

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS  
PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico**

**AUTOR:**

Sebastian Mauricio Canchis Alvarez

**ASESORA:**

MSc. Karol Muñoz Salas

**Lima, julio del 2023**

### Informe de Similitud

Yo, .....Karol Muñoz Salas.....,  
docente de la Facultad de .....Ciencias e Ingeniería..... de la  
Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado  
.....Diseño de un sistema mecatrónico para la automatización del proceso de empaquetado en  
cajas para la fabricación de suturas quirúrgicas, del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)  
.....,  
..... Sebastian Canchis Alvarez.....,  
.....,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 21/07/2023
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: .....21 de julio del 2023.....

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Muñoz Salas, Karol</u>	
DNI: 42447172	Firma <i>KM</i>
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-6138-7304">https://orcid.org/0000-0002-6138-7304</a>	

## RESUMEN

El incremento en la demanda nacional y regional en el rubro de insumos médicos es una constante de los últimos años. Esto se ha traducido en la necesidad de las empresas de buscar mejoras para incrementar la producción de productos médicos periódicamente y el caso peruano no es la excepción. Una alternativa, y tal vez la mejor, es la transformación digital de la mano de soluciones automatizadas para la industria.

En ese sentido, el presente trabajo busca desarrollar una solución de automatización capaz de satisfacer las necesidades de una empresa peruana dedicada a la producción de insumos médicos y especialmente, suturas quirúrgicas. En el primer capítulo se aborda esta problemática planteada así como los objetivos y la metodología para proponer una solución.

En el segundo capítulo se detalla una revisión del estado de arte para identificar alternativas académicas, comerciales y patentes existentes para la propuesta solución; además de un marco teórico relacionado a la industria de suturas quirúrgicas. Además, se identifican los requisitos de usuario y de proyecto para limitar esta investigación.

En el tercer capítulo, se identifican las funciones del sistema y alternativas de solución utilizando las herramientas de acuerdo la metodología, las cuales son posteriormente evaluadas las para definir el diseño conceptual.

Finalmente, en el cuarto y quinto capítulo, se explica el diseño integrado de la solución conceptual mediante planos mecánicos, electrónicos, eléctricos y de control, abarcando así los dominios del sistema mecatrónico descrito mediante la metodología seleccionada, presentado así a la solución integrada para la problemática planteada.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	i
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
<b>CAPÍTULO 1 PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 Metodología .....	4
1.3.1 Planning & Task Clarification.....	4
1.3.2 Conceptual design .....	5
1.3.3 Embodiment design .....	6
1.4 Propuesta de solución .....	7
<b>CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES Y REQUERIMIENTOS.....</b>	<b>8</b>
2.1 Marco teórico .....	8
2.1.1 Industria de insumos médicos.....	8
2.1.2 Producción de suturas quirúrgicas .....	11
2.2 Estado del arte.....	14
2.2.1 Referencias académicas.....	14
2.2.2 Productos comerciales .....	16
2.2.3 Patentes.....	20
2.3 Requerimientos y requisitos del sistema mecatrónico .....	22
2.3.1 Requerimientos y requisitos de usuario.....	22
2.3.1 Requisitos de proyecto .....	22
<b>CAPÍTULO 3 DISEÑO CONCEPTUAL.....</b>	<b>28</b>
3.1 Descomposición funcional y síntesis de medios.....	28
3.1.1 Nivel 1 .....	28
3.1.2 Nivel 2 .....	32
3.1.3 Nivel 3 .....	36
3.1.4 Nivel 4 .....	36
3.1.5 Resumen y asignación de subsistemas .....	37
3.2 Síntesis de estructura y comportamiento general.....	38
3.2.1 Arquitectura del sistema mecatrónico .....	38

3.2.2	Arquitectura del sistema eléctrico-electrónico .....	41
3.3	Bosquejos del sistema físico .....	44
3.3.1	Etiquetado de cajas .....	44
3.3.2	Armado de cajas .....	46
3.3.3	Apilado de suturas .....	47
3.3.4	Rellenado de suturas.....	48
3.4	Diagrama de flujo .....	49
CAPÍTULO 4 DISEÑO INTEGRADO .....		57
4.1	Dominio mecánico .....	58
4.1.1	Memoria de cálculo .....	58
4.1.2	Diseño y selección de componentes .....	72
4.2	Dominio neumático.....	78
4.2.1	Memoria de cálculo .....	78
4.2.2	Selección de componentes neumáticos.....	82
4.2.3	Diagrama neumático.....	88
4.3	Dominio electrónico.....	89
4.3.1	Selección de componentes electrónicos .....	89
4.3.2	Diagrama de comunicaciones.....	99
4.3.3	Diagrama esquemático .....	101
4.3.4	Diagrama unifilar.....	106
4.3.5	Lista de componentes .....	107
4.4	Dominio eléctrico.....	108
4.4.1	Memoria de cálculo .....	108
4.4.2	Selección de componentes eléctricos .....	109
4.5	Dominio de software.....	113
4.5.1	GRAFSET .....	113
4.5.2	Desarrollo de programación Ladder .....	116
4.5.3	Desarrollo de interfaz gráfica .....	117
CAPÍTULO 5 INTEGRACIÓN .....		119
5.1	Componentes mecánicos.....	119
5.1.1	Subsistema de etiquetado .....	119
5.1.2	Subsistema de armado .....	120
5.1.3	Subsistema de apilado .....	120
5.1.4	Subsistema de relleno .....	122
5.1.5	Tablero de control.....	122
5.2	Lista de verificación de compatibilidad espacial .....	123
5.3	Arquitectura general del sistema por dominios .....	124
5.4	Compatibilidad de puertos/flujos por dominios.....	125
5.4.1	Dominio de software y dominio electrónico .....	125
5.4.2	Dominio eléctrico y dominio de software .....	126
5.5	Simulación y resultados .....	127
5.5.1	Simulación en TIA Portal.....	127

5.6 Presupuesto .....	133
CONCLUSIONES .....	135
RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFÍA .....	138
ANEXOS .....	142
PLANOS MECÁNICOS .....	177
PLANOS ELECTRÓNICOS.....	180



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 <i>Comparación entre investigaciones académicas analizadas</i> .....	15
Tabla 2.2 <i>Comparación entre productos comerciales analizados</i> .....	20
Tabla 2.3 <i>Correlación entre los requerimientos y requisitos de usuario</i> .....	23
Tabla 2.4 <i>Requisitos de usuario y de proyecto</i> .....	24
Tabla 2.5 <i>Requisitos de proyecto</i> .....	26
Tabla 3.1 <i>Comparación de sensores de proximidad</i> .....	37
Tabla 3.2 <i>Comparación de actuadores lineales y giratorios</i> .....	35
Tabla 3.3 <i>Comparación de motores eléctricos</i> .....	36
Tabla 3.4 <i>Componentes del sistema mecatrónico</i> .....	38
Tabla 4.1 <i>Simbología de circuito neumático</i> .....	78
Tabla 4.2 <i>Ubicación espacial de los dispositivos neumáticos en los subsistemas 1, 3 y 4</i> .....	79
Tabla 4.3 <i>Caudales mínimos requeridos para el diseño neumático</i> .....	79
Tabla 4.4 <i>Ubicación espacial de los dispositivos neumáticos en el subsistema de armado</i> ...	81
Tabla 4.5 <i>Análisis técnico-económico de actuadores lineales (para 150 mm de carrera)</i> .....	82
Tabla 4.6 <i>Análisis técnico-económico de actuadores lineales neumáticos Festo</i> .....	83
Tabla 4.7 <i>Análisis técnico-económico de la guía lineal neumática</i> .....	83
Tabla 4.8 <i>Análisis técnico-económico de las válvulas neumáticas Festo</i> .....	84
Tabla 4.9 <i>Análisis técnico-económico del terminal de electroválvulas</i> .....	85
Tabla 4.10 <i>Análisis técnico-económico de sensores de proximidad</i> .....	86
Tabla 4.11 <i>Especificaciones técnico-económicas del sensor de proximidad para ranura tipo C</i> .....	86
Tabla 4.12 <i>Análisis técnico-económico de tecnologías de sujeción de vacío</i> .....	87
Tabla 4.13 <i>Especificaciones técnico-económicas de los actuadores Festo</i> .....	88

Tabla 4.14 <i>Comparación entre empresas de automatización</i> .....	90
Tabla 4.15 <i>Características eléctricas de la planta</i> .....	90
Tabla 4.16 <i>Análisis técnico-económico de controladores lógico programables</i> .....	91
Tabla 4.17 <i>Especificaciones técnico-económicas del módulo de entradas digitales</i> .....	92
Tabla 4.18 <i>Especificaciones técnico-económicas del HMI</i> .....	92
Tabla 4.19 <i>Análisis técnico-económico de servomotores</i> .....	93
Tabla 4.20 <i>Especificaciones técnico-económicas de la caja reductora</i> .....	94
Tabla 4.21 <i>Especificaciones técnico-económicas del controlador</i> .....	94
Tabla 4.22 <i>Análisis técnico-económico de sensores capacitivos</i> .....	95
Tabla 4.23 <i>Especificaciones técnico-económicas del sensor de objetos</i> .....	95
Tabla 4.24 <i>Análisis técnico-económico de motores de inducción de jaula de ardilla</i> .....	96
Tabla 4.25 <i>Especificaciones técnico-económicas de la caja reductora</i> .....	97
Tabla 4.26 <i>Especificaciones técnico-económicas de motor paso a paso</i> .....	98
Tabla 4.28 <i>Especificaciones técnico-económicas del switch de red</i> .....	98
Tabla 4.28 <i>Simbología y componentes eléctricos</i> .....	106
Tabla 4.29 <i>Lista de componentes electrónicos</i> .....	108
Tabla 4.30 <i>Cálculo de requerimientos eléctricos DC del sistema mecatrónico</i> .....	109
Tabla 4.31 <i>Cálculo de requerimientos eléctricos AC del sistema mecatrónico</i> .....	109
Tabla 4.32 <i>Especificaciones técnico-económicas de las fuentes de alimentación</i> .....	110
Tabla 4.33 <i>Especificaciones técnico-económicas del interruptor termomagnético</i> .....	110
Tabla 4.34 <i>Especificaciones técnico-económicas del interruptor diferencial</i> .....	111
Tabla 4.35 <i>Especificaciones técnico-económicas del interruptor termomagnético</i> .....	111
Tabla 4.36 <i>Especificaciones técnico-económicas del contactor</i> .....	111
Tabla 4.37 <i>Especificaciones técnico-económicas de los interruptores termomagnéticos</i> .....	112
Tabla 4.38 <i>Especificaciones técnico-económicas del interruptor diferencial</i> .....	112

Tabla 4.39 <i>Especificaciones técnico-económicas de pulsadores</i> .....	113
Tabla 4.40 <i>Especificaciones técnico-económicas la torre de luz LED</i> .....	113
Tabla 4.41 <i>Componentes del diagrama GRAFCET</i> .....	114
Tabla 4.42 <i>Lista de variables PLC</i> .....	116
Tabla 5.1 <i>Lista de verificación de compatibilidad espacial</i> .....	123
Tabla 5.13 <i>Presupuesto final</i> .....	134



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 <i>Tiempo de ejecución de procesos productivos de final de línea</i> .....	2
Figura 2.1 <i>Comparación de la participación del mercado global de equipos, instrumental e insumos quirúrgicos entre 2013 y 2020</i> .....	8
Figura 2.2 <i>Principales países importadores e importaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014</i> .....	9
Figura 2.3 <i>Principales países exportadores y exportaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014</i> .....	10
Figura 2.4 <i>Inversión del PBI en el sector salud a 2018 en Latinoamérica</i> .....	11
Figura 2.5 <i>Línea de producción de pintado y empaque de latas</i> .....	14
Figura 2.6 <i>Etiquetadora superiora industrial MCP 600T</i> .....	16
Figura 2.7 <i>Etiquetadora superiora PL-211</i> .....	17
Figura 2.8 <i>High Speed Rotary Blister Packaging Machine</i> .....	18
Figura 2.9 <i>Empaquetador en caja de cartón</i> .....	19
Figura 2.10 <i>Estuchadora CAM AV-78</i> .....	19
Figura 2.11 <i>Case packing machine</i> .....	21
Figura 3.1 <i>Diagrama de funciones y medios (Nivel 1 y 2)</i> .....	29
Figura 3.2 <i>Diagrama de funciones y medios (Subfunción Etiquetar cajas)</i> .....	29
Figura 3.3 <i>Diagrama de funciones y medios (Subfunciones Armar cajas y Apilar suturas)</i> ...	30
Figura 3.4 <i>Diagrama de funciones y medios (Subfunciones Rellenar suturas y otros)</i> .....	30
Figura 3.5 <i>Arquitectura del sistema mecatrónico</i> .....	42
Figura 3.2 <i>Arquitectura del sistema eléctrico - electrónico</i> .....	43
Figura 3.3 <i>Bosquejo general del sistema mecatrónico</i> .....	44
Figura 3.4 <i>Bosquejo del subsistema de etiquetado de cajas</i> .....	45
Figura 3.5 <i>Bosquejo de la conexión del cilindro motorizado</i> .....	45

Figura 3.6 <i>Bosquejo del subsistema de armado de cajas</i> .....	46
Figura 3.7 <i>Bosquejo de la plataforma 1</i> .....	46
Figura 3.8 <i>Bosquejo del subsistema de apilado y relleno de suturas</i> .....	47
Figura 3.9 <i>Bosquejo del sistema de dispensado de suturas</i> .....	48
Figura 3.10 <i>Bosquejo del detalle de la pieza roscada</i> .....	48
Figura 3.11 <i>Diagramas de flujo principal del sistema – Perspectiva Máquina</i> .....	49
Figura 3.12 <i>Diagramas de flujo de procesos</i> .....	50
Figura 3.13 <i>Diagramas de flujo principal del sistema – Perspectiva usuario</i> .....	51
Figura 3.14 <i>Diagramas de flujo de la parada y reinicio del sistema</i> .....	52
Figura 3.15 <i>Diagrama de flujo del etiquetado de cajas</i> .....	53
Figura 3.16 <i>Diagrama de flujo del armado de cajas</i> .....	54
Figura 3.17 <i>Pasos del armado de cajas</i> .....	54
Figura 3.18 <i>Diagrama de flujo del apilado de suturas</i> .....	55
Figura 3.19 <i>Diagrama de flujo del relleno de suturas</i> .....	56
Figura 4.1 <i>Modelo 3D: Diseño integrado</i> .....	57
Figura 4.2 <i>Modelo 3D: Posición y ubicación del servomotor del subsistema de etiquetado</i> ..	59
Figura 4.3 <i>Modelo 3D: Posición y ubicación del motor del subsistema de etiquetado</i> .....	60
Figura 4.4 <i>Ubicación y posición de los rodamientos de bolas</i> .....	63
Figura 4.5 <i>Ubicación y posición de los rodamientos lineales de bolas</i> .....	63
Figura 4.6 <i>Modelo 3D: Estructura de soporte de las fajas transportadoras</i> .....	66
Figura 4.7 <i>Modelo 3D: Soldaduras en la etiquetadora superior superior</i> .....	68
Figura 4.8 <i>Modelo 3D: Soldaduras en la estructura de las fajas transportadoras</i> .....	68
Figura 4.9 <i>Modelo 3D: Sistema de alimentación de suturas</i> .....	70
Figura 4.10 <i>Posición y ubicación del motor del subsistema de relleno</i> .....	71
Figura 4.11 <i>Modelo 3D: Alimentador del subsistema de etiquetado</i> .....	73

Figura 4.12 <i>Modelo 3D: Etiquetadora superior del subsistema de etiquetado</i> .....	73
Figura 4.13 <i>Modelo 3D: Pistón del subsistema de etiquetado</i> .....	74
Figura 4.15 <i>Modelo 3D: Estructura y mesa de soporte de subsistema de armado</i> .....	75
Figura 4.16 <i>Modelo 3D: Alimentador de suturas de subsistema de apilado</i> .....	76
Figura 4.16 <i>Modelo 3D: Apilador de suturas de subsistema de apilado</i> .....	77
Figura 4.17 <i>Modelo 3D: Estructura para cadenas transportadoras</i> .....	77
Figura 4.18 <i>Circuito neumático</i> .....	88
Figura 4.19 <i>Ubicación de los sensores y actuadores dentro del diseño mecatrónico</i> .....	99
Figura 4.20 <i>Diagrama de comunicaciones</i> .....	100
Figura 4.21 <i>Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado</i> .....	102
Figura 4.22 <i>Diagrama esquemático del subsistema de armado</i> .....	103
Figura 4.23 <i>Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado</i> .....	104
Figura 4.24 <i>Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado</i> .....	104
Figura 4.21 <i>Diagrama esquemático de los dispositivos de control</i> .....	105
Figura 4.26 <i>Diagrama eléctrico</i> .....	107
Figura 4.41 <i>Diagrama GRAFCET</i> .....	115
Figura 4.54 <i>Interfaz gráfica HMI</i> .....	118
Figura 5.1 <i>Modelado 3D: Subsistema de etiquetado</i> .....	120
Figura 5.2 <i>Modelado 3D: Subsistema de armado</i> .....	121
Figura 5.3 <i>Modelado 3D: Subsistema de apilado</i> .....	121
Figura 5.4 <i>Modelado 3D: Subsistema de rellenado</i> .....	122
Figura 5.5 <i>Modelado 3D: Tablero de control - Interior</i> .....	123
Figura 5.6 <i>Arquitectura general del sistema por dominios</i> .....	124
Figura 5.7 <i>Arquitectura general del sistema por dominios de software y electrónico</i> .....	126
Figura 5.8 <i>Arquitectura general del sistema por dominios de software y eléctrico</i> .....	127

Figura 5.9 <i>Simulación de código Ladder – Configuración inicial</i> .....	128
Figura 5.10 <i>Simulación de código Ladder – Etiquetado parte 1</i> .....	129
Figura 5.11 <i>Simulación de código Ladder – Etiquetado parte 2</i> .....	130
Figura 5.12 <i>Simulación de código Ladder – Armado</i> .....	130
Figura 5.13 <i>Simulación de código Ladder – Apilado: Dispensado de suturas</i> .....	131
Figura 5.14 <i>Simulación de código Ladder – Apilado: Control de calidad</i> .....	132
Figura 5.15 <i>Simulación de código Ladder – Rellenado</i> .....	133



## CAPÍTULO 1

### PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

#### 1.1 Problemática

En los últimos años, la industria de insumos médicos se ha visto en la necesidad de aumentar su capacidad de producción debido al incremento exponencial de la demanda de productos a nivel mundial. Previo a la pandemia, se proyectaba un incremento del 11.1% anual entre los años 2016 a 2021 hasta alcanzar los 12 mil millones de dólares en el mercado del rubro.

Por esa razón, diferentes empresas transnacionales han optado por automatizar plantas de producción en su totalidad para agilizar sus procedimientos. En nuestro país, las empresas peruanas del rubro también han seguido el mismo camino. Sin embargo, el gran problema de automatizar procesos en el Perú son los costos de importación de maquinaria. Por ejemplo, en 2017, Perú y Colombia fueron los países latinoamericanos con la reducción más significativa de importaciones de dispositivos médicos con una disminución de alrededor del 8% (Velásquez, 2019).

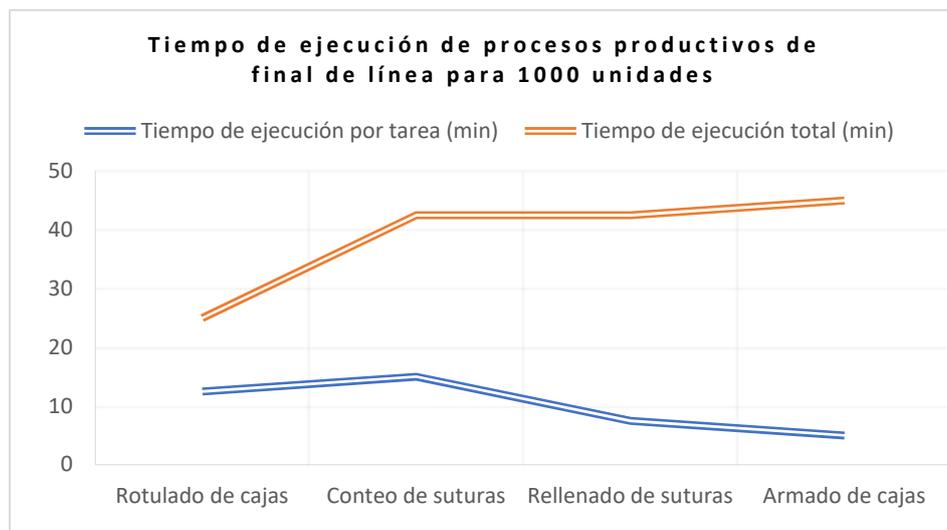
Este proyecto se enfoca en una empresa peruana productora de insumos médicos como suturas, guantes o mallas quirúrgicas. Actualmente, cerca del 90% de su producción se concentra en las suturas por lo que gran parte de sus recursos se destinan a la fabricación de agujas, hilos y empaques necesarios para estos productos.

El proceso productivo de suturas implica desde el fraccionamiento de hilos hasta el encelofanado de las cajas para su posterior distribución. A pesar del uso de tecnologías en el área de producción, los procesos de final de línea son 100% manuales por lo que requieren de una alta concentración de recursos humanos para terminar los productos.

En la Figura 1.1., se puede observar el tiempo de ejecución de los procesos productivos en el área de empaquetado. En azul se cuantifica el tiempo por tarea mientras que en naranja el tiempo acumulado hasta el final de producción. Estos tiempos están analizados considerando 1000 unidades producidas y 4 operarias, es decir, una por cada tarea.

**Figura 1.1**

*Tiempo de ejecución de procesos productivos de final de línea*



*Nota.* Datos relativos (azul) y acumulados (naranja) expresados en minutos.

Los altos tiempos de producción descritos anteriormente y los altos costos de personal del área, los cuales oscilan entre 2000 y 2500 dólares mensuales, generan un problema importante para la empresa. Adicionalmente, los cuellos de botella generan la movilización de personal de otras áreas cada fin de ciclo de producción por lo que esta empresa se ve en la necesidad de buscar soluciones automáticas rentables a corto y largo plazo tanto económica como productivamente.

En ese sentido, este proyecto plantea una solución para empresas del rubro de suturas quirúrgicas que, debido a las barreras económicas, no pueden importar soluciones mecatrónicas para la automatización de procesos productivos en sus plantas. Además, este diseño contempla todas las particularidades de esta empresa para sus procesos de empaquetado, sin necesidad de realizar cambios importantes durante su producción.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

El objetivo principal de la presente tesis consiste en el diseño de un sistema mecatrónico para la automatización del proceso de empaquetado en cajas para la fabricación de suturas quirúrgicas. A continuación, se presentan los objetivos específicos para alcanzar el objetivo principal de este proyecto.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la problemática durante los procesos de fin de línea de producción del empaquetado de suturas quirúrgicas en cajas a analizar.
- Realizar un estado del arte de la maquinaria existente en el mercado, academia y patentes relacionada a los procesos a automatizar.
- Realizar el diseño conceptual del sistema mecatrónico mediante diagramas de funciones y medios y evaluaciones de las soluciones por función.
- Diseñar un mecanismo de etiquetado superior con etiquetas autoadhesivas para las cajas de suturas quirúrgicas.
- Diseñar un sistema de armado de cajas de suturas mediante la aplicación de tecnología de sujeción de vacío neumático.
- Diseñar un sistema de conteo, apilado en columnas y relleno en cajas de suturas quirúrgicas mediante fajas y cadenas transportadoras.
- Definir un sistema integrado de control de calidad y derivación de productos defectuosos durante el transporte en fajas transportadoras.
- Diseñar el algoritmo de control y operación de los periféricos con el sistema de control.

### 1.3 Metodología

Para el presente proyecto se utiliza la metodología de diseño para sistemas mecatrónicos (de Negri et al., 2021), la cual está basada en la metodología de diseño mecatrónico (VDI 2206) y en el diseño de sistemas técnicos y productos (VDI 2221).

Negri et. al. (2021) define esta metodología como el uso de modelos a través del proceso de diseño visto como un conjunto de actividades que, a partir de los requerimientos de los usuarios, buscan lograr descripciones detalladas para la construcción o implementación de un sistema técnico (p. 23).

#### 1.3.1 Planning & Task Clarification

##### *i Task Description*

Definición de la problemática en los procedimientos de producción de suturas quirúrgicas. Planteamiento del objetivo general, objetivos específicos y propuesta de solución.

##### *ii Subject understanding and theoretical framework review:*

Revisar el marco teórico asociado a la industria de insumos médicos y suturas quirúrgicas, los procesos industriales y las características de la producción.

##### *iii Analysis of the state of the art*

Revisar el estado del arte asociado a la máquina, es decir, un análisis de productos comerciales y patentes sobre sistemas de automatización para suturas quirúrgicas.

***iv Determination of user requirements:***

Establecer los requisitos de usuario del personal técnico y administrativo de la empresa del rubro.

***v Determination of requirements list:***

Establecer los requerimientos del sistema para determinar funciones de la máquina, funcionamiento, cinemática, control, geometría, mantenimiento, seguridad y fabricación.

### **1.3.2 Conceptual design**

***i Functional decomposition & means synthesis:***

Realizar un árbol de funciones y medios para determinar las funciones y alternativas de solución para las mismas. Realizar una matriz morfológica de cada función del sistema con los principios de solución. Proponer y evaluar los conceptos de solución basados en las combinaciones para hallar el concepto óptimo en base a un análisis técnico-económico.

***ii Synthesis of general structure and behavior:***

Realizar el diseño preliminar mecánico, el diagrama eléctrico-electrónico, el diagrama de la arquitectura mecatrónica, el diagrama de funcionamiento y las especificaciones de software de la solución óptima.

### **1.3.3 Embodiment design**

#### ***i Domain-specific designs***

##### *i.i Dominio mecánico*

Diseñar modelado 3D y planos, así como seleccionar los componentes mecánicos y procesos de fabricación para piezas de cada subsistema, así como el análisis técnico-económico respectivo del dominio.

##### *i.ii Dominio eléctrico*

Diseñar el diagrama eléctrico para la operación del sistema mecatrónico, así como los cálculos necesarios y selección de componentes eléctricos del dominio.

##### *i.iii Dominio electrónico*

Diseñar el diagrama de comunicaciones, los diagramas esquemáticos, el diagrama unifilar y la selección de componentes electrónicos, además del análisis técnico-económico del dominio.

##### *i.iv Dominio de software:*

Diseñar los diagramas de flujo y la programación necesaria para el correcto funcionamiento de cada etapa del empaquetado.

#### ***ii Definitive integrative design***

Realizar el diseño integrado del sistema mecatrónico de cada dominio, definiendo los dispositivos y materiales para cada subsistema.

#### **1.4 Propuesta de solución**

Se propone diseñar un sistema mecatrónico que automatice el rotulado, armado y sellado de cajas de suturas quirúrgicas. Cada proceso estará separado por estaciones: la primera encargada del rotulado de cajas, la segunda del armado de las mismas y conteo y relleno de suturas y, finalmente, la tercera del armado de fundas y cerrado de cajas.

El sistema cuenta con un sistema de control de calidad integrado para identificar y separar suturas o cajas defectuosas en la fabricación o en el rotulado, respectivamente. Adicionalmente, el sistema será capaz de operar con 3 diferentes presentaciones: 12, 24 y 36 suturas. La necesidad de personal será mínima, es decir, solo será necesario de un operador en la etapa de seteo de la producción.

Este diseño está especializado para esta aplicación en particular, procesamiento de suturas quirúrgicas, por ende requiere de la consideración de parámetros como el uso de materiales antibacterianos, dimensiones mínimas definidas por el tamaño de la planta y una interfaz simple para su operación por el personal técnico.

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES Y REQUERIMIENTOS

#### 2.1 Marco teórico

##### 2.1.1 Industria de insumos médicos

###### *i Industria de insumos médicos*

A raíz del COVID-19, el mercado global ha sufrido cambios y la industria de insumos médicos no ha sido la excepción. Como se observa en la Figura 2.1., según un informe de la consultora Allied Market Research del año 2016, el mercado de insumos quirúrgicos crecerá a una tasa anual de 11.1% hasta llegar aproximadamente a los 12 100 millones de dólares en los siguientes 5 años. Entre los insumos más importantes son el instrumental manual, los dispositivos electroquirúrgicos y las suturas y grapas quirúrgicas, las cuales representan la mayor cuota en el mercado.

#### **Figura 2.1**

*Comparación de la participación del mercado global de equipos, instrumental e insumos quirúrgicos entre 2013 y 2020*



*Nota.* Adaptado de *Mercado de los productos para cirugía general y plástica*, por EvaluateMedTech, 2015, El Hospital (<https://www.elhospital.com/>).

Según este informe, con datos basados en las 300 firmas más grandes de tecnología médica, el sector de insumos quirúrgicos está ubicado en la sexta posición en el ranking de los mercados más fuertes de la industria médica con ganancias anuales cercanas a los 20 mil millones de dólares. Entre las compañías con mayor presencia en el mercado internacional destacan Ethicon, Medtronic, Olympus y Boston Scientific.

En una comparación continental, Norteamérica lidera el mercado global de insumos quirúrgicos. Europa y Asia continúan en la clasificación respectivamente. Como podemos ver en la Figura 2.2., México y Brasil son los países con mayores importaciones de equipos para cirugía en el plano latinoamericano.

### Figura 2.2

*Principales países importadores e importaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014*

Principales países importadores e importaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014		
País importador	Monto (en millones de dólares)	Porcentaje
México	2.119.432	47,61
Brasil	1.050.822	23,60
Colombia	395.926	8,89
Chile	314.500	7,06
Argentina	199.213	4,47
Venezuela	125.991	2,83
Perú	122.824	2,76
Bolivia	37.894	0,85
Ecuador	35.479	0,80
Uruguay	32.535	0,73
Paraguay	17.458	0,39
<b>Total</b>	<b>4.452.074</b>	<b>100,00</b>

*Nota.* Tomado de *Principales países importadores e importaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014*, por Aladi, 2016, El Hospital (<https://www.elhospital.com>).

Entre los países exportadores con mayores ventas hacia Latinoamérica destacan Estados Unidos con un porcentaje superior al 50% mientras que China, Alemania y otros países europeos tienen una presencia significativamente menor como se puede observar en la Figura 2.3.

**Figura 2.3**

*Principales países exportadores y exportaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014*

Principales países exportadores y exportaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014		
País exportador a Latinoamérica	Monto (en millones de dólares)	Porcentaje
Estados Unidos	2.408.171	54,09
China	410.569	9,22
Alemania	365.379	8,21
Otros países de Europa	281.481	6,32
Demás países	234.734	5,27
Otros países de Latinoamérica	130.935	2,94
Canadá	122.091	2,74
Japón	112.128	2,52
México	102.400	2,30
Brasil	62.968	1,41
Otros países de Asia	58.321	1,31
Italia	57.372	1,29
Taiwán	48.488	1,09
India	38.050	0,85
Corea del Sur	18.987	0,43
<b>Total</b>	<b>4.452.074</b>	<b>100,00</b>

*Nota.* Tomado de *Principales países exportadores y exportaciones de equipos para cirugía en Latinoamérica en 2014*, por Aladi, 2016, El Hospital (<https://www.elhospital.com/>).

### *ii Industria de insumos médicos*

En un reciente informe de Global Health Intelligence, Perú está sexto en la clasificación de mercados sudamericanos con mayor potencial para la industria de insumos médicos. Ello debido en gran parte al incremento del comercio de máquinas de anestesia, torres de endoscopia y bombas de infusión con tasas de crecimiento de 25, 23 y 11% respectivamente. Todo ello, a pesar de la baja inversión del Producto Bruto Interno (PBI) en el sector salud a comparación con otros países del continente como se puede observar en la Figura 2.4.

Actualmente, el sector salud en el Perú está apostando por la implementación de tecnologías que beneficien a los usuarios más allá del desempeño médico, es decir,

aumentando la seguridad del paciente, mejorando la administración de medicinas o minimizando riesgos y pérdidas de insumos, entre otros.

### Figura 2.4

*Inversión del PBI en el sector salud a 2018 en Latinoamérica*



*Nota.* Tomado de *Chile es uno de los países de la región donde más se invierte en materia de salud*, por CEPAL, 2016, La República (<https://www.larepublica.co/>).

En el caso peruano, la tasa de crecimiento en los últimos años de la industria de insumos médicos, específicamente de las suturas quirúrgicas, se debe a la internacionalización de empresas como Tagumédica o Cirugía Peruana. Ambas empresas tienen mayor presencia en el mercado de las exportaciones a nivel regional e incluso han llegado a crear plantas filiales en otros países latinoamericanos como es el caso de la planta de Cirugía Peruana en Brasil.

### 2.1.2 Producción de suturas quirúrgicas

#### *i Procesos industriales*

- **Fraccionamiento:** Esta etapa es la primera del proceso de producción, en la cual se realiza el corte de hilos de acuerdo al tamaño requerido, el cual se mide en calibres que van desde 12/0 hasta 3, siendo el primero el más delgado y el último el más grueso. Esta operación se realiza de manera manual (0 - 3) o automática (12/0 - 0), esto de acuerdo al calibre del hilo.

- **Ensamblado:** Este proceso consiste en la unión del hilo y la aguja mediante la aplicación de presión sobre una matriz. Luego de esta unión, se realiza una comprobación cualitativa mediante un resister tester para todos los hilos y una comprobación cuantitativa para una muestra por lote.
- **Enrollado:** La siguiente etapa consiste en el enrollado del hilo en forma de 8 dentro de un troquel. Este proceso varía de acuerdo a la presentación de la sutura. Durante este proceso suelen observarse las primeras mermas debido a quebraduras del hilo, oxidación, rotura de aguja, etc.
- **Etiquetado:** Durante esta etapa se coloca una etiqueta en cada sutura donde se señala sus características. Este proceso se realiza para suturas no absorbibles.
- **Impresión y blisteadado:** Esta etapa, automatizada al 100%, consiste en el etiquetado de las suturas y sellado en blisters de aluminio. Este proceso se realiza para suturas absorbibles.
- **Laminado, plastificado y sellado:** Esta etapa, similar a la anterior, consiste en el sellado con aluminio de blisters. Este proceso se solo realiza para suturas Catgut debido a que se debe infiltrar un líquido conservante dentro del empaque.
- **Esterilizado:** Esta etapa consiste en la esterilización de las suturas para la eliminación de cualquier contaminante biológico o no biológico. El componente químico utilizado es el dióxido de etileno (ETO). Este proceso se realiza una o dos veces al día.
- **Secado:** Para eliminar rastros de humedad, se realiza un proceso de secado con nitrógeno seco.
- **Rotulado:** Este proceso consiste en el etiquetado de las cajas sin armar para las suturas. Las dimensiones de las etiquetas autoadhesivas varían de acuerdo a la presentación del producto. Este proceso se realiza manualmente.

- **Conteo, relleno y sellado:** Posteriormente al rotulado, se cuentan las suturas para colocarlas dentro de las cajas, previamente armadas, de acuerdo a la cantidad por presentación. Al centro de las suturas, se coloca un inserto. Luego se cierra la caja con la funda. Todo este proceso se realiza de forma manual.
- **Encelofanado:** Finalmente, el último paso es el encelofanado del producto. Este proceso se puede realizar automáticamente en la encelofanadora, si la presentación es de 24 o 36, o manual, si la presentación es diferente a estas. En esta etapa se cubre la caja con celofán para protegerlo de agentes externos.

## *ii Características de la producción*

La producción de suturas quirúrgicas tiene una serie de características particulares debido a la naturaleza del producto.

- **Temperatura:** La temperatura durante todo el proceso no debe superar los 25 °C a excepción de ciertos procesos como la esterilización o el secado donde la temperatura
- **Humedad:** La humedad relativa no supera el 60% salvo en la operación de secado, donde debe ser menor al 45%.
- **Esterilización:** Durante todo el proceso, se evita el ingreso de agentes externos como polvo, agua u otros elementos que puedan generar deterioros en la sutura. Posterior al proceso de esterilización, el cuidado debe ser aún mayor.
- **Calidad:** La calidad de las suturas deben ser óptimas, por ello, en cada etapa se realiza una revisión metódica para identificar productos defectuosos.
- **Variedad:** La variedad tanto de presentaciones como de suturas implica adaptabilidad de la producción para fabricar todos los productos necesarios.

- Flexibilidad: La capacidad de producción varía bastante de acuerdo a las necesidades del mercado, los cuellos de botella y la velocidad de automatización.

## 2.2 Estado del arte

### 2.2.1 Referencias académicas

#### *i Integración de tecnologías para automatizar una línea de producción de empaque de latas*

Esta investigación consiste en la implementación de un sistema integrado de etiquetado y empaquetado de frascos además del transporte y control de calidad respectivo para el procedimiento. Las tecnologías utilizadas fueron las de *National Instruments* (LabVIEW) y Allen-Bradley (PLC's).

#### **Figura 2.5**

*Línea de producción de pintado y empaque de latas*



*Nota.* Tomado de “Integración de tecnologías para automatizar una línea de producción de empaque de latas”, por López & Rodríguez, 2015, Ciencia desde el Occidente.

*ii Designing quality control system based on vision inspection in pharmaceutical product lines*

Esta investigación consiste en un sistema de control de calidad basado en visión por computadora para identificar productos defectuosos en el área farmacéutica. En este caso, se analizan blísters dentro de sus respectivas cajas. Sin embargo, los autores mencionan una variedad importante de aplicaciones del algoritmo como apilado, clasificación y detección de defectos.

*iii Bliss BOT for pharmaceutical inspection*

Esta investigación, al igual que la anterior, consiste en un sistema de control de calidad, sin embargo, la aplicación principal es la detección de características particulares de un producto como fillos, ángulos o puntos de intersección por lo que se obtiene una mayor información. Este proyecto se implementó a menor escala, pero con componentes más potentes, es posible mejorar considerablemente los resultados.

**Tabla 2.1**

*Comparación entre investigaciones académicas analizadas*

Investigación	Procesos relacionados	Tecnologías	Sensores y actuadores	Producto analizado
2.2.1.1.	Conteo Empaquetado Control de calidad	Visión por computadora	Cámaras Sensores inductivos y láser Actuadores hidráulicos	Latas
2.2.1.2.	Control de calidad	Visión por computadora	Cámara	Blísters
2.2.1.3.	Control de calidad	Visión por computadora	Cámara Servomotores	Blísters

## 2.2.2 Productos comerciales

### *i Etiquetadora superior industrial MCP 600T*

Este producto es una etiquetadora superior industrial de la compañía Marcopack para aplicar autoadhesivas en superficies planas. Su sistema de etiquetado tiene una variedad de alternativas de acuerdo a la necesidad como la aplicación de etiquetas inferiores, superiores, ambas y adaptable a distintos tamaños de superficies. Su velocidad de etiquetadora superiora puede alcanzar los 9 000 envase/hora.

#### **Figura 2.6**

#### *Etiquetadora superiora industrial MCP 600T*



*Nota.* Tomado de *Etiquetadora superiora industrial MCP 600T*, por Marcopack, 2021, DirectIndustry (<https://www.directindustry.es/>).

### *ii PL-211 Máquina de etiquetado automático en la parte superior*

Este producto de la compañía Pack Leader es una máquina de etiquetado en la parte superior, adecuada para una gran variedad de productos en varios tipos de línea de producción. Esta máquina utiliza un PLC, así como una pantalla táctil con un formato

intuitivo. Tiene hasta 30 módulos de memoria, una función de retardo de etiquetado y hasta 8 velocidades sincronizadas.

### **Figura 2.7**

#### *Etiquetadora superiora PL-211*



*Nota.* Tomado de *PL-211 Máquina de Etiquetado Automático en la parte superior*, por Pack Leader, 2019, Pack Leader (<https://www.packleader.com/>).

#### ***iii Encajadora automática de carga superior***

Este producto de la compañía YM Packaging consiste en una encajadora automática capaz de formar hasta 45 cajas por minuto ya sea de armado lateral o superior. El cargador tiene una capacidad de hasta 150 cajas. Este diseño tiene una variación ECJ1000, un poco más versátil y fabricar bolsas.

#### ***iv Apilador de blísters DO-P-120***

Este producto de la compañía Domal Pharma es un apilador de blísters, capaz de integrarse al proceso de estuchado y blisteadoras automáticas o semiautomáticas. Tiene un diseño compacto, un mecanismo de apilado descendente y mantiene una alta velocidad por minuto.

**v *DPH-270/330/380D High Speed Rotary Blister Packaging Machine***

Este producto de la compañía Hanyoo es una línea de blisteado completa. Esta máquina abarca desde el inicio de la fabricación de los blísters hasta el empaquetado. Además de productos farmacéuticos, esta máquina puede procesar confitería.

**Figura 2.8**

*High Speed Rotary Blister Packaging Machine*



*Nota.* Tomado de *DPH-270/330/380D High Speed Rotary Blister Packaging Machine*, por Hanyoo, 2021, Hanyoo (<http://en.hanyoo.net/>).

**vi *Estuchadoras automáticas para envasado en cajas de cartulina***

Este producto de la compañía Fustec es una máquina estuchadora automática para armar, rellenar y sellar una alta variedad de estuches de cartulina prefabricados. Puede alcanzar velocidades de hasta 75 estuches/minuto de acuerdo al modelo y pueden ser rediseñadas para las especificaciones del caso.

**vii *Empaquetador en cajas de cartón***

Esta máquina de la empresa Tecna Machines consiste en un sistema de colocado de productos dentro de estuches o cajas de cartón. Además, este sistema abre y sella las cajas automáticamente. Los productos pueden ser blísters, frascos, tubos o envases.

**Figura 2.9***Empaquetador en caja de cartón*

*Nota.* Tomado de *Empaquetador en caja de cartón*, por Tecna Machines, 2021, Tecna Machines (<https://tecnamachines.com/>).

**viii Estuchadora CAM AV-78**

Este producto de la compañía EMJUVI es una máquina estuchadora con extracción de estuches por vacío. La velocidad máxima es de 3 600 estuches/hora de acuerdo a las dimensiones del mismo.

**Figura 2.10***Estuchadora CAM AV-78*

*Nota.* Tomado de *Estuchadora CAM AV-78*, por EMJUVI, 2016, EMJUVI (<https://emjuvi.com/>).

**Tabla 2.2***Comparación entre productos comerciales analizados*

Producto	Procesos relacionados	Velocidad de producción [unid/min]	Variedad de productos [formatos]	Dimensiones del producto [mm x mm x mm]	Control	Producto analizado
2.2.2.1.	Etiquetado	120	< 20	15 – 220 15 – 300	PLC Pantalla táctil	Cajas Bolsas Blísters
2.2.2.2.	Etiquetado	150	-	12 – 10 – 205	Pantalla táctil	Bolsas Botellas Cajas
2.2.2.3.	Armado Rellenado	45	-	-	PLC	Cajas
2.2.2.4.	Conteo Rellenado	120	-	-	PLC	Blísters
2.2.2.5.	Etiquetado Conteo Rellenado Encajonado	-	3	80 – 103 57 – 65	PLC Pantalla táctil	Blísters
2.2.2.6.	Conteo Estuchado	220	Indefinido	45 – 180 30 – 85 12 – 50	Pantalla táctil	Estuches Cajas Envases
2.2.2.7.	Conteo Estuchado	60	Indefinido	20 – 120 15 – 80 50 – 200	PLC	Cajas Estuches
2.2.2.8.	Armado de cajas Conteo Estuchado	75	Indefinido	120 35 120	PLC Pantalla táctil	Cajas Estuches

### 2.2.3 Patentes

#### *i Máquina etiquetadora superiora de palés y método de etiquetado de palés - WO2011064417A1*

Esta patente consiste en una máquina de etiquetado de palés comprendido en 2 subsistemas: un alimentador de etiquetas adhesivas y un brazo aplicador. La velocidad de etiquetado de palés de esta máquina es considerablemente más rápida que las convencionales.

*ii Machine for assembling a cardboard box - EP2583817A1*

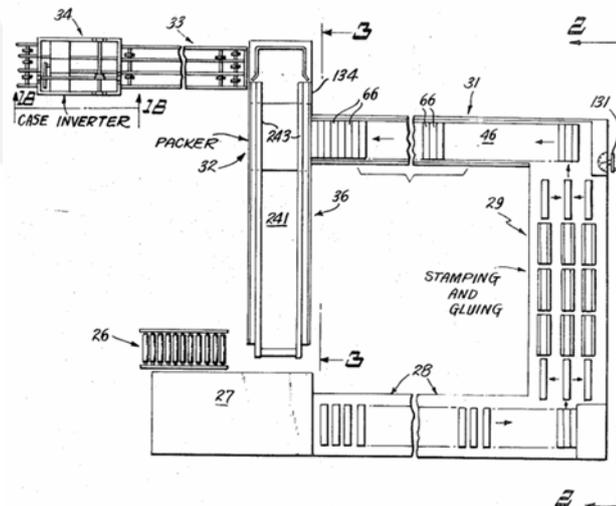
Esta patente consiste en una máquina para el ensamblaje de una caja de cartón. El proceso inicia desde la caja en forma laminar hasta su armado. Esta invención incluye un mecanismo de corte, dos brazos móviles y un sistema de transporte para la caja.

*iii Case packing machine - US3765145A*

Esta patente consiste en una línea de producción para el empaquetado de cigarrillos en sus cajas. El proceso inicia con el empaque armado y abierto, posteriormente se introducen los cigarrillos dentro y finalmente cierra con pegamento la caja. Las dimensiones para los empaques son variables, por lo que es una ventaja para su aplicación en la industria de estos productos.

**Figura 2.11**

*Case packing machine*



*Nota.* Tomado de *Case packing machine*, por Davis, 1971.

Debido a la falta de acceso a información experimental sobre el funcionamiento de las patentes, se realiza un análisis cualitativo de las opciones descritas previamente. En el caso de la primera patente, se destaca por el uso de un aplicador de la forma de etiquetado

(superior), la cual es una de las opciones a evaluar para abordar una propuesta solución. La segunda y tercera patente detallan mecanismo para armar y transportar cajas de cartón, dimensionalmente diferentes a las utilizadas en las suturas quirúrgicas, pero mantienen la misma lógica de apertura por lo que son una alternativa a evaluar.

## **2.3 Requerimientos y requisitos del sistema mecatrónico**

### **2.3.1 Requerimientos y requisitos de usuario**

Los requisitos de usuario desarrollados en base a las entrevistas realizadas al personal y administrativos de esta empresa peruana se presentan en la Tabla 2.3 en la siguiente página. En algunos casos, los requerimientos de usuario concordaron con las respuestas de las partes interesadas y en otros, fue necesario traducir la respuesta a un lenguaje más aterrizado.

### **2.3.1 Requisitos de proyecto**

En relación a los requisitos de proyecto, estos se muestran en la Tabla 2.4, la cual registra la relación entre los requisitos de usuario identificados anteriormente con los requisitos de proyecto definidos.

**Tabla 2.3***Correlación entre los requerimientos y requisitos de usuario*

Cliente/Usuario	Categoría	Requerimiento de usuario	Requisito de usuario
Jefa de Gestión de la Producción	Tiempo	El tiempo de producción de la máquina debe ser menor al tiempo de producción manual	Mínimo tiempo de operación
Jefa de Gestión de la Producción	Confiabilidad	La revisión de control de calidad debe ser más preciso que el manual Las operaciones de etiquetado, conteo y llenado deben automatizadas en su totalidad	Preciso control de calidad
Jefa de Gestión de la Producción	Automatización		Operación autónoma
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Funcionalidad	El orden de las tareas debe ser igual al manual	Orden rígido de la producción
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Funcionalidad	La capacidad de producción debe ser superior a 35.000 unidades diarias	Alta capacidad de producción
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Funcionalidad	La máquina debe etiquetar cajas de diferentes tamaños	Flexibilidad de tipo de producción
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Seguridad	La máquina debe ser segura para el uso del personal	Bajo riesgo de accidentes
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Mantenibilidad	El mantenimiento debe ser mínimo	Mínimo mantenimiento
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Funcionalidad	La producción debe ser a menos de 25 °C y con una humedad menor al 60%	Condiciones ambientales de trabajo definidas
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Funcionalidad	La manipulación de las suturas debe ser sensible	Manipulación cuidadosa
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Confiabilidad	La producción defectuosa no debe superar el 1.5%	Mínima producción defectuosa
Jefe de Producción - Asistente de Producción	Ergonomía	Las dimensiones de la máquina no deben ser alrededor de 0.5 m x 2 m x 1 m	Dimensiones límites definidos

**Tabla 2.4***Requisitos de usuario y de proyecto*

Requisito de usuario	Requisito de proyecto
Mínimo tiempo de operación (4)	Máxima velocidad de producción (2) Formato variable de productos (1) Interfaz de operación simple (1) Sistema de transporte de productos (1)
Preciso control de calidad (3)	Sistema de control de calidad integrado (2) Formato variable de productos (1) Alta calidad de producción (2) Línea de derivación de productos defectuosos (2) Material antibacteriano para las superficies de contacto (1)
Operación autónoma (4)	Sistema de control de calidad integrado (1) Procesos integrados secuencialmente (2) Condiciones de trabajo definidas (1) Mínimo mantenimiento (1) Diseño compacto (1) Interfaz de operación simple (2) Bajo costo de fabricación (1) Sistema de transporte de productos (1) Manual de usuario (1) Programación secuencial (2)
Orden rígido de la producción (1)	Procesos integrados secuencialmente (2)
Alta capacidad de producción (3)	Máxima velocidad de producción (2) Formato variable de productos (1) Alta calidad de producción (2) Bajo costo de fabricación (1) Sistema de transporte de productos (1)
Flexibilidad de tipo de producción (2)	Máxima velocidad de producción (1) Formato variable de productos (2) Alta calidad de producción (1) Interfaz de operación simple (1) Sistema de transporte de productos (1) Programación secuencial (1)
Bajo riesgo de accidentes (1)	Diseño seguro (2) Diseño compacto (1) Interfaz de operación simple (1) de contacto (1) Bajo ruido (2) Baja vibración (2) Manual de usuario (1)
Mínimo mantenimiento (2)	Mínimo mantenimiento (2) Diseño compacto (1) Selección de piezas comerciales (2) Material antibacteriano para las superficies de contacto (2)

Requisito de usuario	Requisito de proyecto
Condiciones ambientales de trabajo definidas (1)	Bajo ruido (1)
	Baja vibración (1)
	Manual de usuario (1)
	Programación secuencial (1)
	Sistema de control de calidad integrado (1)
	Diseño seguro (1)
	Condiciones de trabajo definidas (2)
	Alta calidad de producción (1)
	Diseño compacto (1)
	Bajo ruido (2)
Manipulación cuidadosa (2)	Baja vibración (2)
	Diseño seguro (2)
	Material antibacteriano para las superficies de contacto (2)
	Sistema de transporte de productos (1)
	Bajo ruido (2)
	Baja vibración (2)
Mínima producción defectuosa (3)	Sistema de control de calidad integrado (2)
	Diseño seguro (1)
	Alta calidad de producción (2)
	Línea de derivación de productos defectuosos (2)
	Programación secuencial (1)
Dimensiones límites definidos (1)	Sistema de control de calidad integrado (2)
	Diseño compacto (2)
	Bajo costo de fabricación (1)
	Selección de piezas comerciales (2)
	Material antibacteriano para las superficies de contacto (2)
	Sistema de transporte de productos (1)
	Bajo ruido (1)
	Baja vibración (1)
Altura de trabajo adecuada (2)	

*Nota.* Los números en paréntesis () representan a la calificación del requisito de usuario o de proyecto respecto a una escala de 1 al 4, donde 1 es el valor menos importante y el 4 el más importante.

De acuerdo a la metodología utilizada, la relevancia de cada requisito de usuario se cuantifica en un rango de 1 a 4, donde a mayor importancia, mayor valor ponderado. En la Tabla 2.5., se detallan los resultados de la ponderación de los requisitos de proyecto y, además, se detallan características como la naturaleza del requisito, el método de verificación y los valores del parámetro.

Entre los requisitos de proyecto listados, destaca la máxima velocidad de producción, la interfaz de operación simple, la integración de procesos y la programación secuencial pues, a diferencia de los demás, son demandas (D) para el diseño del sistema mecatrónico. Por ende, son variables a considerar para la designación de cada subsistema en el diseño.

**Tabla 2.5**

*Requisitos de proyecto*

Requisitos de proyecto	Especificaciones de diseño			
	Demanda (D) o Deseo (W)	Técnico (T) y/o Económico (E)	Valores del parámetro	Método de verificación
Máxima velocidad de producción	D	T/E	> 35 000 unidades diarias	Informe de producción diaria
Sistema de control de calidad integrado	W	T/E	~ 95% de confiabilidad	Informe de producción defectuosa
Procesos integrados secuencialmente	D	T	> 5% reducción del tiempo de producción	Medición (Tiempo de producción)
Formato variable de productos	W	T	>= 2 formatos	Adaptabilidad para diferentes presentaciones
Diseño seguro	W	T	Recubrimiento de partes móviles con protectores	Inspección visual
Condiciones de trabajo definidas	W	T	< 25 °C < 60%	Medición (Temperatura, Humedad)
Alta calidad de producción	W	T/E	< 1.5% de unidades	Informe de producción defectuosa
Mínimo mantenimiento	W	T/E	> 2 meses	Informe de mantenimiento
Diseño compacto	W	T/E	0.5 m - ancho 2 m - largo 1.5 m - alto	Medición directa
Línea de derivación de productos defectuosos	W	T	Presencia del diseño	Inspección visual

Especificaciones de diseño				
Requisitos de proyecto	Demanda (D) o Deseo (W)	Técnico (T) y/o Económico (E)	Valores del parámetro	Método de verificación
Interfaz de operación simple	D	T	Panel de control intuitivo	Inspección visual
Bajo costo de fabricación	W	E	< 25 000 soles	Informe económico
Selección de piezas comerciales	W	E	Disponibilidad de piezas en el mercado nacional	Revisión de hoja de datos
Material antibacteriano para superficies de contacto	W	T/E	> 95% de índice de protección	Revisión de propiedades del material
Sistema de transporte de productos	W	T/E	Transporte entre procesos	Inspección visual
Bajo ruido	W	T/E	< 80 dB emitidos	Medición durante el funcionamiento (Sonómetro, Vibrómetro)
Baja vibración	W	T/E	< 10 m/s <sup>2</sup> de aceleración de vibraciones emitidos	
Manual de usuario	W	T	Indicaciones, procedimientos, gráficos y diagramas de operaciones	Documento virtual
Programación secuencial	D	T	Mínimo número de líneas de programación	Informe técnico
Altura de trabajo adecuada	W	T/E	110 cm > Altura de trabajo Altura de trabajo > 85 cm	Medición directa

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO CONCEPTUAL

En el Capítulo 3, se presentará el modelo conceptual de la propuesta de solución tomando como entradas los resultados del capítulo previo, es decir, los requisitos de proyecto y la información complementaria. El diseño conceptual se divide en dos etapas: la primera corresponde a la descomposición funcional y síntesis de medios y la segunda, la síntesis de estructura y comportamiento general.

