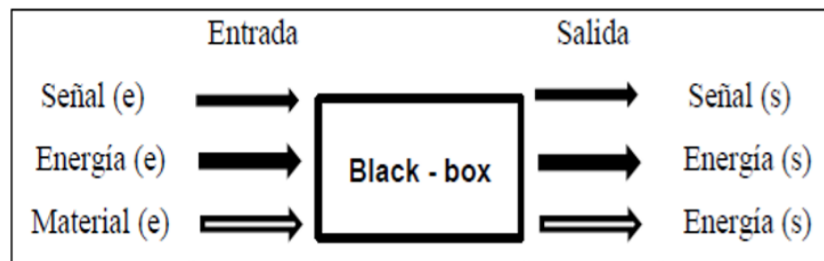
- ✓ **Deseo:** cuando se trata solo de aspiraciones o anhelos sin consecuencias contradictorias con el objetivo del diseño. Si fuese necesario, los deseos se pueden clasificar en alto, medio e insignificante.

3.2.4.1.2. Fase II: Concepto de solución

Es establecer las funciones que la máquina va realizar, posteriormente buscar las soluciones óptimas en base a lo anterior para hacer combinaciones físicas y tecnológicos con secuencias de operaciones, en el que se evaluarán en diferentes aspectos (económicas y/o técnicos).

a) Black-box

Black-Box (caja negra), en él se hace la conversión de variables según la función que cumplirá el diseño. Se evalúa tres magnitudes básicas de entrada y salida: materia, energía y señal.



*Figura 26. Modelo de Black-Box
Tomado de García, 1998*

b) Estructura de funciones

Se efectúa la secuencia de funciones según su aplicación durante todo el proceso, donde nos ayuda a definir la relación consecutiva y ordenada que tiene cada función.

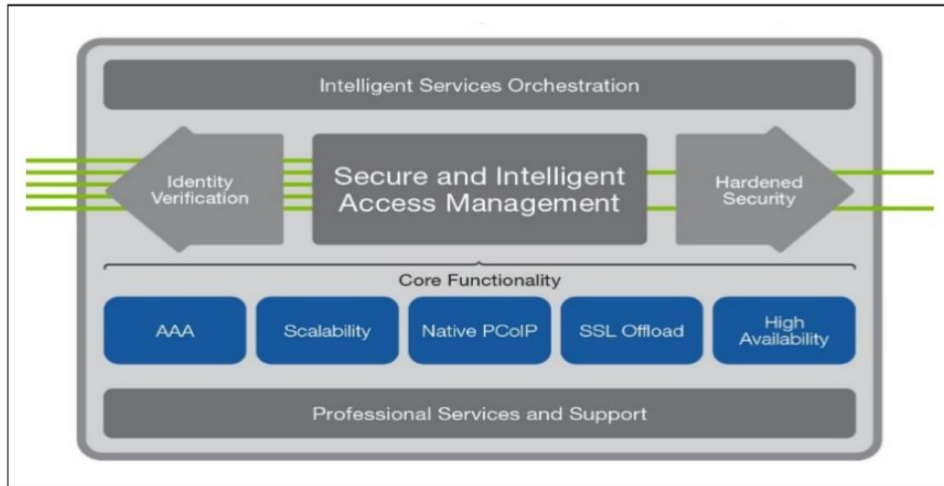


Figura 27. Modelo de estructura de funciones
Tomado de García, 1998

c) Matriz morfológica

La matriz morfológica es el esquema donde es desplazado cada sistema, mecanismo o elementos que pueden ser utilizados en el diseño según las funciones que realizan.

Tabla 12. Modelo de matriz morfológica

Características requerimientos de diseño	Alternativas de diseño			
Movimiento de entrada	Rotacional	Lineal	Oscilante	Etc.
Fuente de entrada	Una mano	Dos manos	Pie mano	Etc.
Elemento de entrada	Cigüeñal	Biela	Palanca	Etc.
Elemento de salida	Tornillo	Hélice	Pistón	Etc.
Movimiento de salida	Rotacional	Lineal	Reciprocante	Etc.
Mecanismo	Engranaje	Articulación	Corredera	Etc.

Tomado de García, 1998

d) Concepto de solución

Propuestas para posibles soluciones en sistemas, prototipos o máquinas, son resultado de la elección de las diversas alternativas mostradas en la matriz

morfológica, debido a que cumplen una función determinada en la máquina, estas pueden ser de dos a más soluciones que pueden cumplir con el objetivo y con las condiciones que se proporcionan en la lista de exigencia.

e) Concepto de solución optima

Elección de la mejor propuesta de las soluciones siendo evaluado económica y técnicamente para poder tener un balance eficiente y a la vez rentable, para dicha elección se desarrolló la evaluación según el método de VDI 2225, norma que sugiere poner como criterios de ponderación del 1 al 4 de manera ascendente donde el valor 4 será el ideal. Primeramente, se lleva a cabo la evaluación según la lista de exigencias mencionado en la tabla 11, posteriormente la solución elegida se evalúa en la tabla 14 y 15. Finalmente, se evalúa en un diagrama de dispersión lineal teniendo como variables de intersección la evaluación económica y técnica, según ello se podrá decidir cuál es la mejor solución (llamada la solución óptima).

Tabla 13. *Tabla de evaluación para lista de exigencia*

N°	Criterios técnicos y económicos	Soluciones			
	según la lista de exigencias	S1	S2	S3	S ideal
1					
2					
3					
.
.
.
.
N					
TOTAL					n*4
EVALUACIÓN (%)					1

Tomado de Barriga Gamarra, 1985

Tabla 14. Tabla de evaluación valor técnico

N°	Variantes de concepto/proyecto	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal		
		g	p	Gp	p	gp	p	gp	p	Gp
1									4	
2									4	
3									4	
.
.
.
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor técnico										

Tomado de Barriga Gamarra, 1985

Tabla 15. Tabla de evaluación valor económico

N°	Variantes de concepto/proyecto	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal		
		g	p	Gp	P	gp	p	gp	p	Gp
1									4	
2									4	
.
.
.
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor económico										

Tomado de Barriga Gamarra, 1985

3.2.4.1.3. Fase III: Elaboración del diseño

Es asignar las posibles dimensiones, respetando las exigencias y restricciones. Se debe de seleccionar el material considerando los esfuerzos y deformaciones que la máquina debe realizar a lo largo del trabajo.

a) Cálculos previos y elección de materiales

Se desarrolla los cálculos fundamentales para el funcionamiento de la máquina y cálculos externos en consideración del producto a desarrollar, asimismo, se realiza la elección de los materiales que son necesarios a utilizar sin depender de cálculos de ingeniería o disponiendo como referencia de algunos proyectos precedentes.

b) Cálculos de mecanismos

Los cálculos de los mecanismos son realizados con la base de ingeniera, así como esfuerzos a que estarán sometidos. Algunos de ellos ya están establecidos por normas o catálogos de su proveedor, según los cálculos y necesidades de distinto uso mecánico se podrá seleccionar el elemento más adecuado para el buen funcionamiento en cada mecanismo.

c) Planos de ensamblaje

Unión de las piezas que se fabricarán y se conseguirán en el mercado siendo estos favorables a las dimensiones del diseño final y tener un mejor rendimiento en la labor que está diseñado.

d) Lista de piezas

Se da a conocer las distintas piezas como leyenda para poder tener en consideración cada posición y utilidad que se dará.

3.2.4.1.4. Fase IV: Elaboración de detalles

Se asignará las dimensiones, componentes y acabados superficiales, del mismo modo se realizarán la documentación para su fabricación.

a) Simulación del diseño

La simulación de diseño se da por medio de los elementos finitos, cuyo método contribuye a poder tener como referencia las consideraciones de Von Mises respecto a los esfuerzos realizados en la máquina según material y proceso fabricado. Asimismo, se ve el funcionamiento de cada uno de las partes

del diseño como las condiciones de trabajo que realizaran con el factor de seguridad.

b) Planos de fabricación

Se aprecia cada detalle en dimensiones y formas que se tiene que fabricar como posición de cada pieza. Son realizados a una escala dado con un formato de presentación según sea la norma a utilizar, donde se pueden observar de manera isométrica o una vista de caras sea lateral superior, etc.

c) Costos de fabricación

Es la parte económica donde es desarrollado en cuadro o esquema de listado, teniendo en cuenta la cantidad, el tipo de material, precio unitario y precio total por cada componente o material a utilizar. También son divididos al aplicar el trabajo como son los costos de mano de obra, costo de fabricación, costos de ensamblado, etc.

3.2.4.2. Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)

Formado por comités nacionales de más de cuarenta países, se propone favorecer la cooperación internacional en materia de normalización y certificación para los sectores eléctrico, electrónico y de tecnologías relacionadas. (47)

- **Estándar IEC 61131:**






Definen las características fundamentales para la selección y aplicación de los PLC's y sus periféricos. También, establecen los lenguajes de programación, las instrucciones elementales, medios de ampliación y adaptación de los equipos. (48)

- **Estándar IEC 60204-1:**

Establece el código de colores para poder identificar los pulsadores y las lámparas señaladores en los procesos industriales. (49)






En la siguiente tabla se muestra los códigos de colores para seleccionar los pulsadores según la norma IEC 60204-1.

Tabla 16. Código de colores para pulsadores

Color	Significado	Explicación	Aplicación
ROJO 	Emergencia	Accionar en el caso de condiciones peligrosas o de emergencia.	Parada de emergencia Iniciación de la función de emergencia.
AMARILLO 	Anomalía	Accionar en caso de condiciones anormales.	Intervención para suprimir condiciones anormales. Interrupción para restablecer un ciclo automático interrumpido.
AZUL 	Obligatorio	Acciona en condiciones que requieran una acción obligatoria.	Función de rearme.
VERDE 	Normal	Accionar para iniciar las condiciones normales.	Puesta en marcha.
BLANCO 			ON/Puesta en marcha. OFF/ parada.
GRIS 	Sin significado específico asignado	Para un inicio general de las funciones, excepto la parada de emergencia.	ON/Puesta en marcha. OFF/ parada.
NEGRO 			ON/Puesta en marcha. OFF/ parada.

En la tabla 17, se aprecia los códigos de colores para seleccionar las lámparas de señalización industrial según la norma IEC 60204-1.

Tabla 17. Código de colores para lámparas señalizadores industriales

Color	Significado	Explicación	Acción del operador
ROJO 	Emergencia	Condiciones peligrosas	Acción inmediata para hacer frente a condiciones peligrosas (desconexión de la energía).
AMARILLO 	Anomalía	Condiciones anormales. Condiciones críticas. Inminentes.	Control y/o intervención.
AZUL 	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere la acción del operador.	Acción obligatoria.
VERDE 	Normal	Condiciones normales	Opcional.
BLANCO 	Neutral	Puede utilizarse cada vez que haya duda sobre las aplicaciones de los colores anteriores.	Monitoreo o control.

- **Estándar IEC 1082-1:**

Define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos. Asimismo, elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones. (50)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Análisis de requerimientos

4.1.1. Lista de exigencias

La lista de exigencias se realizó en base a las necesidades, asimismo, en base a los problemas que se tienen en el proceso de la selección de las botellas PET por color.

Tabla 18. Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		Pág. 1 de 1 Ed: 001
Proyecto:	Diseño de una máquina clasificadora para mejorar la separación de botellas plásticas en organismos recolectores de residuos sólidos en Huancayo – Junín	Fecha: 28-02-2021 Elaborado: C. Q. L y B. F. N. F
Cliente:	Universidad Continental	
Deseo o exigencia	Categoría	Descripción
GENERALES		
Exigencia	Función principal	Mejorar la separación de las botellas PET en organismos recolectores de residuos sólidos.
Exigencia	Geometría	La máquina debe ser accesible, de modo que el operario se adapte en el menor tiempo posible, para que pueda manipular con facilidad el dispositivo y optimizar los tiempos.
Exigencia	Eficiencia	La máquina debe separar las botellas con el mínimo error posible, para que la productividad sea eficiente y rentable.
Deseo	Conectividad	Debe existir comunicación con un smartphone para la verificación de las

acciones y ser mostrados al usuario el correcto funcionamiento.

Deseo	Supervisión	Ser supervisado mediante el sistema SCADA o HMI para el control de todo el proceso.
MECÁNICA		
Exigencia	Función principal	La máquina debe separar las botellas plásticas de manera correcta en el tiempo más óptimo posible que serán almacenados en diferentes contenedores.
Exigencia	Seguridad	La máquina debe ser segura de manera que el usuario al manipular o verificar el proceso en ejecución no pueda sufrir percances causadas por este.
Deseo	Fabricación	La máquina deberá contar con formas constructivas sencillas que permitan su fabricación en el menor tiempo posible.
Exigencia	Material	Los materiales de la estructura externa deben ser de acero inoxidable para evitar la corrosión y extender su ciclo de vida.
Deseo	Función	La faja transportadora será regulada por un variador de frecuencia, de modo que se regule la velocidad para su correcto funcionamiento.
ELECTRÓNICA		
Exigencia	Alimentación	La máquina debe ser alimentado a 220V AC (Trifásico) los actuadores, la parte de control con 24V DC.
Deseo	Almacenamiento de energía	Deberá contar con un; no break o UPS o SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida) para controlar la alimentación hacia los actuadores y tablero de control.
Exigencia	Función principal	La máquina debe separar mediante pistones neumáticos que serán accionados de acuerdo a la señal de los sensores, para ser transportados en diferentes contenedores.
Exigencia	Función	Los sensores y actuadores deben estar conectados a un controlador (PLC).
Exigencia	Características	Los componentes electrónicos deben ser industriales ya que trabajaran con corrientes altas de manera que funciones correctamente.

4.1.2. Caja negra

El análisis de la función primaria está en relación a todo el conjunto de la máquina, que conlleva todo el proceso de clasificación de botellas PET, donde las entradas son envases de diferentes colores, indicadores de tipo de material y energía eléctrica. La función secundaria está relacionada con los diferentes sistemas o procesos como transportación, clasificación; que permiten el funcionamiento de toda la máquina para llegar a tener las botellas plásticas de colores, las cuales serán separadas en diferentes contenedores.

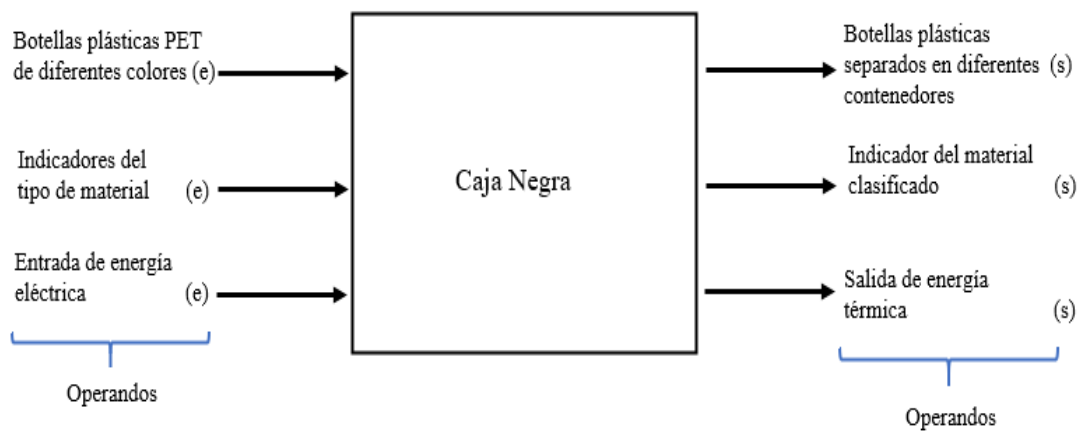


Figura 28. La máquina como caja negra

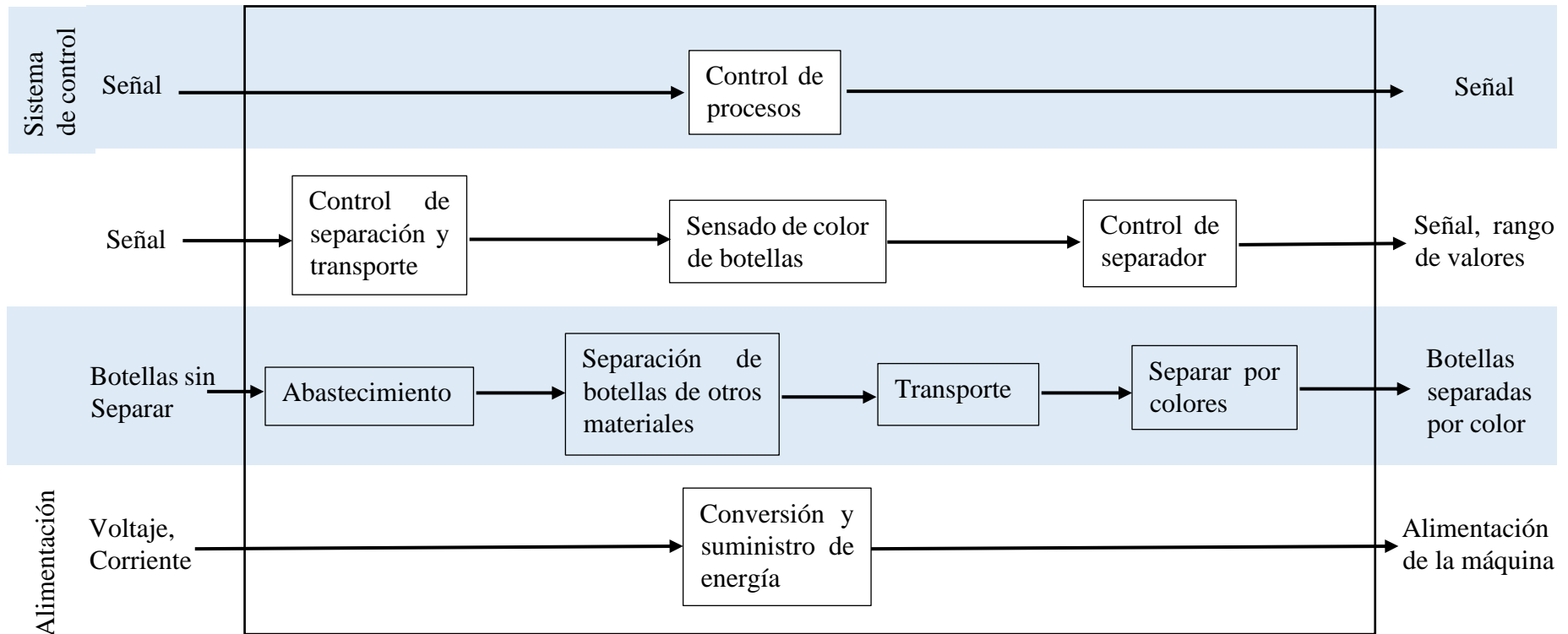
4.1.3. Estructura de funciones

Tiene como finalidad reducir el costo y el tiempo que facilita una mejor comprensión de funcionamiento de todo el proceso de clasificación de las botellas PET, como existen varias funciones es mejor dividirlos, para así poder tener en cuenta cuales son los bloques funcionales. A continuación, se aprecia la estructura de funciones.

Tabla 19. Estructura de funciones

SISTEMA MECATRÓNICO – DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS EN HUANCAYO – JUNÍN

FASE









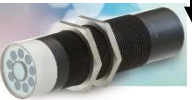



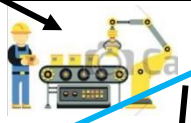
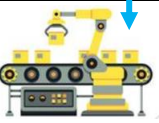














4.2. Análisis de solución

4.2.1. Matriz morfológica

Se analizó las ventajas y desventajas de cada una de las opciones y se opta por el mejor de acuerdo a los criterios estudiados en las mismas.

Tabla 20. Matriz morfológica

SISTEMAS	FASES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Sistema de control	Control de proceso	 PLC S7-1200	 Microcontrolador	 Placa diseñada
	Sistema electrónico	Control de transporte	 Contactor	 Variador de frecuencia
Control de separador		 PLC S7-1200	 Temporizador	 Contactor
Sensado de color de botellas		 Color sensor OT-3-MA	 Color sensor CFO 100	 Color control ACS2
Sistema Mecánico	Abastecimiento	 Manual	 Semi-Automático	 Automático
	Separación de botellas de otros materiales	 Accionamiento de aire comprimido	 Pistón neumático	 Motor DC
	Trasporte	 Faja transportadora	 Faja de rodillos	 Tornillo sin fin
	Separar por colores	 Brazo robótico	 Pistón neumático	 Robots delta
Alimentación	Conversion y suministro de energía	 Fuente conmutada	 Fuente de alimentación	 Generador eléctrico
Opción 1: Rojo ■		Opción 2: Negro ■		Opción 3: Celeste ■
Resultado elegido		Opción 2: Negro ■		

4.2.2. Determinación de la solución óptima

4.2.2.1. Valorización de la lista de exigencia

Las tres soluciones mostradas en la matriz morfológica son analizadas en una evaluación de conceptos de solución, con el objetivo de encontrar el resultado óptimo que satisface los requerimientos del sistema, y así la máquina pueda trabajar en su mejor rendimiento.

Tabla 21. Criterios técnicos y económicos

N°	Criterios económicos	técnicos y	Soluciones			
			S1	S2	S3	S. ideal
1	Función		2	3	3	4
2	Eficiencia		3	3	2	4
3	Confiabilidad		2	4	2	4
4	Diseño		3	3	4	4
5	Estabilidad		2	4	3	4
6	Fabricación		3	4	2	4
7	Seguridad		4	3	3	4
8	Uso		2	4	4	4
9	Costos de implementación		3	4	2	4
10	Costos de operación		2	3	3	4
11	Complejidad		2	2	2	4
12	Mantenimiento		3	3	3	4
13	Rapidez		3	4	2	4
14	Facilidad de manejo		2	4	3	4
15	Transportabilidad		3	3	3	4
16	Productividad		2	4	3	4
17	Costo de tecnología		3	3	3	4
18	Facilidad de montaje		4	3	3	4
19	Facilidad de mantenimiento		3	3	3	4
TOTAL			51	64	53	76
EVALUACIÓN (%)			0.67	0.84	0.70	1

En la tabla 21, se muestra los resultados en las tres soluciones 0.67, 0.84 y 0.70, por el que se determinó que la solución 2, es la más óptima. Para poder corroborar ello se realizará por medio de un método de ponderación según la metodología VDI 2225.

4.2.2.2. Valorización para hallar el valor técnico

Tabla 22. Criterios técnicos

Variantes de concepto/proyecto		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
		S1			S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	P	Gp
1	Diseño	10	2	20	4	40	2	20	4	40
2	Transporte	7	2	14	2	14	2	14	4	28
3	Función	8	2	16	3	24	2	16	4	32
4	Fabricación	6	3	18	3	18	3	18	4	24
5	Montaje	7	2	14	3	21	2	14	4	28
6	Energía	9	3	27	3	27	2	18	4	36
7	Fuerza	9	2	18	3	27	2	18	4	36
8	Uso	8	3	24	3	24	3	24	4	32
9	Seguridad	9	2	18	2	18	2	18	4	36
10	Mantenimiento	7	2	14	4	28	3	21	4	36
11	Control de calidad	9	2	18	3	27	2	18	4	36
Puntaje $\sum gp$		201			268		199		364	
Valor técnico		0.55			0.74		0.55		1	

En la tabla 22, se desarrolla la evaluación técnica para los respectivos valores, donde es realizado según la norma VDI 2225.

- p: puntaje de 0 a 4 (0 = no satisface, 1 = poco aceptable, 2 = suficiente, 3 = bien y 4 = muy bien)
- g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.

4.2.2.3. Valorización para hallar el valor económico

Tabla 23. Criterios económicos

Variantes de concepto/proyecto		de		Solución 1 S1		Solución 2 S2		Solución 3 S3		Sol. Ideal S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p Gp
1	Mantenimiento	7	3	21	3	21	3	21	4	28	
2	Materiales	9	2	18	3	27	2	18	4	36	
3	Costo fabricación	8	2	16	3	24	2	16	4	32	
4	Costo montaje	8	3	24	3	24	3	24	4	32	
5	Equipos	7	2	14	3	21	3	21	4	28	
Puntaje $\sum gp$				93			117			100	156
Valor económico				0.60			0.75			0.64	1

En la tabla 23, se desarrolla la evaluación económica para los respectivos valores, donde es realizado según la norma VDI 2225.

- p: puntaje de 0 a 4 (0 = no satisface, 1 = poco aceptable, 2 = suficiente, 3 = bien y 4 = muy bien)
- g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.

4.2.2.4. Diagrama de evaluación técnico – económico según la norma VDI 2225.

En la figura 31, se visualiza el diagrama de evaluación técnico – económico, en el que se determina que la solución 2 es la opción más cercana a la recta y en el punto extremo más alto, de tal manera que se elige como una solución óptima, por ende, esta será realizado en los siguientes capítulos.

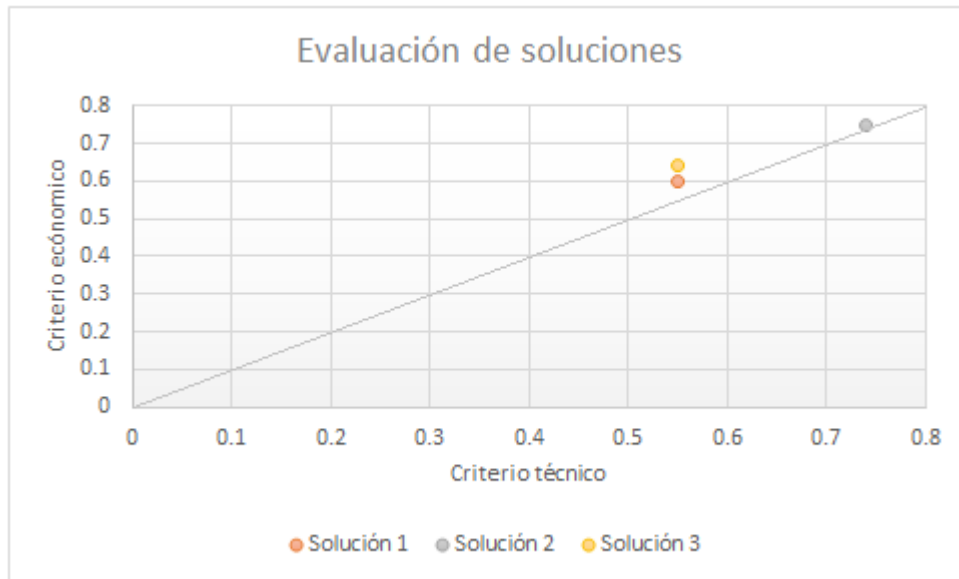


Figura 29. Diagrama de evaluación técnico-económica según VDI 2225

4.3. Cálculos

4.3.1. Cálculo de potencia requerida para elegir motor para faja transportadora

De acuerdo a lo establecido se asigna un rendimiento alto de 90 %.

Para ello: $\eta = 90\% = 0,9$

Se calculó la potencia requerida para la máquina:

La potencia en el eje del motor se desarrolló de acuerdo al par motor (Torque) por la ecuación: ((36)

$$P_1 = M * \omega = \frac{2 * \pi * T * N}{60}$$

Donde:

P_2 : Potencia en el eje del motor (w)

ω : Velocidad angular (rad/s)

K: Coeficiente de igualdad

No: Frecuencia de rotación (rpm)

$$P_1 = 0,1047 * T * No \quad (36)$$

Para la asignación de factor de potencia se dice (25) que para que no haya un mayor consumo de corriente, un aumento de pérdidas en los conductores y sobrecargas es correcto trabajar con un factor de potencia no menor de 0,9.

Se asignó entonces a $\cos\varphi = 0,95$

Se calcula la velocidad nominal o rotación (Sincrónica) del motor:

$$N_o = \frac{120 * f}{p} \quad (37)$$

Donde:

- N_o : Frecuencia de rotación (rpm)
- f : frecuencia en Hz = 60Hz en América
- p : número de polos

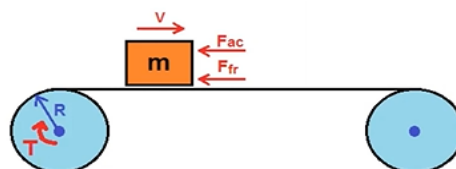
$$N_o = \frac{120 * 60}{6} = 1200 \text{ rpm}$$

4.3.1.1. Torque requerido para mover faja transportadora



Se tiene la faja transportadora con dos rodillos, uno motriz donde nos indica R el diámetro de paso, que define el avance lineal por revolución del elemento motriz del rodillo. Para una óptima selección del torque requerido, y así mover la faja transportadora se consideró los siguientes procedimientos.

- **Torque de aceleración:**



$$\text{Rotatorio: } T_1 = J * a \quad (38)$$

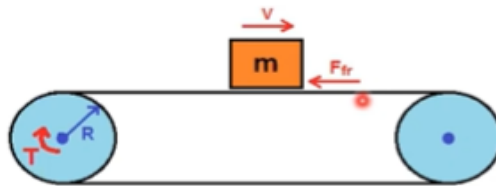
$$\text{Lineal: } T_2 = F_{ac} * R = m * a * R \quad (39)$$

$$\text{Dode: } T_{ac} = T_1 * T_2 \quad (40)$$

Donde:

- T_1 : Torque rotatorio de aceleración
- T_2 : Torque lineal de aceleración
- T_{ac} : Torque de aceleración
- m : Masa
- a : Aceleración
- R : Radio del rodillo
- J : Inercia del rodillo

• **Torque de fricción:**



Donde:

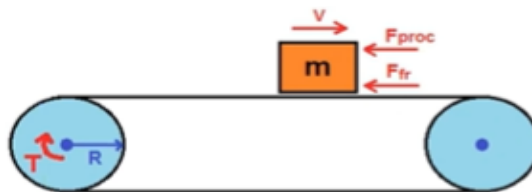
- T_3 : Torque rotatorio de fricción
- T_4 : Torque lineal de fricción
- T_c : Torque de fricción
- g : Gravedad
- u : Coeficiente de fricción

$$\text{Rotatorio: } T_3 \text{ (Rodamientos)} \tag{41}$$

$$\text{Lineal: } T_4 = F_{fr} * R = m * g * \mu * R \tag{42}$$

$$\text{Donde: } T_c = T_3 + T_4 \tag{43}$$

• **Torque por fuerzas del proceso:**



$$T_{proc} = F_{proc} * R \tag{44}$$

Donde:

- T_{proc} : Torque del proceso
- F_{proc} : Fuerza de proceso

- **Torque requerido**

$$T = T_{ac} + T_c + T_{proc} \quad (45)$$

Datos iniciales del mecanismo faja transportadora:

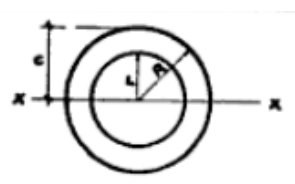
- Faja de 4 m de largo
- Masa de las botellas que transcurrirán por la faja 5Kg
- Masa de la banda transportadora

☐ **Propiedades físicas**

Material	Caucho, Sillicona
Densidad	1.25 g/cm ³
Masa	11.133 kg

- Coeficiente de fricción 0,3
- Poleas o rodillos $\phi_{ext} = 165mm = 0,165m$ $\phi_{int} = 155mm = 0,155m$
- Aceleración $50 \frac{m}{min^2} = 0,014 \frac{m}{s^2}$
- Fuerza requerida $F_{proc} = (5 + 11,133) * 9,81 = 158,26473 N$

Se calcula la inercia en la polea o rodillo:



$$I_x = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$$

$$W_x = \frac{\pi}{4} \frac{(R^4 - r^4)}{R}$$

$$I_x = \frac{\pi}{4} * (R^4 - r^4) \quad (46)$$

Luego reemplazando los valores en la ecuación (46):

$$I_x = \frac{\pi}{4} * (0,082^4 - 0,0775^4)$$

$$I_x = 0,00000805m^4$$

Se halla el torque de aceleración rotacional en la ecuación (38):

$$T_1 = 0,00000805 * 0,014$$

$$T_1 = 0,0000001127 N.m$$

Se halla el torque de aceleración lineal en la ecuación: (39)

$$T_2 = 16,133 * 0,014 * 0,0825$$

$$T_2 = 0,01863 \text{ N.m}$$

Torque de aceleración en la ecuación: (40)

$$T_{ac} = 0,0000001127 + 0,01863$$

$$T_{ac} = 0,0186301 \text{ N.m}$$

Se halla el torque de fricción rotacional en la ecuación: (41):

Los rodamientos junto a los rodillos ejercen un torque.

$$T_3 = 0,000125 \text{ N.m}$$

Se halla el torque de fricción lineal en la ecuación (42):

$$T_4 = 16,133 * 9,81 * 0,3 * 0,0825$$

$$T_4 = 0,399292 \text{ N.m}$$

Torque de fricción en la ecuación (43):

$$T_c = 0,000125 + 0,399292$$

$$T_c = 0,399417 \text{ N.m}$$

Torque por fuerzas del proceso en la ecuación (44):

$$T_{proc} = 158,26473 * 0,0825$$

$$T_{proc} = 13,05684 \text{ N.m}$$

Torque requerido en el sistema en la ecuación (45):

$$T = 0,0186301 + 0,399417 + 13,05684$$

$$T = \mathbf{13,4749 \text{ N.m}}$$

Teniendo el torque requerido podemos hallar la potencia en el eje del motor (Potencia Activa) en la ecuación (36):

$$P_1 = 0,1047 * 13,4749 * 1200$$

$$P_1 = 1692,9864 \text{ w}$$

Se calcula la potencia consumida por la red del motor (Potencia Reactiva) en la ecuación (15):

$$P_2 = 1692,9864 \text{tang}(18,195)$$

$$P_2 = 556,462 \text{ VAR}$$

Se calcula la corriente consumida del suministro

$$I = \frac{1692,9864}{\sqrt{3} * 380 * 0,95}$$

$$I = 2,71 \text{ A}$$

Conclusión de elección

Entonces se requiere un motor con una potencia $P = 1692,9864 \text{ w}$ siendo un motor de 2,6 HP, pero se elige una potencia comercial que es de 3 HP.

4.3.2. Cálculo de eje por el método ASME-ELÍPTICA

Las ecuaciones para hallar el diámetro del eje para la máquina planteada se dan mediante ED-ASME elíptica.

Para calcular la sensibilidad a la muesca en acero y para hallar “q” dependiendo al radio de muesca.

Figura 6-20

Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J.L. Waisman (eds.), *Metal Fatigue*, McGraw-Hill, Nueva York, Copyright[©] 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]

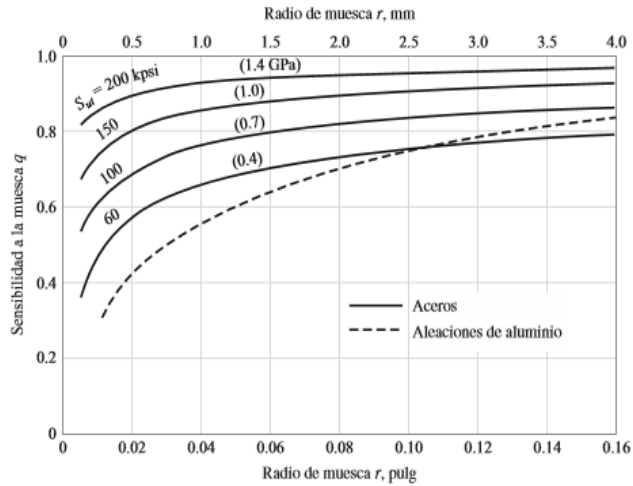


Figura 30. sensibilidad a la muesca en acero, para hallar “q”
Tomado de Richard; Keith, 2011

En el caso de radios de muesca más grandes, para hallar “ $q_{cortante}$ ”

Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de $q_{cortante}$ correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).

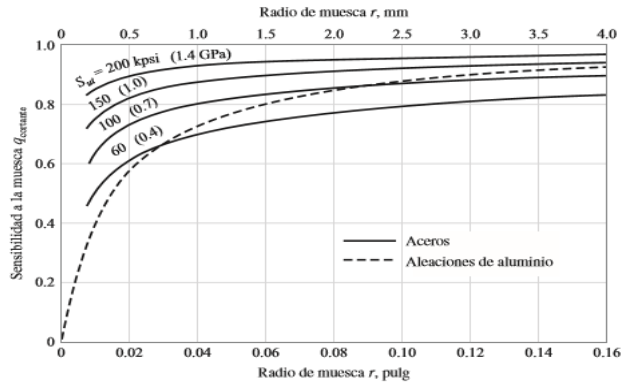


Figura 31. Sensibilidad a la muesca para hallar “ $q_{cortante}$ ”
Tomado de Richard; Keith, 2011

Constantes físicas de los materiales.

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6

Figura 32. Constantes físicas de los materiales
Tomado de Richard; Keith, 2011

Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Proce-samiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179

Figura 33. Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM
Tomado de Richard; Keith, 2011

$$S'_e = \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 Mpa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ Mpa} & S_{ut} > 1400 \text{ Mpa} \end{array} \right\} \quad (47)$$

$$S_e' = 0,5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0,5 * (630)$$

$$S_e' = 315 \text{ MPa}$$

Tabla 6-6

Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia, e intersecciones importantes en el primer cuadrante de los criterios de falla de Goodman modificado y de Langer

Intersecciones de ecuaciones	Coordenadas de la intersección
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$ Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r S_e S_{ut}}{r S_{ut} + S_e}$ $S_m = \frac{S_a}{r}$
$\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$ Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r S_y}{1 + r}$ $S_m = \frac{S_y}{1 + r}$
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$ $\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_m = \frac{(S_y - S_e) S_{ut}}{S_{ut} - S_e}$ $S_a = S_y - S_m, r_{crit} = S_a/S_m$

Factor de seguridad de fatiga

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

Figura 34. Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia
Tomado de Richard; Keith, 2011

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					
			Fluencia S_y	Última S_u	A la fractura, σ_f	Coefficiente σ_0	Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) [†]	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) [†]	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) [†]	1410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) [†]	1270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10

Figura 35. Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales
Tomado de Richard; Keith, 2011

$$Kt = 1,7$$

$$Kts = 1,5$$

$$q = 0,85 \quad q_{cortante} = 0,88$$

$$Kf = 1 + 0.85(1.7 - 1) = 1.595$$

$$Kfs = 1 + 0.88(1.5 - 1) = 1.44$$

$$S_y = 530 \text{ MPa}$$

$$S_u = 630 \text{ MPa}$$

Según la resistencia determinística de los metales (AISI-1045)

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (48)$$

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 36. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin Tomado de Richard; Keith, 2011

$$ka = 4.52 * (630)^{-0,265}$$

$$ka = 0,819$$

Factor de temperatura “kb”

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Figura 37. Factor de temperatura "kb" Tomado de Richard; Keith, 2011

$$kb = 1$$

Factor de temperatura “kc”

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases} \quad (49)$$

$$kc = 1$$

Factor de temperatura “kd”

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad (50)$$

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.*
 (S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación, S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Figura 38. Efecto de temperatura de operación en la resistencia a la tensión Tomado de Richard; Keith, 2011

$$kd = 1$$

Factor de confiabilidad “ke”

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_e correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga.

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Figura 39. Factor de confiabilidad “ke” Tomado de Richard; Keith, 2011

$$ke = 0,814$$

Factor de efectos varios “kf”

$$kf = 1$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \tag{51}$$

$$S_e = 0,8852 * (1) * (1) * (1) * (0,814) * (1) * 315$$

$$S_e = 226,974 \text{ MPa}$$

Para hallar el momento flector, se calcula mediante el programa MD-Solids.

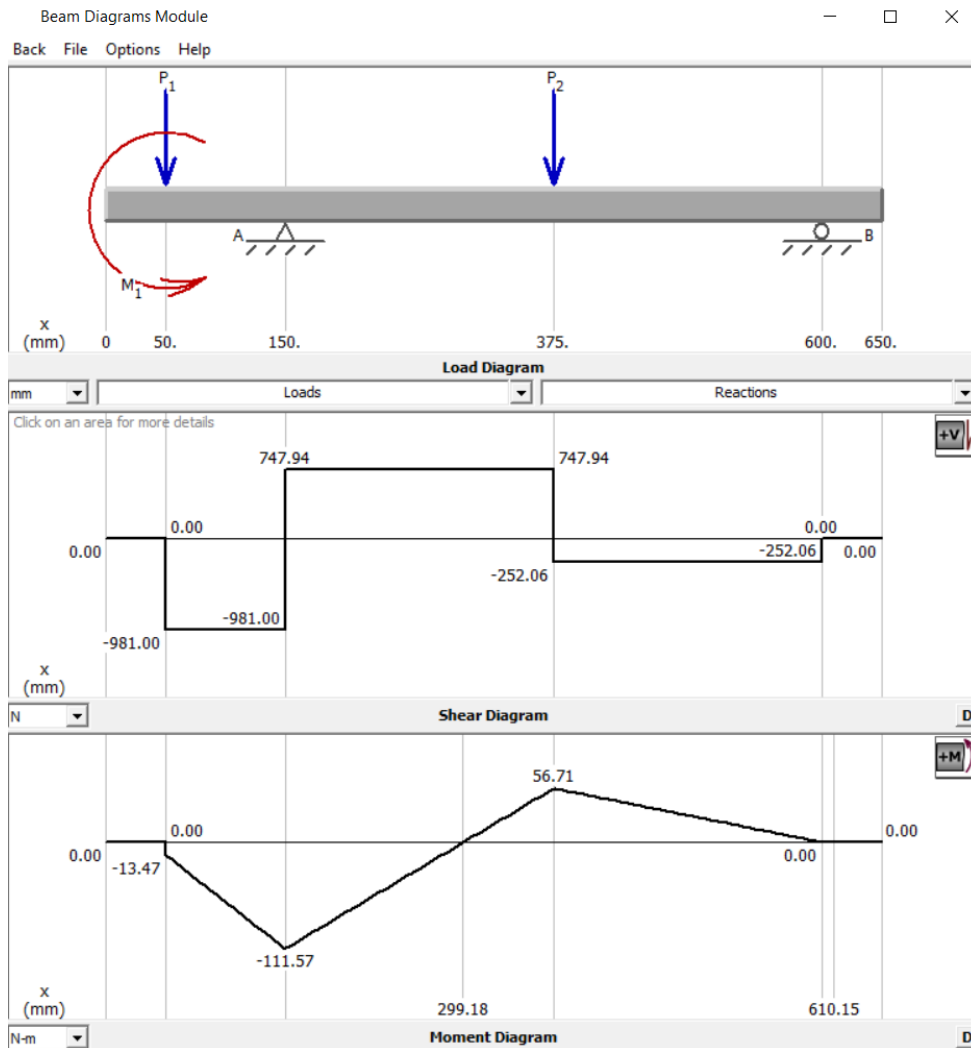


Figura 40. Programa MD-Solids, para hallar el momento flector

Donde el momento mayor sale $M = 111570 \text{ N}\cdot\text{mm} = 111,57 \text{ N}\cdot\text{m}$

$T=13,4749 \text{ N}\cdot\text{m}$

Teniendo los datos completos, procedemos a hallar el diámetro del eje:

$$M_m = T_a = 0$$

Para calcular el diámetro del eje se reemplaza en la ecuación. (33)

$$d = \left\{ \frac{16 * 2}{\pi} \left[4 * \left(\frac{1,595 * 98,373}{226974000} \right)^2 + 3 * \left(\frac{1,44 * 0,273}{530000000} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,02402 \text{ m} = 24,02 \text{ mm}$$

Para la elección del diámetro, se elige una medida comercial $d = 25 \text{ mm} = 1$.

4.3.3. Cálculo para hallar el espesor de las planchas a utilizar

El material utilizado es plancha de acero inoxidable AISI 304, debido a que las características que presenta este acero son las adecuadas para trabajar en humedad y evitar corrosiones.

En la figura 43, se muestra las propiedades del material:

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa
Nombre(s) de pieza	PLANCHA TAPA.ipt	

Figura 41. Propiedad del material acero inoxidable

- **Simulación de esfuerzos:**

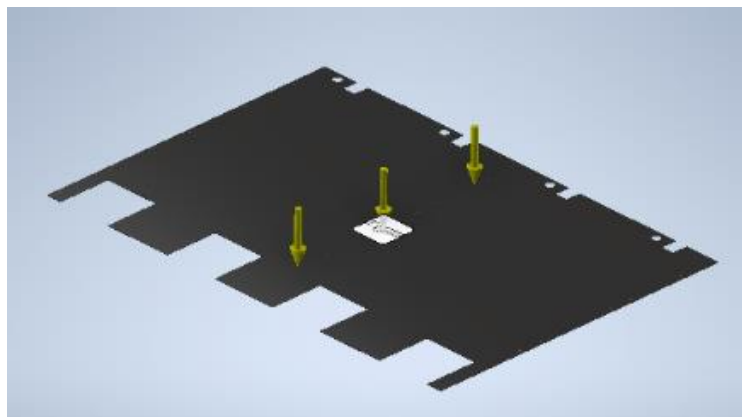


Figura 42. Simulación de esfuerzos en Inventor

Datos:

Pesos distribuidos en la plancha: 294,3 N

Esfuerzo admisible: 540 MPa

$$a = 1454\text{mm} = 1,454\text{m}$$

$$b = 2100\text{mm} = 2,1\text{m}$$

$$\varphi = 0,67$$

Para calcular el espesor de la plancha se reemplaza en la ecuación (25).

$$h = 0,67 * 1,454 * \sqrt{\frac{294,3}{540}}$$

$$h = 0,5844\text{mm}$$

Espesores comerciales de planchas en la industria son de 1, 2, 3 4 [mm]. Se escoge el espesor de 1mm.

4.3.4. Cálculo para la selección de cilindro de simple efecto

Debido a que, no es necesario mucha fuerza para realizar el empuje de las botellas en dirección a los contenedores, se eligió un cilindro de simple efecto. Se requiere un cilindro de carrera de 300 mm ya que la faja transportadora tiene una distancia de 30 cm.

En la tabla (24), se muestra los tamaños normalizados de tipos de cilindros y sus longitudes de carrera. Se consideró un cilindro de simple efecto de diámetro 10 de vástago.

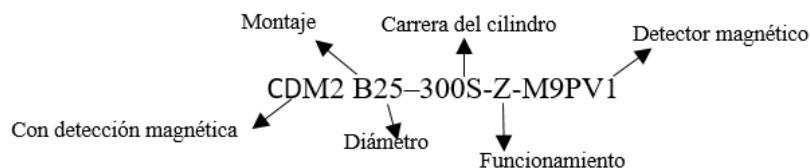
Tabla 24. Tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras

Ø VÁSTAGO [mm]	Ø ÉMBOLO [mm]	FUERZA NETA [N] a P= 6bar	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm]
-	6	15	10, 25, 40, 80
4	12	60	10, 25, 40, 80, 140, 200
6	16	106	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300
10	25	260	25, 40, 80, 140, 200, 300
12	35	509	70, 140, 200, 300
16	40	665	40, 80, 140, 200, 300
18	50	1039	70, 140, 200, 300
22	70	2037	70, 140, 200, 300
25	100	4156	70, 140, 200, 300
30	140	8146	70, 140, 200, 300
40	200	16625	70, 140, 200, 300
50	250	258977	70, 140, 200, 300

Tomado de Alejandro Buenache, 2010

- **Modelo estándar simple efecto con vástago dentro (CM2)**

Para realizar el pedido del cilindro de simple efecto, se seleccionó de acuerdo a lo que se necesita para realizar las tareas, mediante las siguientes nomenclaturas:



En la siguiente tabla se muestra las características del cilindro de simple efecto CDM B25-300S-Z-M9PV1.

Tabla 25. Especificaciones técnicas del cilindro de simple efecto CDM B25-300S-Z-M9PV1

Diámetro [mm]	25
Acción	Efecto simple con retorno por muelle
Modelo	Neumático
Amortiguación	Tope elástico
Fluido	Aire
Presión de prueba	1.5Mpa
Presión máx. de trabajo	1.0Mpa
Presión mín. de trabajo	Simple efecto con retorno por muelle 0.18Mpa
	Simple efecto con salida por muelle 0.23Mpa
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detección magnética -10°C a 70°C Con detección magnética -10°C a 60°C
Lubricación	No necesaria (sin lubricación)
Velocidad de embolo	50 a 750mm/s

Tomado de SMC Corporation Perú, 2021

Datos:

$$P = 0.18 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing = 25 \text{ mm}$$

✓ **Cálculo del área:**

$$A = \frac{\pi(0.025 \text{ m})^2}{4} = 4.91 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Remplazando en la ecuación: (18)

$$F = 4.91 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 0.18 \text{ Mpa} = \mathbf{88.36 \text{ N}}$$

$$V = 30 \text{ cm} * \frac{5}{\text{min}} \frac{2.5 \text{ cm}^2 * \pi}{4} = 736.311 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

$$V = \mathbf{0.736 \text{ L/min}}$$

El volumen en condiciones de trabajo es de 0.736L/min, es lo que consume el aire trabajando a 1.8 Bares de presión.

Lo que consume de exterior del ambiente se realiza utilizando la Ley de Boyle la siguiente ecuación:

$$P_a * V_{CN} = (P_a + P_T) V_T \quad (52)$$

Donde:

P_a : presión atmosférica.

V_{CN} : volumen en condiciones normales.

P_T : presión absoluta.

V_T : volumen en condiciones de trabajo.

$$V_{CN} = \frac{(P_a + P_T)V_T}{P_a}$$

$$V_{CN} = \frac{(10^5 Pa + 1.8 * 10^5 Pa) * 0.736 L/min}{10^5 Pa} = 2.061 L/min$$

4.3.5. Cálculos para la selección del compresor

Para producir aire comprimido se utilizan compresores, que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los dispositivos y mandos neumáticos se alimentan desde la estación principal. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de conexiones de tuberías o mangueras. (51)



**Figura 43. Compresor portátil con acumulador de aire.
Tomado de Suministros Industriales del Tajo S. A.**

El consumo total de aire comprimido es aquel que resulta de sumar el consumo de todos los equipos neumáticos conectados en el proceso, trabajando a pleno rendimiento. De acuerdo a esto, se realiza la selección óptima del tipo del compresor y sus dimensiones. La demanda de aire comprimido depende del requerimiento de caudal de los equipos, puntos de servicios y de su período de aplicación, por lo que se representa por el factor de uso (fu) y el factor de simultaneidad (fs). (52)

El factor de simultaneidad se lo define como el porcentaje del tiempo de operación de las máquinas del mismo tipo, este factor es un valor empírico como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 26. Tabla de factor de simultaneidad

N° de herramientas	Factor de simultaneidad
0	1
10	0.7
20	0.6
30	0.55
40	0.5
50	0.475
60	0.45
70	0.425

Tomado de Danny Pincay, 2019

El factor de uso (fu), se detalla como el porcentaje de tiempo que corresponde a cada máquina o punto de servicio en un periodo de tiempo de 24 horas. Por consiguiente, el caudal o demanda de trabajo es la suma de todos los caudales multiplicados por el factor de uso y el factor de simultaneidad, presentados en la siguiente ecuación:

$$Q_t = \sum(Q * fs * fu) \quad (53)$$

Donde:

Q_t : Caudal de trabajo.

Q : Caudal total.

fs: Factor de simultaneidad.

fu: Factor de uso.

Para elegir el factor de simultaneidad se consideró de la tabla 26, debido a que la cantidad de equipos a utilizar es menor a 10, por lo tanto, es de 0.7. De acuerdo a la ficha técnica y el uso para el que va destinado el equipo, el factor de uso se puede aproximar al 60 %; es decir, el factor de uso será de 0.6.

Reemplazando en la ecuación: (53)

$$Q_t = \sum(250 * 0.7 * 0.6)$$

$$Q_t = 105 \text{ litros/min}$$

Donde se puede constatar en la siguiente tabla, con el valor marcado que la potencia requerida para ese caudal es menor a 1.5 CV, lo que demuestra que es un caudal de trabajo con el que el compresor puede trabajar con una eficiencia óptima.

Tabla 27. Características de compresores.

Potencia (HP)	1.5	3	5.5	7.5	10	15	25
Caudal (l/min)	150	275	625	850	1.150	1.750	3.000
Presión (bar)	7	7	7	7	7	8	8

Tomado de Danny Pincay, 2019

Se seleccionó un compresor de **1 CV**. Un equipo como este cumple con todas las características. En la siguiente tabla se muestra las características del compresor seleccionado en el proyecto.

Tabla 28. Especificaciones técnicas del compresor

VENTO OM200/6 SILENT Nuair (A2BB104NUA)	
Potencia (Hp/Kw)	1/0.7
Caldera (litros)	6
Aire aspirado (Lts/min)	115
Voltaje (V)	230/MONO
Frecuencia (Hz)	50
Lubricado	No
Cilindros	1
Presión máx. (Bar)	8
Dimensiones (LxHxA)	520x195x470
Peso (kg)	15

Tomado de Suministros Industriales del Tajo S. A.

4.4. Selección de componentes

4.4.1. Selección de válvulas para accionamiento del sistema

Son componentes que controlan el paso del aire comprimido, orientan el fluido en un sentido o en otro. Según las normas DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), se define en diferentes tipos: direccionales o distribuidoras, de bloqueo, de presión, de caudal y de cierre. (26)

En la siguiente tabla se aprecia la simbología de las válvulas distribuidoras.

Tabla 29. Simbología de válvulas distribuidoras

ISO 1219Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión de aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de puga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Tomado de Antonio Creus, 2007

Para seleccionar la válvula ideal para la máquina, se optó por la válvula monoestable 3/2 NC (normalmente cerrada) de control direccional de accionamiento eléctrico. El accionamiento eléctrico, se realiza por medio de bobinas de solenoide, están siempre alimentadas, porque ante un fallo que puede ocurrir en el circuito, regresa a la posición de seguridad.

En la siguiente tabla se muestra las características de la electroválvula directo 3/2 vías G 1/8 que se seleccionó en el proyecto.

Tabla 30. Características técnicas de electroválvula directo 3/2 vías G 1/8.

Válvula D362CVG	
Fluidos	Agua, aceite aire
Temperatura de fluido	-10 a 130 °C
Temperatura ambiente	-10 a 50 °C
Material del cuerpo	Latón (CW617N EN 12165)
Conexiones	1/82" (ISO 228 G)
Diámetro nominal	2.5mm
Coefficiente de caudal kvs	3.4 (l/min)
Campo de presión	0 a 7 bar
Bobina (7700)	
Voltaje	230V
Frecuencia	50Hz

Tomado de Disai, 2012

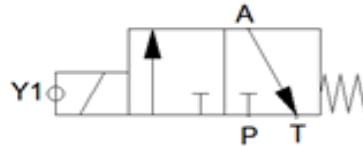


Figura 44. Válvula 3/2 N.C. de accionamiento eléctrico
Tomado de Alejandro Buenache, 2010

4.4.2. Selección de unidad de mantenimiento

Antes de ser introducido en el circuito, el aire es acondicionado por la unidad de mantenimiento para proteger los elementos neumáticos. Se clasifican en tres elementos:

- **Filtro:** elimina los contaminantes como partículas de polvo y gotas de agua por centrifugado. Tiene una llave de purga para retirar los líquidos condensados.
- **Regulador:** sirve para controlar la presión y mantener constante. Para prevenir fluctuaciones que ponen en peligro el funcionamiento de la instalación.
- **Lubricador:** se suministra el aceite lubricante en el aire comprimido para minimizar el desgaste en el circuito neumático.



Figura 45. Unidad de mantenimiento
Tomado de Alejandro Buenache, 2010

En la siguiente tabla 31, se muestra las características de la unidad de mantenimiento que se utilizó en el proyecto.

Tabla 31. Características técnicas de unidad de mantenimiento FRC

FRC mini	
Fluido de trabajo	Aire comprimido
Material del cuerpo	Fundición inyectada de zinc
Presión máxima	16 Bar
Rango de regulación de presión	0.5-12 Bar
Caudal	80-8700 l/min
Indicador de presión	Manómetro 0–16 Bar
Grado de filtración	20 µm, 40 µm
Purga del condensado	Manual semiautomático, automática.
Conexión neumática	Rosca NPT ¼", ½", ¾", 1"

Tomado de Festo, 2018

4.4.3. Selección del sensor fotoeléctrico de laser detector del tipo de material

- **PMDLine M30 compacto: medición del tiempo de vuelo y IO-Link.**

Los detectores fotoeléctricos permiten señalar la presencia de un objeto brillante, mates, oscuros, claros o de cualquier color a través de un haz luminoso. El punto de conmutación se puede ajustar de forma sencilla a través de un controlador. También el haz de luz láser se puede desactivar a través de IO-Link o del pin 5 en el conector M12.



Figura 46. PMDLine M30 compacto
Tomado de Ifm, 2015

En la siguiente tabla se muestran los parámetros técnicos del sensor fotoeléctrico que se consideró en el proyecto.

Tabla 32. Parámetros técnicos del sensor de fotoeléctrico

PMDLine M30 compacto	
Distancia del objeto	10 – 400 mm
Tensión de alimentación	10 - 30 VDC
Corriente máxima	2 x 100 mA
Temperatura ambiente	-25 – 60 °C
Función de salida	OUT1:NA OUT2:NA
Indicación estado de conmutación	LED – amarillo
Dimensiones	M30 x 70 mm
Rango de medición	30 – 2000 mm
Frecuencia de conmutación	11 Hz
Consumo de corriente	<75 mA
Tipo	OID204 (PNP)

Tomado de Ifm, 2015

4.4.4. Selección del sensor para detectar las botellas por color

- **ColorSENSOR OT-3-MA**

Son sensores de lentes fijos con detección de color verdadero. El sensor ilumina automáticamente la superficie con luz blanca y registra los valores de color reflejados. También, la iluminación puede ser deshabilitada por el software. Por otro lado, la programación se realiza en PC a través de RS232.



Figura 47. ColorSENSOR OT-3-MA
Tomado de Micro-Epsilon, 2018

En la siguiente tabla se observa los parámetros técnicos del sensor color que se utilizó en el proyecto.

Tabla 33. Parámetros técnicos del sensor de color color SENSOR OT-3-MA

Distancia del objeto	10 – 400 mm
Memoria del color	31 colores por Teach-in y software
Frecuencia de conmutación	30 kHz
Interfaz	RS232 (adaptador USB opcional)
Anillo LED	Luz blanca, enfocado, cubierto con vidrio transparente
Fuente de alimentación	+24 VCC ($\pm 10\%$), protección de polaridad inversa, a prueba de sobrecarga
Consumo de energía	Tip. 320mA
Máx. corriente de conmutación	100mA, a prueba de cortocircuitos

Tomado de Micro-Epsilon, 2018

4.4.5. Selección del sensor para indicar el nivel de los contenedores

- **Sensor de proximidad capacitivo LJA34M**

Dispositivo capaz de detectar objetos basándose en los cambios de la capacidad eléctrica de un condensador en un circuito resonante RC. Ocurre el fenómeno de polarización en la superficie del censo, donde al acercarse el objeto aumenta la capacitancia de la placa del sensor y cuando se aleja se reduce.



Figura 48. Sensor de Proximidad Capacitivo
Tomado de Electronic Option, 2016

En la siguiente tabla se visualiza las características del sensor capacitivo que se utilizó en el proyecto.

Tabla 34. Parámetros técnicos del sensor capacitivo

SERIE-CJM	
Objetivos sensado	Metal, plástico y vidrio
Diferencia de recorrido	10% máx. de la distancia de sensado
Voltaje de alimentación	DC (NPN, PNP): 12 - 24V AC 90 – 250V 50/60Hz
Consumo de corriente	DC (NPN, PNP): 8mA/12V, 15mA/24V AC:10 – 200mA
Temperatura ambiente	-25 a 60°C
Humedad ambiental	35% - 95% RH
Influencia de temperatura	+15% máx. de la distancia de sensado a 23°C
Voltaje residual	DC (NPN, PNP): 1V máx. AC (2 hilos): 7V máx.

Tomado de Electronic Option, 2016

4.4.6. Selección del sensor para indicar la posición del cilindro neumático

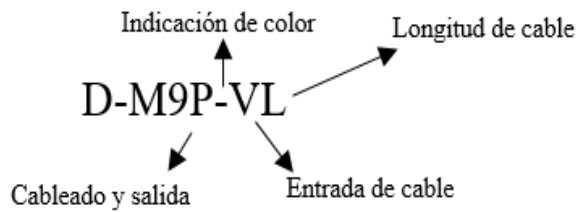
- **Detector magnético D-M9P-VL**

Los detectores magnéticos se acoplan sobre cilindros para indicar la posición de los vástagos. Se debe calibrar de tal manera que se encienda el LED. Al final de la carrera emite una señal eléctrica, indicando su posición final de los cilindros neumáticos.



Figura 49. Detector magnético.
Tomado SMC corporation Perú, 2021

Para llevar a cabo el pedido del detector magnético, se hace de acuerdo a lo que se necesita para realizar las tareas, todo ello mediante las nomenclaturas siguientes.



En la siguiente tabla se visualiza las características del detector magnético que se utilizó en el proyecto.

Tabla 35. Especificaciones técnicas del detector magnético DM9PVL (con LED Indicador)

Tipo de cableado	3 hilos
Tipo de salida	PNP
Tensión de alimentación	5, 12, 24VDC (4.5 a 28 V)
Consumo de corriente	10 mA o menos
Tensión de carga	28 VCD máx.
Indicador LED	El LED rojo se ilumina cuando esté conectado

Tomado de SMC corporation Perú, 2021

4.5. Diseño de la solución

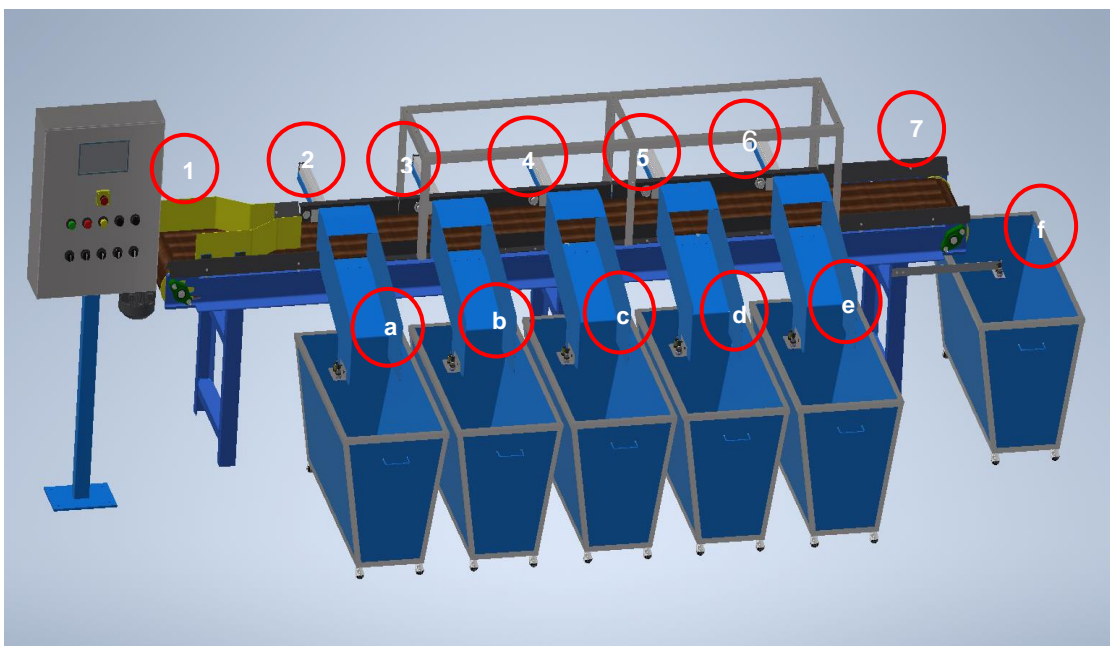


Figura 50. Vista isométrica de ensamble de la máquina

En la figura 52, se visualiza el ensamble y las ubicaciones de los sensores, actuadores, tablero eléctrico, unificador y los 6 contenedores donde se almacenan las botellas.

4.5.1. Funcionamiento de la máquina

En la figura (54), se visualiza el diseño de la solución de la máquina clasificadora para mejorar la separación de botellas plásticas.

En la etapa 1, las botellas ingresan de forma aleatoria para ser unificado por los carriles hasta llegar a la etapa 2, donde el sensor fotoeléctrico PMDLine M30 compacto, hace la detección del tipo de material ingresante, si es un material diferente a la botella, acciona el primer pistón neumático haciendo caer por gravedad mediante el conducto al contenedor “a” pasando a otro proceso. Si en la etapa 2 el sensor identifica la botella deja pasar a la etapa 3, donde el primer sensor color SENSOR OT-3-MA detecta el tipo de color de la botella, si es blanco o transparente hace accionar inmediatamente el segundo pistón neumático dejando caer por gravedad mediante el conducto hacia el contenedor “b”, de lo contrario, deja pasar a la etapa 4. En esta, el sensor detecta el tipo de color, si es color verde la botella acciona el tercer pistón neumático empujando hacia el conducto dejando caer al contenedor “c”, de no ser el color deja pasar a la siguiente etapa. En la etapa 5, el sensor detecta el color de botella, si el color es azul-celeste, se desplaza hacia delante el pistón neumático, haciendo caer por el conducto al contenedor “d”, de lo contrario deja pasar a la etapa 6, el sensor detecta el color de la botella, si es de color roja-guindo se acciona el pistón neumático dejando caer por el conducto hacia el contenedor “e”, y por ultimo de no ser los colores establecidos pasa a la etapa 7 donde se encuentra el contenedor “f”. Para la detección del nivel de llenado de los contenedores se usó los sensores de proximidad capacitivo LJA34M y sus respectivas lámparas piloto para indicar que se encuentra lleno el contenedor.

(a)

(b)

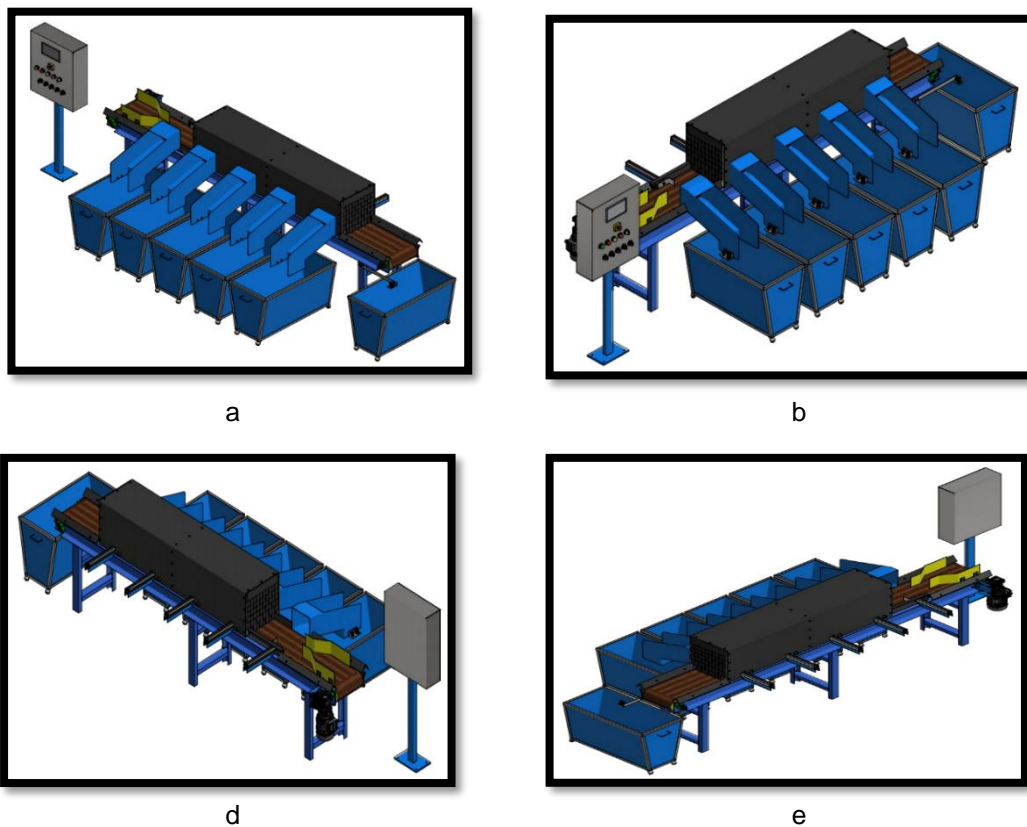


Figura 52. Vista isométrica en diferentes ángulos

4.5.2. Características generales de la máquina

En los siguientes cuadros, se muestran los componentes, valores y comportamiento de las características generales de la máquina.

4.5.2.1. Propiedades físicas de la máquina

De acuerdo al material aplicado, las dimensiones de cada pieza, volumen de los materiales, según la simulación en el programa Inventor arrojó los siguientes resultados.

Tabla 36. Propiedades físicas de la máquina

Masa	816.570 kg
Área	627548.587 mm ²
Volumen	147450.063 mm ³
Dimensiones	L=5300mm, A=2200mm, H=1810mm
Posición	Fija
Centro de gravedad	x=353.479 mm y=-1647.580 mm z=20.915 mm

4.5.2.2. Propiedades de los materiales aplicados

De acuerdo al material aplicado en la gran mayoría de las piezas mecánicas y de acuerdo a sus propiedades de esfuerzos del material, en la simulación del programa nos da los siguientes resultados.

Tabla 37. Propiedades de material aplicado

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8.000 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250.000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540.000 MPa
Tensión	Módulo de Young	193.000 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.300 su

Tabla 38. Propiedades de material aplicado

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.850 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207.000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345.000 MPa
Tensión	Módulo de Young	220.000 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.275 su
Nombre(s) de pieza	ANSI C 3 x 3.5 1593107986823.ipt	

4.5.2.3. Fuerzas y esfuerzos máximos aplicados en la máquina

De acuerdo a las masas de cada pieza, se aplica las fuerzas, momentos flectores, tensiones en la máquina para visualizar el comportamiento en el programa y los resultados son los siguientes.

Tabla 39. Fuerzas y esfuerzos en la máquina

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0.000 mm	0.038 mm
Fuerzas	Fx	-199.060 N	64.224 N
	Fy	-246.919 N	270.881 N
	Fz	-132.307 N	659.326 N
Momentos	Mx	-71496.326 N mm	60954.286 N mm
	My	-10631.314 N mm	5511.444 N mm
	Mz	-1640.474 N mm	935.477 N mm
Tensiones normales	Smax	-0.611 MPa	1.592 MPa
	Smin	-3.179 MPa	0.165 MPa
	Smax (Mx)	0.000 MPa	1.171 MPa
	Smin (Mx)	-1.654 MPa	0.000 MPa
	Smax (My)	-0.000 MPa	1.297 MPa
	Smin (My)	-2.862 MPa	0.000 MPa
	Saxial	-0.629 MPa	0.188 MPa
Tensión de corte	Tx	-0.509 MPa	1.578 MPa
	Ty	-0.279 MPa	0.254 MPa
Tensiones de torsión	T	-0.203 MPa	0.355 MPa

4.5.3. Vista detallada de la máquina

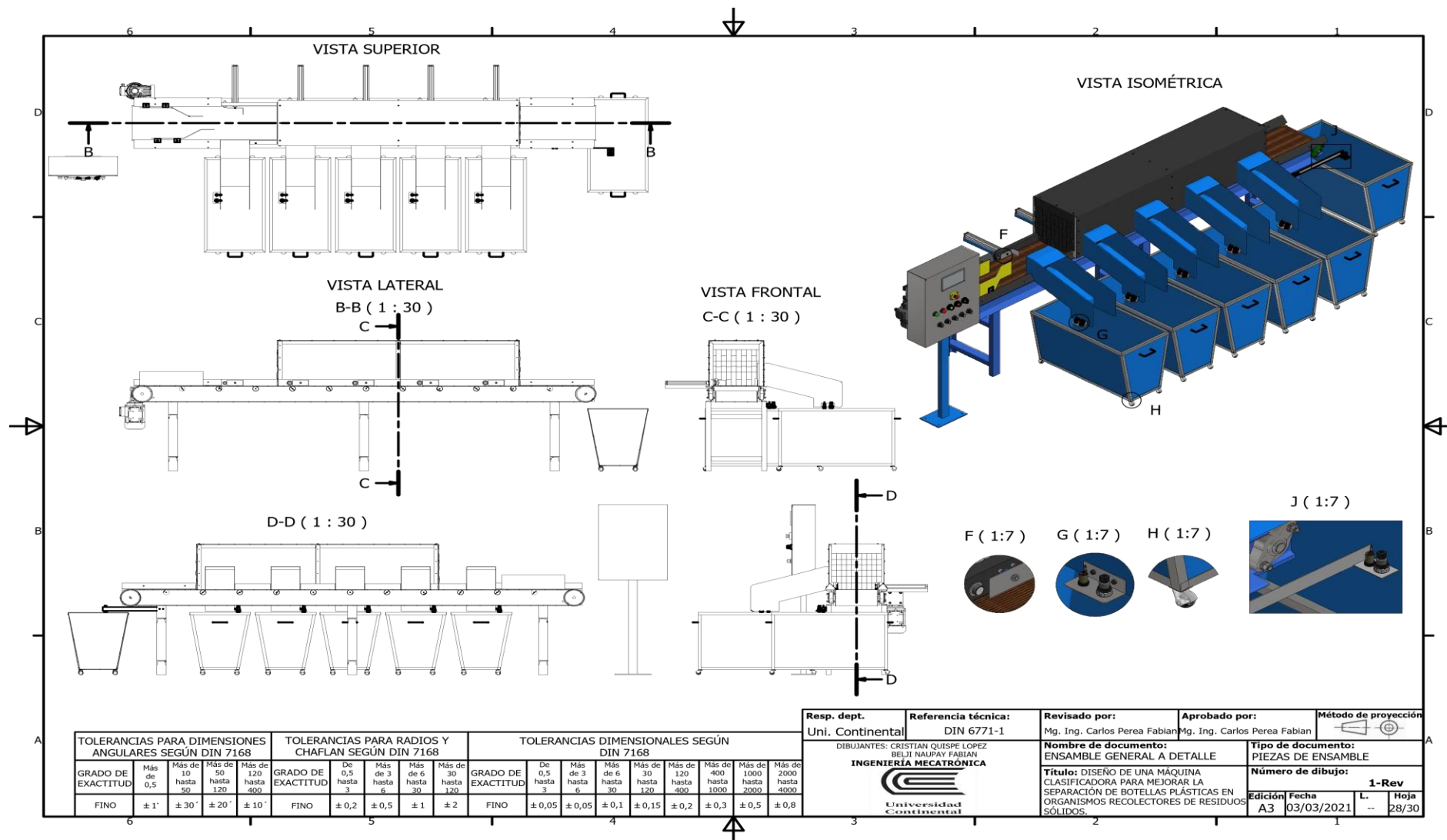


Figura 53. Vista general de la máquina

4.5.4. Componentes de la máquina

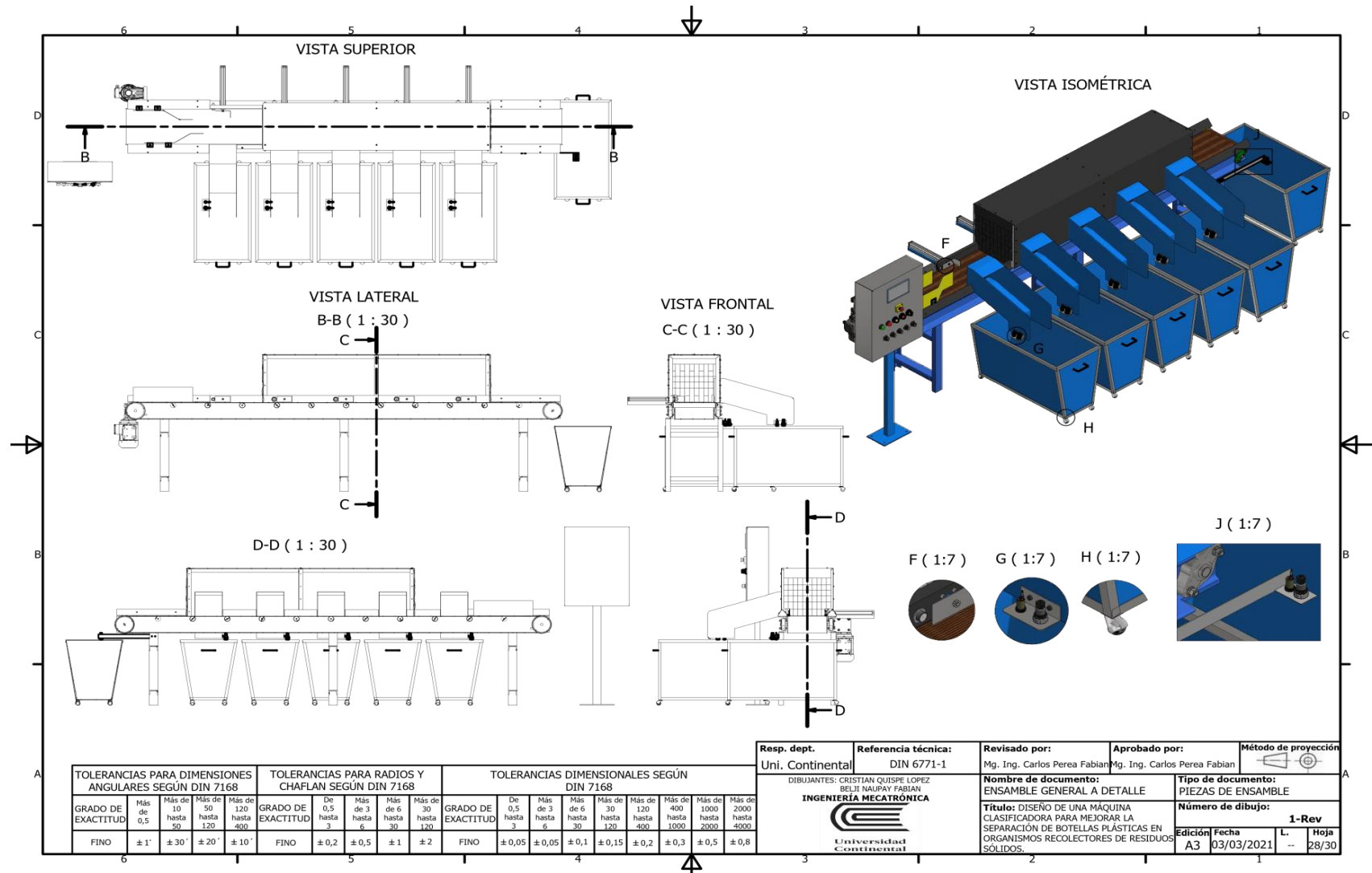


Figura 54. Componentes de la máquina

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Simulaciones en inventor de la máquina

5.1.1. Simulación de estructura de faja transportadora

- **Propiedades físicas de la pieza**

Masa	201.704 kg
Área	6603780 mm ²
Volumen	25694800 mm ³
Centro de gravedad	x=994.007 mm y=-1620.43 mm z=-45.3057 mm

Figura 55. Propiedades físicas de la estructura de faja transportadora

- **Fuerzas aplicadas a la estructura**

☐ **Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	736.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	-0.000 N
Vector Z	-736.000 N

☐ **Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	736.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	-0.000 N
Vector Z	-736.000 N

☐ **Fuerza:3**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	60.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	60.000 N
Vector Z	-0.000 N

☐ **Fuerza:4**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	60.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	60.000 N
Vector Z	-0.000 N

☐ **Fuerza:5**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	60.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	-60.000 N
Vector Z	0.000 N

☐ **Fuerza:6**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	60.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	-60.000 N
Vector Z	0.000 N

Figura 56. Fuerzas aplicadas en la estructura de la faja transportadora

- Gravedad por defecto

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810.000 mm/s ²
Vector X	-0.000 mm/s ²
Vector Y	-9810.000 mm/s ²
Vector Z	0.000 mm/s ²

Figura 57. Gravedad aplicada en la estructura

- Momento (torque) aplicada en la estructura

Tipo de carga	Momento
Magnitud	90000.000 N mm
Vector X	-90000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

Figura 58. Momento (torque) aplicados en la estructura

- Material y propiedades de esfuerzo

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa

Figura 59. Material y propiedades de esfuerzo

- Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura

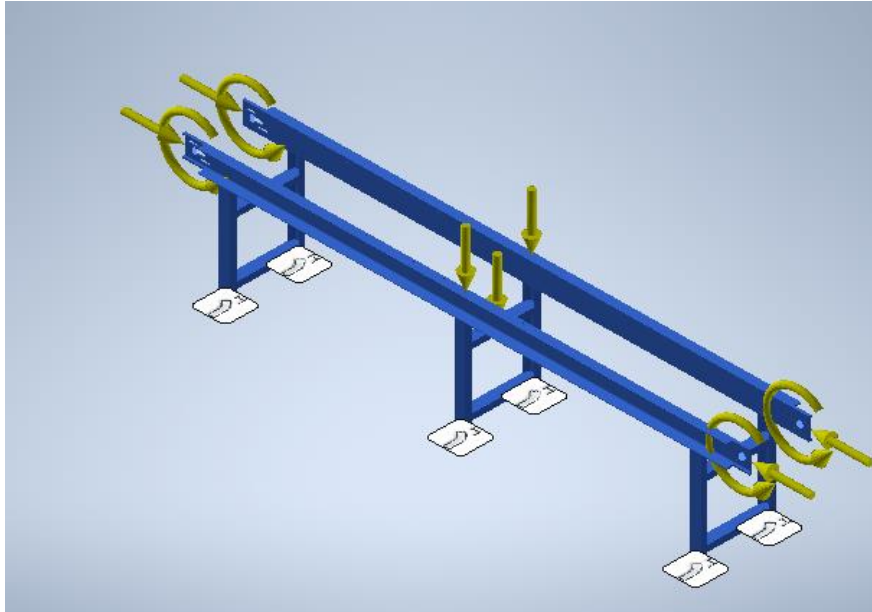


Figura 60: Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura

- **Esfuerzo de Von Mises**

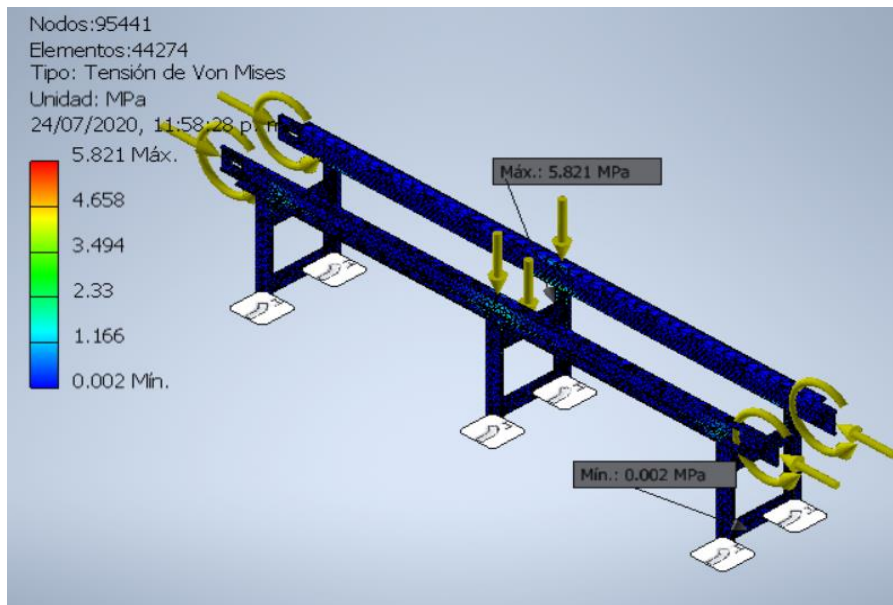


Figura 61: Esfuerzo de Von Mises

Interpretación:

Se observa que la tensión equivalente máxima es de 5,821 MPa que soporta la estructura, y 0,002 MPa es la tensión equivalente mínimo, donde podemos visualizar que la mayor parte de la estructura está en el rango mínimo, lo cual es un indicador que soporta las cargas que se les asigno de acuerdo a los pesos de los materiales, torque y cargas.

- **Primera tensión principal**

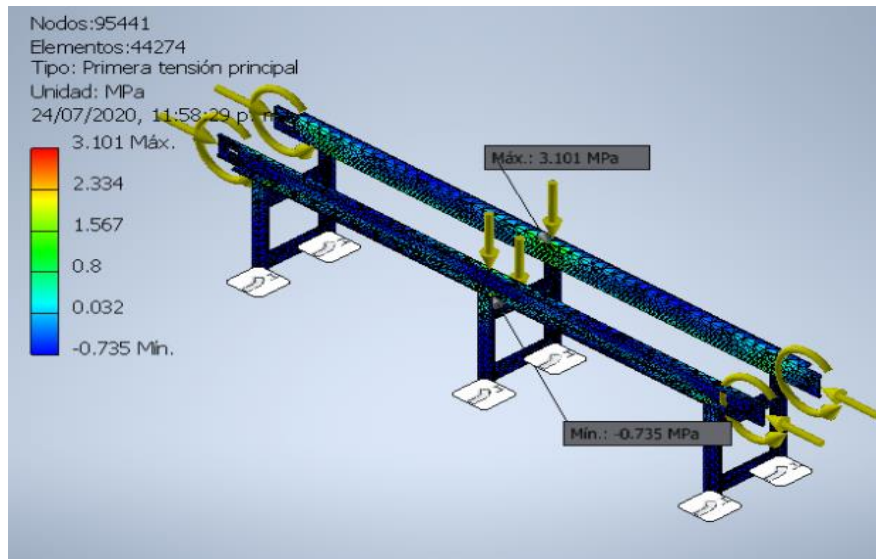


Figura 62. Primera tensión principal

Interpretación:

La primera tensión principal nos ayuda a comprender la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza por las condiciones de carga. Se observa que 3,101 MPa es la tensión máxima que está soportando la estructura y -0,735 MPa es la tensión mínima. El valor de la tensión es normal al plano en el que la tensión de corte es casi cero.

- **Desplazamiento**

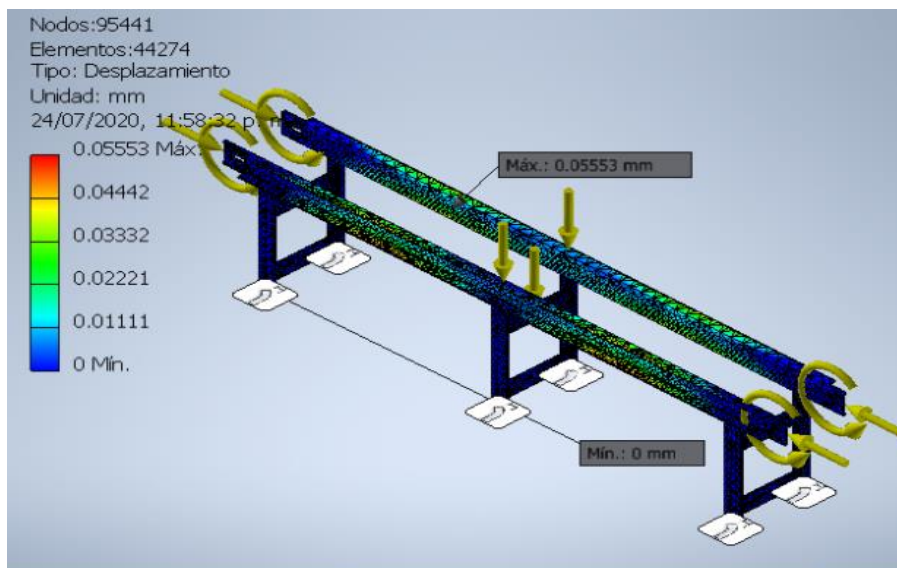


Figura 63. Desplazamiento

Interpretación:

Los resultados de desplazamiento muestran la deformación del modelo después de aplicar la solución o tensiones. Los contornos de color rojo muestran la magnitud de la deformación máxima con respecto a la forma original. Por otro lado, los contornos de color azul corresponden al desplazamiento mínima. Se observa que 0,05553 mm es la deformación máxima y siendo 0 el mínimo.

- **Coeficiente de seguridad**

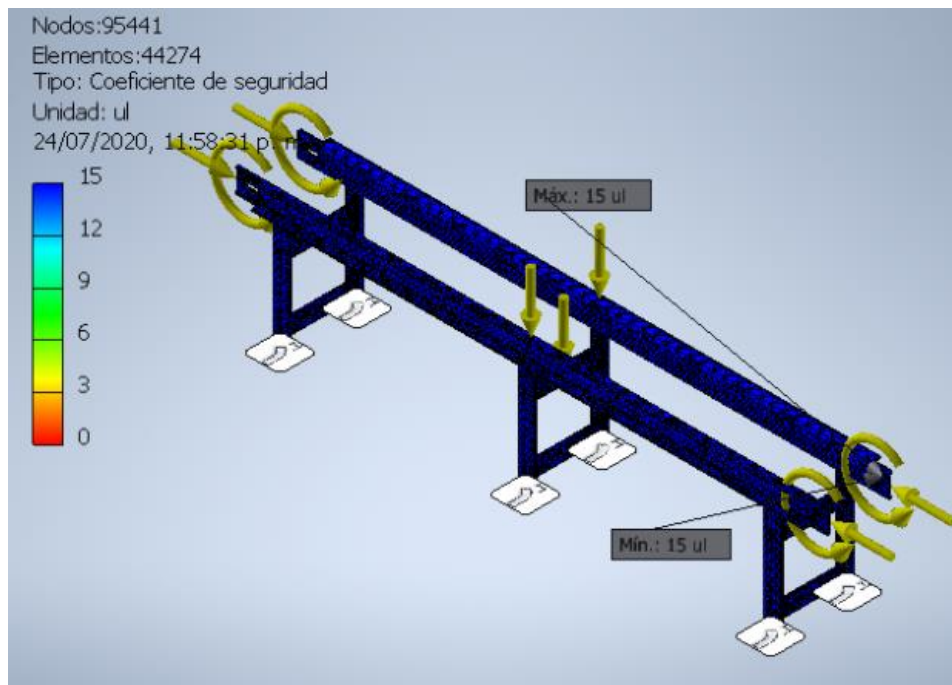


Figura 64. Coeficiente de seguridad

Interpretación:

Los resultados del coeficiente de seguridad señalan inmediatamente áreas de elasticidad potencial. Debe ser superior a uno (1) para que el diseño sea aceptable. (Un valor inferior a 1 indica que existe una deformación permanente.) Se observa que 15 ul es el máximo valor siendo el mínimo 15 ul no presentándose en la estructura. La mayoría de los diseñadores procuran obtener un coeficiente de seguridad entre 2 y 4 según sus cargas máximas previstas.

- **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	25694800 mm ³	
Masa	201.704 kg	
Tensión de Von Mises	0.0024075 MPa	5.82147 MPa
Primera tensión principal	-0.734626 MPa	3.10073 MPa
Tercera tensión principal	-6.25005 MPa	0.501201 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.055525 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-2.01112 MPa	1.77365 MPa
Tensión XY	-1.40985 MPa	1.32304 MPa
Tensión XZ	-1.45969 MPa	1.53346 MPa
Tensión YY	-2.37978 MPa	3.08965 MPa
Tensión YZ	-1.10641 MPa	1.0608 MPa
Tensión ZZ	-6.01995 MPa	1.95212 MPa
Desplazamiento X	-0.0388989 mm	0.0354937 mm
Desplazamiento Y	-0.00247354 mm	0.00271353 mm
Desplazamiento Z	-0.0443504 mm	0.00469249 mm
Deformación equivalente	0.0000000931803 su	0.0000235433 su
Primera deformación principal	-0.000000276704 su	0.0000137522 su
Tercera deformación principal	-0.0000272036 su	0.000000221809 su
Deformación XX	-0.00000756076 su	0.00000842964 su
Deformación XY	-0.0000081707 su	0.00000766763 su
Deformación XZ	-0.00000845955 su	0.00000888709 su
Deformación YY	-0.0000111678 su	0.0000133858 su
Deformación YZ	-0.00000641213 su	0.00000614783 su
Deformación ZZ	-0.0000262743 su	0.00000986973 su
Presión de contacto	0 MPa	9.89651 MPa
Presión de contacto X	-3.82763 MPa	4.51041 MPa
Presión de contacto Y	-6.99637 MPa	6.83408 MPa
Presión de contacto Z	-3.67949 MPa	7.81045 MPa

Figura 65. Resumen de resultados

5.1.2. Simulación de estructura tapa en faja transportadora

- **Propiedades físicas de la pieza**

Masa	22.0183 kg
Área	1226360 mm ²
Volumen	2804880 mm ³
Centro de gravedad	x=105.399 mm y=138.223 mm z=-10.4062 mm

Figura 66. Propiedades físicas de la pieza

- **Fuerza aplicada a la estructura**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	148.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-148.000 N
Vector Z	-0.000 N

Figura 67. Fuerzas aplicadas en la estructura

- Gravedad por defecto

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810.000 mm/s ²
Vector X	-0.000 mm/s ²
Vector Y	-9810.000 mm/s ²
Vector Z	0.000 mm/s ²

Figura 68. Gravedad por defecto

- Material y propiedades de esfuerzo

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa

Figura 69. Material y propiedades de esfuerzos

- Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura

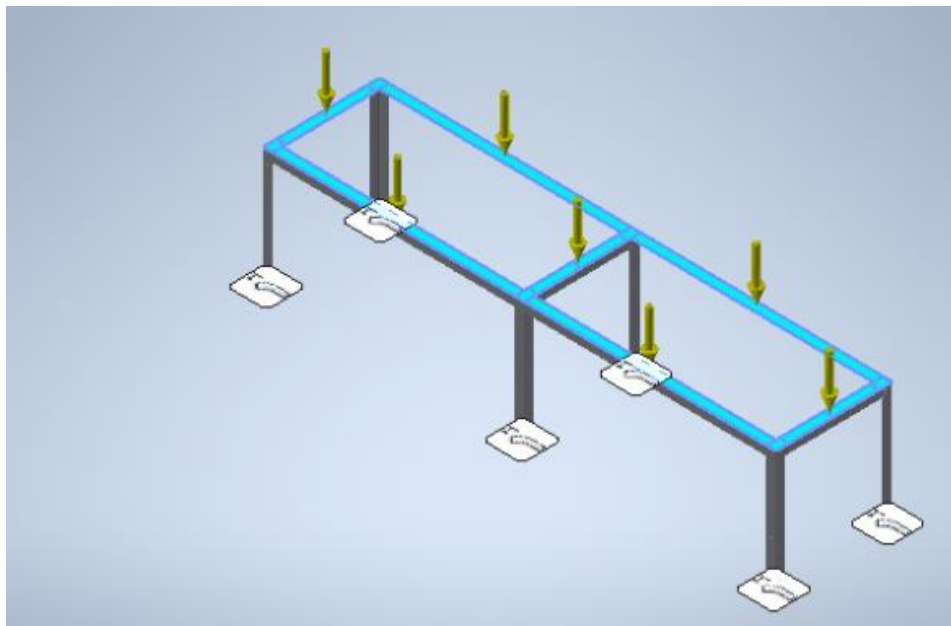


Figura 70. Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura

- **Esfuerzo de Von Mises**

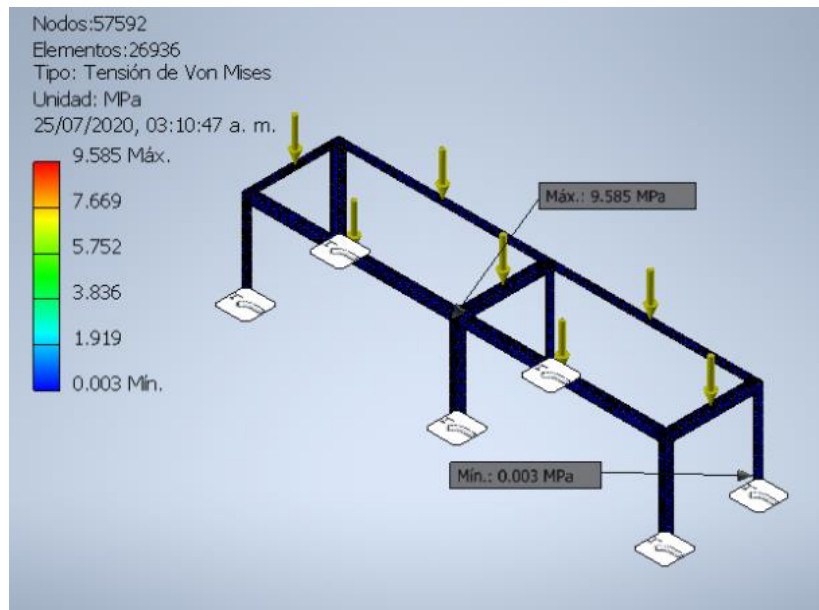


Figura 71. Esfuerzo de Von Mises

Interpretación:

Se observa que la tensión equivalente máxima es de 9,585 MPa que soporta la estructura, y 0,003 MPa es la tensión equivalente mínimo, donde podemos visualizar que la mayor parte de la estructura está en el rango mínimo, en lo cual es un indicador que soporta las cargas que se les asigno de acuerdo a los pesos de los materiales, torque y cargas.