#### **3.1 Descomposición funcional y síntesis de medios**

La descomposición funcional y síntesis de medios consiste en la descripción de las funciones del sistema mecatrónico, desde las más generales hasta las más específicas para definir los componentes. En el nivel 1, se define la función global del sistema y los medios o principios de solución. Posteriormente, se realiza una evaluación cuantitativa basada en los requisitos de proyecto. Una vez electo el medio ideal, se realiza este proceso sucesivamente hasta identificar los componentes y dispositivos del sistema mecatrónico. En las Figura 3.1. a la 3.4. se puede observar en detalle el diagrama de funciones y medios de este proyecto.

##### **3.1.1 Nivel 1**

En este primer nivel, se desarrolla la función global del sistema mecatrónico, por ende, debe englobar el objetivo general de este proyecto. En ese sentido, la función global del sistema propuesto es: Automatizar el proceso de empaquetado en la producción de suturas quirúrgicas. Esta función se encarga de definir el tipo de automatización necesaria para cada estación del sistema. A continuación, se presentan los medios de la función global.

Figura 3.1

Diagrama de funciones y medios (Nivel 1 y 2)

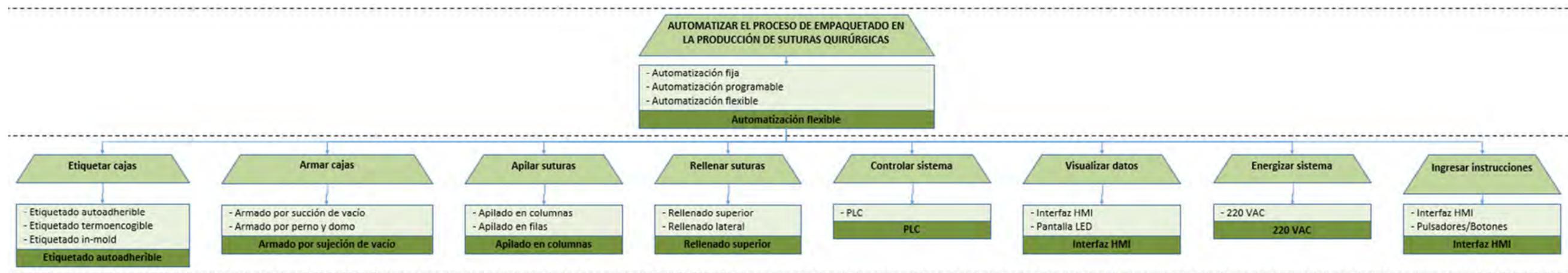


Figura 3.2

Diagrama de funciones y medios (Subfunción Etiquetar cajas)

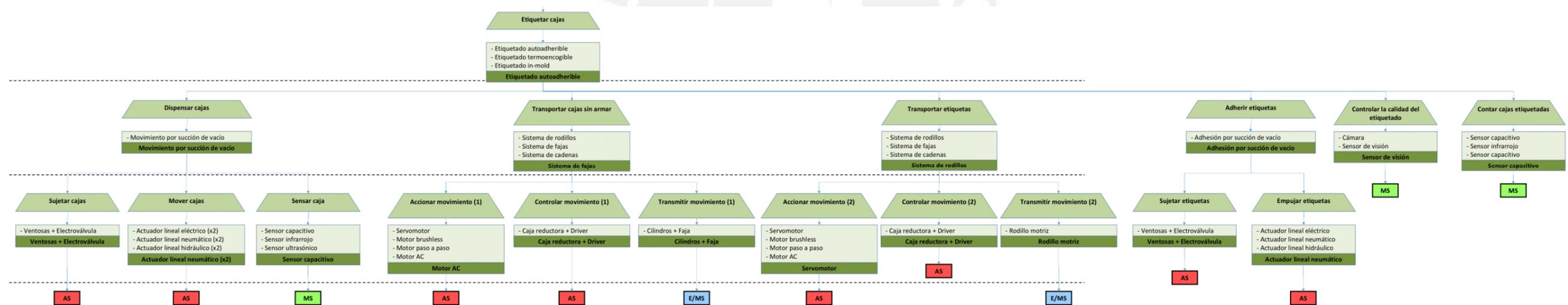


Figura 3.3

Diagrama de funciones y medios (Subfunciones Armar cajas y Apilar suturas)

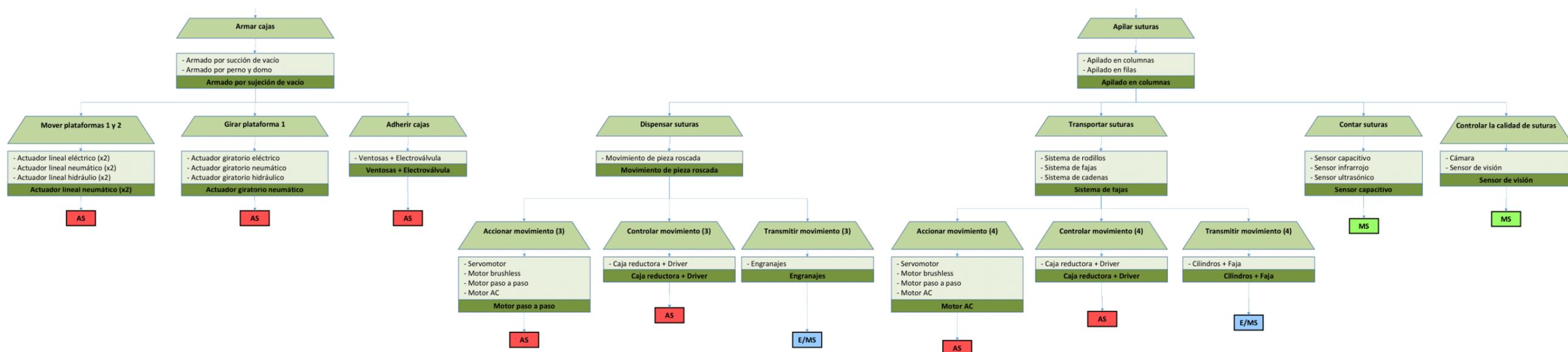
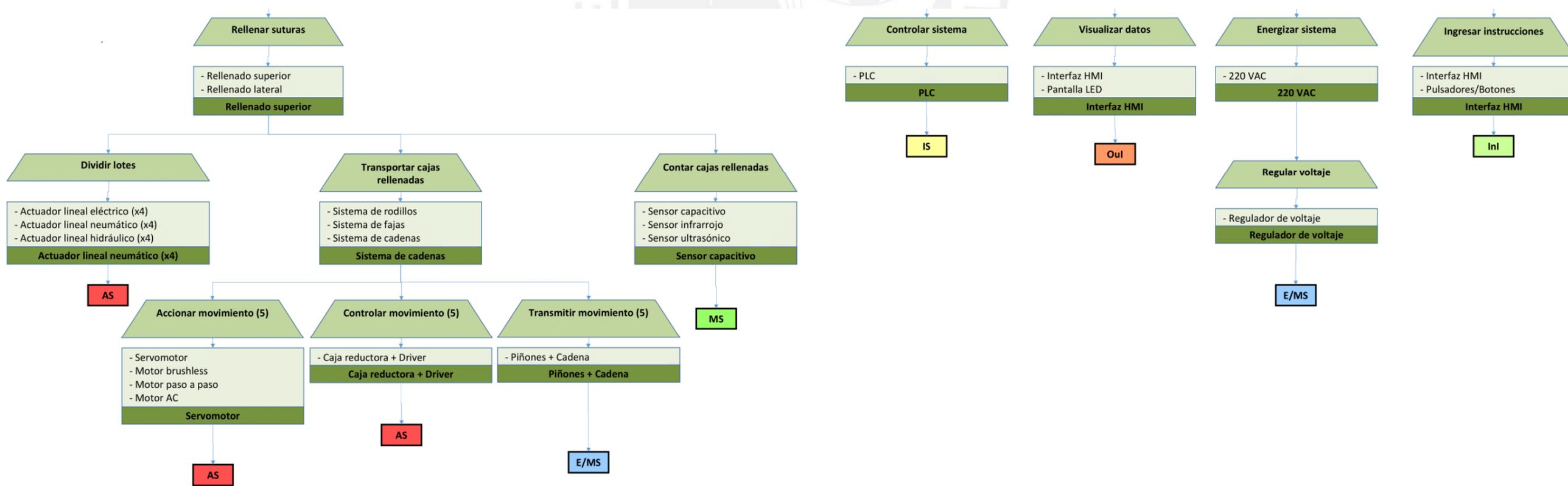


Figura 3.4

Diagrama de funciones y medios (Subfunciones Rellenar suturas y otros)



*i Función: Automatizar el proceso de empaquetado en la producción de suturas quirúrgicas*

- Automatización fija: Se considera una automatización orientada a un tipo de sutura y caja con una producción a gran escala por un periodo prolongado de tiempo. Este diseño no puede sufrir variaciones en la programación.
- Automatización programable: Se considera una automatización para diferentes tipos de suturas y cajas con características similares por lote. Este diseño es rentable a largo plazo debido a su gran adaptabilidad de acuerdo a las necesidades de la producción.
- Automatización flexible: Se considera una automatización híbrida entre fija y programable. Permite realizar modificaciones constantemente y también es rentable a largo plazo. Actualmente, es el tipo más aplicado en la industria.

En el Anexo 1, se puede observar la comparación entre los medios propuestos mediante los requisitos de proyecto. La automatización flexible destaca por su adaptabilidad para diferentes presentaciones de cajas de suturas y la programación secuencial, además de la alta velocidad y calidad de la producción.

### **3.1.2 Nivel 2**

En el segundo nivel, se desarrollan las funciones principales que abordan las funcionalidades primarias y necesarias para la correcta operatividad del sistema mecatrónico. En ese sentido, identificado el medio óptimo para la función global, se definen las subfunciones en el nivel 2, las cuales se detallan a continuación.

*i Función: Etiquetar cajas*

- Etiquetado autoadherible: Consiste en una etiqueta de bopp con una capa de autoadhesivo. Es la opción más utilizada debido a que cumple con los estándares de etiquetado y tiene un bajo costo relativo.
- Etiquetado termoencogible: Consiste en un material plástico con propiedades térmicas que permiten la adaptación de la etiqueta a la forma del envase. Esta tecnología permite un impacto de 360° en el producto, así como el uso de flexografía UV o rotograbado.
- Etiquetado in-mold: Consiste en una etiqueta fundida en conjunto con el envase durante la inyección. Es una tecnología nueva, pero con una tendencia positiva debido a su valor agregado en calidad gráfica, resistencia y sus características ecoamigables.

*ii Función: Armar cajas*

- Armado por sujeción de vacío: Esta técnica consiste en el uso de tecnologías de sujeción de vacío como ventosas neumáticas para adherir superficies de productos y manipularlos. La versatilidad de este tipo de armado permite su uso para casi cualquier tipo de caja.
- Armado por perno y domo: Esta técnica consiste en el uso de guías o rieles de 90° y formadores para abrir y armar cajas de cartón. Este sistema es utilizado para cajas de grandes dimensiones debido a la necesidad de estabilidad y resistencia en la formación de las cajas.

*iii Función: Apilar sutura*

La diferencia entre ambos medios (Apilado en columnas y apilado en filas) radica en la posición de las suturas. En el caso de apilarlas en columnas, estas deben ser colocadas

una sobre la otra mientras que, en el caso de apilarlas en filas, las suturas se apilan se forma lateral. El aspecto a considerar son las características de las dimensiones de las suturas puesto que al ser semi planas, es necesario mantenerlas estables durante el apilado.

***iv Función: Rellenar suturas***

El relleno superior y lateral son medios consecuencia de la forma de apilado de las suturas. El relleno superior corresponde a un apilado en columnas puesto que, por acción de la gravedad, estas son fácilmente colocadas dentro de las cajas. Por otro lado, el relleno lateral está relacionado a un apilado en filas. Por consiguiente, el criterio de selección será de acuerdo al apilado seleccionado.

***v Función: Controlar sistema***

- PLC: Un controlador lógico programable consiste en una computadora utilizada para automatización industrial. Ese dispositivo procesa los datos de una máquina obtenidos por sensores, pulsadores o cualquier señal de entrada y permite controlar postones, motores u otro tipo de actuador. Por ende, permite controlar todos los procesos industriales de forma automática. Este medio funciona como el “cerebro” del sistema mecatrónico, el cual forma parte del dominio de control detallado en la metodología seleccionada.

***vi Función: Energizar sistema***

- 220 VAC: Esta conexión se encarga de entregar el flujo eléctrico para energizar la máquina y permitir el funcionamiento del sistema mecatrónico. Debido a la gran potencia necesaria para el funcionamiento del sistema, se requiere de un sistema trifásico en el dominio eléctrico.

**vii Función: Ingresar instrucciones**

Estos medios también con complementarios, es decir, al uso de una interfaz HMI puede agregarse pulsadores o botones para tareas más específicas como inicio, parada o emergencia. Sin embargo, los pulsadores por sí solos no podrían cumplir con la tarea de ingresar instrucciones a cabalidad. Estos dispositivos forman parte del sistema de entrada/salida de información.

**viii Función: Visualizar datos**

Estos medios se diferencian en cuando a las características adicionales. En el caso de una interfaz HMI, la pantalla táctil permite mayor funcionalidad para agregar información además de su resistencia a condiciones de trabajo extremas. La pantalla LED, por otro lado, necesitaría de un acondicionamiento especial para cubrir las necesidades de esta subfunción. De igual forma que la función anterior, los medios de esta función forman parte del sistema de entrada/salida de información.

En el Anexo 2, se puede observar la matriz morfológica de nivel 2 donde se presentan las combinaciones posibles para los medios existentes en este nivel. La diferencia entre las soluciones es básicamente la forma de apilado y de relleno de suturas en las cajas. Cabe resaltar que las imágenes son referenciales.

Además, en el Anexo 3, se muestra la evaluación entre las 4 combinaciones de solución obtenidas mediante la cuantificación en base a los requisitos de proyecto en un rango de 1 a 4. La ventaja de la alternativa mejor calificada es la sinergia entre las técnicas de apilado, relleno y cerrado de cajas. Además, el sistema de apertura de cajas por succión ese adapta mejor a la sensibilidad de la caja de las suturas.

### 3.1.3 Nivel 3

De forma similar a lo realizado en el nivel 2, se identifican las subfunciones que requieren de subfunciones para cumplir con su tarea asignada por no ser un medio final. Identificados los medios ideales para el nivel 2, se definen las funciones para el nivel 3.

*i Función: Transportar cajas sin armar, Transportar etiquetas, Transportar suturas, Transportar cajas rellenas*

- Sistema de fajas: Consiste en un sistema de transporte conformado por una cinta de caucho motorizado entre dos poleas. El movimiento, generado por uno o más motores, se transmite mediante fricción entre polea y faja. Entre las ventajas destacan la gran relación peso transportado y costo, la adaptabilidad a todo tipo de terreno y la alta velocidad de transporte.
- Sistema de rodillos: Consiste en un sistema compuesto por un conjunto de rodillos, dispuestos a lo largo de un circuito, accionados por motores o por la fuerza de la gravedad. Un sistema de rodillos transportadores cuenta con una gran versatilidad para el diseño de los circuitos, una alta resistencia y durabilidad y un transporte rápido y seguro.
- Sistema de cadenas: Consiste en sistema de conformado por cadenas y piñones, de manera similar al diseño de fajas. A diferencia de las cadenas de transmisión, las transportadoras tienen una geometría específica en sus eslabones para permitir el arrastre de productos. Este sistema destaca por su precisión, su versatilidad de diseño y su fácil bajo costo de mantenimiento.

Los medios descritos previamente forman parte del sistema de actuación del diseño pues se trata de mecanismos de transmisión de movimiento basados en motores. Además, cada mecanismo corresponde a necesidades particulares de para cada

proceso del sistema como con el transporte continuo en superficies planas como las fajas o el transporte con paradas constantes como es el sistema de cadenas.

**ii Función: Contar cajas, Contar suturas, Contar cajas rellenas**

Ambas subfunciones se encargan de detectar la presencia de cajas o suturas durante su transporte para verificar su posición o mantener la cuenta. En ese sentido, se han identificado hasta 3 sensores de proximidad de acuerdo al principio de funcionamiento. En la Tabla 3.1., se puede observar una comparación entre los sensores de proximidad y sus principales características.

**Tabla 3.1**

*Comparación de sensores de proximidad*

Características	Requisito (mín.)	Ultrasónico	Infrarrojo	Capacitivo
Alcance	Corto	Largo	Medio	Corto
Costo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Material	Cartón	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Frecuencia de muestreo	Alta	Media	Alta	Alta

**iii Función: Controlar calidad de etiquetado, Controlar calidad de suturas**

Esta subfunción se encarga del control de calidad de las cajas y las suturas. En ese sentido, es necesario para contar con un sistema de visión por computadora se pueden utilizar sensores de visión o cámaras. La diferencia es el nivel de complejidad, una cámara puede realizar la captura de imágenes y su posterior envío al sistema de control mientras que un sensor de visión permite realizar un pre procesamiento de acuerdo a la aplicación. En ese sentido, esta ventaja adicional será el criterio de decisión para la selección del componente ideal. Estos medios, dadas sus características de sensado de variables físicas como la proximidad de objetos, corresponde al sistema de medición.

***iv Función: Dispensar cajas, Adhesión por fuerza***

Esta subfunción se encarga de determinar la tecnología para movilizar y adherir cajas para el etiquetado. En este caso, la neumática es el único medio disponible para dispensar cajas mediante la succión de vacío y en el caso de la adhesión de la etiqueta a la superficie de la caja, se utiliza una adhesión de la etiqueta por medio de succión de vacío también.

***v Función: Adherir cajas, Sujetar caja, Sujetar etiqueta***

- Ventosas por sujeción de vacío: Las ventosas consisten en dispositivos que utilizan la presión negativa del aire o vacío para crear una unión por adhesión a superficies mediante una fuerza de succión. Esta tecnología necesita de un sistema de generación de vacío, es decir, un sistema neumático para mantener la adhesión por el tiempo requerido. De acuerdo a la aplicación se pueden seleccionar ventosas de características particulares como planas, metálicas o de fuelle por lo que es una tecnología no invasiva muy utilizada en la industria.
- Electroválvula: Las electroválvulas consisten en dispositivos electrónicos que permiten el paso de flujo de aire, aceite u otro tipo de fluidos mediante el accionamiento de un solenoide. Debido a su alta resistencia, son utilizadas en vacío o presiones extremas de acuerdo a la aplicación.

Estas funciones se agrupan debido a su similitud en medios, los cuales consisten en las ventosas por sujeción de vacío previamente descritas. Los medios seleccionados forman parte del sistema de actuación en el dominio neumático y las electroválvulas, además, del dominio electrónico.

***vi Función: Mover plataforma 1 y 2, Girar plataforma 1, Dividir lotes***

Las subfunciones seleccionadas requieren de un movimiento lineal o giratorio por lo que se agruparán para efectos del análisis. Los principios de funcionamiento de actuadores

son de tres tipos: eléctricos, neumáticos e hidráulicos. En la Tabla 3.2., se puede observar una comparación entre los actuadores y sus principales características.

**Tabla 3.2**

*Comparación de actuadores lineales y giratorios*

Características	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	Aire a presión	Aceite mineral	Flujo eléctrico
Tipos	Cilindros	Cilindros	Corriente continua Corriente alterna
Ventajas	Bajo costo Alta velocidad Alta resistencia	Alta velocidad Alta capacidad de carga	Alta precisión Control simple Bajo ruido
Desventajas	Control complejo Alto ruido Instalación especial	Difícil mantenimiento Instalación especial Alto costo	Potencia limitada

Estas funciones se agrupan debido a su similitud en medios, entre los cuales se selecciona el de tipo neumático por su mejor performance y sinergia con otros medios del sistema.

Los medios forman parte del sistema de actuación en el dominio neumático.

#### **vii Función: Regular voltaje**

- Regulador de voltaje: Este dispositivo se encarga de acondicionar el voltaje y corriente para energizar el sistema y todos sus componentes.

En el Anexo 3, se puede observar la matriz morfológica de nivel 3 donde se presentan las combinaciones posibles para los medios existentes en este nivel. La principal diferencia entre las combinaciones consiste en los sistemas de transporte para cada estación debido a la naturaleza de cada subsistema. Otras variaciones se deben al uso de actuadores neumáticos o eléctricos.

A continuación, en el Anexo 4, se muestra la evaluación entre las 4 combinaciones de solución obtenidas mediante la cuantificación en base a los requisitos de proyecto en un

rango de 1 a 4. La ventaja de esta alternativa mejor calificada es la selección de fajas, rodillos y cadenas de acuerdo a la necesidad del subsistema.

### 3.1.4 Nivel 4

Finalmente, en el nivel 4 se itera por última vez con los medios restantes para definir las últimas subfunciones del sistema mecatrónica. Identificados los medios ideales para el nivel 3, se definen las funciones para el nivel 4. A continuación, se presentan las subfunciones precisadas para este nivel:

#### *i Función: Accionar movimiento (1-5)*

Estas subfunciones se encargan de accionar los sistemas de transporte de cada subsistema. Para ello, se pueden identificar hasta 3 tipos de motores capaces de cumplir con esa función. En la Tabla 3.3., se comparan las características de cada motor, así como ventajas y desventajas.

**Tabla 3.3**

*Comparación de motores eléctricos*

Características	Requisito (mín.)	Servomotor	Motor brushless	Motor paso a paso	Motor AC
Control	-	Sencillo	Complejo	Sencillo	Complejo
Precisión	Media	Alta	Media	Baja	Baja
Velocidad	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta
Eficiencia	Media	Alta	Media	Baja	Alta
Mantenimiento	Mínimo	Constante	Mínimo	Constante	Constante
Ruido	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto
Costo	-	Alta	Bajo	Bajo	Bajo

#### *ii Función: Controlar motor (1-5)*

- Caja reductora: Una caja reductora consiste en un conjunto de elementos mecánicos cuyo objetivo es aumentar el par motriz de un motor y disminuir la velocidad de giro del mismo. Este sistema suele estar conectado a la salida de motores.

- Controlador: Un controlador para motor consiste en un circuito electrónico que permite controlar el sentido y arranque del motor desde una computadora o microcontrolador. Este tipo de componentes permite y facilita generar un sistema de control desde la programación.

Estos medios corresponden a dispositivos con la capacidad de manejar la entrada y salida de variables en los diferentes tipos de motores a utilizar. Si bien no son considerados actuadores en sí, forman parte del grupo de preactuadores por lo que se consideran dentro del sistema de actuación.

En el Anexo 5, se puede observar la matriz morfológica de nivel 4 donde se presentan las combinaciones posibles para los medios existentes en este nivel. La única diferencia en este nivel es la selección del tipo de motor eléctrico debido a que el uso del tipo de controlador depende del primero.

En el Anexo 6, se muestra la evaluación entre las 4 combinaciones de solución obtenidas mediante la cuantificación en base a los requisitos de proyecto en un rango de 1 a 4. La ventaja de la alternativa óptima es la selección de fajas, rodillos y cadenas de acuerdo a la necesidad del subsistema.

### **3.1.5 Resumen y asignación de subsistemas**

En la Tabla 3.4 se muestra la lista de componentes, obtenidos tras la descomposición funcional y síntesis de medios, agrupados de acuerdo al subsistema al cual están asociados.

**Tabla 3.4***Componentes del sistema mecatrónico*

Subsistema	Componentes	
Actuación	Servomotor (3)	Motor brushless (2)
	Controlador para servomotor (3)	Controlador para motor BLDC (2)
	Ventosas (4)	Actuador lineal eléctrico (7)
	Electroválvula (6)	Actuador giratorio eléctrico (2)
	Actuador lineal neumático (2)	
Energía/materia	Regulador de voltaje	Compresor
Medición	Sensor de visión (2)	Sensor capacitivo
Información	PLC	
Interfaz de entrada	Interfaz HMI	Interruptores (3)
Interfaz de salida	Interfaz HMI	

**3.2 Síntesis de estructura y comportamiento general**

En los siguientes apartados se presentan tanto la arquitectura del diseño mecatrónico como la arquitectura del sistema eléctrico-electrónico, además de una síntesis, en líneas generales, del funcionamiento de los componentes principales para la ejecución de todos los procesos en cada subsistema.

**3.2.1 Arquitectura del sistema mecatrónico**

La arquitectura del sistema mecatrónico diagrama la relación del sistema con su entorno y su funcionamiento interno. En la Figura 3.1., se puede observar gráficamente esta relación y cada una de las entradas, salidas y componentes del sistema.

En cuanto al entorno, el sistema recibe como entradas la energía eléctrica 220 VAC, el aire, las señales de inicio, parada o emergencia y los componentes necesarios para el producto final: las suturas quirúrgicas, las cajas, las etiquetas y las fundas. Cabe destacar que cada uno de los componentes deben estar colocados en sus respectivos dispensadores en cada estación o subsistema de la máquina.

Una vez la interfaz de entrada reciba la señal de encendido mediante los interruptores, se enviará la información solicitada al sistema de información, el cual está conformado por un PLC como hardware y un algoritmo de visión por computadora como estrategia de programación. Este subsistema procesa la información y activará el interfaz HMI para que el operario pueda configurar las características de la producción. Posterior a la inicialización de la máquina, el operario deberá accionar el interruptor de inicio.

Al iniciar la operación de la máquina, el primer subsistema en accionarse es el de etiquetado de cajas. En este caso, se acciona el servomotor 1, operado por el controlador para servomotor 1, para iniciar con el transporte de cajas desde su dispensador hasta el área de etiquetado. También, se empezará a accionar el sistema de transporte de rodillos para etiquetas mediante el motor brushless 1, operado por el controlador BLDC 1. Una vez accionados ambos motores, se accionará el actuador lineal neumático 1 para dispensar caja por caja para iniciar con la primera etapa del proceso.

Una vez dispensada la caja, se espera la señal del sensor capacitivo 1 para detectar la presencia de la caja por el área de etiquetado. En ese momento, se acciona el motor brushless 1 para dispensar una etiqueta y se adhiere a la superficie mediante la sujeción por vacío de las ventosas 1, previamente accionadas por la electroválvula 1. Lista la etiqueta, el actuador lineal neumático 2 es accionado para adherirla a la superficie de la caja, detectada anteriormente por el sensor y terminar su paso por la estación de etiquetado.

Posterior a la etiqueta, el sensor de visión 1 revisa la calidad de la caja etiquetada mediante la información enviada al sistema de información y verificada por el algoritmo de visión por computadora. En caso la etiqueta haya sido mal colocada, se accionará el

sistema de separación de productos defectuosos mediante el accionamiento de un actuador giratorio.

Cuando el sensor capacitivo 2 detecta la presencia de la caja etiquetada, corresponde a la estación de armado de cajas. La plataforma móvil 1 tiene dos movimientos: el primero es un giro en  $90^\circ$  respecto al eje 1, accionado con el actuador giratorio eléctrico 1, y el segundo es un movimiento lineal accionado por el actuador lineal eléctrico 1. Activado el sensor capacitivo 2, la plataforma móvil 1 gira  $90^\circ$  y se accionan las ventosas de sujeción de vacío 2 mediante la electroválvula 2 para adherir la caja etiquetada. Luego, la plataforma regresa a su posición inicial y espera por el movimiento de la plataforma móvil 2, la cual tiene un movimiento lineal oblicuo, generado por el actuador lineal eléctrico 2. Completado el movimiento de la plataforma 2, se accionan las ventosas 3 mediante la electroválvula 3 para adherir la caja por la superficie opuesta.

Para armar la caja, la plataforma 2 regresa a su posición inicial y con ese movimiento, se completa el armado. Luego, las ventosas 3 dejan de accionarse y la plataforma 1 mueve la caja hacia el sistema de transporte por cadenas 1.

Simultáneo al armado de la caja, el sistema de apilado se acciona mediante la faja transportadora conectada al motor brushless 2, operado por el controlador BLDC 2. Este sistema cuenta con un dispensador de suturas conformado por el actuador giratorio 2 y el actuador lineal eléctrico 3. Una vez iniciado esta estación, las suturas empiezan a ser dispensadas y transportadas mediante la faja transportadora. Previo a ser apiladas, pasan por el sensor de visión 2, el cual verificará el estado de la sutura y en caso de no ser el correcto, el sistema de separación de productos defectuosos se accionará mediante un actuador lineal eléctrico. Posterior a esta etapa, las suturas son apiladas y sostenidas

mediante los actuadores lineales eléctricos 3, 4, 5 y 6 y separan la cantidad necesaria para depositar en la caja.

La última etapa es el transporte de las cajas rellenas. El sistema de transporte en este sistema son dos sistemas de cadenas, accionadas por los servomotores 2 y 3, operados por los controladores para servo 2 y 3 respectivamente.

Como salida del entorno se encuentra la información recopilada de los sensores y actuadores del sistema mostrada en la interfaz HMI, así como el producto final listo para su distribución.

### **3.2.2 Arquitectura del sistema eléctrico-electrónico**

La arquitectura del sistema eléctrico-electrónico esquematiza el flujo de energía eléctrica entre los componentes del diseño. En la Figura 3.2., se puede observar esta arquitectura, la cual representa la configuración de los componentes y las características de su relación eléctrica.

La red eléctrica de 220 VAC energizará el sistema cuando el operario active el interruptor de encendido. Una vez energizado el circuito, se energizan los componentes luego de pasar por el regulador de voltaje, el cual adecúa la tensión para cada dispositivo. Este regulador también funciona como rectificador pues convierte el flujo alterno en continuo. En el caso de los motores, estos se energizan con los controladores, los cuales requieren de una señal enviada por el sistema de información.

En cuanto al intercambio de información, además de las señales de la interfaz de entrada, es decir, de la interfaz HMI e interruptores, se reciben señales de los sensores de visión y capacitivos y de los controladores de los motores, pues estos envían información sobre el estado de los mismos al sistema de información.

Figura 3.5

Arquitectura del sistema mecatrónico

### Arquitectura del sistema mecatrónico

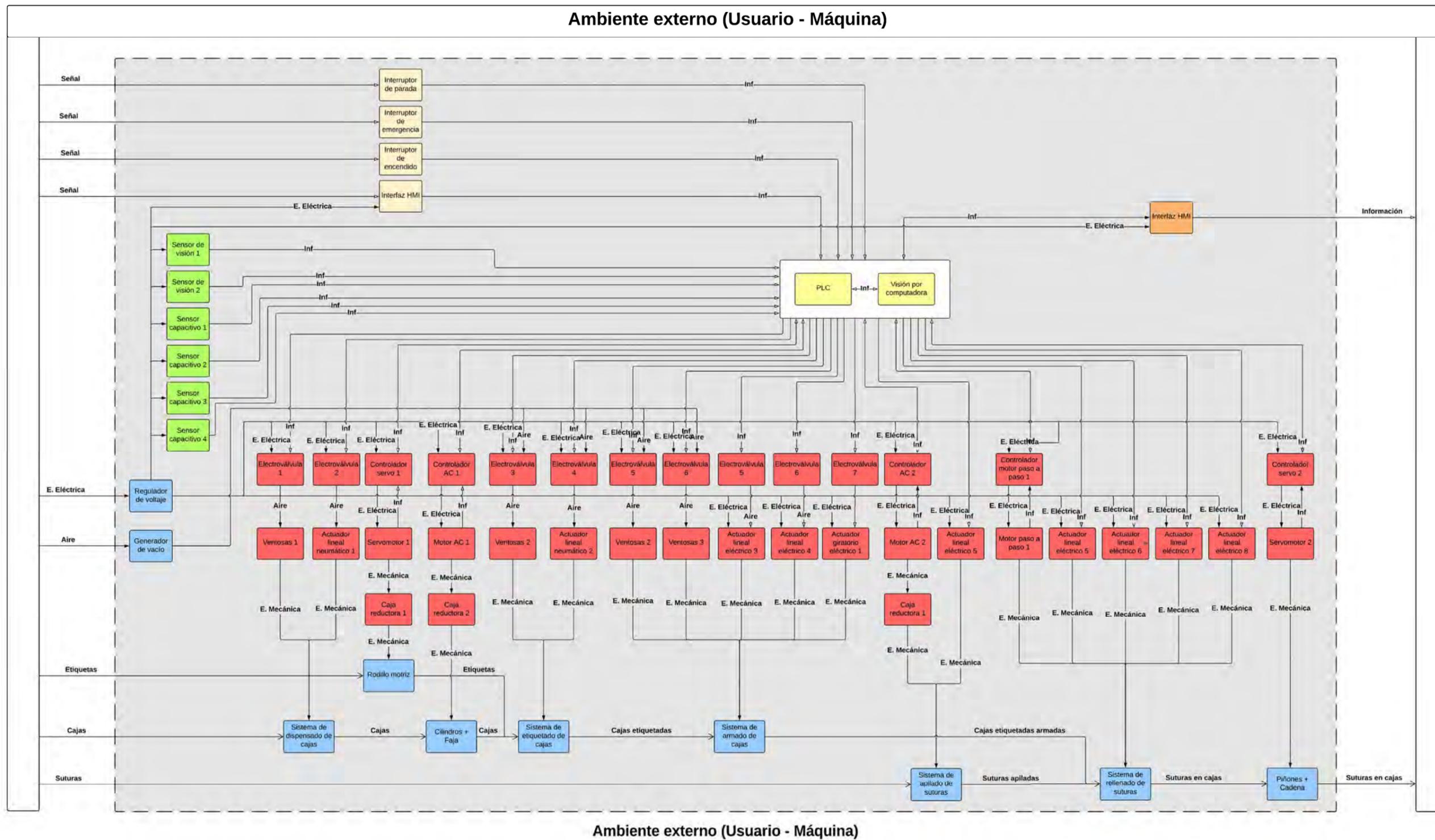
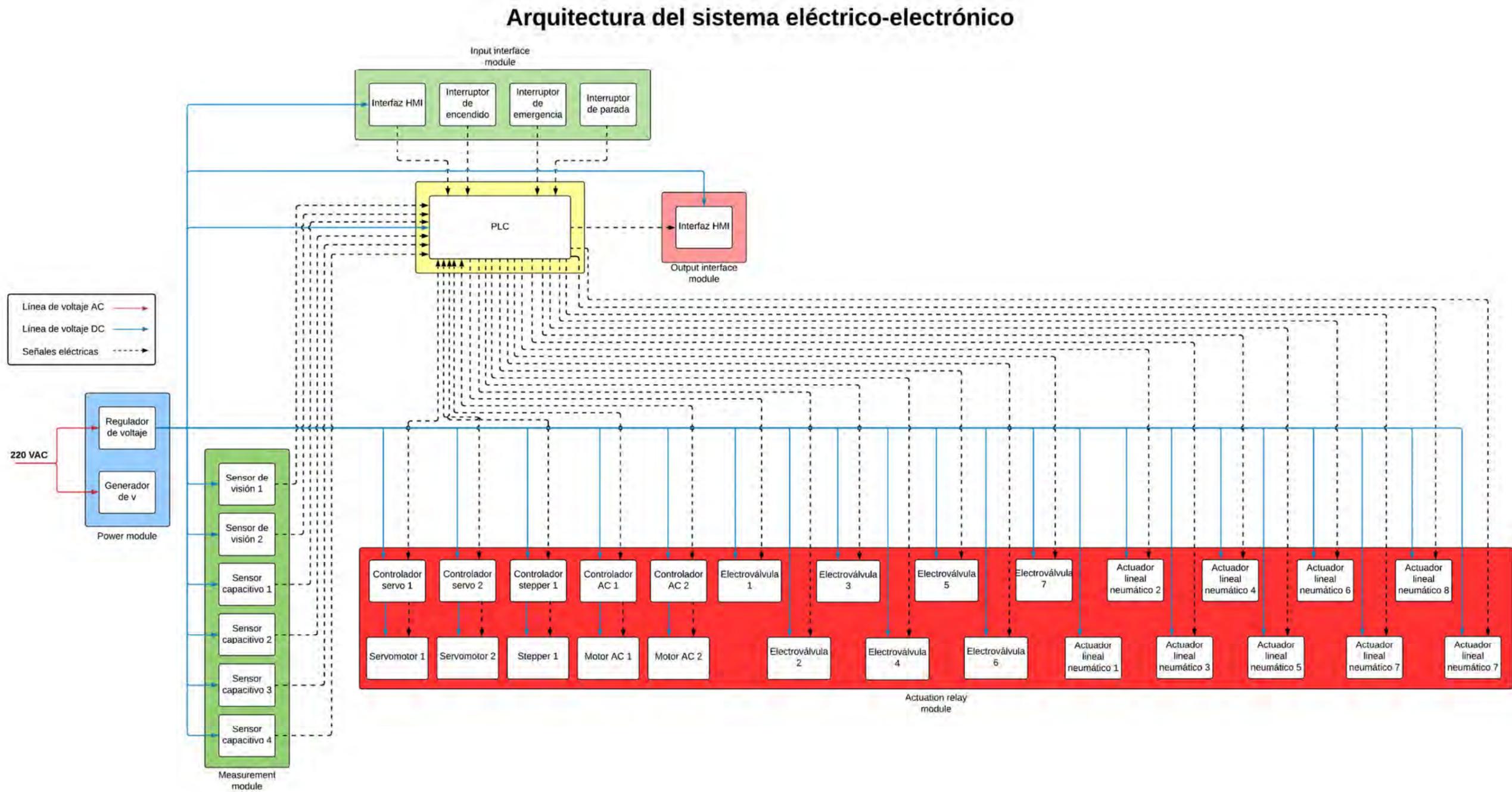


Figura 3.6

Arquitectura del sistema eléctrico - electrónico



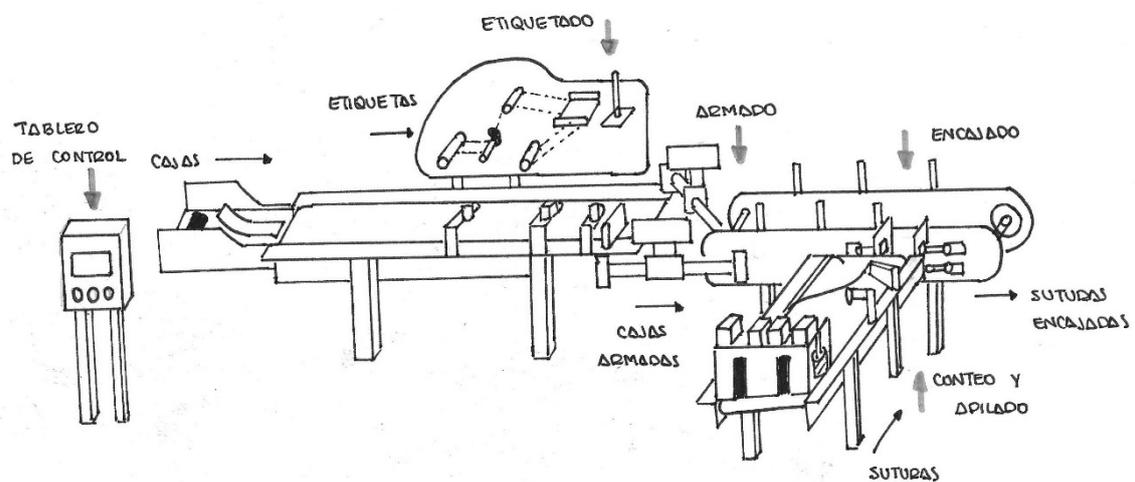
### 3.3 Bosquejos del sistema físico

En este apartado se mostrarán bosquejos de cada uno de los subsistemas del diseño mecatrónico. En cada estación se identificarán los componentes más importantes, así como parte del funcionamiento. Cabe destacar que las dimensiones son referenciales y pueden sufrir variaciones de acuerdo al tamaño real de componentes o dispositivos.

En la Figura 3.3 se puede observar el diseño completo del sistema. Además de cada subsistema (etiquetado, armado, apilado y rellenado), se puede observar la disposición de cada uno y el tablero de control, ubicado al inicio de la secuencia. También se observa el ingreso de las etiquetas, cajas y suturas al sistema para pasar por cada estación hasta el final de las cadenas transportadoras.

**Figura 3.7**

*Bosquejo general del sistema mecatrónico*



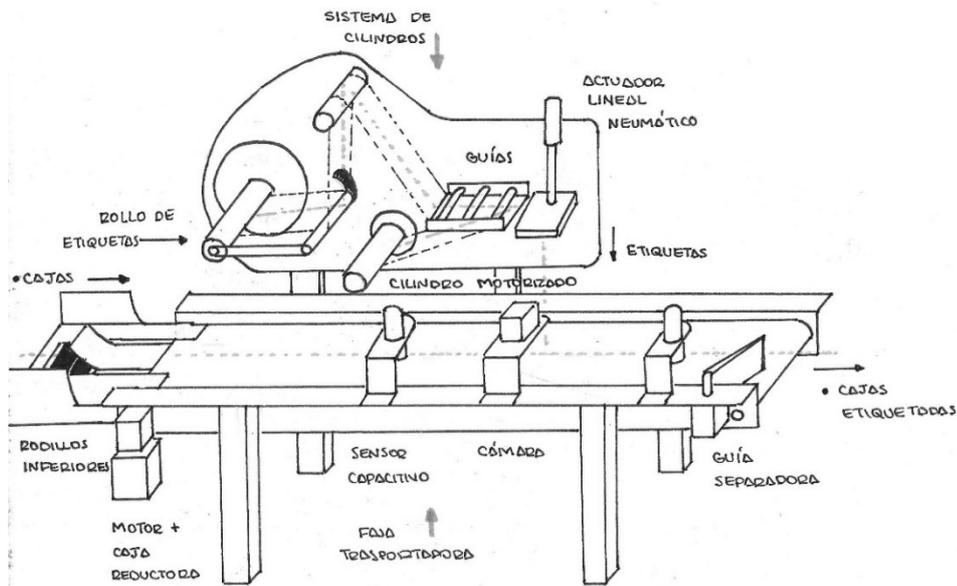
#### 3.3.1 Etiquetado de cajas

En la Figura 3.4, se puede observar la estación de etiquetado de cajas. Entre los componentes identificados destacan el dispensador de cajas y el sistema de rodillos alimentadores de etiquetas. Un rodillo importante es el de eje móvil debido a que permite

un movimiento menos brusco. Además, se observa el separador para cajas defectuosas, el cual las envía a un contenedor en la parte inferior del sistema. Luego del transporte de las cajas por esta estación y luego de pasar a los sensores, el producto pasa a la estación de armado de cajas.

**Figura 3.8**

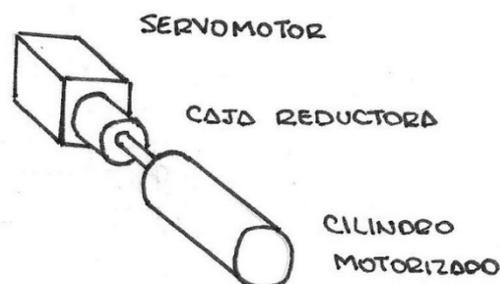
*Bosquejo del subsistema de etiquetado de cajas*



En la Figura 3.5 se observa el detalle de la conexión en el cilindro motorizado del subsistema de etiquetado. Este consiste en un servomotor y una caja reductora conectados directamente al cilindro para reducir la pérdida de potencia y facilitar la instalación del diseño.

**Figura 3.9**

*Bosquejo de la conexión del cilindro motorizado*

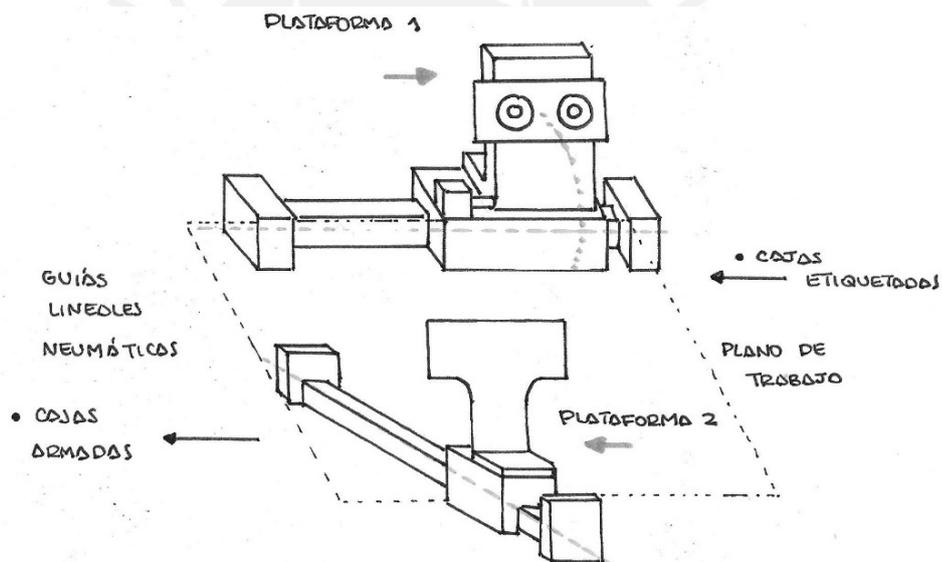


### 3.3.2 Armado de cajas

A continuación, se muestra la Figura 3.6, la cual grafica la estación de armado de cajas. En esta figura destacan las dos plataformas móviles, la primera con un movimiento lateral y la segunda con un movimiento en diagonal para generar el movimiento compuesto para abrir y armar la caja. En el caso de la plataforma 1, esta también tiene un movimiento giratorio que permite la sujeción de la caja mediante las ventosas conectadas en cada plataforma. En la Figura 3.7 se puede apreciar el detalle de esta plataforma.

**Figura 3.10**

*Bosquejo del subsistema de armado de cajas*



**Figura 3.11**

*Bosquejo de la plataforma 1*

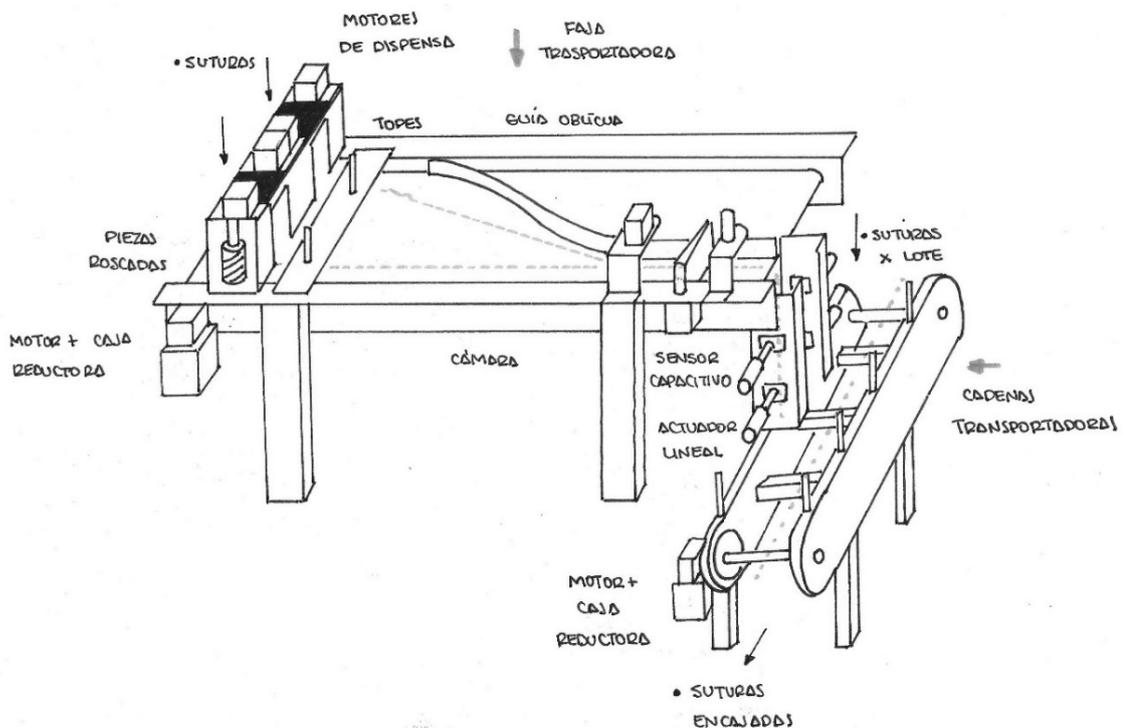


### 3.3.3 Apilado de suturas

La Figura 3.8. detalla el subsistema de apilado y relleno de suturas, el cual consiste en una faja transportadora para mover las suturas a un soporte de apilado ubicado al final de la carrera. El dispensador consiste en ejes estriados que permiten soltar sutura por sutura mediante el giro de los mismos. Además, se muestran los topes que permiten dispensar las suturas en grupos de 2 en 2 al accionarse en momentos diferentes. Adicionalmente, las guías rectas y la oblicua permiten el movimiento correcto de las suturas hacia el soporte de apilado. En relación al apilado, las suturas están soportadas por dos pares de plataformas para permitir separar entre pila y pila. A su vez, estas plataformas están conectadas a actuadores lineales para la apertura y cerrado del conducto de relleno por gravedad.

**Figura 3.12**

*Bosquejo del subsistema de apilado y relleno de suturas*



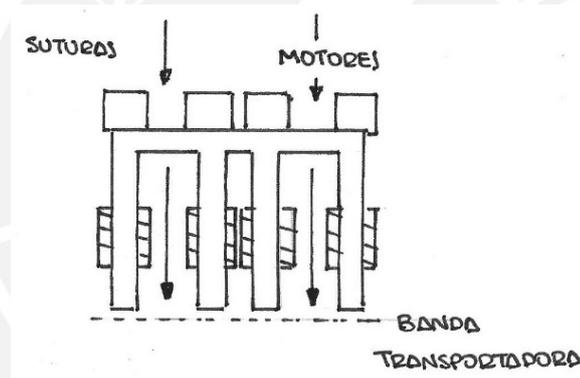
### 3.3.4 Rellenado de suturas

La última etapa consiste en el transporte de cajas, el cual se compone de cadenas transportadoras. Este sistema se encarga de, posterior al relleno, movilizar las cajas listas hacia el final de la línea de producción.

En las Figuras 3.9 y 3.10, se pueden observar los detalles del sistema de dispensado de suturas. En la primera se detalla la distribución de ambos canales de dispensado y en la segunda, la composición de un canal con el motor, la pieza roscada y la brida.

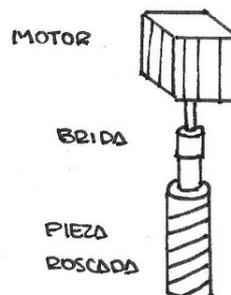
**Figura 3.13**

*Bosquejo del sistema de dispensado de suturas*



**Figura 3.14**

*Bosquejo del detalle de la pieza roscada*

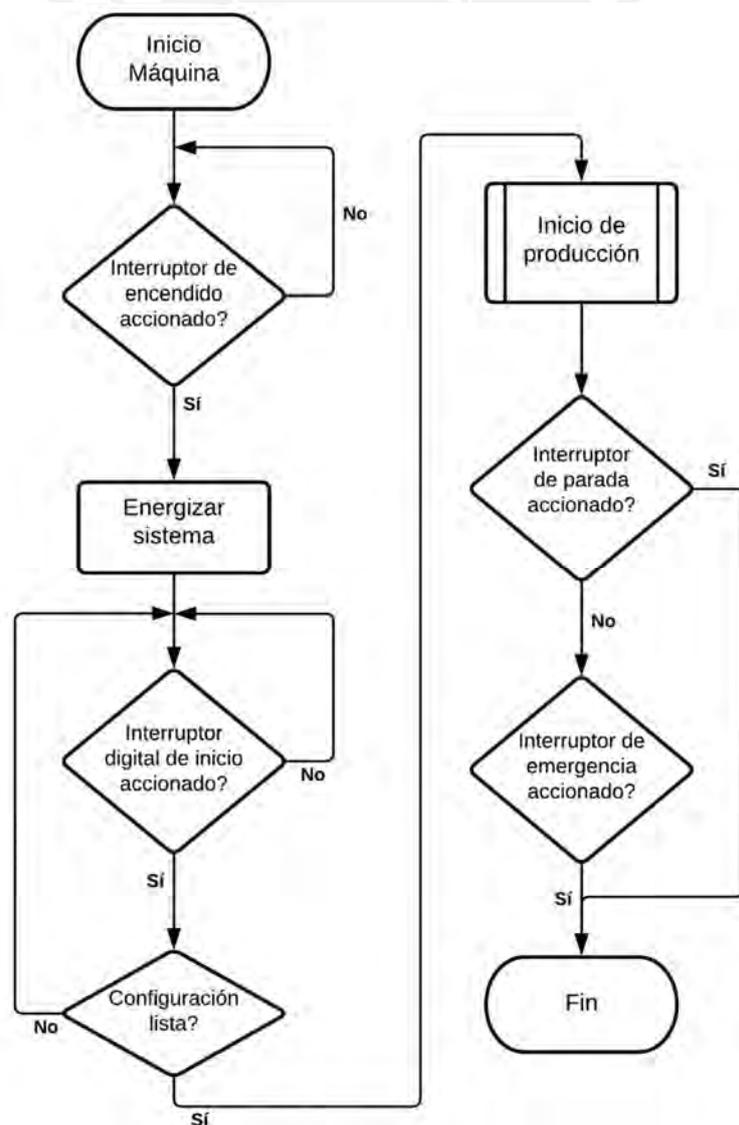


### 3.4 Diagrama de flujo

El funcionamiento general del sistema mecatrónico se explica mediante la Figura 3.11., la cual es el diagrama de flujo principal de la máquina. Una vez conectado el sistema mecatrónico a la red eléctrica, se espera por el accionamiento del interruptor de encendido para energizar el sistema en su totalidad. Luego, mediante el accionamiento del interruptor digital de inicio, es decir, el botón de la interfaz HMI, se da inicio a la producción, pero es necesaria la configuración inicial para las características del ciclo de producción.