- **Primera tensión principal**

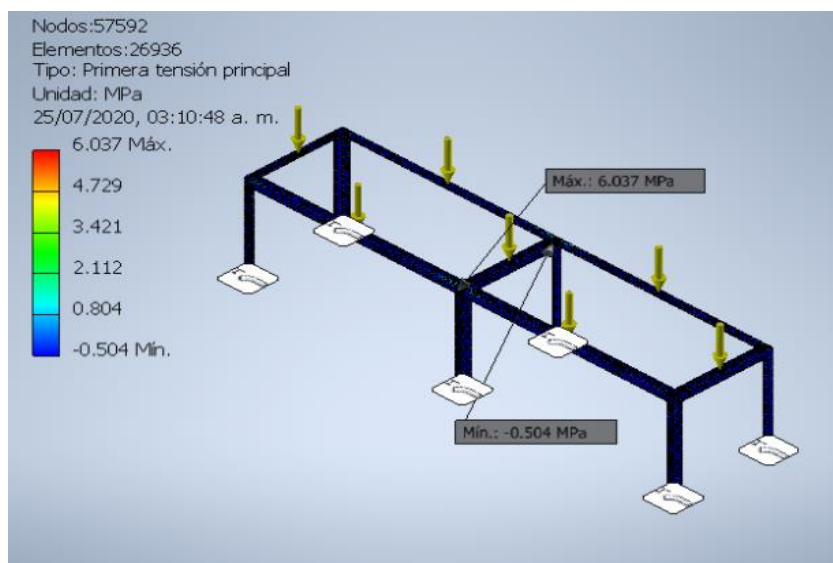


Figura 72. Primera tensión principal

Interpretación:

En la simulación se observa que 6,037 MPa es la tensión máxima que está soportando la estructura y -0,504 MPa es la tensión mínima, donde la estructura va trabajar sin problemas, es un indicador que la tensión de elasticidad no supera el valor de la tensión normal al plano en el que la tensión de corte es menor que cero.

- **Desplazamiento**

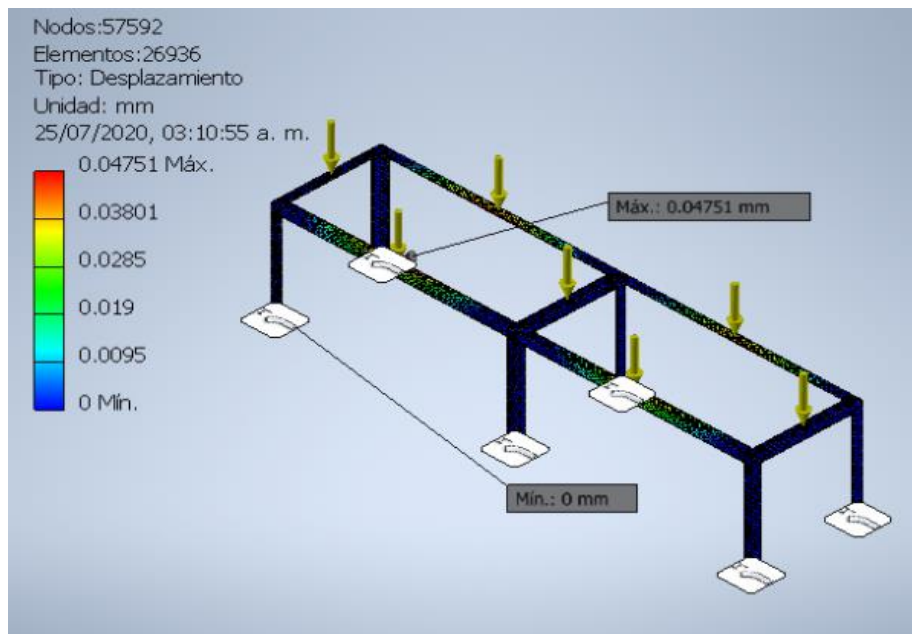


Figura 73. Desplazamiento

Interpretación:

Los resultados de desplazamiento muestran la deformación del modelo después de aplicar la solución. La parte sombreada de color rojo es la parte donde sufre mayor deformación siendo 0,04751 mm el máximo. La parte sombreada de color verde nos indica que sufre una deformación media. La parte sombreada de color azul corresponde al desplazamiento mínimo de la estructura que es 0 mm.

- **Coeficiente de seguridad**

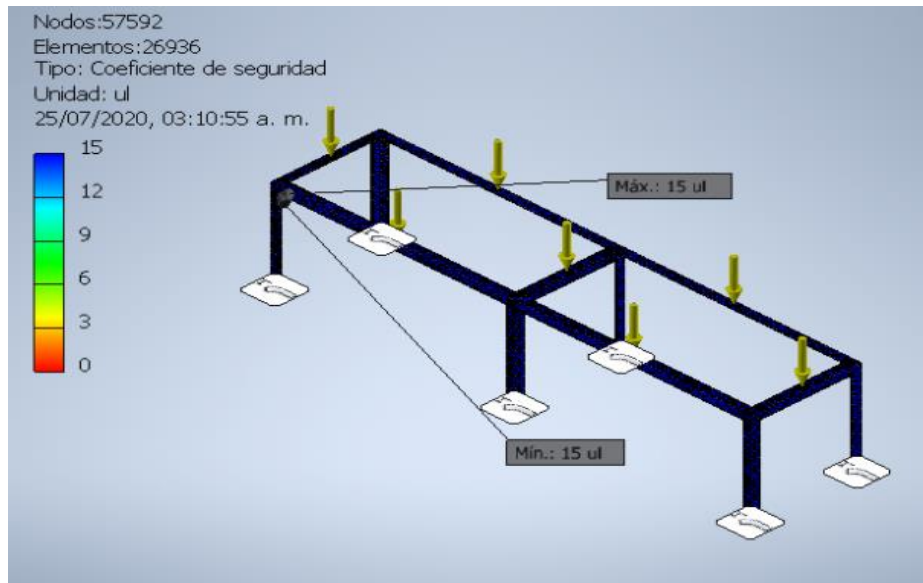


Figura 74: Coeficiente de seguridad

Interpretación:

La simulación nos muestra que los rangos calculados están dentro de lo establecido quiere decir que no es elástico la estructura. Se observa que 15 ul es el máximo valor siendo el mínimo 15 ul. Mientras no sea menor a 1, los rangos calculados están en óptimas condiciones.

- **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2804880 mm ³	
Masa	22.0183 kg	
Tensión de Von Mises	0.00280614 MPa	9.5854 MPa
Primera tensión principal	-0.504036 MPa	6.03723 MPa
Tercera tensión principal	-5.35135 MPa	0.594337 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0475072 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-3.60591 MPa	2.95771 MPa
Tensión XY	-2.52344 MPa	4.4556 MPa
Tensión XZ	-2.50186 MPa	1.76406 MPa
Tensión YY	-3.7355 MPa	1.82692 MPa
Tensión YZ	-0.817879 MPa	0.75759 MPa
Tensión ZZ	-1.69166 MPa	1.23943 MPa
Desplazamiento X	-0.00424937 mm	0.00384361 mm
Desplazamiento Y	-0.044864 mm	0.00061694 mm
Desplazamiento Z	-0.0157853 mm	0.0157775 mm
Deformación equivalente	0.0000000108464 su	0.0000370365 su
Primera deformación principal	0.0000000000213994 su	0.0000344879 su
Tercera deformación principal	-0.0000291093 su	-0.00000000395062 su
Deformación XX	-0.000016783 su	0.0000134254 su
Deformación XY	-0.0000146245 su	0.0000258222 su
Deformación XZ	-0.0000144994 su	0.0000102236 su
Deformación YY	-0.0000160957 su	0.00000957588 su
Deformación YZ	-0.00000473998 su	0.00000439058 su
Deformación ZZ	-0.0000103045 su	0.00000742663 su
Presión de contacto	0 MPa	16.3682 MPa
Presión de contacto X	-6.9119 MPa	13.0325 MPa
Presión de contacto Y	-10.1503 MPa	3.4224 MPa
Presión de contacto Z	-3.12806 MPa	3.96591 MPa

Figura 75. Resumen de resultados

5.1.3. Simulación de eje 1 para faja transportadora

- Propiedades físicas del eje

Masa	2.49922 kg
Área	52160.4 mm ²
Volumen	318372 mm ³
Centro de gravedad	x=312.662 mm y=-249.996 mm z=-11.1427 mm

Figura 76. Propiedades físicas del eje

- Fuerza aplicada en el eje

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1472.000 N
Vector X	1472.000 N
Vector Y	-0.000 N
Vector Z	-0.000 N

Figura 77. Fuerza aplicados en el eje

- Momento (torque) aplicada en el eje

Tipo de carga	Momento
Magnitud	90000.000 N mm
Vector X	-90000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

Figura 78. Momento (torque) aplicado en el eje

- Gravedad por defecto

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810.000 mm/s ²
Vector X	-0.000 mm/s ²
Vector Y	-9810.000 mm/s ²
Vector Z	0.000 mm/s ²

Figura 79. Gravedad por defecto

- Material y propiedades de esfuerzo

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje	

Figura 80. Material y propiedades de esfuerzo

- Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en el eje

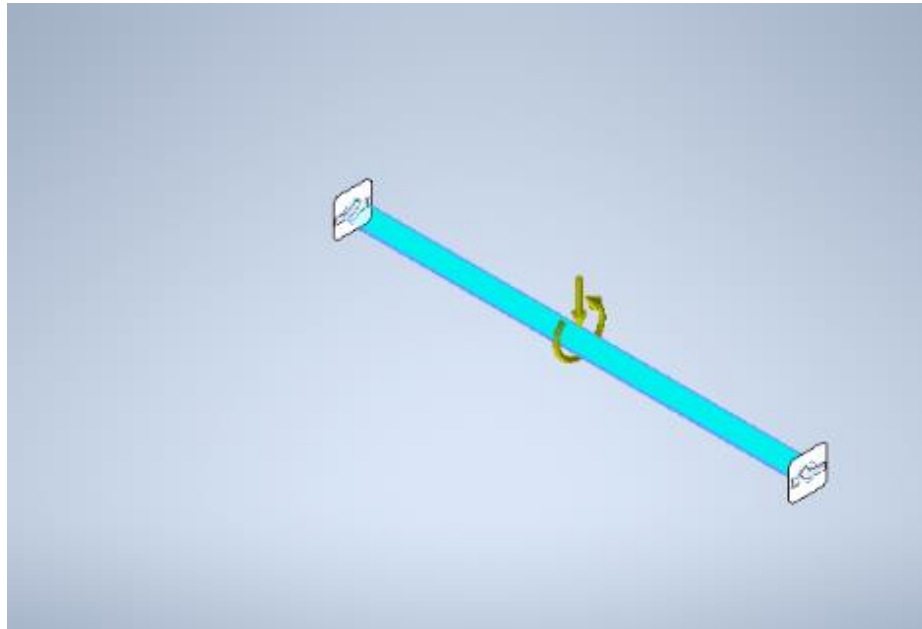


Figura 81: Fuerzas y momentos aplicados en el eje

- Esfuerzo de Von Mises

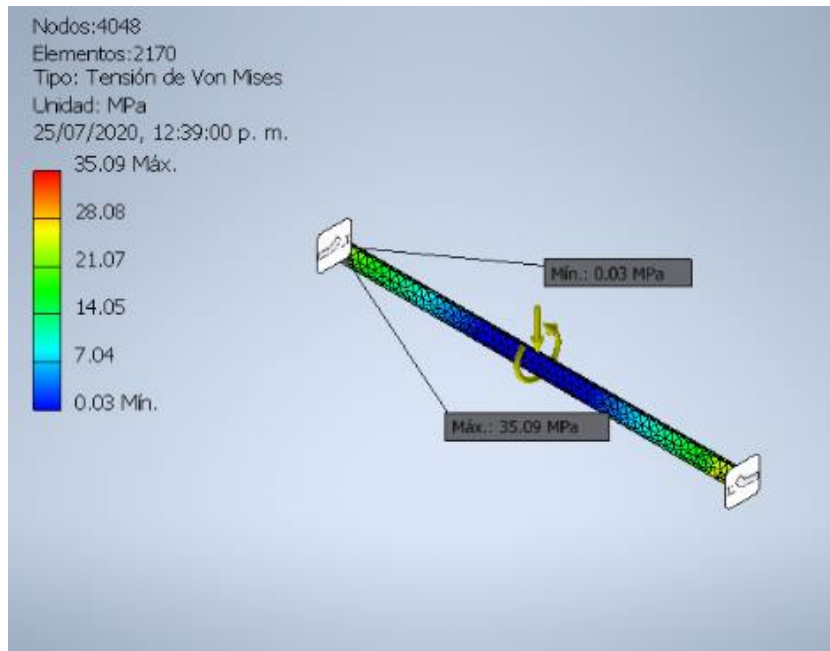


Figura 82: Esfuerzos de Von Mises

Interpretación:

Respecto a la simulación se observa que 35,09 MPa es el máximo esfuerzo que soportar la estructura, y 0,03 MPa es el esfuerzo mínimo, donde podemos visualizar que la mayor parte de la estructura esta de color azul. Lo cual nos indica que soporta las cargas que se les asigno de acuerdo a los pesos de los materiales, torque y cargas.

- **Primera tensión principal**

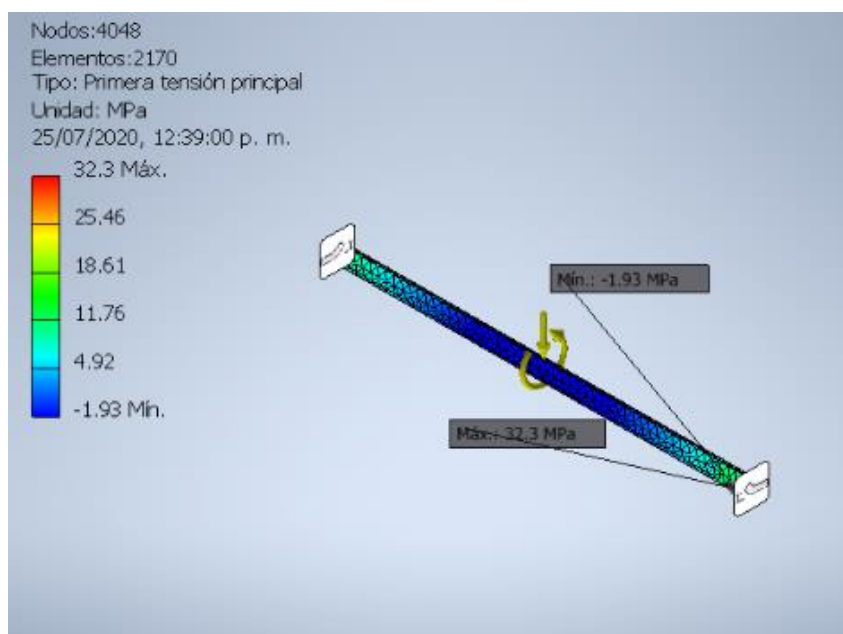


Figura 83. Primera tensión principal

Interpretación:

La primera tensión principal ayuda a comprender la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza por las condiciones de carga. Se observa que 32,3 MPa es la tensión máxima que está soportando la estructura y -1,93 MPa es la tensión mínima.

- **Desplazamiento**

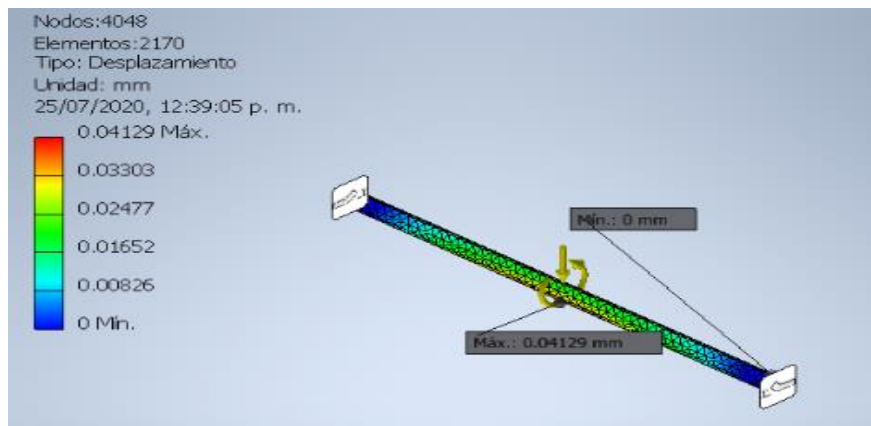


Figura 84. Desplazamiento

Interpretación:

Los resultados de desplazamiento muestran la forma deformada del modelo después de aplicar la solución. En la parte media del eje, es donde se está dando el mayor desplazamiento de 0,04129 mm. La parte sombreada de color verde nos indica que sufre un menor desplazamiento mientras que en la parte sombreada de color azul corresponden al desplazamiento mínimo de la estructura que es 0 mm.

- **Coeficiente de seguridad**

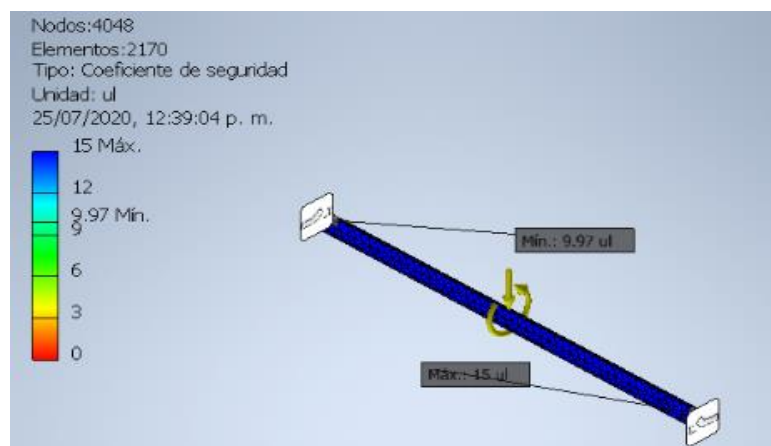


Figura 85. Coeficiente de seguridad

Interpretación:

Los resultados del coeficiente de seguridad señalan inmediatamente áreas de elasticidad potencial. Se observa que 15 ul es el máximo valor y siendo el mínimo 9,97 ul no presentándose en la pieza. Lo cual nos indica que el eje va trabajar con normalidad.

- **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	318372 mm ³	
Masa	2.49922 kg	
Tensión de Von Mises	0.0275548 MPa	35.0921 MPa
Primera tensión principal	-1.93166 MPa	32.3041 MPa
Tercera tensión principal	-33.0659 MPa	1.16927 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0412897 mm
Coeficiente de seguridad	9.97376 su	15 su
Tensión XX	-25.2369 MPa	20.3229 MPa
Tensión XY	-16.7021 MPa	17.2592 MPa
Tensión XZ	-19.5441 MPa	15.9924 MPa
Tensión YY	-3.3343 MPa	3.2439 MPa
Tensión YZ	-5.71156 MPa	6.12918 MPa
Tensión ZZ	-17.5733 MPa	16.3063 MPa
Desplazamiento X	-0.000491991 mm	0.000484504 mm
Desplazamiento Y	-0.0337711 mm	0.0338389 mm
Desplazamiento Z	-0.0412897 mm	0.0263168 mm
Deformación equivalente	0.000000140137 su	0.000150949 su
Primera deformación principal	0.0000000124432 su	0.000154191 su
Tercera deformación principal	-0.000155835 su	-0.00000017118 su
Deformación XX	-0.000105338 su	0.0000769126 su
Deformación XY	-0.000107728 su	0.000111322 su
Deformación XZ	-0.00012606 su	0.000103151 su
Deformación YY	-0.0000423552 su	0.0000431774 su
Deformación YZ	-0.0000368395 su	0.0000395332 su
Deformación ZZ	-0.000057383 su	0.0000543016 su

Figura 86. Resumen de resultados

5.1.4. Simulación de eje 2 para faja transportadora

- Propiedades físicas de la pieza

Masa	1.18689 kg
Área	31056.3 mm ²
Volumen	151197 mm ³
Centro de gravedad	x=209.863 mm y=-1.85275 mm z=-9.52791 mm

Figura 87. Propiedades físicas de la pieza eje

- Fuerza aplicada en el eje 2

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	785.000 N
Vector X	785.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	0.000 N

Figura 88. Fuerza aplicada en el eje

- Momento (torque) aplicada en el eje 2

Tipo de carga	Momento
Magnitud	50000.000 N mm
Vector X	50000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

Figura 89. Momento (torque) aplicado en el eje 2

- Gravedad por defecto

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810.000 mm/s ²
Vector X	-0.000 mm/s ²
Vector Y	-9810.000 mm/s ²
Vector Z	0.000 mm/s ²

Figura 90. Gravedad por defecto

- Material y propiedades de esfuerzo

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje	

Figura 91. Material y propiedades de esfuerzo

- **Ubicación de las fuerzas y momentos que actúan en la estructura**

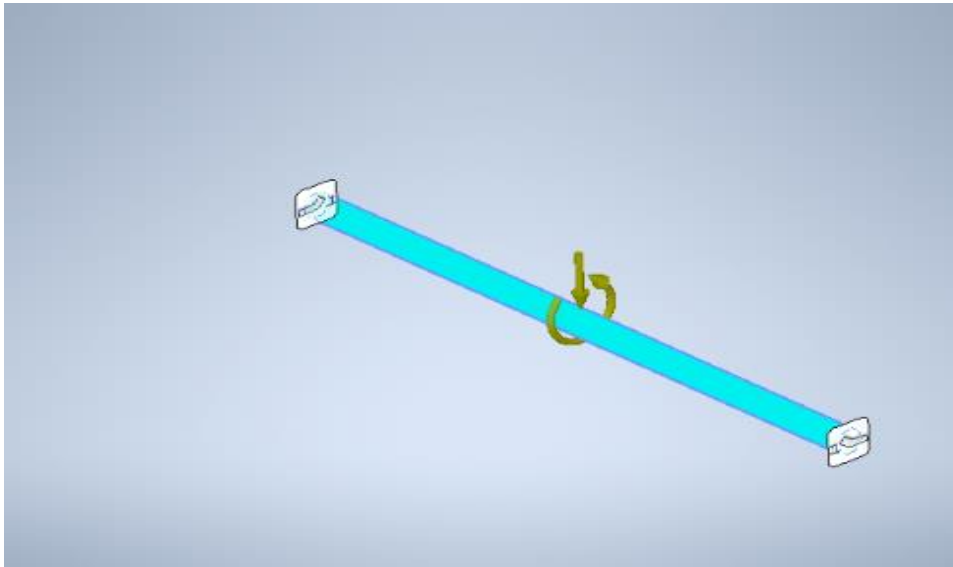


Figura 92. Ubicación de fuerzas y momentos en el eje 2

- **Esfuerzo de Von Mises**

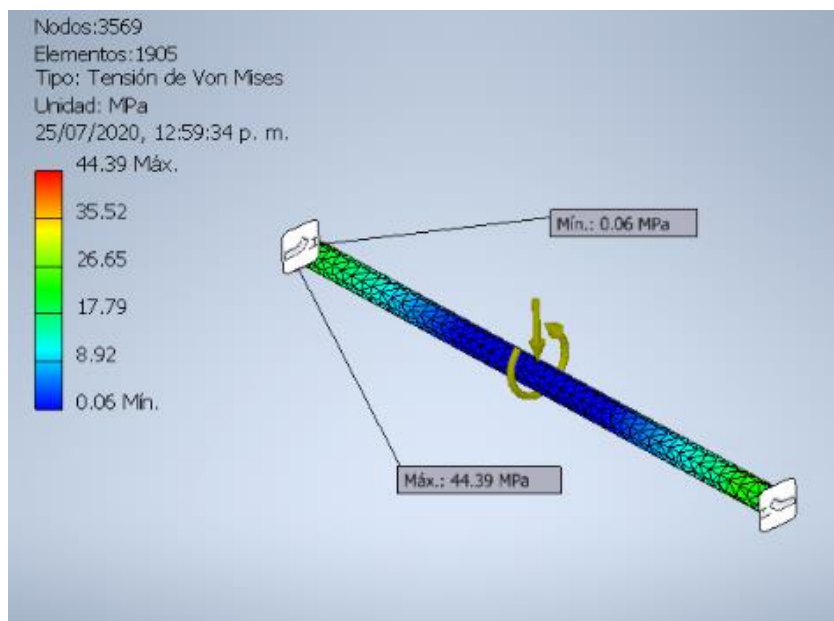


Figura 93. Esfuerzo de Von Mises

Interpretación:

En la simulación se observa que la tensión equivalente a 44,39 MPa es el máximo que va soportar el eje respecto a la carga y momento asignado, y 0,06 MPa es la tensión equivalente mínima, donde podemos tener la seguridad que soporta sin ningún problema las cargas que se les asigno de acuerdo al peso del material, momento y carga.

- **Primera tensión principal**

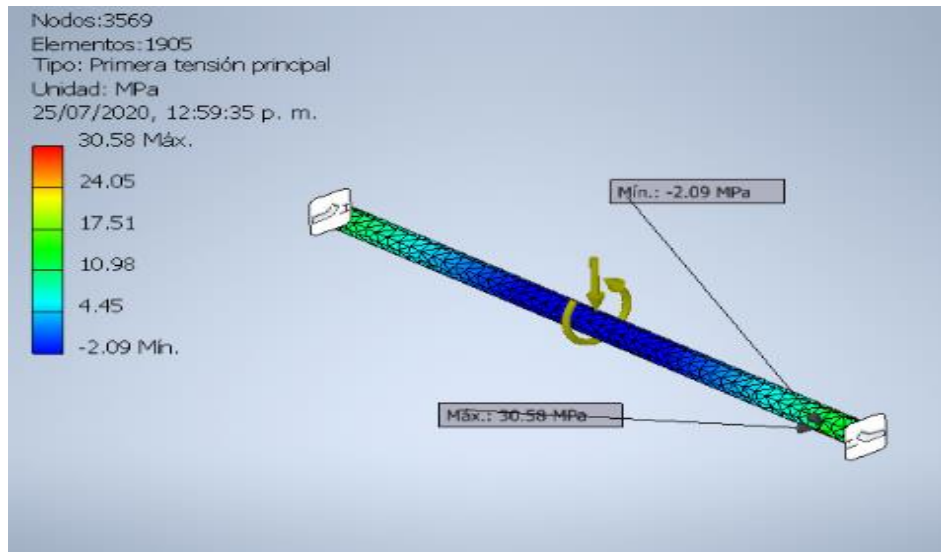


Figura 94. Primera tensión principal

Interpretación:

La primera tensión principal ayuda a comprender la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza por las condiciones de carga. Se observa que 30,58 MPa es la tensión máxima que está soportando la estructura, y -2,09 MPa es la tensión mínima.

- **Desplazamiento**

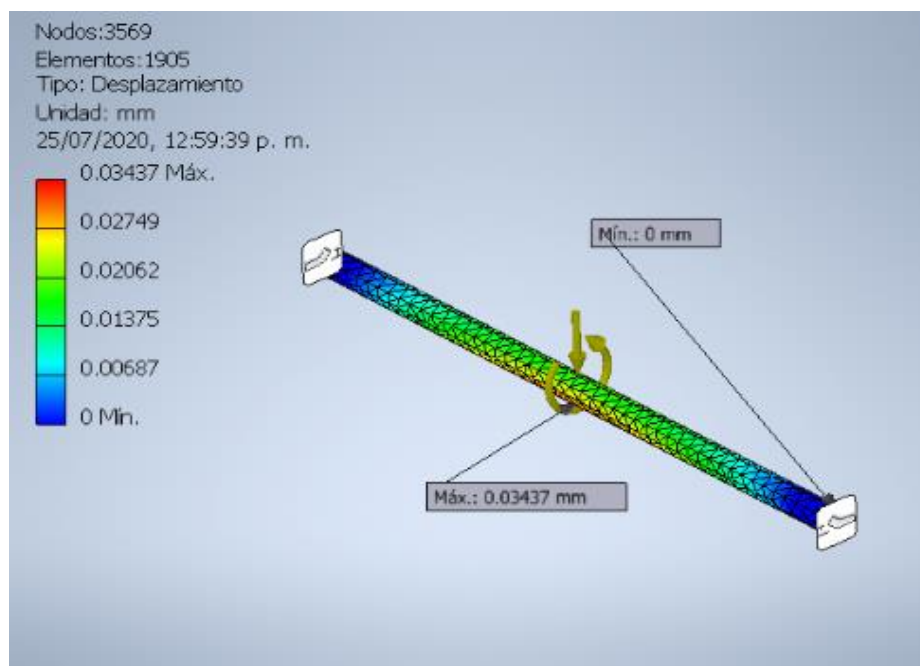


Figura 95. Desplazamiento

Interpretación:

La simulación nos muestra los resultados de deformación en el modelo después de aplicar la solución. La parte sombreada de color rojo muestran la magnitud de la deformación máxima con respecto a la forma original que es 0,03437 mm. La parte sombreada de color azul corresponden a la deformación mínima del eje que es 0 mm y la parte sombreada de color verde nos muestra que la deformación es media.

- **Coefficiente de seguridad**

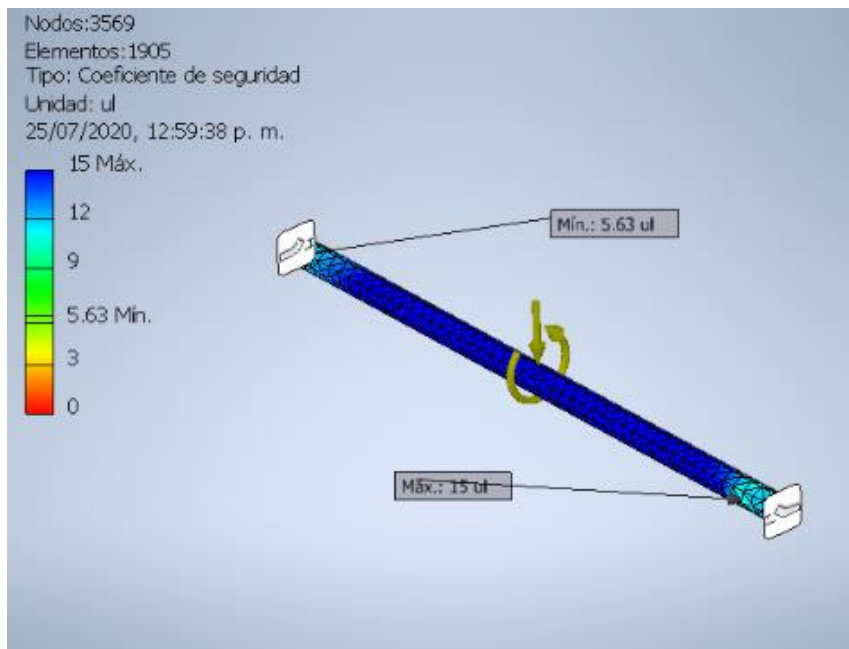


Figura 96. Coeficiente de seguridad

Interpretación:

Los resultados del coeficiente de seguridad señalan el área de elasticidad potencial. Debe ser superior a 1 para que el diseño sea aceptable. Se observa que 15 ul es el máximo valor y el mínimo 5,63 ul, llegando a la conclusión que el material y esfuerzos trabajará sin ningún inconveniente.

- **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	151197 mm ³	
Masa	1.20957 kg	
Tensión de Von Mises	0.0550409 MPa	44.3854 MPa
Primera tensión principal	-2.08505 MPa	30.5801 MPa
Tercera tensión principal	-36.4417 MPa	1.28599 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0343661 mm
Coefficiente de seguridad	3.03248 su	15 su
Tensión XX	-27.6895 MPa	18.5449 MPa
Tensión XY	-19.1094 MPa	23.4615 MPa
Tensión XZ	-20.8031 MPa	17.6289 MPa
Tensión YY	-3.39348 MPa	3.53424 MPa
Tensión YZ	-5.83259 MPa	5.57467 MPa
Tensión ZZ	-19.0965 MPa	15.4111 MPa
Desplazamiento X	-0.000437714 mm	0.000515855 mm
Desplazamiento Y	-0.0284963 mm	0.0285973 mm
Desplazamiento Z	-0.0227346 mm	0.034366 mm
Deformación equivalente	0.000000259065 su	0.000199335 su
Primera deformación principal	0.000000126363 su	0.000177476 su
Tercera deformación principal	-0.000179068 su	-0.00000029104 su
Deformación XX	-0.000120115 su	0.0000709334 su
Deformación XY	-0.000128716 su	0.000158031 su
Deformación XZ	-0.000140124 su	0.000118744 su
Deformación YY	-0.0000415537 su	0.0000513515 su
Deformación YZ	-0.0000392869 su	0.0000375496 su
Deformación ZZ	-0.0000620089 su	0.0000514258 su

Figura 97. Resumen de resultados del eje 2

5.2. Resultados y propiedades de los materiales

5.2.1. Resumen de resultados de estructura de faja transportadora

- **Propiedades de resistencia del material**

En la simulación realizada en el programa Inventor, tomando en cuenta propiedades del material acero inoxidable se muestra los siguientes resultados.

Tabla 40. Propiedades de resistencia de material en la faja transportadora

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa

En la siguiente tabla se muestra los resultados de esfuerzos según simulación.

Tabla 41. Resultados de esfuerzos según simulación de la faja transportadora

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	25694800 mm ³	
Masa	205.558 kg	
Tensión de Von Mises	0.00269521 MPa	5.86413 MPa
Primera tensión principal	-0.774575 MPa	3.1752 MPa
Tercera tensión principal	-6.32378 MPa	0.560544 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0641312 mm
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su

5.2.2. Resumen de resultados de eje 1 para faja transportadora

- **Propiedades de resistencia del material**

Según propiedades del material acero al carbono AISI 1045 mediante la simulación en el programa Inventor nos muestra los siguientes resultados.

Tabla 42. Propiedades de resistencia de material en eje 1 para faja

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje	

En la siguiente tabla se muestra los resultados de esfuerzos según simulación en el eje 1.

Tabla 43. Resultados de esfuerzos según simulación en el eje 1 para faja

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	318372 mm ³	
Masa	2.49922 kg	
Tensión de Von Mises	0.0275548 MPa	35.0921 MPa
Primera tensión principal	-1.93166 MPa	32.3041 MPa
Tercera tensión principal	-33.0659 MPa	1.16927 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0412897 mm
Coeficiente de seguridad	9.97376 su	15 su

5.2.3. Resumen de resultados de eje 2 para faja transportadora

- **Propiedades de resistencia del material**

Según propiedades del material acero al carbono AISI 1045 mediante la simulación en el programa Inventor nos muestra los siguientes resultados.

Tabla 44. Propiedades de resistencia de material en eje 2 para faja

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Shaft	

En la siguiente tabla se muestra los resultados de esfuerzos según simulación en el eje 2.

Tabla 45. Resultados de esfuerzos según simulación en el eje 2 para faja

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	151197 mm ³	
Masa	1.20957 kg	
Tensión de Von Mises	0.0550409 MPa	44.3854 MPa
Primera tensión principal	-2.08505 MPa	30.5801 MPa
Tercera tensión principal	-36.4417 MPa	1.28599 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0343661 mm
Coeficiente de seguridad	5.63248 su	15 u

5.2.4. Resumen de resultados de eje para podillo polín para faja transportadora

- **Propiedades de resistencia del material**

Según propiedades del material acero al carbono AISI 1045 mediante la simulación en el programa Inventor nos muestra los siguientes resultados.

Tabla 46. Propiedades de resistencia en eje rodillo polín para faja

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	EJE PARA RODILLO - copia.ipt	

En la tabla 47, se muestra los resultados de esfuerzos según simulación en el eje rodillo polín.

Tabla 47. Resultados de esfuerzos según simulación en eje rodillo polín para faja

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	31726.4 mm ³	
Masa	0.249052 kg	
Tensión de Von Mises	0.123601 MPa	242.686 MPa
Primera tensión principal	-1.41469 MPa	139.989 MPa
Tercera tensión principal	-140.241 MPa	0.833269 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.0482484 mm
Coefficiente de seguridad	1.44219 su	15 su

5.2.5. Resumen de resultados de plancha de tapa-faja

- **Propiedades de resistencia del material**

Según propiedades del material acero inoxidable mediante la simulación en el programa Inventor nos muestra los siguientes resultados.

Tabla 48. Propiedades de resistencia de plancha de tapa para faja

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa
Nombre(s) de pieza	PLANCHA TAPA.ipt	

En la tabla 49, se muestra los resultados de esfuerzos según simulación de plancha de tapa para la faja.

Tabla 49. Resultados de esfuerzos según simulación de plancha de tapa para faja

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	8326740 mm ³	
Masa	66.6139 kg	
Tensión de Von Mises	0.0000222969 MPa	31.5597 MPa
Primera tensión principal	-5.42276 MPa	26.8883 MPa
Tercera tensión principal	-30.7801 MPa	4.30865 MPa
Desplazamiento	0 mm	4.53409 mm
Coefficiente de seguridad	7.9215 su	15 su

5.3. Programación en CoDeSys

5.3.1. Asignaciones de variables

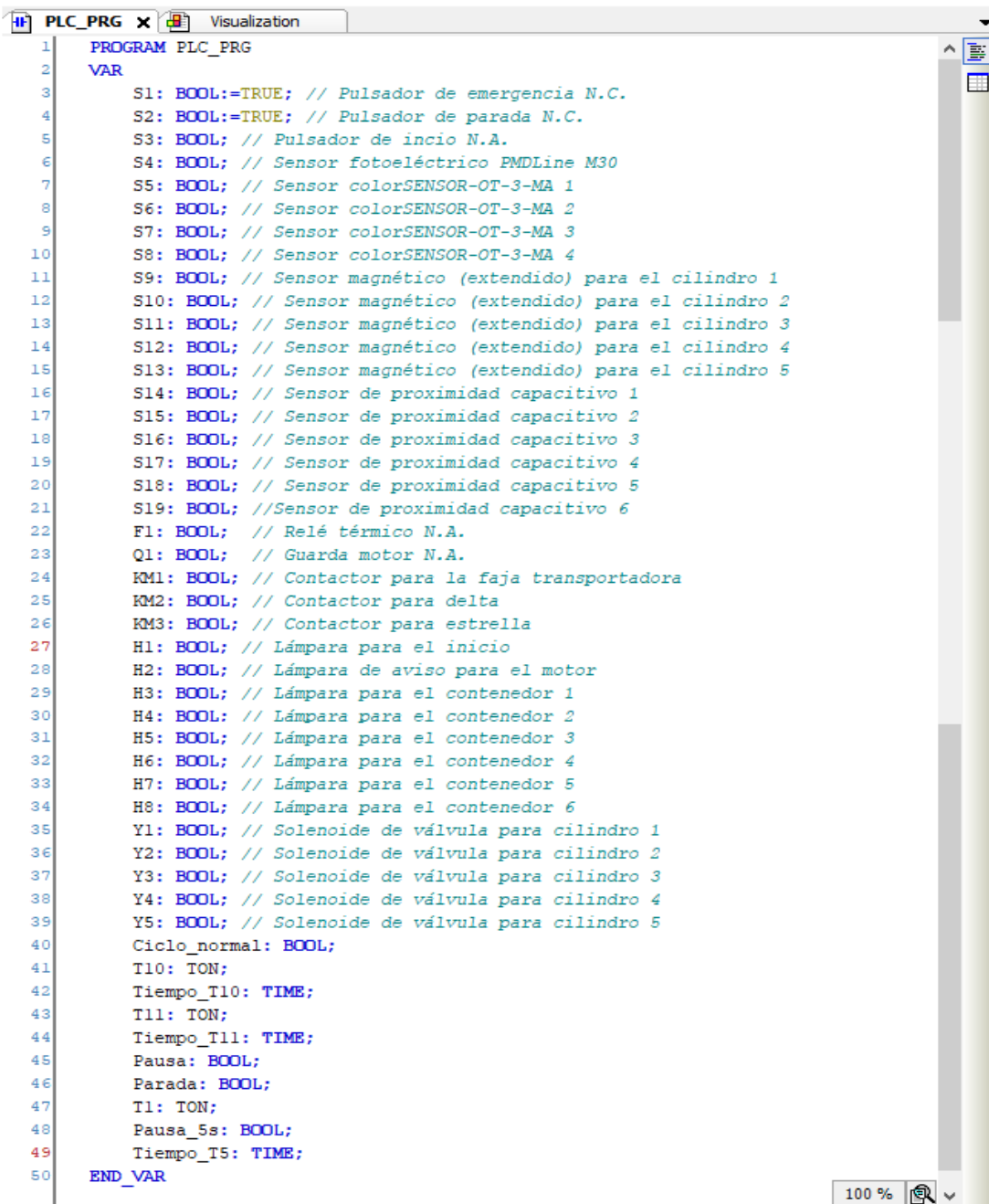
Tabla 50. Asignación de variables

Símbolo	Descripción	Dirección
S1	Pulsador de emergencia N.C.	%I0:0
S2	Pulsador de parada N.C.	%I0:1
S3	Pulsador de inicio N.A.	%I0:2
F1	Relé térmico	%I0:3
Q2	Guarda motor N.A.	%I0:4
S4	Sensor fotoeléctrico PMDLine M30	%I0:5
S5	Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 1	%I0:6
S6	Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 2	%I0:7
S7	Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 3	%I1:0
S8	Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 4	%I1:1
S9	Sensor magnético (extendido) para el cilindro 1	%I1:2
S10	Sensor magnético (extendido) para el cilindro 2	%I1:3
S11	Sensor magnético (extendido) para el cilindro 3	%I1:4
S12	Sensor magnético (extendido) para el cilindro 4	%I1:5
S13	Sensor magnético (extendido) para el cilindro 5 Sensor de	%I2:0
S14	proximidad capacitivo 1	%I2:1
S15	Sensor de proximidad capacitivo 2	%I2:2
S16	Sensor de proximidad capacitivo 3	%I2:3
S17	Sensor de proximidad capacitivo 4	%I2:4
S18	Sensor de proximidad capacitivo 5	%I2:5
S19	Sensor de proximidad capacitivo 6	%I2:6
K1	Contactador para la faja transportadora	%Q0:0
K2	Contactador para delta	%Q0:1
K3	Contactador para estrella	%Q0:2
H1	Lámpara para el inicio	%Q0:3
H2	Lámpara de aviso para el motor	%Q0:4
H3	Lámpara para el contenedor 1	%Q1:0
H4	Lámpara para el contenedor 2	%Q1:1
H5	Lámpara para el contenedor 3	%Q1:5
H6	Lámpara para el contenedor 4	%Q1:6
H7	Lámpara para el contenedor 5	%Q1:7
H8	Lámpara para el contenedor 6	%Q2:0
Y1	Solenoides de válvula para cilindro 1	%Q2:1
Y2	Solenoides de válvula para cilindro 2	%Q2:2
Y3	Solenoides de válvula para cilindro 3	%Q2:3
Y4	Solenoides de válvula para cilindro 4	%Q2:4
Y5	Solenoides de válvula para cilindro 5	%Q2:5

En la tabla 50, se aprecia la asignación de variables, en lo cual los símbolos son los nombres que se da a cada elemento de entrada y salida. La dirección es donde se va conectar en el PLC, es ahí donde se almacena los datos que proviene de las entradas y salidas.

5.3.2. Programa

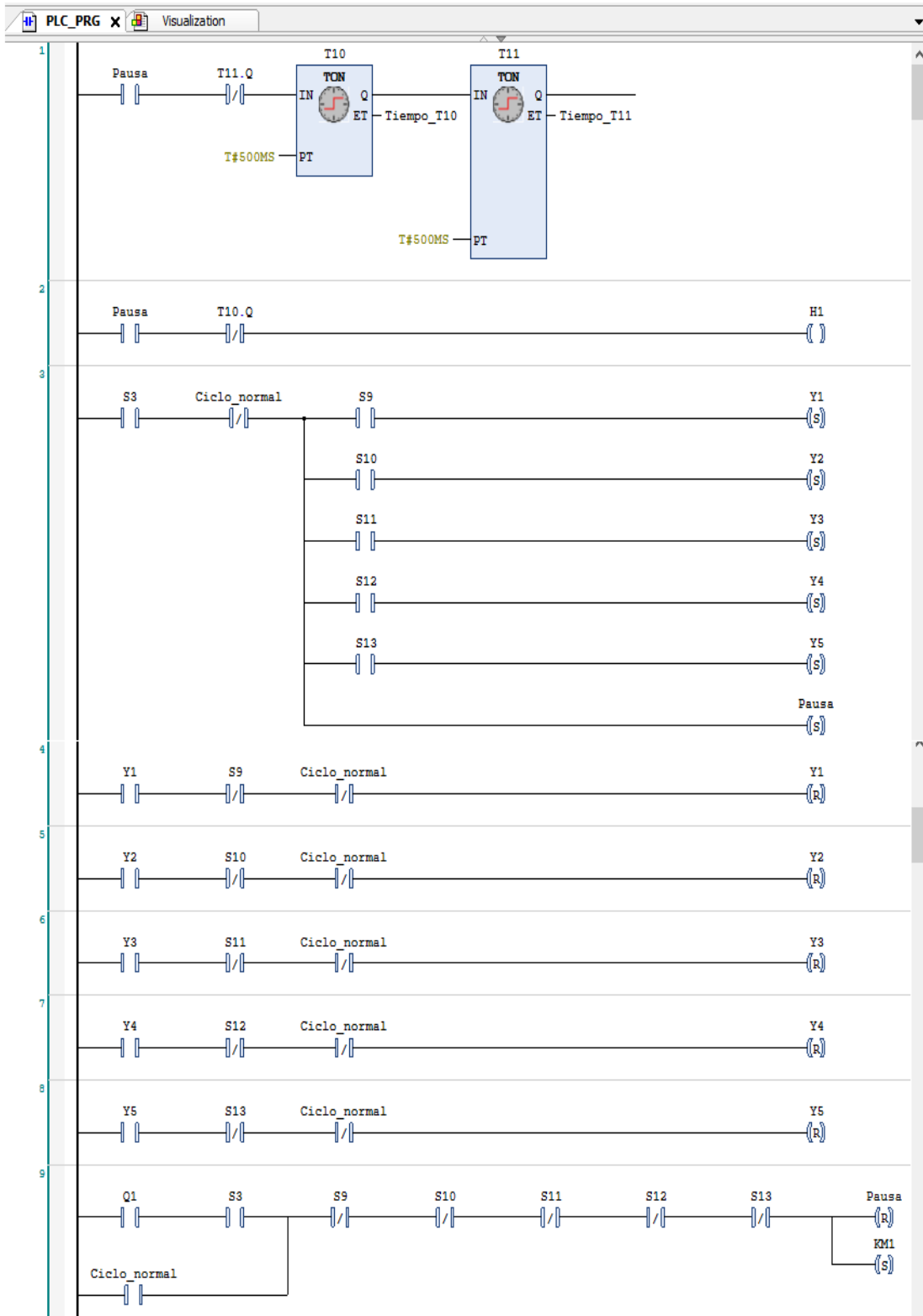
Para la programación se utiliza el software CoDeSys, es uno de los sistemas de programación del estándar IEC 61131-3, para PLCs y reguladores industriales, donde permite programar autómatas de diferentes fabricantes. Asimismo, se puede realizar la visualización. A continuación, se aprecia en la figura 100, los variables para la programación.