**Figura 3.15**

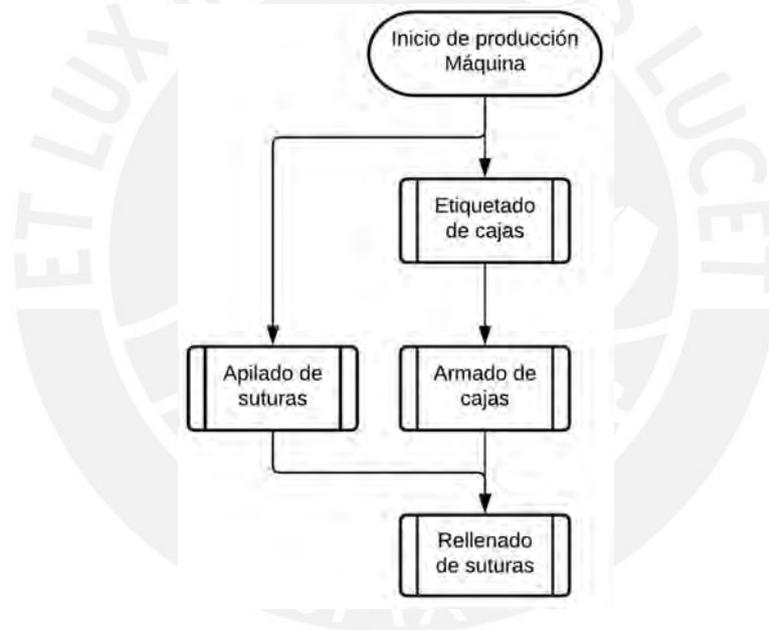
*Diagramas de flujo principal del sistema – Perspectiva Máquina*



En la Figura 3.12., se puede observar el diagrama de flujo correspondiente a los procesos productivos realizados por el sistema mecatrónico. El primer ciclo es el etiquetado de cajas, el cual puede realizarse a la par del apilado de suturas y el armado de fundas. Posterior al etiquetado, se realiza el armado de cajas y luego el relleno de suturas para terminar el proceso. Finalmente, en las Figuras 3.13 y 3.14 se detalla el funcionamiento del sistema desde una perspectiva de usuario, es decir, tanto diagrama de flujo para el inicio, parada y reinicio del diseño mecatrónico.

### Figura 3.16

*Diagramas de flujo de procesos*



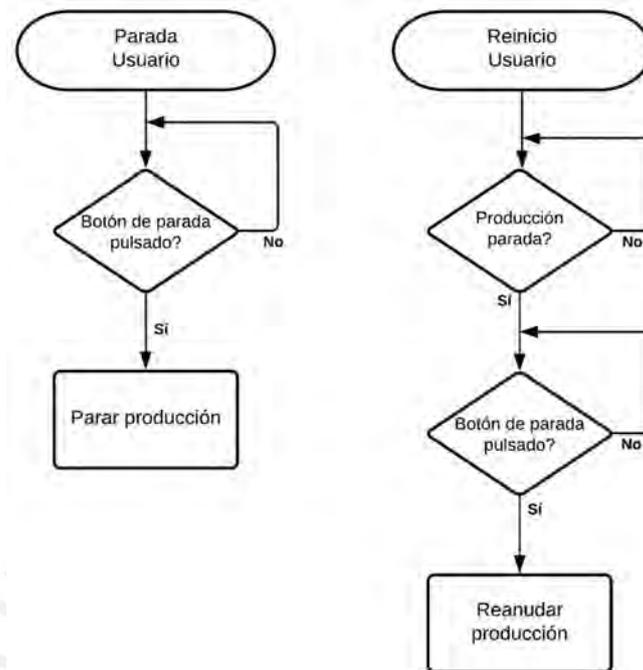
**Figura 3.17**

*Diagramas de flujo principal del sistema – Perspectiva usuario*



**Figura 3.18**

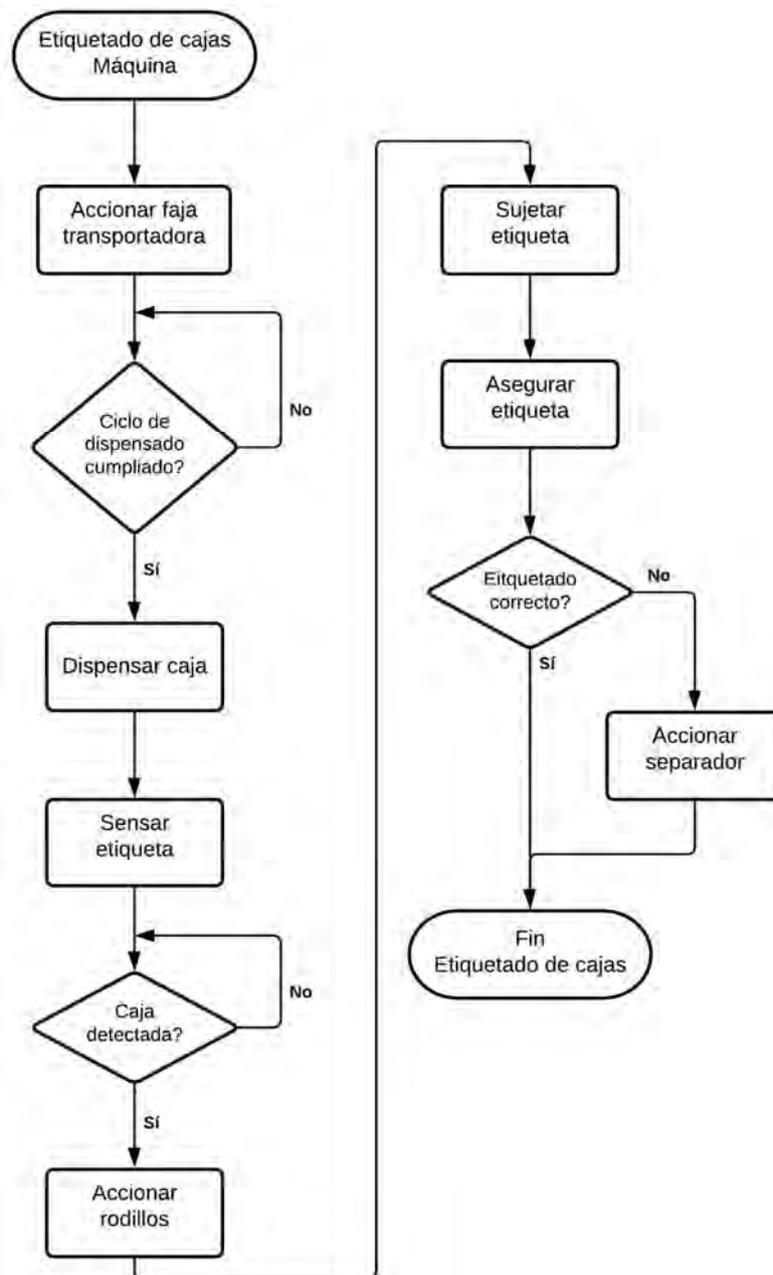
*Diagramas de flujo de la parada y reinicio del sistema*



El primer proceso productivo es el etiquetado de cajas, esquematizado en la Figura 3.15, el cual inicia con el accionamiento del sistema de transporte de rodillos para las cajas sin armar. Cada cierto periodo de tiempo se dispensan las cajas y pasan por el sensor capacitivo para accionar el sistema de rodillos de etiquetas. Luego de detectar la caja y accionar los rodillos, se sujeta la etiqueta mediante las ventosas neumáticas y se asegura la adhesión con el actuador lineal neumático. Finalmente, la caja etiquetada pasa por el sensor de visión, el cual verifica el estado de la misma y en caso de haber defectos, se acciona el separador. Si no hay problemas con la etiqueta, se termina el ciclo de etiquetado.

Figura 3.19

Diagrama de flujo del etiquetado de cajas

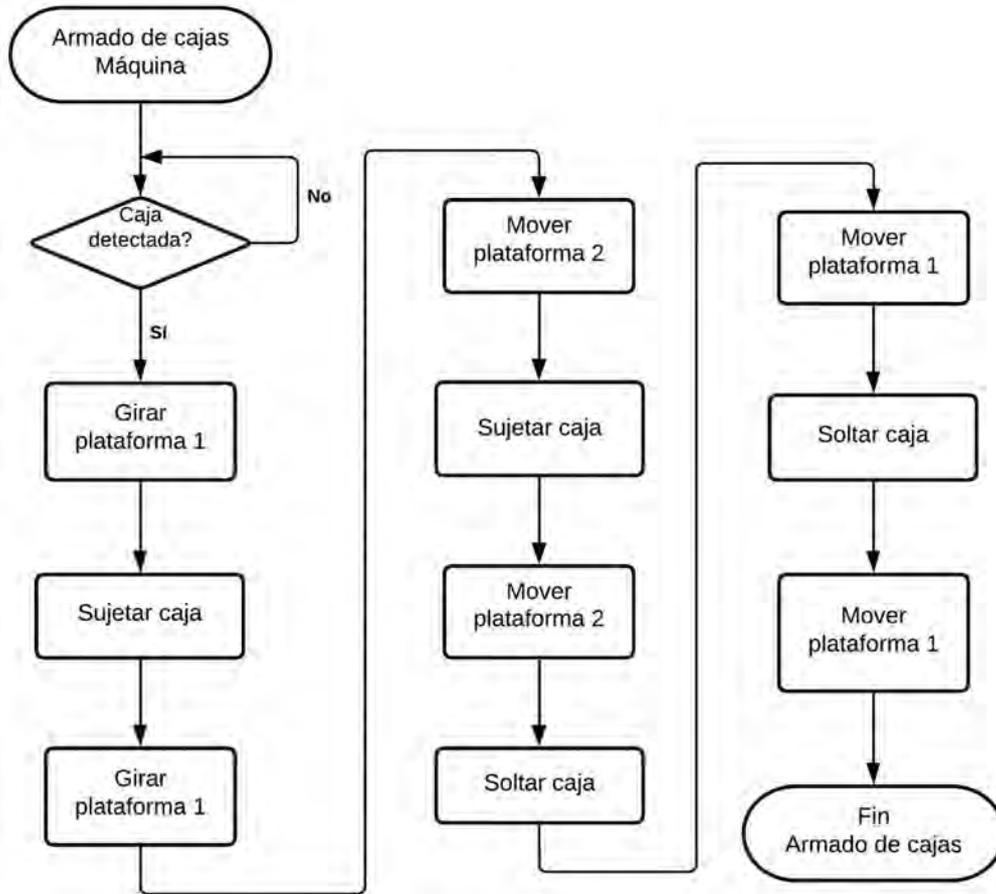


El siguiente proceso es el armado de cajas, esquematizado en la Figura 3.16. La primera tarea es la detección de la caja en la estación para luego iniciar con los movimientos de las plataformas 1 y 2. Primero se gira 90° la plataforma 1 y mediante la sujeción de vacío se adhiere la caja para luego regresar a su posición original. Luego se mueve la plataforma 2 para sujetar a la caja mediante otras ventosas. Para armarla, la plataforma 2 regresa a su posición inicial

rápidamente y en ese momento suelta la caja. Finalmente, la plataforma 1 se mueve y suelta la caja armada en la siguiente estación. En la Figura 3.17 se detallan los pasos necesarios para el armado de las cajas.

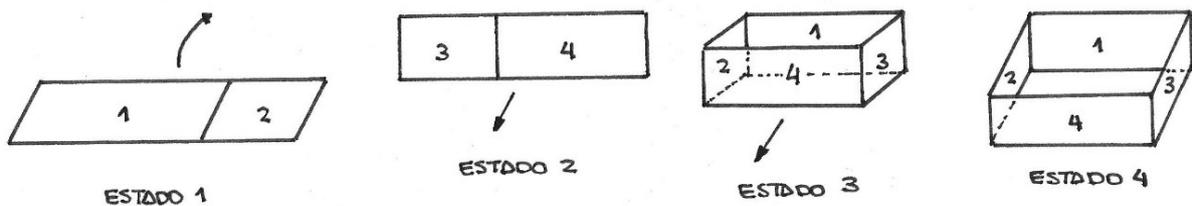
**Figura 3.20**

*Diagrama de flujo del armado de cajas*



**Figura 3.21**

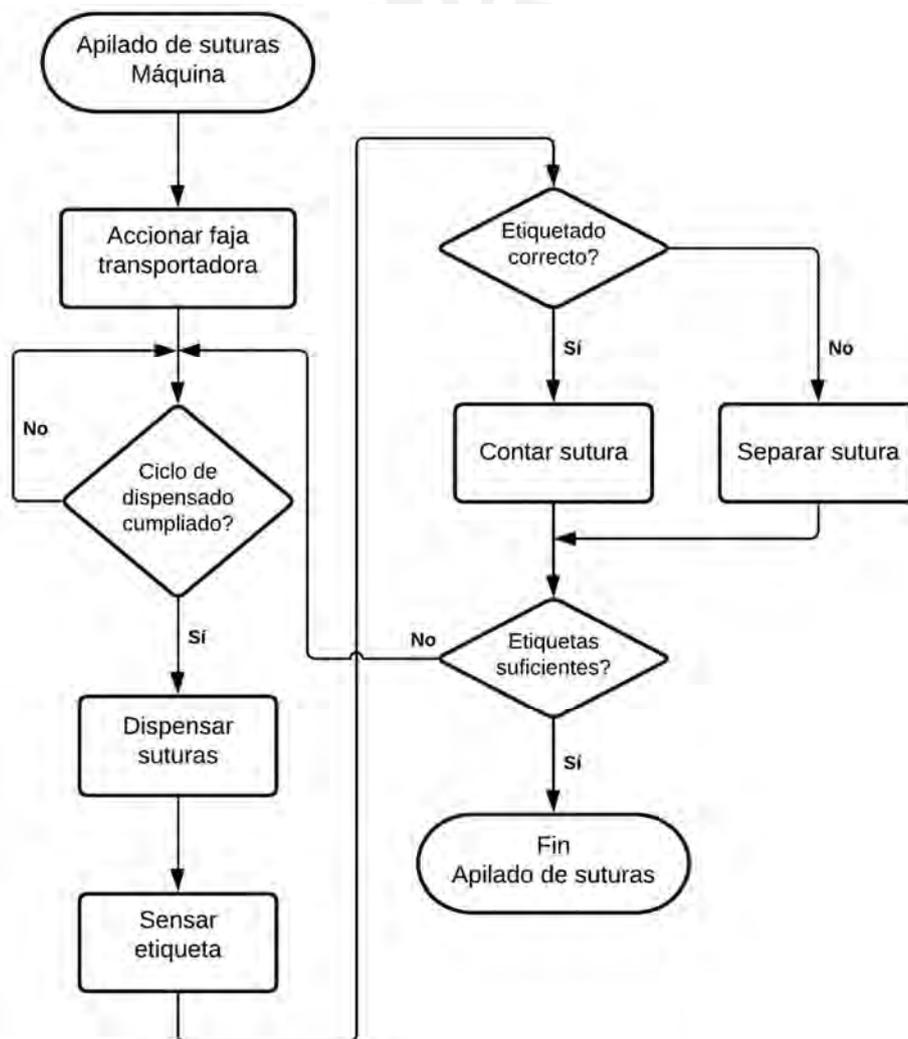
*Pasos del armado de cajas*



En la Figura 3.18., se grafica el proceso de apilado de suturas. La primera acción es accionar la faja transportadora para iniciar a dispensar las suturas cada cierto periodo de tiempo. Luego, se realiza una revisión de la calidad de la sutura. En caso haya errores, se separa la sutura si no, se cuenta la sutura y pasa a la siguiente estación. Adicionalmente, se mantiene una contabilidad del número de suturas para pasar al relleno.

**Figura 3.22**

*Diagrama de flujo del apilado de suturas*



El relleno de suturas es el siguiente proceso de producción, el cual está graficado en la Figura 3.19. Este proceso consiste en el accionamiento de dos plataformas de acuerdo a la cantidad de suturas apiladas. La primera se apertura al apilar la mitad de las suturas necesarias mientras

que la segunda se apertura al detectar la caja debajo con la cantidad de suturas requeridas. Una vez depositadas las suturas, se termina el ciclo de relleno. El último paso consiste en el transporte de las cajas mediante cadenas transportadoras hacia el final de la producción, culminando así con el ciclo de procesamiento en la máquina.

### Figura 3.23

*Diagrama de flujo del relleno de suturas*



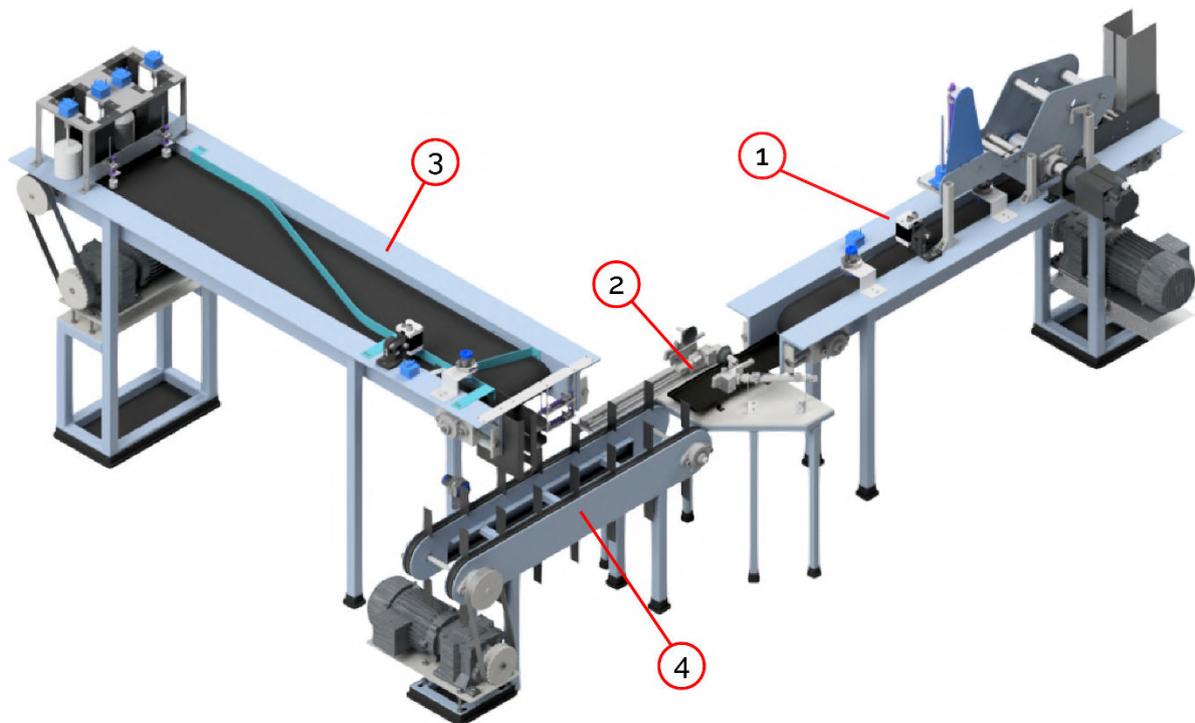
## CAPÍTULO 4

### DISEÑO INTEGRADO

En el Capítulo 4, se presentará el diseño integrado de la solución tomando como entradas los requisitos de diseño del sistema mecatrónico y el diseño conceptual de la solución elegida. El diseño integrado se divide por subsistemas: etiquetado, armado, apilado y rellenado, los cuales se subdividen en dominios: mecánico, neumático, eléctrico, electrónico y de software. Cada uno de estos apartados permitirá desglosar el diseño para finalmente presentar la integración de los subsistemas en el capítulo 5. En la Figura 4.1 se muestra el diseño 3D del sistema mecatrónico, donde se puede observar la ubicación y posición de cada subsistema o estación dentro del diseño integrado.

**Figura 4.1**

*Modelo 3D: Diseño integrado*



*Nota.* Subsistema de etiquetado (1). Subsistema de armado (2). Subsistema de apilado (3). Subsistema de rellenado (4).

## 4.1 Dominio mecánico

En este apartado se presenta el dominio mecánico del sistema mecatrónico, dividido por cada subsistema para efectos del orden de los componentes. Además, este apartado se subdivide en memoria de cálculo, el diseño y selección de componentes mecánicos, el modelado 3D y el desarrollo de planos de los componentes mecánicos, los cuales se encuentran en el anexo.

### 4.1.1 Memoria de cálculo

La memoria de cálculo del sistema mecatrónico comprende los cálculos necesarios para la definición de componentes críticos para el diseño. En el caso de este proyecto, se presentan los cálculos para la selección de motores en cada subsistema, rodamientos, soldaduras y finalmente de la estructura de soporte del diseño para cada subsistema.

#### *i Subsistema de etiquetado y armado*

El dominio mecánico de este subsistema consiste en 3 mecanismos: el etiquetador superior, la faja transportadora y el sistema de alimentación de cajas. A continuación se presenta la memoria de cálculo para elementos mecánicos de los componentes descritos así como la selección de los mismos. En el caso de ciertos cálculos típicos como las soldaduras, perfiles estructurales o rodamientos, se realiza una memoria de cálculo única para el caso más crítico mostrada en el subsistema de etiquetado.

##### *i.i Cálculo de potencia de motor servomotor para etiquetado*

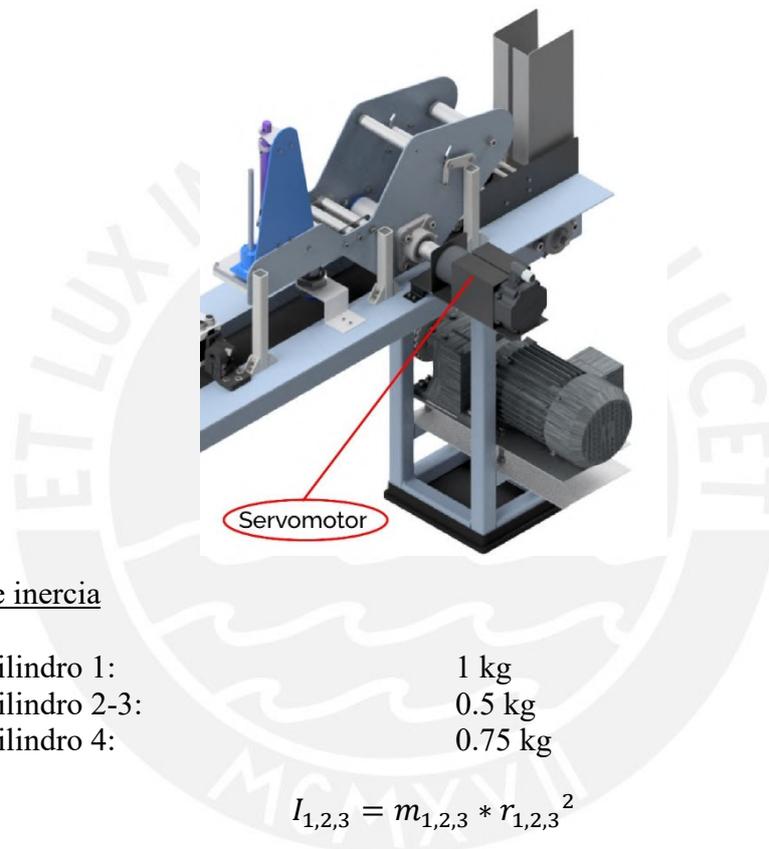
En el subsistema de etiquetado, para el movimiento de las etiquetas, se requiere de un motor capaz de trasladar las mismas mediante rodillos hasta la posición de etiquetado en la zona superior de las cajas. Por ende, el tipo de motor más preciso para esta aplicación es el servomotor, el cual trabaja en la posición y ubicación observada en la Figura 4.2.

### Consideraciones

Diámetro de cilindro 1:	50.00 mm
Diámetro de cilindro 2-3:	20.00 mm
Diámetro de cilindro 4:	30.00 mm
Recorrido por etiqueta:	12.00 mm
Ángulo recorrido por etiqueta (A):	0.48 rad / 27.50°

### **Figura 4.2**

*Modelo 3D: Posición y ubicación del servomotor del subsistema de etiquetado*



### Cálculo de inercia

Masa de cilindro 1:	1 kg
Masa de cilindro 2-3:	0.5 kg
Masa de cilindro 4:	0.75 kg

$$I_{1,2,3} = m_{1,2,3} * r_{1,2,3}^2$$

$$I_{rodillos} = I_1 + (I_2 + m_2 * d_{12}^2) + (I_3 + m_3 * d_{13}^2) + (I_4 + m_4 * d_{14}^2) = 0.06 \text{ kg.m}^2$$

### Cálculo de potencia

$$\text{Torque } (T) = I * \alpha = 9.6 * 192 = 10.56 \text{ N.m}$$

$$\text{Potencia } (P) = T * \omega = 10.56 * 9.6 = 101.41 \text{ W}$$

$$P_{req} = \frac{P}{\eta_{motor} * \eta_{caja}} = \frac{101.41}{0.8 * 0.8} = 158.45 \text{ W} = 0.16 \text{ Kw}^{12}$$

<sup>1</sup> Considerando la velocidad angular:  $\omega = 20 * A$  y la aceleración angular:  $\alpha = 20 * \omega$ .

<sup>2</sup> Considerando eficiencias de 80% en el motor y la caja reductora.

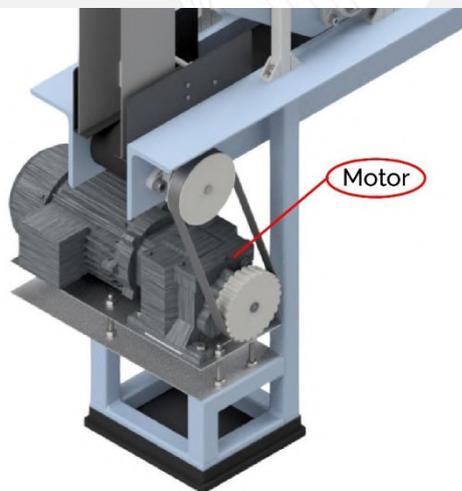
### *i.ii Cálculo de potencia de motor para faja transportadora*

Para este cálculo y los subsiguientes, se utilizarán como referencia la guía para selección de fajas transportadora del Ing. Hermenegildo Rodríguez y el catálogo de fajas Siegling Transilon del fabricante Forbo. El primero básicamente está aplicado al cálculo de la potencia de la faja y el dimensionamiento de los cilindros motrices mientras que el segundo, para la selección de las características de las bandas transportadoras.

En los subsistemas de etiquetado y apilado se requieren de fajas transportadoras para mantener el flujo de movimiento de las cajas y suturas respectivamente por lo que, para el análisis, se evaluará la faja más crítica a fin de seleccionar un motor adecuado para estos subsistemas. En la Figura 4.3 se puede observar la posición y ubicación del motor.

#### **Figura 4.3**

*Modelo 3D: Posición y ubicación del motor del subsistema de etiquetado*



#### Consideraciones

Longitud de la banda (L):	2 m
Ancho de banda ( $b_0$ ):	0.25 m
Velocidad de avance (v):	1 m/s
Diámetro de tambor motriz (supuesto):	80 mm
Masa de tambores ( $m_R$ ):	20 kg
Masas de la carga (m):	50 kg
Masa de la banda ( $m_B$ ):	2.13 kg

Para el cálculo, se considera a la banda más liviana (E 8/H U0/V6 NP negro de la línea Siegling Transilon), así como un esquema con una bandeja de apoyo debajo de la banda.

#### Cálculo de fuerza tangencial y fuerza de tracción

$$Fuerza\ tangencial\ (F_u) = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(m_R + \frac{m_B}{2}\right) = 257.02\ N^3$$

$$Fuerza\ de\ tracción\ (F_1) = F_u * C_1 = 385.53\ N$$

#### Control de tipo de banda y diámetro mínimo de tambor motriz

$$e_{m\acute{a}x} = 2.00\ \%$$

$$k_{1\%} = 8.50\ N/mm$$

$$C_2 = e_{m\acute{a}x} * k_{1\%} = 17\ N/mm$$

$$\frac{F_1}{b_0} = 1.54\ N/mm$$

El control se realiza mediante la comparación de  $C_2$  y  $F_1/b_0$ , si el primero es mayor al segundo, entonces el tipo de banda seleccionada funciona. En este caso, la banda es funcional para este diseño. El diámetro mínimo admisible es de 46.26 mm, por lo que el seleccionado (80 mm) cumple con el diseño.

$$d_{min} = F_1 * C_3 * \frac{180}{b_0 * \beta} = 385.53 * 30 * \frac{180}{250 * 180} = 46.26\ mm$$

#### Cálculo de la potencia mecánica

$$P_A = F_u * v = 0.26\ kW$$

$$P_m = \frac{P_A}{\eta} = \frac{0.26}{0.75} = 0.34\ Kw^4$$

$$\omega = 119.37\ rpm$$

$$\tau = 27.42\ N.m$$

<sup>3</sup> Considerando los coeficientes de fricción  $\mu_T=0.5$  y  $\mu_R=0.03$ .

<sup>4</sup> Considerando una eficiencia mecánica del 75% en el motor:

### *i.iii Cálculo para selección de rodamientos*

Para el siguiente cálculo, se utilizarán como referencia la guía para selección de rodamientos de SKF, incluida en el catálogo de los mismos. Se utilizará el caso más crítico, el sistema de faja transportadora para suturas, para seleccionar los rodamientos con su respectivo *housing*. En la Figura 4.4 se observan las ubicaciones de los rodamientos a seleccionar, así como su posición dentro del diseño mecatrónico.

#### Datos del rodamiento

Vida seleccionada:	20 000 horas de funcionamiento
Rodamiento seleccionado:	F2B 008-RM
Capacidad de carga dinámica (C):	9.56 kN
Capacidad de carga estática (Co):	4.75 kN
Carga límite de fatiga (Pu):	0.2 kN
Diámetro interior (d):	12.70 mm
Velocidad límite:	9 500 rpm

#### Carga estática y dinámica

Fuerza radial:	1.93 kN
Fuerza axial:	-

$$P = 0.57 * Fr + 0.93 * Fa = 1.10 \text{ kN}$$

$$P_o = 1.00 * Fr + 0.52 * Fa = 1.93 \text{ kN}$$

#### Vida nominal y útil

p: 3 (para rodamientos rígidos de bolas)

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p = 661.39 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * \omega_{faja} * L_{10}} = 275 \text{ 578 horas de funcionamiento}$$

Con este primer criterio, el rodamiento seleccionado cumple perfectamente con la vida útil estimada. Sin embargo, para un cálculo más preciso se evaluará con el criterio de la vida nominal ajustada de SKF. Para este caso, los valores de  $a_{SKF}$  y  $a_1$  son 0.6 y 0.53, respectivamente, los cuales son calculados según los criterios del fabricante.

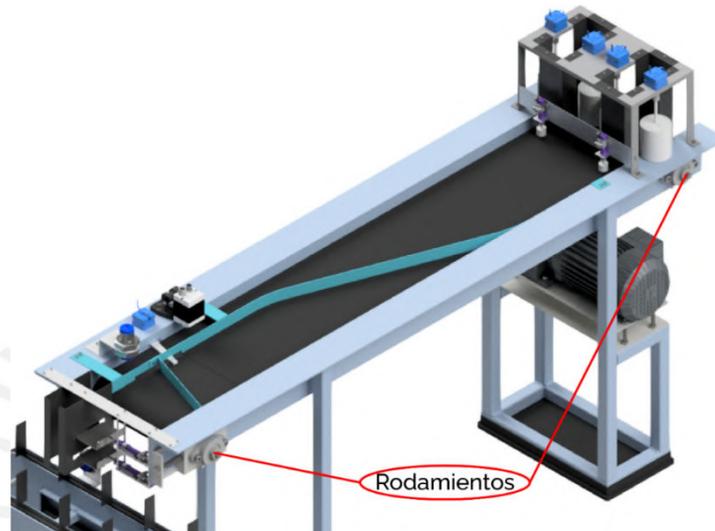
Vida nominal ajustada

$$L_{na} = a_{SKF} * a_1 * L_{10h} = 0.6 * 0.53 * L_{10h}$$

$$L_{na} = 87\ 634 \text{ horas de funcionamiento}$$

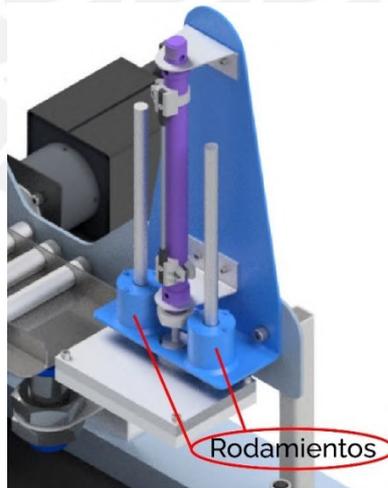
**Figura 4.4**

*Ubicación y posición de los rodamientos de bolas*



**Figura 4.5**

*Ubicación y posición de los rodamientos lineales de bolas*



Este resultado valida lo obtenido anteriormente y asegura la correcta selección del rodamiento pues cumple de gran manera la vida útil prevista. Además, para el pistón neumático para etiquetado, será necesario considerar 2 rodamientos lineales de bolas, para soportar la fricción de los ejes con las guías. Para este caso, se utilizará la misma

metodología, pero cambiando las revoluciones por minuto por avances por minuto. En la Figura 4.5. se puede observar la posición de los rodamientos lineales dentro del pistón neumático en el subsistema de etiquetado.

#### Datos del eje

Diámetro:	10 mm
Longitud de avance:	150 mm
Fuerza de avance:	120 N

#### Datos del rodamiento

Vida seleccionada:	20 000 horas
Rodamiento seleccionado:	LBBR 10
Capacidad de carga dinámica (C):	585 N
Capacidad de carga estática (Co):	415 N
Diámetro interior (d):	10.00 mm

#### Carga estática y dinámica

Fuerza radial:	-
Fuerza axial:	120 N aprox.

$$P = 0.57 * Fr + 0.93 * Fa = 110.60 \text{ N}$$

$$P_o = 1.00 * Fr + 0.52 * Fa = 62.40 \text{ N}$$

#### Vida nominal y útil

p: 3 (para rodamientos rígidos de bolas)

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p = 144.04 \text{ millones de avances}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * \text{avances por min} * L_{10}} = 240\,062.19 \text{ horas de funcionamiento}$$

Con este criterio, el rodamiento seleccionado cumple con las condiciones para la ejecución del etiquetado. A diferencia del caso del rodamiento anterior, para este no se utilizará el criterio de vida nominal ajustada debido al tipo de movimiento (lineal) por lo que con la vida nominal y útil basta para la selección.

#### *i.iv Cálculo para selección de perfiles de estructuras de soporte*

En el siguiente apartado se evaluarán los perfiles de soporte para las fajas, cadenas y rodillos transportadores de cada subsistema. En este cálculo, el caso crítico se encuentra en la faja transportadora para el subsistema de etiquetado pues además de soportar el sistema de la faja, soporta el alimentador y la etiquetadora superior superior. La masa de la etiquetadora superior, alimentador y faja transportadora se obtienen del modelado 3D mientras que la masa de las etiquetas es un valor referencial de acuerdo al mercado.

#### Datos iniciales

Masa de los componentes de la etiquetadora superior:	6 kg
Masa de los componentes del alimentador:	6 kg
Masa de las etiquetas:	2 kg
Masa de la faja transportadora y sus componentes:	26 kg

$$W_{total} = W_{etiquetador} + W_{alimentador} + W_{etiquetas} + W_{faja} = 340 N$$

Para seleccionar los perfiles de la estructura de soporte se utiliza la norma ISO 10799-2 para vigas cuadradas huecas de acero estructural modeladas en frío. Esta norma también será utilizada para la selección de los perfiles complementarios para el soporte de la etiquetadora superior superior. Para el caso particular de las vigas laterales para las fajas transportadoras, se utilizarán perfiles en L según la norma ISO 657-2 para vigas de acero laminadas en caliente para lados desiguales. Debido a que no es un caso crítico, no se realizará el cálculo y el dimensionamiento dependerá de las medidas de la banda.

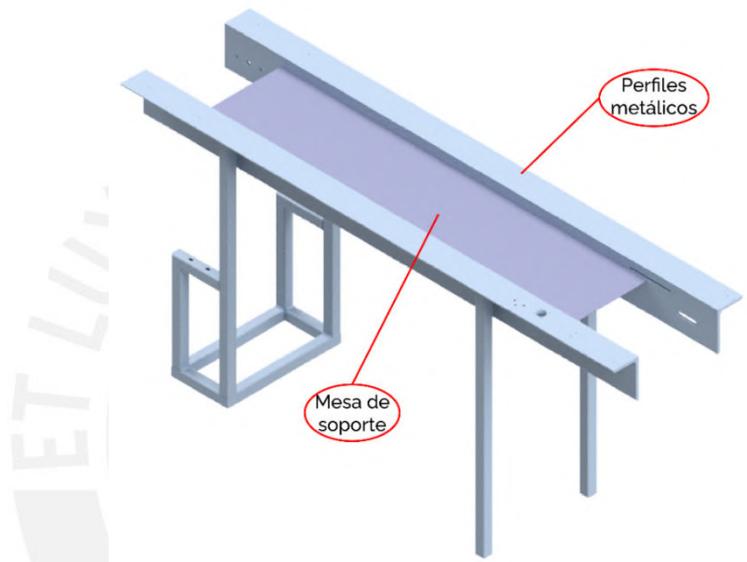
#### Datos iniciales

Perfil:	30x30x2
Fuerza normal:	100 N
Momento flector en x:	21 250 N.mm
Momento flector en y:	7 225 N.mm
Momento flector resultante:	22 444.67 N.mm
Inercia:	16 278.67 mm <sup>2</sup>

Para verificar la resistencia de los perfiles, se considera el criterio de energía de distorsión de Von Misses. Además, el factor de seguridad se estima en 2.5 y el material es acero ASTM A36 con un esfuerzo de fluencia de 250 N/mm<sup>2</sup>. Estos valores referenciales se obtienen del libro Resistencia de Materiales 2 del Ing. Jorge Rodríguez.

**Figura 4.6**

*Modelo 3D: Estructura de soporte de las fajas transportadoras*



$$\sigma_n = \frac{N}{A} = \frac{85}{116} = 0.86 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_f = \frac{M_f * d}{I} = \frac{22444.67 * 21.21}{16278.67} = 34.41 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_n + \sigma_f)^2 + (\tau_c + \tau_t)^2} = \sqrt{(\sigma_n + \sigma_f)^2 + (0 + 0)^2} = 36 \frac{N}{mm^2}$$

Según el criterio mencionado, para comprobar la resistencia, es necesario comparar el esfuerzo admisible y el esfuerzo equivalente. En la siguiente ecuación se verifica que el diseño cumple con las condiciones de operación.

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{FS} = 100 \frac{N}{mm^2}$$

Comprobada la resistencia a la fluencia de la estructura, no es necesario comprobar la resistencia a la fatiga puesto que las vibraciones son mínimas por el dimensionamiento y la naturaleza del sistema.

#### *i.v Cálculo de resistencia de soldaduras*

La aplicación de cordones de soldadura será necesaria para asegurar la estructura y demás componentes a la máquina. En ese sentido, los cordones más críticos se ubican en la estructura de la faja y en la etiquetadora superior superior. A continuación, se someterá a evaluación ambos casos, los cuales se pueden apreciar en las Figuras 4.7 y 4.8.

#### Datos iniciales

Número de cordones:	2
Garganta:	3 mm
Longitud:	60 mm
Fuerza en y:	100 N
Momento en x:	6 200 N.mm
Inercia:	144 000 mm <sup>4</sup>

$$\sigma_n = 0$$

$$\tau_c = \frac{F_c}{A} = 0.28 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_f = \frac{M_f * d}{I} = 1.72 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_n + \sigma_f)^2 + 1.8 * \tau_c^2} = \sqrt{(1.72)^2 + (0.28)^2} = 1.76 \frac{N}{mm^2}$$

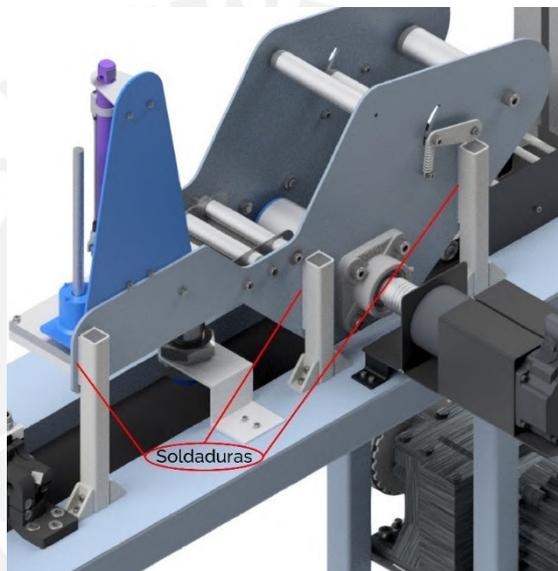
Para las soldaduras de este diseño, se cuantifica los factores de soldadura  $v$  y  $v_2$  con los valores de 0.8 debido a la naturaleza de la misma. Además, se considera un factor de seguridad de 2.5. El material de la soldadura es acero ASTM A36 con un esfuerzo de fluencia de 250 N/mm<sup>2</sup>. En la siguiente ecuación se verifica la seguridad de la soldadura:

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{adm} = \frac{v * v_2 * \sigma_f}{FS} = 60.16 \frac{N}{mm^2}$$

Análogamente, se realiza el análisis de la soldadura para la estructura inferior. A diferencia del caso anterior, esta soldadura consta de 3 cordones, pero solo trabajan a compresión por lo que el cálculo es más simplificado. De la misma manera, se comprueba la seguridad de las soldaduras de la zona inferior de la faja transportadora. Para las soldaduras no especificadas, se consideran cordones de 4 mm y longitudes adecuadas.

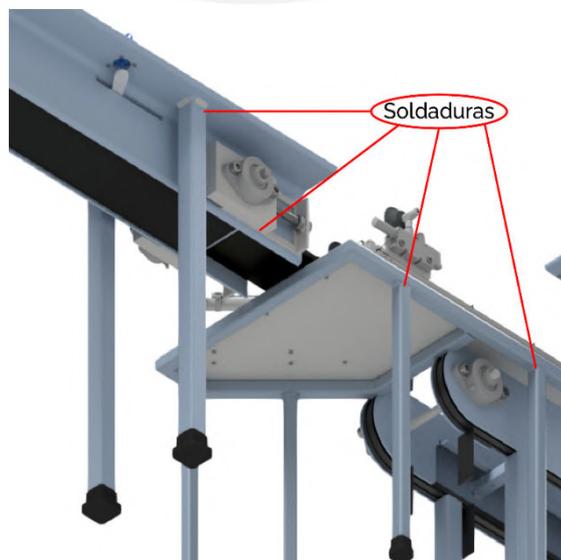
#### **Figura 4.7**

*Modelo 3D: Soldaduras en la etiquetadora superior superior*



#### **Figura 4.8**

*Modelo 3D: Soldaduras en la estructura de las fajas transportadoras*



Datos iniciales

Número de cordones:	3
Garganta:	4 mm
Longitud:	22 mm
Fuerza en z:	200 N
Momento en y:	12 400 N.mm
Inercia:	10 648 mm <sup>4</sup>

$$\sigma_n = 0.76 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_c = 0$$

$$\sigma_f = 12.81 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{eq} = 13.57 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{adm} = 60.16 \frac{N}{mm^2}$$

***ii Subsistema de apilado***

El dominio mecánico de este subsistema, al igual que el de etiquetado, se conforma de una faja transportadora y, además, un sistema de alimentación de suturas y un sistema de separación de lotes para el relleno de las suturas en las cajas.

***ii.i Cálculo de potencia de motores para alimentación de suturas***

El cálculo para el sistema de alimentación corresponde a la potencia de los motores para el giro de las piezas roscadas en cada extremo. En la Figura 4.9 se observan las piezas del mecanismo, así como la ubicación dentro del subsistema de apilado.

Consideraciones

Masa de la pieza roscada:	0.1 kg
Diámetro de la pieza roscada:	60.00 mm
Ángulo recorrido por sutura (A):	3.14 rad / 180°

### Cálculo de inercia

$$I_{pieza} = m * r^2 = 0.1 * (0.03)^2 = 0.0004 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{motor+carga} = 0.05 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{total} = I_{motor+carga} + I_{pieza} = 0.0504 \text{ kg.m}^2$$

### Cálculo de potencia

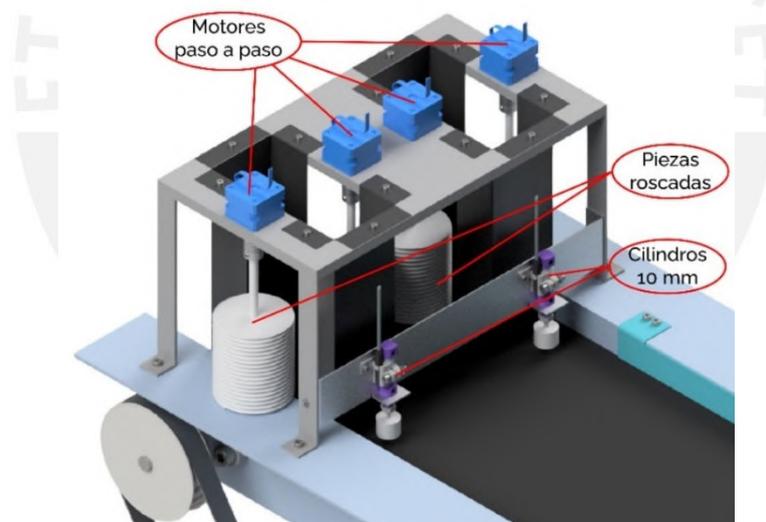
$$\text{Torque (T)} = I_{total} * \alpha = 0.0504 * 31.42 = 1.57 \text{ N.m}$$

$$\text{Potencia (P)} = T * \omega = 1.57 * 6.28 = 9.87 \text{ W}$$

$$P_{req} = \frac{P}{\eta_{motor} * \eta_{caja}} = \frac{9.87}{0.8 * 0.8} = 15.42 \text{ W} = 0.02 \text{ Kw}^{56}$$

### **Figura 4.9**

*Modelo 3D: Sistema de alimentación de suturas*



### *iii Subsistema de rellenado*

Este subsistema se compone mecánicamente de un sistema de cadenas transportadoras, las cuales movilizan las cajas de suturas para ser rellenas mediante el subsistema de apilado.

<sup>5</sup> Considerando la velocidad angular:  $\omega = 2 * A = 6.28 \text{ rad/s}^2$  y la aceleración angular:  $\alpha = 50 * \omega = 31.42 \text{ rad/s}^2$ .

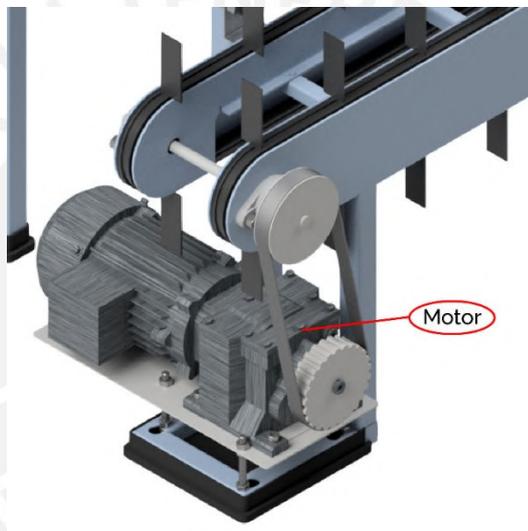
<sup>6</sup> Considerando unas eficiencias del 70% en el motor y la caja reductora.

### *iii.i Cálculo de potencia de motor para cadenas transportadoras*

Este último subsistema se conforma de un sistema de cadenas transportadoras con separadores soldados para procesar caja por caja. Al igual que en los subsistemas anteriores, no se harán cálculos para la soportaría por su similitud con los diseños previos. En la Figura 4.10, se puede observar la disposición de las cadenas transportadoras en el subsistema de relleno, principalmente, de la posición y ubicación del motor.

#### **Figura 4.10**

*Posición y ubicación del motor del subsistema de relleno*



El cálculo para esta sección se realizó mediante el software de SKF para la selección de cadenas transportadoras. Además, por referencias de los productos revisados en el estado de arte se estimó el uso de un motor alrededor de  $\frac{1}{2}$  HP o 0.37 kW con una distancia entre centros aproximada en 750 mm debido a las dimensiones límites de la máquina.

#### Consideraciones iniciales

Velocidad de cadena:	120 rpm
Distancia entre centros:	0.75 m apróx.
Par nominal:	29.45 N.m
Factor de servicio:	1.06

Luego del procesamiento de los datos iniciales, las características de la cadena recomendada (cadena ANSI PHC 60-1X10FT).

### Condiciones de transmisión y potencia

Potencia nominal de la cadena:	0.37 kW
Factor de servicio real:	3.19
Número de eslabones:	91
Velocidad máxima:	0.5 m/s
Distancia entre centros real:	742.95 mm

### Piñones y velocidades

Piñones:	PHS 60-1A13
Diámetro de referencia:	79.6 mm
Número de dientes:	13
Paso de la cadena:	19.05 mm

## **4.1.2 Diseño y selección de componentes**

En esta sección se encuentran los criterios de diseño contemplando los diferentes productos. Posteriormente, se definirán los parámetros definitivos luego de la integración con los demás dominios.

### *i Subsistema de etiquetado*

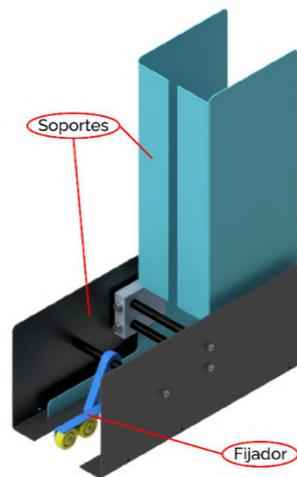
El subsistema de etiquetado se compone de 3 componentes principales: el alimentador, la etiquetadora superior y la faja transportadora 1. En la Figura 4.12, se puede observar el diseño completo del alimentador. Además, se puede apreciar la disposición de los rodillos, las guías para mantener alineadas las mismas y el pistón neumático.

#### *i.i Alimentador*

El primer componente consiste en un sistema para el dispensado de cajas previo al armado, es decir, de cajas sin armar prácticamente planas. Este mecanismo, detallado en 3D en la Figura 4.11, se compone de soportes laterales e inferiores para apilar las cajas, así como de fijadores a la superficie de la faja transportadora para facilitar la alimentación de cajas en dirección de la faja.

**Figura 4.11**

*Modelo 3D: Alimentador del subsistema de etiquetado*

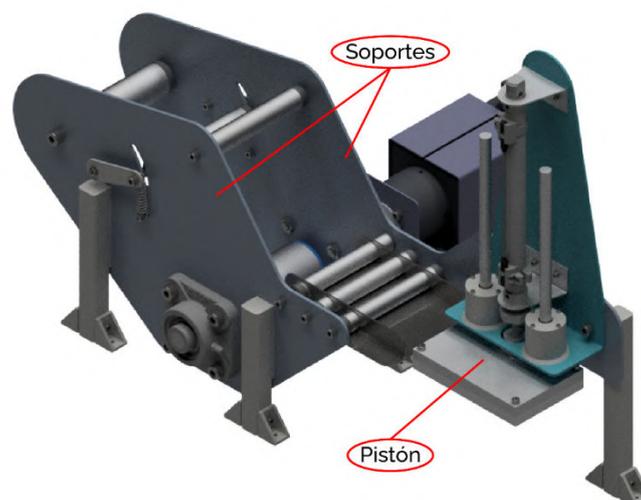


*i.ii Etiquetadora superior*

El segundo componente consiste en un sistema para etiquetado mediante el accionamiento de rodillos, los cuales friccionan el rollo de etiquetas y permiten el movimiento para luego ser adheridas a la superficie de etiquetado. Además, este componente incluye un pistón neumático, el cual empuja y adhiere la etiqueta hacia la caja para asegurar la fijación en la superficie.

**Figura 4.12**

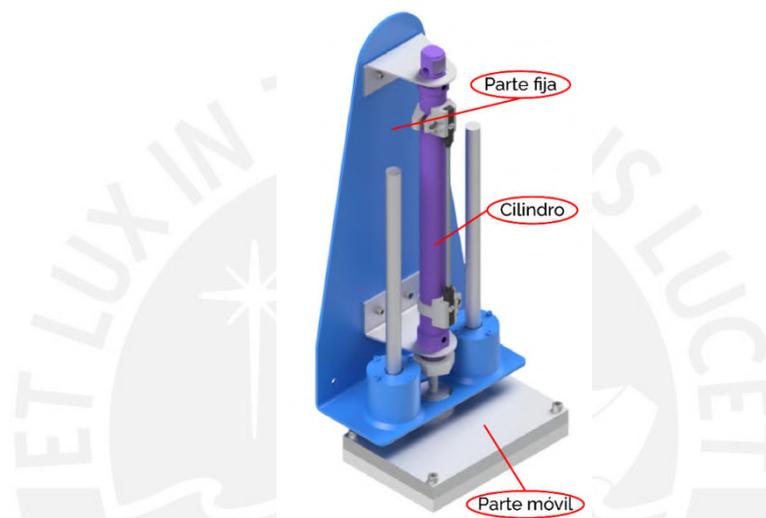
*Modelo 3D: Etiquetadora superior del subsistema de etiquetado*



En la Figura 4.13, se observa el componente encargado del etiquetado en sí. Este diseño se compone de un soporte, el cual está soldado a la placa de soporte derecha, además de la plataforma móvil compuesta por una estructura de acero y una de plástico aseguradas mediante pernos Allen en cada esquina.

### Figura 4.13

*Modelo 3D: Pistón del subsistema de etiquetado*



#### *i.iii Faja transportadora*

El tercer componente de este subsistema es la faja transportadora, la cual se forma principalmente de los perfiles descritos en la memoria de cálculo y placas de acero inoxidable. Además, de la función de soporte para la faja, presenta agujeros para asegurar la etiquetadora superior y los soportes para los sensores y actuadores de la estación.

En la zona inferior, presenta un asiento para montar el soporte del motor. Esta placa consiste en una chapa de acero ASTM A36 de 2 mm de espesor y 2 listones del mismo material de 1.75 mm de espesor unida a otra placa idéntica mediante pernos para asegurar una tensión mínima para el correcto funcionamiento de la faja en la transmisión de potencia de motor al cilindro motor.

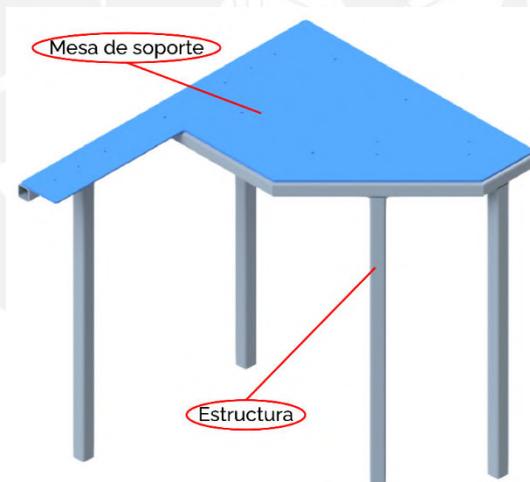
## *ii Subsistema de armado*

El subsistema de armado se compone de una mesa y estructura de soporte, una bandeja para cajas y dos plataformas móviles con sujeción de vacío, además de la estructura de soporte para los componentes, la cual se muestra en la Figura 4.15.

Esta mesa está compuesta por perfiles cuadrados de acero ASTM A36 de 20x20x2 mm dispuestos de acuerdo a la forma necesaria para soportar a las plataformas móviles y la bandeja. Además, una plancha de acero, de área 215 275 mm<sup>2</sup> y espesor 3 mm, uniformiza la superficie para asegurar mediante pernos y tuercas las uniones con los componentes antes mencionados.

### **Figura 4.14**

*Modelo 3D: Estructura y mesa de soporte de subsistema de armado*



## *iii Subsistema de apilado*

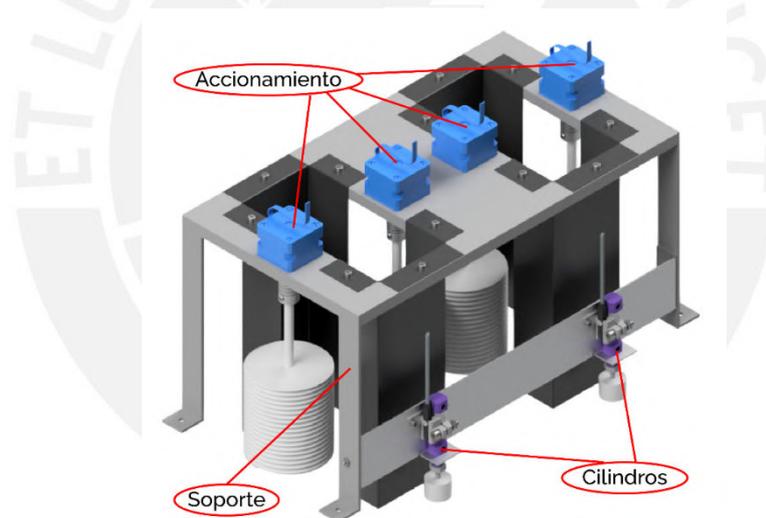
Este subsistema, al igual que el de etiquetado, se conforma de una faja transportadora y, además, un sistema de alimentación de suturas y un sistema de separación de lotes para el relleno de las suturas en las cajas.

### iii.i Alimentador de suturas

El sistema de alimentación se compone de un soporte en forma de mesa con 4 patas, guías y las piezas roscadas que permiten depositar las suturas. El soporte está hecho de acero ASTM A36, las guías están fabricadas de aluminio 6061 y las piezas roscadas son de PVC. En la zona superior del soporte, se conectan motores para girar las piezas roscadas por lo que se requieren de agujeros para las uniones atornilladas respectivas. Además, se utilizan acoples flexibles entre el eje de los motores y el eje de las piezas roscadas.

**Figura 4.15**

*Modelo 3D: Alimentador de suturas de subsistema de apilado*

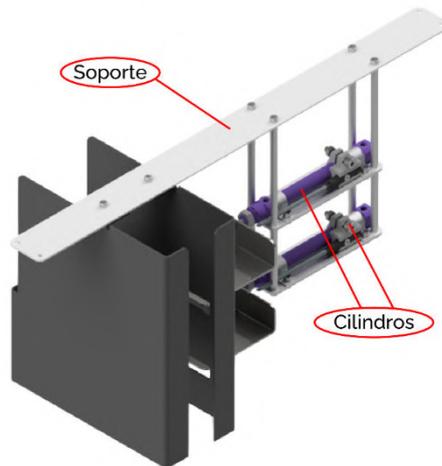


### iii.ii Separador de lotes

Este sistema, representado en la Figura 4.17, se compone de soportes y guías para garantizar la correcta posición de las suturas durante el relleno en las cajas. Los soportes fijan principalmente los cilindros neumáticos para separar las cantidades necesarias de suturas y las guías consisten en placas laterales que delimitan el movimiento vertical en caída libre de las suturas hacia el subsistema de relleno.

**Figura 4.16**

*Modelo 3D: Apilador de suturas de subsistema de apilado*

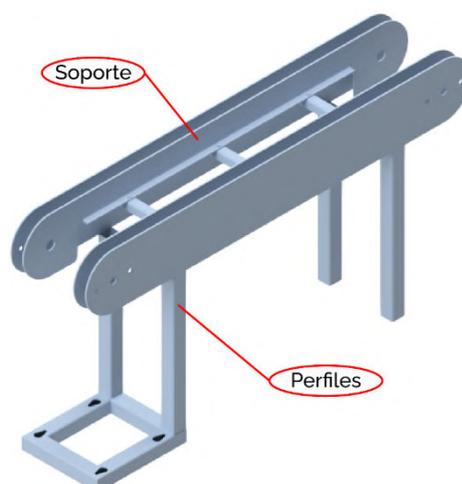


#### *iv Subsistema de relleno*

Las placas interiores y exteriores están hechas de acero ASTM A36, al igual que el soporte de toda la estructura, la cual está compuesta de perfiles cuadrados huecos de 30x30x2. La cadena presenta chapas soldadas cada 140 mm para facilitar el transporte de las cajas una por una y, al igual que en diseños anteriores, la estructura presenta un soporte móvil graduable para montar el motor.

**Figura 4.17**

*Modelo 3D: Estructura para cadenas transportadoras*



## 4.2 Dominio neumático

En esta sección se presenta el dominio neumático del sistema mecatrónico, el cual se subdivide en memoria de cálculo, diagrama neumático y selección de componentes neumáticos. En este dominio, se detallan los componentes en dos apartados: subsistema de etiquetado, apilado y rellenado y subsistema de armado debido a la similitud de características y funcionalidades entre los cilindros neumáticos o electroválvulas.

### 4.2.1 Memoria de cálculo

La memoria de cálculo del dominio neumático comprende los cálculos necesarios para la selección de componentes críticos para el diseño. En el caso de este proyecto, se presentan los cálculos para la selección de la tecnología de sujeción de vacío y el caudal mínimo requerido para la posible selección de un sistema de compresión de aire.

#### *i Subsistemas de etiquetado, apilado y rellenado*

En los tres subsistemas se requieren de cilindros neumáticos y electroválvulas para la función de desplazar objetos en sentido lineal. Por ende, se agrupan para simplificar el cálculo y seleccionar mejor los componentes. En las Tablas 4.1 y 4.2, se describe la simbología utilizada, según ISO 1219-1 e ISO 1219-2, para el circuito neumático, así como la ubicación física de cada uno de los sensores y actuadores especificados.

**Tabla 4.1**

*Simbología de circuito neumático*

Sensor/Actuador	Simbología
Cilindro neumático	1AX (1...7)
Sensor de inicio/fin de carrera	1SX (1...10)
Electroválvula	1VX (1...7)
Electro generador de vacío	1VX (8, 9)
Unidad de mantenimiento	FRL

**Tabla 4.2***Ubicación espacial de los dispositivos neumáticos en los subsistemas 1, 3 y 4*

Sensor/Actuador	Subsistema	Mecanismo	Ubicación espacial
1A1	Etiquetado	Etiquetadora superior	Faja transportadora 1
1A3	Rellenado	Apilador de suturas	Faja transportadora 2
1A4	Rellenado	Apilador de suturas	Faja transportadora 2
1A5	Apilado	Topes separadores	Faja transportadora 2
1A6	Apilado	Topes separadores	Faja transportadora 2
1V1	Etiquetado	Etiquetadora superior	Tablero eléctrico
1V3	Rellenado	Apilador de suturas	Tablero eléctrico
1V4	Rellenado	Apilador de suturas	Tablero eléctrico
1V5	Apilado	Topes separadores	Tablero eléctrico
1V6	Apilado	Topes separadores	Tablero eléctrico
1S1	Etiquetado	Etiquetadora superior	Faja transportadora 1
1S3	Rellenado	Apilador de suturas	Faja transportadora 2
1S4	Rellenado	Apilador de suturas	Faja transportadora 2
1S5	Apilado	Topes separadores	Faja transportadora 2
1S6	Apilado	Topes separadores	Faja transportadora 2
FRL	-	-	Acoplado a la conexión de aire comprimido

*i.i Cálculo para caudal mínimo requerido*

Debido a la gran carga neumática de este diseño, es necesario identificar el caudal mínimo requerido, detallado en la Tabla 4.3, para el funcionamiento de esta máquina durante todo el proceso de operación del empaquetado. En ese sentido, se muestra el cálculo para el cilindro de 100 mm de carrera de acuerdo a su operación en un minuto.

**Tabla 4.3***Caudales mínimos requeridos para el diseño neumático*

Dispositivo neumático	Unidades	Caudal nominal [L/min]
Cilindro neumático 10 mm	2	0.36
Cilindro neumático 60 mm	2	1.45
Cilindro neumático 100 mm	1	2.41
Cilindro neumático 150 mm	1	3.62
Cilindro neumático 300 mm	1	1.81
Ventosa de vacío	2	7.20
<b>Caudal total</b>		<b>25.86</b>

Datos iniciales

Diámetro del émbolo:	16 mm
Longitud de carrera:	100 mm
Presión de trabajo:	6 bar
Presión absoluta:	7 bar
Carreras por minuto:	20

$$Q_{carrera} = \frac{\pi * D^2}{4} * L * P_{abs}$$

$$Q_{carrera} = \frac{\pi * 16^2}{4} * 100 * 7 = 120\,637 \text{ mm}^3/\text{carrera}$$

$$Q_{min} = Q_{carrera} * \text{carreras}/\text{min} * \frac{1}{10^6}$$

$$Q_{min} = 120\,637 * 20 * \frac{1}{10^6} = 2.41 \text{ L}/\text{min}$$

Según el cálculo, el sistema requiere de un caudal mínimo de 26 L/min, suponiendo una producción mínima de 10 cajas por minuto de 24 suturas cada una, para que la operación se ejecute correctamente. Sin embargo, de aumentar o disminuir la velocidad de producción, el caudal variará de forma directamente proporcional por lo que es necesario contar con un suministro de aire de al menos 50 L/min, con el cual se cuenta actualmente, por ende, no será necesario contar con un compresor o sistema de alimentación adicional.

**ii Subsistema de armado**

A diferencia de los subsistemas descritos anteriormente, en este proceso se requiere, además de cilindros y electroválvulas, de tecnología de sujeción de vacío, es decir, ventosas para adherir etiquetas o cajas y desplazarlas linealmente o rotarlas. De forma similar a la sección previa, en la Tabla 4.4, se presentan los dispositivos neumáticos necesarios para el subsistema de armado.

**Tabla 4.4***Ubicación espacial de los dispositivos neumáticos en el subsistema de armado*

Sensor/Actuador	Subsistema	Mecanismo	Ubicación espacial
1V2	Armado	Plataforma móvil 2	Tablero eléctrico
1V7	Armado	Guía lineal	Tablero eléctrico
1V8	Armado	Plataforma móvil 1	Plataformas móviles
1V9	Armado	Plataforma móvil 2	Plataformas móviles
1S2	Armado	Plataforma móvil 2	Plataformas móviles
1S7	Armado	Guía lineal	Plataformas móviles
1S8	Armado	Guía lineal	Plataformas móviles
FRL	-	-	Acoplado a la conexión de aire comprimido

*ii.i Cálculo para sistema de sujeción de vacío*

La tecnología utilizada para el armado de cajas es la técnica de succión de vacío mediante ventosas neumáticas alimentadas con generadores de vacío. Para este diseño, un caso crítico se localiza en este subsistema pues si la fuerza de succión no es suficiente, la caja puede soltarse de las ventosas. Para este caso en particular, experimentalmente se obtiene un valor mínimo de aproximadamente 20 N para la apertura de la caja. En el siguiente cálculo se determina la presión mínima de trabajo.

Datos iniciales

Fuerza de vacío (mínima): 20 N  
 Diámetro de las ventosas: 50 mm  
 Vacío: 90%

$$P = \frac{F}{A} = \frac{20}{\frac{\pi * 50^2}{4}} = 0.01 \text{ MPa} = 0.1 \text{ bar}$$

En ese sentido, la presión mínima de trabajo sería 0.1 bar. En este caso en particular, las instalaciones cuentan con una línea de aire comprimido de aproximadamente 6 bar por lo que es factible este diseño de ventosas por sujeción de vacío.

#### 4.2.2 Selección de componentes neumáticos

Esta sección se dividirá en relación al tipo de tecnologías a seleccionar. Para este diseño, se necesitan de actuadores lineales y ventosas de sujeción de vacío. En ambos casos es necesario complementar con electroválvulas de acuerdo al actuador seleccionado.

##### *i.i Actuadores lineales neumáticos*

Para la selección de actuadores lineales se tomarán en cuenta ciertos requerimientos detalladas en cada dispositivo. En la Tabla 4.5 se presentan las alternativas para la selección de los actuadores neumáticos.

##### Requerimientos

Línea de presión de aire: 6 bar  
 Presión de trabajo: 3 bar  
 Carrera: 10-150 mm

**Tabla 4.5**

*Análisis técnico-económico de actuadores lineales (para 150 mm de carrera)*

Actuador lineal	Requisito (mín.)	DSNU-16-150-P-A Festo	MNI-DA-16-0160 Emerson	HM-25-160 Airtec
Tipo	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto
Carrera [mm]	150	15	160	150
Diámetro del émbolo [mm]	16	16	16	25
Presión de trabajo [bar]	3	1 – 10	1 – 10	1 – 10
Fuerza de avance – retorno [N] @6 bar	-	120.6 – 103.7	-	256 – 223
Precio [\$]	-	65	60	100

El criterio de selección para los actuadores lineales será la disponibilidad en la región y el precio. En ese sentido, tanto Emerson, Airtec y Festo tienen distribuidoras en el Perú por lo que el costo de importación, salvo en ciertos casos, se exonera. Entonces, el precio más accesible para el proyecto es el actuador de Festo debido a su precio módico. Adicionalmente, Festo tiene un mejor soporte en cuanto a acceso a accesorios para

actuadores neumáticos. Los casos de los cilindros neumáticos de 10, 60 y 100 mm de carrera se describen en la Tabla 4.6, desarrollada a continuación.

**Tabla 4.6**

*Análisis técnico-económico de actuadores lineales neumáticos Festo*

Características	Requisito (mín.)	DSNU-S-8-10-P-A Festo	DSNU-S-8-60-P-A Festo	DSNU-16-100-P-A Festo
Tipo	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto
Carrera [mm]	Variable	10	60	100
Diámetro del émbolo [mm]	8	8	8	16
Presión de trabajo [bar]	3	1.5 – 10	1.5 – 10	1 – 10
Fuerza de avance – retorno [N] @6 bar	-	30.2 – 22.6	30.2 – 22.6	120.6 – 103.7
Tipo de fijación	Accesorios	Accesorios	Accesorios	Accesorios
Precio [\$]	-	40	50	65

Un caso particular es el caso del actuador lineal neumático para el subsistema de armado, el cual requiere una carrera de 300 mm aproximadamente y, además, no tiene émbolo, por lo que funciona como una guía lineal. Para este caso, los actuadores disponibles se muestran en la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7**

*Análisis técnico-económico de la guía lineal neumática*

Características	Requisito (mín.)	Serie SLG Festo	Serie DGC-K Festo
Tipo	-	Plana	Básica
Carrera [mm]	300	300	300
Diámetro del émbolo [mm]	8	8	18
Amortiguación	Mecánica	Topes elásticos/placas	Neumática regulable
Presión de trabajo [bar]	3	2.5 – 8	2 – 8
Fuerza de avance – retorno [N] @6 bar	-	30 – 30	153 – 153
Tipo de fijación	Accesorios	-	Accesorios
Cantidad de posiciones intermedias	2	4	0
Precio [\$]	-	250	250

Los criterios de selección de las guías lineales se centran en dos aspectos: fuerzas de avance/retorno, tipo y precio. En el caso del primero hay una diferencia notable, mientras que el costo de ambas opciones es similar. En el caso del tipo, las planas presentan una ventaja debido a la reducción de espacio y peso. Ponderan estas 3 características y, además, considerando a las posiciones intermedias como una funcionalidad valiosa, la serie SLG de Festo es la indicada para la guía lineal neumática de este subsistema.

Para el caso de los actuadores lineales seleccionados previamente, serán necesarias electroválvulas compatibles con los dispositivos por lo que, de acuerdo al fabricante, se pueden seleccionar las válvulas descritas en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8**

*Análisis técnico-económico de las válvulas neumáticas Festo*

Características	Requisito (mín.)	Serie VSVA Festo	Serie MH Festo	Serie VUVG/VTUG Festo
Tipo	-	Normalizada Modularidad Encadenamiento vertical	Respuesta rápida Máxima duración	Servopilotado
Caudal [l/min]	200	500, 1 000, 1 300	100, 200, 400	130, 630, 1200
Conexión neumática	Tipo M	M5, G1/4, G1/8	M5, M7, G1/8, G1/4, QS4/6/8	M5/7, G1/8, G1/4, QS-3/10
Funciones	5/2	5/2M, 5/2J	5/2M	5/2M
Accionamiento	Eléctrico	Neumático Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico
Conexión eléctrica	-	M8, M12, Forma C	KMH	Forma C
Terminal de válvulas	No	No	No	Sí
Grado de protección	IP40	IP65	IP65	IP67
Precio [\$]	-	200	250	300

Las series comparadas son las que presentan características más acordes a la necesidad de esta aplicación. Para el diseño, es importante el criterio de conexión neumática para una compatibilidad con los cilindros seleccionados, así como el accionamiento pues se plantea uno netamente eléctrico. Sin embargo, un detalle importante es la posibilidad de

utilizar una batería de electroválvulas comunicadas mediante un bus de campo con el controlador, esto permite disminuir el uso de pines de salida y facilita la operación.

En ese sentido, y también considerando los márgenes de precios, se selecciona la serie VUVG/VTUG de Festo para las electroválvulas de los cilindros neumáticos. El fabricante tiene la disponibilidad de utilizar un conjunto de válvulas en baterías por lo que, se considerará esa opción durante la construcción del modelado 3D. En la Tabla 4.9, se describen la electroválvula 5/2 seleccionada, así como sus características y diseño de la batería.

**Tabla 4.9**

*Análisis técnico-económico del terminal de electroválvulas*

Características	Terminal de electroválvulas VTUG-10-VRLK-B1T-G18L-UL-CS-7J+HXMXN Festo
Función	Biestable de 5/2 vías
Tamaño [mm]	10
Caudal nominal [l/min]	550
Voltaje de alimentación [V]	24
Presión de funcionamiento [bar]	2 – 10
Grado de protección	IP65
Protocolo de bus	PT I-Port (con adaptación para PROFINET)
Precio [\$]	750

*i.i Sensores de fin de carrera*

Para una mayor seguridad y precisión en el funcionamiento de los actuadores neumáticos, se requiere de sensores de fin de carrera en cada cilindro. Debido a la naturaleza del sistema, se requieren de sensores con técnicas de sensado sin contacto como son los capacitivos, inductivos o magnéticos. Como se puede observar en la Tabla 4.10, los sensores analizados parten de un principio magnético pero cada uno presenta variantes.

Los criterios de selección son la precisión y la frecuencia además del precio. En el caso del primero, los rangos son similares por lo que no se considera como un elemento

diferenciador; caso contrario sucede en la frecuencia, pues el sensor magnético Reed tiene una gran ventaja por sobre los otros dos.

**Tabla 4.10**

*Análisis técnico-económico de sensores de proximidad*

Características	Requisito (mín.)	Sensor de proximidad SMT-8M-A Festo	Sensor de proximidad SME-8M Festo	Sensor de proximidad SDBT-MSX Festo
Principio de medición	Magnético	Magnetorresistivo	Magnético Reed	Magnético Hall
Voltaje de operación [V]	24	5 – 30	5 – 30	10 – 30
Salida de conmutación	PNP NPN	PNP NPN Sin contacto, bifilar	Con contacto bipolar	PNP NPN
Precisión [mm]	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2
Frecuencia de conmutación máxima [Hz]	100	180	800	25
Precio [\$]	-	40	55	40

Sin embargo, debido a la velocidad de producción, no se requiere de una frecuencia tan alta por lo que el sensor de proximidad magnetorresistivo es una opción suficiente para el diseño de este sistema. Debido a las características de la guía neumática de 300 mm, se requieren sensores para ranuras de tipo C, los cuales se describen a continuación:

**Tabla 4.11**

*Especificaciones técnico-económicas del sensor de proximidad para ranura tipo C*

Características	Requisito (mín.)	Sensor de proximidad SMT-10M-NS Festo
Principio de medición	Magnético	Magnetorresistivo
Voltaje de operación [V]	24	5 – 30
Salida de conmutación	NPN PNP	NPN Normalmente abierto
Precisión [mm]	± 0,2	± 0,2
Frecuencia de conmutación máxima [Hz]	100	150
Precio [\$]	-	40

*i.ii Ventosas, generadores de vacío y electroválvulas*

La selección de estos componentes neumáticos se realizará de forma conjunta, pues al necesitar un funcionamiento solidario, es importante la compatibilidad y sinergia entre todos los elementos. En ese sentido, es ideal seleccionar componentes de un mismo fabricante para asegurar las condiciones previamente vistas.

Como se puede observar en la Tabla 4.12, a priori los 3 fabricantes tienen una técnica de transporte similar, sin embargo, Emerson con su línea de transporte sin contacto NCT-AL se basa en una técnica de vacío con una aplicación diferente pues no necesita de fricción entre el producto y la ventosa para adherirlo.

Sin embargo, dada la naturaleza de los procesos a automatizar, es necesaria una fuerza considerable por lo que esa tecnología queda descartada. En ese sentido, la tecnología convencional de Festo parece la indicada para seleccionar los componentes de este sistema neumático. En la Tabla 4.13 se detallan las características tanto del generador de vacío como del conjunto de aspiración de Festo para esta aplicación.

**Tabla 4.12**

*Análisis técnico-económico de tecnologías de sujeción de vacío*

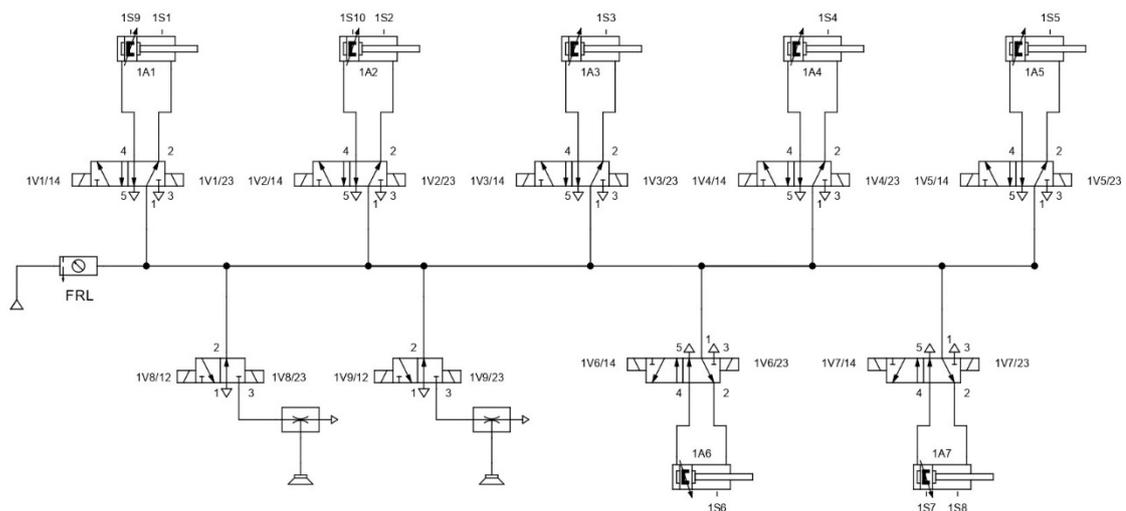
Componentes	Requisito (mín.)	Festo	Emerson	Schmalz
Electroválvula	-	Generadores de vacío VN-P con vacuostato integrado	Serie de transporte sin contacto NCT-AL	Sets de manipulación RECB
Generado de vacío	-	Conjunto de aspiración ESG		
Conjunto de succión	-			
Fuerza de succión máxima [N]	200	200	20	100
Precio aproximado [\$]	-	300	300	2000

**Tabla 4.13***Especificaciones técnico-económicas de los actuadores Festo*

Generador de vacío electroneumático VN	Especificaciones	Conjunto de aspiración ESG	Especificaciones
Función integrada	Electroválvula de cierre Impulso de expulsión neumático	Componentes	Soporte de ventosas con rosca de fijación H Ventosa con rosca de fijación S
Presión de trabajo [bar]	3	Fuerza de retención [N] @-0.7 bar	105.8
Presión nominal [bar]	6	Peso de ventosas [g]	22
Vacío máximo [%]	92	Peso de soporte [g]	27
Tensión de funcionamiento [V]	21.6 – 26.4	Precio [\$]	75
Precio [\$]	162		

### 4.2.3 Diagrama neumático

En la Figura 4.18, se puede observar el circuito neumático del diseño mecatrónico, el cual cuenta con una línea de presión de aire, pero se opta con considerar una unidad de mantenimiento independiente para este circuito.

**Figura 4.18***Circuito neumático*

En la zona superior se aprecia los 7 actuadores lineales a utilizar: 1A1 (150 mm) es el actuador del subsistema de etiquetadora superior, 1A2 (100 mm) se ubica en el

subsistema de armado, 1A3 (60 mm) y 1A4 (60 mm) funcionan en el subsistema de apilado, 1A5 y 1A6 (10 mm) se ubican al inicio de la faja transportadora 2 del sistema de apilado y el 1A7 (300 mm) se encarga de movilizar la plataforma móvil 2 en el armado.

Cada actuador/dispositivo cuenta con una electroválvula, sin embargo, no todas son iguales. Para los actuadores lineales, las electroválvulas 5/2 son las que accionan el avance o retroceso de los pistones. En el caso de las ventosas, las electroválvulas 3/2 son las que generan el vacío en las toberas.

Adicionalmente, se muestran sensores de fin de carrera en cada actuador lineal, esto para garantizar una correcta coordinación con el funcionamiento del sistema integrado, es decir, demás actuadores. Cada cilindro cuenta con un sensor de fin de carrera, a excepción de la guía lineal 1A7, el pistón neumático 1A1 y el cilindro 1A2, los cuales cuenta con uno a cada lado debido a la necesidad de detección de ambas posiciones.

### **4.3 Dominio electrónico**

En este apartado se presenta el dominio electrónico del sistema mecatrónico, dividido por cada subsistema para efectos del orden de los componentes. Además, esta sección se subdivide en selección de componentes electrónicos, diagrama de comunicaciones, diagrama esquemático, diagrama unifilar y lista de componentes.

#### **4.3.1 Selección de componentes electrónicos**

Esta sección se describirán todos los componentes electrónicos y mecánicos-eléctricos necesarios para el diseño de este sistema. Debido a la naturaleza de este diseño mecatrónico, se priorizará la selección de componentes mecánicos – eléctricos y neumáticos que muestren sinergia entre sí.

**Tabla 4.14*****Comparación entre empresas de automatización***

Características	Siemens	Emerson	ABB
Evaluación y contratación	4.2	3.7	4.1
Integración e implementación	4.4	3.9	4.2
Servicio y soporte	4.6	3.6	4.2
Disponibilidad	4.5	4.1	4.3
Puntaje promedio	4.3	4.2	4.3

*Nota.* Adaptado de *ABB vs Emerson vs Siemens: Gartner Peer Insights 2022*, por Gartner Peer Insights, 2022, Gartner Peer Insights (<https://www.gartner.com/>).

En el área de automatización, se suelen seleccionar componentes de un mismo fabricante para asegurar la compatibilidad eléctrica y de comunicación, por ello, en la Tabla 4.14, se presenta una comparación entre los 3 fabricantes de productos de automatización más conocidos en el mercado peruano, regional e internacional. En base a este análisis, a priori se seleccionarán componentes del fabricante Siemens por sobre ABB debido a su mejor disponibilidad para el mercado peruano.

Para definir y delimitar la selección de componentes, especialmente eléctricos, electrónicos y electromecánicos, se consideran las características eléctricas de la planta, las cuales son descritas en la Tabla 4.15.

**Tabla 4.15*****Características eléctricas de la planta***

Tipo de característica	Característica eléctrica
Tipo de sistema eléctrico	Trifásico
Voltaje [V]	380 – 400
Frecuencia [Hz]	60
Condiciones de trabajo	Ambiente limpio y aislado

### *i Controlador Lógico Programable - PLC*

En la Tabla 4.15, se presentan las alternativas para el controlador lógico programable para el control del sistema mecatrónico. Las opciones presentadas están de acuerdo a la disponibilidad del mercado local o regional. Entre los criterios de selección establecidos para seleccionar el controlador del sistema mecatrónico destaca el número de entradas/salidas, los protocolos de comunicación y el precio.

**Tabla 4.16**

*Análisis técnico-económico de controladores lógico programables*

PLC	Requisito (mín.)	Siemens S7-1200 CPU 1214 C DC/DC/RLY	Allen-Bradley Compact Logix 5370 L3	Schneider Zelio Logic
Voltaje de alimentación [V]	24	24	24	100 – 240
Corriente de operación [mA]	200	300	225	300
Número de entradas – salidas	[D] 10 – 10	[D] 14 – 10 [A] 2 – 2	[D] 16 – 16	[D] 16 – 10
Comunicación	Ethernet	RS232 RS422/485 Ethernet	Ethernet	Modbus Ethernet
Precio [\$]	-	900	1 500	400

Por un lado, el controlador de Allen-Bradley destaca por ser un PAC, es decir, un controlador de automatización programable por lo que presenta características adicionales como un software único con implementación IoT. En el caso del Schneider, este destaca por ser el más simple y barato de todos puesto que está diseñado básicamente con relés. Finalmente, el Siemens presenta un equilibrio entre ambos al tener un precio intermedio, con algunas características del PAC y con un número importante de E/S. Por ello, el PLC seleccionado es el de la marca Siemens.

Adicionalmente, debido a la necesidad de más entradas digitales para el funcionamiento del diseño, se plantea la selección de un módulo de expansión para entradas digitales. En

la Tabla 4.17, se describen las características del módulo seleccionado, principalmente, por su alta compatibilidad con el PLC seleccionado previamente.

**Tabla 4.17**

*Especificaciones técnico-económicas del módulo de entradas digitales*

Características	Requisito (mín.)	Simatic HMI KTP700 Basic
Tipo de display	LED	Pantalla TFT panorámica con retroiluminación LED
Diagonal de pantalla [in]	7	7
Resolución [píxeles]	-	800 x 480
Nº de teclas de función	-	8
Voltaje nominal [V]	24	24
Protocolos	PROFINET	PROFINET Ethernet/IP MODBUS TCP/IP
Grado de protección	IP65	IP65 (frontal) IP20 (posterior)
Precio [\$]	-	740

## ii *Interfaz Humano Máquina - HMI*

Debido a la particularidad de la comunicación entre PLC y HMI, es importante mantener una buena sinergia mediante compatibilidad entre estos dispositivos. En ese sentido, se seleccionó a un HMI de la misma marca para asegurar este requisito. En la Tabla 4.18, se describen las características del dispositivo seleccionado. Cabe destacar que la función del HMI es informativa y operativa por lo que se requiere de teclas físicas funcionales adicionales a las virtuales.

**Tabla 4.18**

*Especificaciones técnico-económicas del HMI*

Características	Requisito (mín.)	SIMATIC S7-1200 Módulo de entradas digitales SM 1221 Siemens
Voltaje nominal [V]	24	24
Intensidad de entrada [mA]	-	105
Nº de entradas digitales	8	8
Tensión de entrada [V]	24	24
Grado de protección	IP20	IP20
Precio [\$]	-	200

### *iii Servomotor para rodillos*

En la Tabla 4.19, se presentan las alternativas para el servomotor para accionar los rodillos de transporte de etiquetas en la zona superior. En este caso, los criterios de selección principales serán las dimensiones y el costo debido a la alta similitud entre los diferentes servomotores, los cuales cumplen con los cálculos realizados previamente.

**Tabla 4.19**

*Análisis técnico-económico de servomotores*

Servomotor	Requisito (mín.)	R7M-A40030 Omron	SIMOTICS S-1FK2 Siemens	Lexium 28 BCH2 Schneider
Tipo	AC	AC	AC	AC
Potencia [kW]	0.3	0.4	0.32	0.2
Torque nominal [N.m]	1.00	1.27	1.19	0.64
Velocidad nominal [rpm]	3 000	3 000	3 000	5 000
Voltaje nominal [V]	380	230	380	220
Corriente nominal [A]	1.1	2.6	1.12	1.11
Comunicación	PROFINET	RS-232C	PROFINET	CANopen
Protección	IP64	IP55	IP64	IP65
Precio [\$]	-	1 200	600	300

Es importante señalar que es necesario una caja reductora para incrementar el torque pues es superior (torque requerido: 10 N.m aprox.) para los motores de la potencia seleccionada. Sin embargo, el protocolo de comunicación es una característica esencial pues el PLC seleccionado necesita de componentes adicionales para procesar información mediante el protocolo CANopen. En ese sentido, el servomotor de Siemens será el seleccionado para motorizar los rodillos.

### *iv Controlador y caja reductora para servomotor*

En el caso del servomotor seleccionado, el fabricante recomienda solicitarlo en conjunto con una caja reductora incorporada al servomotor. En la tabla 4.20 se describen las

características de la caja recomendada. Asimismo, el controlador recomendado por el fabricante, el 6SL3210-5HE10-4UFO, se describe en la Tabla 4.21.

**Tabla 4.20**

*Especificaciones técnico-económicas de la caja reductora*

Características	Requisito (mín.)	Planetary gearbox NRB060 Siemens
Tipo de reductor	-	Planetario
Potencia [kW]	0.3	0.32
Número de etapas	-	1
Ratio de reducción	10:1	10:1
Eficiencia [%]	95%	96
Grado de protección	IP64	IP64
Precio [\$]	-	50

**Tabla 4.21**

*Especificaciones técnico-económicas del controlador*

Características	Requisito (mín.)	Convertor SINAMICS 210 6SL3210-5HE10-4UFO Siemens
Voltaje de operación [V]	220	220 – 480
Corriente de operación [A]	1.0	1.6
Potencia nominal [kW]	0.3 kW	0.24 @220 V 0.40 @400 V
Entradas digitales	-	5
Comunicación	-	PROFINET
Grado de protección	PROFINET	IP20
Precio [\$]	-	800

#### *v Sensor capacitivo*

En la Tabla 4.22, se presentan las alternativas para los sensores capacitivos del sistema. Debido a la naturaleza de la aplicación, el sensor seleccionado será el mismo para las demás ubicaciones a lo largo de las estaciones, a excepción de los sensores de fin de carrera ya seleccionados previamente.

**Tabla 4.22***Análisis técnico-económico de sensores capacitivos*

Sensor capacitivo	Requisito (mín.)	LJC18A3-H-Z/BX	Omron	CR Series Autonics
Tipo de salida	PNP	NPN-NO	PNP-NO	PNP-NO
Voltaje de operación [V]	24	6 – 36	20 – 30	12 – 24
Corriente de operación [mA]	10	20	200 mA	15
Rango de detección [mm]	20	1 – 5	15 mm	30
Protección	IP65	IP67	IP66	IP66
Frecuencia de muestreo [Hz]	50	0.5	100 Hz	50
Precio [\$]	-	10	200	90

Para la selección del sensor capacitivo, es importante considerar la frecuencia de muestreo pues para una alta velocidad como es la de la faja de suturas, es necesaria más de una muestra por segundo. En este caso, se selecciona el sensor de Autonics debido a las características ya mencionadas y, además, debido a su costo intermedio.

#### *vi Sensor de visión*

El uso de un sensor de visión, a comparación de una cámara, es lo referido al procesamiento de imágenes, pues un sensor de este tipo está especialmente diseñado para la captura de imágenes en procesos industrial de alta velocidad. Para este diseño, se ha visto en bien seleccionar el sensor del fabricante FESTO debido a su alta disponibilidad y mejores características a comparación con otras marcas. En la Tabla 4.23, se muestran las especificaciones del sensor.

**Tabla 4.23***Especificaciones técnico-económicas del sensor de objetos*

Especificaciones	Requisito (mín.)	Sensor de objetos SBSI-Q
Voltaje de alimentación [V]	24	19.2 – 30
Corriente nominal [mA]	-	200 mA
Resolución [píxeles]	720 x 480	736 x 480
Frecuencia de imágenes [fps]	30	50
Distancia focal [mm]	5	6
Distancia de trabajo [mm]	100	6 - infinita
Comunicación	Ethernet	Ethernet/IP
Precio [\$]	-	1 500

### *vii Motor de inducción de jaula de ardilla*

En el caso del accionamiento de las fajas transportadoras, se utilizarán motores de jaula de ardilla debido a uso ideal para este tipo de aplicaciones. En la Tabla 4.24, se observa una comparación entre las 3 marcas más reconocidas por su rendimiento en el área de motores de jaula de ardilla.

**Tabla 4.24**

*Análisis técnico-económico de motores de inducción de jaula de ardilla*

Sensor capacitivo	Requisito (mín.)	IE2 Trifásico WEG	SIMOGEAR Serie 1LE Siemens	3GBA072320-BSC ABB
Potencia [kW]	0.3	0.37	0.37	0.37
Polos	4	4	4	4
Tensión nominal [V]	380	220 – 380	220 – 380 – 440	230 – 460
Corriente nominal [A]	1.0	1.76	1.09	0.98
Velocidad nominal [rpm]	1390	1370	1380	1731
Eficiencia [%]	70	72.7	73	72
Grado de protección	IP65	IP55	IP55	IP55
Precio [\$]	-	500	800	200

Para la selección del motor de inducción, los cuales accionarán las fajas y cadenas transportadoras, es necesario considerar las características adicionales pues, en teoría, todos cumplen con los requisitos mínimos. En el caso de los motores WEG, sus ventajas son el sistema de lubricación, la disipación de calor y el monitoreo de la vibración. Los motores de ABB se caracterizan por su aplicación ideal para sistemas de automatización, así como sus convertidores, los cuales facilitan la operación y control de los motores.

La serie de Siemens tiene a su estandarización como ventaja, sin embargo, tiene una gran flexibilidad y adaptación para sistemas particulares como son sus cajas reductoras y accesorios, además, sus controladores son altamente compatible con el PLC seleccionado.

En conclusión, si bien cada motor tiene sus ventajas, la compatibilidad y fácil configuración de los motores de Siemens son el punto de inflexión para seleccionar estos motores por sobre lo demás.

### *viii Controlador para motor de inducción*

Similar al caso del servomotor, el fabricante recomienda la selección de controladores para los motores de jaula de ardilla. Para la aplicación en fajas transportadoras y sistemas de movimiento, la línea de convertidores es la SINAMICS G115D. En la Tabla 4.25 se describen las características del dispositivo seleccionado.

**Tabla 4.25**

*Especificaciones técnico-económicas de la caja reductora*

Características	Requisito (mín.)	Convertor SINAMICS G115D GSL3520-3XR10-3AF0 Siemens
Voltaje de operación [V]	380	380 – 480
Frecuencia de operación [Hz]	60	44 – 60
Corriente nominal [A]	-	1.23
Potencia asignada [kW]	0.37	0.37
Rendimiento [%]	90	95
Comunicación	PROFINET	PROFINET Ethernet/IP
Grado de protección	IP65	IP65/66
Precio [\$]	-	800

### *i Motores paso a paso y controlador*

Para accionar la línea de derivación para el control de calidad, se utilizarán motores del tipo paso a paso. Debido a las características de la operación, se seleccionan los motores Nema 14 descritos en la Tabla 4.26. Asimismo, estos motores son los utilizados para accionar el giro de las piezas roscadas en el sistema de alimentación.

En ese sentido, el controlador recomendado es el TB6600HG de la marca Toshiba, el cual puede maniobrar hasta 2 motores paso a paso por lo que se necesitará, al menos, la mitad de estos para operar los motores paso a paso necesarios.

**Tabla 4.26**

*Especificaciones técnico-económicas de motor paso a paso*

Características	Requisito (mín.)	Motor paso a paso Nema 14 Stepperonline
Voltaje [V]	5	5
Corriente [mA]	-	16
Torque [N.cm]	7	7
Precio [\$]	-	15

*i Switch Ethernet industrial*

Debido a la selección de una red PROFINET, la cual se justifica en el diagrama de comunicaciones, para comunicar los dispositivos electrónicos, se utilizará un switch de red industrial para esta aplicación. A continuación, en la Tabla 4.28, se describen las características técnicas de los componentes comparables en el mercado.

**Tabla 4.27**

*Especificaciones técnico-económicas del switch de red*

Switch de red industrial	Requisito (mín.)	ConneXium Schneider	DGS-1016C D-LINK
Velocidad [Mbps]	100	10/100	10/100/1000
Nº de puertos	16	16	16
Protocolos	-	Ethernet TCP/IP SSH HTTP/HTTPS SNMP RS232	IEEE 802.3u 100BASE-TX IEEE 802.3ab 1000BASE-T IEEE 802.3x Flow Control IEEE 802.1p QoS IEEE 802.3az
Voltaje de operación [V]	24	12 – 48	12 – 24
Precio [\$]	-	6 300	200

### 4.3.2 Diagrama de comunicaciones

Como todo sistema mecatrónico, es necesario identificar los protocolos de comunicación mediante los cuales interactúan los dispositivos electromecánicos, electroneumáticos y electrónicos por lo que, en la Figura 4.20, se grafica el diagrama de comunicaciones.

Además, en la Figura 4.19, se puede observar la ubicación de los sensores, preactuadores y actuadores descritos en el diagrama de comunicaciones. Además, cabe precisar que, los controladores, electroválvulas y otros se ubican dentro del tablero de control por lo que no se identifican en la figura.

**Figura 4.19**

*Ubicación de los sensores y actuadores dentro del diseño mecatrónico*

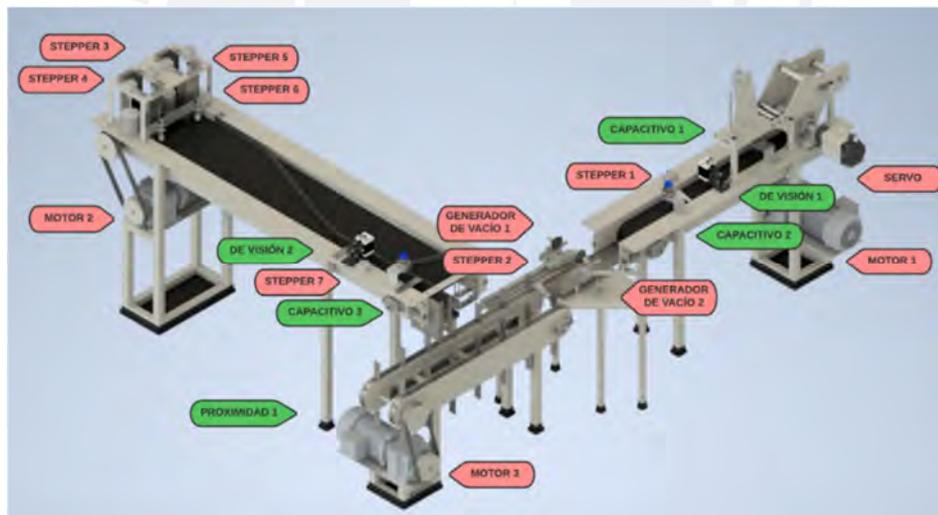
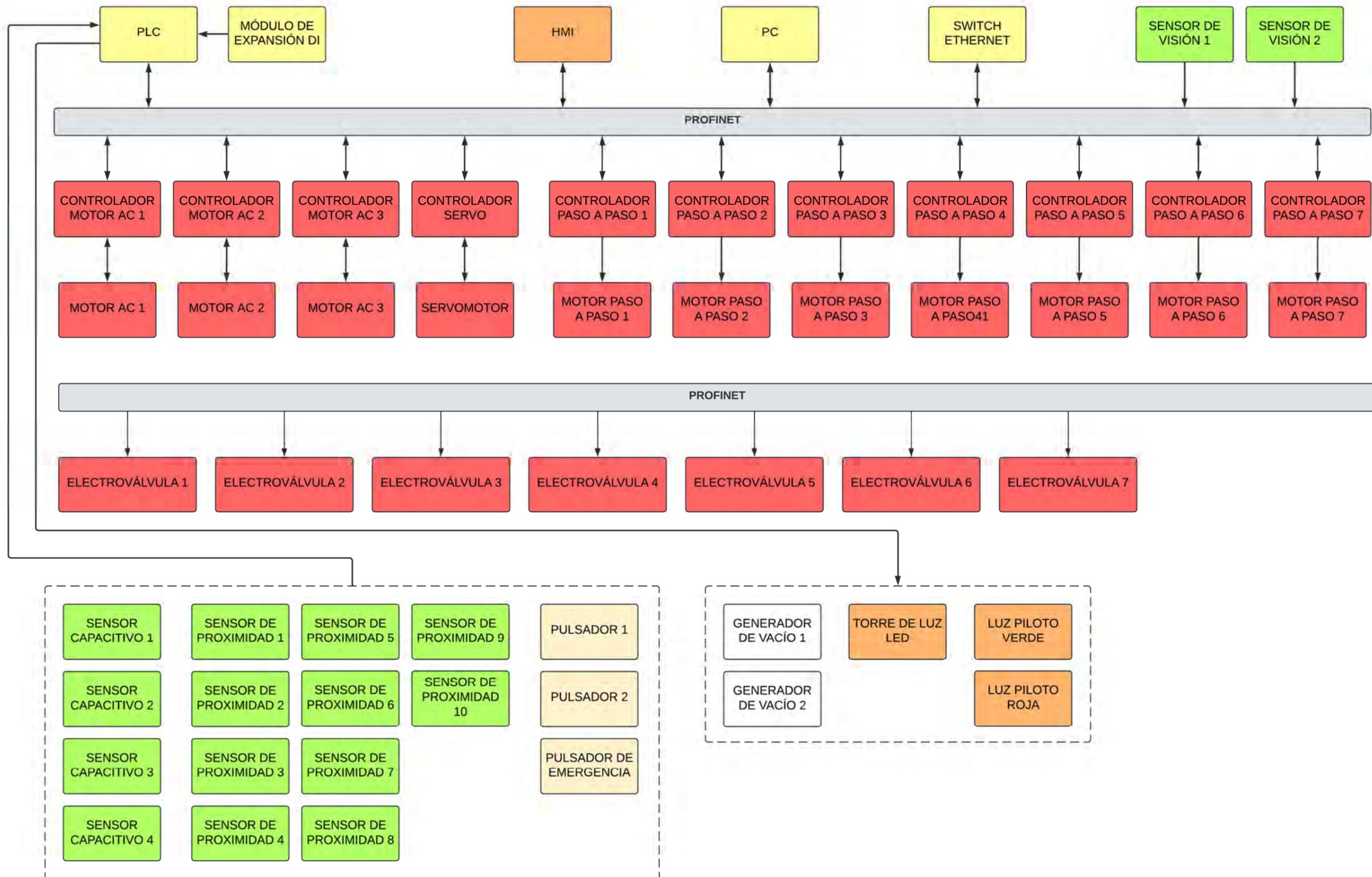


Figura 4.20

Diagrama de comunicaciones



El protocolo seleccionado es PROFINET, el cual es compatible con los dispositivos de Siemens (PLC, HMI y controladores) y también con los controladores para los motores Nema 14 de la marca Toshiba y los sensores de visión de la marca Festo. Este protocolo permitirá, además, el monitoreo y operación desde una PC supervisora (opcional), la cual tendrá funciones adicionales a las del HMI. Además, para un mejor manejo de las entradas y salidas, se utilizarán módulos de E/S digitales para los sensores, preactuadores y actuadores.

#### **4.3.3 Diagrama esquemático**

Como se detalla en el diagrama de conexiones, para la interconexión entre dispositivos se hará uso de una red PROFINET entre el PLC, HMI y controladores de motores. Sin embargo, para los dispositivos de campo como sensores y actuadores, se hará una conexión directa con el PLC para la operación de los mismos.

En el caso de los motores y sus respectivos controladores, la conexión se detallada en las hojas de datos de cada dispositivo por lo que el diagrama solo muestra la conexión entre interfaces de E/S. Además, la simbología será posteriormente reutilizada durante la programación en Ladder para el funcionamiento del sistema por lo que sirve como punto de partida para la lógica del diseño. A continuación, se detallan los diagramas esquemáticos de acuerdo a la distribución de subsistemas descritos previamente.

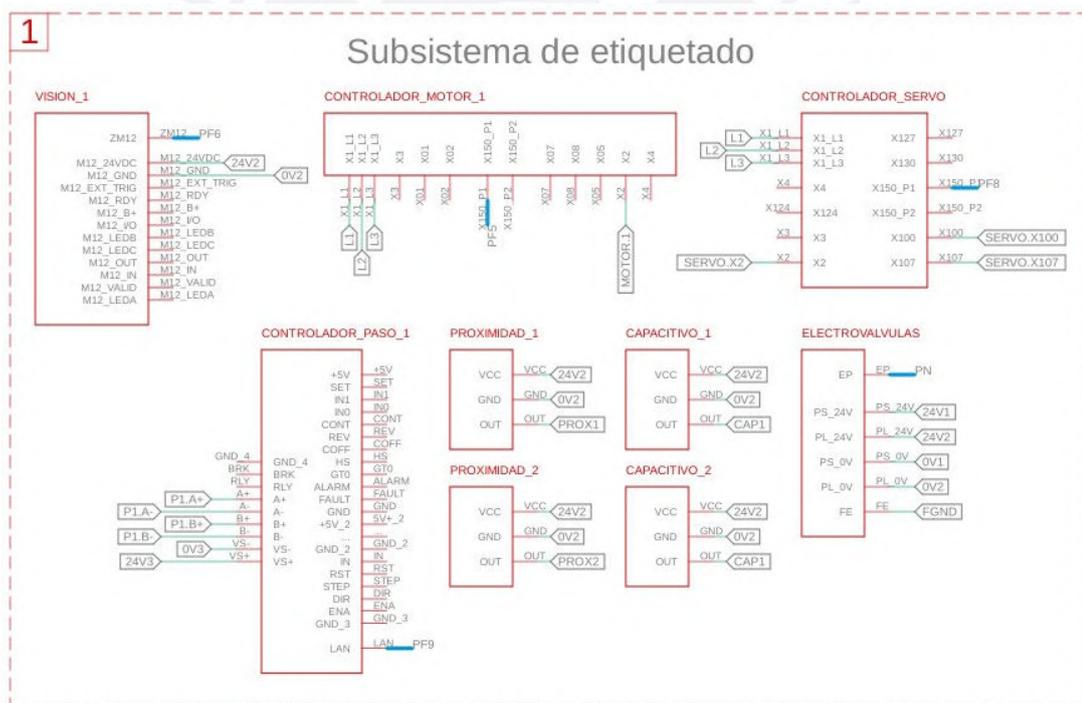
##### ***i Subsistema de etiquetado***

En el subsistema de etiquetado se requiere de dispositivos para controlar tanto motores de inducción como servomotores, además de sensores de proximidad, capacitivos y de visión para la detección de objetos y revisión del control de calidad. Las conexiones de los sensores de visión, a diferencia de las de los de proximidad o capacitivos, se conectan al PLC mediante la red PROFINET a través del switch.

En relación a los actuadores y preactuadores, este subsistema cuenta con controladores para motores de 3 tipos: motores de jaula de ardilla, servomotores y motores paso a paso y, por ende, 3 tipos de controladores. Los controladores para los motores de jaula de ardilla y el servomotor, estos se energizan con corriente trifásica y tienen buses de información diferentes para cada tipo de motor. Los motores de jaula de ardilla se conectan mediante las conexiones a X2 de los controladores. El servomotor, por otra parte, requiere de conexiones en X2, X100 y X107 del controlador para energizarlo y controlarlo.

**Figura 4.21**

*Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado*



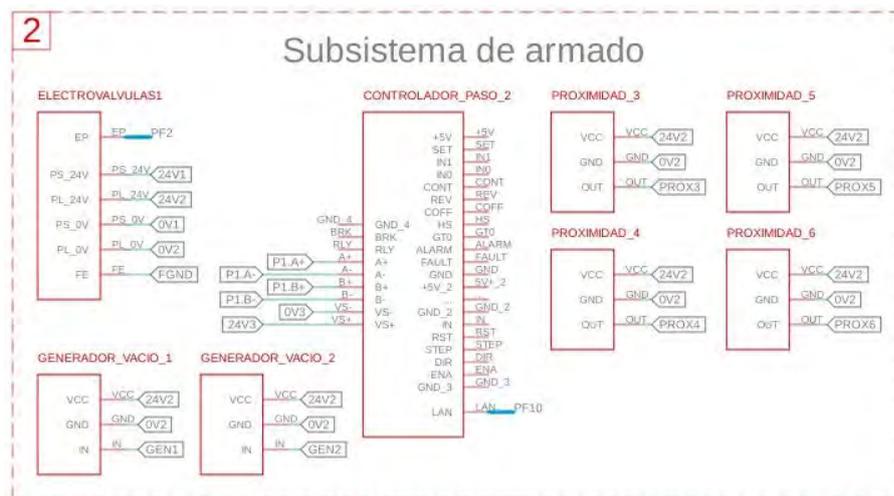
## ii Subsistema de armado

En el subsistema de armado, a diferencia del subsistema anterior, se requiere de tecnología neumática de sujeción de vacío por lo que las electroválvulas y los generadores de vacío. Estos últimos, debido a su naturaleza electroneumática, funcionan

de manera similar a una electroválvula, por lo que requiere de dos conexiones: una a 24 V para la alimentación y una entrada para accionar el funcionamiento de los generadores.

**Figura 4.22**

*Diagrama esquemático del subsistema de armado*



### *iii Subsistema de apilado*

El subsistema de apilado, de forma similar al subsistema de etiquetado, cuenta con sensores para el control de calidad y la detección de objetos, además de controladores para los motores paso a paso ubicados en el sistema de alimentación de suturas. En la Figura 4.23. se detalla cada dispositivo con sus respectivas conexiones.

### *iv Subsistema de rellenado*

Finalmente, en el subsistema de rellenado solo consiste de un sensor capacitivo para la detección de cajas y un controlador para el motor de inducción que genera el movimiento para el sistema de cadenas transportadoras. En la Figura 4.24. se detallan las conexiones de ambos dispositivos.