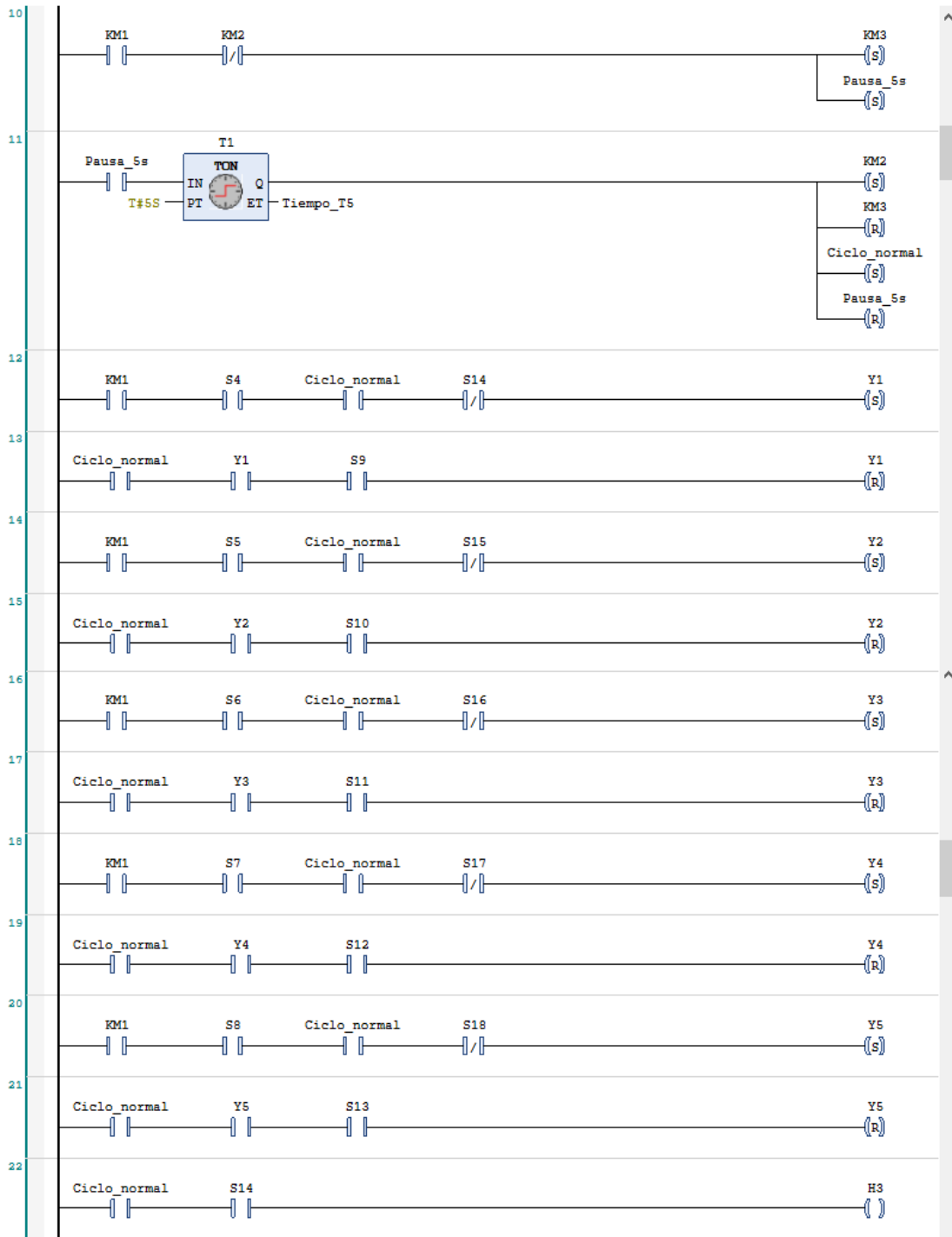


```
1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3     S1: BOOL:=TRUE; // Pulsador de emergencia N.C.
4     S2: BOOL:=TRUE; // Pulsador de parada N.C.
5     S3: BOOL; // Pulsador de inicio N.A.
6     S4: BOOL; // Sensor fotoeléctrico PMDLine M30
7     S5: BOOL; // Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 1
8     S6: BOOL; // Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 2
9     S7: BOOL; // Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 3
10    S8: BOOL; // Sensor colorSENSOR-OT-3-MA 4
11    S9: BOOL; // Sensor magnético (extendido) para el cilindro 1
12    S10: BOOL; // Sensor magnético (extendido) para el cilindro 2
13    S11: BOOL; // Sensor magnético (extendido) para el cilindro 3
14    S12: BOOL; // Sensor magnético (extendido) para el cilindro 4
15    S13: BOOL; // Sensor magnético (extendido) para el cilindro 5
16    S14: BOOL; // Sensor de proximidad capacitivo 1
17    S15: BOOL; // Sensor de proximidad capacitivo 2
18    S16: BOOL; // Sensor de proximidad capacitivo 3
19    S17: BOOL; // Sensor de proximidad capacitivo 4
20    S18: BOOL; // Sensor de proximidad capacitivo 5
21    S19: BOOL; //Sensor de proximidad capacitivo 6
22    F1: BOOL; // Relé térmico N.A.
23    Q1: BOOL; // Guarda motor N.A.
24    KM1: BOOL; // Contactor para la faja transportadora
25    KM2: BOOL; // Contactor para delta
26    KM3: BOOL; // Contactor para estrella
27    H1: BOOL; // Lámpara para el inicio
28    H2: BOOL; // Lámpara de aviso para el motor
29    H3: BOOL; // Lámpara para el contenedor 1
30    H4: BOOL; // Lámpara para el contenedor 2
31    H5: BOOL; // Lámpara para el contenedor 3
32    H6: BOOL; // Lámpara para el contenedor 4
33    H7: BOOL; // Lámpara para el contenedor 5
34    H8: BOOL; // Lámpara para el contenedor 6
35    Y1: BOOL; // Solenoide de válvula para cilindro 1
36    Y2: BOOL; // Solenoide de válvula para cilindro 2
37    Y3: BOOL; // Solenoide de válvula para cilindro 3
38    Y4: BOOL; // Solenoide de válvula para cilindro 4
39    Y5: BOOL; // Solenoide de válvula para cilindro 5
40    Ciclo_normal: BOOL;
41    T10: TON;
42    Tiempo_T10: TIME;
43    T11: TON;
44    Tiempo_T11: TIME;
45    Pausa: BOOL;
46    Parada: BOOL;
47    T1: TON;
48    Pausa_5s: BOOL;
49    Tiempo_T5: TIME;
50 END_VAR
```

Figura 98. Variables

En la figura 101, se muestra la programación realizada en diagrama de contactos “LD”, lo cual es el lenguaje gráfico, un circuito de contactos, bobinas, entre otros. Los símbolos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes. Generalmente se conoce por LADDER (escalera), debido a que su forma de construcción de su esquema se asemeja a una escalera.





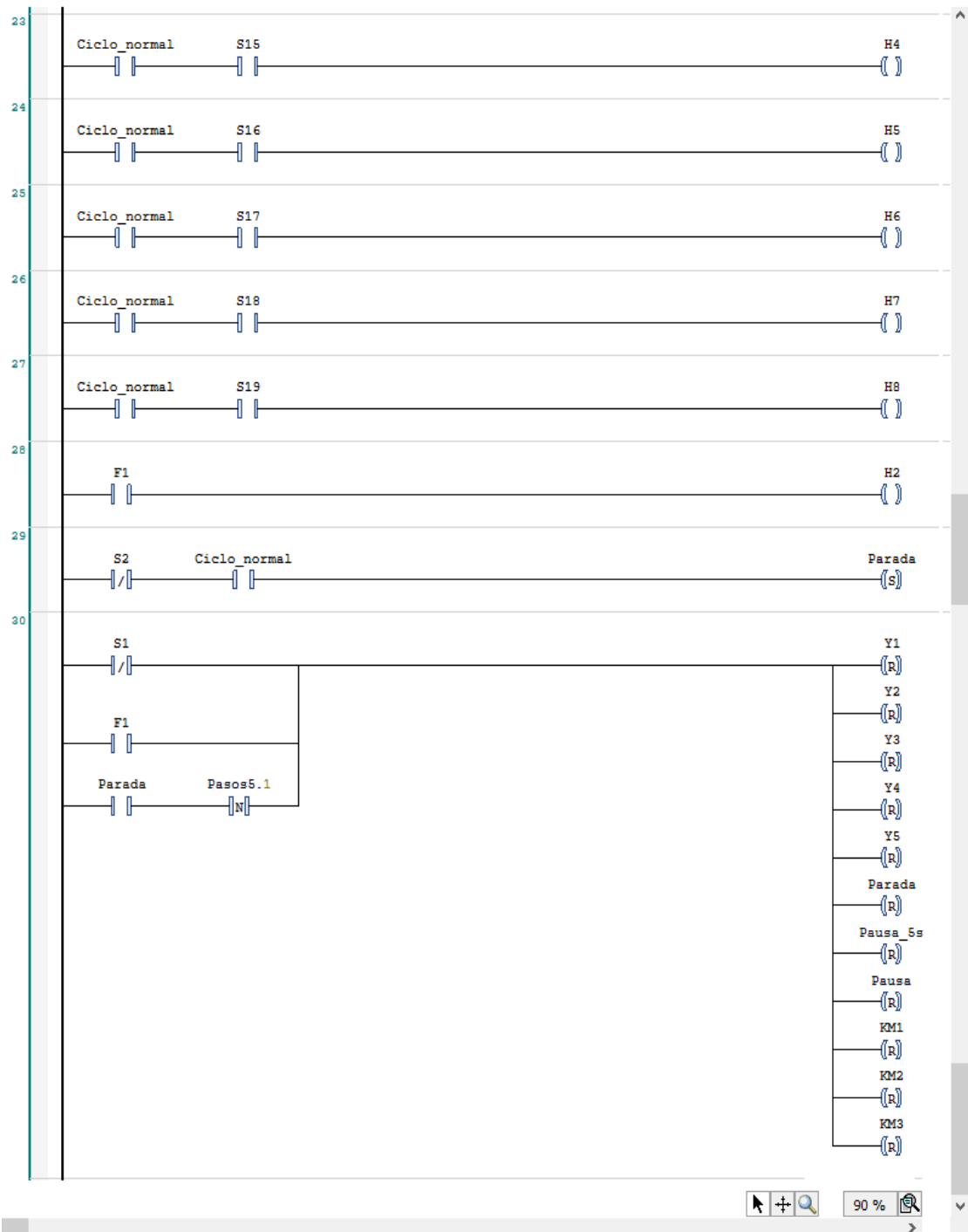


Figura 99. Programa en diagrama de contactos “LD”

5.3.3. Visualización

En la figura 102, se muestra el proceso en condiciones iniciales, donde se puede apreciar todos los componentes de la máquina.

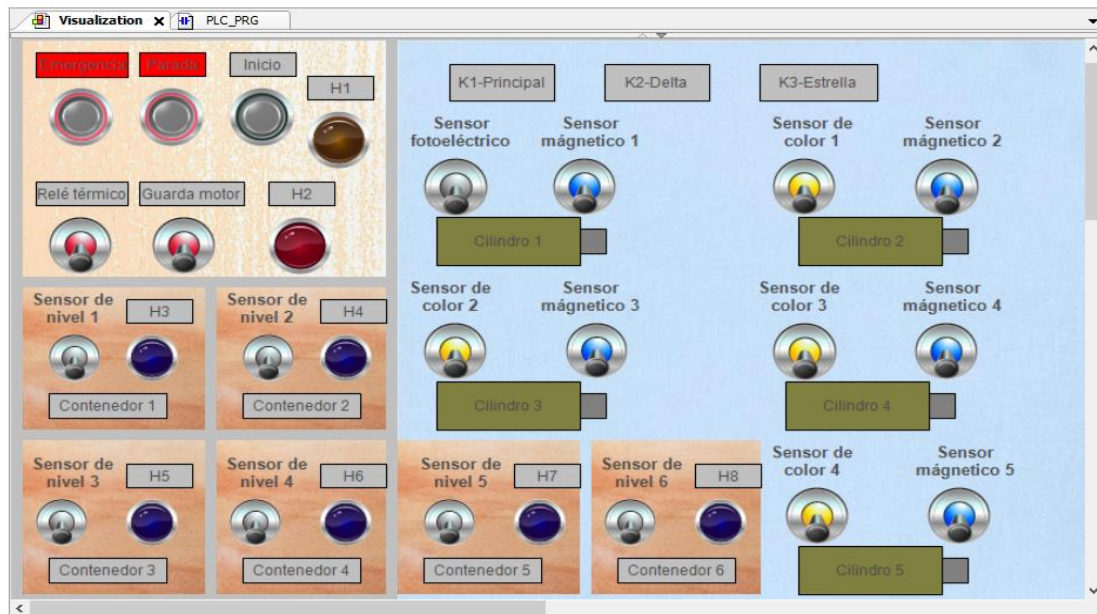


Figura 100. Condiciones iniciales

En la figura 103, se observa el funcionamiento de los cilindros “C1 y C4”, donde se encuentran extendidos, en el primer pulso al “S3_inicio” se retraen. Asimismo, en esta tarea se mantiene parpadeando la lámpara “H1”.

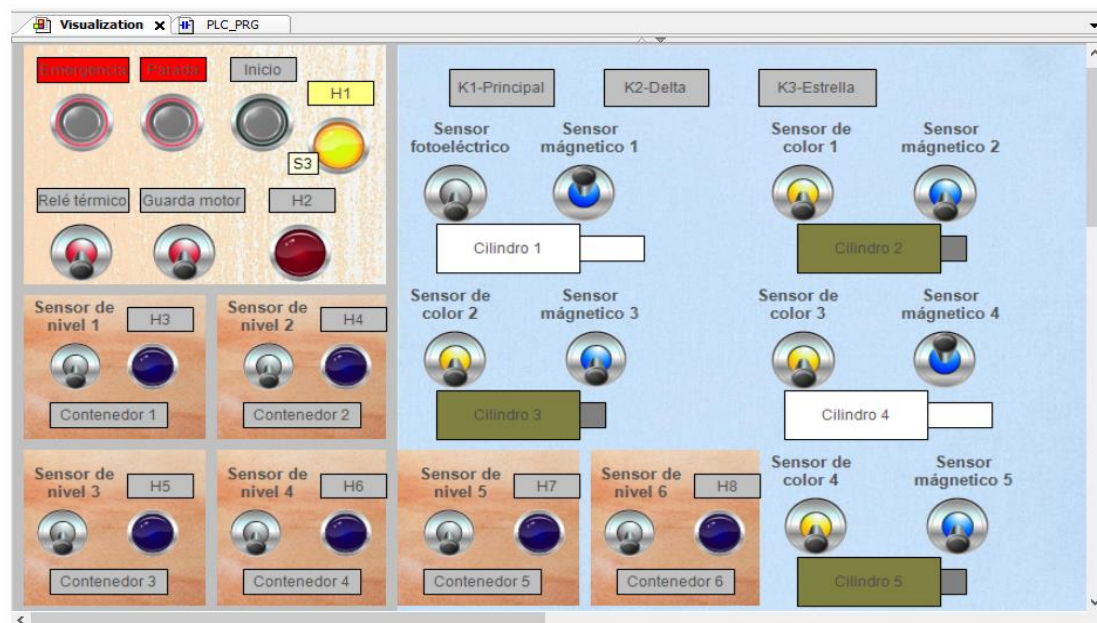


Figura 101. Primer pulso al S3, cilindros extendidos

En la figura 104, se muestra cuando los cilindros “C1 y C4” se retraen. En esta tarea la lámpara “H1” se mantiene parpadeando hasta terminar la ejecución.

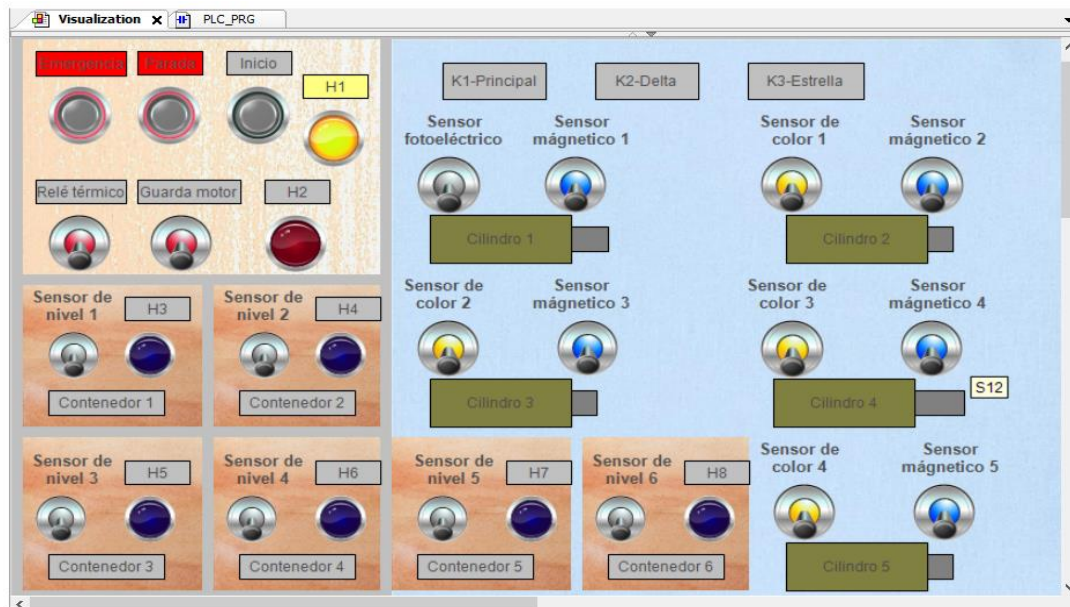


Figura 102. Cilindros “C1 y C3” retrayéndose

En la figura 105, se muestra el funcionamiento general de la máquina, al segundo pulso al “S3”, inicia el proceso, se enciende el motor trifásico en estrella “KM3”, durante 5 segundos.

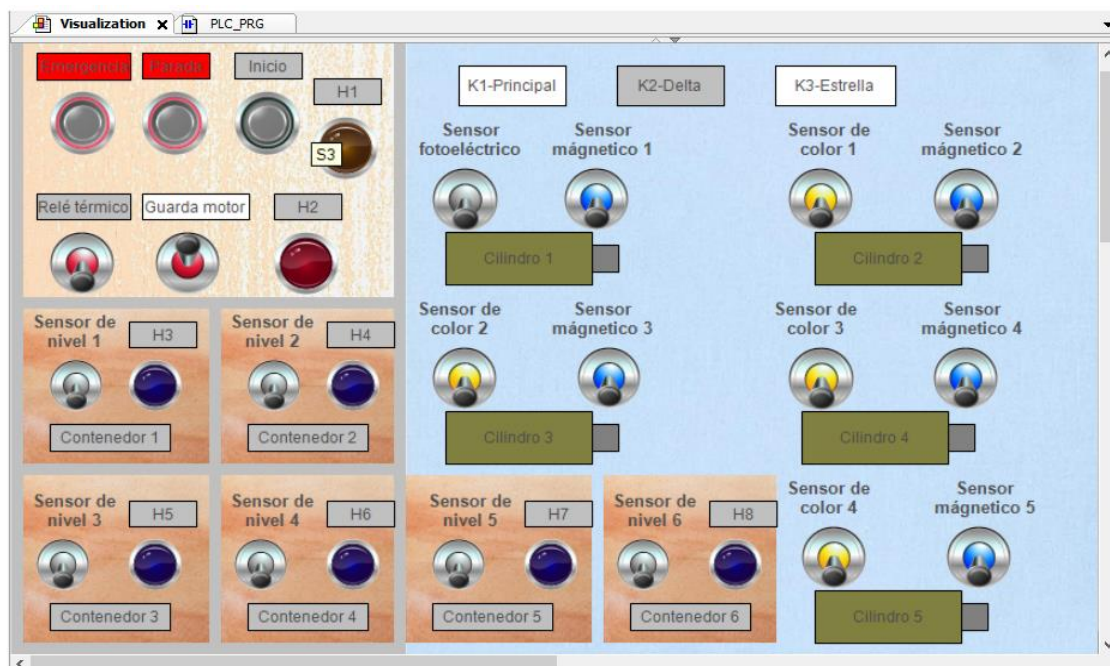


Figura 103. Segundo pulso al “S3”, Arranque del motor trifásico en estrella

En la figura 106, se muestra el funcionamiento del arranque del motor trifásico, en Delta o triángulo “KM2” y el contactor principal.

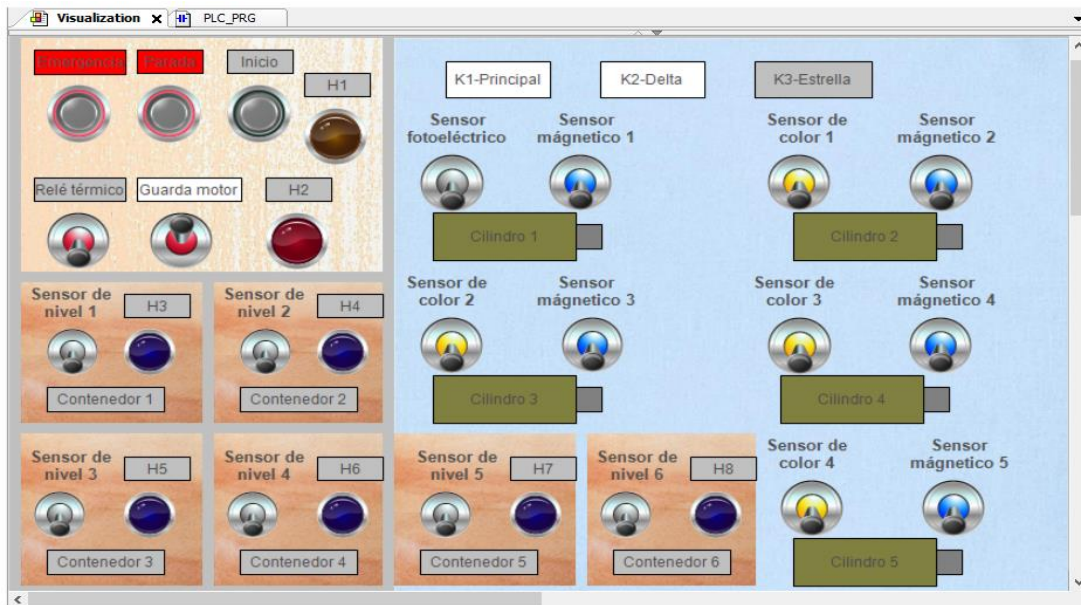


Figura 104. Arranque del motor trifásico en Delta

En la figura 10,7 se muestra el funcionamiento del sensor fotoeléctrico, cuando detecta un material diferente a la botella se activa y se extiende el cilindro “C1” empujando el material al contenedor 1. También el sensor de color 3, detecta la botella de color azul-celeste, en ese preciso momento se acciona el cilindro “C4”, empujando a la botella al contenedor 4.

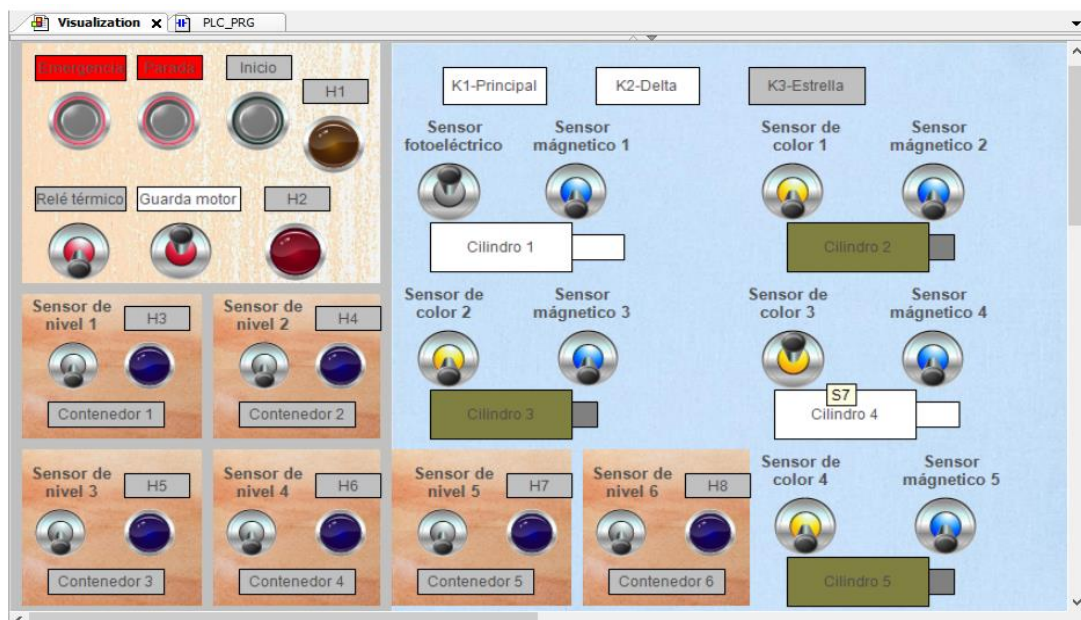


Figura 105. El sensor fotoeléctrico detecta un material diferente a la botella

En la figura 108, se muestra el funcionamiento del sensor magnético 1 y 4”, para hacer retraer a los cilindros extendidos “C1 y C4”.

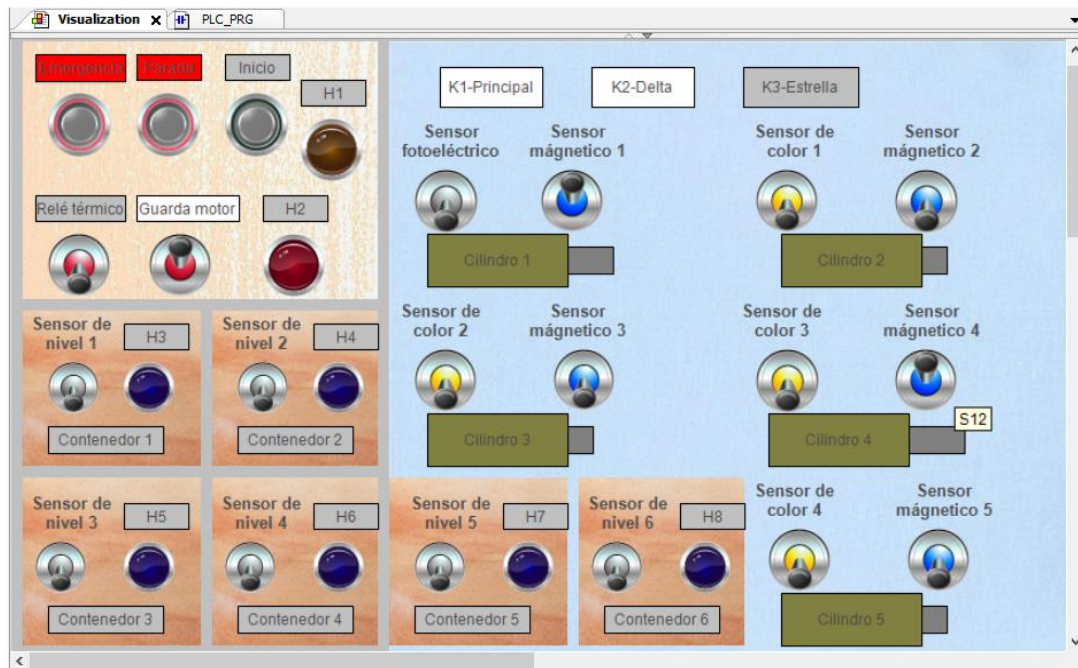


Figura 106. Sensor magnético 1 y 4 se activan

En la figura 109, se observa los contenedores 2, 3 y 6 llenos, se activa los sensores de nivel 2, 3 y 6. Asimismo, las lámparas “H4, H5 y H8” encendidos para informar al operador que retire las botellas de los contenedores.

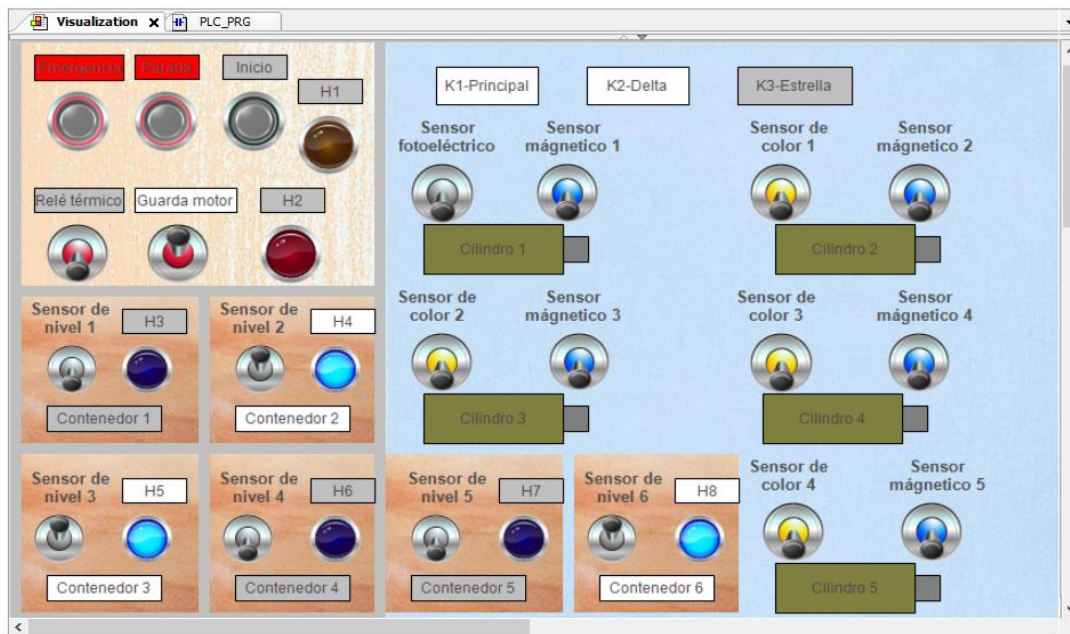


Figura 107. Sensores de nivel 2, 3 y 6 activados

En la figura 110, se aprecia el funcionamiento de los sensores de nivel “1, 4 y 5”, no deben extenderse los cilindros “C1, C4 y C5”, debido a que los contenedores no están disponibles.

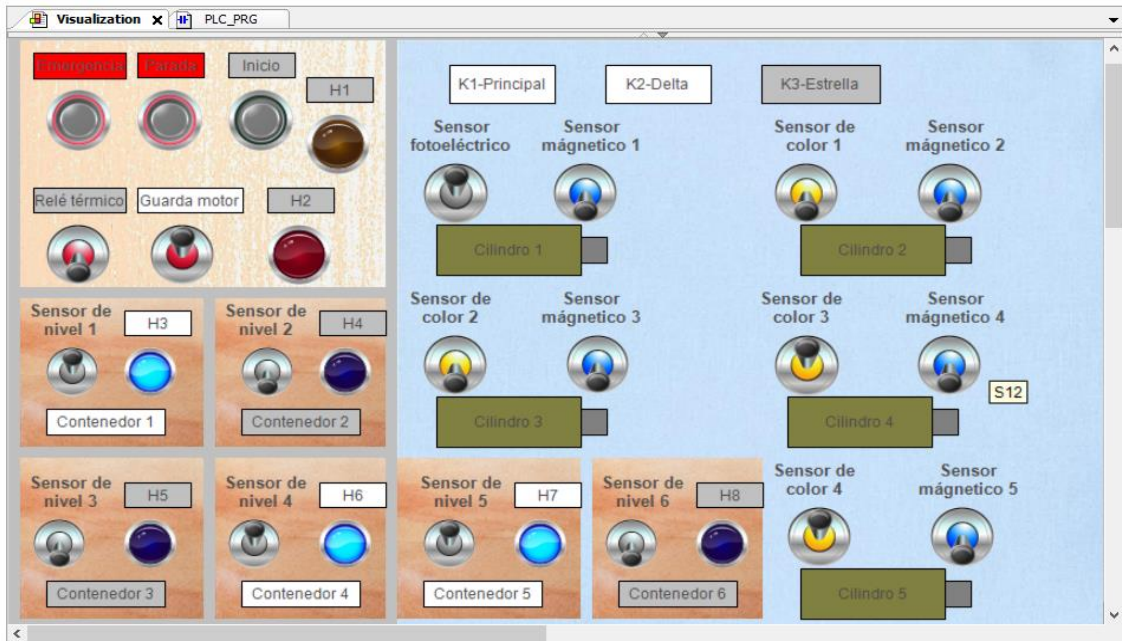


Figura 108. Sensores de nivel 1,4 y 5 activados

En la figura 111, se muestra el funcionamiento del relé térmico del motor, en ese preciso momento se apaga todo el funcionamiento de la máquina. Asimismo, si se activa el pulsador “S1” de emergencia, se apaga todo en cualquier momento.

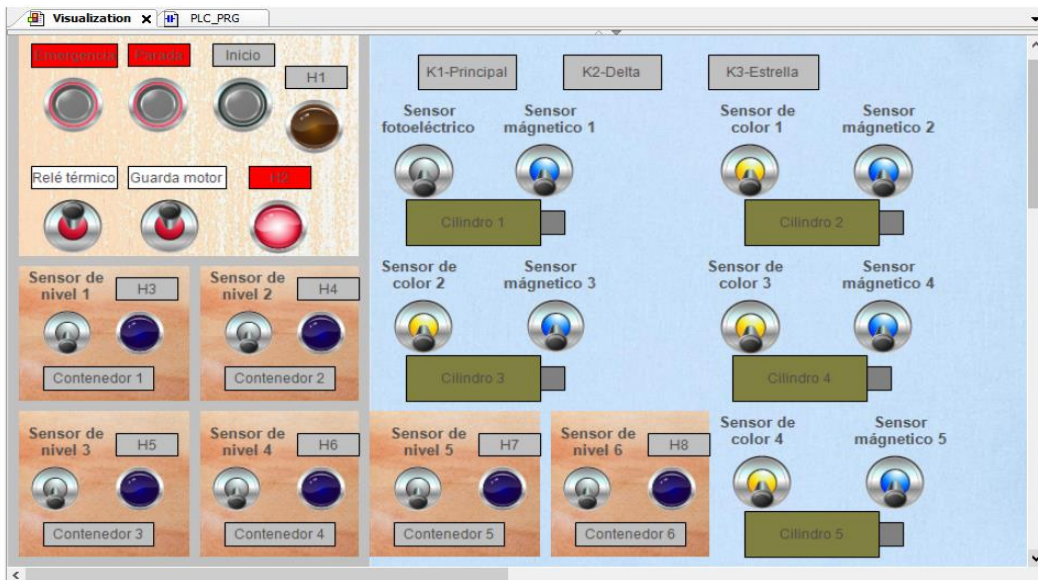


Figura 109. El relé térmico activado

5.4. Diagrama de flujo del proceso del funcionamiento de la máquina

5.4.1. Diagrama de flujo general

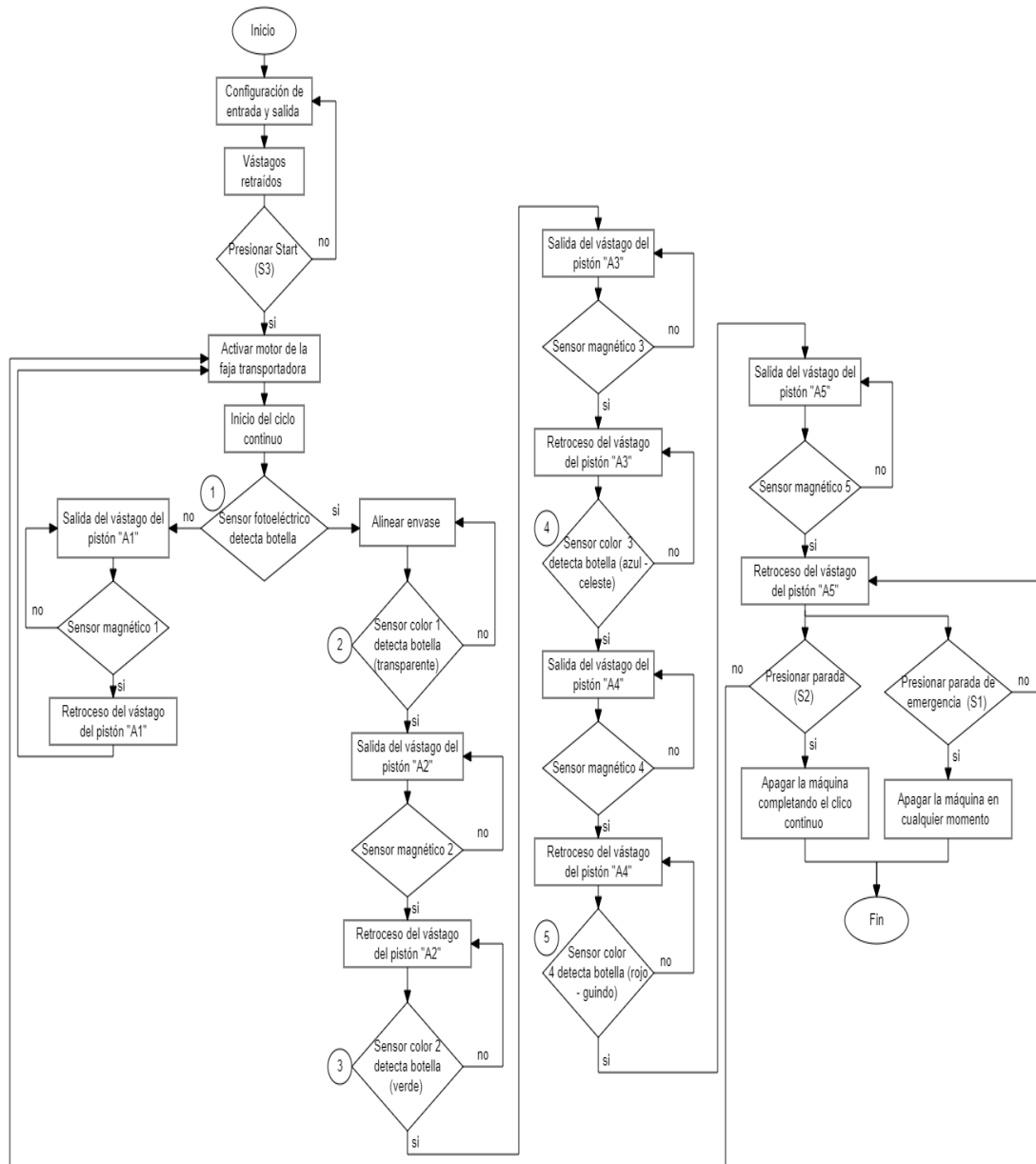


Figura 110. Diagrama de flujo general

En la figura 112, se muestra el diagrama general de la máquina donde el funcionamiento se inicia con la configuración de las entradas y salidas, cuando se presiona el pulsador “S3” si los cilindros de simple efecto se encuentran retraídos, empieza el funcionamiento del ciclo continuo, de no ser así se enciende la lámpara “H1” indicando que se están retrayendo los cilindros, al presionar nuevamente el pulsador “S3” se inicia con el funcionamiento de la máquina: en la etapa 1 se detecta si es botella u otro tipo de material, en la

etapa 2 se identifica la botella de color transparente, en la etapa 3 se capta la botella de color verde, en la etapa 4 se selecciona el envase de color azul – celeste y en la etapa 5 se clasifica la botella de color rojo – guindo. Finalmente, si se presiona el pulsador “S2” (parada) al completar el ciclo se apaga la máquina y si se presiona el pulsador “S1” (parada de emergencia) la máquina se apaga en cualquier momento.

5.4.1.1. Diagrama de la etapa 1: detectar botella

En la etapa 1, si el sensor fotoeléctrico detecta la botella deja pasar a las otras etapas. Si es otro tipo de material se acciona el vástago “A1” para retirar al material al contenedor 1.

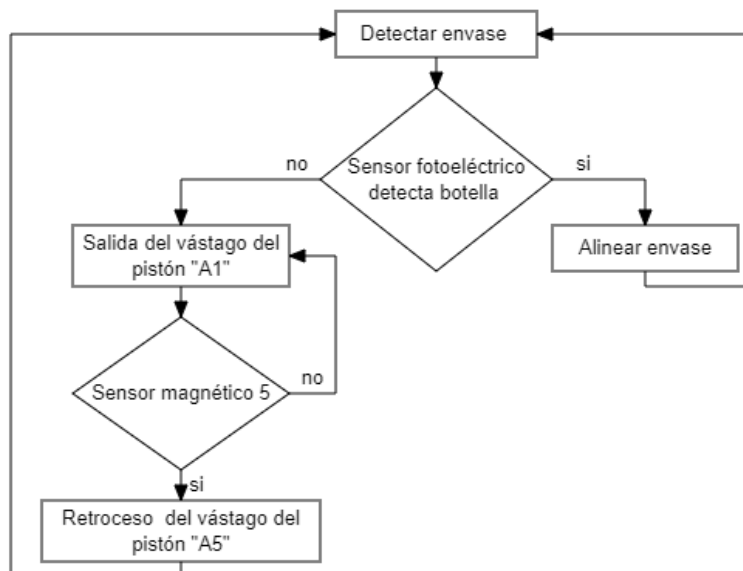


Figura 111. Diagrama detectar botella

5.4.1.2. Diagrama de la etapa 2: selección de botella color transparente

En la etapa 2, el sensor de color 1 detecta la botella de color transparente, posteriormente se acciona el vástago “A2” para empujar la botella detectado al contenedor 2.

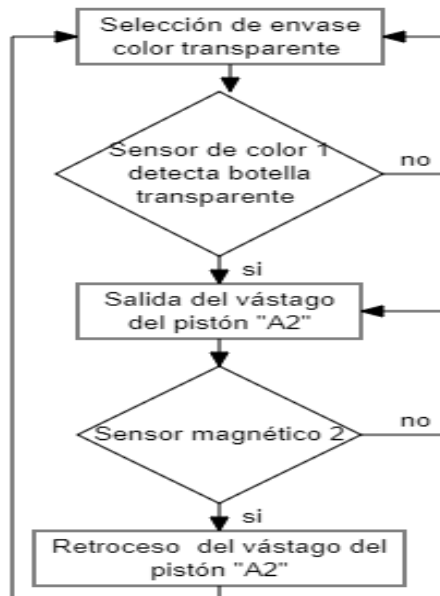


Figura 112. Diagrama detector de botella color transparente

5.4.1.3. Diagrama de la etapa 3: selección de botella color verde

En la etapa 3, el sensor de color 2 detecta la botella de color verde, seguidamente se acciona el vástago “A2” para impulsar la botella detectado al contenedor 3.

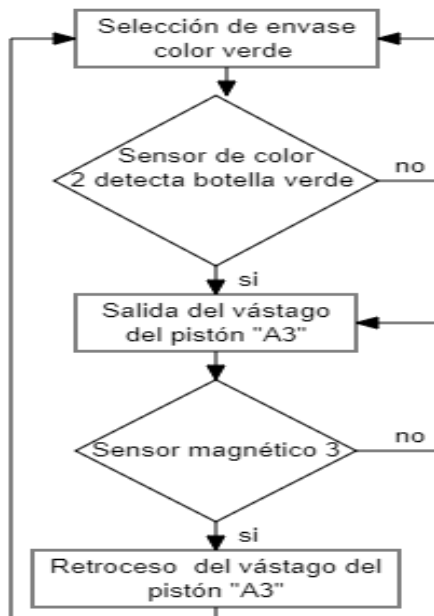


Figura 113. Diagrama detector de botella color verde

5.4.1.4. Diagrama de la etapa 4: selección de botella color azul-celeste

En la etapa 4, el sensor de color 3 detecta la botella de color azul-celeste, luego se acciona el vástago “A4” para empujar la botella detectado al contenedor 4.

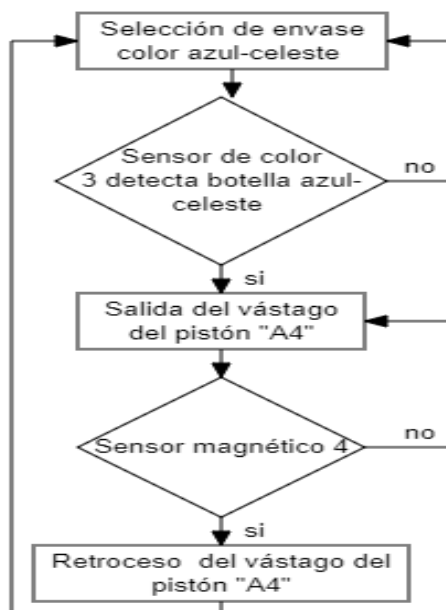


Figura 114. Diagrama detector de botella color azul-celeste

5.4.1.5. Diagrama de la etapa 5: selección de botella color rojo-guindo

En la etapa 6, el sensor de color 4 detecta la botella de color rojo-guindo, posteriormente se acciona el vástago “A5” para impulsar la botella detectado al contenedor 5.

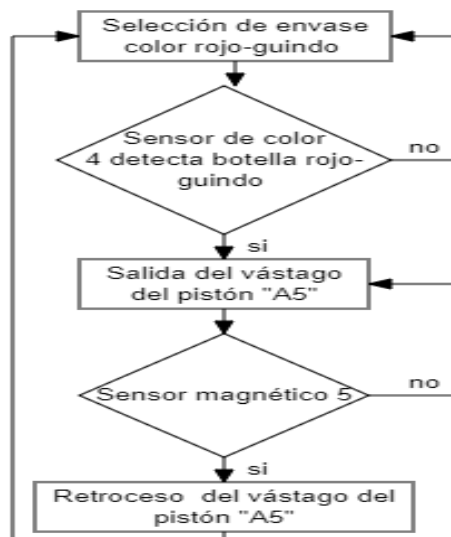


Figura 115. Diagrama detector de botella color rojo-guindo

5.4.2. Diagramas de flujo de funcionamiento de los vástagos

Los sensores de proximidad capacitivos solo funcionan cuando está en funcionamiento de ciclo continuo.

a) Diagrama 1: funcionamiento del contenedor 1

En el contenedor 1, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel enciende la lámpara “H1” indicando al operario que debe retirar las botellas del contenedor, en esta tarea no se debe accionar el vástago “A1”.

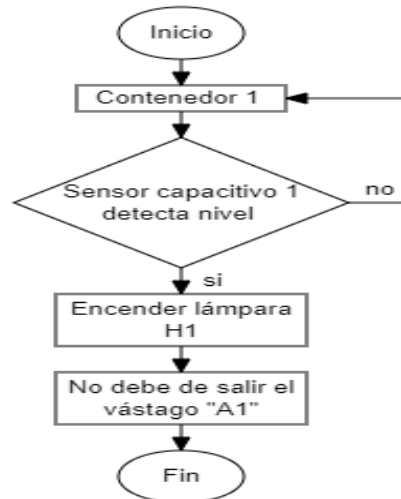


Figura 116. Diagrama de funcionamiento del contenedor 1

b) Diagrama 2: funcionamiento del contenedor 2

En el contenedor 2, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel, se activa la lámpara “H2” indicando al operario que debe retirar las botellas del contenedor, en esta actividad no se debe accionar el vástago “A2”.

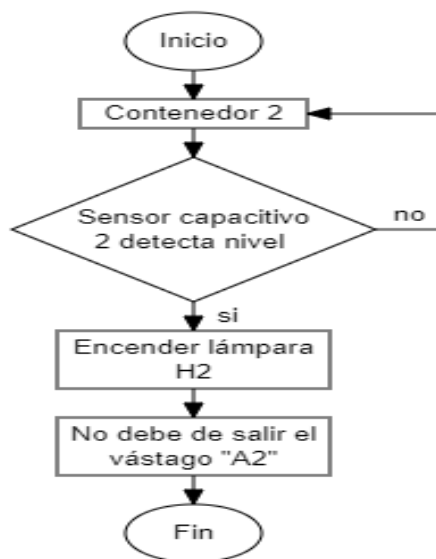


Figura 117. Diagrama de funcionamiento del contenedor 2

c) Diagrama 3: funcionamiento del contenedor 3

En el contenedor 3, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel se enciende la lámpara “H3” indicando al operario que debe retirar las botellas del contenedor, en esta tarea no se debe accionar el vástago “A3”.

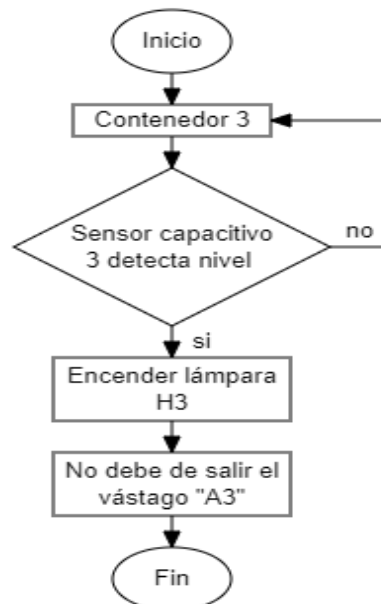


Figura 118. Diagrama de funcionamiento del contenedor 3

d) Diagrama 4: funcionamiento del contenedor 4

En el contenedor 4, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel se enciende la lámpara “H4” indicando al operario que debe retirar las botellas del contenedor, en esta actividad no se deben accionar el vástago “A4”.

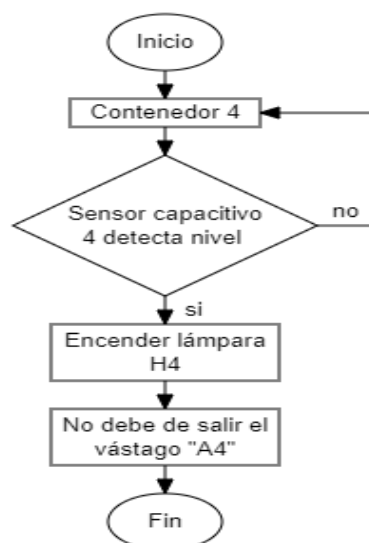


Figura 119. Diagrama de funcionamiento del contenedor 4

e) Diagrama 5: funcionamiento del contenedor 5

En el contenedor 5, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel se enciende la lámpara “H5” indicando al operario que debe retirar las botellas del contenedor, en esta tarea no se deben accionar el vástago “A5”.