Figura 4.23

Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado

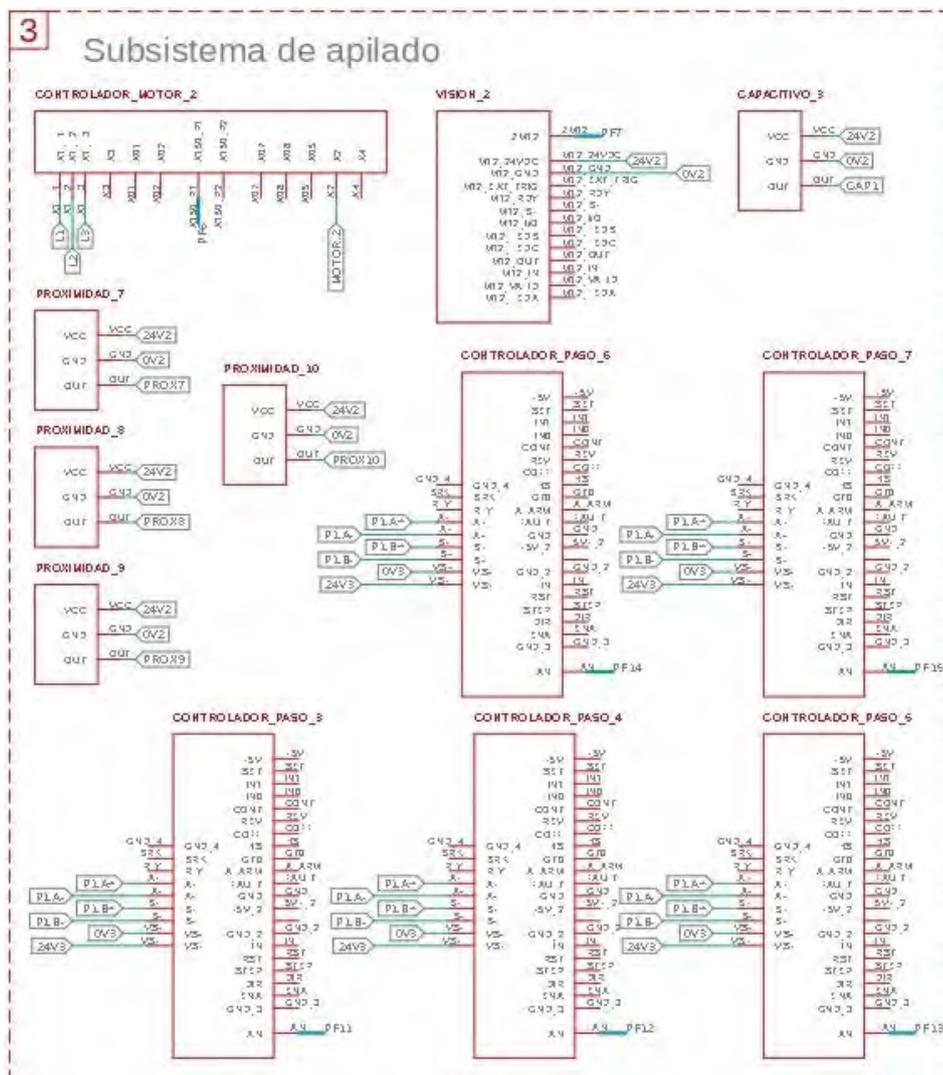


Figura 4.24

Diagrama esquemático del subsistema de etiquetado



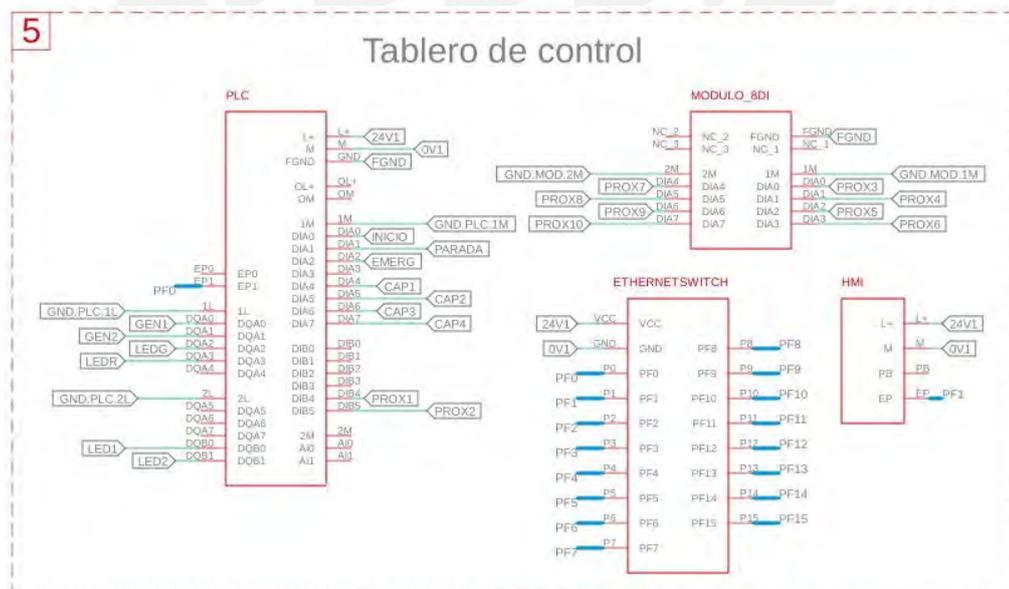
### v *Dispositivos de control*

El controlador lógico programable, el módulo de expansión de entradas digitales y el interfaz HMI son los componentes que centralizan el control del sistema mecatrónico. En los tres casos, se requiere de una conexión de corriente continua a 24 V para energizar los dispositivos, además de una conexión Ethernet con el switch, el cual conecta los demás dispositivos en una red PROFINET.

En el caso del PLC, este controla directamente los pulsadores (Inicio, Parada y Emergencia) del tablero eléctrico, así como las luces piloto (Verde – Inicio y Roja – Parada), la torre de luz LED (Verde y roja), los sensores capacitivos y de proximidad, las electroválvulas y los generadores de vacío. Todos los dispositivos de control descritos, se localizan en el tablero eléctrico, además de la batería de electroválvulas.

**Figura 4.25**

*Diagrama esquemático de los dispositivos de control*



#### 4.3.4 Diagrama unifilar

El diagrama eléctrico es parte esencial de un sistema mecatrónico pues representa las formas de energización de todos los dispositivos eléctricos presentes en la máquina. En la Figura 4.26 se puede observar este diagrama desde la conexión trifásica AC hasta la conexión monofásica AC, la cual será convertida posteriormente a DC mediante las fuentes de alimentación.

Debido a la naturaleza del diseño mecatrónico, es necesario contar con diferentes niveles de seguridad física como contactores, interruptores termomagnéticos o interruptores diferenciales. En este caso, se plantea el uso de estos 3 componentes de distribución eléctrica, sobre todo en la red trifásica, para garantizar el correcto flujo de energía eléctrica. En la Tabla 4.28 se puede observar la simbología utilizada para cada componente eléctrico presente en el diagrama.

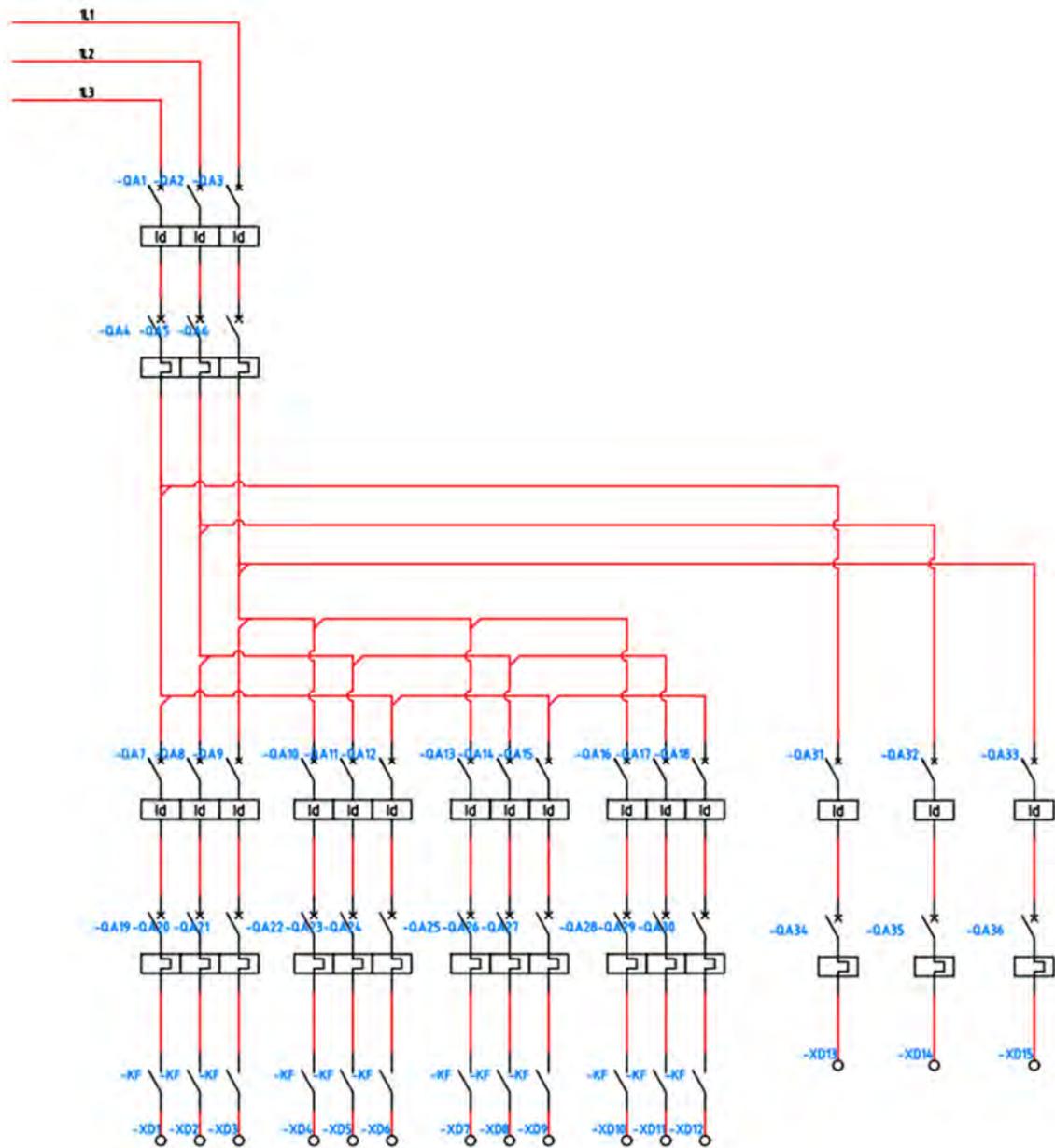
**Tabla 4.28**

*Simbología y componentes eléctricos*

Simbología	Componente eléctrico	Tipo
L1-L3	Tensión	Trifásico
QA1-QA18	Interruptor diferencial	Trifásico
QA31-QA33	Interruptor diferencial	Monofásico
QA4-QA30	Interruptor termomagnético	Trifásico
QA34-QA36	Interruptor termomagnético	Monofásico
KF	Contactador	Trifásico
XD1-XD3	Conexión a controlador motor AC 1	Trifásico
XD4-XD6	Conexión a controlador motor AC 2	Trifásico
XD7-XD9	Conexión a controlador motor AC 3	Trifásico
XD10-XD12	Conexión a controlador servomotor	Trifásico
XD13	Conexión a fuente de alimentación 1	Monofásico
XD14	Conexión a fuente de alimentación 2	Monofásico
XD15	Conexión a fuente de alimentación 3	Monofásico

Figura 4.26

Diagrama eléctrico



### 4.3.5 Lista de componentes

Esta sección se detalla cada uno de los componentes seleccionados para el dominio electrónico del diseño mecatrónico. A continuación, en la Tabla 4.29, se puede observar el listado completo de los componentes y sus características.

**Tabla 4.29***Lista de componentes electrónicos*

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Voltaje
PLC	Siemens	S7-1200 1214C DC/DC/RLY	1	24 V DC
Módulo de expansión DI	Siemens	S7-1200 SM 1221	1	24 V DC
HMI	Siemens	KTP700 Basic	1	24 V DC
Servomotor	Siemens	SIMOTICS 1-1FK2	1	380 V AC
Controlador para servomotor	Siemens	SINAMICS 210	1	220 – 480 V AC
Sensor capacitivo	Autonics	CR Series	4	12 – 24 V DC
Sensor de visión	Festo	SBSI-Q	2	19.2 – 30 V DC
Motor de jaula de ardilla	Siemens	SIMOGEAR Serie 1LE	3	220 – 440 V AC
Controlador para motor de jaula de ardilla	Siemens	SINAMICS G115D	3	380 – 480 V AC
Motor paso a paso	Stepperonline	Nema 14	7	5 V DC
Controlado para motor paso a paso	Toshiba	TB6600HG	7	24 V DC
Switch industrial	D-LINK	DGS-1016C	1	12 – 24 V DC

#### 4.4 Dominio eléctrico

En este apartado se presenta el dominio eléctrico del sistema mecatrónico, el cual se subdivide en memoria de cálculo y selección de componentes eléctricos. Debido a su naturaleza, no se divide por los subsistemas del diseño.

##### 4.4.1 Memoria de cálculo

Si bien el diseño no contempla el uso de baterías o sistemas de almacenamiento de energía, requiere de dispositivos para la conversión y regulación de energía eléctrica de alterna a continua, más específicamente de una línea de tensión trifásica de 380 V AC a 24 V DC pues salvo los sistemas de accionamiento, todos los dispositivos seleccionados funcionan con una corriente continua de 24 V. En la Tabla 4.30, se realiza la sumatoria de las corrientes y potencias consumidas por cada sensor y actuador utilizado en el diseño mecatrónico.

**Tabla 4.30***Cálculo de requerimientos eléctricos DC del sistema mecatrónico*

Dispositivo	Cantidad	Voltaje nominal [V]	Corriente nominal [A]	Potencia consumida [W]
PLC	1		2.00	48.00
HMI	1		0.23	5.52
Switch Ethernet	1		1.00	24.00
Controlador de stepper	7		1.50	36.00
Sensor de objetos	2	24 DC	0.20	4.80
Sensor capacitivo	3		0.02	0.36
Sensor de proximidad (C y T)	8		0.10	2.40
Generador de vacío	2		0.10	1.20
Electroválvula	7		0.10	1.80
Total	-	24 DC	15.88	374.40

Debido al balance de cargas determinado en el apartado previo, será necesario contar con 3 fuentes de alimentación, con una capacidad mínima de las necesidades eléctricas de los 7 motores paso a paso, es decir, con 10.5 A y 252 W. En la Tabla 4.31, se calculan la corriente alterna consumida por los motores de inducción y el servomotor para facilitar la selección de los interruptores de protección en el circuito eléctrico principal.

**Tabla 4.31***Cálculo de requerimientos eléctricos AC del sistema mecatrónico*

Dispositivo	Cantidad	Voltaje nominal [V]	Corriente nominal [A]	Potencia consumida [VA]	Potencia consumida [W]
Controlador de motor de inducción	3	380 AC	1.23	467.40	327.18
Controlador de servomotor	1		1.60	608.00	425.6
Total	-	380 AC	5.29	2010.20	1407.14

#### 4.4.2 Selección de componentes eléctricos

Esta sección se describirán los componentes eléctricos para el diseño del sistema mecatrónico, los cuales básicamente se componente de dispositivos de potencia para la regulación de la energía eléctrica desde la línea de tensión trifásica hasta la energización de los dispositivos electromecánicos.

### *i Fuentes de alimentación*

Como se explica en la memoria de cálculo previa, se requieren tres fuentes de alimentación con una capacidad mínima de 252 W y 10.5 A para la operación en simultáneo de los dispositivos de corriente continua seleccionados.

**Tabla 4.32**

*Especificaciones técnico-económicas de las fuentes de alimentación*

Características	Requisito (mín.)	Fuente de alimentación regulada Modicon Premium Schneider
Voltaje nominal [V]	380	380 – 500
Potencia nominal [W]	252	480
Corriente de entrada [A]	-	20
Voltaje de salida [V]	24	24 – 28.8
Corriente de salida	-	20
Precio [\$]	-	240

### *ii Dispositivos de protección termoeléctrica para conexión principal*

Debido a la naturaleza del sistema, es necesario contar con dispositivos encargados de la protección del diseño ante eventuales incidentes eléctricos como sobrecargas de tensión, diferencia de fases o caída de las mismas. En ese sentido, se consideran hasta 2 tipos de protección: interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales.

**Tabla 4.33**

*Especificaciones técnico-económicas del interruptor termomagnético*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 IK60N 25 A Schneider
Polos (protegidos)	4	4 (4)
Corriente nominal [A]	25	25 @30 °C
Tensión de aislamiento [V]	380	440 @50/60 Hz
Poder de corte [A]	-	6 000 @400 V 50/60 Hz
Grado de protección	-	IP20
Precio [\$]	-	35

**Tabla 4.34***Especificaciones técnico-económicas del interruptor diferencial*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 Tipo AC 25 A Schneider
Polos	4	4
Corriente nominal [A]	25	25
Sensibilidad ante fugas a tierra [mA]	-	30
Tensión de empleo [V]	380	380 – 415 @50/60 Hz
Poder de corte [A]	-	1 500
Grado de protección	-	IP20
Precio [\$]	-	80

*iii Dispositivos de protección termoelectrónica para conexiones secundarias*

Para los siguientes niveles, es decir, las conexiones secundarias como los motorreductores y servomotor de AC se utilizarán hasta 3 tipos de protección: interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y contactores. En el caso de los interruptores diferenciales, se seleccionan interruptores similares a los previos.

**Tabla 4.35***Especificaciones técnico-económicas del interruptor termomagnético*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 IK60N 10A Schneider
Polos (protegidos)	4	4 (4)
Corriente nominal [A]	10	10 @30 °C
Tensión de aislamiento [V]	380	440 @50/60 Hz
Poder de corte [A]	-	6 000 @400 V 50/60 Hz
Grado de protección	-	IP20
Precio [\$]	-	120

**Tabla 4.36***Especificaciones técnico-económicas del contactor*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 iCT 25 A Schneider
Polos	4	4
Corriente de empleo [A]	25	25
Composición de polos	-	4 NA
Tensión de control [V]	380	220 – 240
Tensión de empleo [V]	380	400
Grado de protección	-	IP20
Precio [\$]	-	55

Para la energización de los dispositivos de control como el PLC o los sensores y actuadores, a diferencia de los casos previos, estos funcionan con corriente continua de 24 V por lo que será necesario transformar la energía de alterna a continua. Para ello se utilizará la fuente rectificadora, sin embargo, será necesario una transformación previa de trifásica a monofásica por lo que se hará uso de interruptores diferenciales e interruptores termomagnéticos monofásicos.

**Tabla 4.37**

*Especificaciones técnico-económicas de los interruptores termomagnéticos*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 IK60N 6 A Schneider	Acti 9 IK60N 13 A Schneider
Polos (protegidos)	2	2 (2)	2 (2)
Corriente nominal [A]	6 – 13	6 @30 °C	13 @30 °C
Tensión de aislamiento [V]	380	440 @50/60 Hz	440 @50/60 Hz
Poder de corte [A]	-	6 000 @230 V AC 50/60 Hz	6 000 @230 V AC 50/60 Hz
Grado de protección	-	IP20	IP20
Precio [\$]	-	70	90

**Tabla 4.38**

*Especificaciones técnico-económicas del interruptor diferencial*

Características	Requisito (mín.)	Acti 9 Tipo AC 16 A Schneider
Polos	2	2
Corriente nominal [mA]	-	16
Sensibilidad ante fugas a tierra [mA]	-	10
Tensión de empleo [V]	380	220 – 240 @50/60 Hz
Poder de corte [A]	-	1 500
Grado de protección	-	IP20
Precio [\$]	-	80

#### *iv Pulsadores y torre de luz LED*

Para el tablero eléctrico, además del HMI y demás dispositivos para la distribución eléctrica, es necesario contar con periféricos como pulsadores y torres de luz LED, muy utilizadas en el diseño de maquinaria industrial. En la Tabla 4.39 y 4.40 se detallan las características de los dispositivos seleccionados.

**Tabla 4.39***Especificaciones técnico-económicas de pulsadores*

Características	Requisito (mín.)	Harmony XB5 Schneider	Harmony XB5 Schneider
Tipo	Botón – Pulsador	Botón pulsador iluminado	Pulsador de parada de emergencia
Diámetro [mm]	-	22	22
Voltaje de alimentación [V]	24	24	24
Tipo de operario		Retorno de resorte	Acción de activación y enganche mecánico
Material	Plástico	Plástico	Plástico
Tipo de cabezal	Estándar	Estándar	Estándar
Perfil de operador	-	Verde empotrado, sin marca	Redondo, sin marca
Grado de protección	IP66	IP66	IP66
Precio [\$]	-	15	25

**Tabla 4.40***Especificaciones técnico-económicas la torre de luz LED*

Características	Requisito (mín.)	Harmony XVM Schneider
Tipo	-	2 unidades iluminadas
Colores	2	Rojo/Verde
Voltaje de alimentación [V]	24	24
Tipo de base de banco	-	Base con zumbador integrado
Tipo de montaje	Vertical	Vertical
Diámetro [mm]	-	45
Grado de protección	IP42	IP42
Precio [\$]	-	240

## 4.5 Dominio de software

En este apartado se presenta el dominio eléctrico del sistema mecatrónico dividido, debido a la naturaleza de la metodología planteada, en GRAFCET, desarrollo de programación Ladder y desarrollo de interfaz gráfica.

### 4.5.1 GRAFCET

El modelo de representación gráfica para plantear el funcionamiento del sistema mecatrónico integrado es el método *Grappe Fonctionnel de Commande Etape Transition* también conocido por sus siglas como GRAFCET, el cual tiene una mayor sinergia para

representar algoritmos de automatización como es el caso de este diseño. A continuación, en la Figura 4.41 se observa el diagrama GRAFCET para el funcionamiento de cada subsistema dentro de la máquina. Además, en la Tabla 4.41 se detalla la simbología de cada componente señalado en el diagrama, así como su ubicación espacial de acuerdo al subsistema correspondiente.

En relación a la tabla previa, cabe resaltar el significado de las letras X e Y; mientras que la primera representa el número de componente (1, 2, 3, ...), la segunda representa al subsistema al cual pertenece, pudiendo ser 1, 2, 3 o 4 si se ubican en los subsistemas de Etiquetado, Armado, Apilado o Rellenado respectivamente.

**Tabla 4.41**

*Componentes del diagrama GRAFCET*

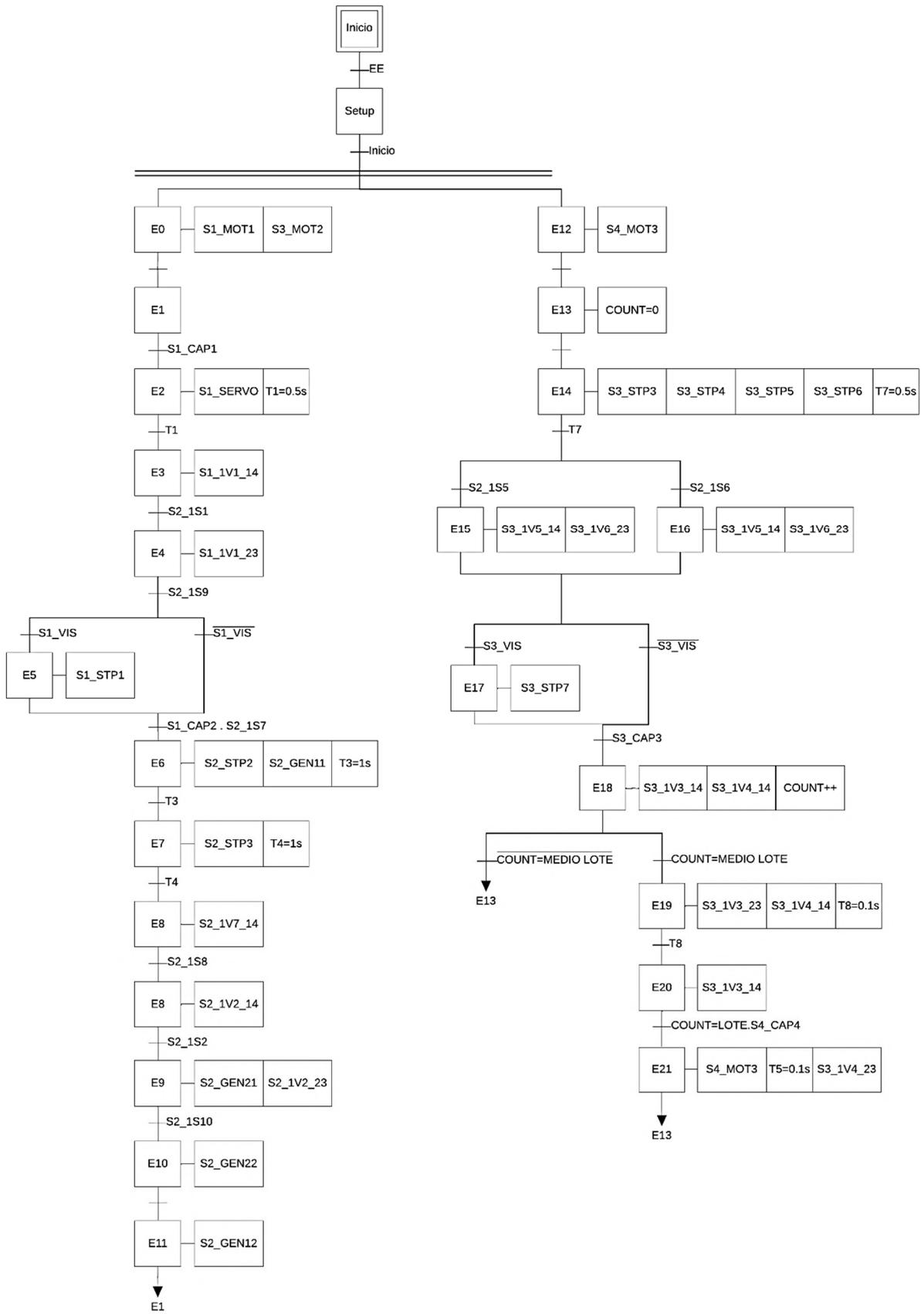
Simbología	Componente
SY_PULS_X	Pulsador X
SY_TORRELED	Torre LED
SY_MOT_X	Motor AC X
SY_SERVO	Servomotor
SY_CAPX	Sensor capacitivo X
SY_1VX	Electroválvula X
SY_STPX	Motor paso a paso X
SY_VISX	Sensor de visión X
SY_1SX	Sensor de proximidad X
SY_GENX	Generador de vacío X

En el caso de las electroválvulas y generadores de vacío, estos presentan una numerología adicional al final pues representan la posición del paso del aire dentro de su circuito interno. Las electroválvulas 5/2 puede estar en posición 14 o 23, mientras que los generadores, con válvulas 2/2, pueden estar en 1 o 2.

Adicionalmente, en el diagrama GRAFCET también se utiliza la simbología LOTE y MEDIO\_LOTE para representar el tamaño del lote a empaquetar, así como SETUP para representar la configuración inicial del sistema para la selección del lote.

**Figura 4.27**

*Diagrama GRAFCET*



## 4.5.2 Desarrollo de programación Ladder

El lenguaje de programación gráfico seleccionado para el diseño del algoritmo es el lenguaje Ladder debido a su alta compatibilidad con sistemas de automatización con el uso de PLC's. En la sección de Anexos, entre el 9 y 19 se muestran los segmentos de programación y, en la Tabla 4.42, las variables utilizadas para en este código.

La lógica de programación, de acuerdo a la definición en los requisitos de proyecto, es secuencial para permitir autonomía entre cada uno de los subsistemas. Por ello, se muestra dividido de acuerdo a cada proceso además de las lógicas para el inicio y configuración para el inicio del funcionamiento del sistema mecatrónico.

**Tabla 4.42**

*Lista de variables PLC*

Variable	Tipo	Dirección	Variable	Tipo	Dirección
Inicio	Bool	%I0.0	S2_Enclavamiento4	Bool	%M40.3
Parada	Bool	%I0.1	S3_TiempoOn	Bool	%M50.0
Emergencia	Bool	%I0.2	S3_TiempoOff	Bool	%M50.1
S1_Capacitivo1	Bool	%I0.4	S3_Alimentacion	Bool	%M50.2
S1_Capacitivo2	Bool	%I0.5	S3_ReinicioCuenta	Bool	%M50.3
S3_Capacitivo3	Bool	%I0.6	S3_Alternador	Bool	%M50.4
S4_Capacitivo4	Bool	%I0.7	S2_ParadaGenerador1	Bool	%M60.0
S1_Proximidad1	Bool	%I1.4	S2_ParadaGenerador2	Bool	%M60.1
S2_Proximidad2	Bool	%I1.5	S1_Vision1	Bool	%M80.0
S2_Proximidad3	Bool	%I8.0	S3_Vision2	Bool	%M80.1
S3_Proximidad4	Bool	%I8.1	S1_Stepper1_P1	Bool	%M90.0
S3_Proximidad5	Bool	%I8.2	S1_Stepper1_P2	Bool	%M90.1
S3_Proximidad6	Bool	%I8.3	S1_Stepper1_Puls	Bool	%M90.2
S2_Proximidad7	Bool	%I8.4	S1_Stepper1_Dir	Bool	%M90.3
S2_Proximidad8	Bool	%I8.5	S2_Stepper2_P1	Bool	%M90.4
S1_Proximidad9	Bool	%I8.6	S2_Stepper2_P2	Bool	%M90.5
S2_Proximidad10	Bool	%I8.7	S2_Stepper2_Puls	Bool	%M90.6
HMI_Inicio	Bool	%M10.0	S2_Stepper2_Dir	Bool	%M90.7
HMI_Parada	Bool	%M10.1	S3_Stepper3_P	Bool	%M91.0
HMI_Emergencia	Bool	%M10.2	S3_Stepper3_Puls	Bool	%M91.2
HMI_Parado_Etiquetado	Bool	%M10.3	S3_Stepper3_Dir	Bool	%M91.3
HMI_Parado_Armado	Bool	%M10.4	S3_Stepper4_Puls	Bool	%M91.6
HMI_Parado_Apilado	Bool	%M10.5	S3_Stepper4_Dir	Bool	%M91.7
HMI_Parado_Rellenado	Bool	%M10.6	S3_Stepper5_Puls	Bool	%M92.2

Variable	Tipo	Dirección	Variable	Tipo	Dirección
S1_ParadaMotor1	Bool	%M10.7	S3_Stepper5_Dir	Bool	%M92.3
S3_ParadaMotor2	Bool	%M11.0	S3_Stepper6_Puls	Bool	%M92.6
S4_ParadaMotor3	Bool	%M11.1	S3_Stepper6_Dir	Bool	%M92.7
S1_Motor1	Bool	%M11.2	S3_Stepper7_P1	Bool	%M93.0
S3_Motor2	Bool	%M11.3	S3_Stepper7_P2	Bool	%M93.1
S4_Motor3	Bool	%M11.4	S3_Stepper7_Puls	Bool	%M93.2
S1_Servo	Bool	%M11.5	S3_Stepper7_Dir	Bool	%M93.3
LoteListo	Bool	%M1124.0	S1_Stepper1_Tiempo	Bool	%M93.4
ReiniciarCuentas	Bool	%M1124.1	S2_Stepper2_Tiempo	Bool	%M93.5
ReiniciarLote	Bool	%M1124.2	S3_Stepper3_Tiempo	Bool	%M93.6
MetaLista	Bool	%M1124.3	S3_Stepper7_Tiempo	Bool	%M94.2
ReiniciarMeta	Bool	%M114.0	PorcentajeAlcanzado	Real	%MD110
S0_Integrado	Bool	%M20.0	PorcentajeDefectuoso	Real	%MD118
S1_Etiquetado	Bool	%M20.1	Lote	Int	%MW100
S2_Armado	Bool	%M20.2	MedioLote	Int	%MW101
S3_Apilado	Bool	%M20.3	SuturasProcesadas	Int	%MW104
S4_Rellenado	Bool	%M20.4	SuturasDefectuosas	Int	%MW106
S1_Electrovalvula1	Bool	%M30.0	PaquetesProcesados	Int	%MW108
S2_Electrovalvula2	Bool	%M30.1	SuturasNoDefectuosas	Int	%MW116
S3_Electrovalvula3	Bool	%M30.2	TamanhoLote	Int	%MW122
S3_Electrovalvula4	Bool	%M30.3	Meta	Int	%MW130
S3_Electrovalvula5	Bool	%M30.4	S2_Generador1	Bool	%Q0.0
S3_Electrovalvula6	Bool	%M30.5	S2_Generador2	Bool	%Q0.1
S2_Electrovalvula7	Bool	%M30.6	TorreLED_verde	Bool	%Q0.2
S2_Enclavamiento1	Bool	%M40.0	TorreLED_rojo	Bool	%Q0.3
S2_Enclavamiento2	Bool	%M40.1	LED_verde	Bool	%Q1.0
S2_Enclavamiento3	Bool	%M40.2	LED_rojo	Bool	%Q1.1

#### 4.5.3 Desarrollo de interfaz gráfica

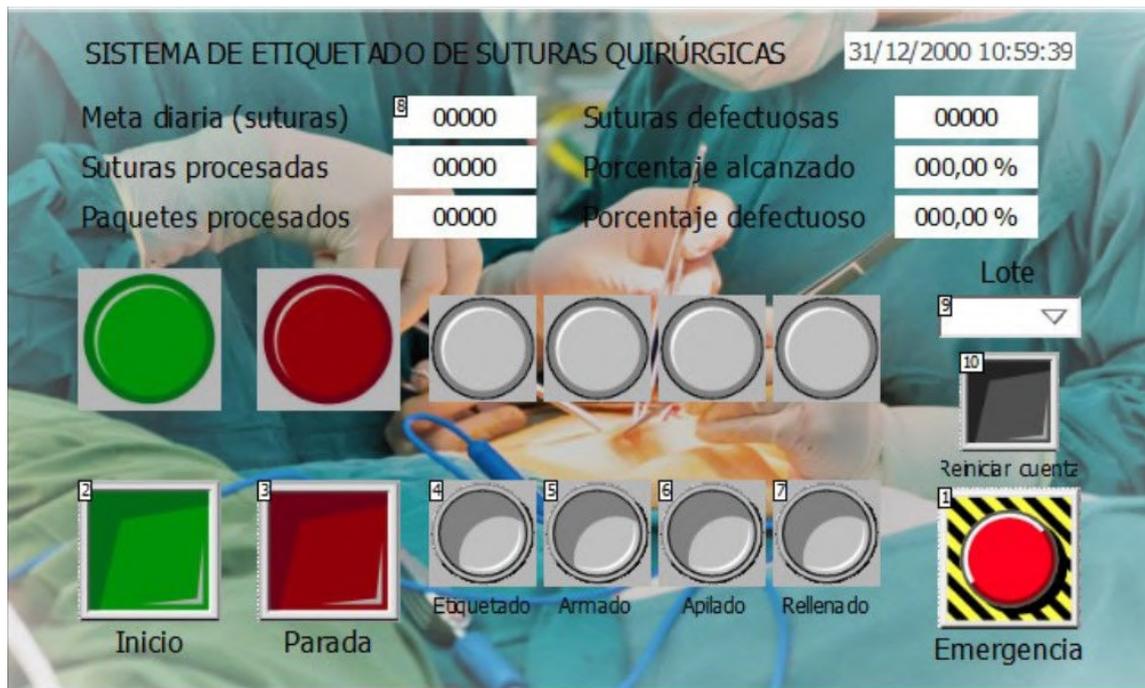
En relación al desarrollo de la interfaz gráfica, se plantea una sola imagen raíz para el HMI seleccionado. En la Figura 4.54 se grafica la imagen junto con los botones para Inicio, Parada y Emergencia, así como entradas/salidas para representar datos relevantes para la producción como la meta diaria o el porcentaje alcanzado al momento de la revisión.

El diseño de una sola ventana para la operación y visualización de información del sistema corresponde a la necesidad de una interfaz simple e intuitiva para el operario en planta. Además, la configuración de botones virtuales como los de Inicio, Parada y

Emergencia tienen pares físicos que funcionan de forma simultánea para garantizar el correcto funcionamiento en caso de situaciones críticas.

**Figura 4.28**

*Interfaz gráfica HMI*



## CAPÍTULO 5

### INTEGRACIÓN

Finalmente, en el Capítulo 5 se presenta el diseño integrado del sistema mecatrónico, es decir, la sinergia entre los dominios previamente descritos. Esta sección se divide en componentes mecánicos, lista de verificación de compatibilidad espacial, arquitectura general del sistema por dominios, compatibilidad de puertos/flujo por dominios y simulación y resultados.

#### 5.1 Componentes mecánicos

En este apartado se detalla el ensamble final de cada subsistema, así como sus componentes principales. Las dimensiones, materiales y demás especificaciones técnicas se encuentran en los planos de despiece y ensamble en los anexos del presente documento.

##### 5.1.1 Subsistema de etiquetado

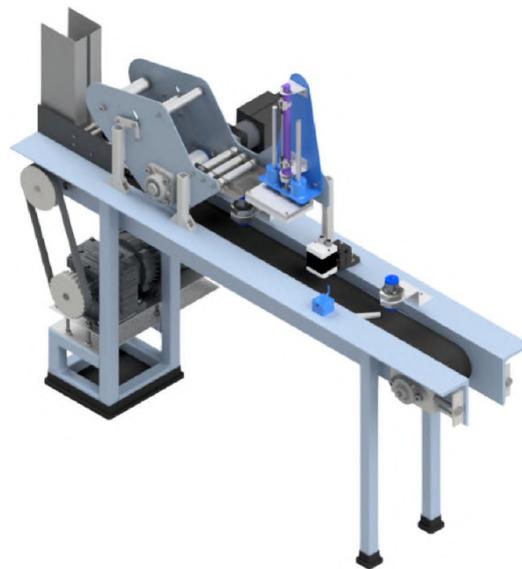
El primer subsistema tiene como componentes principales a la etiquetadora superior superior, la faja transportadora y el sistema de alimentación. Estos componentes se disponen unidos sobre la faja transportadora mediante uniones atornilladas apoyadas en perfiles cuadrados y soportes laterales. Además, presenta una línea de derivación de productos defectuosos al final de la faja, que actúa en sinergia con el sistema de sensado para el control de calidad (sensor de objetos y sensor capacitivo).

En el caso de la etiquetadora superior superior, esta tiene un sistema de rodillos accionados mediante un servomotor ubicado en la zona posterior del diseño. Estos rodillos tiemplan el rollo de etiquetas y mediante el pistón neumático se adhieren a la superficie de las cajas. Además, el sistema de alimentación se compone de soportes

laterales y guías para el flujo de cajas, además de ruedas de presión para facilitar el movimiento a lo largo de la faja transportadora y garantizar el traslado de las cajas.

### **Figura 5.1**

*Modelado 3D: Subsistema de etiquetado*



#### **5.1.2 Subsistema de armado**

El segundo subsistema corresponde al armado, como se observa en la Figura 4.57, el cual se compone de una bandeja de recepción para cajas, una estructura de soporte y dos plataformas móviles para el armado de cajas mediante la tecnología de sujeción de vacío con ventosas neumáticas.

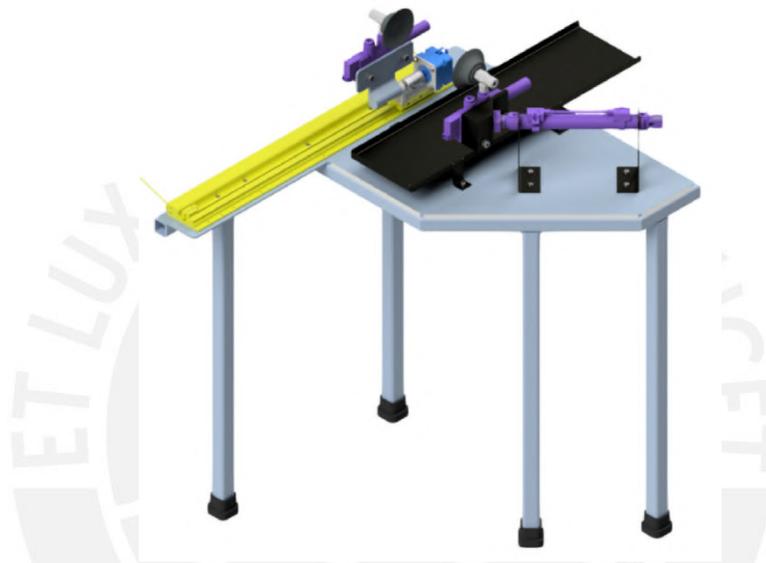
#### **5.1.3 Subsistema de apilado**

El tercer subsistema es el de apilado de suturas, el cual se compone de una faja transportadora, un sistema de alimentación y un mecanismo de separación de lotes de suturas para su posterior relleno en cajas. Al igual que en el primer subsistema, cuenta con una línea de derivación y un sistema de sensado para el control de calidad. Asimismo, mediante cilindros neumáticos, se garantiza la separación por lotes de diferentes tamaños.

El sistema de alimentación, por otro lado, consiste en piezas roscadas que permiten el dispensado una por una de las suturas quirúrgicas, y el sistema de separación de lotes, el cual se compone de cilindros neumáticos que mueven placas para limitar la cantidad de suturas apiladas y enviarlas a las cajas.

### Figura 5.2

*Modelado 3D: Subsistema de armado*



### Figura 5.3

*Modelado 3D: Subsistema de apilado*

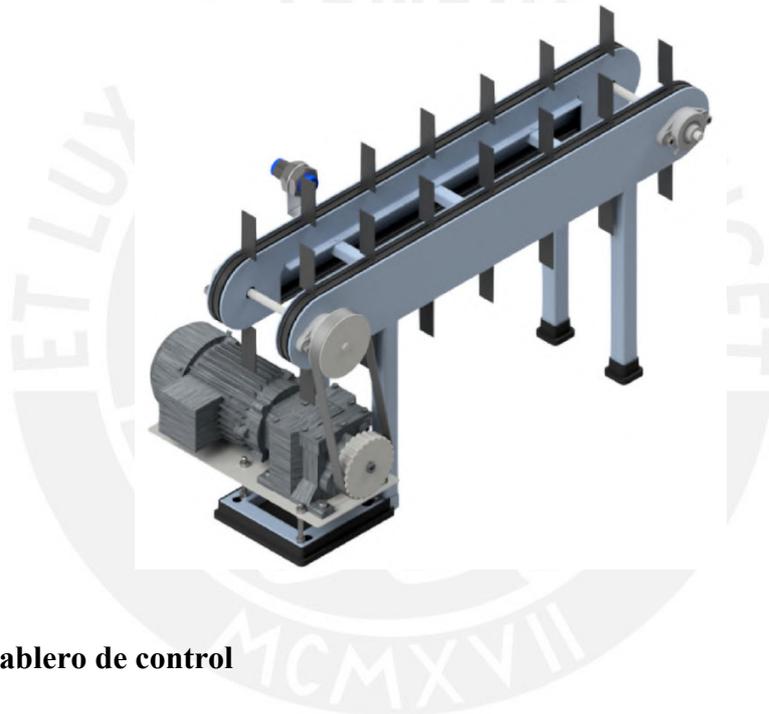


#### 5.1.4 Subsistema de rellenado

El cuarto y último subsistema es el de rellenado, el cual consiste en un mecanismo de cadenas transportadoras para movilizar las cajas armadas hasta ubicarlas exactamente debajo de las suturas apiladas y, por acción de la gravedad, depositarse en columnas dentro de las cajas.

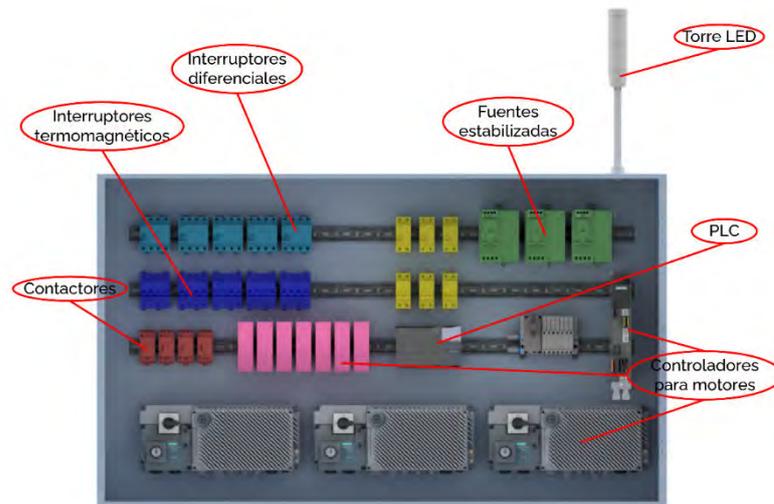
#### Figura 5.4

*Modelado 3D: Subsistema de rellenado*



#### 5.1.5 Tablero de control

Para el control de este diseño, se propone un tablero de control eléctrico para organizar los componentes de control electrónico y los de distribución eléctrica, además de los dispositivos de seguridad y periféricos para la comunicación con el usuario. En la Figura 4.63 se puede observar la distribución de los equipos al interior del tablero mientras que en la Figura 4.64, la ubicación de los periféricos externos al tablero como el HMI y pulsadores.

**Figura 5.5***Modelado 3D: Tablero de control - Interior*

## 5.2 Lista de verificación de compatibilidad espacial

De acuerdo al modelado 3D presentado en la sección previa, en la Tabla 5.1, se detalla la comprobación de la compatibilidad entre los requerimientos de proyecto obtenidos en el desarrollo del diseño conceptual presentado en el capítulo anterior.

**Tabla 5.1***Lista de verificación de compatibilidad espacial*

Requerimiento de proyecto	Sí	No
Máxima velocidad de producción	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de control de calidad integrado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesos integrados secuencialmente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Formato variable de productos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño seguro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Condiciones de trabajo definidas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alta calidad de producción	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mínimo mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diseño compacto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Línea de derivación de productos defectuosos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interfaz de operación simple	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bajo costo de fabricación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Selección de piezas comerciales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Material antibacteriano para superficies de contacto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de transporte de productos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

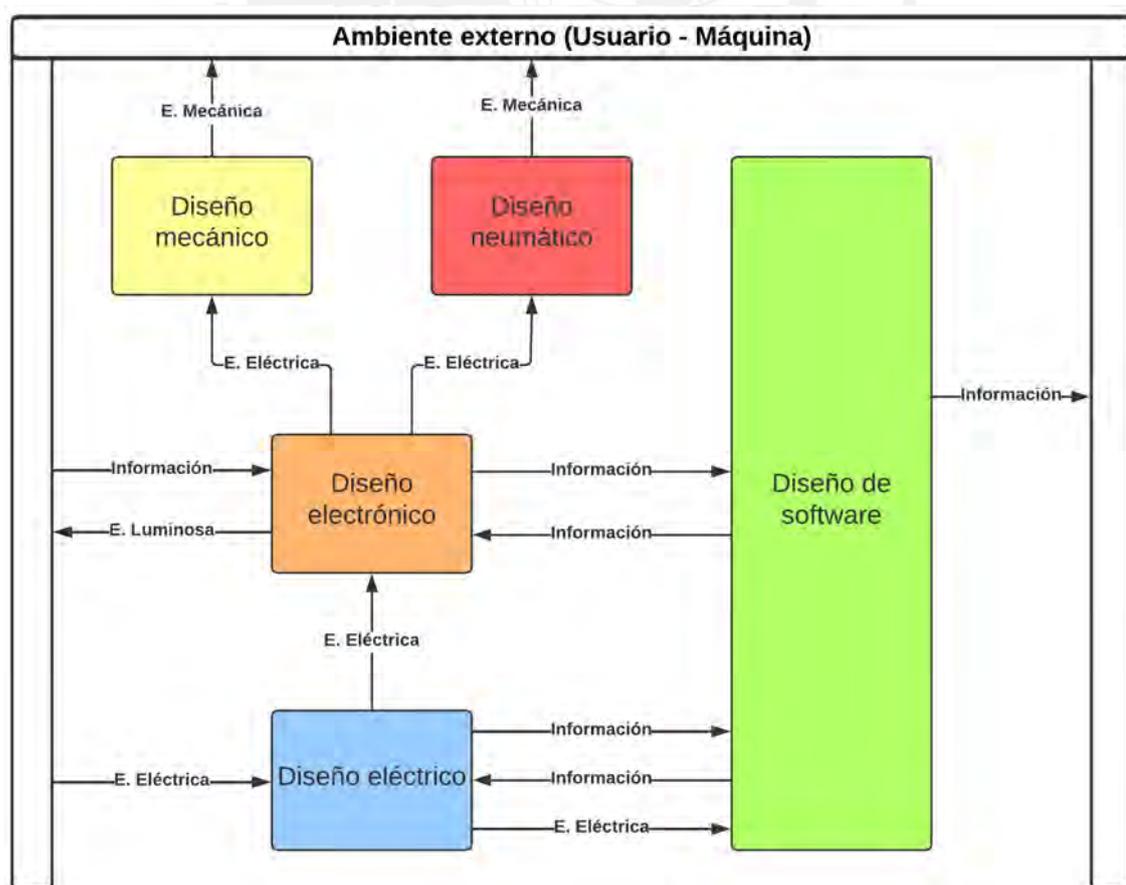
Requerimiento de proyecto	Sí	No
Bajo ruido	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Baja vibración	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Manual de usuario	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Programación secuencial	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altura de trabajo adecuada	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 5.3 Arquitectura general del sistema por dominios

Una vez definidas las características de las conexiones entre componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, se realiza un diagrama de bloques para representar a la arquitectura general del sistema y las conexiones entre cada dominio del diseño. En este caso, se consideran como entradas la información entregada al sistema mediante las interfaces HMI o pulsadores del tablero eléctrico, los datos sensados y la energía eléctrica suministrada.

**Figura 5.6**

*Arquitectura general del sistema por dominios*



Por otro lado, como salidas se considera la energía mecánica ya sea de naturaleza mecánica o neumática, la energía luminosa de la interfaz HMI y la información brindada al usuario. En la Figura 5.6 se representa gráfica los detalles de la arquitectura explicada previamente, así como la dirección y formas de energía transformada en este sistema.

#### **5.4 Compatibilidad de puertos/flujos por dominios**

En la arquitectura previa, se especificaron las conexiones entre cada dominio por lo que es necesario detallar las características eléctricas, electrónicas y físicas de cada conexión de acuerdo a los componentes que interrelacionan.

##### **5.4.1 Dominio de software y dominio electrónico**

En relación a los dominios de software y electrónico, la información compartida entre ambos dominios está relacionada al control del sistema mediante los sensores (proximidad, presencia y detección de imágenes) además del accionamiento de actuadores o preactuadores (controladores, electroválvulas y generadores de vacío). En la Figura 5.7 se muestra la información compartida y su dirección, y en el Anexo 20, el detalle de cada tipo de dato, así como los medios físicos de conexión entre dispositivos.

Debido a las características de la información compartida entre los dominios, los dispositivos descritos son los equipos de control como el PLC, HMI o el módulo de expansión, así como controladores y sensores. Cabe destacar el uso, en su mayoría, de cableado con extremos tipo pin para facilitar la conexión, así como del calibre AWG 14.

**Figura 5.7**

*Arquitectura general del sistema por dominios de software y electrónico*



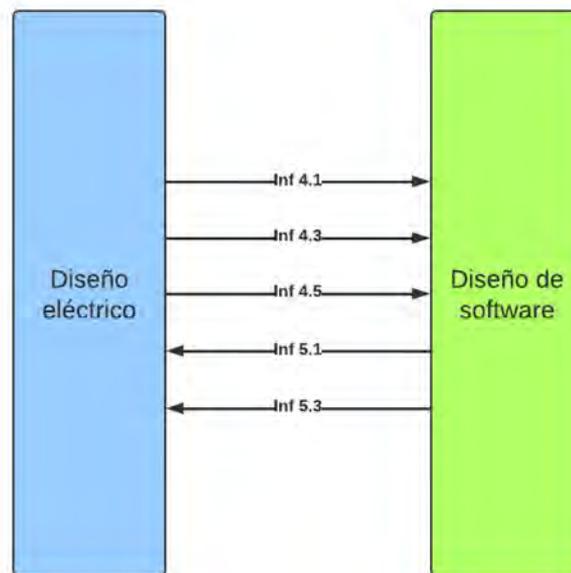
#### 5.4.2 Dominio eléctrico y dominio de software

En relación a los dominios de software y eléctrico, la información compartida entre ambos dominios está relacionada al control del flujo eléctrico y energización de cada subsistema y dispositivo.

En la Figura 5.8 se observa la cantidad de información compartida y en el Anexo 21, los detalles de cada tipo de conexión. De forma similar al apartado anterior, predomina el uso de cableado AWG 14 con extremos tipo pin. Además, los equipos descritos se refieren a los relacionados a la distribución eléctrica como contactores, interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y fuentes de alimentación, así como de periféricos como pulsadores o torres de luz LED.

**Figura 5.8**

*Arquitectura general del sistema por dominios de software y eléctrico*



## 5.5 Simulación y resultados

En relación a la simulación de este diseño, se ha hecho uso de la plataforma de Siemens para simulación: TIA Portal, mediante su extensión PLC SIM y WinCC Runtime Start. La primera extensión sirve para simular un PLC virtual mientras que la segunda para simular la operación de un HMI virtual.

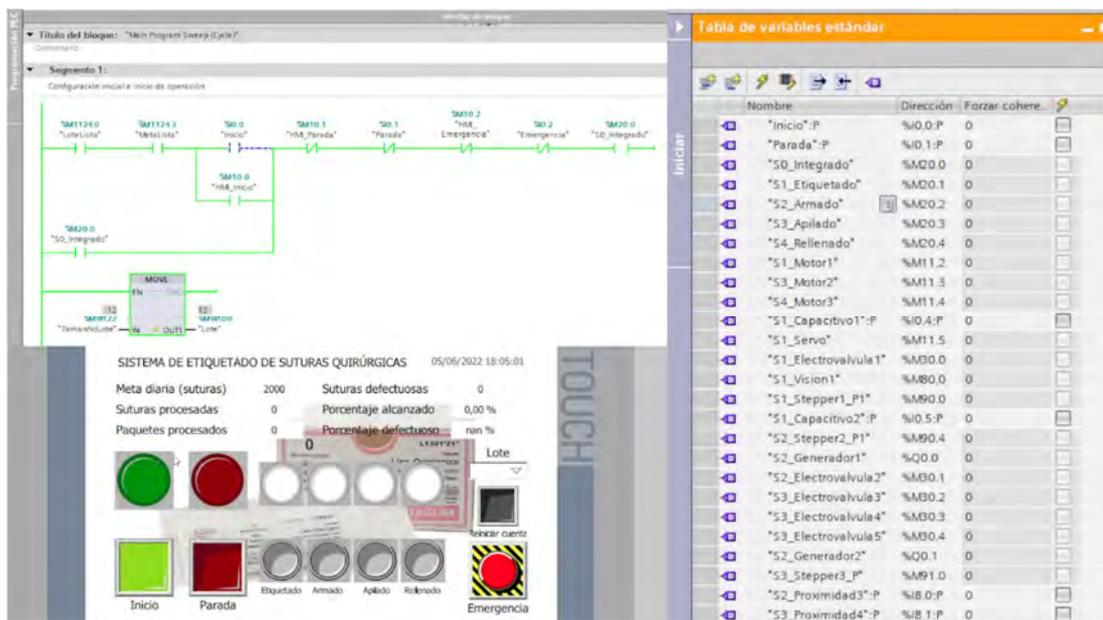
### 5.5.1 Simulación en TIA Portal

Mediante la plataforma de Siemens se realiza tanto la configuración como la programación en Ladder de los dispositivos de control como en PLC, módulo de expansión de entradas digitales y HMI además de los controladores para el servomotor y motores de inducción.

A continuación, se detalla la simulación de la programación Ladder para el funcionamiento de cada subsistema durante los diferentes estados de operación: En funcionamiento, parada y emergencia.

Figura 5.9

*Simulación de código Ladder – Configuración inicial*



*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

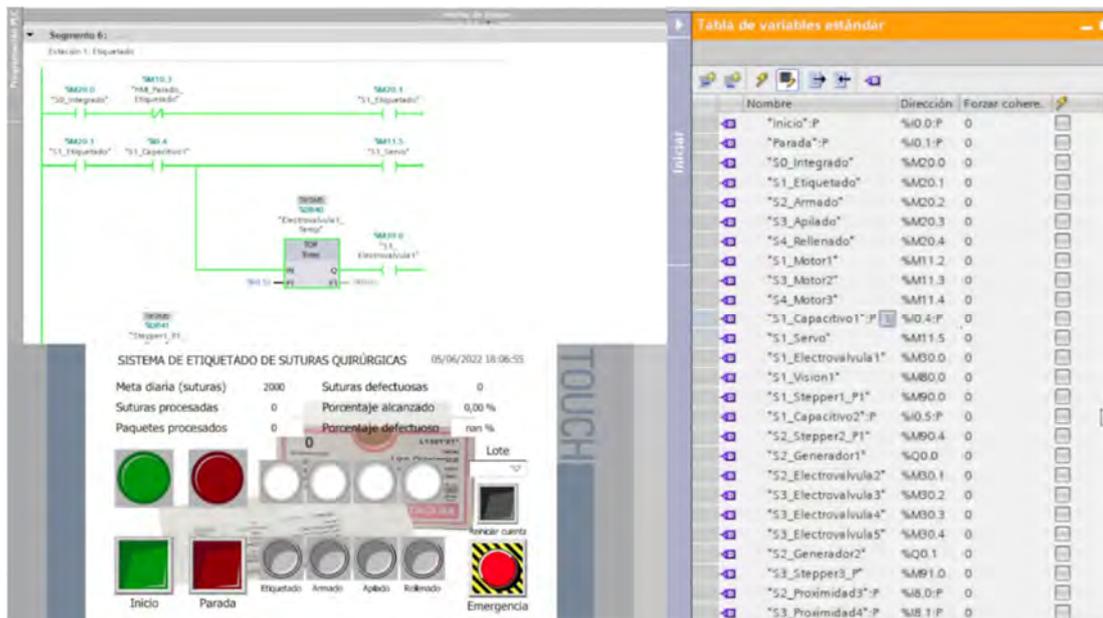
Previo al inicio de la operación, es necesario configurar datos como la meta diaria de suturas a procesar y el tamaño del lote y, además, el pulsador de emergencia no debe estar accionado. Esta primera etapa se muestra en la Figura 5.9, dónde se observa a detalle el HMI, el PLC (código Ladder) y el estado de las variables a forzar para la simulación.

En el subsistema de etiquetado durante funcionamiento normal, el motor AC 1 opera a velocidad constante lo que permite un dispensado uniforme de las cajas desde el mecanismo de alimentación.

Además, el pistón neumático es accionado inmediatamente después del activado el sensor capacitivo 1, al igual que el servomotor conectado a los cilindros que sujetan al rollo de etiquetas, el cual gira un ángulo de  $27.5^\circ$  aproximadamente para dispensar una etiqueta.

**Figura 5.10**

*Simulación de código Ladder – Etiquetado parte 1*



*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

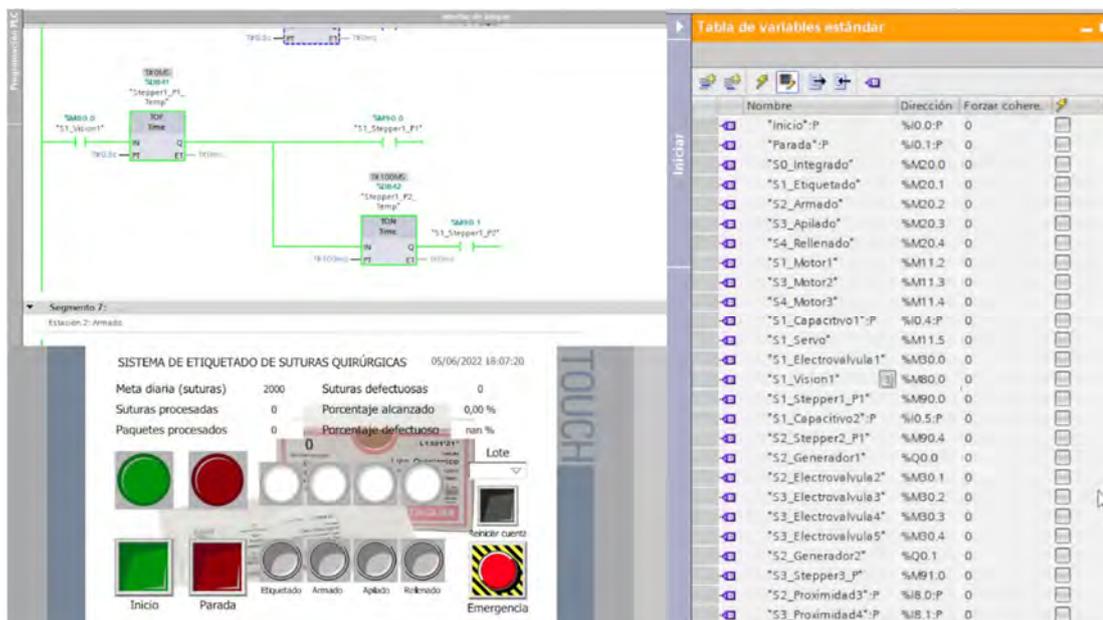
Posterior a ello, el sensor de objetos realiza el control de calidad de la etiqueta y en caso de no cumplir con los requerimientos mínimos, se acciona el servomotor para guiar la caja defectuosa a la línea de derivación. Luego, el sensor capacitivo 2 detecta la presencia de la caja, contabilizándola y enviándola a la bandeja para el subsistema de armado. En la Figura 5.10 se observa el funcionamiento del subsistema descrito en este párrafo.

En la siguiente etapa del circuito, se realizan las tareas en el subsistema de armado, el cual consiste de dos plataformas accionadas mediante neumático con ventosas de vacío que permiten sujetar ambos lados de la caja.

En este caso, los sensores de inicio y fin de carrera accionarán el movimiento de cada plataforma para sujetar la caja, girarla, sujetarla por la superficie opuesta y después abrirla. La simulación de la secuencia de estos pasos se observa en la Figura 5.11, donde se encuentra en la etapa de sujeción de la primera superficie de la caja.

**Figura 5.11**

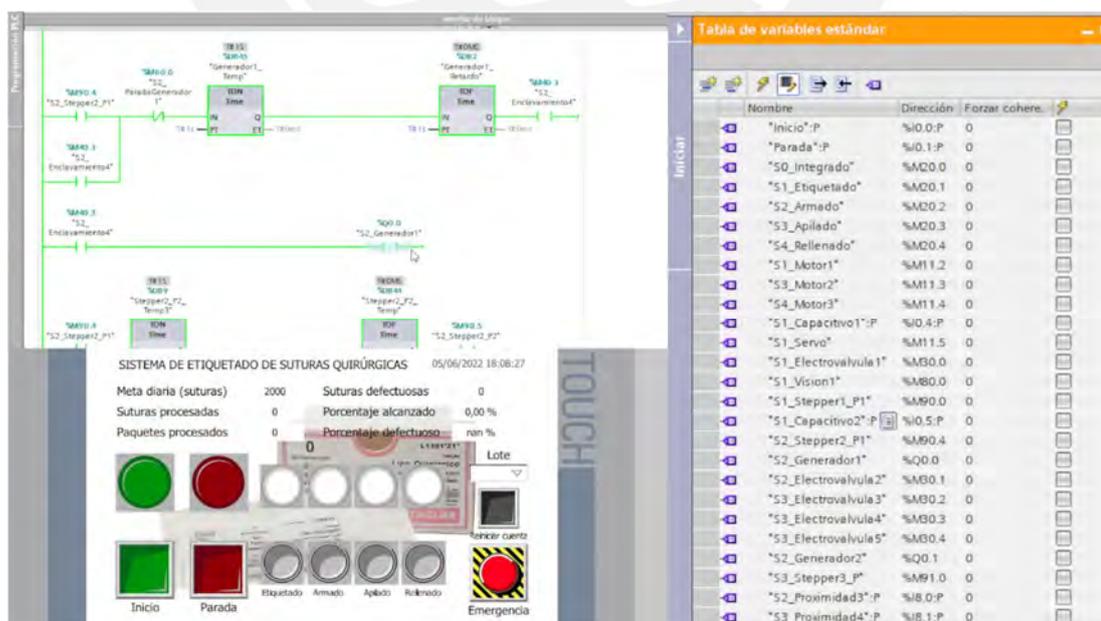
*Simulación de código Ladder – Etiquetado parte 2*



*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

**Figura 5.12**

*Simulación de código Ladder – Armado*



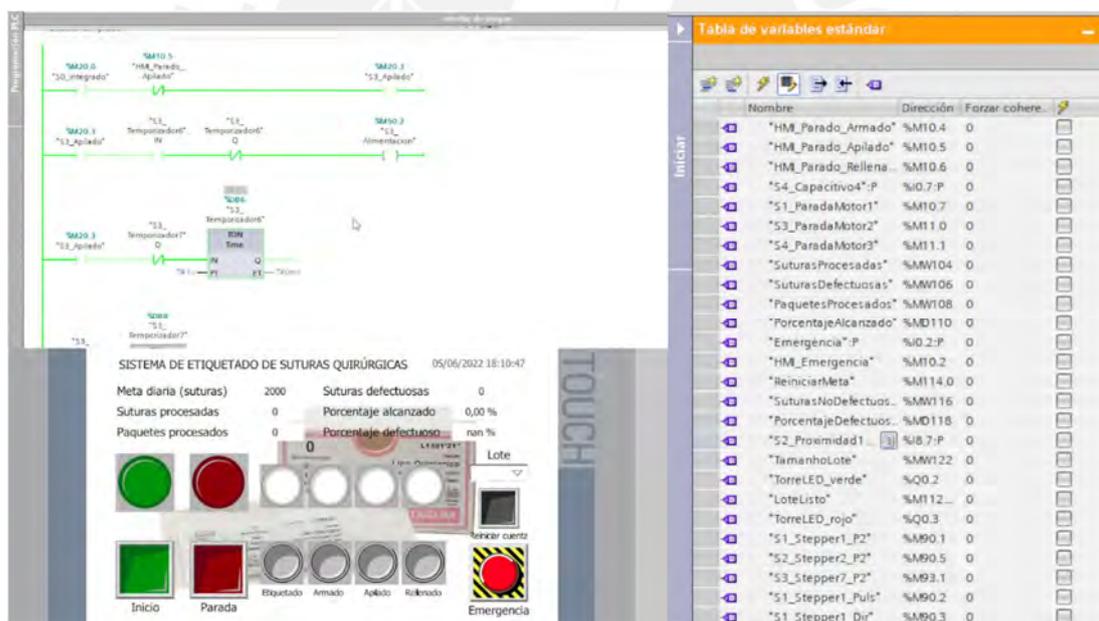
*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

Paralelo a los procesos anteriores, se ejecuta el proceso de apilado de suturas, el cual funciona con una lógica similar a la etapa de etiquetado. En este subsistema se movilizan las suturas mediante fajas y estas son dispensadas por un sistema de alimentación colocado a un extremo de la faja.

En la Figura 5.13, se observa la etapa de apilado de suturas, el cual se realiza alternadamente entre cada torre apilada cada vez que el contador llega a 0. Cabe destacar que cada etapa tiene un desactivador en el HMI en caso de existir errores o problemas en esa etapa en particular.

**Figura 5.13**

*Simulación de código Ladder – Apilado: Dispensado de suturas*



*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

Además, al igual que el subsistema de etiquetado, el apilado tiene un mecanismo de control de calidad integrado mediante un sensor de visión, lógica la cual se observa en la Figura 5.14. Cada vez que existe un defecto detectado por el sensor, este acciona el motor

paso a paso y lleva una cuenta para registrarla en la variable y mostrar en el HMI la cantidad de productos defectuosos identificados durante este lote de producción.

Finalmente, en el subsistema de relleno se colocan las pilas de suturas dentro de la caja previamente armada de acuerdo al tamaño de lote configurado. Durante esta etapa, graficada en la Figura 5.15, se lleva la contabilidad de los lotes procesados, la cual es información requerida para mostrar en el HMI para el operario o personal a cargo de la máquina.

**Figura 5.14**

*Simulación de código Ladder – Apilado: Control de calidad*

The screenshot displays a simulation environment for a surgical suture labeling system. It is divided into three main sections:

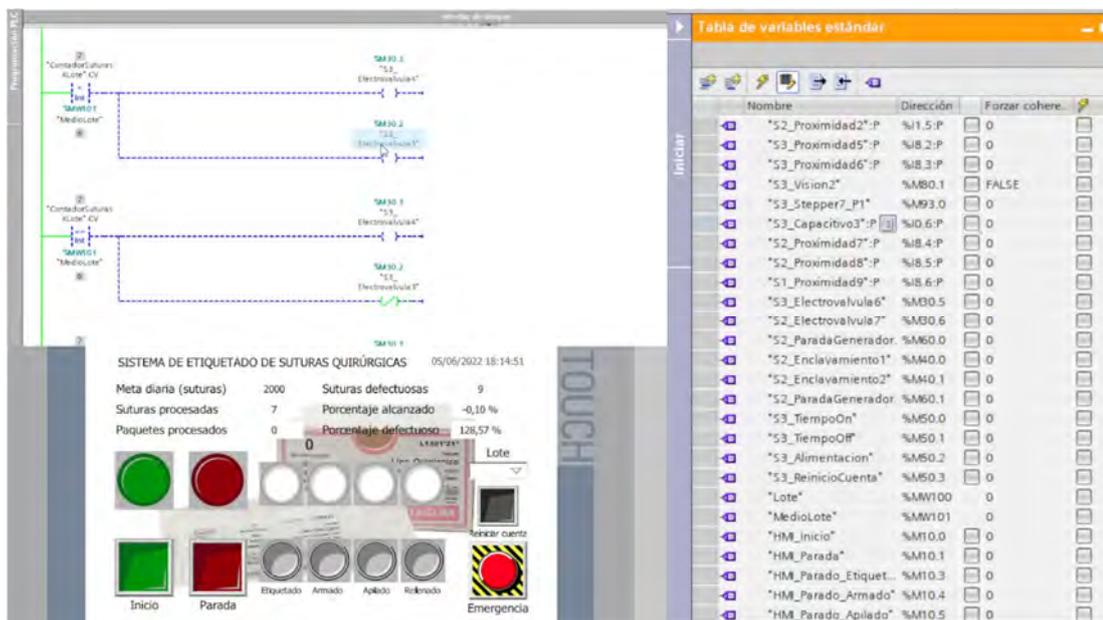
- Top Left (Ladder Logic):** Shows a segment of a Ladder Logic program. It includes a normally open contact labeled "S3\_Vision2", a coil for a timer "S3\_Stepper\_P1", and a normally closed contact labeled "S3\_Stepper\_P1". Below this, there is a coil for a timer "S3\_Stepper\_P2" and a normally open contact labeled "S3\_Stepper\_P2".
- Bottom Left (HMI):** Displays a virtual Human-Machine Interface for the "SISTEMA DE ETIQUETADO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS". It shows the date and time as "05/06/2022 18:13:47". Key statistics include:
  - Meta diaria (suturas): 2000
  - Suturas procesadas: 0
  - Suturas defectuosas: 8
  - Paquetes procesados: 0
  - Porcentaje alcanzado: -0,40 %
  - Porcentaje defectuoso: inf %
 The HMI also features several control buttons: "Inicio" (green), "Parada" (red), "Etiquetado", "Armado", "Apilado", "Relleno", and "Emergencia" (yellow with a red stop sign).
- Right (Variable Table):** A table titled "Tabla de variables estándar" listing various system variables. The table has columns for "Nombre", "Dirección", and "Forzar coherencia".
 

Nombre	Dirección	Forzar coherencia
"S3_Electrovalvula5"	%M0.4	<input type="checkbox"/>
"S2_Generador2"	%Q0.1	<input type="checkbox"/>
"S3_Stepper3_P"	%M9.0	<input type="checkbox"/>
"S2_Proximidad3"-P	%I8.0-P	<input type="checkbox"/>
"S3_Proximidad4"-P	%I8.1-P	<input type="checkbox"/>
"S1_Proximidad1"-P	%I1.4-P	<input type="checkbox"/>
"S2_Proximidad2"-P	%I1.5-P	<input type="checkbox"/>
"S3_Proximidad5"-P	%I8.2-P	<input type="checkbox"/>
"S3_Proximidad6"-P	%I8.3-P	<input type="checkbox"/>
"S3_Vision2"	%M0.1	<input checked="" type="checkbox"/>
"S3_Stepper7_P1"	%M9.0	<input checked="" type="checkbox"/>
"S3_Capacitivo3"-P	%I0.6-P	<input type="checkbox"/>
"S2_Proximidad7"-P	%I8.4-P	<input type="checkbox"/>
"S2_Proximidad8"-P	%I8.5-P	<input type="checkbox"/>
"S1_Proximidad9"-P	%I8.6-P	<input type="checkbox"/>
"S3_Electrovalvula6"	%M0.5	<input type="checkbox"/>
"S2_Electrovalvula7"	%M0.6	<input type="checkbox"/>
"S2_ParadaGenerador"	%M0.0	<input type="checkbox"/>
"S2_Enclavamiento1"	%M0.0	<input type="checkbox"/>
"S2_Enclavamiento2"	%M0.1	<input type="checkbox"/>
"S2_ParadaGenerador"	%M0.1	<input type="checkbox"/>
"S3_TiempoOn"	%M0.0	<input type="checkbox"/>
"S3_TiempoOff"	%M0.1	<input type="checkbox"/>
"S3_Alimentacion"	%M0.2	<input type="checkbox"/>
"S3_ReinicioCuenta"	%M0.3	<input type="checkbox"/>
"Lote"	%MW100	<input type="checkbox"/>

*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

**Figura 5.15**

*Simulación de código Ladder – Rellenado*



*Nota.* Código Ladder (superior izquierda). HMI virtual (inferior izquierda). PLC virtual (derecha).

## 5.6 Presupuesto

En este apartado se presenta el balance económico para el presupuesto del sistema mecatrónico, el cual incluye costos de fabricación y/o de componentes mecánicos, neumáticos, electrónicos y eléctricos. Entre los Anexos 22 y 31 se muestra el desglose de los costos de acuerdo a tipo de material/dispositivo a comprar ya sean equipos, perfiles, impresiones en 3D o ejes, mientras que en la Tabla 5.13 se detalla el resumen y presupuesto final para la implementación del diseño propuesto.

El monto total del diseño es de USD 17 653.24 , donde el costo más elevado corresponde a los equipos mecánicos, electrónicos y neumáticos. Cabe destacar que es necesario considerar los costos de fabricación en el caso de los diseños mecánicos, además del costo de mano de obra para la implementación del diseño integrado.

**Tabla 5.2***Presupuesto final*

Descripción	Precio (USD)
Sensores	3.760,00
Actuadores	8.089,00
Control	2.040,00
Distribución	2.580,00
Perfiles	201,00
Ejes	72,00
Planchas	701,00
Impresión 3D	24,99
Pernos y tuercas	71,26
Sólidos	113,99
<b>Total</b>	<b>17.653,24</b>



## CONCLUSIONES

- En base a la información recopilada sobre productos comerciales para suturas quirúrgicas, no existen alternativas, que ejecuten el proceso descrito de forma integral en el mercado nacional ni en el internacional debido justamente a las características de la producción y los procesos a automatizar. En ese sentido, desarrollar un proyecto enfocado en esta problemática resulta innovador para cualquier empresa peruana que busca transformar sus procesos mediante soluciones de automatización.
- Siguiendo la metodología seleccionada, se pudo obtener diferentes soluciones para cada función específica del diseño por lo que, permitió una variedad importante de conceptos de solución antes de identificar la ideal para el diseño conceptual. Este concepto satisface los requerimientos de usuario y proyecto presentados al inicio de esta investigación, por ende, es viable continuar con la etapa de diseño para materializar el proyecto.
- Este diseño, si bien requiere de cierto grado de complejidad debido a la variedad de procesos, está planteado para realizar el proceso lo más eficiente y eficaz posible. Sin embargo, sería importante analizar el rendimiento de cada subsistema en relación a su ejecución manual para una mayor precisión en cuanto a la eficiencia y eficacia.
- La implementación de esta solución no requiere de rediseños de las características de los productos, pero necesita de modificaciones mínimas espaciales puesto que la producción inicialmente es 100% manual. Por ello, ciertas condiciones como las dimensiones o el material están sujetos a la evaluación en la etapa de implementación y puesta en marcha.

- Los materiales en contacto directo con las suturas o cajas, a excepción de las ventosas, están diseñadas con metales para aplicaciones médicas como el acero inoxidable AISI 430 o el aluminio 6061 para mantener a los productos alejado de contaminantes.
- La velocidad mínima de producción de este diseño está calculada alrededor de las 40 000 suturas procesadas al día, dependiendo las cajas del tamaño de lote a empaquetar, lo cual incrementa en un 25%, como mínimo, de la producción actual.
- En relación a la cantidad máxima de cajas y suturas colocadas en los sistemas de alimentación, se considera aproximadamente 300 cajas sin armar y alrededor de 200 suturas, sin embargo, con modificaciones mínimas es posible incrementar el almacenamiento máximo de estos productos.
- El diseño contempla hasta 2 puntos para el control de calidad, uno en cada faja transportadora. El primero evalúa la calidad de las etiquetas adheridas en las cajas, mientras que el segundo, la calidad de las suturas a apilar y colocar dentro de las cajas. Asimismo, cada punto tiene un sistema de derivación para eliminar los productos defectuosos fuera de la línea de producción.
- Finalmente, este proyecto puede funcionar como un primer paso para la transformación digital de una producción para dar paso a tecnologías como soluciones cooperativas, tecnología IoT o energías verdes en una empresa.

## RECOMENDACIONES

- En relación a la velocidad de producción, sería ideal complementar el control con un algoritmo variador de velocidad para graduar la cantidad de suturas y cajas procesadas de acuerdo a la necesidad. Para realizar esto, es necesario considerar la relación de velocidad entre cada faja y las cadenas transportadoras, así como el tamaño de lote de cada caja. Sin embargo, es importante destacar que es necesaria una validación de la eficiencia del sistema mecatrónico para, posteriormente, validar estos parámetros.
- La programación del sensor de visión requiere de la aplicación de procesamiento de imágenes, por lo que, debido a la falta de data sobre productos defectuosos, no se desarrolló dicho algoritmo. En ese sentido, es importante diseñar esta red neuronal para identificar las cajas y suturas defectuosas y precisar el índice de calidad mínima requerida para esta máquina.
- Para una mayor precisión en datos técnicos del diseño como velocidad de producción, identificación de productos defectuosos o adaptabilidad de la máquina, es necesaria la implementación física del diseño, así como pruebas SAT y FAT para garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] FUSTEC Envasadoras Automáticas. (2015). *Fustec :: Estuchadoras*.  
<https://bit.ly/3kBNabr>
- [2] Amaral, J. R. L., & López, R. Integración de tecnologías para automatizar una línea de producción de empaque de latas. *Por la Cultura a la Libertad*, 62.
- [3] Boix Jaén, J. (2010). *Machine for assembling a cardboard box* (EP2583817A1). European Patent Office.
- [4] Davis, A. (1971). *Case packing machine* (US3765145A). U. S. Patent and Trademark Office.
- [5] De Negri, V. J., Muñoz, K., & Vígolo, V. (2021). *Design methodology for mechatronic systems* [Libro electrónico].
- [6] Diprax S.L. (s. f.). *Ventosas | Diprax*. Diprax | Proyectos y Automatismos generales. Recuperado 20 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/3AELWSD>
- [7] Domal Pharma. (s. f.). *Empaques farmacéuticos Bogotá Colombia*. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/3CFRKvN>
- [8] Ecorsa. (2015). *Fajas Transportadoras, las mejores aquí – Ecorsa Perú*.  
<https://bit.ly/3lO3cyG>
- [9] EMJUVI. (s. f.). *ESTUCHADORA CAM AV-78*. Recuperado 4 de junio de 2021, de <https://bit.ly/3CVHbol>
- [10] *Etiquetadora superiora automática - MCP 600T*. (s. f.). MARCOPACK - de bolsas / para botellas / para embalajes. Recuperado 4 de junio de 2021, de <https://bit.ly/3CBiMEs>
- [11] Forbo Movement Systems. (2022). *Transilon Product Finder* [Software para selección de bandas Transilon]. <https://bit.ly/3txxNoU>

- [12] G. R. Reddy, T. S. Jahnavi, D. Rushali and B. A. Kumar, "Bliss BOT for pharmaceutical inspection," 2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI), 2017, pp. 354-359, doi: 10.1109/ICOEI.2017.8300947.
- [13] HVH Industrial Solutions. (s. f.). *Ventajas y Desventajas de Transmisiones por Cadena*. HVH Industrial Solutions | Distribuidor Industrial. Recuperado 20 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/2ZweOPz>
- [14] Johnson & Johnson. (s. f.). *Ethicon | J&J Medical Devices*. J&J Medical Devices. Recuperado 7 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/3oafLHc>
- [15] M. Bahaghighat, M. Mirfattahi, L. Akbari and M. Babaie, "Designing quality control system based on vision inspection in pharmaceutical product lines," 2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICOMET.2018.8346360.
- [16] Mecalux S.A. (2021). *Transportadores de rodillos: guía completa de aplicaciones para el almacén*. Mecalux - Soluciones inteligentes de almacenaje. <https://www.mecalux.pe/blog/transportadores-rodillos-aplicaciones-almacen>
- [17] *Mercado material quirúrgico será de 12100 millones de dólares en 2020*. (2016). Catálogo de la Salud. <https://bit.ly/3kyTD7g>
- [18] Pack Leader Machinery Inc. (s. f.). *PL-211 Máquina de Etiquetado Automático en la parte superior - Pack Leader*. Recuperado 4 de junio de 2021, de <https://bit.ly/3EX6LeO>
- [19] Perú entre los 6 mercados latinoamericanos de mayor potencial para la industria médica. (2018, 23 marzo). *Perú 21*. <https://bit.ly/3zELYst>
- [20] Rodríguez, H. (s. f.). *Cálculo y Diseño de Cintas Transportadoras*. ingemecánica. Recuperado 30 de octubre de 2021, de <https://bit.ly/3Bv559e>
- [21] Rotrans S.A. (2022). *Catálogo de rodillos*.

- [22] Silge Electrónica. (s. f.). *Sensores de visión: funcionalidad, beneficios, opciones*. Novedades Silge Electrónica. Recuperado 20 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/3i20fcE>
- [23] Tecna Machines. (s. f.). *Máquina Estuchadora | Tecna Machines*. Recuperado 4 de junio de 2021, de <https://bit.ly/3kBfrzj>
- [24] *SKF Bearing Select* (1.2.136). (2022). [Software para selección de rodamientos SKF]. <https://bit.ly/3NMzrLs>
- [25] Hanyoo. (s. f.). *DPH-270/330/380D High Speed Rotary Blister Packaging Machine*. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://bit.ly/3CGy1MG>
- [26] AB SKF. (2022a). *SKF Belt Calculator* (3.1.2) [Cálculo de transmisión SKF]. <https://bit.ly/3xprrAT>
- [27] El Hospital, & Urbina, I. (2015, marzo). *Los 10 mercados más fuertes de la industria médica en el 2020*. El Hospital. Recuperado 4 de julio de 2021, de <https://bit.ly/3u5jJSF>
- [28] Urbina, I. (2016, octubre). *Panorama del mercado de la industria quirúrgica*. El Hospital. <https://www.elhospital.com/temas/Panorama-del-mercado-de-la-industria-quirurgica+115731?pagina=1>
- [29] Distritec. (2021, enero). *¿Qué es una electroválvula y para qué sirve?* – Distritec. Distritec - Hidráulica Neumática. <https://bit.ly/2XKX41D>
- [30] Inversiones Vercelli del Perú S.A.C. (2021, 12 febrero). *Cadenas Transportadoras*. Cadenas Vercelli. <https://bit.ly/39AcMzm>
- [31] Redacción The Food Tech. (2012, 18 febrero). *Opciones de etiquetado, ¿cuál es la mejor elección?* The Food Tech. <https://bit.ly/3zCOEqr>
- [32] Neobotik. (2021, 19 mayo). ▷ *Tipos de automatización industrial ¿Cuál necesitas?* <https://bit.ly/3EX7r3V>

- [33] YM Packaging Group S.L. (2020, 3 junio). *Encajadoras por gravedad*. YM Packaging Group. <https://bit.ly/2XSHnWN>
- [34] Velasquez, P. (2019, 6 junio). *Así se encuentra la importación de dispositivos médicos en Latinoamérica*. CONSULTORSALUD. <https://bit.ly/3EMPFA8>
- [35] AB SKF. (2022b). *SKF PT Chain Calculations (1.0)* [Cálculos de Transmisión de Potencia de Cadenas SKF]. <https://bit.ly/3MMJgb1>
- [36] Link Compresores. (2019, 7 octubre). *¿Qué es y cómo funciona un compresor de aire industrial?* <https://bit.ly/3u96f8c>



## ANEXOS

## Anexo 1

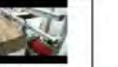
## Evaluación para el nivel 1

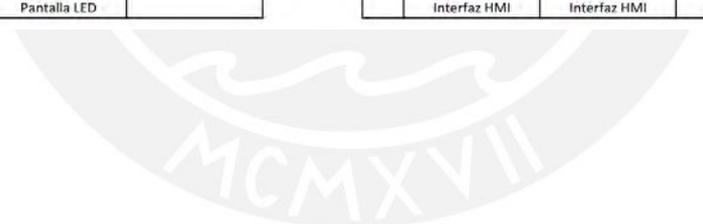
		Evaluation Chart								
		j=	1		2		3		o	
Design Criteria		W <sub>r</sub>	A. fija		A. programable		A. flexible		Optimal	
		W <sub>s1</sub>	W <sub>s1</sub> .W <sub>r</sub>	W <sub>s2</sub>	W <sub>s2</sub> .W <sub>r</sub>	W <sub>s3</sub>	W <sub>s3</sub> .W <sub>r</sub>	W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub> .W <sub>r</sub>	
		Technical analysis								
2	Diseño seguro	2	3	6	3	6	3	6	4	8
3	Mantenimiento mínimo	2	1	2	2	4	4	8	4	8
4	Diseño compacto	2	3	6	1	2	2	4	4	8
5	Interfaz de operación simple	3	3	9	3	9	4	12	4	12
6	Bajo ruido/vibración	2	2	4	2	4	2	4	4	8
7	Manual de usuario	1	4	4	3	3	3	3	4	4
8	Programación secuencial	3	2	6	2	6	2	6	4	12
	Total technical value		T <sub>t1</sub>	40	T <sub>t2</sub>	36	T <sub>t3</sub>	47	T <sub>to</sub>	64
	Relative technical value		R <sub>t1</sub>	0.63	R <sub>t2</sub>	0.56	R <sub>t3</sub>	0.73	R <sub>to</sub>	1.00
		Economic analysis								
9	Mantenimiento mínimo	2	4	8	3	6	3	6	4	8
10	Diseño compacto	2	2	4	2	4	1	2	4	8
11	Bajo costo de fabricación	4	3	12	3	12	3	12	4	16
12	Selección de piezas comerciales	1	3	3	3	3	4	4	4	4
13	Bajo ruido/vibración	2	2	4	2	4	2	4	4	8
	Total economic value		T <sub>e1</sub>	31	T <sub>e2</sub>	29	T <sub>e3</sub>	28	T <sub>eo</sub>	44
	Relative economic value		R <sub>e1</sub>	0.70	R <sub>e2</sub>	0.66	R <sub>e3</sub>	0.64	R <sub>eo</sub>	1.00
	Hyperbolic rating		H <sub>r1</sub>	0.66	H <sub>r2</sub>	0.61	H <sub>r3</sub>	0.68	H <sub>ro</sub>	1.00

Anexo 2

Matriz morfológica de nivel 2

Functions	Working principio 1	Working principio 2	Working principio 3
Etiquetar cajas	 Etiquetado autoadherible	 Etiquetado termiencogible	 Etiquetado in-mold
Armar cajas	 Armado por sujeción de vacío	 Armado por perno y domo	
Apilar suturas	 Apilado en columnas	 Apilado en filas	
Rellenar suturas	 Rellenado superior	 Rellenado lateral	
Controlar sistema	 PLC		
Energizar sistema	 220 VAC		
Ingresar instrucciones	 Interfaz HMI	 Pulsadores/Botones	
Visualizar datos	 Interfaz HMI	 Pantalla LED	

	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Possible solutions	 Etiquetado autoadherible	 Etiquetado autoadherible	 Etiquetado autoadherible	 Etiquetado autoadherible
	 Armado por sujeción de vacío	 Armado por perno y domo	 Armado por sujeción de vacío	 Armado por perno y domo
	 Apilado en columnas	 Apilado en filas	 Apilado en filas	 Apilado en columnas
	 Rellenado superior	 Rellenado lateral	 Rellenado lateral	 Rellenado superior
	 PLC	 PLC	 PLC	 PLC
	 220 VAC	 221 VAC	 222 VAC	 223 VAC
	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI
	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI	 Interfaz HMI



## Anexo 3

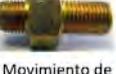
## Evaluación para el nivel 2

Evaluation Chart												
Design Criteria	j=	1		2		3		4		o		
	W	Solution 1		Solution 2		Solution 3		Solution 4		Optimal		
	r	W <sub>s1</sub>	W <sub>s1</sub> .W <sub>r1</sub>	W <sub>s2</sub>	W <sub>s2</sub> .W <sub>r2</sub>	W <sub>s3</sub>	W <sub>s3</sub> .W <sub>r3</sub>	W <sub>s4</sub>	W <sub>s4</sub> .W <sub>r4</sub>	W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub> .W <sub>r</sub>	
$\bar{i}$	Technical analysis											
1	Procesos integrados secuencialmente	2	4	8	4	8	3	6	3	6	4	8
2	Formato variable de productos	3	4	12	2	6	4	12	2	6	4	12
3	Condiciones de trabajo definidas	1	3	3	2	2	2	2	3	3	4	4
4	Mantenimiento mínimo	2	2	4	2	4	2	4	2	4	4	8
5	Diseño compacto	2	3	6	1	2	1	2	3	6	4	8
6	Interfaz de operación simple	3	2	6	2	6	2	6	2	6	4	12
7	Programación secuencial	3	3	9	3	9	3	9	3	9	4	12
	Total technical value		T <sub>t1</sub>	48	T <sub>t2</sub>	37	T <sub>t3</sub>	41	T <sub>t4</sub>	40	T <sub>to</sub>	64
	Relative technical value		R <sub>t1</sub>	0.75	R <sub>t2</sub>	0.58	R <sub>t3</sub>	0.64	R <sub>t4</sub>	0.63	R <sub>to</sub>	1.00
$\bar{i}$	Economic analysis											
8	Mantenimiento mínimo	2	3	6	3	6	2	4	2	4	4	8
9	Diseño compacto	2	2	4	1	2	2	4	1	2	4	8
10	Bajo costo de fabricación	4	3	12	3	12	3	12	3	12	4	16
11	Selección de piezas comerciales	1	3	3	2	2	3	3	2	2	4	4
	Total economic value		T <sub>e1</sub>	25	T <sub>e2</sub>	22	T <sub>e3</sub>	23	T <sub>e4</sub>	20	T <sub>e</sub>	36
	Relative economic value		R <sub>e1</sub>	0.69	R <sub>e2</sub>	0.61	R <sub>e3</sub>	0.64	R <sub>e4</sub>	0.56	R <sub>e</sub>	1.00
	Hyperbolic rating		H <sub>r1</sub>	0.72	H <sub>r2</sub>	0.59	H <sub>r3</sub>	0.64	H <sub>r4</sub>	0.59	H <sub>r</sub>	1.00

Anexo 4

Matriz morfológica de nivel 3

Functions	Working principle 1	Working principle 2	Working principle 3
Dispensar cajas	 Movimiento por succión de vacío		
Transportar cajas sin armar	 Sistema de rodillos	 Sistema de fajas	 Sistema de cadenas
Transportar etiquetas	 Sistema de rodillos	 Sistema de fajas	 Sistema de cadenas
Adherir etiquetas	 Adhesión por succión de vacío		
Controlar la calidad del etiquetado	 Cámara	 Sensor de visión	
Contar cajas etiquetadas	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasónico
Mover plataformas 1 y 2	 Actuador lineal eléctrico (x2)	 Actuador lineal neumático (x2)	 Actuador lineal hidráulico (x2)
Girar plataforma 1	 Actuador giratorio eléctrico	 Actuador giratorio neumático	 Actuador giratorio hidráulico
Adherir cajas	 Ventosas + Electroválvula		
Dispensar suturas	 Movimiento de pieza roscada		
Transportar suturas	 Sistema de rodillos	 Sistema de fajas	 Sistema de cadenas
Contar suturas	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasónico

	Solution 1	Solution 2	Solution 3
Possible solutions	 Movimiento por succión de vacío	 Movimiento por succión de vacío	 Movimiento por succión de vacío
	 Sistema de fajas	 Sistema de fajas	 Sistema de fajas
	 Sistema de rodillos	 Sistema de rodillos	 Sistema de rodillos
	 Adhesión por succión de vacío	 Adhesión por succión de vacío	 Adhesión por succión de vacío
	 Sensor de visión	 Sensor de visión	 Sensor de visión
	 Sensor capacitivo	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo
	 Actuador lineal neumático (x2)	 Actuador lineal eléctrico (x2)	 Actuador lineal eléctrico (x2)
	 Actuador giratorio neumático	 Actuador giratorio eléctrico	 Actuador giratorio eléctrico
	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula
	 Movimiento de pieza roscada	 Movimiento de pieza roscada	 Movimiento de pieza roscada
	 Sistema de fajas	 Sistema de fajas	 Sistema de fajas
	 Sensor capacitivo	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo

Controlar calidad de suturas	 Cámara	 Sensor de visión	
Dividir lotes	 Actuador lineal eléctrico (x4)	 Actuador lineal neumático (x4)	 Actuador lineal hidráulico (x4)
Transportar cajas rellenadas	 Sistema de rodillos	 Sistema de fajas	 Sistema de cadenas
Contar cajas rellenadas	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasónico
Regular voltaje	 Regulador de voltaje		

 Sensor de visión	 Sensor de visión	 Sensor de visión
 Actuador lineal neumático (x4)	 Actuador lineal eléctrico (x4)	 Actuador lineal eléctrico (x4)
 Sistema de cadenas	 Sistema de cadenas	 Sistema de cadenas
 Sensor capacitivo	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo
 Regulador de voltaje	 Regulador de voltaje	 Regulador de voltaje



## Anexo 5

## Evaluación para el nivel 3

Evaluation Chart										
Design Criteria	j=	1		2		3		o		
	W <sub>r</sub>	Solution 1		Solution 2		Solution 3		Optimal		
		W <sub>s1</sub>	W <sub>s1</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>s2</sub>	W <sub>s2</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>s3</sub>	W <sub>s3</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub> ·W <sub>r</sub>	
i		1	r	2	r	3	r	o	W <sub>r</sub>	
Technical analysis										
1	Máxima velocidad de producción	3	4	12	2	6	4	12	4	12
2	Sistema de control de calidad integrado	3	3	9	3	9	2	6	4	12
3	Alta calidad de producción	4	3	12	3	12	3	12	4	16
4	Mantenimiento mínimo	2	4	8	2	4	4	8	4	8
5	Diseño compacto	2	1	2	3	6	1	2	4	8
6	Material antibacteriano para superficies de contacto	3	3	9	3	9	3	9	4	12
7	Sistema de transporte de productos	3	4	12	4	12	4	12	4	12
8	Bajo ruido/vibración	2	2	4	3	6	2	4	4	8
	Total technical value		T <sub>t1</sub>	68	T <sub>t2</sub>	64	T <sub>t3</sub>	65	T <sub>to</sub>	88
	Relative technical value		R <sub>t1</sub>	0.77	R <sub>t2</sub>	0.73	R <sub>t3</sub>	0.74	R <sub>to</sub>	1.00
Economic analysis										
9	Máxima velocidad de producción	3	4	12	2	6	4	12	4	12
10	Sistema de control de calidad integrado	3	4	12	4	12	3	9	4	12
11	Alta calidad de producción	4	4	16	4	16	4	16	4	16
12	Mantenimiento mínimo	2	4	8	2	4	4	8	4	8
13	Diseño compacto	2	1	2	3	6	1	2	4	8
14	Bajo costo de fabricación	4	1	4	3	12	1	4	4	16
15	Selección de piezas comerciales	1	3	3	3	3	3	3	4	4
16	Material antibacteriano para superficies de contacto	3	3	9	2	6	3	9	4	12
17	Sistema de transporte de productos	3	4	12	4	12	4	12	4	12
18	Bajo ruido/vibración	2	2	4	3	6	2	4	4	8
	Total economic value		T <sub>e1</sub>	82	T <sub>e2</sub>	83	T <sub>e3</sub>	79	T <sub>eo</sub>	108
	Relative economic value		R <sub>e1</sub>	0.76	R <sub>e2</sub>	0.77	R <sub>e3</sub>	0.73	R <sub>eo</sub>	1.00
	Hyperbolic rating		H <sub>r1</sub>	0.77	H <sub>r2</sub>	0.75	H <sub>r3</sub>	0.74	H <sub>ro</sub>	1.00

Anexo 6

Matriz morfológica de nivel 4

Functions	Working principle 1	Working principle 2	Working principle 3	Working principle 4
Sujetar cajas	 Ventosas + Electroválvula			
Mover cajas	 Actuador lineal eléctrico (x2)	 Actuador lineal neumático (x2)	 Actuador lineal hidráulico (x2)	
Sensar caja	 Sensor capacitivo	 Sensor infrarrojo	 Sensor ultrasónico	
Accionar movimiento (1)	 Servomotor	 Motor brushless	 Motor paso a paso	 Motor AC
Controlar movimiento (1)	 Caja reductora + Driver			
Transmitir movimiento (1)	 Cilindros + Faja			
Accionar movimiento (4)	 Servomotor	 Motor brushless	 Motor paso a paso	 Motor AC
Controlar movimiento (4)	 Caja reductora + Driver			
Transmitir movimiento (4)	 Cilindros + Faja			
Accionar movimiento (2)	 Servomotor	 Motor brushless	 Motor paso a paso	 Motor AC
Controlar movimiento (2)	 Caja reductora + Driver			
Transmitir movimiento (2)	 Rodillo motriz			
Sujetar etiquetas	 Ventosas + Electroválvula			
Empujar etiquetas	 Actuador lineal eléctrico	 Actuador lineal neumático	 Actuador lineal hidráulico	

	Solution 1	Solution 2	Solution 3
	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula
	 Actuador lineal neumático (x2)	 Actuador lineal eléctrico (x2)	 Actuador lineal neumático (x2)
	 Sensor capacitivo	 Sensor capacitivo	 Sensor capacitivo
	 Motor AC	 Motor AC	 Motor AC
	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver
	 Cilindros + Faja	 Cilindros + Faja	 Cilindros + Faja
	 Motor AC	 Motor AC	 Motor AC
	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver
	 Cilindros + Faja	 Cilindros + Faja	 Cilindros + Faja
Possible solutions	 Servomotor	 Motor brushless	 Servomotor
	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver
	 Rodillo motriz	 Rodillo motriz	 Rodillo motriz
	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula	 Ventosas + Electroválvula
	 Actuador lineal neumático	 Actuador lineal eléctrico	 Actuador lineal neumático

Accionar movimiento (3)	 Servomotor	 Motor brushless	 Motor paso a paso	 Motor AC
Controlar movimiento (3)	 Caja reductora + Driver			
Transmitir movimiento (3)	 Engranajes			
Accionar movimiento (5)	 Servomotor	 Motor brushless	 Motor paso a paso	 Motor AC
Controlar movimiento (5)	 Caja reductora + Driver			
Transmitir movimiento (5)	 Piñones + Cadena			

 Motor paso a paso	 Motor paso a paso	 Motor paso a paso
 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver
 Engranajes	 Engranajes	 Engranajes
 Servomotor	 Motor brushless	 Servomotor
 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver	 Caja reductora + Driver
 Piñones + Cadena	 Piñones + Cadena	 Piñones + Cadena



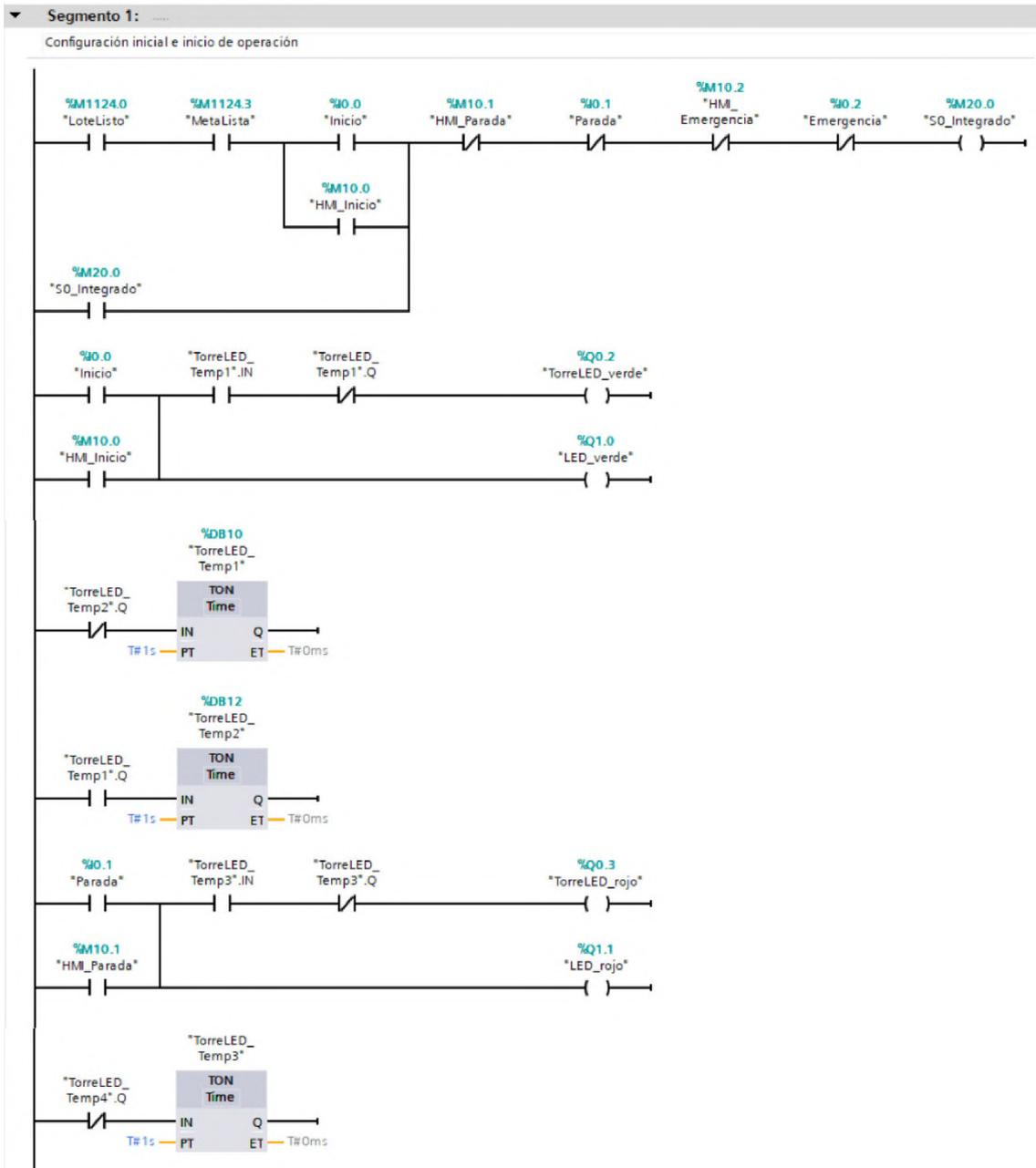
## Anexo 7

## Evaluación para el nivel 4

Evaluation Chart										
Design Criteria	j=	1		2		3		o		
	W <sub>r</sub>	Solution 1		Solution 2		Solution 3		Optimal		
		W <sub>s1</sub>	W <sub>s1</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>s2</sub>	W <sub>s2</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>s3</sub>	W <sub>s3</sub> ·W <sub>r</sub>	W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub> ·W <sub>r</sub>	
		Technical analysis								
1	Máxima velocidad de producción	3	4	12	3	9	4	12	4	12
2	Mantenimiento mínimo	2	4	8	2	4	3	6	4	8
3	Diseño compacto	2	3	6	2	4	3	6	4	8
4	Material antibacteriano para superficies de contacto	3	4	12	4	12	4	12	4	12
5	Bajo ruido/vibración	2	2	4	2	4	2	4	4	8
	Total technical value		T <sub>t1</sub>	42	T <sub>t2</sub>	33	T <sub>t3</sub>	40	T <sub>to</sub>	48
	Relative technical value		R <sub>t1</sub>	0.88	R <sub>t2</sub>	0.69	R <sub>t3</sub>	0.83	R <sub>to</sub>	1.00
		Economic analysis								
8	Mantenimiento mínimo	2	4	8	2	4	3	6	4	8
9	Diseño compacto	2	3	6	2	4	3	6	4	8
10	Bajo costo de fabricación	4	2	8	4	16	2	8	4	16
11	Selección de piezas comerciales	1	3	3	4	4	3	3	4	4
12	Bajo ruido/vibración	2	2	4	2	4	2	4	4	8
	Total economic value		T <sub>e1</sub>	29	T <sub>e2</sub>	32	T <sub>e3</sub>	27	T <sub>eo</sub>	44
	Relative economic value		R <sub>e1</sub>	0.66	R <sub>e2</sub>	0.73	R <sub>e3</sub>	0.61	R <sub>eo</sub>	1.00
	Hyperbolic rating		H <sub>r1</sub>	0.76	H <sub>r2</sub>	0.71	H <sub>r3</sub>	0.72	H <sub>ro</sub>	1.00