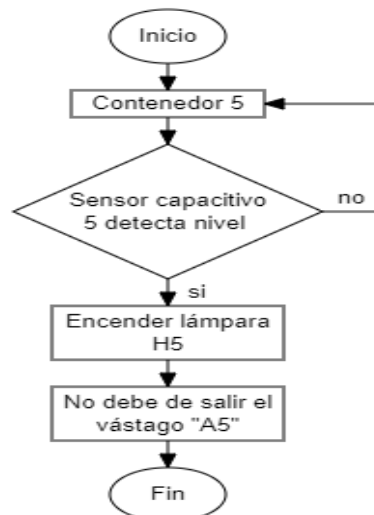


Figura 120. Diagrama de funcionamiento del contenedor 5

f) Diagrama 6: funcionamiento del contenedor 6

En el contenedor 6, cuando el sensor capacitivo detecta el nivel se enciende la lámpara “H5” indicando al operario que debe retirar los envases del contenedor.

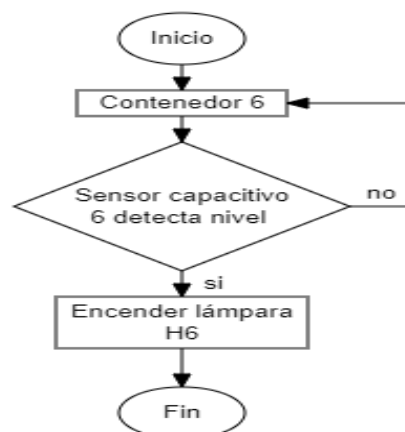


Figura 121. Diagrama de funcionamiento del contenedor 6

5.5. Costos

Tabla 51. Presupuesto parte mecánica

MECÁNICA							
N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	LONG (m)	MATERIAL	CANT.	PRECIO UNIT (S/.)	PRECIO TOT (S/.)
1	Perfil estructural en U	Perfil de dimensiones 160x55x7mm	6	Acero inoxidable	2	S/ 120.00	S/240.00
2	Perfil estructural en U	Perfil de dimensiones 80x45x4mm	6	Acero inoxidable	2	S/84.00	S/168.00
3	Chumacera	Diámetro interior de 1", código UCFL205	-	Acero	4	S/20.00	S/80.00
4	Tubo redondo	Diámetro exterior de 165mm, espesor de 3mm	2	Acero inoxidable	1	S/50.00	S/50.00
5	Plancha	Plancha 5x10(1.5x3m), 1.5 mm de espesor		Acero inoxidable	5	S/480.00	S/2400.00
6	Plancha	Plancha 5x10(1.5x3m), 2 mm de espesor	-	Acero inoxidable	4	S/565.00	S/2260.00
7	Perfil angular	Fierro angular de 11/2"x11/2" x 3 mm de espesor	6	Acero inoxidable	2	S/54.00	S/108.00
8	Perfil angular	Fierro angular de 1"x 1" x 3 mm de espesor	6	Acero inoxidable	7	S/43.00	S/301.00
9	Rueda loca	Capacidad de carga 50 Kg c/u	-	Acero	4	S/18.00	S/72.00
10	Perno cabeza hexagonal	M6x10mm, más arandela	-	Acero inoxidable	70	S 1.20	S/84.00
11	Perno cabeza redonda (Allen)	M6x12mm, cabeza redonda con hueco hexagonal	-	Acero inoxidable	35	S/ 0.90	S/31.50
12	Perno cabeza hexagonal	M10x30mm, 2 arandelas, 1 arandela a presión y tuerca	-	Acero inoxidable	12	S/ 2.20	S/26.40
13	Perno cabeza hexagonal	M12x60mm, 2 arandelas, 1 arandela a presión y tuerca	-	Acero inoxidable	16	S/4.20	S/67.20
14	Perno cabeza hexagonal	M10x50mm, 2 arandelas, 1 arandela a presión y tuerca	-	Acero	14	S/3.40	S/47.60
15	Tuerca hexagonal	M6 rosca final	-	Acero inoxidable	40	S/0.60	S/24.00
16	Barra redonda	1" de diámetro, acabado	2	Acero AISI-1045	1	S/118.70	S/118.70
17	Barra redonda	10 mm de diámetro, acabado	6	Acero AISI-1045	1	S/97.20	S/97.20
18	Barra redonda	Diámetro de 50 mm, acabado pulido	0.4	Nylon	12	S/12.50	S/150.00
19	Cinta Transportadora PVC liso	36cm de ancho, 4 metros de longitud, 3.5mm de espesor	-	PVC liso	1	S/211.00	S/211.00
20	Plancha	70 cm largo, 50 cm ancho, 10 mm de espesor	-	Acero inoxidable	1	S/65.00	S/65.00
21	Tela para entrada y salida	50 cm ancho, 60 cm de largo	-	Tela oscura	2	S/5.00	S/10.00
22	Disco de corte	ABT-751, diámetro de 41/2", espesor de 1mm	-	Para acero	45	S/3.60	S/162.00
23	Disco de desbaste (Flap)	diámetro de 41/2", grado 40	-	Para acero	15	S/7.40	S/111.00
24	Aporte	Aporte para soldadura Tic	-	Acero inoxidable	70	S/0.80	S/56.00
25	Tungsteno	Moradito para acero inoxidable	-	Para acero inox.	4	S/7.00	S/28.00
26	Argón	250L-10mt3	-	Para acero inox.	1	S/50.00	S/50.00
TOTAL							S/ 7,018.60

Tabla 52. Presupuesto parte electrónica

ELECTRÓNICA Y NEUMÁTICA						
N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNIT (S/.)	PRECIO TOT (S/.)	
1	Simatic S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY	Siemens	1	S/1530	S/1530	
2	Sensor de Proximidad Capacitivo CJM34T-30J/H	12-24V	6	S/50	S/300	
3	CDM2 B25-25S-Z-M9PV1-XC6	modelo estándar simple efecto con detectores magnéticos	5	S/120	S/600	
4	Compresor VENTO OM200/6 SILENT Nuai	sin aceite, ligero, práctico y silencioso	1	S/350	S/350	
5	Electroválvula directo 3/2 vías G 1/8"	Agua, aceite y aire	5	S/ 45	S/225	
6	Contactador AC CJX2-1210	Trifásico AC220V 50Hz Bobina 18ª	3	S/64.5	S/193.5	
7	Relé Térmico TESYS 12-18A P/CA Y CC	Regulable (1NA+1NC)	1	S/95	S/95	
8	Pulsador rojo rasante	NC (normalmente cerrado)	2	S/15	S/30	
9	Pulsador verde rasante	NA (normalmente abierto)	1	S/15	S/15	
10	Luz indicadora de potencia de señal	220 VAC	8	S/4.5	S/ 36	
11	Unidad de mantenimiento	FRC	1	S/200	S/200	
12	Guardamotor magnetotérmico	mando por pulsador	1	S/100	S100	
13	Motor WEG 00312ET3EM213TW 3HP	RPM 3/60HZ1200	1	S/700	S/700	
14	Distribuidor de aire		1	S/50	S/50	
15	Sensor de color	Color sensor OT-3-MA	4	S/120	S/480	
16	Sensor fotoeléctrico	PMDLine M30	1	S/ 60	S/ 60	
17	Tablero de control	Para ubicación de parte de control	1	S/150	S/150	
18	Canaleta ranurada.40x25	De polímero para cableado interno	1	S/30	S/30	
19	Cable 2x16 awg	para cableado de motores	5	S/3.4	S/17	
20	Cable 3x20 awg	Para cableado de sensores	20	S/2.5	S/50	
21	Borneras conector de tornillo 2pines	De alta potencia	20	S/0.5	S/10	
TOTAL					S/ 5221.5	

Tabla 53: Costo total de la máquina

COSTO TOTAL	
Parte electrónica y neumática	S/ 5,221.50
Parte Mecánica	S/ 7,018.60
TOTAL	S/ 12,240.10

CONCLUSIONES

1. En esta investigación se diseñó una máquina clasificadora para mejorar la separación de botellas PET originadas por la sociedad, cuyo principal funcionamiento es la detección de colores de botellas y separarlos en diferentes contenedores mediante el accionamiento de cilindros neumáticos que reciben señales de los sensores que son conducidos mediante conductos dejando caer por gravedad las botellas, siendo depositadas en los contenedores para su posterior proceso, se ha realizado el análisis de varios componentes mecánicos considerando: la simplicidad, resistividad, costos, facilidad de construcción, montaje y mantenimiento.
2. En la presente tesis se determinó que los actuadores neumáticos son cilindros de doble efecto y simple efecto, en el que para este proyecto se considera apropiado utilizar el vástago de simple efecto porque es más económico en el mercado. Por otro lado, se identificó electroválvulas de bronce, de acero, pilotadas, válvula 2/2, válvula 3/2, etc. Lo cual, para dicho proyecto, se considera adecuado usar la electroválvula 3/2 porque son utilizadas para gobernar cilindros de simple efecto mediante sus 3 vías, donde el flujo de aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada. Asimismo, mediante cálculos se seleccionó un motor trifásico de 3HP para accionar la faja transportadora.
3. En el estudio se determinó que los métodos fotónicos para la clasificación son equipos ópticos basado en espectroscopia infrarroja, equipos basados en corrientes de Foucault y equipos de visión artificial. Por lo que, para esta investigación se encontró apropiado usar la tecnología óptica, ya que cuentan con sensores como: colorSENSOR-OT-3-MA, Logitech C920, USB Webcam 1080P, etc., que se puede comunicar mediante el protocolo industrial con el controlador utilizado en el proyecto. Asimismo, se pueden almacenar en el sensor los colores que se quiere detectar.
4. En la presente tesis se identificó la existencia de diferentes controladores como: el controlador lógico programable (PLC), microcontroladores y

Raspberry Pi. En lo cual, se logró utilizar el controlador lógico programable de la marca SIEMENS Simatic S7-1200 de modelo CPU 1214C AC/DC/RLY porque es el más apropiado para este proyecto (pueden soportar condiciones adversas asociadas en su entorno, como rangos de temperaturas extremas, ruido eléctrico, etc.) Asimismo, producen sus salidas en menor tiempo posible después de evaluar sus entradas. Además, se puede interactuar con protocolos industriales como Ethernet y variaciones de la serie RS-serial como RS-232, RS-485 para la comunicación.

TRABAJOS FUTUROS

A continuación, se muestran algunos trabajos que se tienen que implementar a futuro para mejorar y actualizar el proceso de selección de botellas:

- Implementar sensores especializados de peso, para medir los pesos de las botellas en cada contenedor.

- Desarrollar una pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina) para interactuar con el proceso en tiempo real.

- Controlar los diferentes tamaños de botellas que ingresan por el carril unificador.

- Establecer espacios atribuidos para el controlador lógico programable (PLC), panel del operador, de modo que se pueda monitorear el funcionamiento de la máquina sin tener contacto con los demás elementos, evitando así el mal manejo de la máquina por descuidos.

REFERENCIAS

1. CHAVEZ, Fabian y VILLEGAS, Sergio . Diseño de una máquina automatizada para la clasificación de presas de pollo . Tesis de pasantía Internacional (Título de Ingeniería Mecatrónica) Santiago de Cali : Universidad Autónoma del Occidente, 2014, 183 pp.
2. PEREZ, Grethell, GÓMEZ, Armando, ANDRADE, Edgar, MIRANDA, José. Máquina prototipo para la identificación y separación de residuos plásticos. *Revista de prototipos tecnológicos*. Setiembre - 2017, **3**(9), 7-13. ISSN-2444-4995.
3. BMI MACHINES. Paso a paso: Cómo se fabrica una botella de PET. *Paso a paso: Cómo se fabrica una botella de PET*. [En línea] BMIMACHINES, Agosto de 2013. [Citado el: 17 de marzo de 2021.] <https://www.bmimachines.com/paso-a-paso-como-se-fabrica-una-botella-de-pet/#:~:text=El%20PET%20se%20fabrica%20mediante,tomar%20cualquier%20forma%20o%20grosor>.
4. CHAVEZ, Walter y otros. Plan de negocio para una empresa dedicada al acopio y comercialización de botellas de plástico PET en Lima Metropolitana. Lima - Perú : ESAN Graduate School of Business, 2019.
5. SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET. Reciclando plástico PET en el Perú. *Reciclando plástico PET en el Perú*. [En línea] PUCP, 14 de Noviembre de 2016. [Citado el: 17 de marzo de 2021.] <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/reciclando-plastico-pet-en-el-peru/>.
6. VILLÓN, Rafael. Gestión transdisciplinaria de residuos sólidos en la política ambiental de la región Junín. Tesis (Doctor en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible).Huancayo – Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017, 172 pp.
7. RAFFO, Francesca . Conoce el proceso de reciclaje de la planta más grande del Perú. *Conoce el proceso de reciclaje de la planta más grande*

del Perú. [En línea] Radio de Programas del Perú, 10 de enero de 2020. [Citado el: 20 de Julio de 2021.] <https://rpp.pe/peru/actualidad/fotos-conoce-el-proceso-de-reciclaje-de-la-planta-mas-grande-del-peru-noticia-1238853?ref=rpp>.

8. CERVANTES, Jesús y PEREZ, José. Método de análisis de vibraciones en sistemas mecánicos multicuerpo. *Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo*. Julio, 2018. **6** (3), 87-93.
9. EAST, Paul. *Envases de plástico - Diseña para recicla*, r2016. Madrid : Ecoembes.
10. AMAYA, Sebastián y PULGARÍN, David. Desarrollo e implementación de un sistema de visión artificial basado en lenguajes de uso libre para un sistema seleccionador de productos de un centointegrado de manufactura (CIM). *Lámpsakos*. Diciembre, 2015, **15**, 53-59. ISSN: 2145-4086.
11. CASTELLANOS, Juliana y CASTAÑEDA, Juan. Diseño e implementación de un sistema automatizado para clasificación del limón Tahití de acuerdo al tamaño y grado de madurez. Tesis (Título de Ingeniero Mecatrónico). Bucaramanga : Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2017, 139 pp.
12. FUSTAMANTE, Wilmer y VÁZQUEZ, Lenin Daniel. Diseño de una máquina automatizada clasificadora de cebolla por tamaño y color. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Pimental : Universidad Señor de Sipán, 2018, 160 pp.
13. MATINEZ, Freddy y CARDENAS, Pedro. Máquina clasificadora de flores: diseño y construcción. *Revista Colombiana de Tecnologías Avanzada*. Octubre, 2015, **1** (27), 40-45. ISSN: 1692-7257.
14. FATHAHILLAH, F. y otros. Implementation of Programmable Logic Controller in multi machine operations with product sorting and packaging based on colour detection. *Materials Science and Engineering*. 2020, **732**, 1-7. ISSN: 012069

15. DEWI, Tresma, RISMA, Pola y OKTARINA, Yurni. Fruit sorting robot based on color and size for an agricultural product packaging system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. Agosto , 2020, **9** (4), 1438-1845. ISSN: 2302-9285.
16. RODRIGUEZ , Haroldb y MENDOZA, A. Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, **844**, 1-14. ISSN 12037.
17. MANDADO, Enrique y otros. *Autómatas programables y sistemas de automatización* . Barcelona : MARCOMBO S.A., 2009. ISBN-13: 987-84267-1575-3.
18. NÚÑEZ, Sergio. Automatización de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales. Tesis (Doctor en Ingeniería Industrial). Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos , 2017, 232 pp.
19. ROMÁN, Pedro y FLORES , Rubén. PLC Básico. [En línea] Lima : Ternium, 2012. [Citado el: 17 de marzo de 2021.] Recuperado de: <https://docplayer.es/197916098-Aprobado-ruben-flores-revisado-pedro-roman-de-leon-manual-de-contenido-del-participante-plc-basico-tx-tip-0005-espanol.html>
20. SEAS, Estudios Superiores Abiertos S.A. *Autómatas programables* . SEAS, 2012. ISBN: 987-84-15545-46-0.
21. OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de control moderna* . ESPAÑA : Pearson, 2010. ISBN: 978-84-8322-660-5.
22. LORENZO, Gonzalo. Automatización de una planta industrial. Memoria de Investigación (Doctor en Automática y Robótica). San Vicente del Raspeig : Universidad de Alicante , 2007, 258 pp .

23. SARMIENTO , Martín . Automatismos eléctricos industriales-1 . [En línea] Lima : Dpto. De Electricidad , 2011. [Citado el: 17 de abril de 2021.] Recuperado de: https://www.academia.edu/33421783/Automatismos_el%C3%A9ctricos_industriales-1_AUTOMATISMOS_CABLEADOS
24. SOLBES, Raúl. *Automatismos Industriales* . España: Ulzama, 2014. ISBN I3: 987-84-7642-920-4.
25. BARREDA, Ángel. Método práctico de obtención de potencia y eficiencias de unidades de bombeo en operación. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. **33**(3), 86-97. ISSN 1815–591.
26. CREUS SOLÉ, Antonio. *Neumática e Hidráulica* . Madrid : Carles Parcerisas Civit (3Q Editorial). 2007. ISBN: 84-267-1420-X .
27. MANDADO, Enrique, y otros. *Autómatas programables de sistemas de automatización*. España : Instituto de Electrónica Aplicada, 200. ISBN-13: 978-84267-1575-3.
28. APAZA, David. *Microcontroladores PIC*. [En línea] Arequipa : Universidad Autónoma San Francisco, 2010. [Citado el: 17 de abril de 2021.] Recuperado de: <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/87/1/LibroPICFinal.pdf>
29. TORRES, Alberto. Diseño de un sistema de control PID de nivel de una esfera accionado por flujo de aire. Tesis (Título de Ingeniero Mecatrónico). Huancayo : Universidad Continental , 2018, 212 pp.
30. BONE, Edwin y ALCALDE, Christian. Diseño de una máquina clasificadora de tomate de 700 [kg/h] de capacidad . Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Quito : Escuela Politécnica Nacional , 2013, 235 pp.
31. BUDYNAS, Richard y KEITH, Nisbett. Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley. Mexico : MC GRAW HILL, 2011. ISBN 978-607-15-0771-6.
32. RIGONAT, Sergio. *Reciclado de material plástico – Taller protegido*. Buenos Aires - Argentina : UNICEN QUEQUÉN, 2015.

33. PAZ, María. *Reciclado de PET a partir de botellas post consumo*. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2016, 190 pp.
34. ECOPLAS. *Manual de valorización de los residuos plásticos*. [En línea] Argentina : Ecoplas, Marzo - 2011. [Citado el: 25 de abril de 2021.] Recuperado de: <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2018/10/manal-valorizacion-residuos-plasticos.pdf>
35. JIMÉNEZ Irene, y otros. *Identificación de plásticos y choque térmico*. Venezuela : Grado en Ingeniería en Tecnologías Aeroespaciales.
36. LUNA , María. *Factores involucrados en el manejo de la basura domestica por parte del ciudadano*. Tesis (Doctor en Psicología Social). Barcelona : Universidad de Barcelona, 2003, 314 pp .
37. CERVERA, Lorenzo. *Tecnologías fotónicas para la clasificación de plásticos* . [En línea]. Valencia : Ainia, 2019. [Citado el: 25 de abril de 2021] Recuperado de: <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/tecnologias-fotonicas-para-la-clasificacion-de-plasticos/>
38. SERRANO, José. *Espectroscopía infrarroja 1-Fundamentos*. [En línea]. Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2012. [Citado el: 16 de abril de 2021] Recuperado de: https://www.upct.es/~minaeees/espectroscopia_infrarroja.pdf
39. PACHECO , Cecilia y ALFONSO, José. *Corrientes de Foucault*. [En línea]. 2009. [Citado el: 16 de abril de 2021] Recuperado de: <https://www.uv.es/martined/tecweb/Foucault.pdf>
40. GRANADOS, María y CARRILLO, Jhoynner. *Diseño y construcción de una máquina clasificadora de duraznos de tipo exportación utilizando inteligencia artificial*. Tesis (Título de Ingeniero Mecatrónico). Bucaramaga : Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020, 74 pp.

41. BERNAL, Cesar. *Metodología de la investigación: para la administración, economía, humanidades y ciencias*. México : Pearson Educación, 2010. ISBN: 978-958-699-128-5.
42. ALEGSA.com.ar. *ALEGSA.com.ar*. [En línea] Alegsa, 28 de 07 de 2015. [Citado el: 04 de 06 de 2020.] Recuperado de: https://www.alegsa.com.ar/Dic/investigacion_tecnologica.php.
43. VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*. Enero, 2009, **33**(1) 155 -165. ISSN: 0379-7082.
44. BLANCO, María . Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo. Tesis (Doctor en Sostenibilidad) Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya , 2018, 189 pp.
45. ARONI, Alex. Diseño de una máquina aporcadora de papa para terrenos de Chupaca. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016, 77 pp.
46. HUARI, Josué. Diseño de una máquina dobladora de estribos y roladora de platinas. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo : Universidad Continental , 2020, 306 pp .
47. ACE, ABB. *Manual técnico de instalaciones eléctricas*. [En línea] Bergamo - Italia : ABB Sace [Citado el: 04 de 06 de 2020.] Recuperado de: <https://library.e.abb.com/public/79e9d70830db5707c125791f0038dfff/Manual%20tecnico%20de%20instalaciones%20electricas.pdf>
48. MATEOS, Felipe. *Autómatas Programables: Introducción al estándar IEC-61131*. Gijón : Enia-Entornos Integrados de Automatización , 2006.
49. ELECTRIC, SCHNEIDER. *Manual electrotécnico*. España : Schneider Electric España, S.A., 1999.
50. MAYA, Juan. Diseño y simulación del sistema de control y supervisión de cargue y descargue de granos para puertos usando PLC y SCADA. Tesis

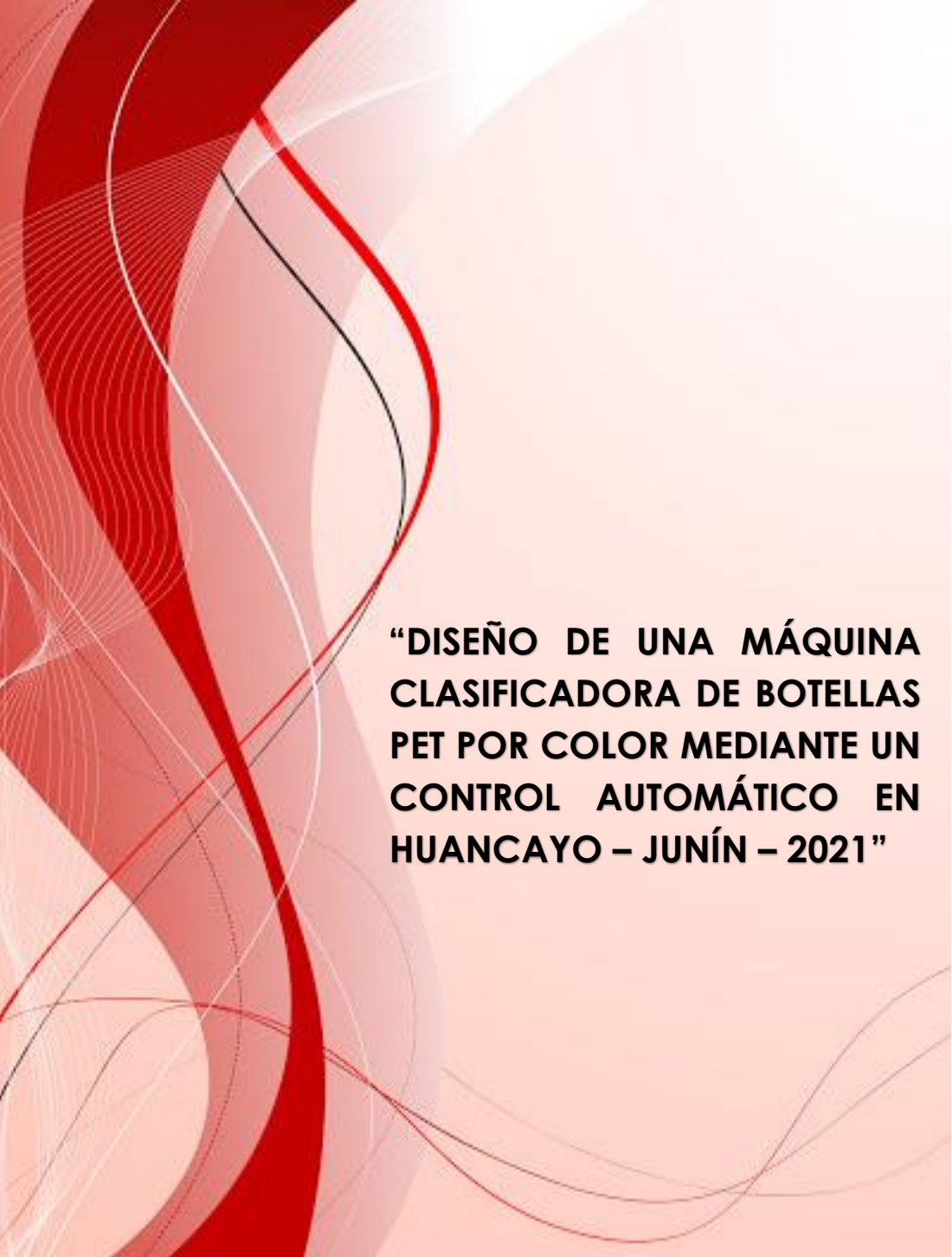
(Título de Ingeniero Electrónico). Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2016, 88 pp.

51. BUENACHE, Alejandro. Teoría, diseño y simulación de componentes y circuitos para la docencia interactiva vía WEB. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Madrid : Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior Departamento de Ingeniería Mecánica, 2010.
52. VERA, Fredy. Diseño y dimensionamiento de instalación de aire comprimido para Laboratorio de Neumática en la FETD-UCSG . Tesis (Título de Ingeniero Eléctrico - Mecánico). Ecuador : Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019, 93 pp.
53. CHEN, Yufan y WANG, Kaiyong. Spatial Classification and Environmental Treatment Protocols of Solid Waste Sources—A Case Study of Shengzhou, China. China : Sustainability. Abri - 2020, **12** (9), 2-16, ISSN 12093594.
54. RANDHAWA, Gurjit S., HILL, Kathleen A. y KARI, Lila. ML-DSP: Machine Learning with Digital Signal Processing for ultrafast, accurate, and scalable genome classification at all taxonomic levels. *BMC Genomics*. Diciembre - 2019, **20** (267), 1- 21. ISSN: 1471-2164

ANEXOS

Anexo 1

Manual de usuario y mantenimiento



**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA
CLASIFICADORA DE BOTELLAS
PET POR COLOR MEDIANTE UN
CONTROL AUTOMÁTICO EN
HUANCAYO – JUNÍN – 2021”**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	177
1.1. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	177
2. DESCRIPCIÓN.....	178
3. INSTALACIÓN	179
3.1. OBRAS PREVIAS	179
3.2. PROCESO DE INSTALACIÓN.....	179
4. FUNCIONAMIENTO.....	181
4.1. DESCRIPCIÓN.....	181
4.2. INICIALIZACIÓN.....	182
4.3. TEST DE FUNCIONAMIENTO	182
4.3.1. Alimentación eléctrica.....	182
4.3.2. Comunicaciones generales	182
5. MANTENIMIENTO	183
5.1. MANUAL DE MANTENIMIENTO	183
5.1.1. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	184

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

ADVERTENCIA – LEER ANTES DE TRABAJAR CON LA MÁQUINA

➤ INFORMACIÓN IMPORTANTE

Inspeccionar de manera inadecuada las siguientes instrucciones pueden ocasionar lesiones en el personal o daños en la máquina

- No quitar las placas y señalizaciones de advertencia o instrucciones de la máquina. Esta información debe ser legible en todo momento.
- No utilizar la máquina sin una toma a tierra apropiada para eliminar peligros de choque eléctrico.
- Las puertas de los tableros eléctricos deben estar cerradas y bloqueadas ya que se trabaja con alto voltaje. Abrir las puertas supone exponerse a voltajes peligrosos.
- Cuando la máquina está siendo reparada la tensión debe estar desconectada.
- No poner jamás las manos u objetos sobre la máquina cuando esté en funcionamiento.

• OPERADOR

Esta máquina está diseñada para mejorar la separación de botellas PET. Nunca exceda la capacidad máxima de carga como se muestra en la etiqueta de accesorios y carga.

• USO

Esta máquina está diseñada para ser utilizado especialmente en plantas procesadoras de reciclaje de botellas PET.



• GUÍA DE PARADA DESPUÉS DE USO

En casos de paradas de la máquina por cortos periodos, requiere tomar ciertos pasos para reducir los efectos del deterioro y conservación de la máquina. Además, los arreglos necesarios se deben hacer después de parar la máquina, de otro modo, las reparaciones se pueden olvidar para cuando la máquina sea dejada por el operario después del uso.

PARADA DESPUÉS DE USO

1. Lubrique los rodamientos.
2. Comprobación del buen estado de la faja transportadora.
3. Comprobación de que no haya algún desperfecto en los cables externos de los siguientes: mangueras de los cilindros neumáticos, cables de la conexión al motor, cables de las lámparas y sensores señalizadores que se encuentran en los contenedores.
4. Las conexiones del tablero de control, si hay alguna anomalía en alguno de los componentes electrónicos.
5. Alguna botella que se haya quedado u obstruido o trancado en la faja transportadora.
6. Dejar vacío los contenedores de botellas para el inmediato uso de la máquina.

FUNCIONAMIENTO AL SIGUIENTE DÍA

1. Realice todas las inspecciones y chequeos pre-funcionamiento.
2. Verifique que este bien colocados los contenedores para su correcto depósito.
3. Prenda los aparatos externos que va utilizar la máquina para su correcto funcionamiento.
4. Encienda la máquina y escuche minuciosamente algún sonido de anomalía.



Si usted no lo va a almacenar, pero quiere evitar que los rodamientos de la faja se peguen y oxiden por el no uso, puede encender la máquina tres veces por semana por un periodo de 1 hora, pero no encender otro sistema que no sea la faja.

ES RESPONSABILIDAD DEL USUARIO EL ESTAR SEGURO DE QUE LA MAQUINARIA ESTÁ EN PERFECTAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN TODO MOMENTO Y QUE EL OPERARIO CUMPLA TODAS LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO APROPIADAS QUE SE INDICAN EN EL MANUAL Y EN LAS PLACAS DE ADVERTENCIA E INSTRUCCIONES.

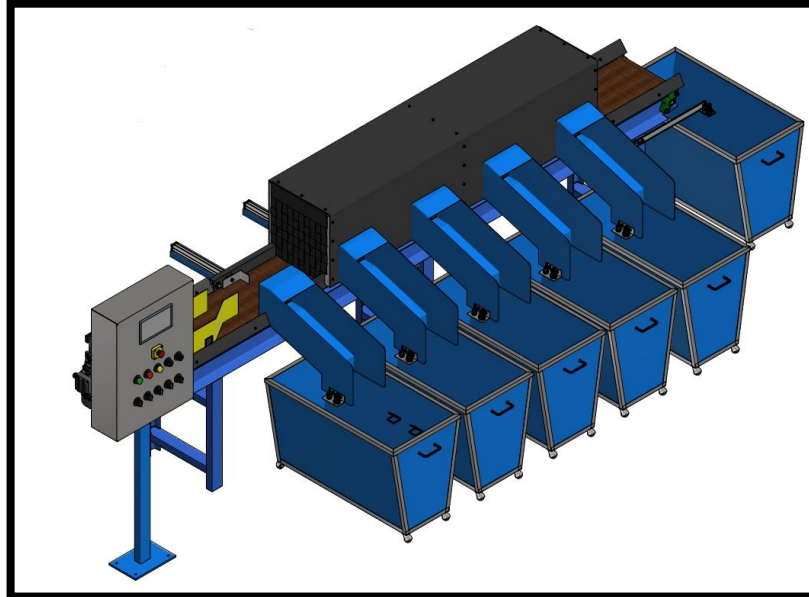
2. DESCRIPCIÓN

A continuación, se describe las características de los diferentes componentes de la máquina.

La máquina clasificadora de botellas PET consta de una banda transportadora que traslada de posición a las botellas con la finalidad de clasificarlos en distintos colores y diferentes contenedores para su posterior proceso, el mecanismo de clasificación se da mediante cilindros neumáticos de simple efecto, cuando los sensores detectan el color establecido accionan al cilindro para ser trasladado mediante un conducto que por gravedad



deja caer a las botellas en contenedores diferentes donde es controlado por un sensor para medir el nivel de llenado, y cuando se cumple dicha tarea la lámpara indique su traslado y vaciado en un siguiente proceso.



Las características generales de la máquina son:

- Alimentación eléctrica trifásica 220VAC - 60Hz.
- Detección de referencia por sensores infrarrojos, sensores de proximidad.
- Motor eléctrico 220 AC trifásico.
- Tablero de control gobernada por un PLC S7-1200.
- Actuares principales cilindros neumáticos de simple efecto.

3. INSTALACIÓN

3.1. OBRAS PREVIAS

Se debe disponer de una toma de corriente trifásica a 220 VAC con toma de tierra para el buen funcionamiento de la máquina. Es aconsejable instalar la máquina en una sala con el suelo nivelado, donde no haya grandes diferencias de temperaturas y humedades, buena limpieza, ya que las malas condiciones ambientales pueden repercutir en el correcto funcionamiento y en la vida de la máquina.

3.2. PROCESO DE INSTALACIÓN

Para instalar la maquina se deberá seguir una secuencia para facilitar el montaje.

- La primera medida necesaria es quitar los precintos de seguridad del tablero de control. Una vez quitadas se procederá a colocar el tablero en el lugar correspondiente.

Para ello seguir la secuencia siguiente:

1. Hacer 4 perforaciones al piso en el lugar establecido.
 2. Insertar 4 taburetes en cada agujero.
 3. Empernar el tablero al piso por medio de 4 pernos de 3/8".
 4. Desenredar el cable de poder que alimentara la máquina.
 5. Amarrar con precintos el cable por donde no obstruya el funcionamiento de la máquina.
 6. Abrir el tablero de control y subir el interruptor termomagnético principal.
-
- Verificar si los cilindros neumáticos estén bien asegurados por los pernos en la estructura de la banda transportadora.
 - Realizar las conexiones de los distintos sensores y lámparas al tablero de control.
 - Realizar las conexiones de la alimentación de aire (máquina compresora de aire) a los cilindros neumáticos para su correcto funcionamiento.
 - Asegúrese que la máquina este bien colocada para evitar movimientos innecesarios después de arranque.
 - Colocar los contenedores en cada conducto para el almacenamiento de las botellas plásticas.
 - Verificar que los sensores estén bien ubicados para su correcto sentido.
 - Verificado todo, presionamos el botón Start (botón verde del tablero) y comenzara a funcionar la máquina.
 - Insertar las botellas a la faja para visualizar el funcionamiento y la clasificación de las botellas.

IMPORTANTE

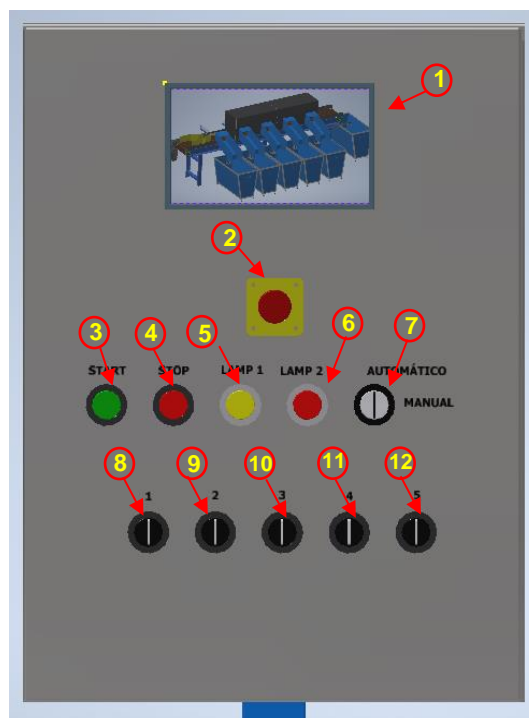
Al transportar la máquina, siempre se debe realizar en forma vertical y con la base en el suelo, bajo ninguna circunstancia se debe poner la máquina en otra posición, puesto que significaría un deterioro de los sistemas, así como la torcedura de otros sistemas como los cilindros neumáticos y conductos.

Para proceder con la instalación, procure apagar todos los mecanismos como: Válvulas, motor y también hay que desenergizar por completo el sistema. Una vez suministrada la energía, dejar unos cuantos minutos para calentar la máquina.

4. FUNCIONAMIENTO

4.1. DESCRIPCIÓN

El tablero de control dispone de un pulsador de parada de emergencia (2), dos pulsadores de arranque y paro (3)(4), dos lámparas pilotos de indicador y anomalía (5)(6), un selector de modo de uso manual y automático (7) y cinco selectores para cada cilindro neumático (8)(9)(10)(11)(12).



La máquina instalada opera de forma manual y automática, para ello se tiene dicho pulsadores y conmutadores en el tablero de control.

- Al levantar la cuchilla electromagnética alimentamos a todo el tablero de control con el voltaje trifásico de 220 VAC.
- Los pulsadores de arranque y parada son para inicializar y parar la máquina, el pulsador verde “Start” (3) es para iniciar la máquina, el pulsador rojo “Stop” (4) es para parar la máquina.
- El pulsador de parada de emergencia (2) corta toda la energía de la máquina haciendo parar por completo el funcionamiento.
- Si se enciende la lámpara amarilla (5) indicación de que algún cilindro neumático no está en su posición inicial (retraído), si se enciende la lámpara

roja (6) indicación de que hay alguna anomalía en el sistema y automáticamente la máquina deja de funcionar, no alarmarse, un especialista tendrá que revisar la anomalía en el menor tiempo posible.

- El conmutador selector (7) sirve para poner la máquina en forma automática o manual, automática para que el proceso no requiera intervención del operario, manual para comprobar el correcto funcionamiento o avería de algún cilindro neumático.
- Los conmutadores selectores (8)(9)(10)(11)(12), sirven para la manipulación de forma manual, si en caso sufre alguna avería un cilindro neumático, y la manipulación de solo dicho cilindro.

4.2. **INICIALIZACIÓN**

Cada vez que el usuario desee trabajar con la máquina deberá seguir una secuencia de encendido y ejecutar unas operaciones de inicialización.

Para iniciar asegúrese de tener la máquina conectada a una red trifásica de 220V / 50- 60Hz. En seguida siga las siguientes instrucciones.

- Levantar la cuchilla termomagnética donde alimenta todo el tablero de control.
- Accionar el pulsador de Start en seguida debe comenzar a funcionar la máquina.
- Coloque algunas botellas de forma aleatoria para su comprobación
- Abastezca de manera continua las botellas plásticas.
- Asegúrese que estén bien ubicados los contenedores para su almacenamiento.

Luego de haber trabajado con la máquina y desea apagarlo cerciórese que no quede ninguna botella o algún otro objeto en la banda transportadora.

4.3. **TEST DE FUNCIONAMIENTO**

Tras haber realizado el proceso de inicialización se procederá a realizar unas acciones que permitan el correcto funcionamiento de la máquina y así localizar errores o anomalías.

4.3.1. **Alimentación eléctrica**

En caso de que al accionar el pulsador Start no se encienda la banda transportadora:

1. Verifique la conexión a la red, probablemente el cable de alimentación de la banda no está enchufado.
2. Conexiones internas de alimentación erróneas, vea la sección 5.

4.3.2. **Comunicaciones generales**

Pretende comprobar el correcto funcionamiento del sistema de comunicaciones a nivel general.

1. Cable de los sensores conectados incorrectamente.
2. El botón de emergencia no se libera correctamente.
3. Cable de comunicación de los actuadores con el PLC desconectado o conectado erróneamente.

5. MANTENIMIENTO

La mayor parte del mantenimiento general a realizar por los usuarios de la célula se refiere a una limpieza básica, engrase y a unas rutinas de trabajo con la finalidad de establecer unos hábitos generales para el buen funcionamiento de la máquina.

El usuario de la máquina es la persona más capaz de observar cambios en su funcionamiento, siendo de ayuda para describir los fallos.

El mantenimiento general se traduce en:

1. Mantener la banda limpia y engrasada.
2. Controlar que el tablero de control, pulsadores, selectores, etc. estén limpios y exentos de polvo, grasa o aceite.
3. Comprobar visualmente que la banda transportadora no esté obstruida por alguna botellas u objeto diferente.

LEA ESTE MANUAL DEL PROPIETARIO CUIDADOSAMENTE

Preste especial atención a los mensajes de seguridad que aparecen por todo el manual. Estos mensajes están explicados en su totalidad en la sección "Manual de mantenimiento". Este manual debe ser considerado como una pieza permanente de la máquina y debe permanecer en esta máquina al ser revendido.

5.1. MANUAL DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento frecuente hace que el equipo funcione de forma correcta y no acorte su vida, asimismo mejora las condiciones sanitarias. Procure que un técnico capacitado realice las actividades de mantenimiento y reparación.

Advertencia



Durante las actividades de mantenimiento, siempre apague la máquina desde el interruptor principal y/o desconéctela del enchufe.

Observe los intervalos de servicio recomendados. Los mantenimientos fuera de tiempo traen consecuencias como, reparaciones mayores, costosas y posiblemente la garantía del equipo quede invalidada.

Datos generales

Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	+5° a +30°C / 41° a +86°F
Temperatura de transporte	-25° a +55°C / -13° a +131°F
Posicionamiento	En interiores, con superficie nivelado y libre de obstrucciones.

5.1.1. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Realice la inspección en cada período de mantenimiento programado.

I: INSPECCIONAR

C: LIMPIAR

R: REEMPLAZAR

A: AJUSTAR


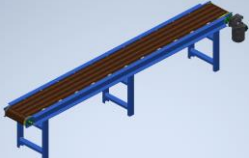




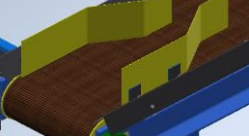
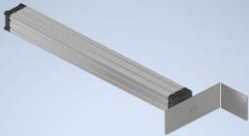
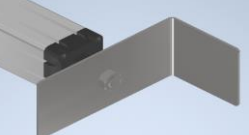
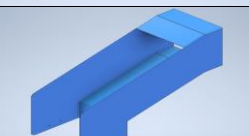
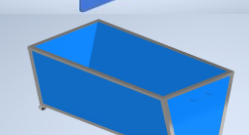
L: LUBRICAR

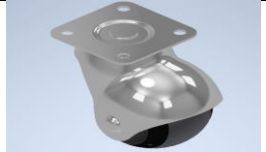


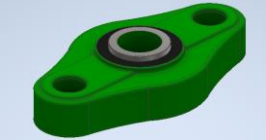
- El siguiente Programa de Mantenimiento especifica todo el mantenimiento requerido para mantener la máquina en perfectas condiciones de operación. El trabajo de mantenimiento debe ser realizado de acuerdo a los estándares y especificaciones de los fabricantes, por técnicos debidamente entrenados y equipados.
- Debe ser revisado por personal calificado, a menos que el dueño tenga las herramientas apropiadas, la información de servicio disponible y esté calificado mecánicamente.
Refiérase al Manual Oficial de la máquina.
- Con el interés de la seguridad, recomendamos que estos ítems sean atendidos únicamente por personal calificado.

NOTAS:

(1) *Revísese con mayor frecuencia, cuando se opere en áreas inusualmente húmedas o sucias.*

(2) *Revísese con mayor frecuencia cuando se opere a altas velocidades*

FRECUCENCIA ÍTEM	El que ocurra primero	→						Observaciones	
		Mantenimiento	1°	2°	3°	4°	5°		
		Días	15	30	60	120	180		
	Nota	Cantidad de clasificación (miles de botellas plásticas)	75	150	300	600	900		
Línea de alimentación					I		I	Inspeccionar cortos circuitos, malos contactos.	
Faja transportadora				I C	I C	I C	I C	Inspeccionar y limpiar.	
Sensor infrarrojo				I	I C	I A C	I A C	Reemplazar desde de 1 año de ser necesario.	
Sensor fotoeléctrico				I	I C	I A C	I A C	Reemplazar desde de 1 año de ser necesario.	
Sensor de proximidad				I	I C	I A C	I A C	Reemplazar desde de 1 año de ser necesario.	
Lámpara piloto						I C	I C	I C	Inspeccionar y limpiar.
Carril unificador				I C	I A	I C	I A	I C	Inspeccionar, ajustar y limpiar.
Cilindro neumático					I	I	I C	I A C	Inspeccionar conexiones de válvulas, limpiar y ajustar.
Plancha de empuje					I	I	I A	I A C	Inspeccionar, ajustar el perno, limpiar suciedades.
Conducto de selección						I	I C	I C	Inspeccionar alguna botella atorada, limpiar.
Contenedores					I C	I C	I C	I C A	Inspeccionar, limpiar y ajustar al lugar.

Llantas (rueda loca)			I	I C	I C A	I C	I C A	Inspeccionar, ajustar pernos y limpiar.
Ejes de banda				I C	I C	I C	I C A	Inspeccionar, limpiar y ajustar.
Motor				I	I	I C	I A	Inspeccionar algún calentamiento y conexiones, limpiar y ajustar.
Chumaceras			L	L	I L	I C L	I L	Lubricar con frecuencia, inspeccionar y limpiar.

Si se presenta o detecta alguna falla técnica, por favor hacer use la lista de verificación, y compruebe si puede repararlo.

Listado de verificación y guía de solución de problemas

FALLA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
La máquina no prende	Enchufe mal conectado	Verifique la conexión al interruptor
	La protección de falla a tierra en el panel eléctrico se ha disparado	Verificar el panel eléctrico
	Se ha fundido un fusible en el panel eléctrico	Verificar el panel eléctrico
	El pulsador de para de emergencia está enclavado	Desenroscar hacia la dirección que indique el pulsador
Los pulsadores o selectores no funcionan	El pulsador o selector no hace contacto	Habrán el tablero eléctrico y fíjese en las conexiones con un destornillador.
Uno de los cilindros neumáticos no funciona	No hay energía, no hace un buen contacto en la alimentación	Habrán el tablero eléctrico y fíjese en el cable de alimentación
	No es abastecido por aire	Fíjese que la máquina abastecedora de aire este encendida
	Las válvulas de pase no funcionan	Revise las conexiones de las mangueras de aire
		Asegúrese de que las válvulas de pase estén abiertas
	Válvulas de pase en mal estado, se recomienda cambiarlos	
Accionamiento del vástago lento	Lubricar el vástago	
No hay energía, no hace un buen contacto en la alimentación	Habrán el tablero eléctrico y fíjese en las conexiones de un mal contacto con un destornillador.	

Las botellas PET no se alinean	El carril unificador esta desajustado	Verificar los carriles este bien ubicados y ajustados de cada lado
No clasifica las botellas PET por colores	El sensor fotoeléctrico no esté funcionando correctamente.	Calibrar de acuerdo a los tipos de materiales
		Revise si algún objeto esta obstruido cerca del sensor
	Los sensores infrarrojos no estén funcionando correctamente	Revisar la alimentación
		Calibrar de acuerdo a los tipos de colores
No indica el llenado de los contenedores	Las lámparas pilotos no funcionan	Revise si algún objeto esta obstruido cerca del sensor
		Revisar la alimentación
	Los sensores de proximidad no funcionan	Verificar la alimentación
		Lámparas en mal estado, cambie de lámpara piloto
		Calibrar de acuerdo a la distancia requerida
		Verificar la alimentación

Fuente: elaboración propia.

SÍMBOLOS USADOS

Peligro

Usted puede morir o ser seriamente herido si no sigue las instrucciones.

Riesgo de choque eléctrico; antes de abrir o quitar el enchufe de la conexión.



Acceso solo para personal calificado

Advertencia

Usted puede ser herido si no sigue las instrucciones.