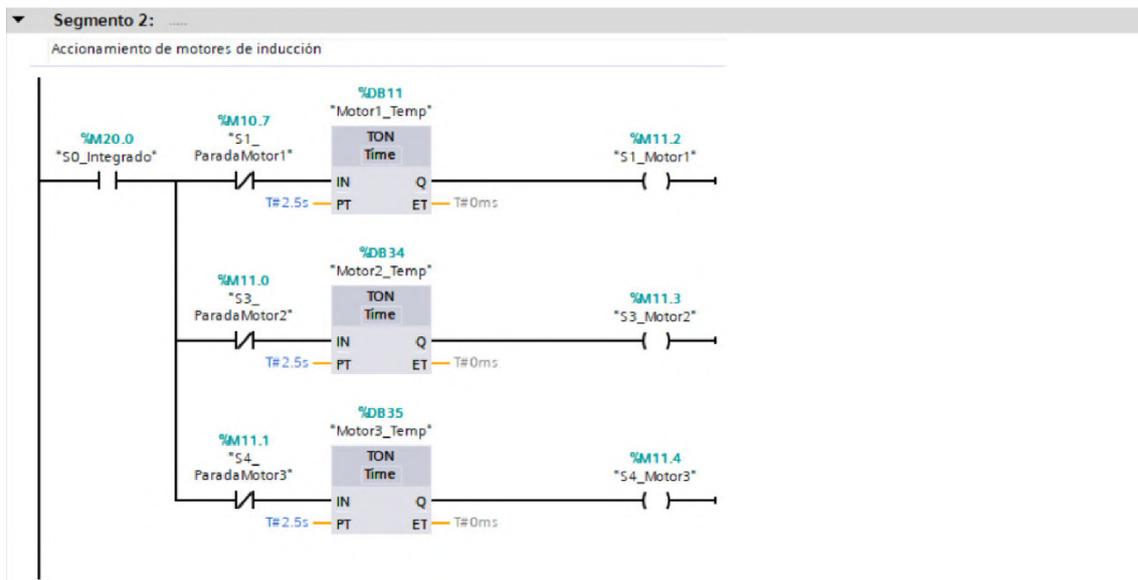
## Anexo 8

### Programación Ladder – Segmento 1: Configuración inicial e inicio de operación



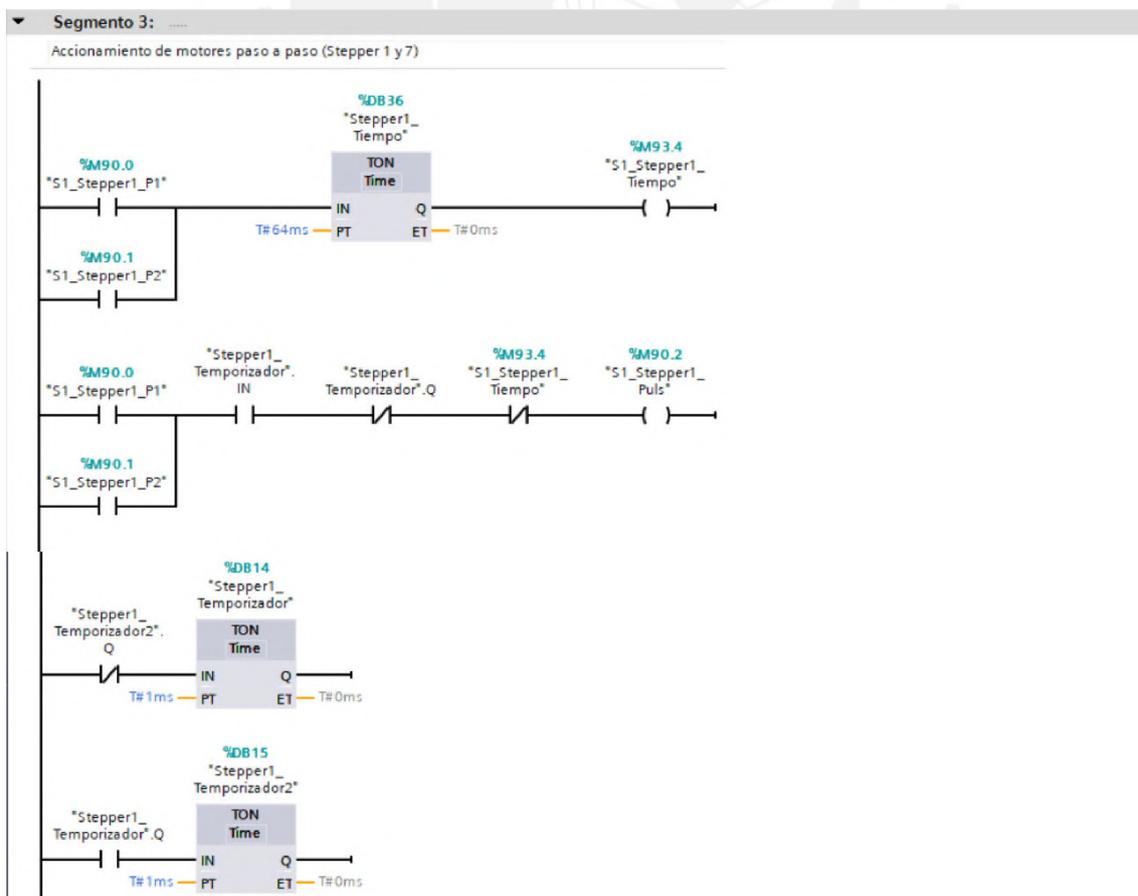
## Anexo 9

### Programación Ladder – Segmento 2: Accionamiento de motores de inducción



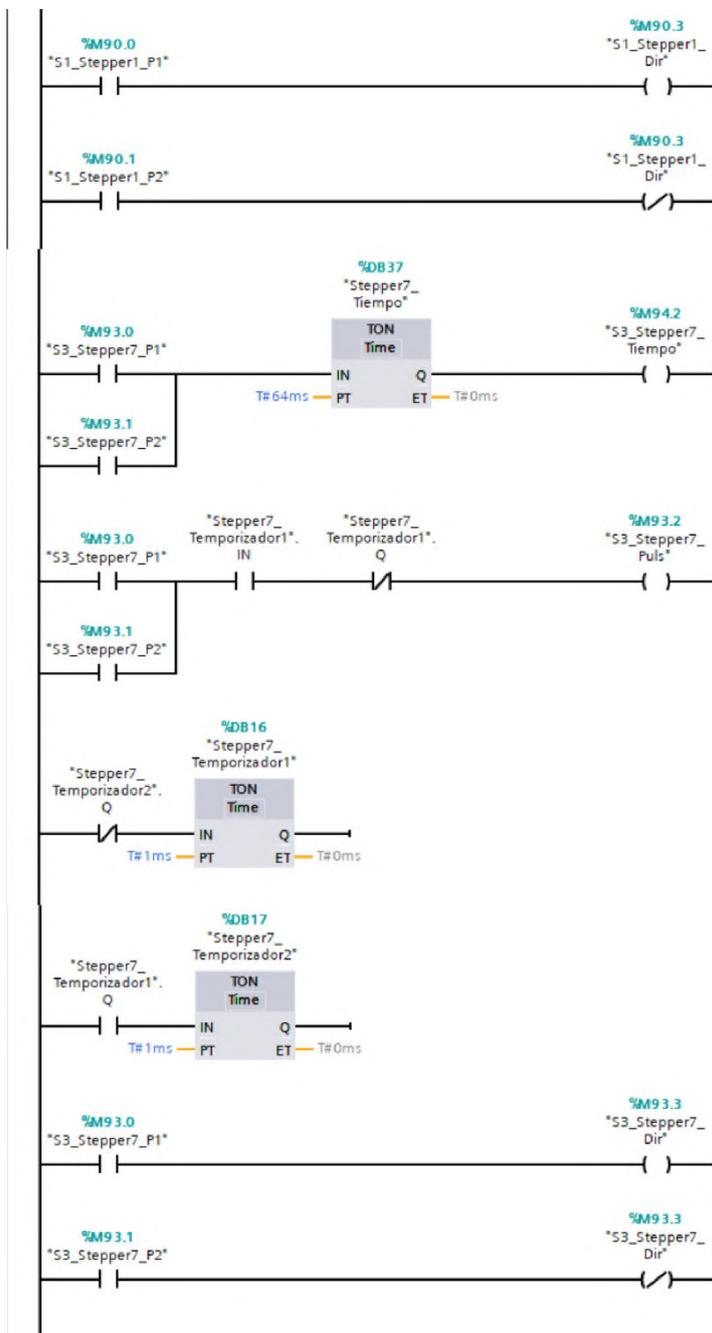
## Anexo 10

### Programación Ladder – Segmento 3.1: Accionamiento de motores paso a paso 1 y 7



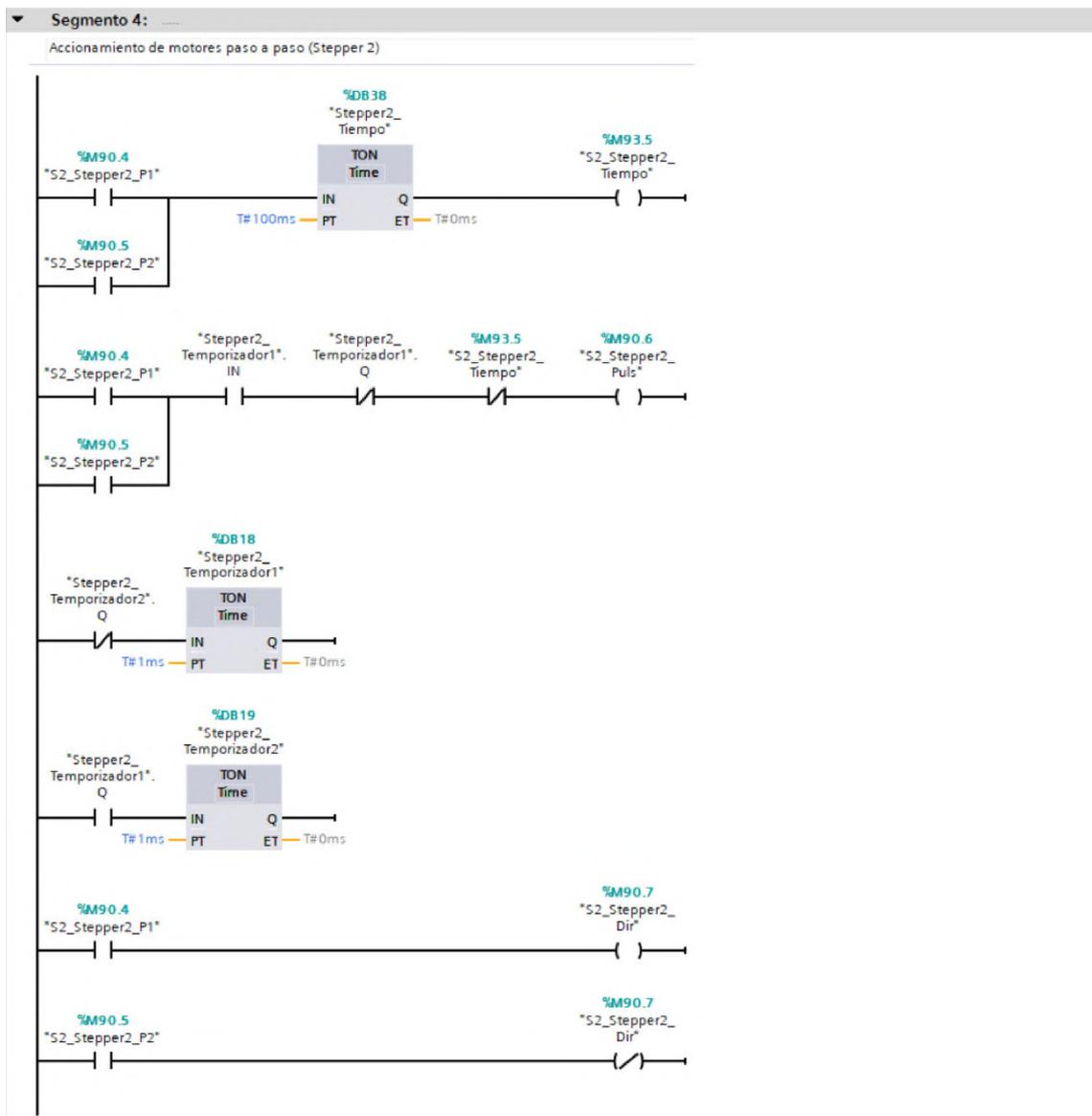
## Anexo 11

### Programación Ladder – Segmento 3.2: Accionamiento de motores paso a paso 1 y 7



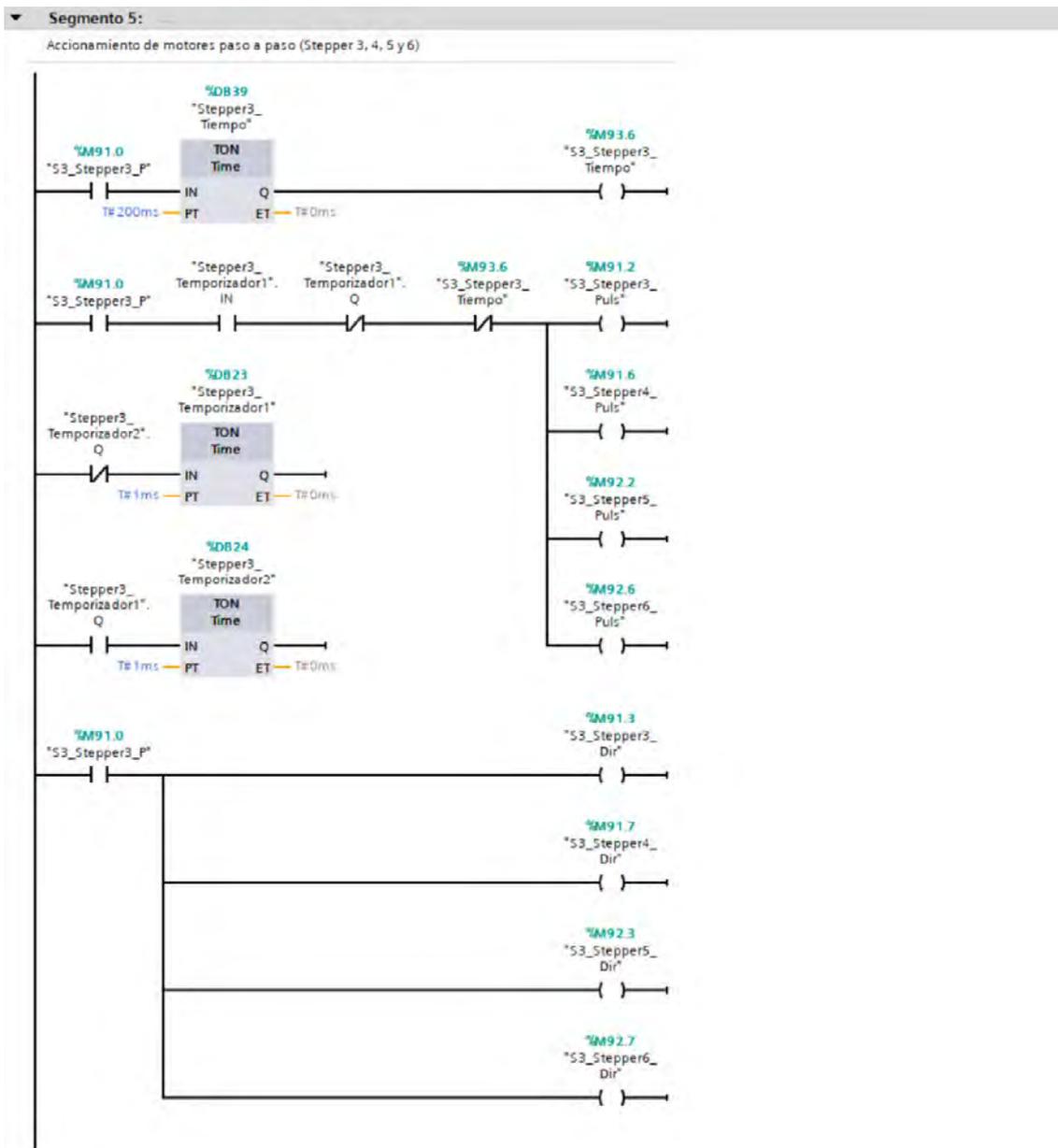
## Anexo 12

### Programación Ladder – Segmento 4: Accionamiento de motor paso a paso 2



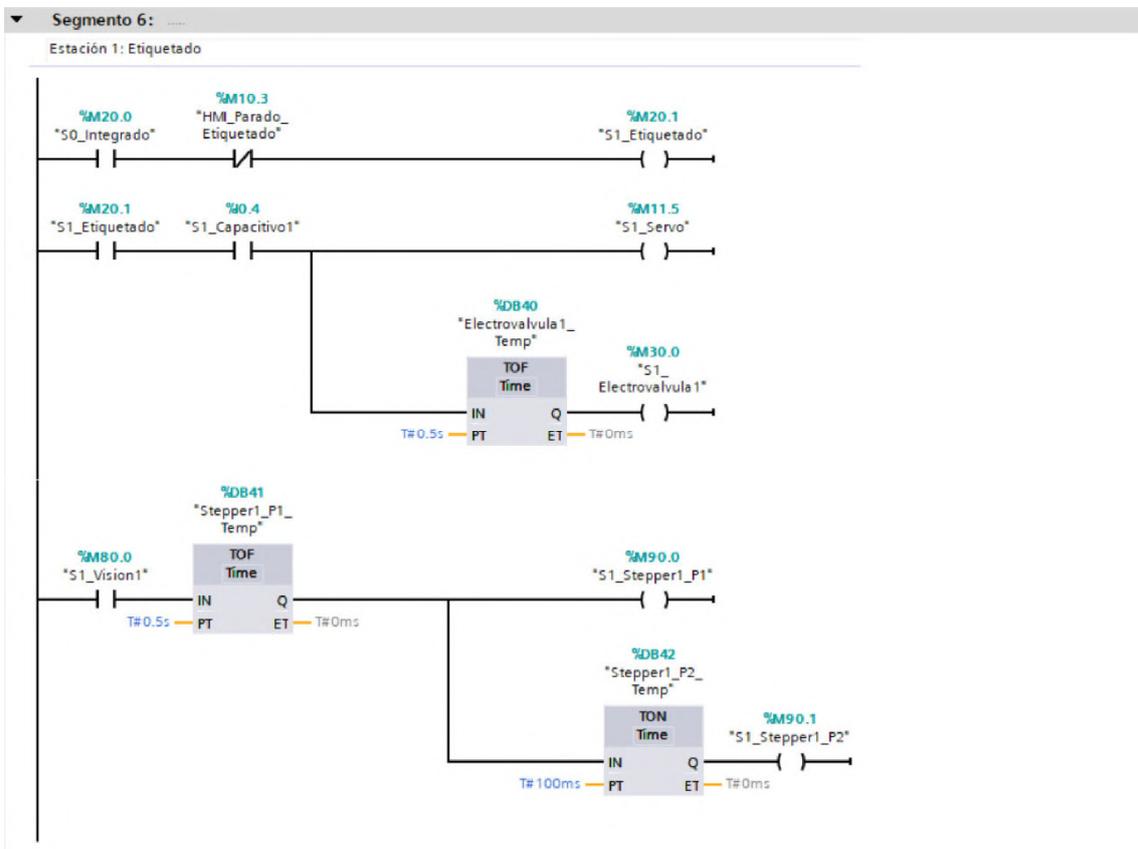
Anexo 13

Programación Ladder – Segmento 5.1: Accionamiento de motores paso a paso 3 – 6



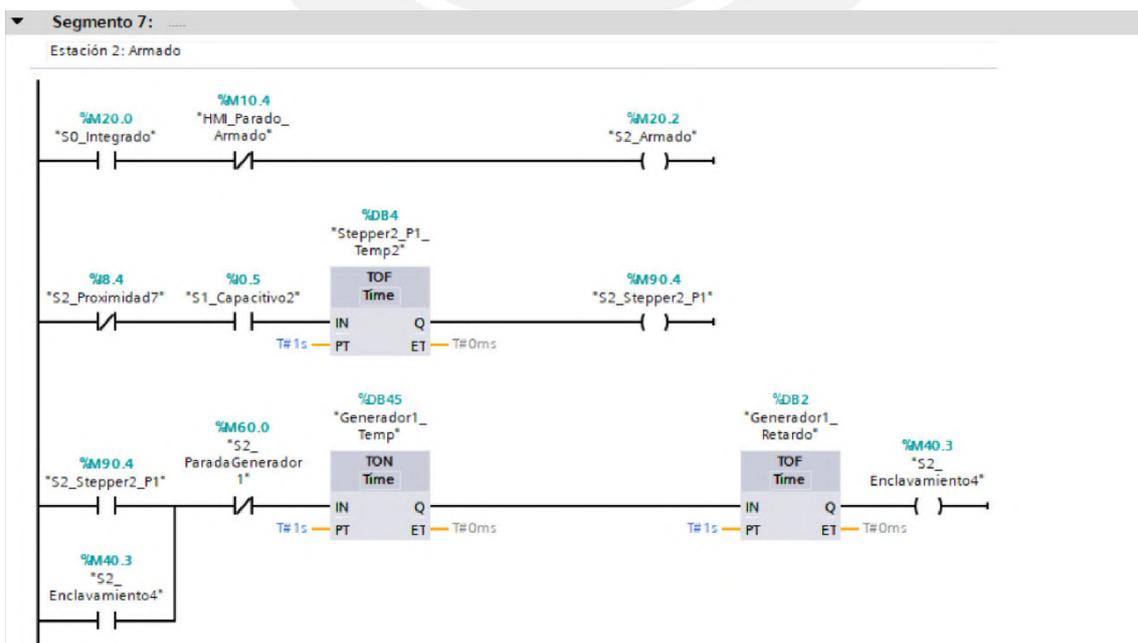
### Anexo 14

#### Programación Ladder – Segmento 6: Subsistema de etiquetado



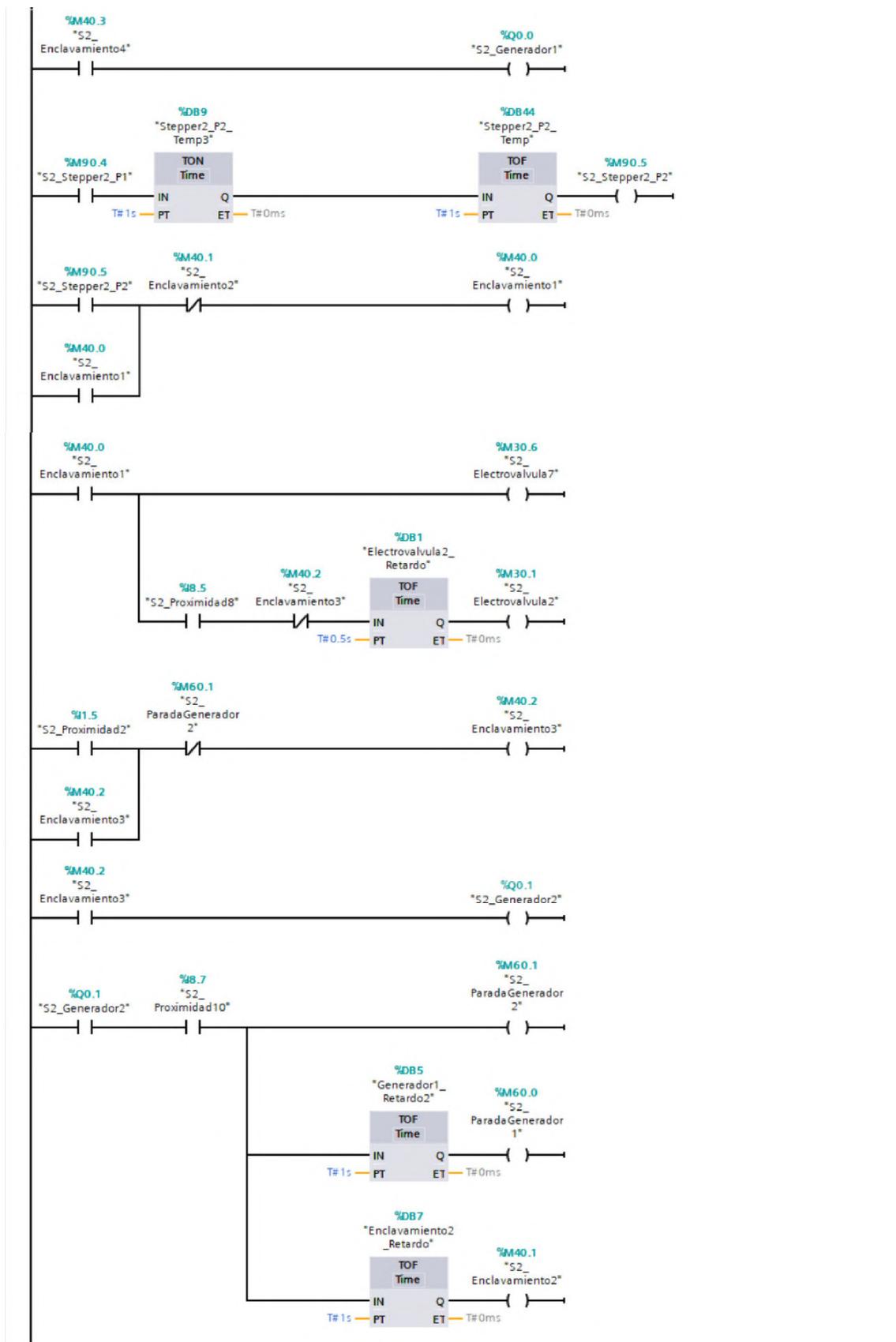
### Anexo 15

#### Programación Ladder – Segmento 7.1: Subsistema de armado



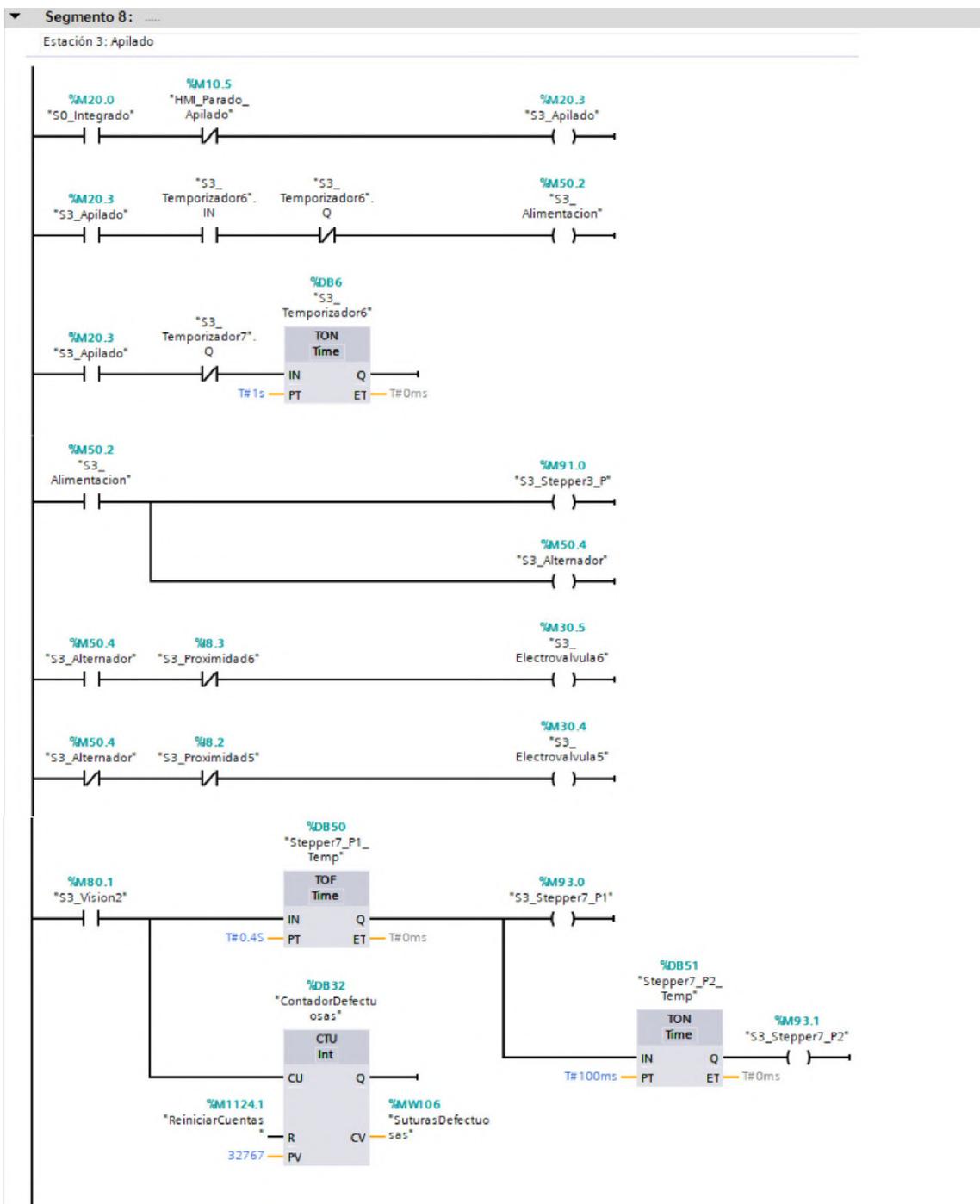
Anexo 16

Programación Ladder – Segmento 7.2: Subsistema de armado



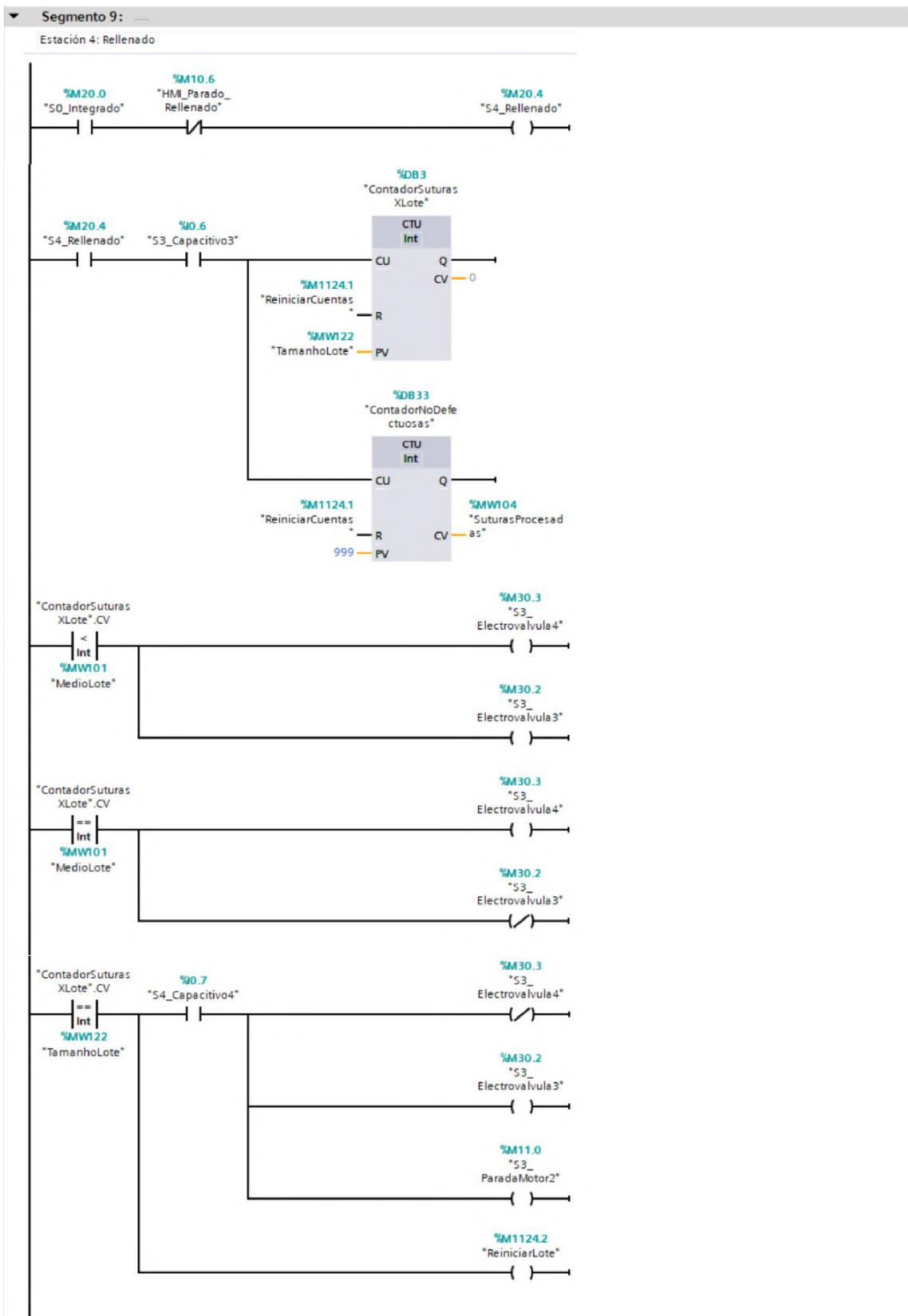
## Anexo 17

### Programación Ladder – Segmento 8: Subsistema de apilado



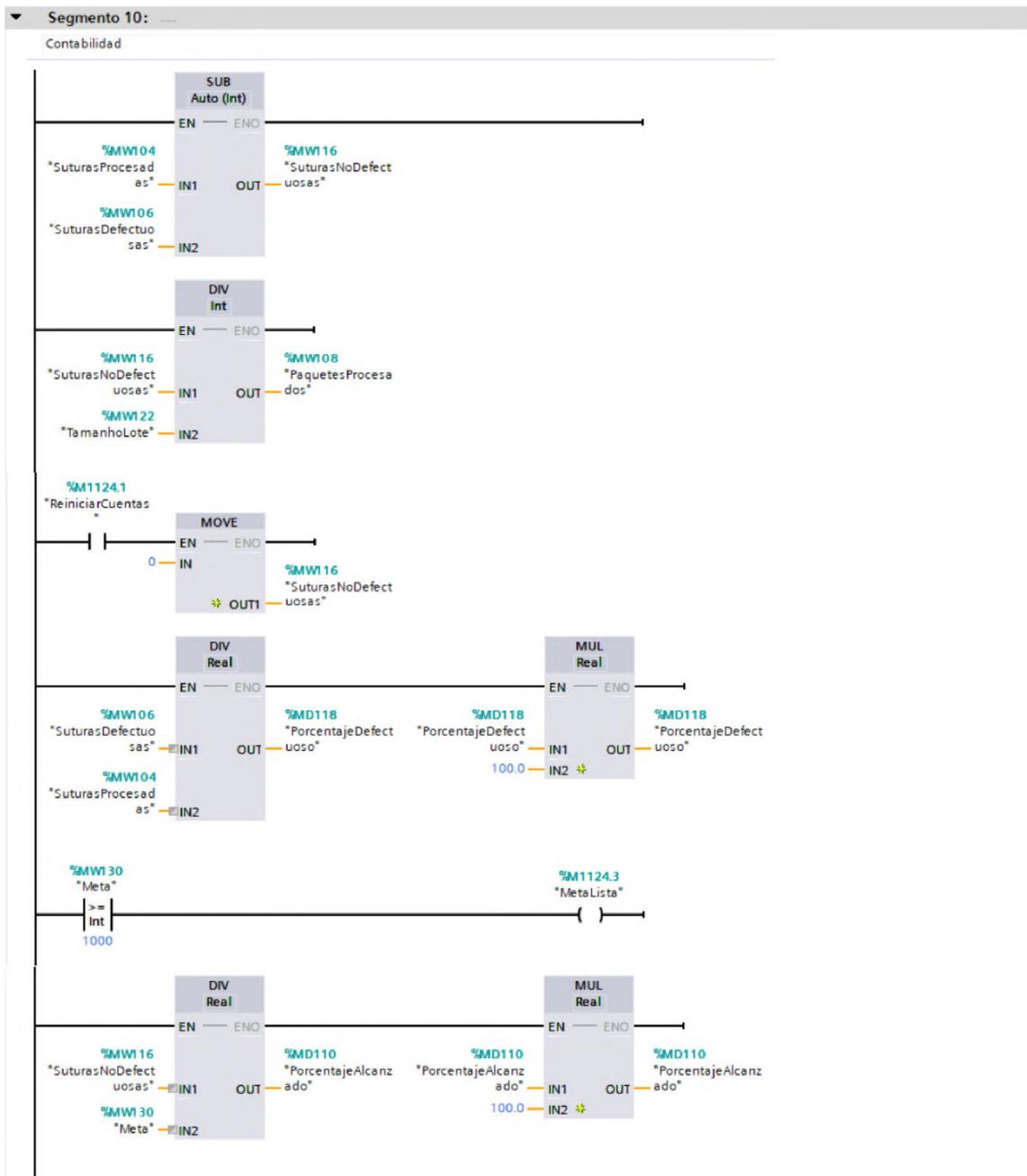
## Anexo 18

### Programación Ladder – Segmento 9: Operaciones matemáticas



## Anexo 19

### Programación Ladder – Segmento 10: Operaciones matemáticas



## Anexo 20

## Compatibilidad de puertos de software – electrónico

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
1.1	PLC (Señales de control)	21	24V1	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	L+	FNT1.24V
1.2			0V1	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	M	FNT1.0V
1.3			INICIO	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA0	PULS1.V+
1.4			PARADA	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA1	PULS2.V+
1.5			EMERG	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA2	PULS3.V+
1.6			CAP1	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA4	CAP1.OUT
1.7			CAP2	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA5	CAP2.OUT
1.8			CAP3	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA6	CAP3.OUT
1.9			CAP4	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIA7	CAP4.OUT
1.10			LAMP1	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIB0	LAMP1.V+
1.11			LAMP2	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIB1	LAMP2.V+
1.12			PROX1	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIB4	PROX1.OUT
1.13			PROX2	Control	15 DC	Pin	2.5	PLC.DIB5	PROX2.OUT
1.14	PF0	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PLC.EP0	SW.P0		
1.15	GEN1	Control	15 DC	Pin	2.5	GEN1.IN	PLC.DQA0		
1.16	GEN2	Control	15 DC	Pin	2.5	GEN2.IN	PLC.DQA1		
1.17	EV1	Control	15 DC	Pin	2.5	EV1.IN	PLC.DQA2		
1.18	EV2	Control	15 DC	Pin	2.5	EV2.IN	PLC.DQA3		
1.19	EV3	Control	15 DC	Pin	2.5	EV3.IN	PLC.DQA4		
1.20	EV4	Control	15 DC	Pin	2.5	EV4.IN	PLC.DQA5		
1.21	EV5	Control	15 DC	Pin	2.5	EV5.IN	PLC.DQA6		
1.22	EV6	Control	15 DC	Pin	2.5	EV6.IN	PLC.DQA7		
1.23	EV7	Control	15 DC	Pin	2.5	EV7.IN	PLC.DQB0		
2.1	Módulo de expansión	8	PROX3	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA0	PROX3.OUT
2.2			PROX4	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA1	PROX4.OUT

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
2.3	(Señales de control)		PROX5	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA2	PROX5.OUT
2.4			PROX6	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA3	PROX6.OUT
2.5			PROX7	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA4	PROX7.OUT
2.6			PROX8	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA5	PROX8.OUT
2.7			PROX9	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA6	PROX9.OUT
2.8			PROX10	Control	15 DC	Pin	2.5	EXP.DIA7	PROX10.OUT
3.1	Switch (Señales de control)	17	24V1	Alimentación	24 DC	Jack	5.5	SW.VCC	FNT1.24V
3.2			0V1	Alimentación	0 DC			SW.GND	FNT1.0V
3.3			PF0	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PLC.EP0	SW.P0
3.4			PF1	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	HMI.EP1	SW.P1
3.5			PF2	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	EV.EP2	SW.P2
3.6			PF3	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR1.EP3	SW.P3
3.7			PF4	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR2.EP4	SW.P4
3.8			PF5	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR3.EP5	SW.P5
3.9			PF6	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	VIS1.ZM12	SW.P6
3.10			PF7	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	VIS2.ZM12	SW.P7
3.11			PF8	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SERVO.EP8	SW.P8
3.12			PF9	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO1.EP9	SW.P9
3.13			PF10	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO2.EP10	SW.P10
3.14			PF11	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO3.EP11	SW.P11
3.15			PF12	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO4.EP12	SW.P12
3.16			PF13	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO5.EP13	SW.P13
3.17			PF14	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO6.EP14	SW.P14
3.18			PF15	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	PASO7.EP15	SW.P15
4.1	Sensores de visión (Señales de control)	6	24V2	Alimentación	24 DC	M12	20.2	VIS.M12_24V	FNT2.24V
4.2			0V2	Alimentación	0 DC			VIS.M12_GND	FNT2.0V
4.3			PF6	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	VIS1.ZM12	SW.P6
4.4									
4.5									

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
4.6			PF7	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	VIS2.ZM12	SW.P7
5.1	Controladores de motores paso a paso (Señales de control)							PASO1.VS+	
5.2								PASO2.VS+	
5.3								PASO3.VS+	
5.4		24V3	Alimentación	24 DC	Pin	2.5		PASO4.VS+	FNT3.24V
5.5								PASO5.VS+	
5.6								PASO6.VS+	
5.7								PASO7.VS+	
5.8								PASO1.VS-	
5.9								PASO2.VS-	
5.10								PASO3.VS-	
5.11		0V3	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	PASO4.VS-	FNT3.0V	
5.12							PASO5.VS-		
5.13							PASO6.VS-		
5.14							PASO7.VS-		
5.15			PASO_1_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP1.A+	PASO1.A+
5.16			PASO_1_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP1.A-	PASO1.A-
5.17			PASO_1_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP1.B+	PASO1.B+
5.18			PASO_1_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP1.B-	PASO1.B-
5.19			PASO_2_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP2.A+	PASO2.A+
5.20			PASO_2_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP2.A-	PASO2.A-
5.21			PASO_2_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP2.B+	PASO2.B+
5.22			PASO_2_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP2.B-	PASO2.B-
5.23			PASO_3_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP3.A+	PASO3.A+
5.24			PASO_3_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP3.A-	PASO3.A-
5.25			PASO_3_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP3.B+	PASO3.B+
5.26			PASO_3_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP3.B-	PASO3.B-
5.27			PASO_4_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP4.A+	PASO4.A+
5.28			PASO_4_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP4.A-	PASO4.A-

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
5.29			PASO_4_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP4.B+	PASO4.B+
5.30			PASO_4_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP4.B-	PASO4.B-
5.31			PASO_5_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP5.A+	PASO5.A+
5.32			PASO_5_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP5.A-	PASO5.A-
5.33			PASO_5_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP5.B+	PASO5.B+
5.34			PASO_5_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP5.B-	PASO5.B-
5.35			PASO_6_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP6.A+	PASO6.A+
5.36			PASO_6_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP6.A-	PASO6.A-
5.37			PASO_6_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP6.B+	PASO6.B+
5.38			PASO_6_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP6.B-	PASO6.B-
5.39			PASO_7_A+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP7.A+	PASO7.A+
5.40			PASO_7_A-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP7.A-	PASO7.A-
5.41			PASO_7_B+	Control	24 DC	Pin	2.5	STP7.B+	PASO7.B+
5.42			PASO_7_B-	Control	24 DC	Pin	2.5	STP7.B-	PASO7.B-
5.43			PF9	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P9	PASO1.EP9
5.44			PF10	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P10	PASO2.EP10
5.45			PF11	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P11	PASO3.EP11
5.46			PF12	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P12	PASO4.EP12
5.47			PF13	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P13	PASO5.EP13
5.48			PF14	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P14	PASO6.EP14
5.49			PF15	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SW.P15	PASO7.EP15
6.1	Controlador de servomotor (Señales de control)	7	L1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	SERVO.X1_L1	K4.4
6.2			L2	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	SERVO.X1_L2	K4.5
6.3			L3	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	SERVO.X1_L3	K4.6
6.4			PF8	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	SERVO.EP8	SW.P8

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
6.5			SERVO.X2	Control	24 DC	Pin (x4 del Motion-Connect)	2.5	SERVO.X2	PLC.X2
6.6			SERVO.X100	Control	24 DC	IX Siemens Pin (x2 del Motion-Connect)	-	SERVO.X100	X100
6.7			SERVO.X107	Control	24 DC	IX Siemens Pin (x2 del Motion-Connect)	2.5	SERVO.X107	X107
7.1	Controlador de motores de inducción (Señales de control)	15	L1	Alimentación	220	Pin	2.5	MOTOR1.X1_L1	K1.4
7.2					AC			MOTOR1.X1_L1	K1.5
7.3								MOTOR1.X1_L1	K1.6
7.4			L2	Alimentación	220	Pin	2.5	MOTOR2.X1_L2	K2.4
7.5					AC			MOTOR2.X1_L2	K2.5
7.6								MOTOR2.X1_L2	K2.6
7.7			L3	Alimentación	220	Pin	2.5	MOTOR3.X1_L3	K3.4
7.8					AC			MOTOR3.X1_L3	K3.5
7.9								MOTOR3.X1_L3	K3.6
7.10			PF3	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR1.EP3	SW.P3
7.11			PF4	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR2.EP4	SW.P4
7.12			PF5	Comunicación	2.5 DC	RJ45	-	MOTOR3.EP5	SW.P5
7.13			MOTOR.1	Control	220 AC	Pin (x9)	2.5	MOTOR1.X2	MOTOR1X2
7.14			MOTOR.2	Control	220 AC	Pin (x9)	2.5	MOTOR2.X2	MOTOR2.X2
7.15			MOTOR.3	Control	220 AC	Pin (x9)	2.5	MOTOR3.X2	MOTOR3.X2

## Anexo 21

## Compatibilidad de puertos de software – eléctrico

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor					
1.1	Interruptores diferenciales (Distribución eléctrica)	8	L1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	DIF1.1	380VAC.L1					
1.2			L2					DIF1.2	380VAC.L2					
1.3			L3					DIF1.3	380VAC.L3					
1.4			N					DIF1.N1	380VAC.N					
1.5			DIF1.4					MAGN1.1	DIF1.4					
1.6			DIF1.5					MAGN1.2	DIF1.L5					
1.7			DIF1.6					MAGN1.3	DIF1.L6					
1.8			DIF1.N2					MAGN1.N1	DIF1.N2					
1.9		DIF2.1	DIF2.1	MAGN1.4										
1.10		DIF2.2	DIF2.2	MAGN1.5										
1.11		DIF2.3	DIF2.3	MAGN1.6										
1.12		DIF2.N1	DIF2.N1	MAGN1.N2										
1.13		DIF2.4	8	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN2.1	DIF2.4					
1.14		DIF2.5						MAGN2.2	DIF2.5					
1.15		DIF2.6						MAGN2.3	DIF2.6					
1.16		DIF2.N2						MAGN2.N1	DIF2.N2					
1.17		DIF3.1						8	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	DIF3.1	MAGN1.4
1.18		DIF3.2											DIF3.2	MAGN1.5
1.19		DIF3.3	DIF3.3	MAGN1.6										
1.20		DIF3.N1	DIF3.N1	MAGN1.N2										
1.21		DIF3.4	MAGN3.1	DIF3.4										
1.22		DIF3.5	MAGN3.2	DIF3.5										
1.23		DIF3.6	MAGN3.3	DIF3.6										
1.24		DIF3.N2	MAGN3.N1	DIF3.N2										
1.25		DIF4.1	8	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	DIF4.1	MAGN1.4					
1.26		DIF4.2						DIF4.2	MAGN1.5					

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
1.27			DIF4.3					DIF4.3	MAGN1.6
1.28			DIF4.N1					DIF4.N1	MAGN1.N2
1.29			DIF4.4					MAGN4.1	DIF4.4
1.30			DIF4.5					MAGN4.2	DIF4.5
1.31			DIF4.6					MAGN4.3	DIF4.6
1.32			DIF4.N2					MAGN4.N1	DIF4.N2
1.33		8	DIF5.1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	DIF5.1	MAGN1.4
1.34			DIF5.2					DIF5.2	MAGN1.5
1.35			DIF5.3					DIF5.3	MAGN1.6
1.36			DIF5.N1					DIF5.N1	MAGN1.N2
1.37			DIF5.4					MAGN5.1	DIF5.4
1.38			DIF5.5					MAGN5.2	DIF5.5
1.39			DIF5.6					MAGN5.3	DIF5.6
1.40			DIF5.N2					MAGN5.N1	DIF5.N2
1.41			DIF6.1					DIF6.1	MAGN1.4
1.42		4	DIF6.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	DIF6.N1	MAGN.N2
1.43			DIF6.2					MAGN6.1	DIF6.2
1.44			DIF6.N2					MAGN6.N1	DIF6.N2
1.45			DIF7.1					DIF7.1	MAGN1.5
1.46		4	DIF7.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	DIF7.N1	MAGN1.N2
1.47			DIF7.2					MAGN7.1	DIF7.2
1.48			DIF7.N2					MAGN7.N1	DIF7.N2
1.49			DIF8.1					DIF8.1	MAGN1.6
1.50		4	DIF8.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	DIF8.N1	MAGN1.N2
1.51			DIF8.2					MAGN8.1	DIF8.2
1.52			DIF8.N2					MAGN8.N1	DIF8.N2
2.1	Interruptores		MAGN1.1					MAGN1.1	DIF1.4
2.2	termomagnéticos	8	MAGN1.2	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN1.2	DIF1.5
2.3	(Distribución eléctrica)		MAGN1.3					MAGN1.3	DIF1.6

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
2.4			MAGN1.N1					MAGN1.N1	DIF1.N2
2.5			MAGN1.4					DIF2.1, DIF3.1, DIF4.1, DIF5.1, DIF6.1	MAGN1.4
2.6			MAGN1.5					DIF2.2, DIF3.2, DIF4.2, DIF5.2, DIF7.1	MAGN1.5
2.7			MAGN1.6					DIF2.3, DIF3.3, DIF4.3, DIF5.3, DIF8.1	MAGN1.6
2.8			MAGN1.N2					DIF2.N1, DIF3.N1, DIF4.N1, DIF5.N1, DIF6.N1	MAGN1.N2
2.9			MAGN2.1					MAGN2.1	DIF2.4
2.10			MAGN2.2					MAGN2.2	DIF2.5
2.11			MAGN2.3					MAGN2.3	DIF2.6
2.12		8	MAGN2.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN2.N1	DIF2.N2
2.13			MAGN2.4					K1.1	MAGN1.4
2.14			MAGN2.5					K1.2	MAGN1.5
2.15			MAGN2.6					K1.3	MAGN1.6
2.16			MAGN2.N2					K1.N1	MAGN1.N2
2.17			MAGN3.1					MAGN3.1	DIF3.4
2.18			MAGN3.2					MAGN3.2	DIF3.5
2.19			MAGN3.3					MAGN3.3	DIF3.6
2.20		8	MAGN3.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN3.N1	DIF3.N2
2.21			MAGN3.4					K2.1	MAGN3.4
2.22			MAGN3.5					K2.2	MAGN3.5
2.23			MAGN3.6					K2.3	MAGN3.6
2.24			MAGN3.N2					K2.N1	MAGN1.N2
2.25			MAGN4.1					MAGN4.1	DIF4.4
2.26		8	MAGN4.2	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN4.2	DIF4.5
2.27			MAGN4.3					MAGN4.3	DIF4.6
2.28			MAGN4.N1					MAGN4.N1	DIF4.N2

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
2.29			MAGN4.4					K3.1	MAGN4.4
2.30			MAGN4.5					K3.2	MAGN4.5
2.31			MAGN4.6					K3.3	MAGN4.6
2.32			MAGN4.N2					K3.N1	MAGN1.N2
2.33			MAGN5.1					MAGN5.1	DIF5.4
2.34			MAGN5.2					MAGN5.2	DIF5.5
2.35			MAGN5.3					MAGN5.3	DIF5.6
2.36		8	MAGN5.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	MAGN5.N1	DIF5.N2
2.37			MAGN5.4					K4.1	MAGN5.4
2.38			MAGN5.5					K4.2	MAGN5.5
2.39			MAGN5.6					K4.3	MAGN5.6
2.40			MAGN5.N2					K4.N1	MAGN5.N2
2.41			MAGN6.1					MAGN6.1	DIF6.2
2.42		4	MAGN6.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	MAGN6.N1	DIF6.N2
2.43			MAGN6.2					FNT1.IN	MAGN6.2
2.44			MAGN6.N2					FNT1.GND	MAGN6.N2
2.45			MAGN7.1					MAGN7.1	DIF7.2
2.46		4	MAGN7.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	MAGN7.N1	DIF7.N2
2.47			MAGN7.2					FNT2.IN	MAGN7.2
2.48			MAGN7.N2					FNT2.GND	MAGN7.N2
2.49			MAGN8.1					MAGN8.1	DIF8.2
2.50		4	MAGN8.N1	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	MAGN8.N1	DIF8.N2
2.51			MAGN8.2					FNT3.IN	MAGN8.2
2.52			MAGN8.N2					FNT3.GND	MAGN8.N2
3.1	Contactores (Distribución eléctrica)		K1.1					K1.1	MAGN2.4
3.2			K1.2					K1.2	MAGN2.5
3.3		8	K1.3	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	K1.3	MAGN2.6
3.4			K1.N1					K1.N1	MAGN2.N2
3.5			K1.4					MOTOR1.X1_L1	K1.4

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor
3.6			K1.5					MOTOR1.X1_L2	K1.5
3.7			K1.6					MOTOR1.X1_L3	K1.6
3.8			K1.N2					MOTOR1.X1_N	K1.N2
3.9			K2.1					K2.1	MAGN3.4
3.10			K2.2					K2.2	MAGN3.5
3.11			K2.3					K2.3	MAGN3.6
3.12		8	K2.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	K2.N1	MAGN1.N2
3.13	K2.4		MOTOR2.X1_L1					K2.4	
3.14	K2.5		MOTOR2.X1_L2					K2.5	
3.15	K2.6		MOTOR2.X1_L3					K2.6	
3.16	K2.N2		MOTOR2.X1_N					K2.N2	
3.17	K3.1		K3.1					MAGN4.4	
3.18	K3.2		K3.2					MAGN4.5	
3.19	K3.3		K3.3					MAGN4.6	
3.20		8	K3.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	K3.N1	MAGN4.N2
3.21	K3.4		MOTOR3.X1_L1					K3.4	
3.22	K3.5		MOTOR3.X1_L2					K3.5	
3.23	K3.6		MOTOR3.X1_L3					K3.6	
3.24	K3.N2		MOTOR3.X1_N					K3.N2	
3.25	K4.1		K4.1					MAGN5.4	
3.26	K4.2		K4.2					MAGN5.5	
3.27	K4.3		K4.3					MAGN5.6	
3.28		8	K4.N1	Alimentación	380 AC	Pin	2.5	K4.N1	MAGN5.N2
3.29	K4.4		SERVO.X1_L1					K4.4	
3.30	K4.5		SERVO.X1_L2					K4.5	
3.31	K4.6		SERVO.X1_L3					K4.6	
3.32	K4.N2		SERVO.X1_N					K4.N2	
4.1	Pulsadores (Accionamiento eléctrico)		6					PULS1.V+	Alimentación
4.2		PUSL1.V-		Alimentación	0 DC	Pin	2.5	PULS1.V-	PLC.GND

ID	Dispositivo	Conexiones	Nombre	Función	Voltaje (V)	Tipo	Tamaño (mm <sup>2</sup> )	Receptor	Transmisor		
4.3			PULS1.V+	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	PULS2.V+	PLC.DIA1		
4.4			PUSL1.V-	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	PULS2.V-	PLC.GND		
4.5			PULS1.V+	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	PULS3.V+	PLC.DIA2		
4.6			PUSL1.V-	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	PULS3.V-	PLC.GND		
5.1	Lámparas (Luces de señalización)	4	T.GRE.V+	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	T.GRE.V+	PLC.DQB0		
5.2			T.GRE.V-	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	T.GRE.V-	PLC.GND		
5.3			T.RED.V+	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	T.RED.V+	PLC.DQB1		
5.4			T.RED.V-	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	T.RED.V-	PLC.GND		
6.1	Fuentes de alimentación (Distribución eléctrica)	12	FNT1.L	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	FNT1.L	MAGN6.2		
6.2			FNT1.N	Alimentación		Pin	2.5	FNT1.N	MAGN6.N2		
6.3			FNT1.24V	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	PLC.L+, HMIL+	FNT1.24V		
6.4			FNT1.0V	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	PLC.M, HMI.M	FNT1.0V		
6.5			FNT2.L	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	FNT2.L	MAGN7.2		
6.6			FNT2.N	Alimentación		Pin	2.5	FNT2.N	MAGN7.N2		
6.7			FNT2.24V	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	VIS. M12_24V	FNT2.24V		
6.8			FNT2.0V	Alimentación	0 DC	Pin	2.5		FNT2.0V		
6.9			FNT3.L	Alimentación	220 AC	Pin	2.5	VIS. M12_GND	MAGN8.2		
6.10			FNT3.N	Alimentación		Pin	2.5	FNT3.N	MAGN8.N2		
6.11					FNT3.24V	Alimentación	24 DC	Pin	2.5	PASO1.VS+, PASO2.VS+, PASO3.VS+, PASO4.VS+, PASO5.VS+, PASO6.VS+, PASO7.VS+	FNT3.24V
6.12					FNT3.0V	Alimentación	0 DC	Pin	2.5	PASO1.VS-, PASO2.VS-, PASO3.VS-, PASO4.VS-, PASO5.VS-, PASO6.VS-, PASO7.VS-	FNT3.0V

**Anexo 22***Costo de sensores*

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Sensores de proximidad	Festo	SMT-8M-A	8	40,00	320,00
Sensores de proximidad	Festo	SMT-10M-NS	2	40,00	80,00
Sensor capacitivo	Autonics	CR30-15DN2	4	90,00	360,00
Sensor de visión	Festo	SBSI-Q-RB3-F6- NR	2	1.500,00	3.000,00
Total					3.760,00