Algún mecanismo en mal funcionamiento

Anexo 2 Matriz de consistencia

Título: “Diseño de una máquina clasificadora para mejorar la separación de botellas plásticas en organismos recolectores de residuos sólidos en Huancayo - Junín - 2021”

Tabla 54. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	RESULTADOS ESPERADOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿¿Cómo realizar el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021? 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo – Junín – 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados mostrarán la mejora en el proceso de separación de botellas PET por color mediante un control automático, donde lo que se esperan de la máquina clasificadora de botellas PET son: identificar si el objeto ingresado en la faja transportadora es diferente a la botella, separar botellas plásticas según sus colores en diferentes contenedores e informar al operario si los contenedores se encuentran llenos. 	<p>Independiente: Máquina clasificadora.</p> <p>Dependiente: Separación de botellas PET.</p>	<p>Metodología general:</p> <p>Método deductivo.</p> <p>Metodología específica:</p> <p>Método de diseño de la norma VDI 2221</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Tecnológico.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Aplicado.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo seleccionar elementos mecánicos y eléctricos para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021? • ¿Cómo seleccionar los sensores para detectar el tipo de material, color de botellas y el nivel de llenado en cada contenedor para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín -2021? • ¿Cómo implementar un sistema de control para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021? 	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar elementos mecánicos y electrónicos para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín -2021. • Seleccionar los sensores para detectar el tipo de material, color de botellas y el nivel de llenado en cada contenedor para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021. • Implementar un sistema de control para el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para la selección de elementos mecánicos se realiza cálculos y para poder corroborar se utiliza simulaciones en el software Autodesk Inventor. También, para una óptima selección de componentes electrónicos se realiza mediante las normas establecidas. • La tecnología óptica en lo cual se utiliza cuatro sensores colorSENSOR-OT-3-MA, seleccionarán las botellas de plástico por colores blanco, verde, azul-celeste y roja-guindo. • El controlador lógico programable PLC siemens S7-1200 CPU 1214C. Se recaba información de los sensores, esa información se procesa mediante un programa, finalmente mediante una serie de toma de daciones se controla los actuadores. 		

Anexo 3

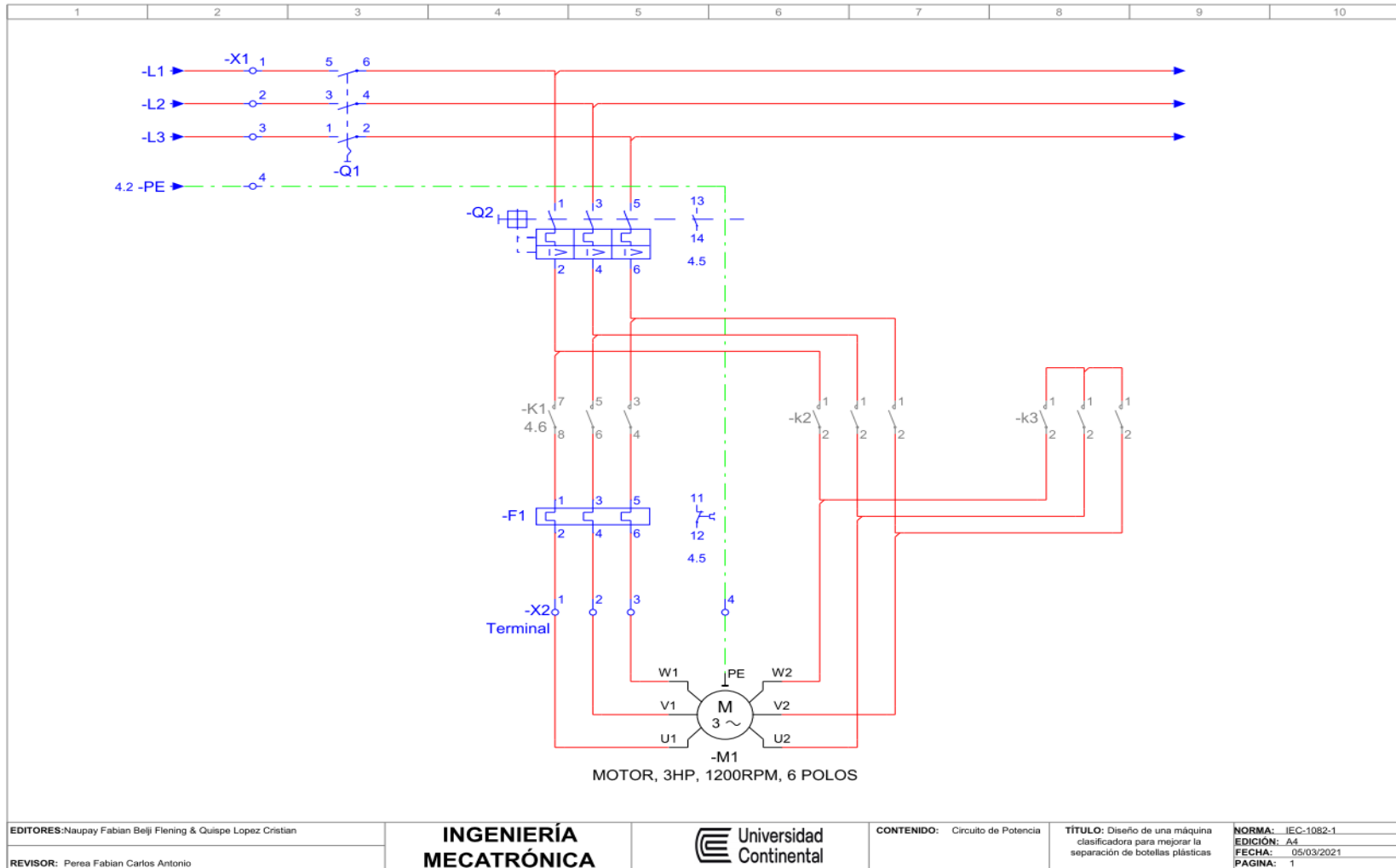
Matriz de operacionalización

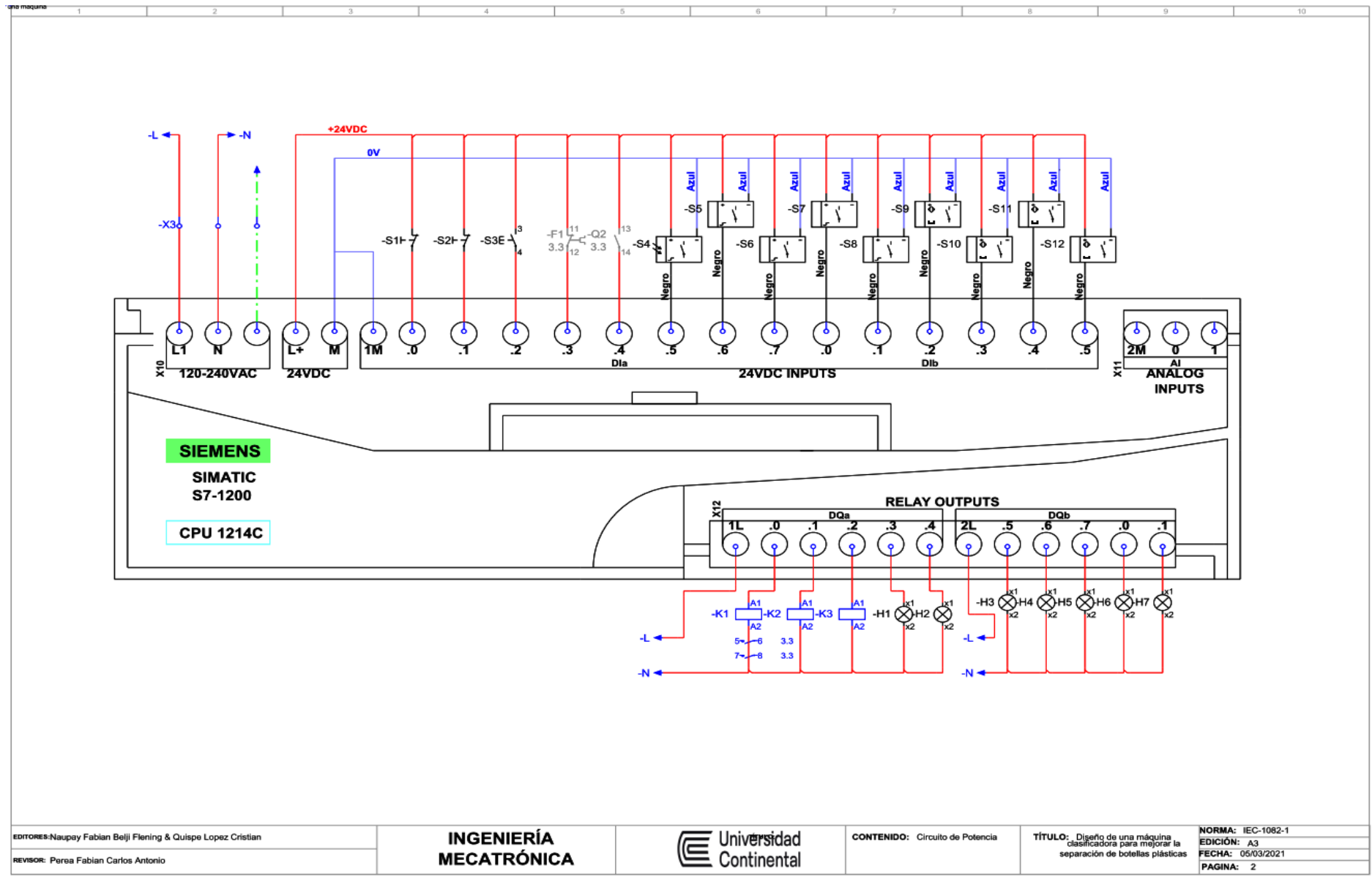
Tabla 54. *Matriz de operacionalización*

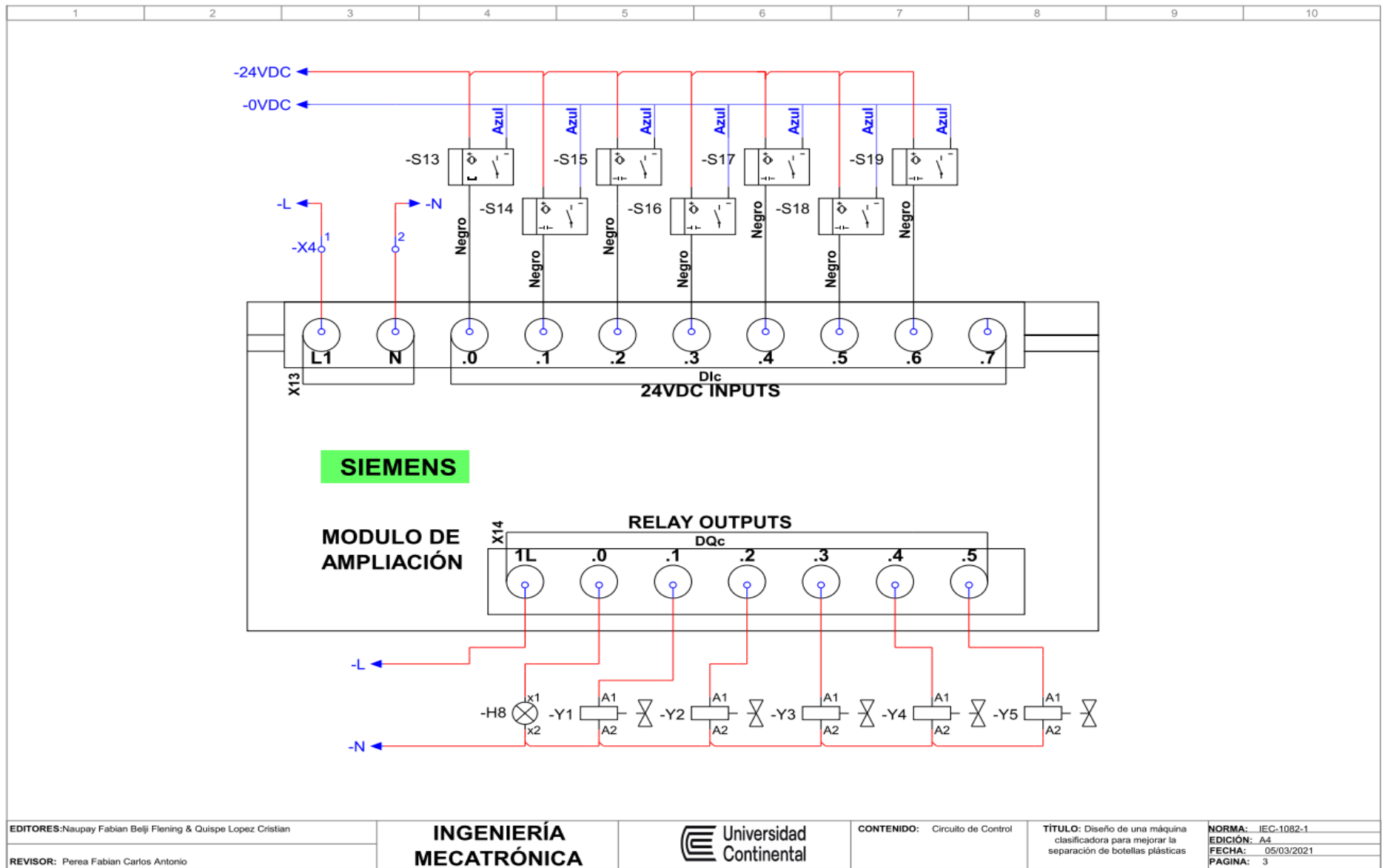
VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	FUENTE	INSTRUMENTOS
Máquina clasificadora X1	Aparato fabricado y compuesto por un conjunto de piezas ajustadas entre sí que se usa para facilitar la separación y realizar un trabajo determinado.	Rendimiento	Velocidad de separación	Especificaciones de sensor contador de objetos: http://www.industrialcontroles.com/downloads/Z3%20ESPECIFICACIONES.pdf	Sensor contador de objetos. Z3D-100C(N4/P4)
			Mantenimiento	Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos Link: http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index	Método MTBS (Tiempo Medio Entre Paradas)
Separación de botellas PET Y1	Formar grupos homogéneos de botellas plásticas entre las cosas que estaban mezcladas con otras.	Termoplásticos	Color	Manual de plásticos para diseñadores Link: http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/Art%C3%ADculos/MANUALES/Manual%20de%20PI%C3%A1sticos%20para%20dise%C3%B1adores%20Shastri%20Corr%204.pdf Especificaciones de sensor de color: https://mesurex.com/wp-content/uploads/2018/07/dax-colorSENSOR-OT-3-MA-en.pdf	Sensor de color: colorSENSOR OT-3-MA

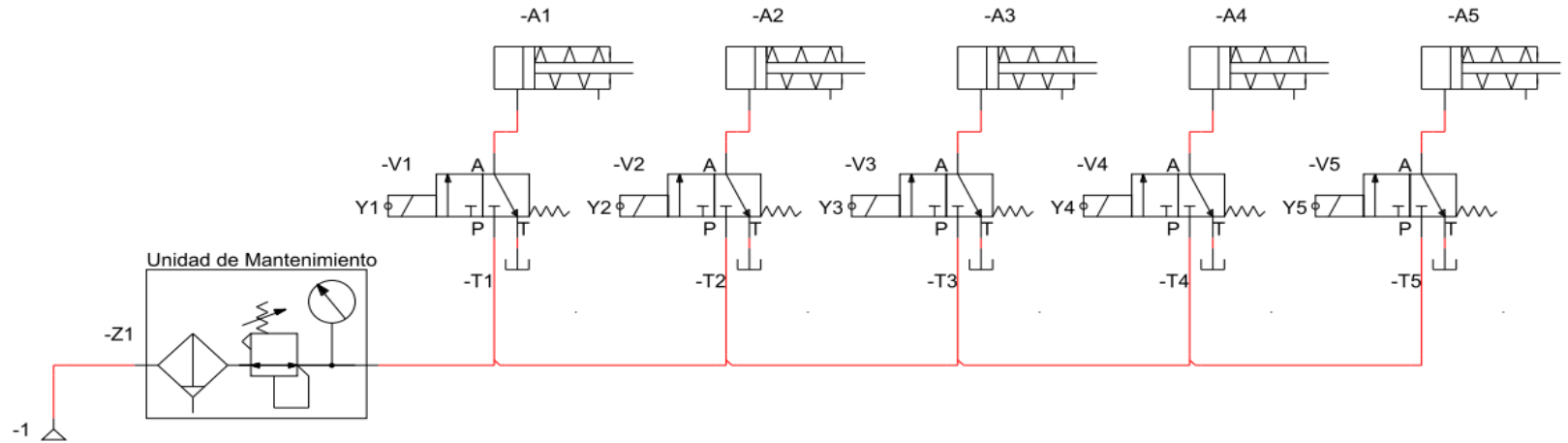
Anexo 4

Planos eléctricos a detalle









EDITORES: Naupay Fabian Belji Flening & Quispe Lopez Cristian

REVISOR: Perea Fabian Carlos Antonio

**INGENIERÍA
MECATRÓNICA**



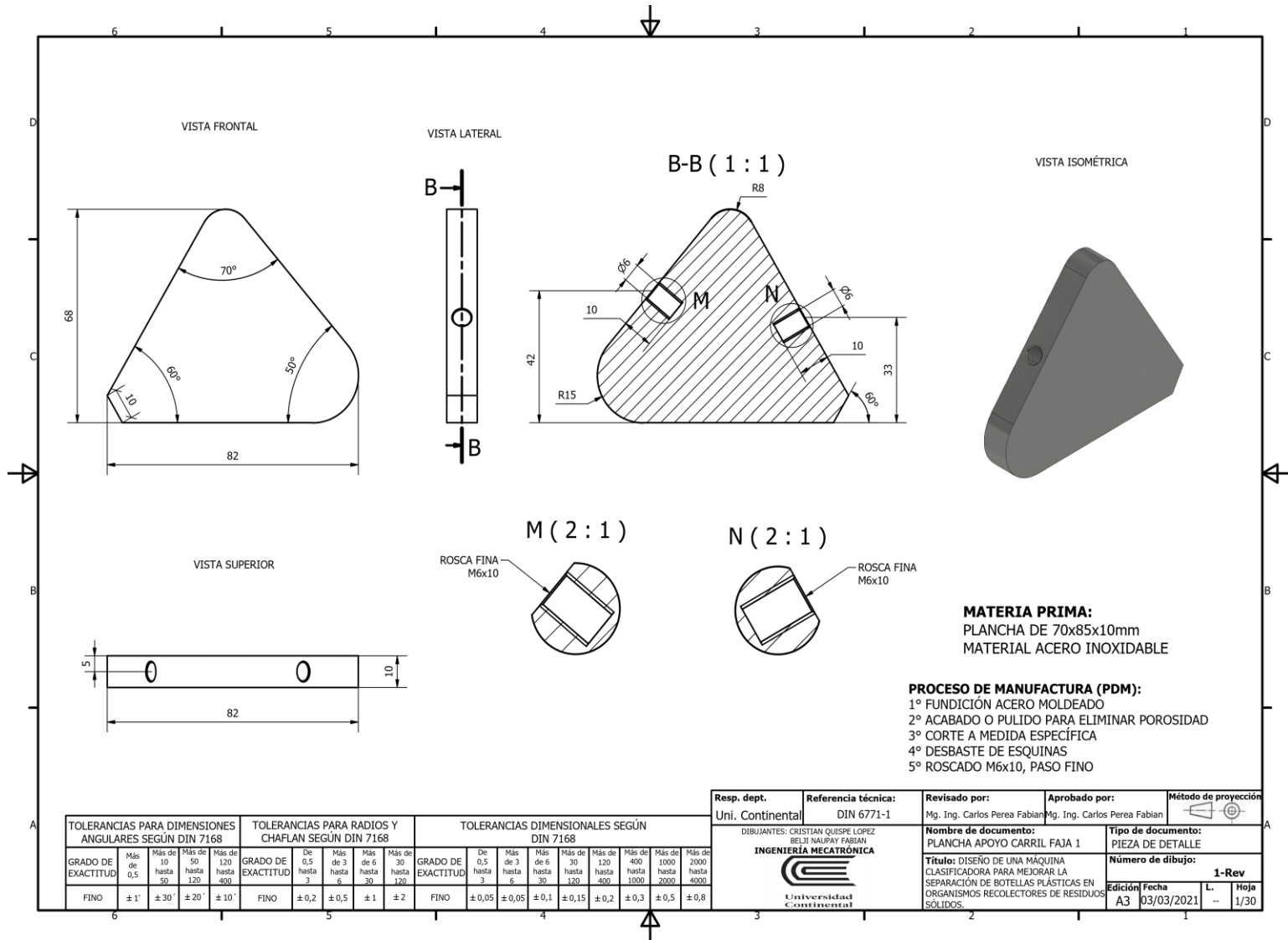
CONTENIDO: Circuito de Neumático

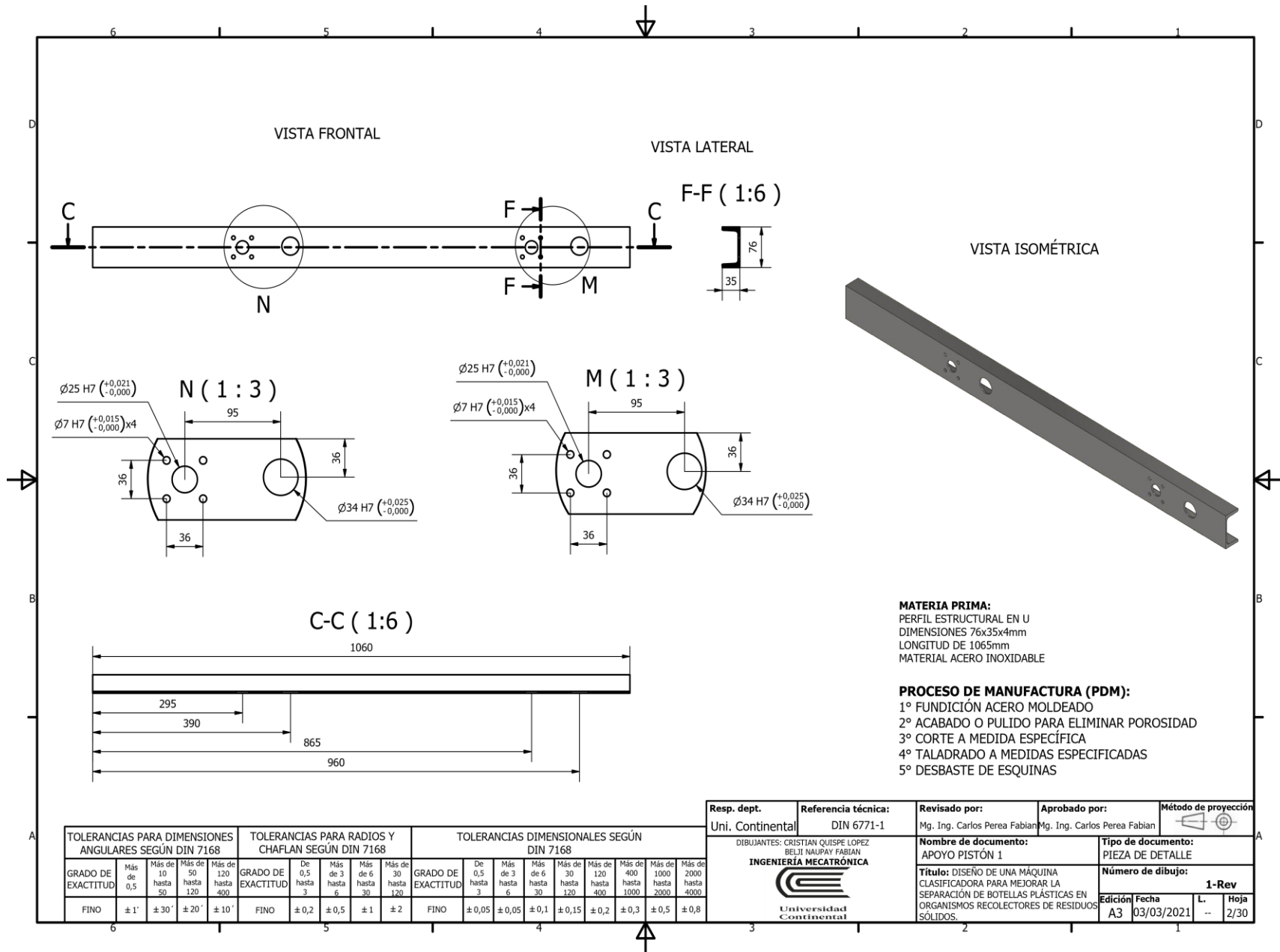
TÍTULO: Diseño de una máquina clasificadora para mejorar la separación de botellas plásticas

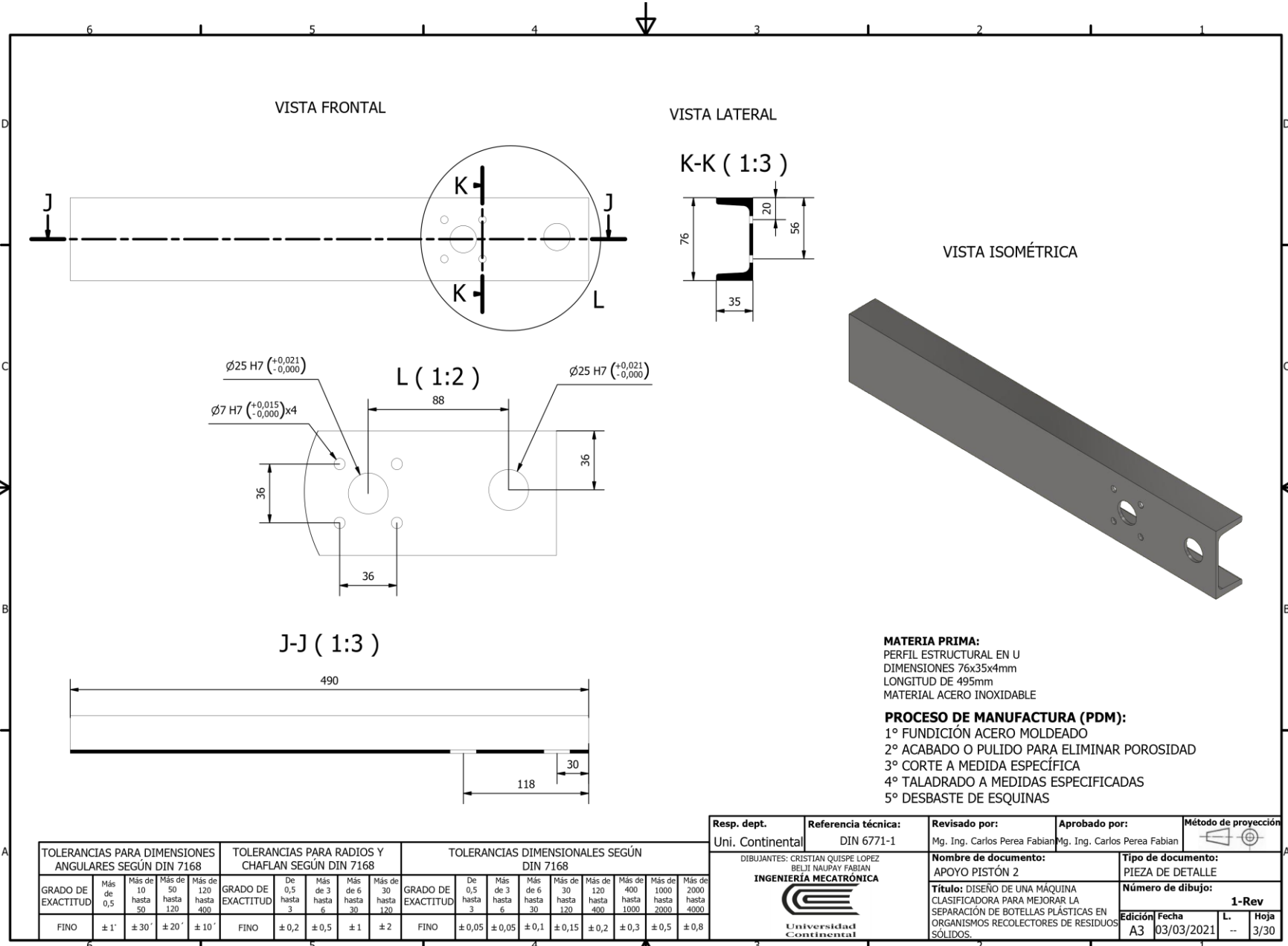
NORMA: IEC-1082-1
EDICIÓN: A4
FECHA: 05/03/2021
PAGINA: 4

Anexo 5

Planos mecánicos a detalle





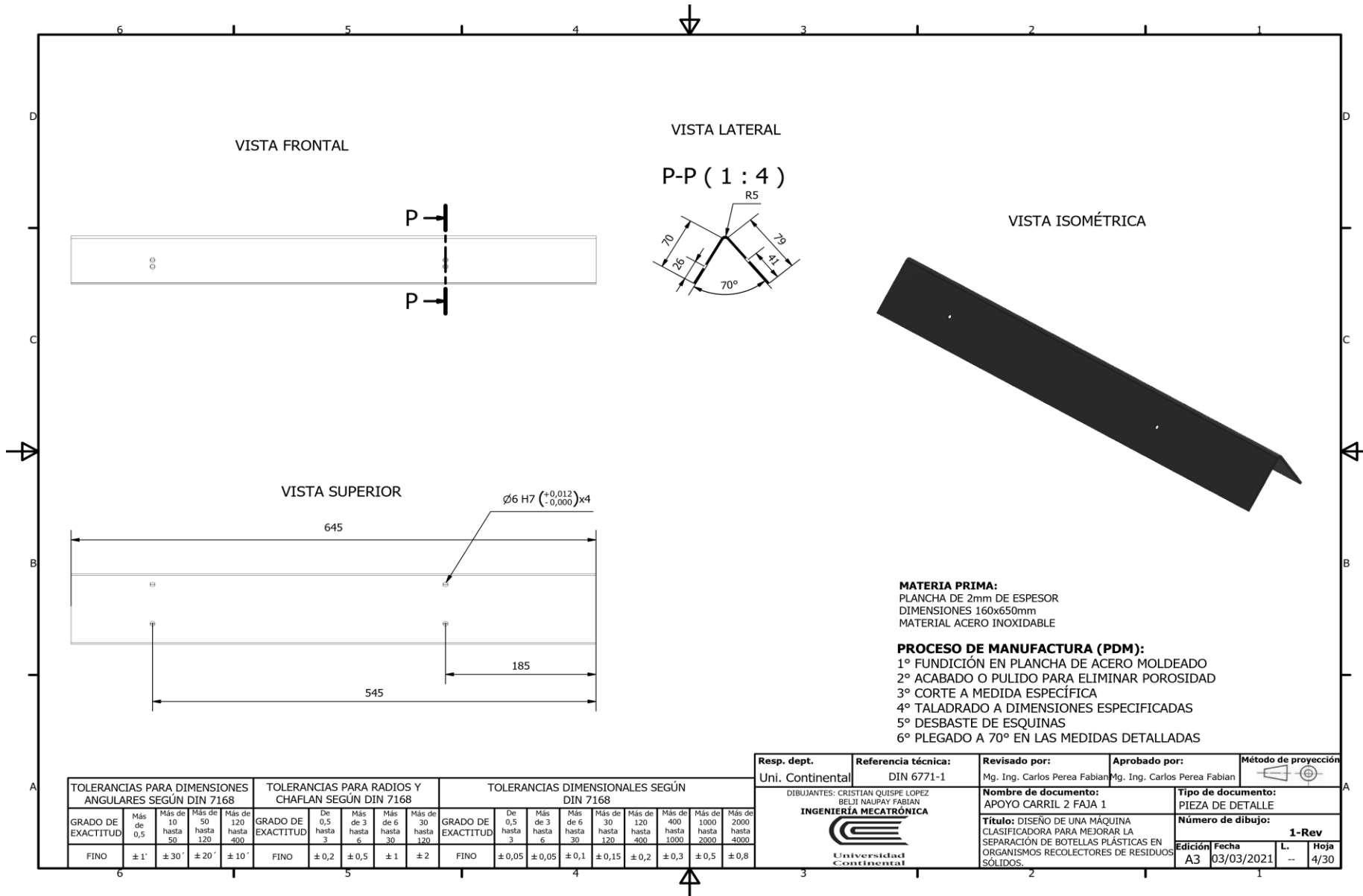


MATERIA PRIMA:
 PERFIL ESTRUCTURAL EN U
 DIMENSIONES 76x35x4mm
 LONGITUD DE 495mm
 MATERIAL ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º FUNDICIÓN ACERO MOLDEADO
 2º ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3º CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4º TALADRADO A MEDIDAS ESPECIFICADAS
 5º DESBASTE DE ESQUINAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000	
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEP LOPEZ BELJI NAURY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: APOYO PISTÓN 2		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. -- Hoja 3/30

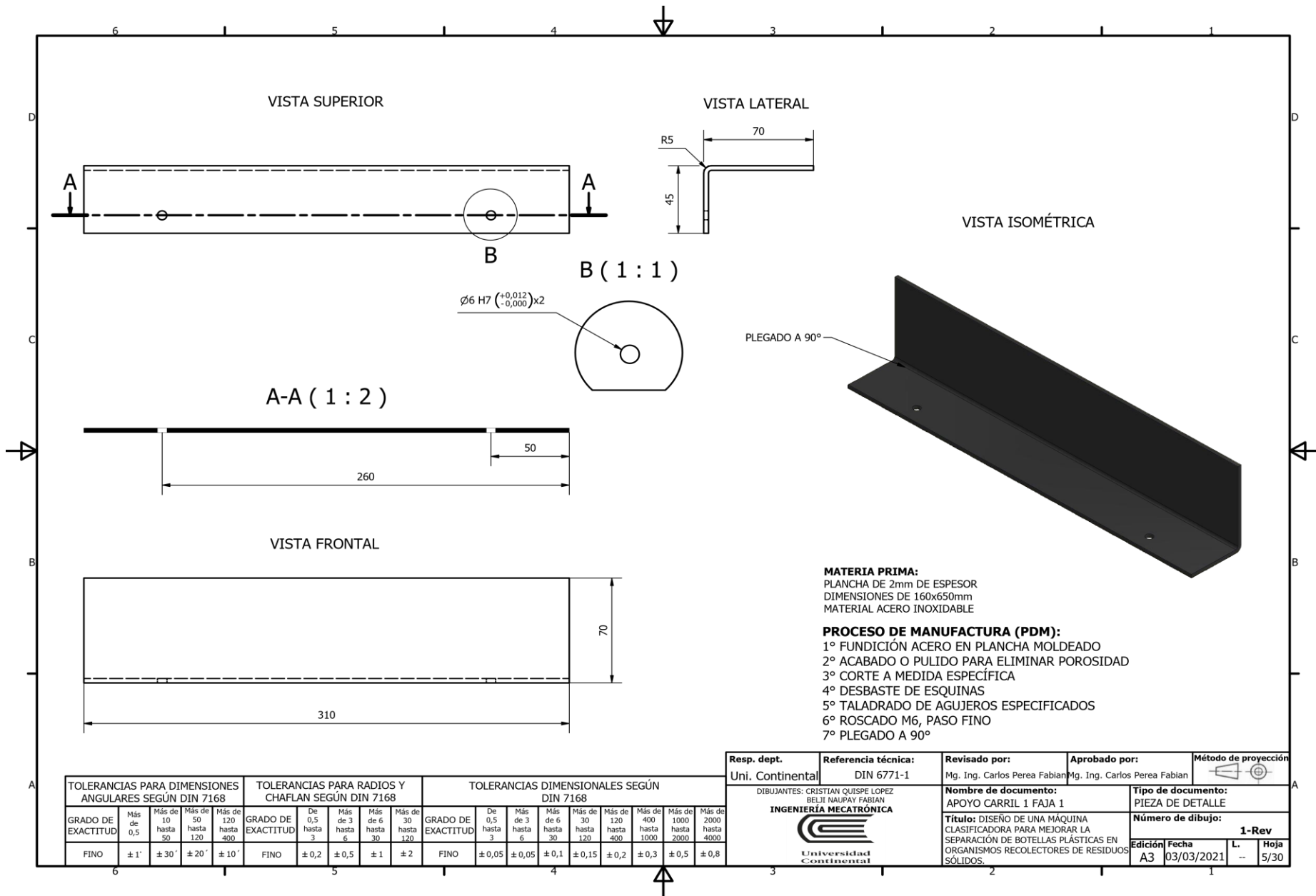


MATERIA PRIMA:
 PLANCHA DE 2mm DE ESPESOR
 DIMENSIONES 160x650mm
 MATERIAL ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º FUNDICIÓN EN PLANCHA DE ACERO MOLDEADO
 2º ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3º CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4º TALADRADO A DIMENSIONES ESPECIFICADAS
 5º DESBASTE DE ESQUINAS
 6º PLEGADO A 70º EN LAS MEDIDAS DETALLADAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000	
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEP LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA		Nombre de documento: APOYO CARRIL 2 FAJA 1		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --

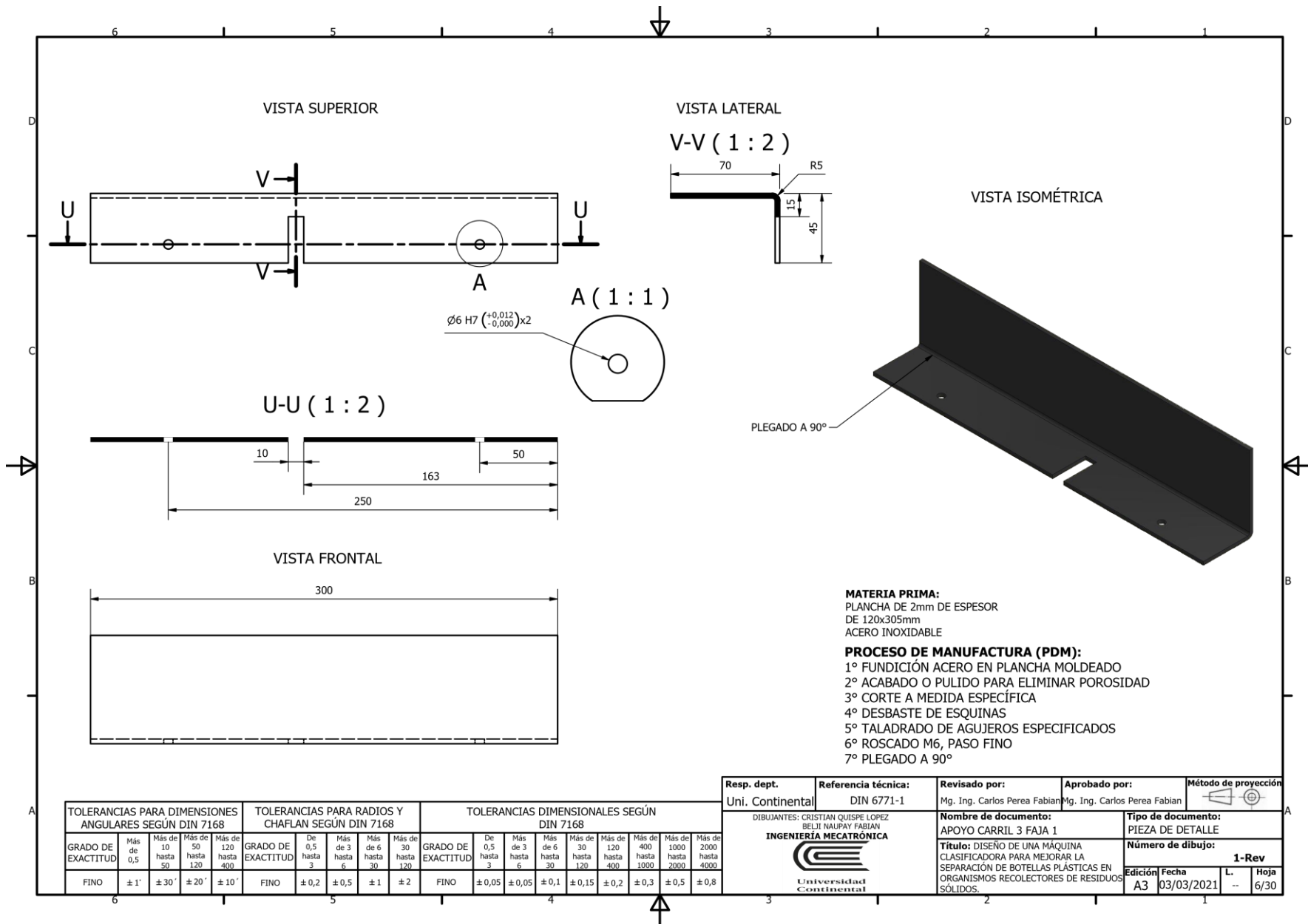


MATERIA PRIMA:
 PLANCHA DE 2mm DE ESPESOR
 DIMENSIONES DE 160x650mm
 MATERIAL ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º FUNDICIÓN ACERO EN PLANCHA MOLDEADO
 2º ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3º CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4º DESBASTE DE ESQUINAS
 5º TALADRADO DE AGUJEROS ESPECIFICADOS
 6º ROSCADO M6, PASO FINO
 7º PLEGADO A 90º

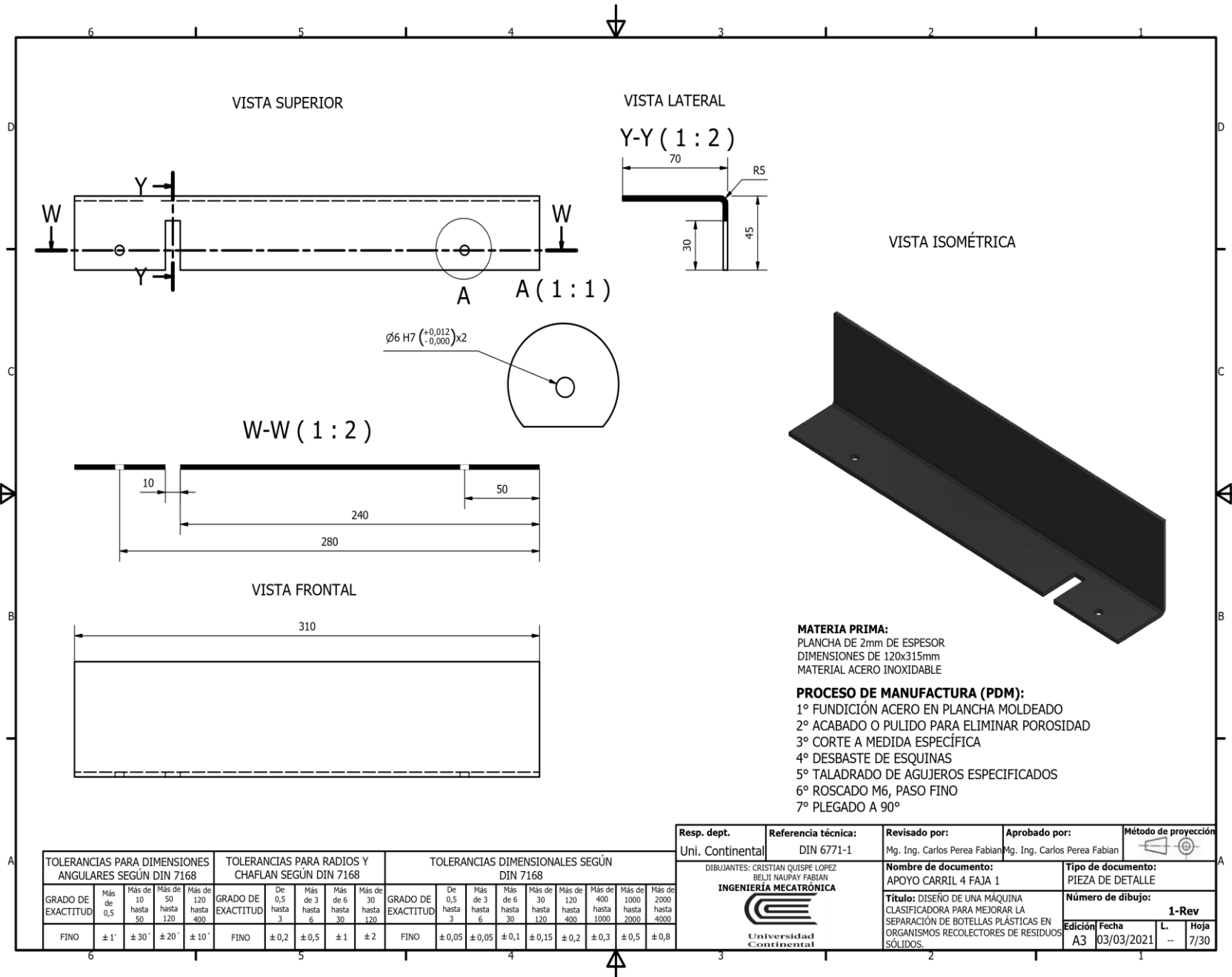
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELLI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRONICA 		Nombre de documento: APOYO CARRIL 1 FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --
				Hoja 5/30



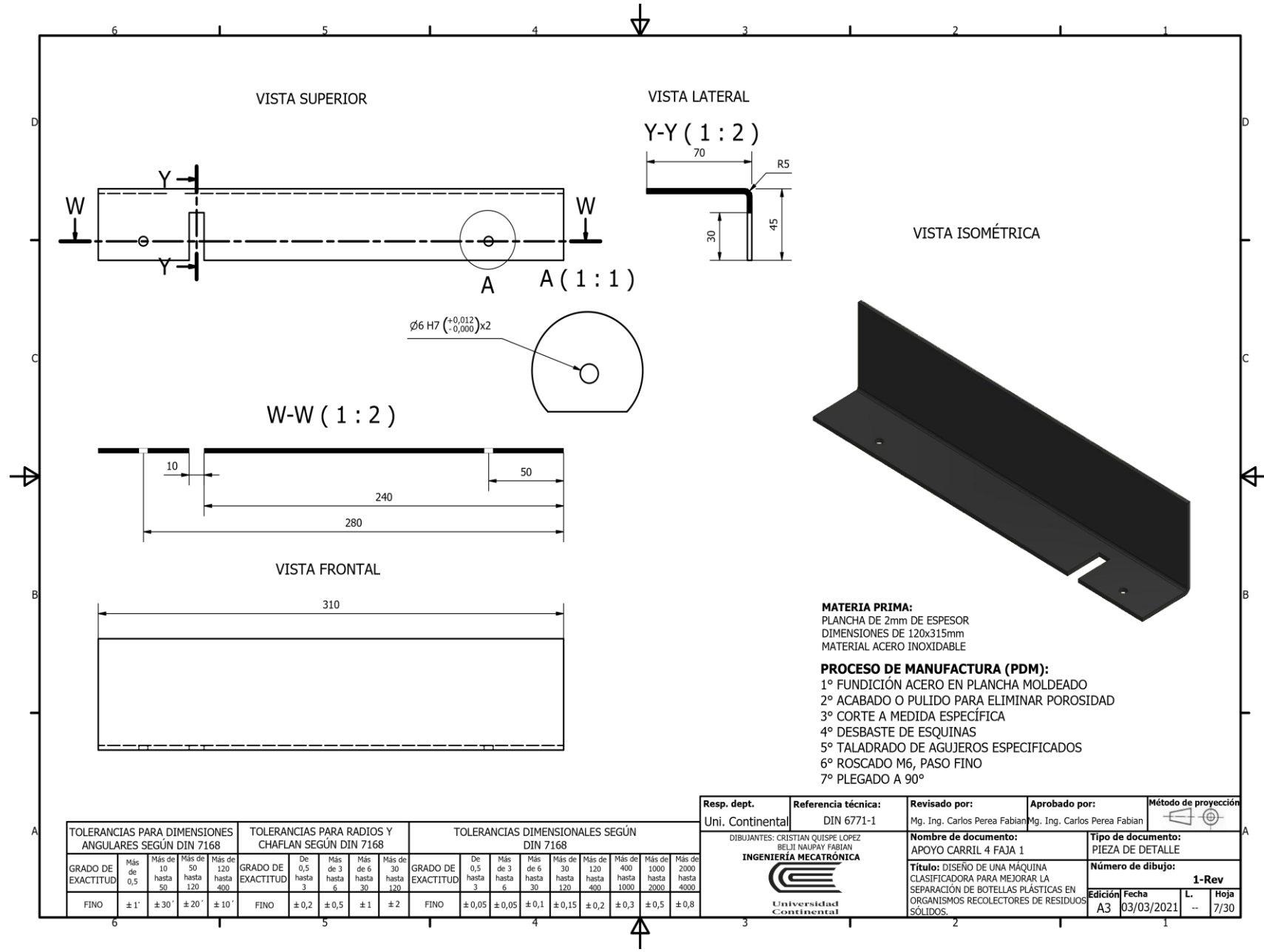
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30"	± 20"	± 10"	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: APOYO CARRIL 3 FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev		
Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --	Hoja 6/30	



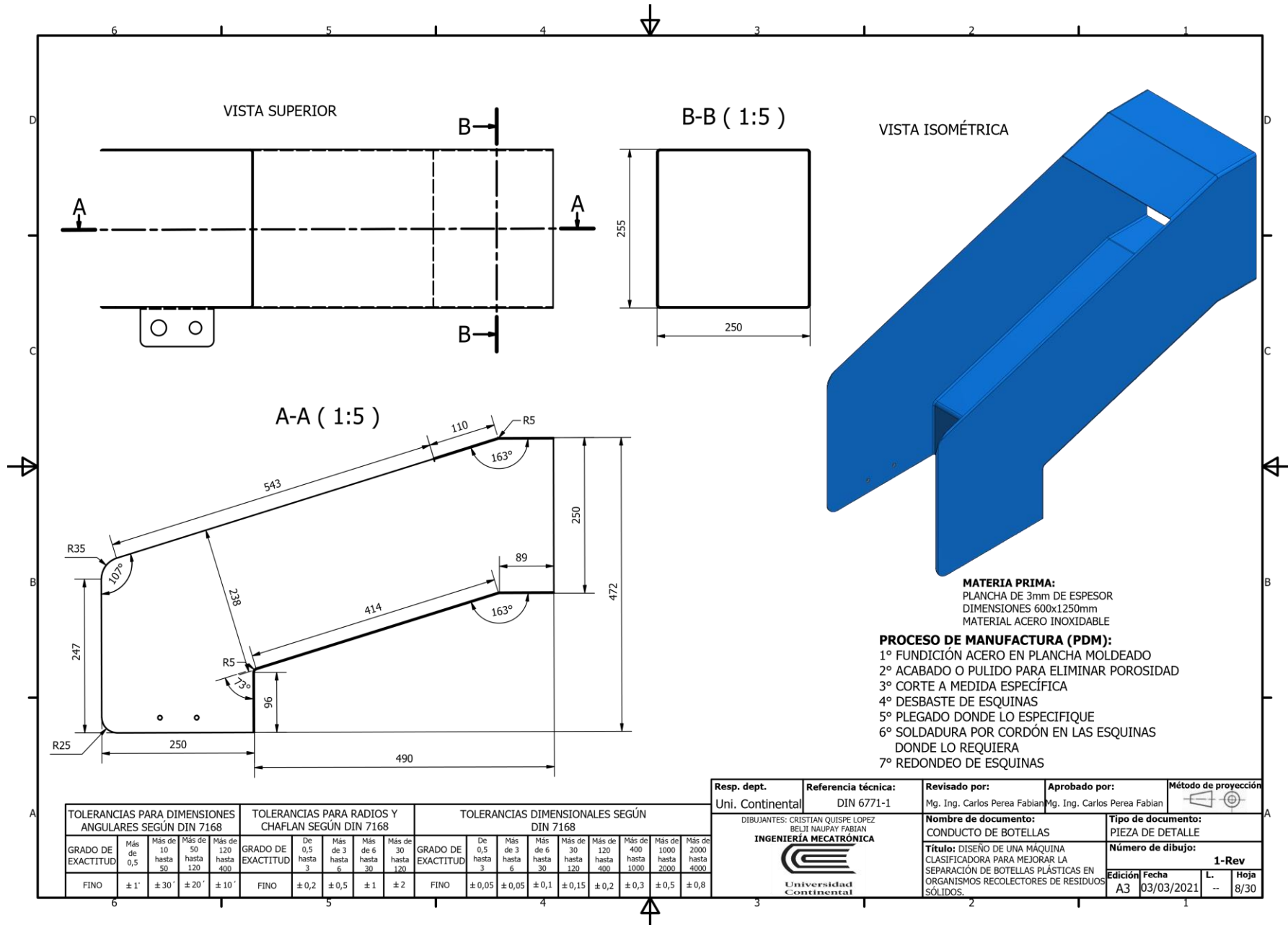
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	FINO	± 1'	± 30'	± 20'		± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5		± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEP LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: APOYO CARRIL 4 FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.			Número de dibujo: 1-Rev	
Edición		Fecha	L.	Hoja
A3		03/03/2021	--	7/30



TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	FINO	± 1'	± 30'	± 20"		± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5		± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERIA MECATRONICA Universidad Continental		Nombre de documento: APOYO CARRIL 4 FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.			Número de dibujo: 1-Rev	
Edición	Fecha	L.	L.	Hoja
A3	03/03/2021	--	--	7/30

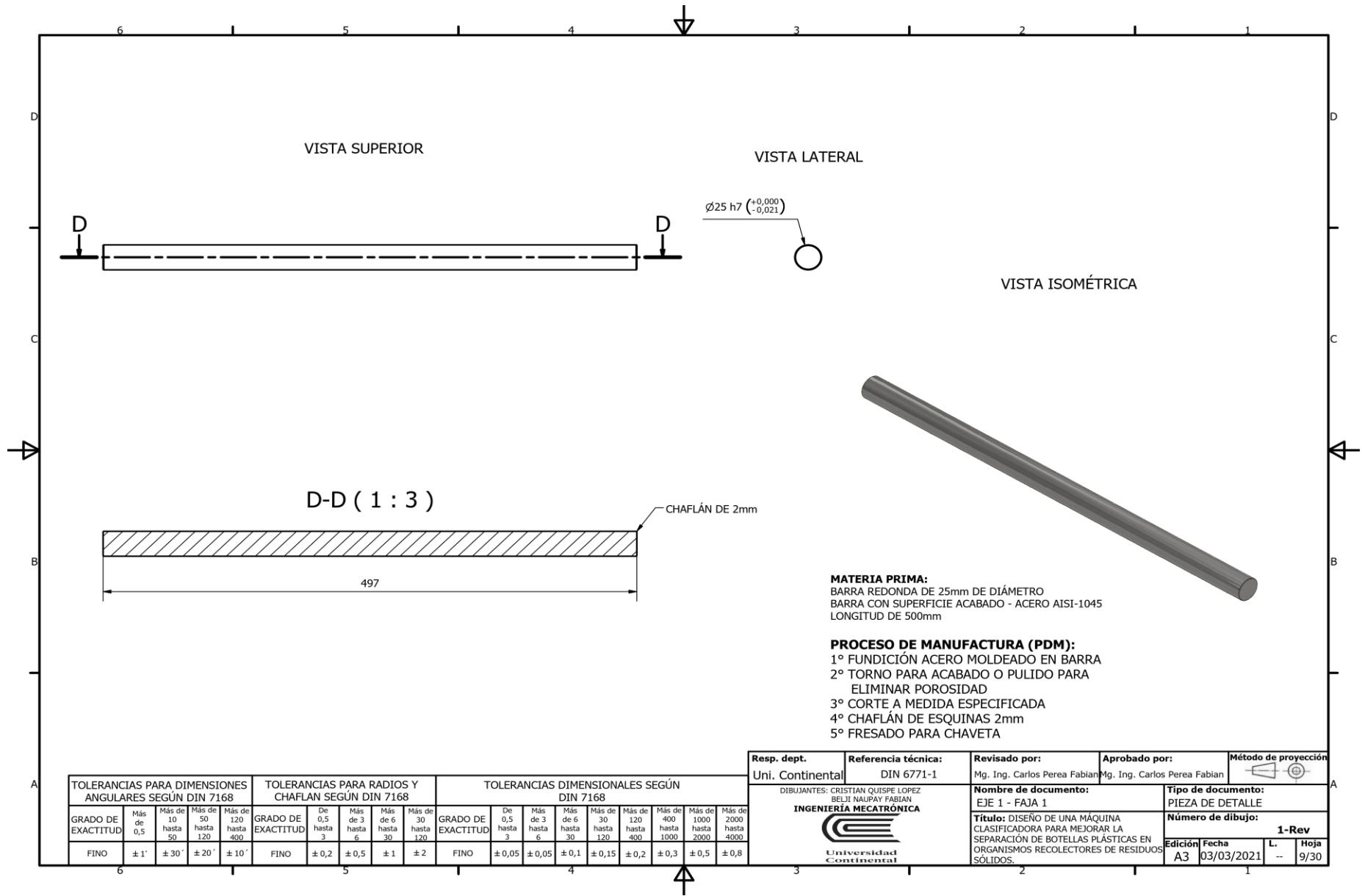


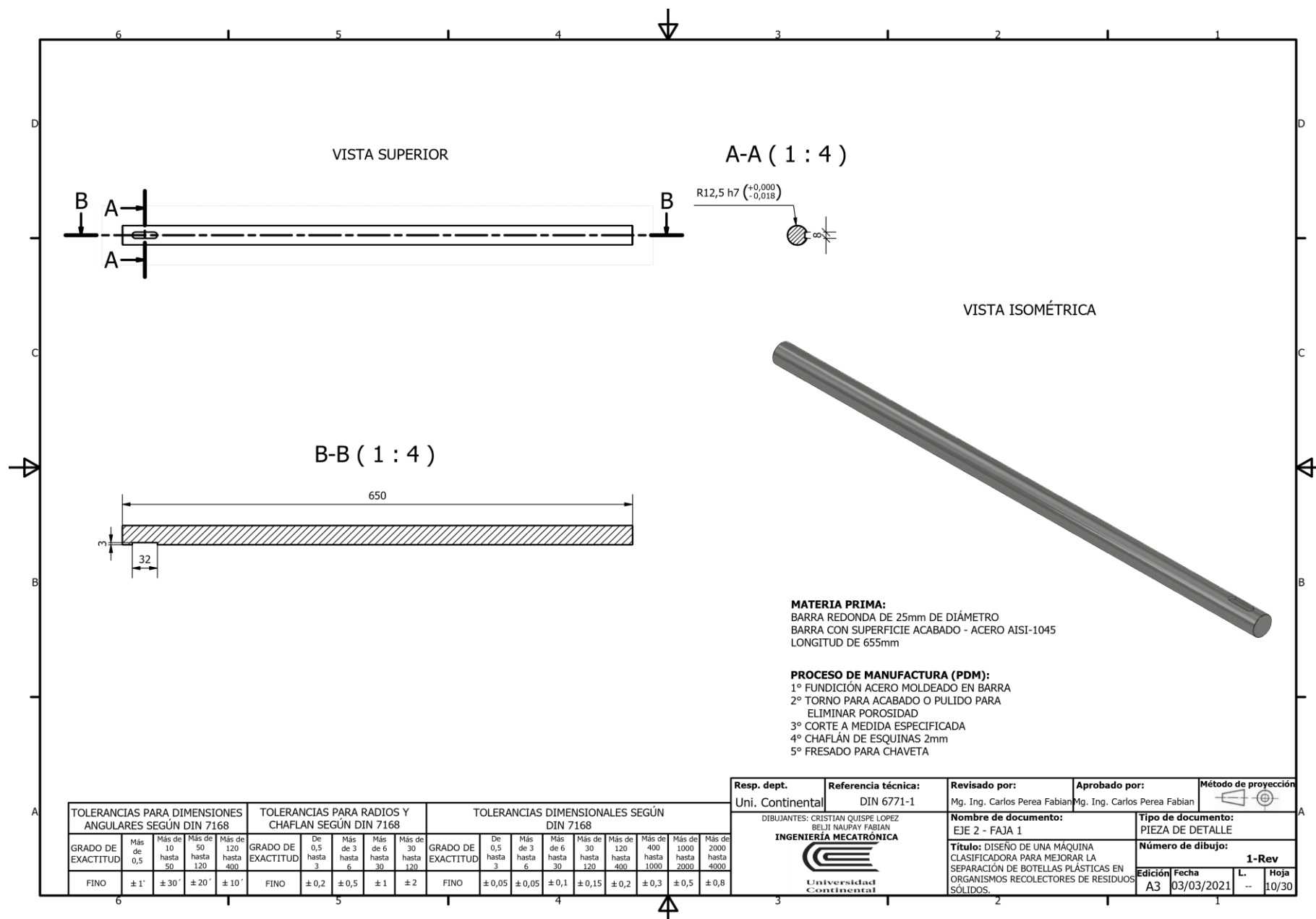
MATERIA PRIMA:
 PLANCHA DE 3mm DE ESPESOR
 DIMENSIONES 600x1250mm
 MATERIAL ACERO INOXIDABLE

- PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):**
- 1° FUNDICIÓN ACERO EN PLANCHA MOLDEADO
 - 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 - 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 - 4° DESBASTE DE ESQUINAS
 - 5° PLEGADO DONDE LO ESPECIFIQUE
 - 6° SOLDADURA POR CORDÓN EN LAS ESQUINAS DONDE LO REQUIERA
 - 7° REDONDEO DE ESQUINAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'		FINO	± 0,2	± 0,5	± 1		± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEPÉ LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN		Nombre de documento: CONDUCTO DE BOTELLAS		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. - Hoja 8/30



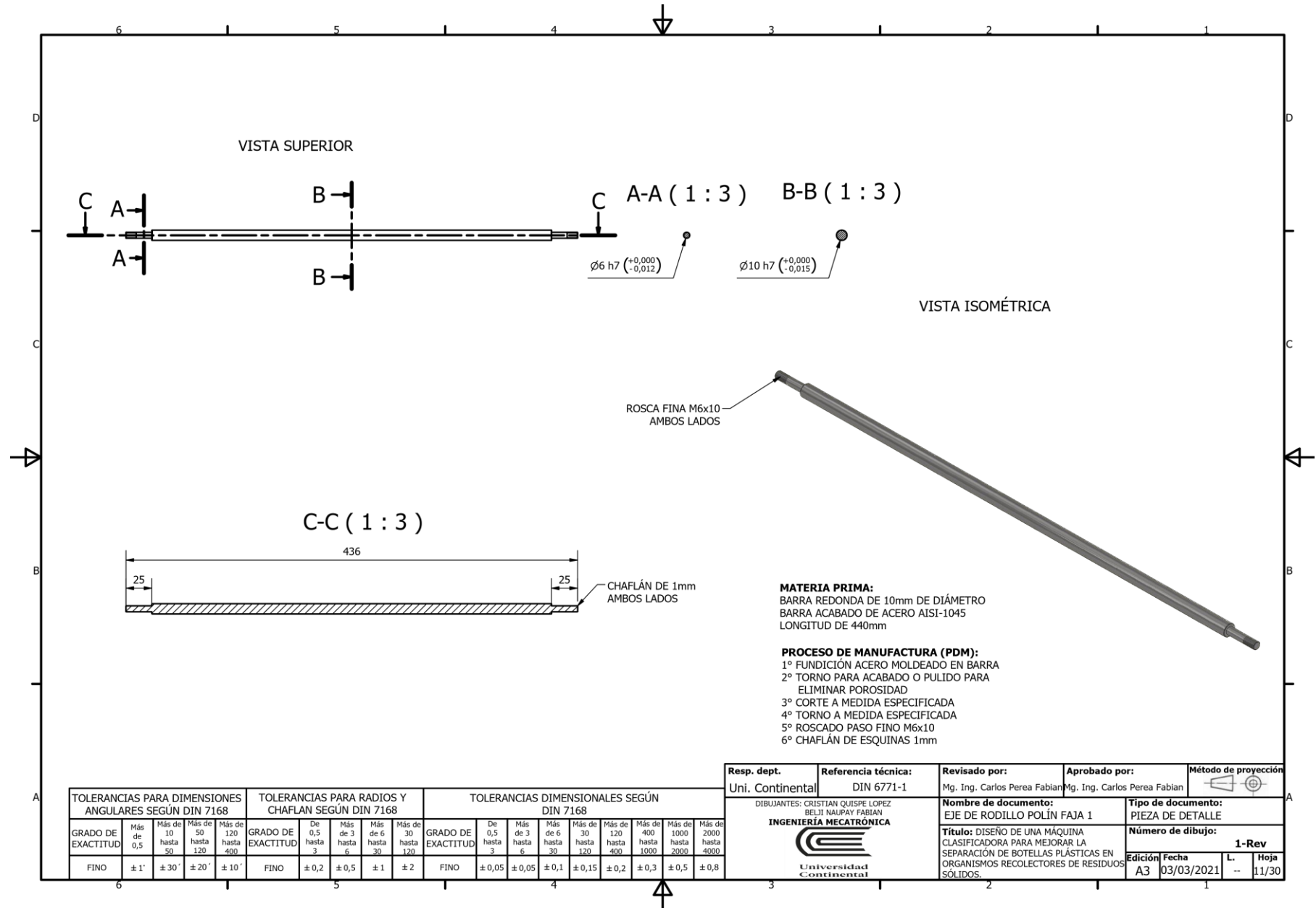


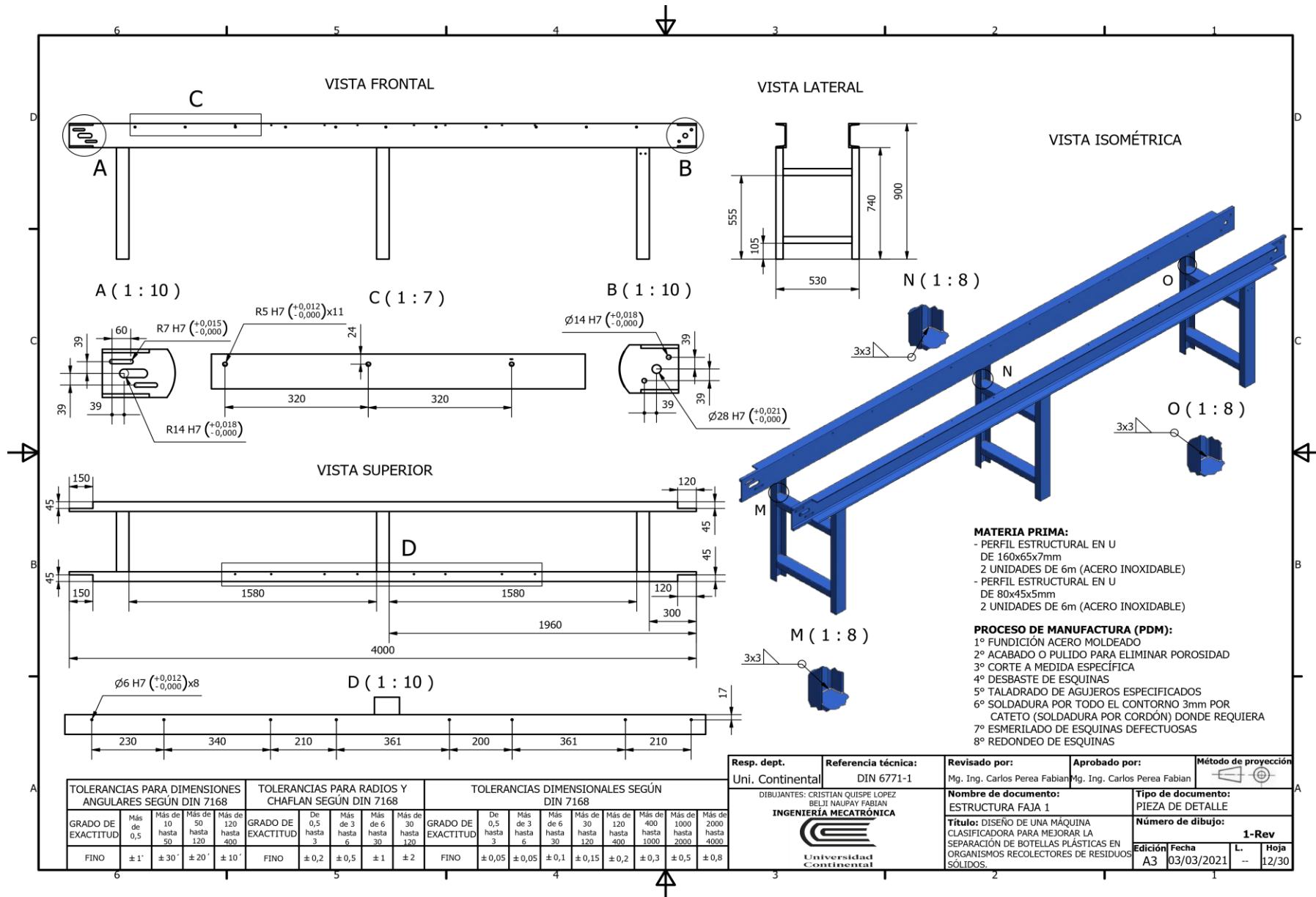
MATERIA PRIMA:
 BARRA REDONDA DE 25mm DE DIÁMETRO
 BARRA CON SUPERFICIE ACABADO - ACERO AISI-1045
 LONGITUD DE 655mm

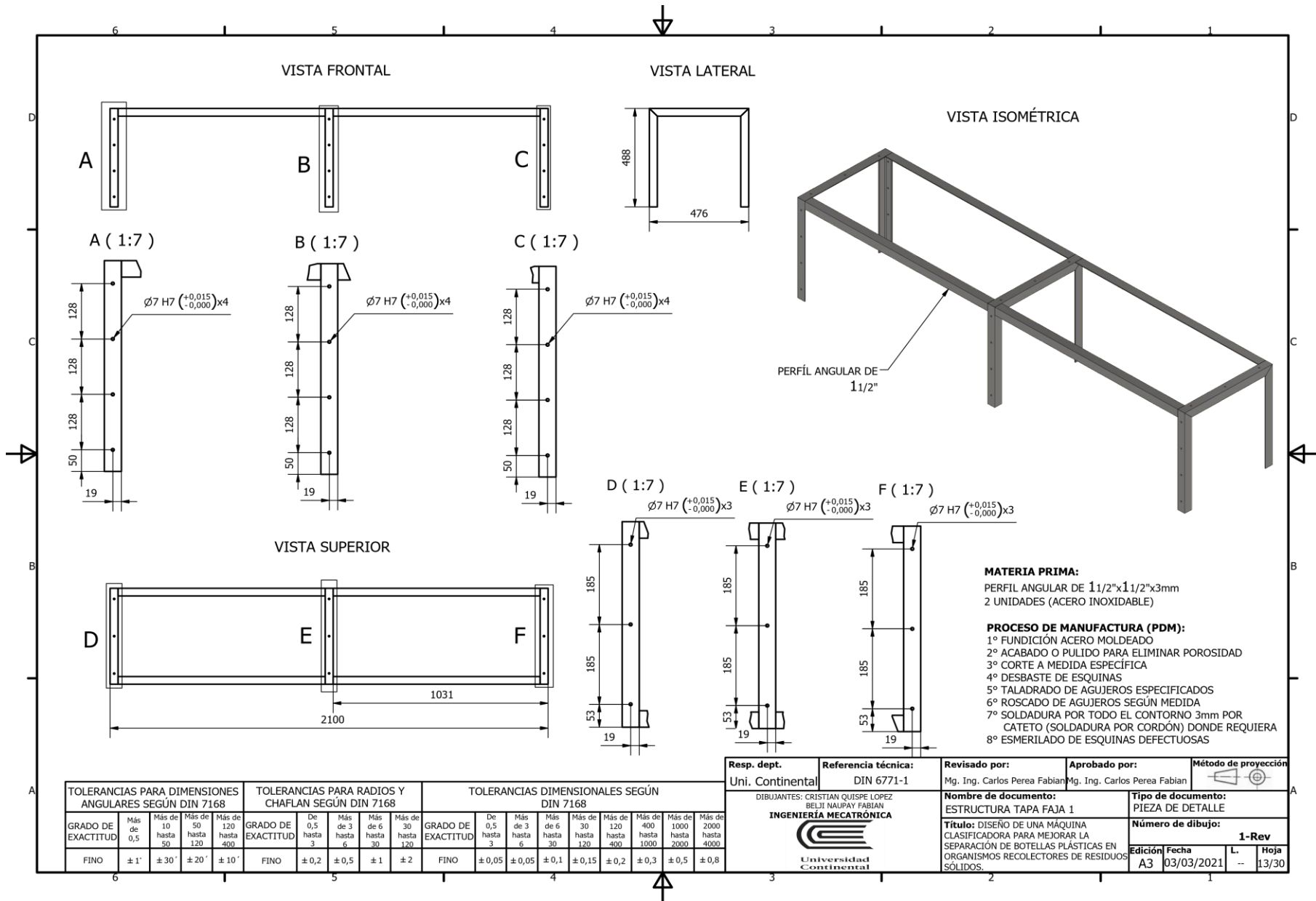
PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º FUNDICIÓN ACERO MOLDEADO EN BARRA
 2º TORNO PARA ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3º CORTE A MEDIDA ESPECIFICADA
 4º CHAFLÁN DE ESQUINAS 2mm
 5º FRESADO PARA CHAVETA

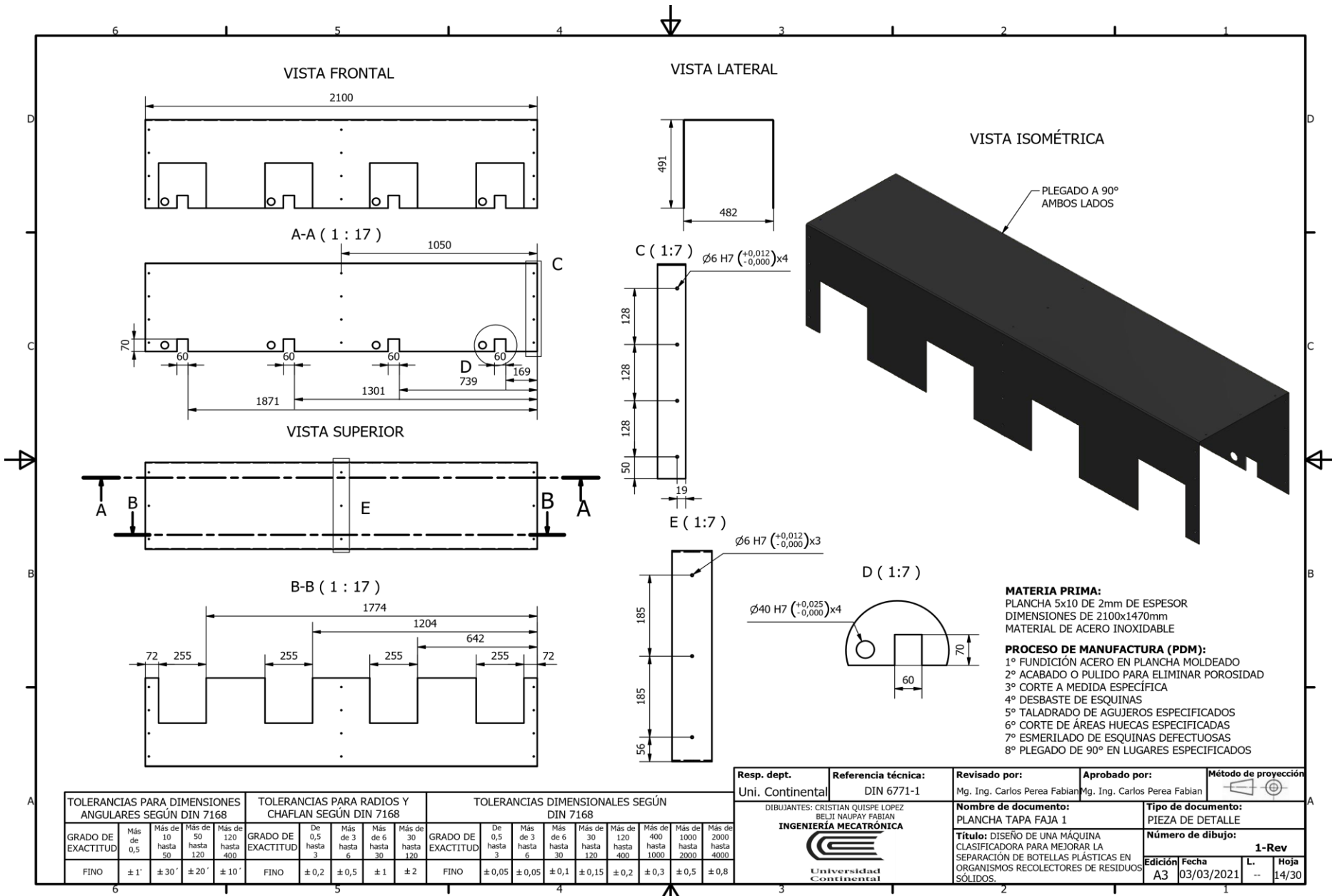
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	FINO	± 1'	± 30'	± 20'		± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5		± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2

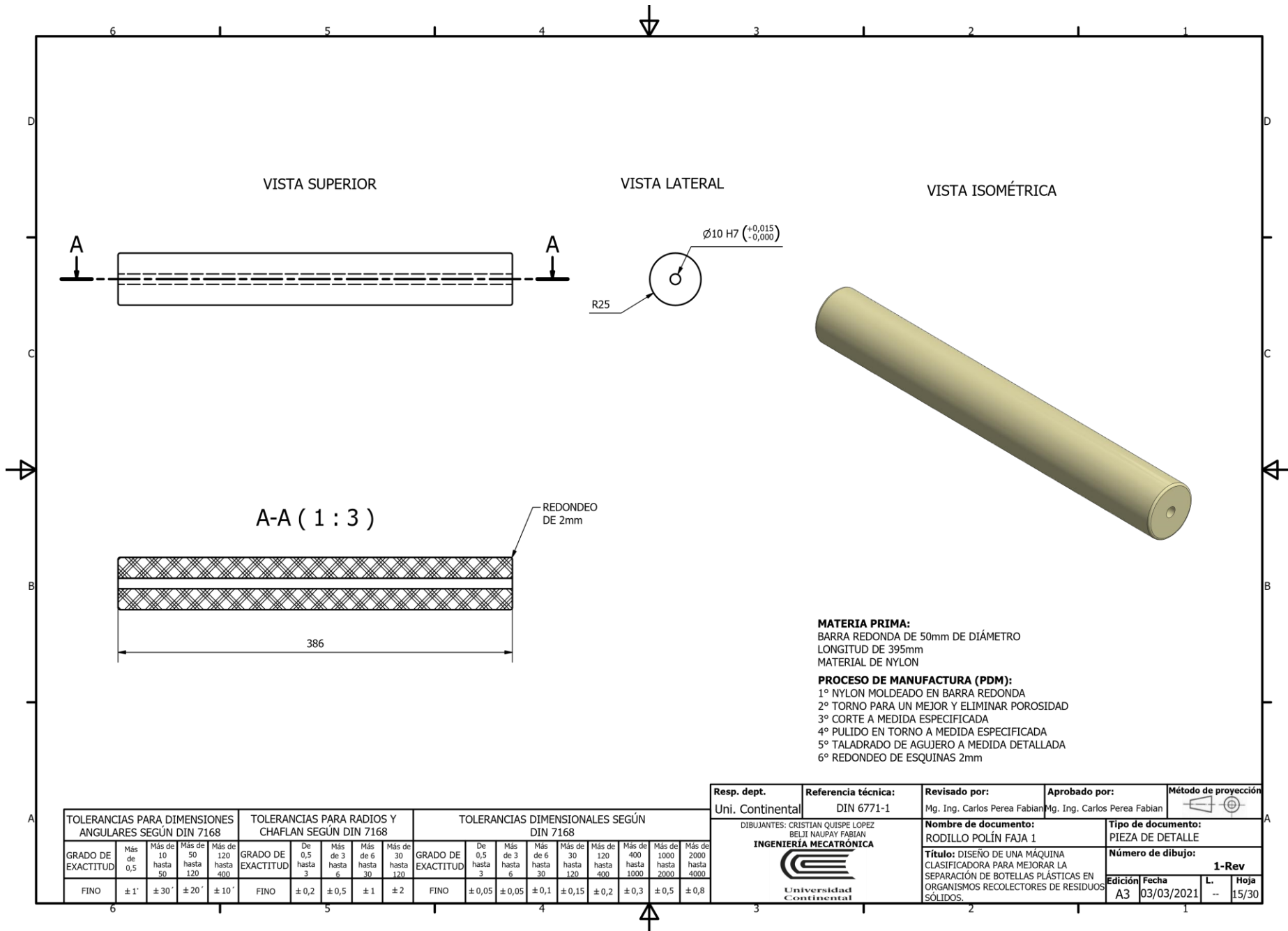
Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA Universidad Continental		Nombre de documento: EJE 2 - FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.	Número de dibujo: 1-Rev	
Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --	Hoja 10/30	









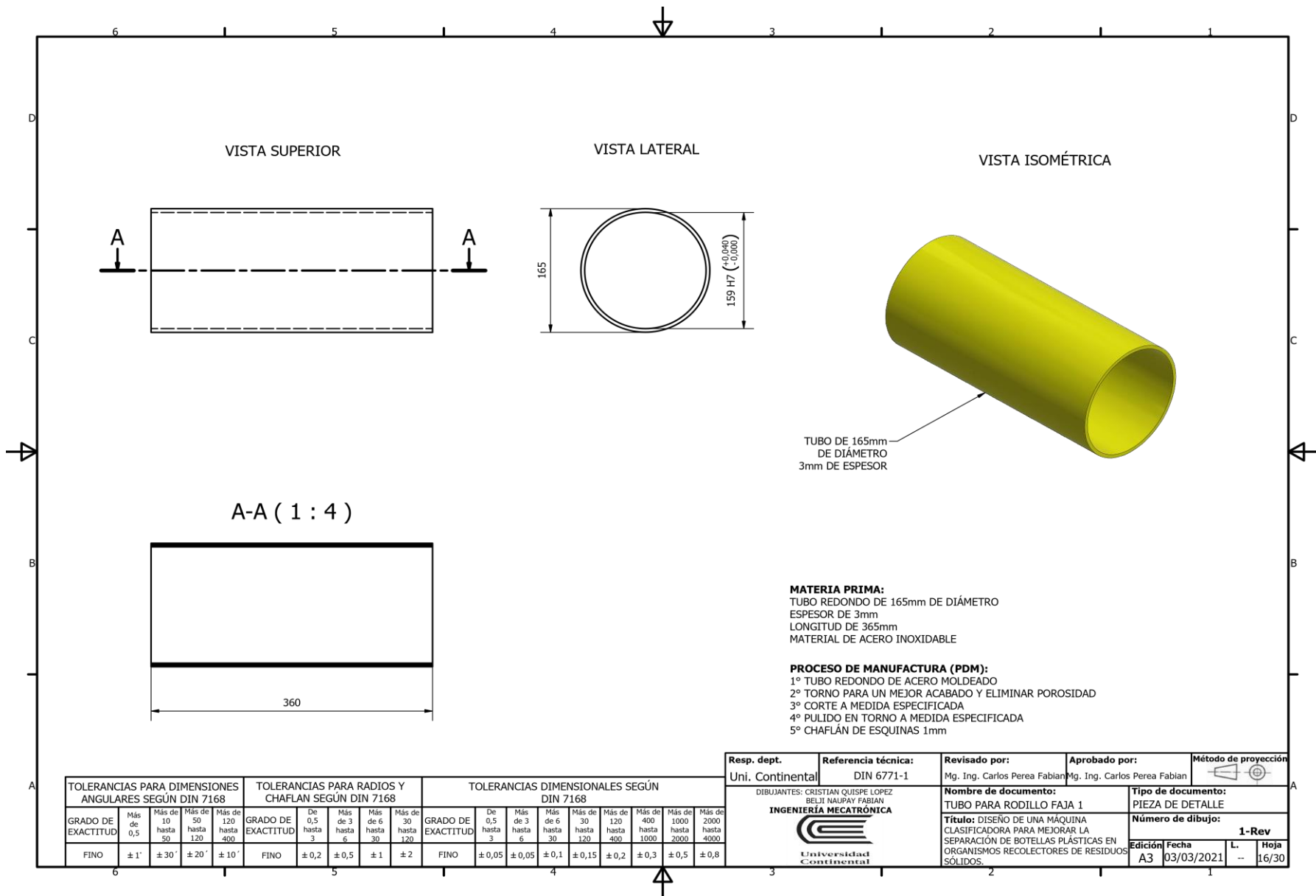


MATERIA PRIMA:
 BARRA REDONDA DE 50mm DE DIÁMETRO
 LONGITUD DE 395mm
 MATERIAL DE NYLON

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º NYLON MOLDEADO EN BARRA REDONDA
 2º TORNO PARA UN MEJOR Y ELIMINAR POROSIDAD
 3º CORTE A MEDIDA ESPECIFICADA
 4º PULIDO EN TORNO A MEDIDA ESPECIFICADA
 5º TALADRADO DE AGUJERO A MEDIDA DETALLADA
 6º REDONDEO DE ESQUINAS 2mm

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección 1
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA Universidad Continental		Nombre de documento: RODILLO POLÍN FAJA 1		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. -- Hoja 15/30



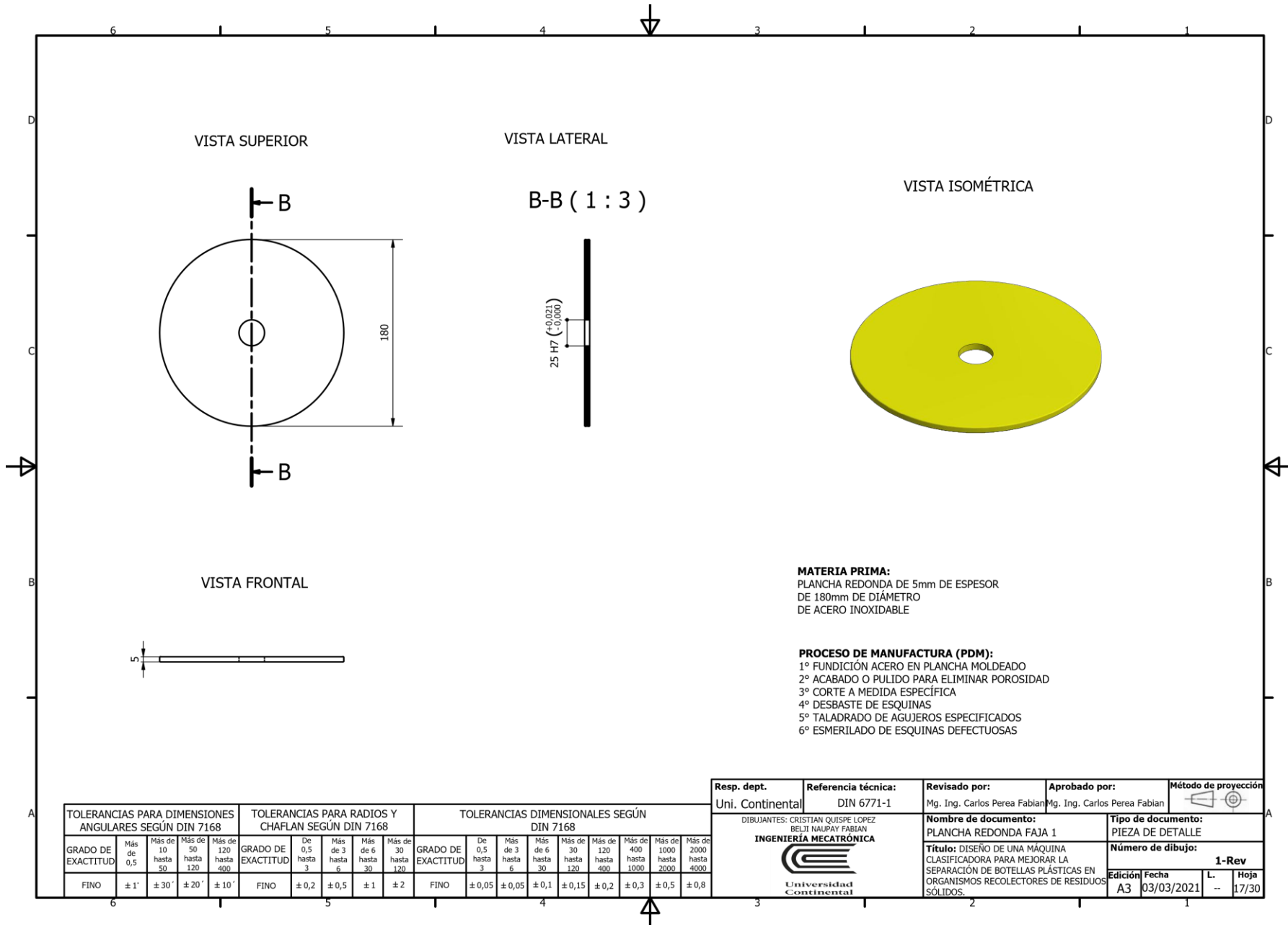
TUBO DE 165mm
DE DIÁMETRO
3mm DE ESPESOR

MATERIA PRIMA:
TUBO REDONDO DE 165mm DE DIÁMETRO
ESPESOR DE 3mm
LONGITUD DE 365mm
MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
1º TUBO REDONDO DE ACERO MOLDEADO
2º TORNO PARA UN MEJOR ACABADO Y ELIMINAR POROSIDAD
3º CORTE A MEDIDA ESPECIFICADA
4º PULIDO EN TORNO A MEDIDA ESPECIFICADA
5º CHAFLÁN DE ESQUINAS 1mm

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'		FINO	± 0,2	± 0,5	± 1		± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: TUBO PARA RODILLO FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev		
Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --	Hoja 16/30	

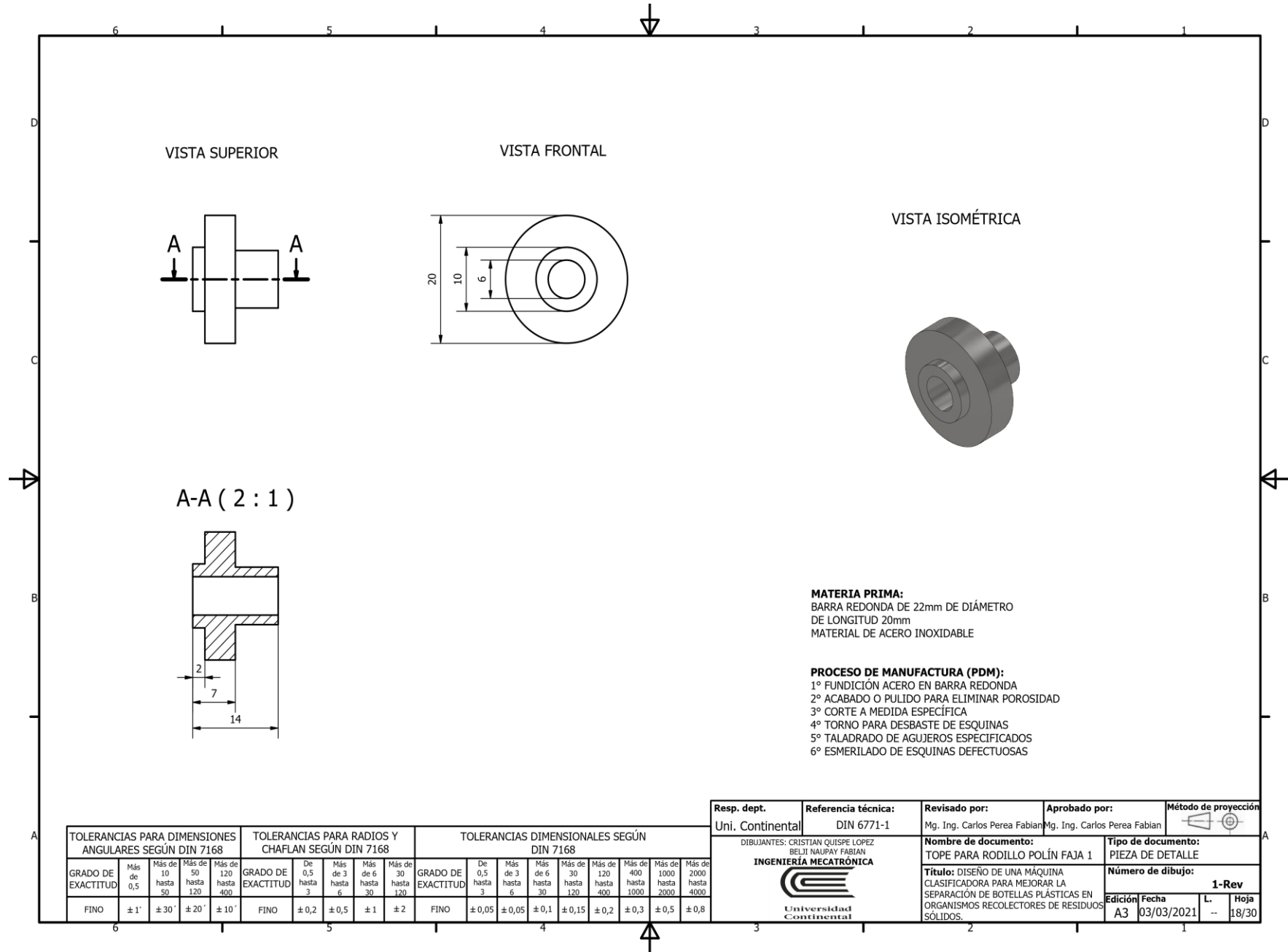


MATERIA PRIMA:
 PLANCHA REDONDA DE 5mm DE ESPESOR
 DE 180mm DE DIÁMETRO
 DE ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° FUNDICIÓN ACERO EN PLANCHA MOLDEADO
 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4° DESBASTE DE ESQUINAS
 5° TALADRADO DE AGUJEROS ESPECIFICADOS
 6° ESMERILADO DE ESQUINAS DEFECTUOSAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ RELI NAUPAY FABIAN		Nombre de documento: PLANCHA REDONDA FAJA 1		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --



VISTA SUPERIOR

VISTA FRONTAL

VISTA ISOMÉTRICA

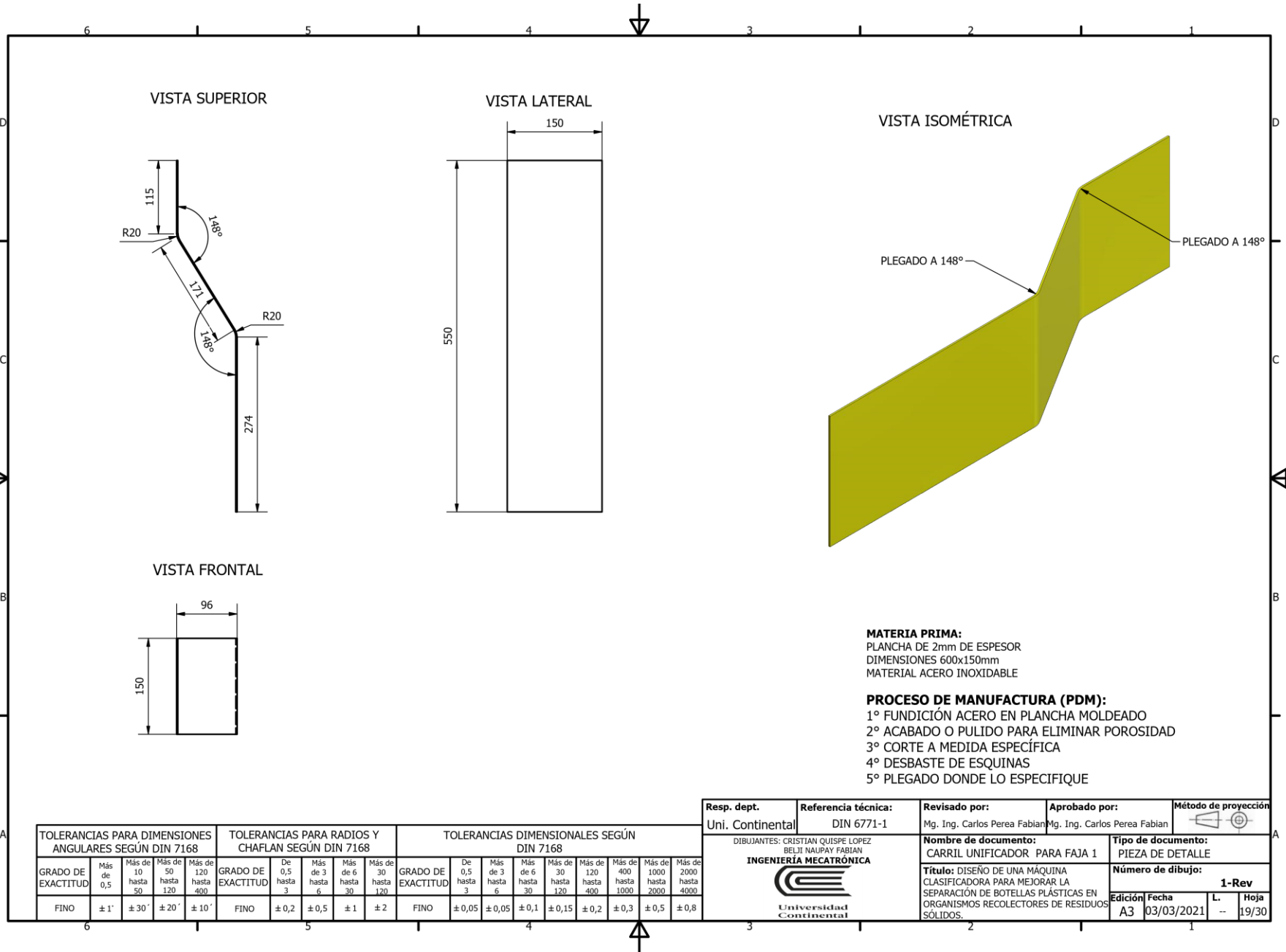
A-A (2 : 1)

MATERIA PRIMA:
 BARRA REDONDA DE 22mm DE DIÁMETRO
 DE LONGITUD 20mm
 MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° FUNDICIÓN ACERO EN BARRA REDONDA
 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4° TORNO PARA DESBASTE DE ESQUINAS
 5° TALADRADO DE AGUJEROS ESPECIFICADOS
 6° ESMERILADO DE ESQUINAS DEFECTUOSAS

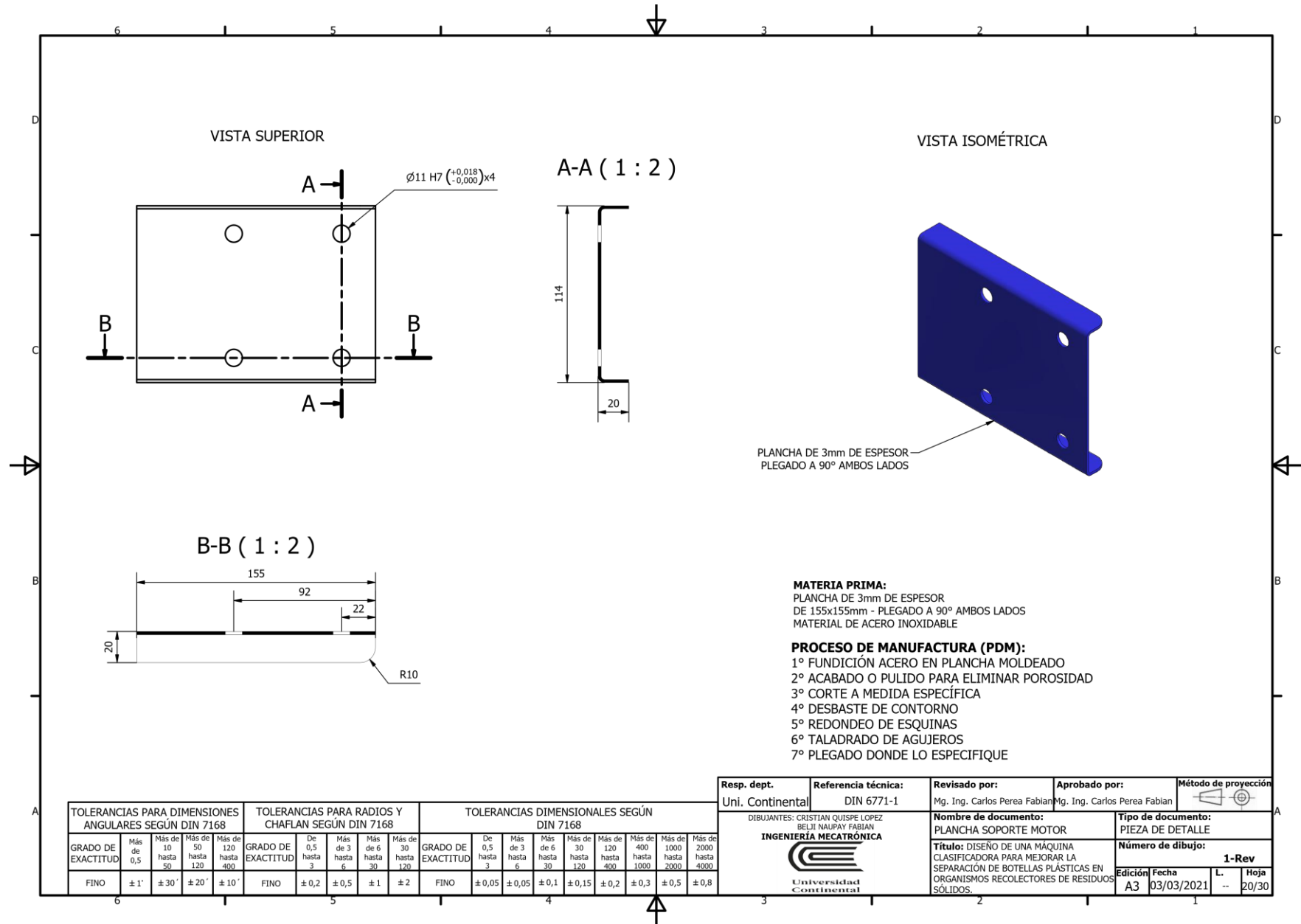
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'		FINO	± 0,2	± 0,5	± 1		± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: TOPE PARA RODILLO POLÍN FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --	Hoja 18/30	



TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEPÉ LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: CARRIL UNIFICADOR PARA FAJA 1		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
		Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. --
				Hoja 19/30

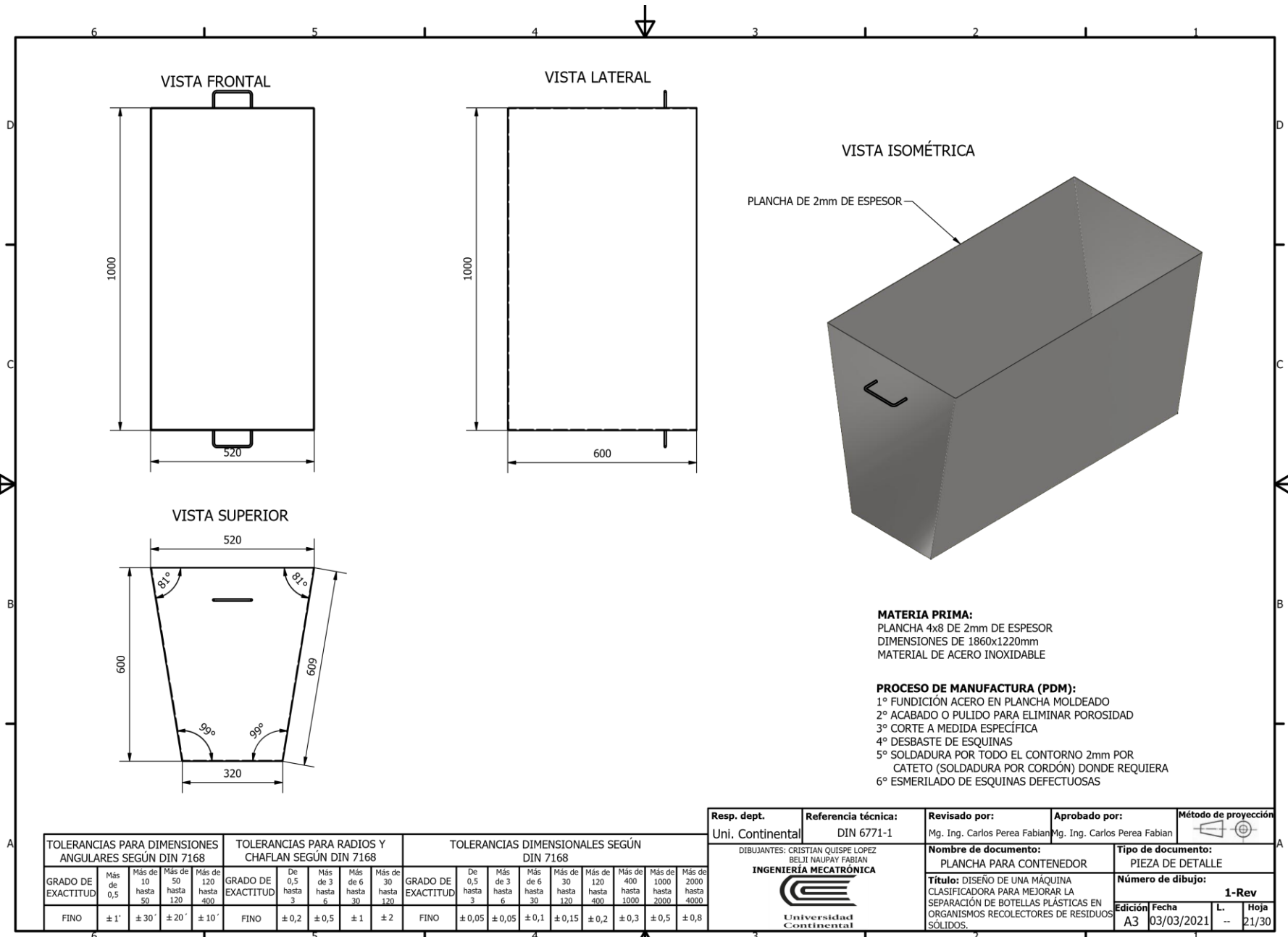


MATERIA PRIMA:
 PLANCHA DE 3mm DE ESPESOR
 DE 155x155mm - PLEGADO A 90° AMBOS LADOS
 MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° FUNDICIÓN ACERO EN PLANCHA MOLDEADO
 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4° DESBASTE DE CONTORNO
 5° REDONDEO DE ESQUINAS
 6° TALADRADO DE AGUJEROS
 7° PLEGADO DONDE LO ESPECIFIQUE

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000	
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BEIJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRONICA 		Nombre de documento: PLANCHA SOPORTE MOTOR		Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev
Edición	Fecha	L.	Hoja	
A3	03/03/2021	--	20/30	

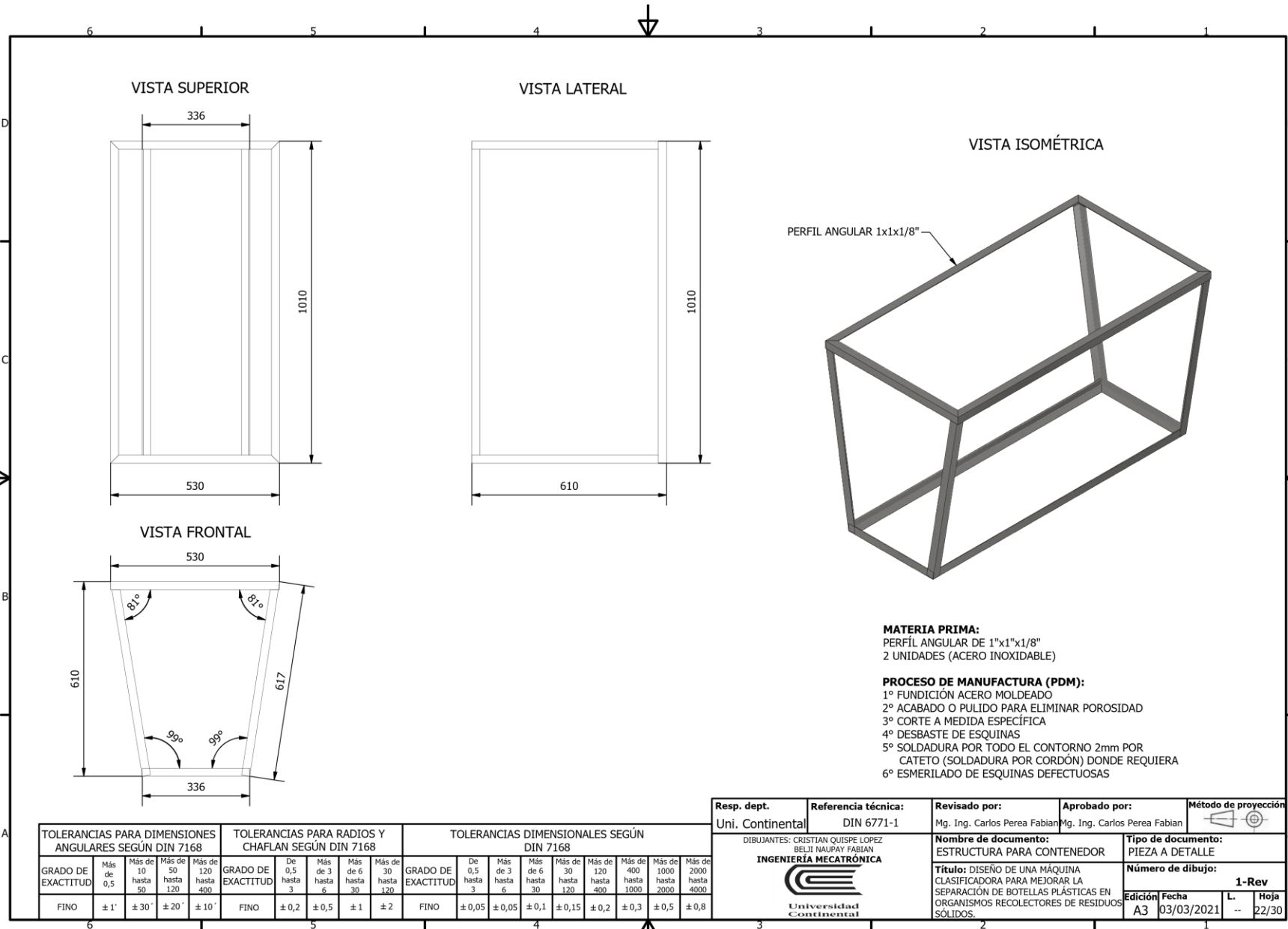


MATERIA PRIMA:
 PLANCHA 4x8 DE 2mm DE ESPESOR
 DIMENSIONES DE 1860x1220mm
 MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° FUNDICIÓN ACERO EN PLANCHA MOLDEADO
 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4° DESBASTE DE ESQUINAS
 5° SOLDADURA POR TODO EL CONTORNO 2mm POR CATETO (SOLDADURA POR CORDÓN) DONDE REQUIERA
 6° ESMERILADO DE ESQUINAS DEFECTUOSAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEPÉ LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: PLANCHA PARA CONTENEDOR	Tipo de documento: PIEZA DE DETALLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo: 1-Rev		
Edición A3	Fecha 03/03/2021	L. -	Hoja 21/30	

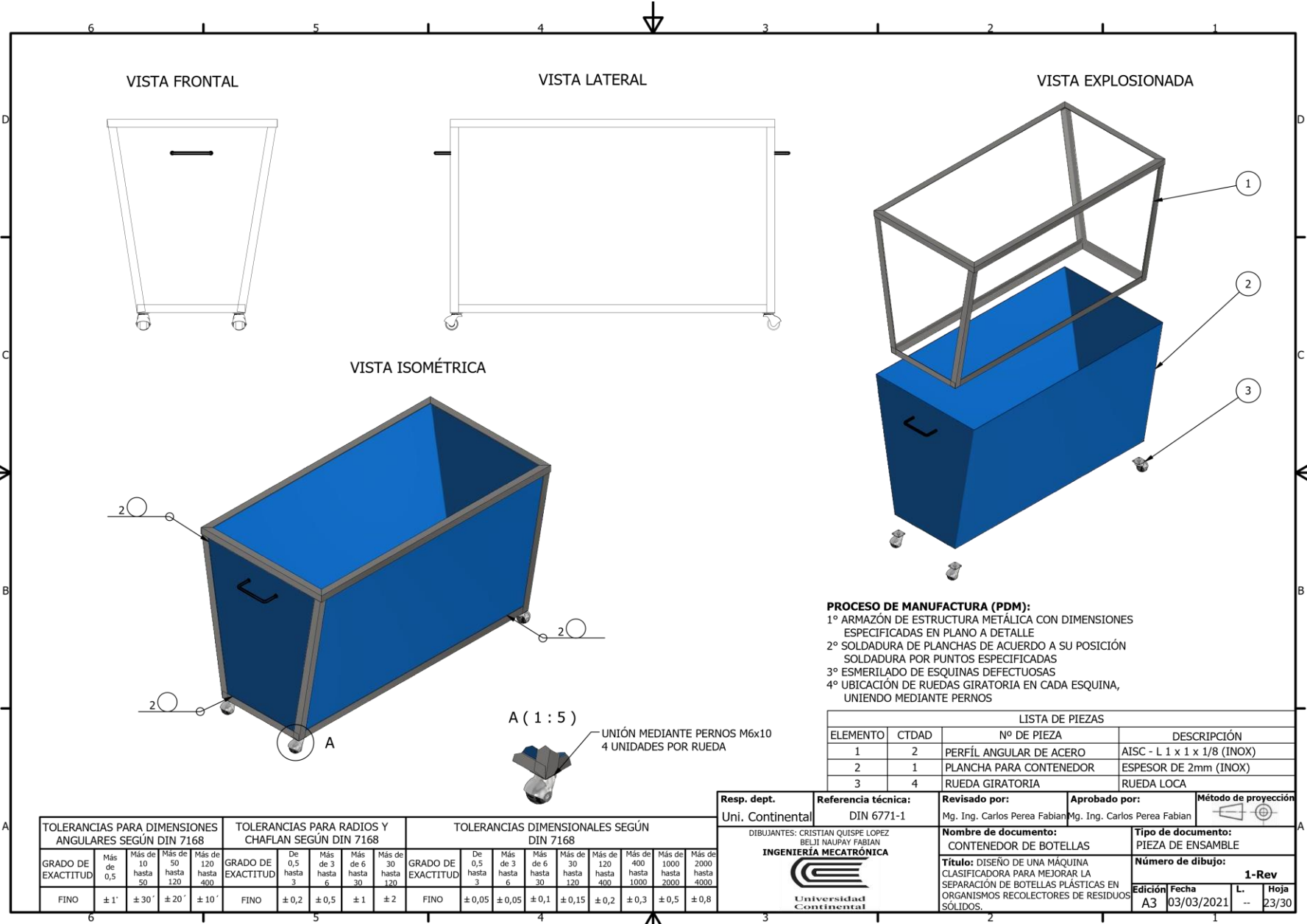


MATERIA PRIMA:
 PERFIL ANGULAR DE 1"x1"x1/8"
 2 UNIDADES (ACERO INOXIDABLE)

PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° FUNDICIÓN ACERO MOLDEADO
 2° ACABADO O PULIDO PARA ELIMINAR POROSIDAD
 3° CORTE A MEDIDA ESPECÍFICA
 4° DESBASTE DE ESQUINAS
 5° SOLDADURA POR TODO EL CONTORNO 2mm POR CATETO (SOLDADURA POR CORDÓN) DONDE REQUIERA
 6° ESMERILADO DE ESQUINAS DEFECTUOSAS

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	FINO	± 1'	± 30'	± 20'		FINO	± 0,2	± 0,5	± 1		± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELLI NAUPAY FABIAN INGENIERIA MECATRONICA Universidad Continental		Nombre de documento: ESTRUCTURA PARA CONTENEDOR		Tipo de documento: PIEZA A DETALLE
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.				Número de dibujo: 1-Rev
Edición A3		Fecha 03/03/2021		L. -- Hoja 22/30

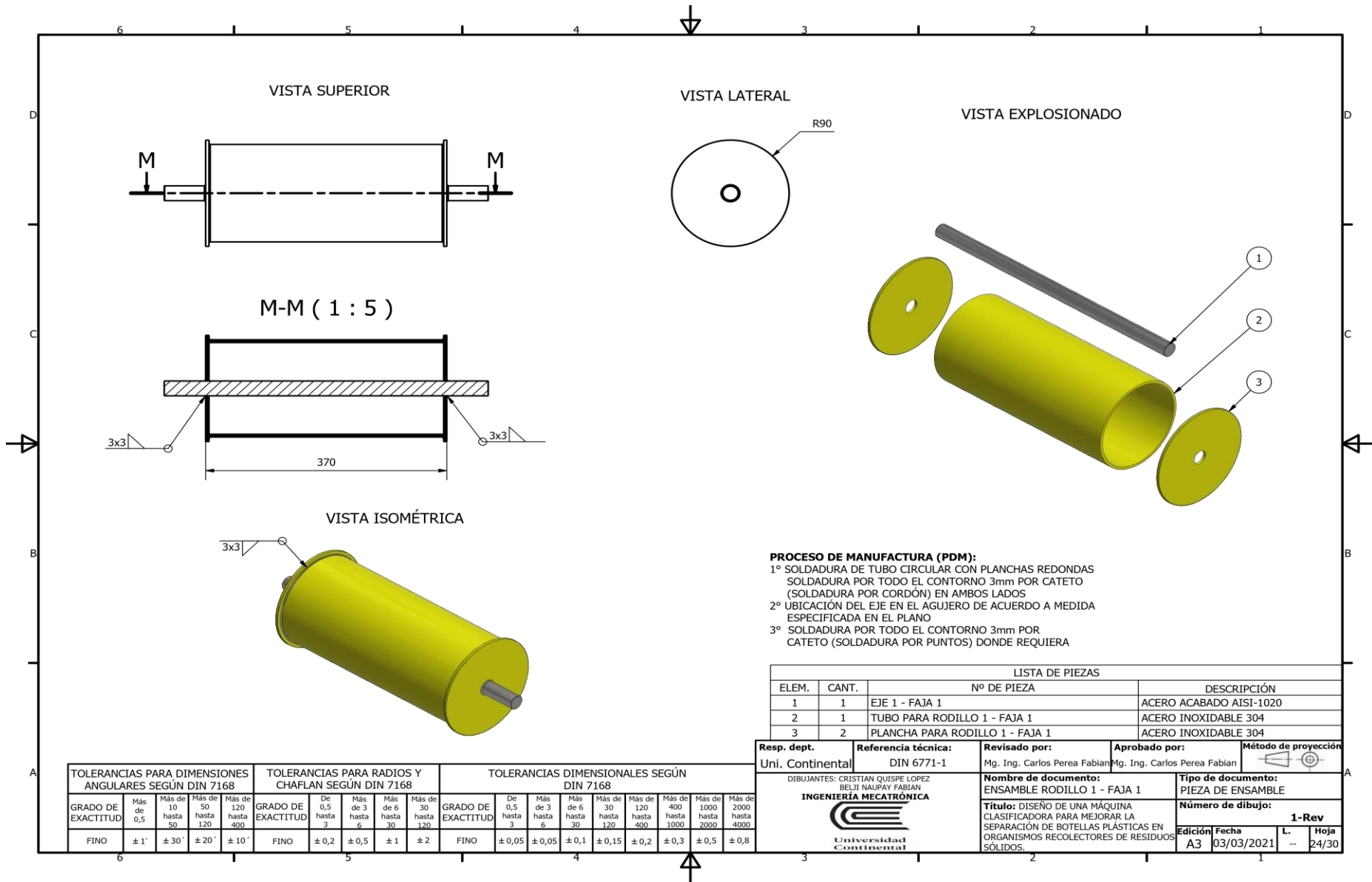


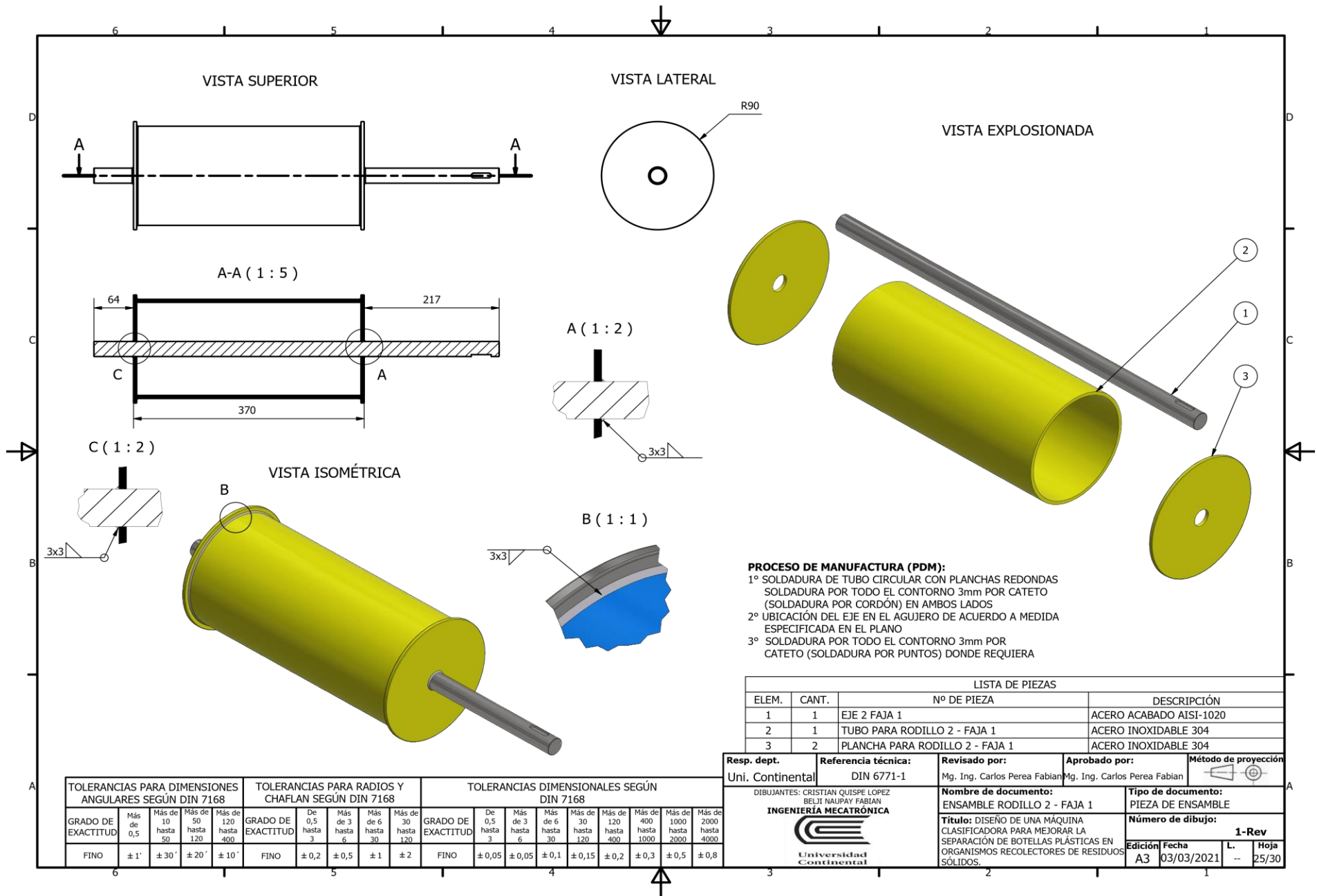
PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1º ARMAZÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA CON DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN PLANO A DETALLE
 2º SOLDADURA DE PLANCHAS DE ACUERDO A SU POSICIÓN
 SOLDADURA POR PUNTOS ESPECIFICADAS
 3º ESMERILADO DE ESQUINAS DEFECTUOSAS
 4º UBICACIÓN DE RUEDAS GIRATORIA EN CADA ESQUINA, UNIENDO MEDIANTE PERNOS

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	PERFÍL ANGULAR DE ACERO	AISC - L 1 x 1 x 1/8 (INOX)
2	1	PLANCHA PARA CONTENEDOR	ESPESOR DE 2mm (INOX)
3	4	RUEDA GIRATORIA	RUEDA LOCA

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000	
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección 1 ^a Ang
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRONICA 		Nombre de documento: CONTENEDOR DE BOTELLAS	Tipo de documento: PIEZA DE ENSAMBLE	Número de dibujo: 1-Rev
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.			Edición A3	Fecha 03/03/2021
			L. --	Hoja 23/30



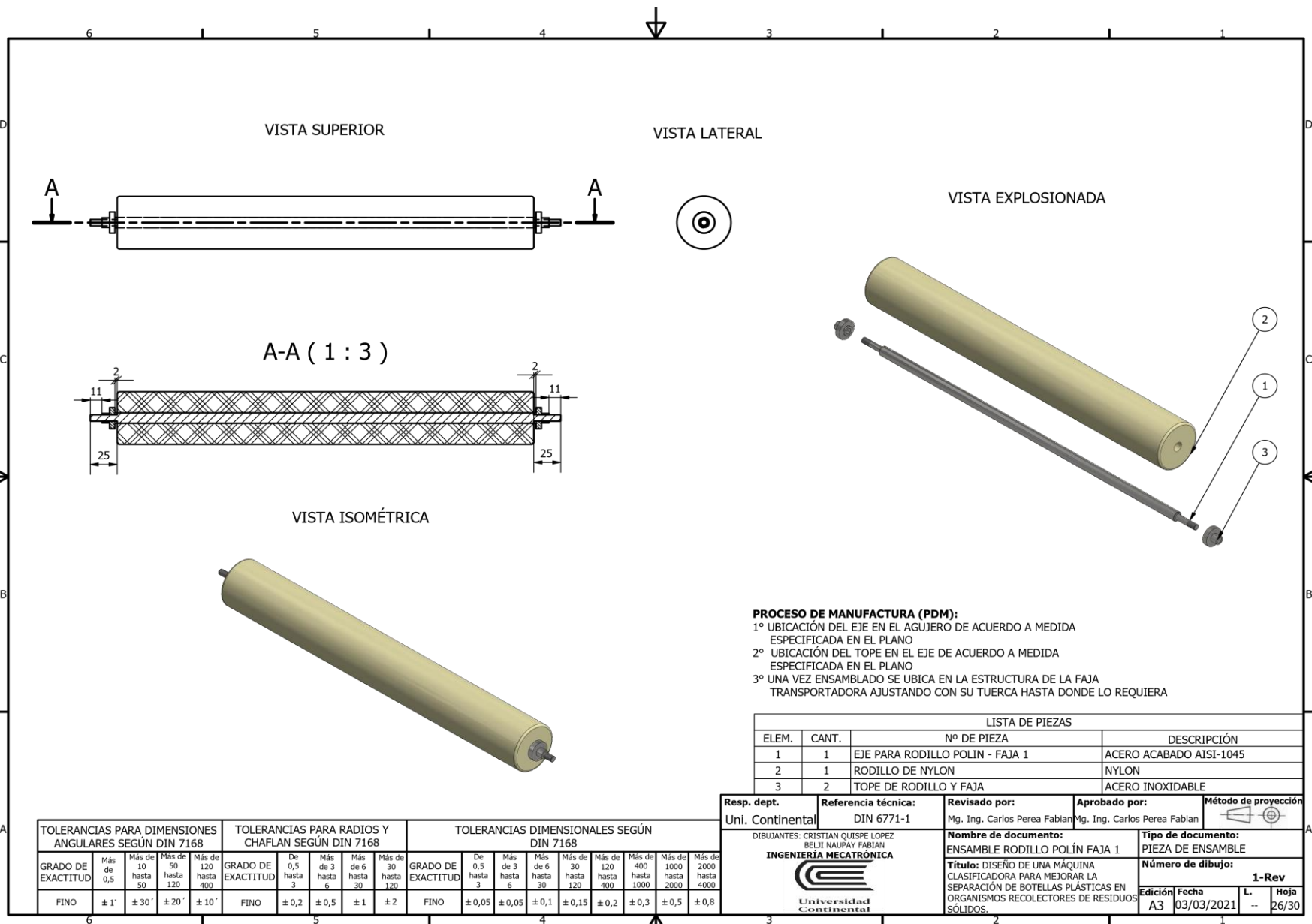


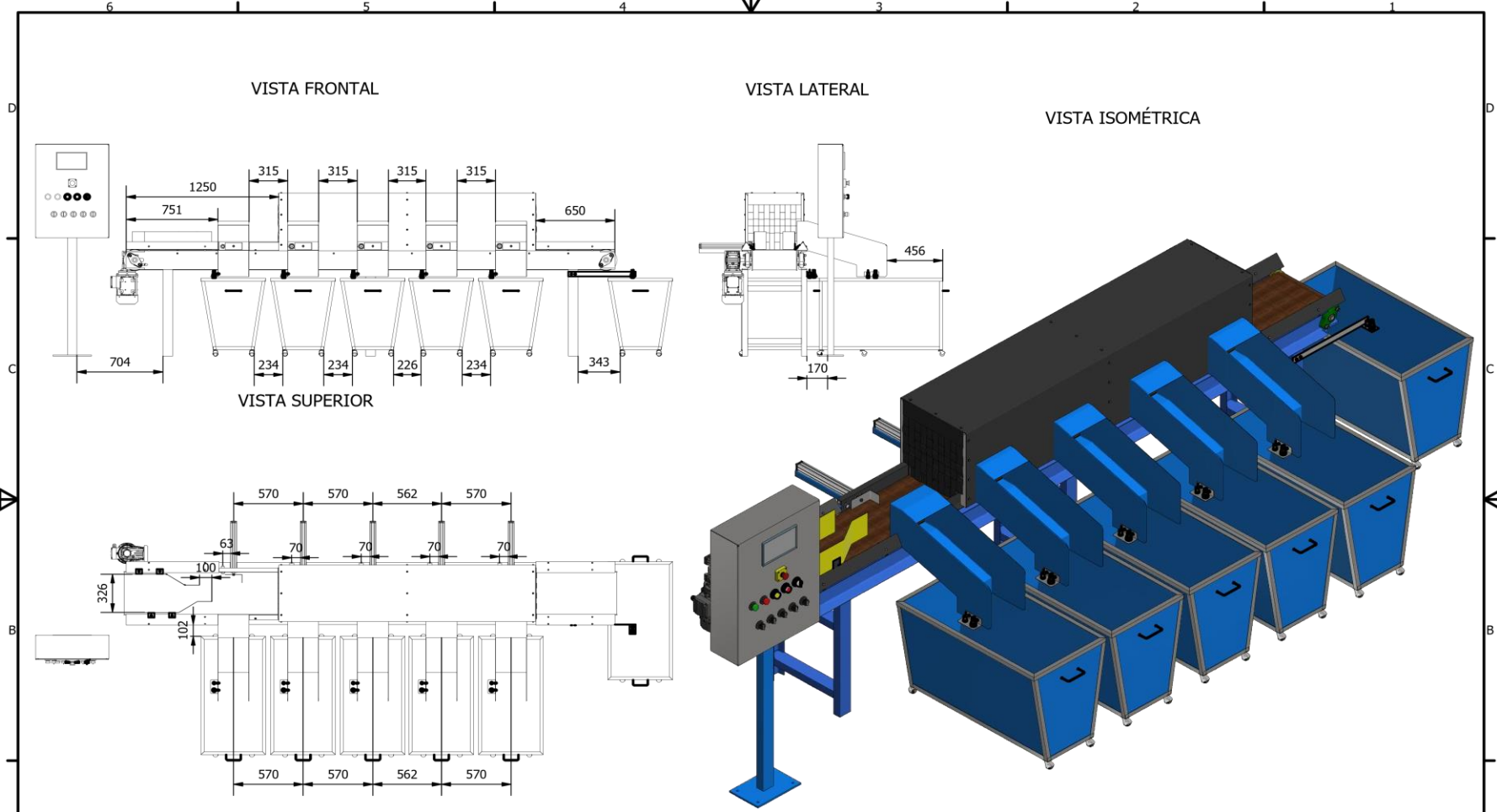
PROCESO DE MANUFACTURA (PDM):
 1° SOLDADURA DE TUBO CIRCULAR CON PLANCHAS REDONDAS
 SOLDADURA POR TODO EL CONTORNO 3mm POR CATETO
 (SOLDADURA POR CORDÓN) EN AMBOS LADOS
 2° UBICACIÓN DEL EJE EN EL AGUJERO DE ACUERDO A MEDIDA
 ESPECIFICADA EN EL PLANO
 3° SOLDADURA POR TODO EL CONTORNO 3mm POR
 CATETO (SOLDADURA POR PUNTOS) DONDE REQUIERA

LISTA DE PIEZAS			
ELEM.	CANT.	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	EJE 2 FAJA 1	ACERO ACABADO AISI-1020
2	1	TUBO PARA RODILLO 2 - FAJA 1	ACERO INOXIDABLE 304
3	2	PLANCHA PARA RODILLO 2 - FAJA 1	ACERO INOXIDABLE 304

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEP LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERIA MECATRONICA		Nombre de documento: ENSAMBLE RODILLO 2 - FAJA 1	Tipo de documento: PIEZA DE ENSAMBLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.			Número de dibujo: 1-Rev	
		Edición	Fecha	L. Hoja
		A3	03/03/2021	-- 25/30

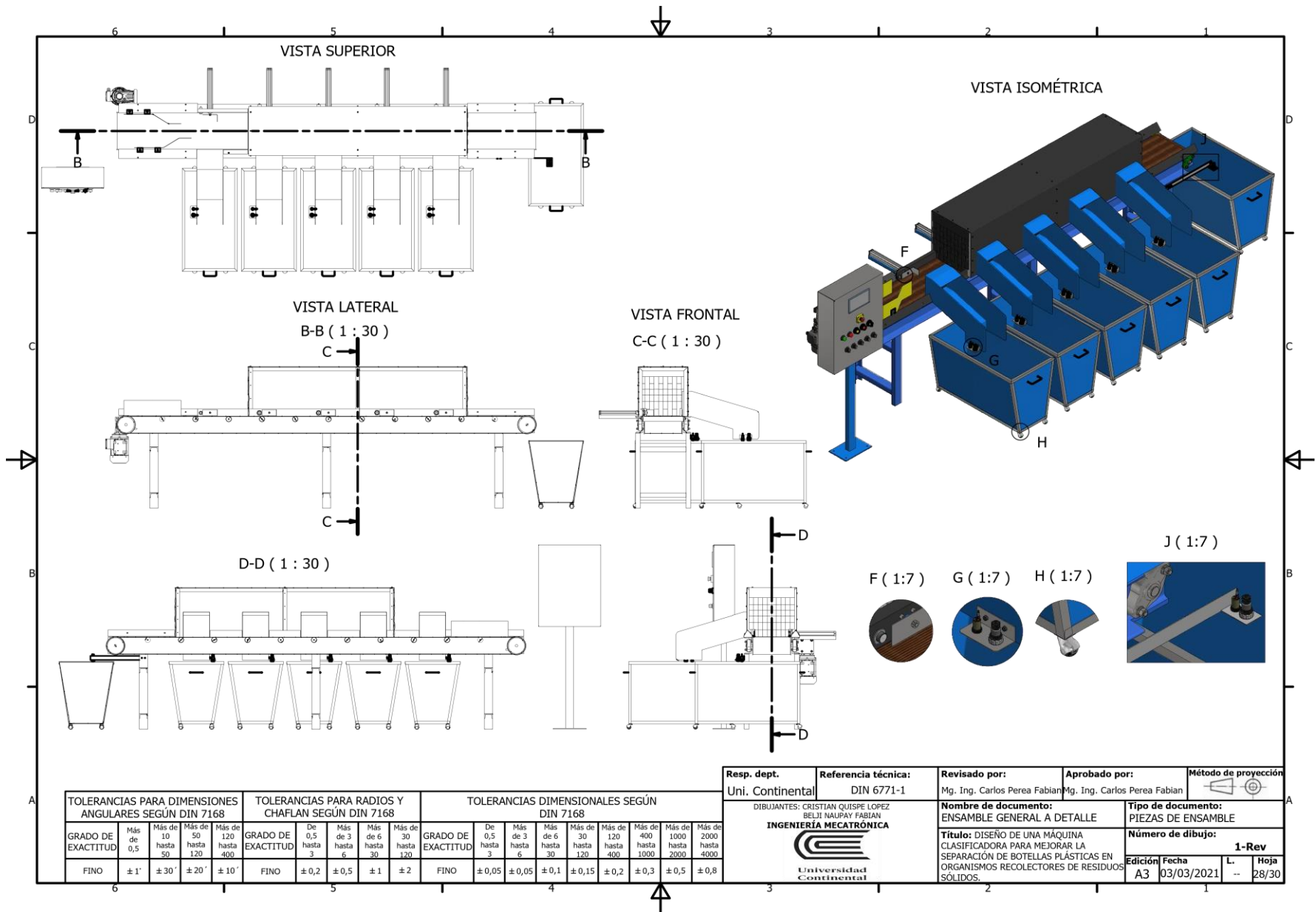
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8





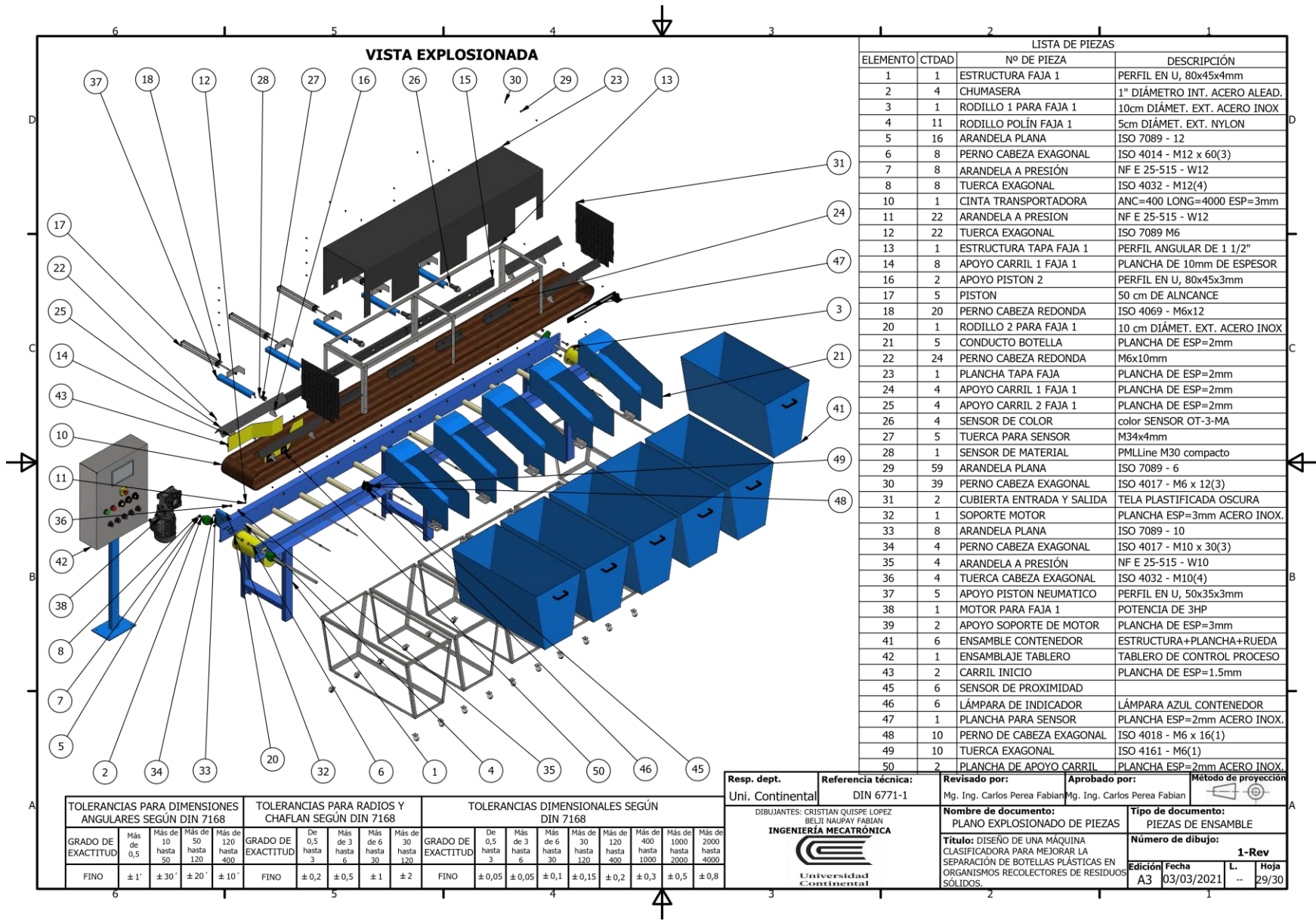
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
	FINO	± 1'	± 30'	± 20'		± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5		± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISEP LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: ENSAMBLAJE GENERAL		Tipo de documento: PIEZA DE ENSAMBLE
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.				Número de dibujo: 1-Rev
Edición		Fecha	L.	Hoja
A3		03/03/2021	--	27/30



TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168										
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000	
FINO	± 1'	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ BELJI NAUPAY FABIAN INGENIERÍA MECATRÓNICA 		Nombre de documento: ENSAMBLE GENERAL A DETALLE	Tipo de documento: PIEZAS DE ENSAMBLE	
Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.			Número de dibujo: 1-Rev	
Edición	Fecha	L.	Hoja	
A3	03/03/2021	--	28/30	



VISTA EXPLOSIONADA

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ESTRUCTURA FAJA 1	PERFIL EN U, 80x45x4mm
2	4	CHUMASERA	1" DIÁMETRO INT. ACERO ALEAD.
3	1	RODILLO 1 PARA FAJA 1	10cm DIÁMET. EXT. ACERO INOX
4	11	RODILLO POLÍN FAJA 1	5cm DIÁMET. EXT. NYLON
5	16	ARANDELA PLANA	ISO 7089 - 12
6	8	PERNO CABEZA EXAGONAL	ISO 4014 - M12 x 60(3)
7	8	ARANDELA A PRESIÓN	NF E 25-515 - W12
8	8	TUERCA EXAGONAL	ISO 4032 - M12(4)
10	1	CINTA TRANSPORTADORA	ANC=400 LONG=4000 ESP=3mm
11	22	ARANDELA A PRESION	NF E 25-515 - W12
12	22	TUERCA EXAGONAL	ISO 7089 M6
13	1	ESTRUCTURA TAPA FAJA 1	PERFIL ANGULAR DE 1 1/2"
14	8	APOYO CARRIL 1 FAJA 1	PLANCHA DE 10mm DE ESPESOR
16	2	APOYO PISTON 2	PERFIL EN U, 80x45x3mm
17	5	PISTON	50 cm DE ALNCANCE
18	20	PERNO CABEZA REDONDA	ISO 4069 - M6x12
20	1	RODILLO 2 PARA FAJA 1	10 cm DIÁMET. EXT. ACERO INOX
21	5	CONDUCTO BOTELLA	PLANCHA DE ESP=2mm
22	24	PERNO CABEZA REDONDA	M6x10mm
23	1	PLANCHA TAPA FAJA	PLANCHA DE ESP=2mm
24	4	APOYO CARRIL 1 FAJA 1	PLANCHA DE ESP=2mm
25	4	APOYO CARRIL 2 FAJA 1	PLANCHA DE ESP=2mm
26	4	SENSOR DE COLOR	color SENSOR OT-3-MA
27	5	TUERCA PARA SENSOR	M34x4mm
28	1	SENSOR DE MATERIAL	PMLLine M30 compacto
29	59	ARANDELA PLANA	ISO 7089 - 6
30	39	PERNO CABEZA EXAGONAL	ISO 4017 - M6 x 12(3)
31	2	CUBIERTA ENTRADA Y SALIDA	TELA PLASTIFICADA OSCURA
32	1	SOPORTE MOTOR	PLANCHA ESP=3mm ACERO INOX.
33	8	ARANDELA PLANA	ISO 7089 - 10
34	4	PERNO CABEZA EXAGONAL	ISO 4017 - M10 x 30(3)
35	4	ARANDELA A PRESIÓN	NF E 25-515 - W10
36	4	TUERCA CABEZA EXAGONAL	ISO 4032 - M10(4)
37	5	APOYO PISTON NEUMATICO	PERFIL EN U, 50x35x3mm
38	1	MOTOR PARA FAJA 1	POTENCIA DE 3HP
39	2	APOYO SOPORTE DE MOTOR	PLANCHA DE ESP=3mm
41	6	ENSAMBLE CONTENEDOR	ESTRUCTURA+PLANCHA+RUEDA
42	1	ENSAMBLAJE TABLERO	TABLERO DE CONTROL PROCESO
43	2	CARRIL INICIO	PLANCHA DE ESP=1.5mm
45	6	SENSOR DE PROXIMIDAD	
46	6	LÁMPARA DE INDICADOR	LÁMPARA AZUL CONTENEDOR
47	1	PLANCHA PARA SENSOR	PLANCHA ESP=2mm ACERO INOX.
48	10	PERNO DE CABEZA EXAGONAL	ISO 4018 - M6 x 16(1)
49	10	TUERCA EXAGONAL	ISO 4161 - M6(1)
50	2	PLANCHA DE APOYO CARRIL	PLANCHA ESP=2mm ACERO INOX.

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES ANGULARES SEGÚN DIN 7168					TOLERANCIAS PARA RADIOS Y CHAFLAN SEGÚN DIN 7168				TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168									
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	GRADO DE EXACTITUD	De 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
FINO	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	FINO	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	FINO	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

Resp. dept. Uni. Continental	Referencia técnica: DIN 6771-1	Revisado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Aprobado por: Mg. Ing. Carlos Perea Fabian	Método de proyección
DIBUJANTES: CRISTIAN QUISPE LOPEZ IBELI MALRAY FABIAN		Nombre de documento: PLANO EXPLOSIONADO DE PIEZAS		Tipo de documento: PIEZAS DE ENSAMBLE
		Título: DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS RECOLECTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.		Número de dibujo:
				Edición L. A3 Fecha 03/03/2021 L. -- Hoja 29/30