**Anexo 23***Costo de equipos de distribución eléctrica*

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Fuente de alimentación regulada	Schneider	ABL 8RPS24200	3	240,00	720,00
Interruptor termomagnético	Schneider	Acti 9 IK60N 25A	1	55,00	55,00
Interruptor termomagnético	Schneider	Acti 9 IK60N 10A	4	40,00	160,00
Interruptor termomagnético	Schneider	Acti 9 IK60N 6 A	2	20,00	40,00
Interruptor termomagnético	Schneider	Acti 9 IK60N 13 A	1	30,00	30,00
Interruptor diferencial	Schneider	Acti 9 Tipo AC 25A	5	150,00	750,00
Interruptor diferencial	Schneider	Acti 9 Tipo AC 16A	3	35,00	105,00
Contactador	Schneider	Acti 9 iCT 25A	4	180,00	720,00
Total					2.580,00

**Anexo 24***Costo de actuadores*

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Cilindro neumático	Festo	DSNU-S-8-10-P-A	2	40,00	80,00
Cilindro neumático	Festo	DSNU-S-8-60-P-A	2	50,00	100,00
Cilindro neumático	Festo	DSNU-16-100-P-A	1	65,00	65,00
Cilindro neumático	Festo	DSNU-16-150-P-A	1	65,00	65,00
Guía neumática	Festo	SLG-8-300-P-A	1	250,00	250,00
Terminal de electroválvulas	Festo	VTUG-10-VRLK-B1T-G18L-UL-CS-7J	1	300,00	300,00
Generador de vacío	Festo	VN-05-H-T3-PQ2-VQ2-RO1-B	2	162,00	324,00
Conjunto de aspiración	Festo	ESG-50-SF-HB-QS	2	75,00	150,00
Servomotor	Siemens	SIMOTICS S-1FK2	1	600,00	600,00
Caja reductora para servomotor	Siemens	NRB060	1	50,00	50,00
Controlador de servomotor	Siemens	SINAMICS 210	1	800,00	800,00
Motorreductor	Siemens	SIMOGEAR 1LE71MB4E	3	800,00	2.400,00
Controlador de motorreductor	Siemens	SINAMICS G115D	3	800,00	2.400,00
Motor paso a paso	Stepper online	NEMA 14	7	15,00	105,00
Controlador de motor paso a paso	Toshiba	TB6600HG	7	15,00	105,00
Pulsador	Schneider	Harmony XB5 ZB5AW343	2	15,00	30,00
Pulsador de emergencia	Schneider	Harmony XB5 XB5AT842	1	25,00	25,00
Torre de luz LED	Schneider	Harmony XVM XVMB2RGSSB	1	240,00	240,00
<b>Total</b>					<b>8.089,00</b>

**Anexo 25***Costo de equipos de control*

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
PLC	Siemens	S7-1200	1	900,00	900,00
HMI	Siemens	KTP700 Basic	1	740,00	740,00
Módulo de entradas digitales	Siemens	SM 1221	1	200,00	200,00
Switch	D-LINK	DGS-1016C	1	200,00	200,00
<b>Total</b>					<b>2.040,00</b>



**Anexo 29***Costo de pernos, arandelas y tuercas*

Descripción	Tamaño	Longitud	Norma	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Perno	M10	16,00		8		
Perno	M10	20,00	ISO 4762	4		
Perno	M10	25,00		8		
Perno	M10	30,00		4		
Subtotal					24	0,16
Perno	M12	90,00	ISO 4017	4		
Perno	M2	12,00	ISO 4762	2		
Perno	M2.5	6,00		2		
Perno	M3	5,00	ISO 4029	10		
Perno	M3	6,00		51		
Perno	M3	8,00		23		
Perno	M3	10,00		1		
Perno	M3	12,00	ISO 4762	33		
Perno	M3	16,00		16		
Perno	M3	25,00		6		
Subtotal				140	0,16	22,40
Perno	M4	6,00		4		
Perno	M4	12,00		2		
Perno	M4	16,00	ISO 4762	24		
Perno	M4	20,00		2		
Perno	M4	30,00		5		
Subtotal				37	0,16	5,92
Perno	M5	8,00		4		
Perno	M5	25,00	ISO 4762	8		
Perno	M5	45,00		7		
Perno	M5	50,00		9		
Subtotal				28	0,16	4,48
Perno	M6	10,00	ISO 4762	2		
Perno	M6	20,00		3		
Subtotal				5	0,16	0,80
Perno	M8	20,00	ISO 4762	23	0,16	3,68
Perno	M8	55,00		2		
Perno	M8	70,00	DIN 933	4		
Perno	M8	95,00		8		
Subtotal				37	0,16	5,92
Arandela plana	4,00		ISO 7089	17	0,10	1,70
Arandela plana	6,00			2	0,10	0,20
Tuerca	M10			4	0,12	0,48
Tuerca	M12			4	0,12	0,48
Tuerca	M2			2	0,12	0,24
Tuerca	M3		ISO 4032	73	0,12	8,76
Tuerca	M4			31	0,12	3,72
Tuerca	M5			10	0,12	1,20
Tuerca	M6			3	0,12	0,36
Tuerca	M8		ISO 4035	59	0,12	7,08
Total						

**Anexo 30***Costo de impresión 3D*

Descripción	Material	Peso (kg)	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Fijador	Plástico ABS	0,02	1,00	21,00	0,42
Plataforma móvil 1	Plástico ABS	0,07	1,00	21,00	1,47
Soporte de sensor capacitivo	Plástico ABS	0,02	2,00	21,00	0,84
Separador	Plástico ABS	0,02	2,00	21,00	0,84
Pieza roscada	Plástico ABS	0,25	4,00	21,00	21,00
Tope	Plástico ABS	0,01	2,00	21,00	0,42
Total					24,99

**Anexo 31***Costo de perfiles metálicos*

Perfil	Longitud total (mm)	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Tubo 80mm x 1mm	340,00	1	55,00	55,00
Cuadrado 30x30x2	11.073,00	3	20,00	60,00
L 120x80x8	5.640,00	1	116,00	116,00
Total				201,00

## PLANOS MECÁNICOS

- Plano 0. Diseño integrado
- Plano 1. Etiquetado
  - Plano 1.1. Alimentador
    - Plano 1.1.1. Soporte derecho e izquierdo
    - Plano 1.1.2. Alimentador derecho e izquierdo
    - Plano 1.1.3. Fijador
    - Plano 1.1.4. Eje
    - Plano 1.1.5. Manivela para ruedas de presión
    - Plano 1.1.6. Soporte para ruedas de presión
  - Plano 1.2. Etiquetadora superior
    - Plano 1.2.1. Pistón
      - Plano 1.2.1.1. Parte fija
        - Plano 1.2.1.1.1. Soporte fijo
        - Plano 1.2.1.1.2. Guía de rodamiento
        - Plano 1.2.1.1.3. Fijador de rodamiento
      - Plano 1.2.1.2. Parte móvil 1
      - Plano 1.2.1.3. Parte móvil 2
        - Plano 1.2.1.3.1. Placa
        - Plano 1.2.1.3.2. Guía central
        - Plano 1.2.1.3.3. Guías eje
      - Plano 1.2.1.4. Soporte de cilindro
    - Plano 1.2.2. Soporte de rodillos derecho
    - Plano 1.2.3. Soporte de rodillos izquierdo
    - Plano 1.2.4. Soporte de guías
      - Plano 1.2.4.1. Soporte de guías inferior
      - Plano 1.2.4.2. Soporte de guías lateral
    - Plano 1.2.5. Cilindro motorizado
    - Plano 1.2.6. Soporte para servomotor
      - Plano 1.2.6.1. Soporte inferior
      - Plano 1.2.6.2. Fijador de motor
      - Plano 1.2.6.3. Fijador de soporte
    - Plano 1.2.7. Soporte para etiquetadora
  - Plano 1.3. Faja transportadora 1
    - Plano 1.3.1. Estructura de faja transportadora 1
    - Plano 1.3.2. Mesa de soporte 1
    - Plano 1.3.3. Cilindro motriz 1
      - Plano 1.3.3.1. Eje motriz 1
      - Plano 1.3.3.2. Manzana 1
      - Plano 1.3.3.3. Tapa lateral 1
      - Plano 1.3.3.4. Camisa 1
    - Plano 1.3.4. Cilindro de retorno 1
      - Plano 1.3.4.1. Eje de retorno 1
    - Plano 1.3.5. Rodamiento tensor
      - Plano 1.3.5.1. Tensor fijo
      - Plano 1.3.5.2. Tensor móvil
    - Plano 1.3.6. Soporte móvil para motor 1
      - Plano 1.3.6.1. Soporte inferior móvil 1

- Plano 1.3.6.2. Soporte superior móvil 1
- Plano 1.3.7. Soporte fijo para motor 1
- Plano 1.4. Soporte de sensor capacitivo 1
- Plano 1.5. Separador
- Plano 2. Armado
  - Plano 2.1. Estructura para mesa de soporte
  - Plano 2.2. Mesa de soporte
  - Plano 2.3. Bandeja de armado
    - Plano 2.3.1. Bandeja
    - Plano 2.3.2. Soporte de bandeja
  - Plano 2.4. Plataforma móvil 1
    - Plano 2.4.1. Base para plataforma
    - Plano 2.4.2. Fijador para motor
    - Plano 2.4.3. Pieza móvil
  - Plano 2.5. Plataforma móvil 2
    - Plano 2.5.1. Soporte para cilindro
    - Plano 2.5.2. Acople para cilindro
- Plano 3. Apilado
  - Plano 3.1. Faja transportadora 2
    - Plano 3.1.1. Estructura para faja transportadora 2
    - Plano 3.1.2. Mesa de soporte 2
    - Plano 3.1.3. Cilindro motriz 2
      - Plano 3.1.3.1. Eje motriz 2
      - Plano 3.1.3.2. Camisa 2
    - Plano 3.1.4. Cilindro de retorno 2
      - Plano 3.1.4.1. Eje de retorno 2
    - Plano 3.1.5. Soporte móvil para motor 2
      - Plano 3.1.5.1. Soporte inferior móvil 2
      - Plano 3.1.5.2. Soporte superior móvil 2
    - Plano 3.1.6. Soporte fijo para motor 2
  - Plano 3.2. Alimentador de suturas
    - Plano 3.2.1. Soporte de alimentador
    - Plano 3.2.2. Guía vertical
    - Plano 3.2.3. Pieza roscada
    - Plano 3.2.4. Soporte para cilindros
    - Plano 3.2.5. Fijador para cilindro
    - Plano 3.2.6. Tope
  - Plano 3.3. Apilador
    - Plano 3.3.1. Soporte de apilador
      - Plano 3.3.1.1. Soporte superior
      - Plano 3.3.1.2. Soporte inferior
      - Plano 3.3.1.3. Viga soporte
    - Plano 3.3.2. Guía lateral derecha
    - Plano 3.3.3. Guía lateral izquierda
    - Plano 3.3.4. Separador de lotes
  - Plano 3.4. Guía principal
  - Plano 3.5. Guía de derivación
- Plano 4. Rellenado
  - Plano 4.1. Estructura para cadenas transportadoras
    - Plano 4.1.1. Soporte exterior

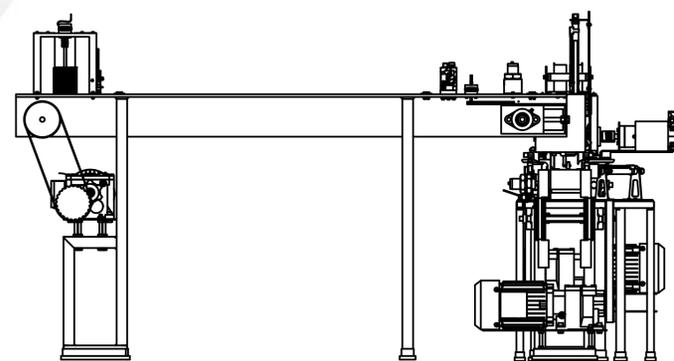
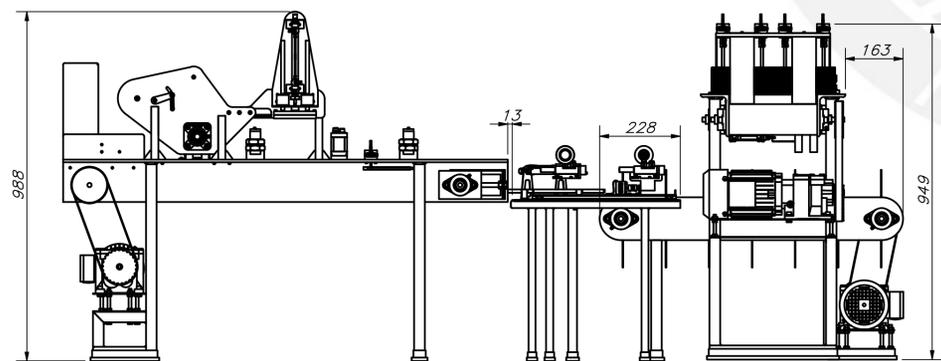
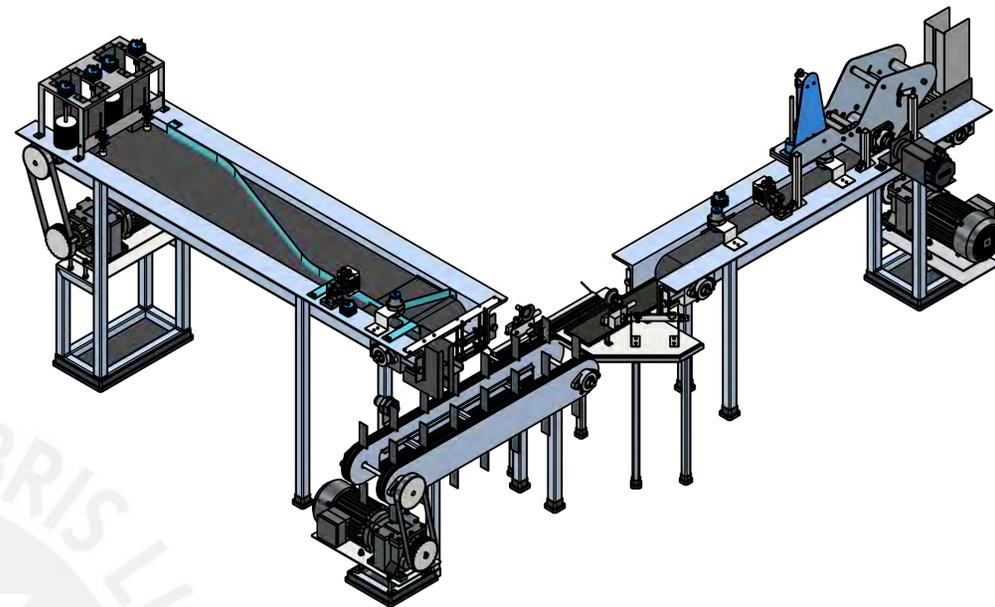
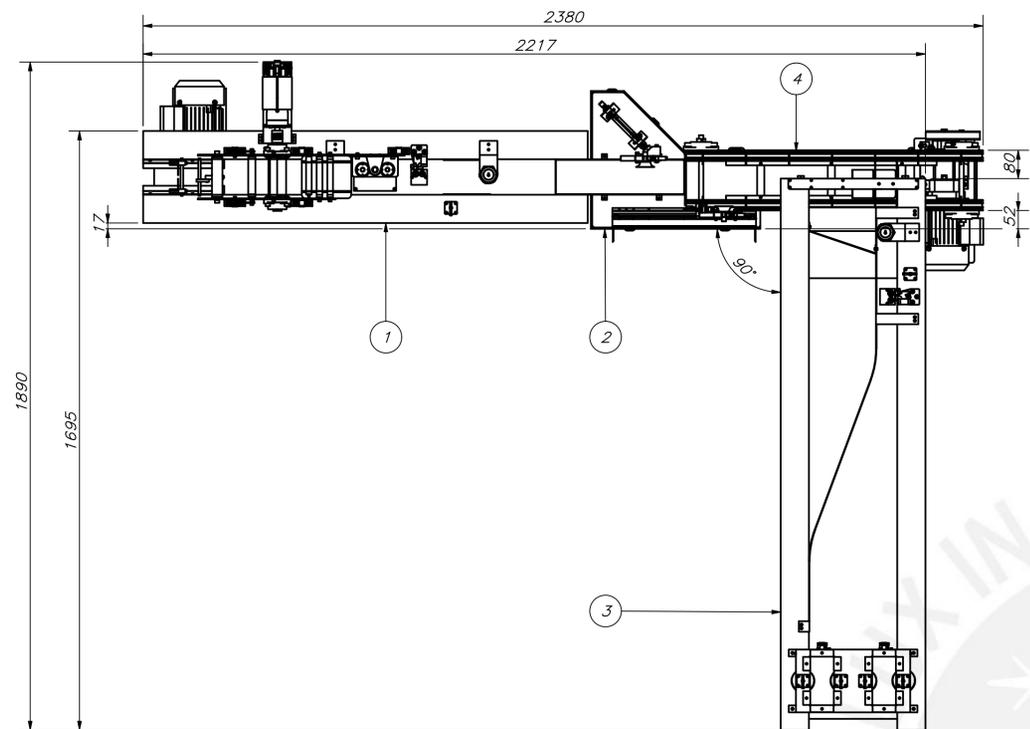
- Plano 4.1.2. Soporte interior
- Plano 4.2. Eje para cadenas
  - Plano 4.2.1. Soporte móvil para motor 3
    - Plano 4.2.1.1. Soporte inferior móvil 3
    - Plano 4.2.1.2. Soporte superior móvil 3
  - Plano 4.2.2. Soporte para sensor capacitivo 2
- Plano 5. Tablero de control



**PLANOS ELECTRÓNICOS**

Plano 1. EE1 – A3: 1 – 5  
Plano 2. EE2 – A3: 6 – 8

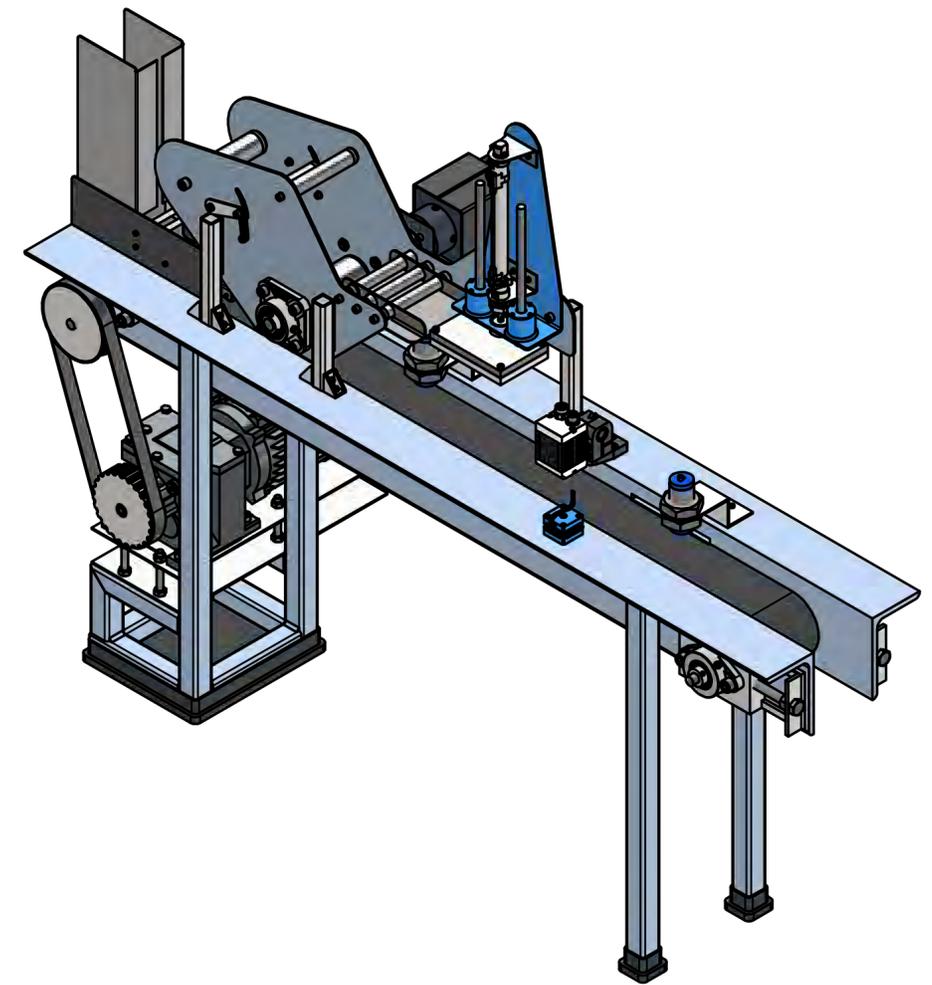
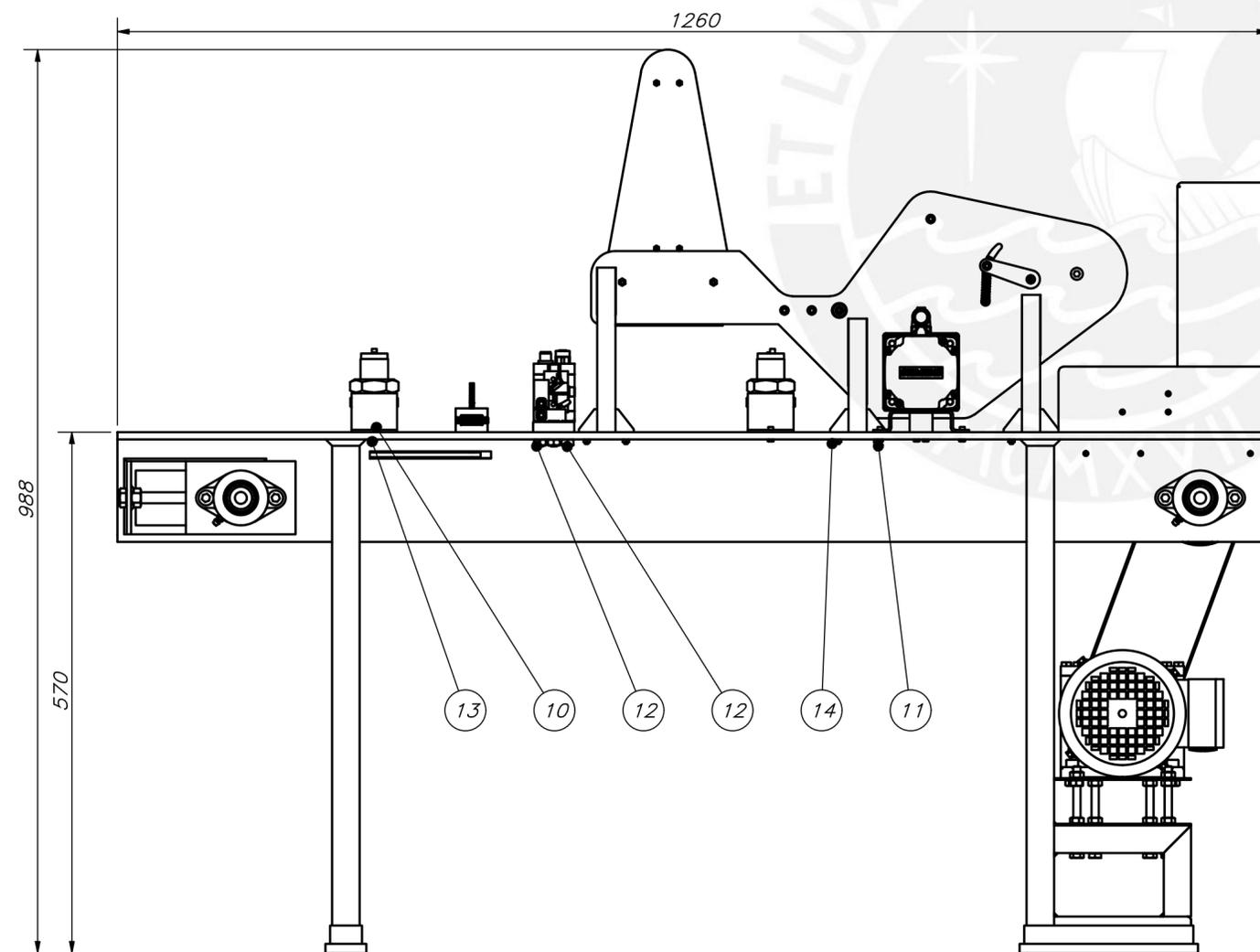
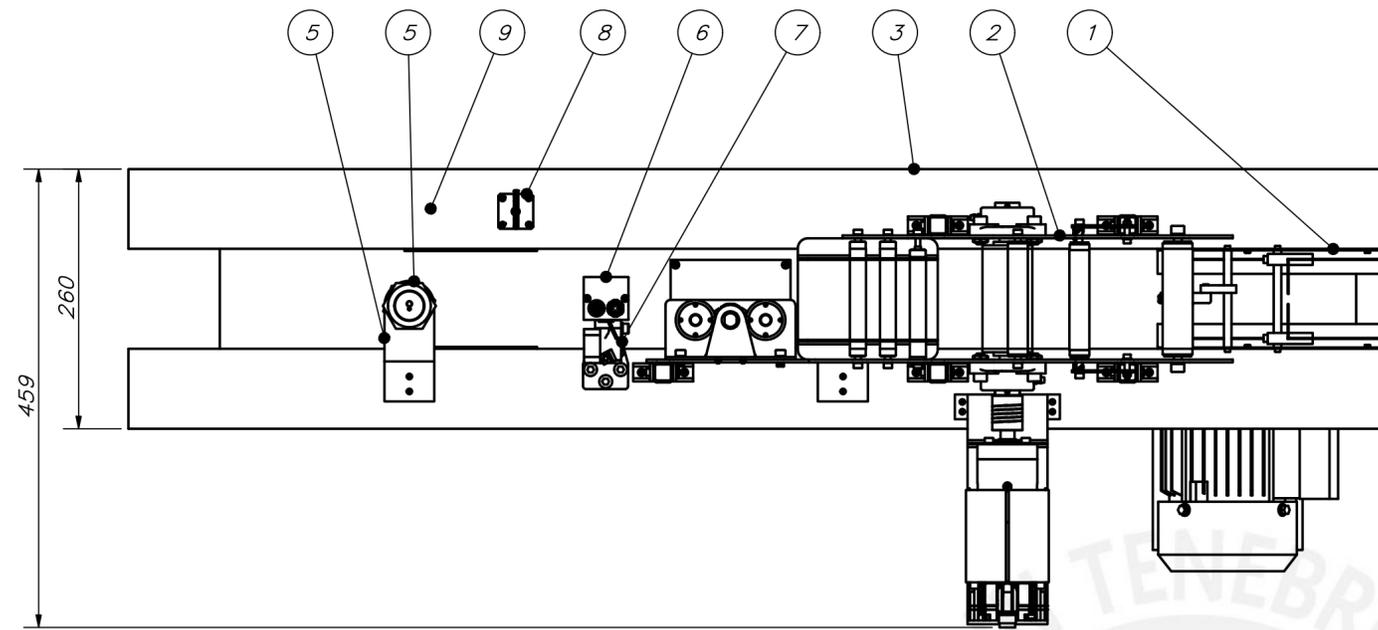




4	1	Rellenado			SUB ENSAMBLE
3	1	Apilado			SUB ENSAMBLE
2	1	Armado			SUB ENSAMBLE
1	1	Etiquetado			SUB ENSAMBLE

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS				ESCALA
	<b>ENSAMBLE GENERAL</b>				<b>1:5</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO				FECHA: 2022.06.05
					LÁMINA: A1

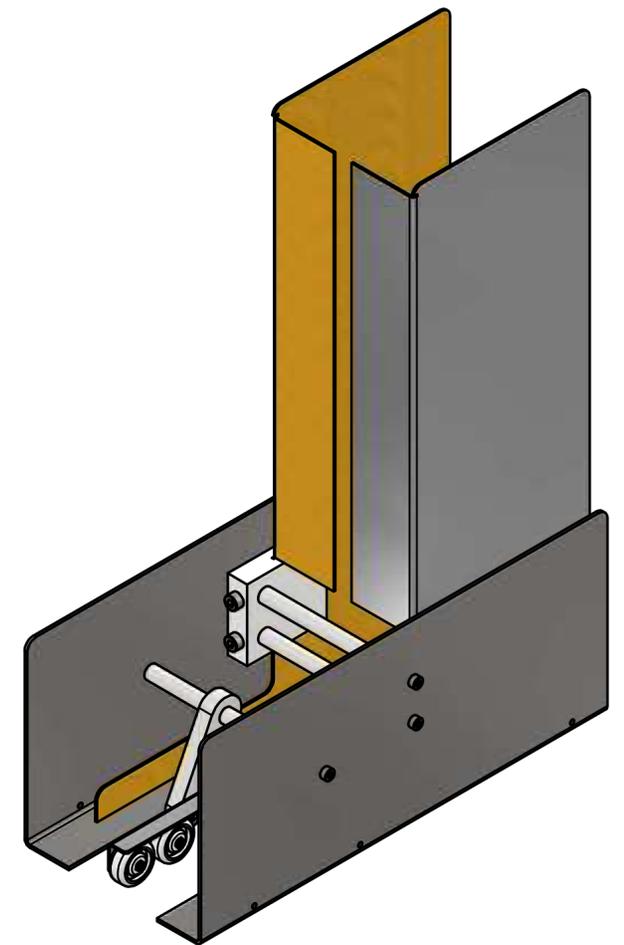
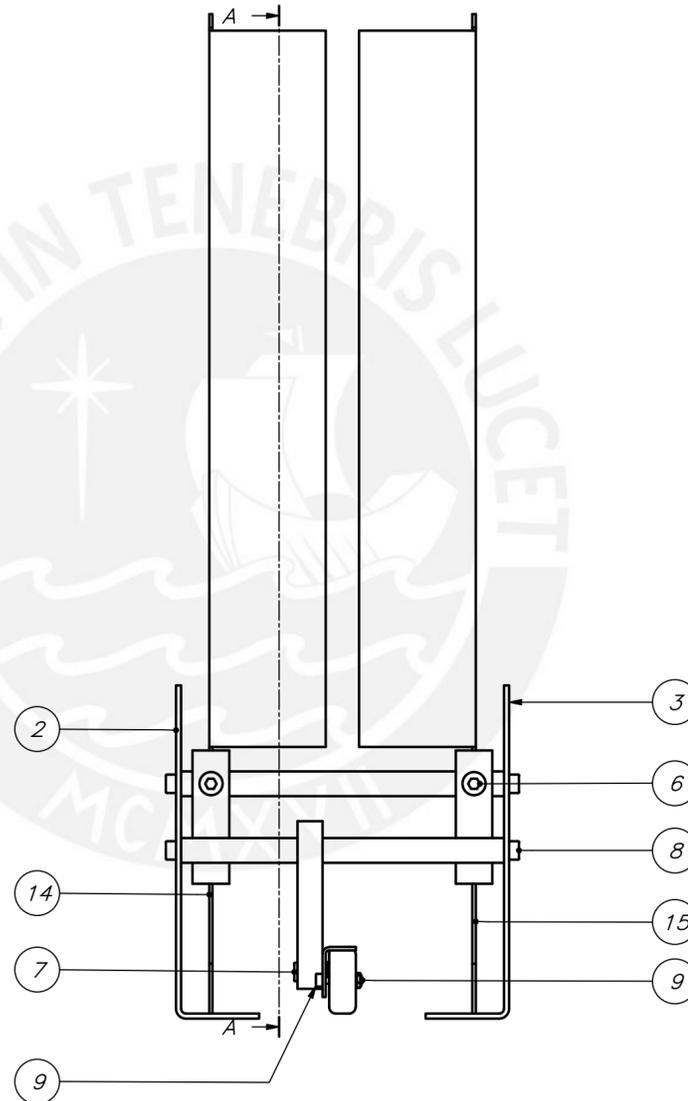
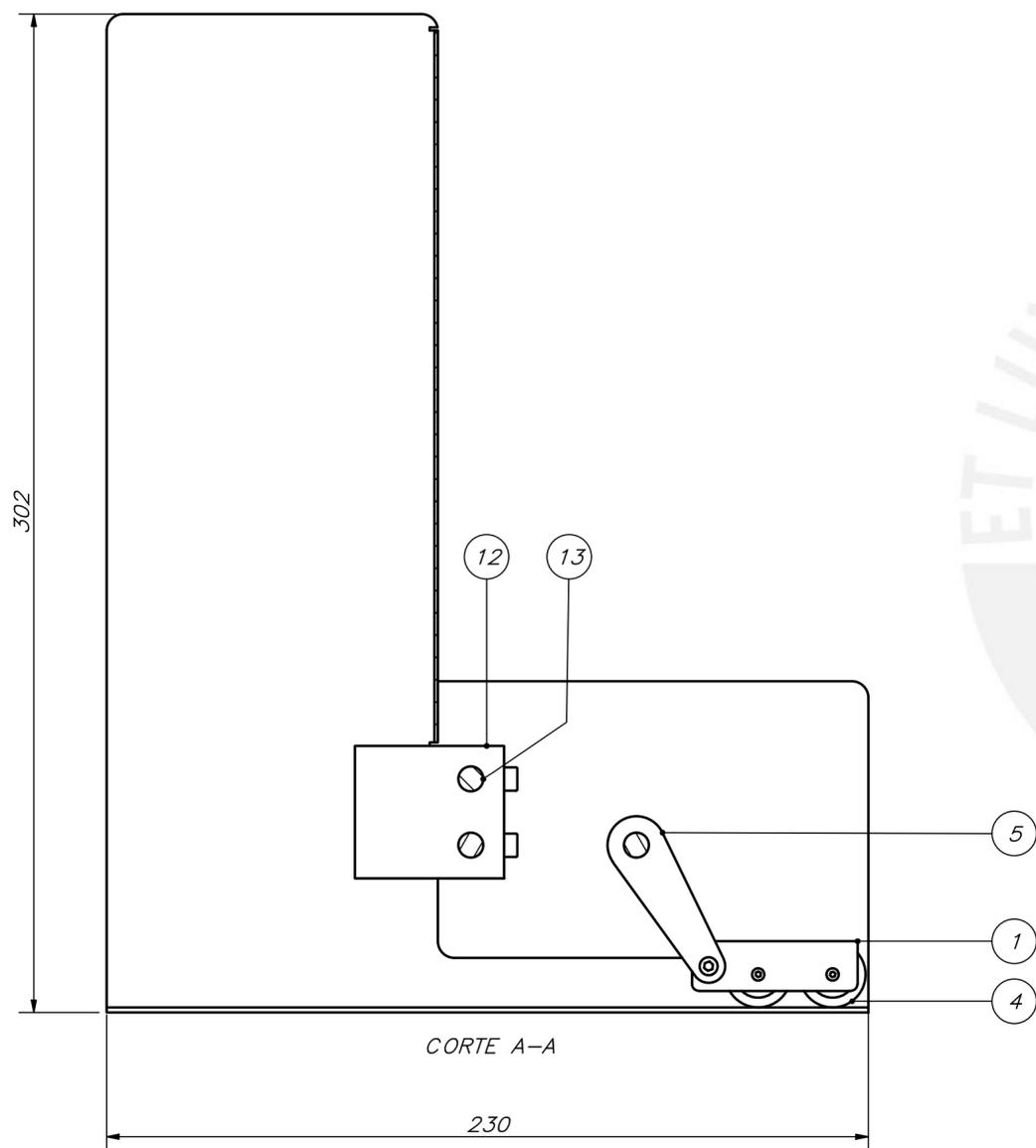


15	3	ISO 4032 - M8	ISO 4032	440C	
14	10	ISO 4032 - M4	ISO 4032	440C	
13	16	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
12	3	ISO 4762 - M8 x 20	ISO 4762	440C	
11	10	ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	440C	
10	20	ISO 4762 - M3 x 12	ISO 4762	440C	
9	1	Separador		Plástico ABS	
8	1	Motor paso a paso NEMA 14			SCHNEIDER-ELECTRIC
7	1	Soporte de sensor de visión			
6	1	Sensor de visión			FESTO
5	2	Soporte de sensor capacitivo		Plástico ABS	AUTONICS
4	2	Sensor capacitivo			
3	1	Faja transportadora			SUB ENSAMBLE
2	1	Etiquetador			SUB ENSAMBLE
1	1	Alimentador			SUB ENSAMBLE

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

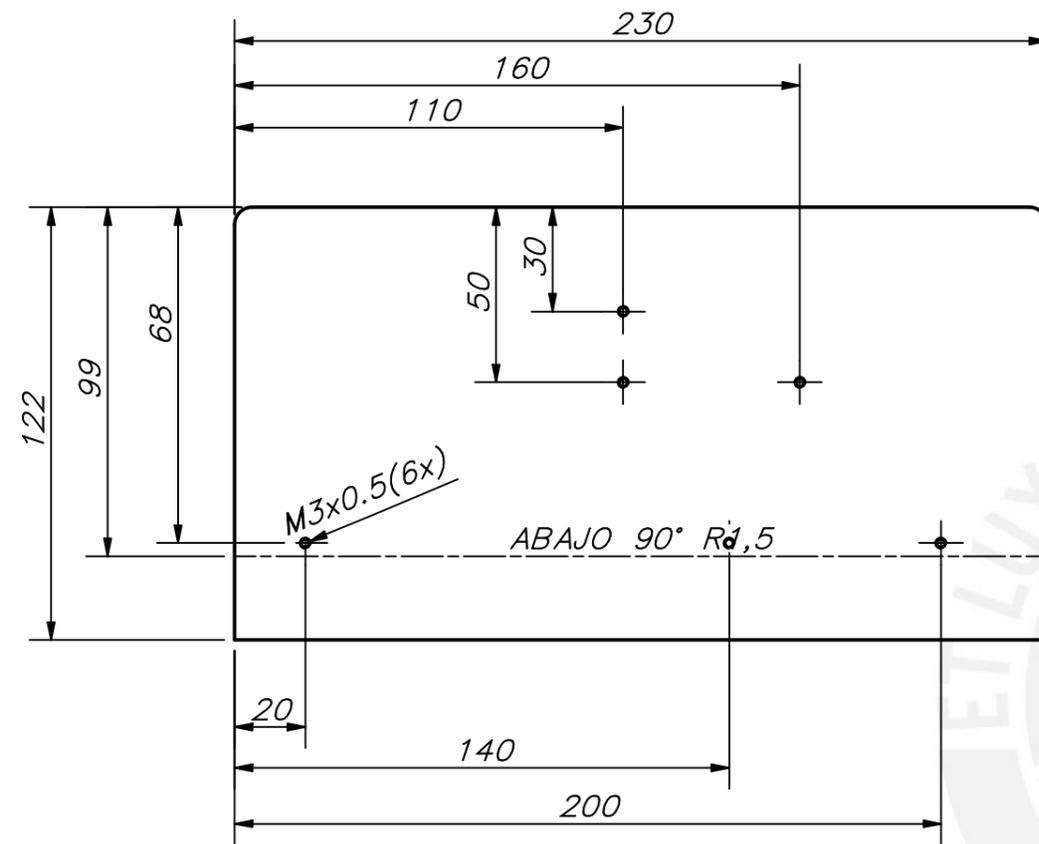
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	ETIQUETADO	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



15	1	Alimentador izquierdo		Aluminio 6061	
14	1	Alimentador derecho		Aluminio 6061	
13	3	Eje		ASTM A36	
12	2	Fijador		Plástico ABS	
11	2	ISO 4032 - M2	ISO 4032	440C	
10	1	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
9	2	ISO 4762 - M2 x 12	ISO 4762	440C	
8	6	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
7	1	ISO 4762 - M3 x 10	ISO 4762	440C	
6	4	ISO 4762 - M4 x 6	ISO 4762	440C	
5	1	Manivela para ruedas de presión		ASTM A36	
4	2	Rueda de presión		Plástico ABS	
3	1	Soporte izquierdo		AISI 430	
2	2	Soporte derecho		AISI 430	
1	1	Soporte para ruedas de presión		Aluminio 6061	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>ALIMENTADOR</b>	<b>1:1</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2

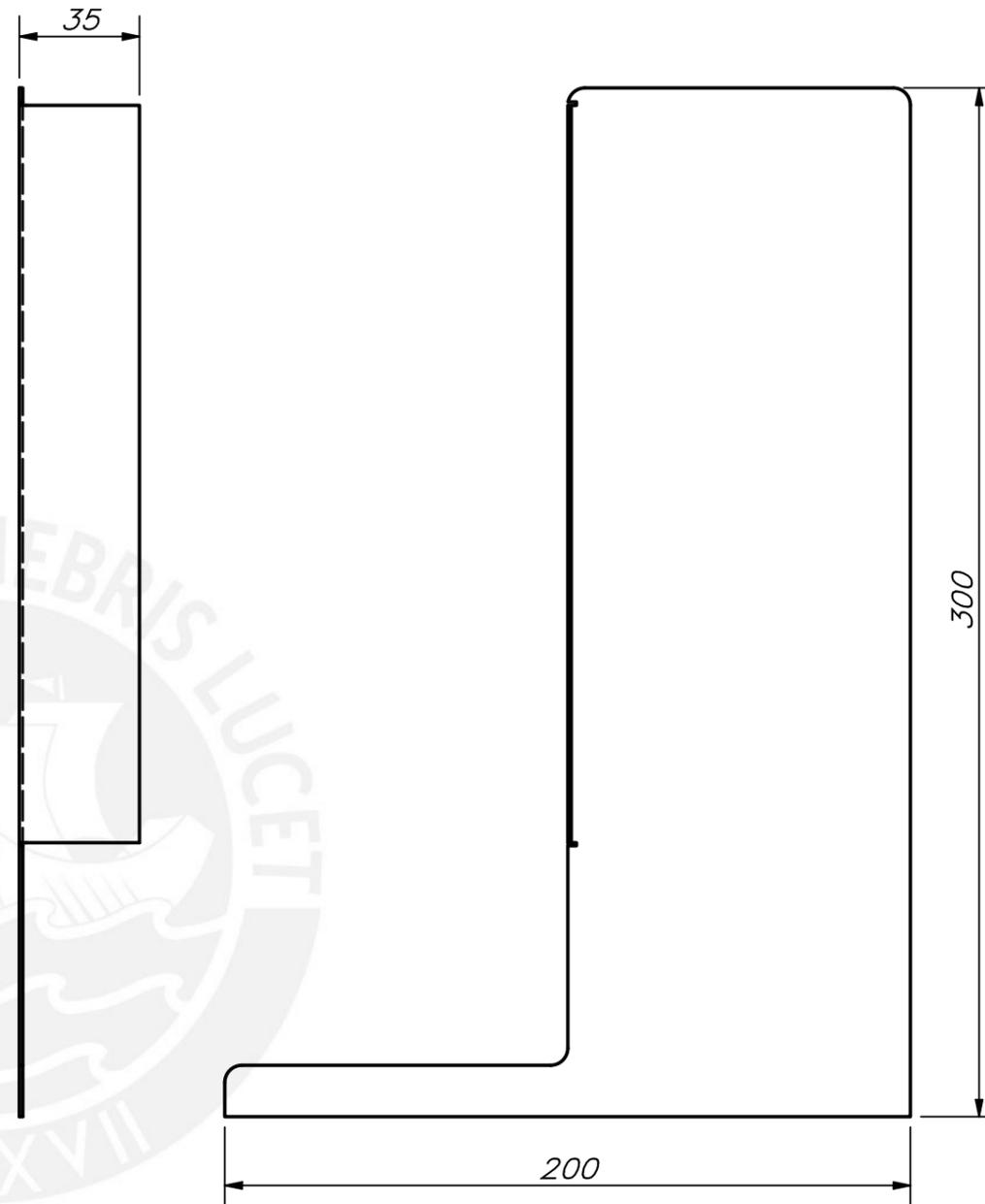
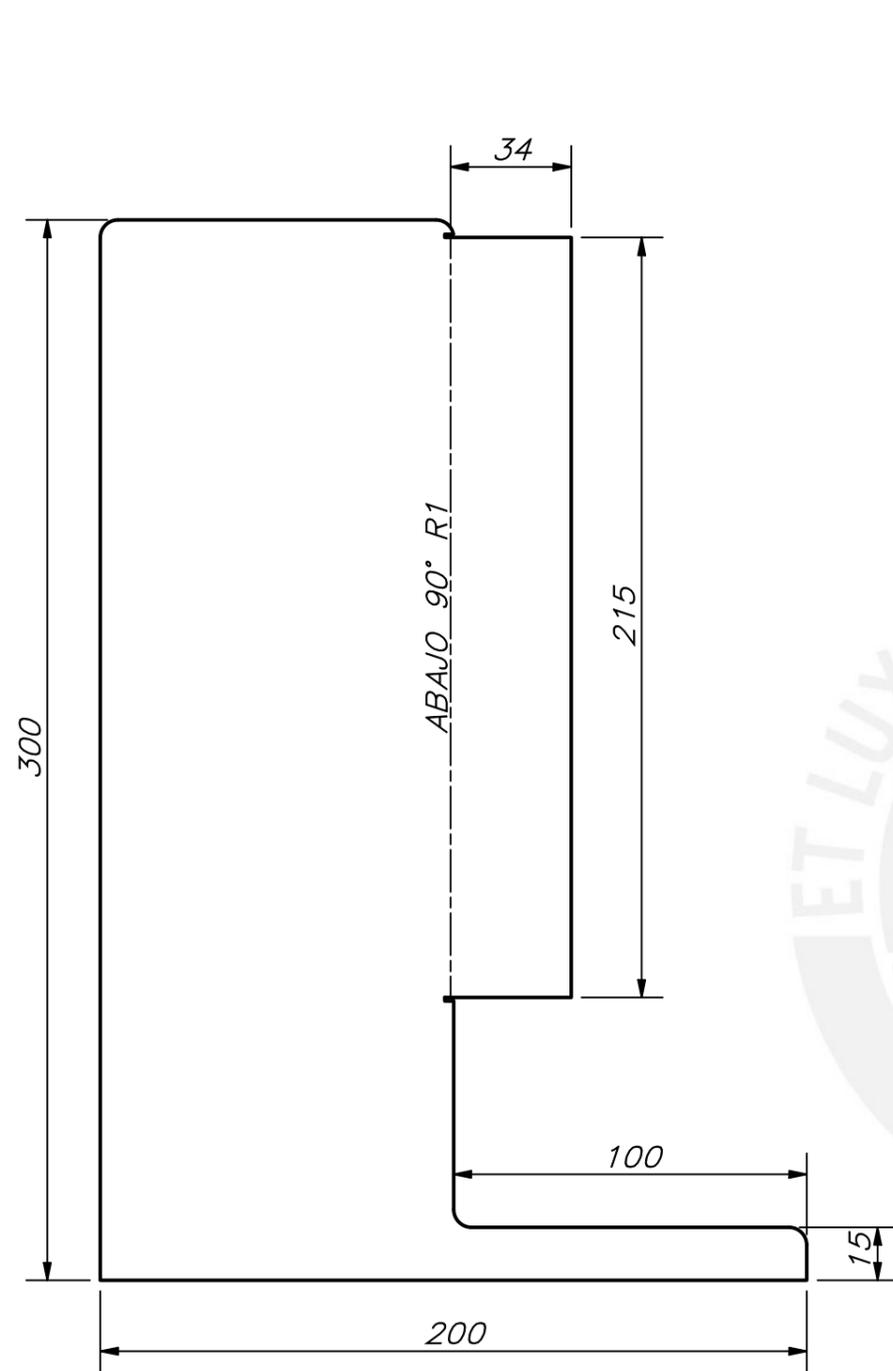


SOPORTE DERECHO

ESPESOR 1.5 mm  
 REDONDEOS NO INDICADOS R5

NOTA: PARA EL SOPORTE IZQUIERDO, EL DOBLEZ SE REALIZA EN SENTIDO CONTRARIO (ARRIBA 90°)

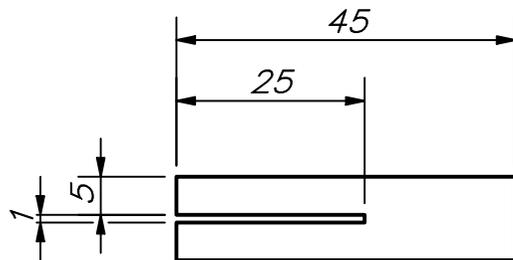
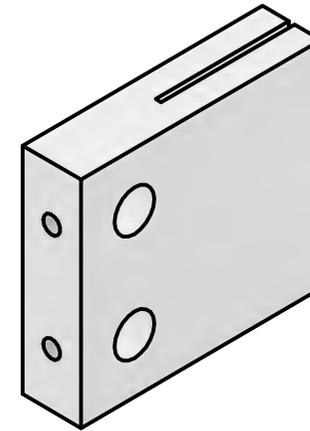
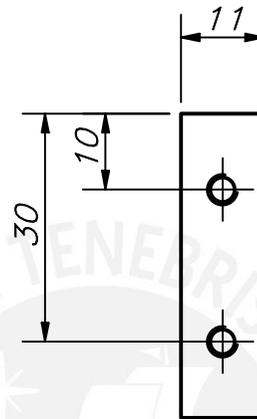
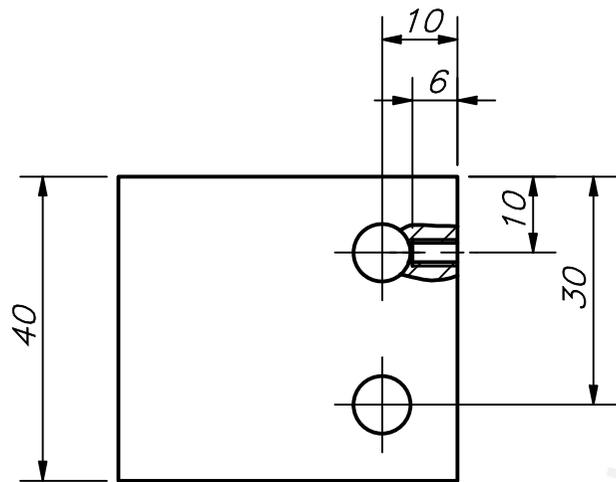
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS SOPORTE DERECHO E IZQUIERDO	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



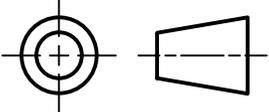
NOTA: PARA EL ALIMENTADOR IZQUIERDO, EL DOBLEZ SE REALIZA EN SENTIDO CONTRARIO (ARRIBA 90°)

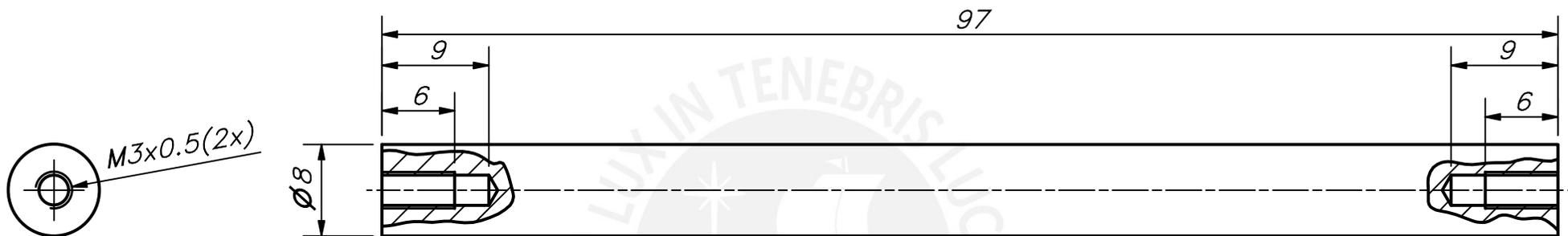
ESPESOR 1.5 mm  
REDONDEOS NO INDICADOS R5

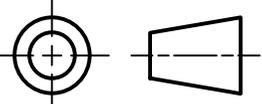
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS ALIMENTADOR DERECHO E IZQUIERDO	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3

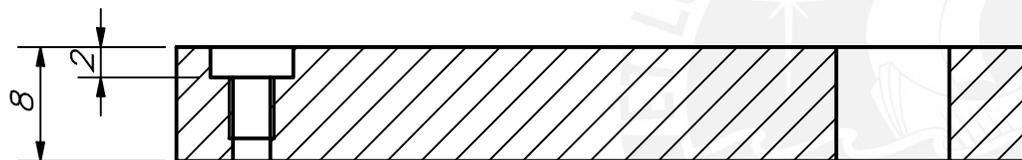
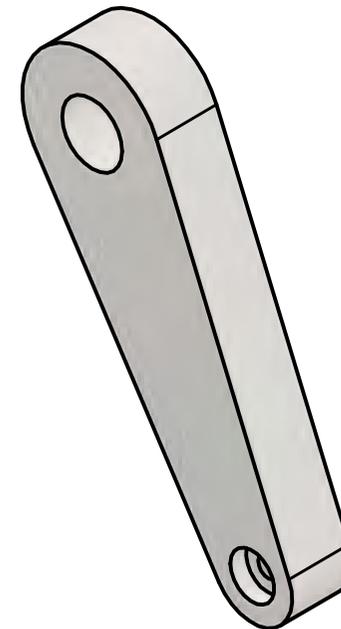
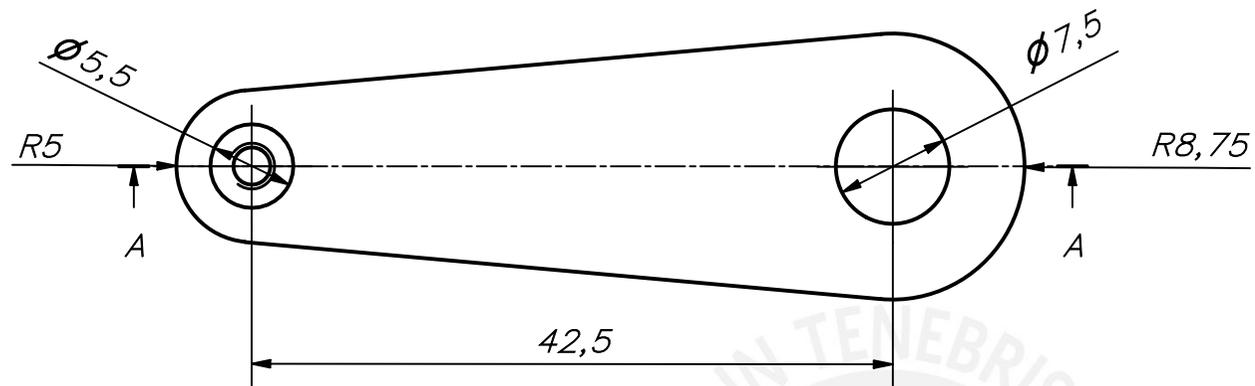


REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ ( $\sqrt{\quad}$ )	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

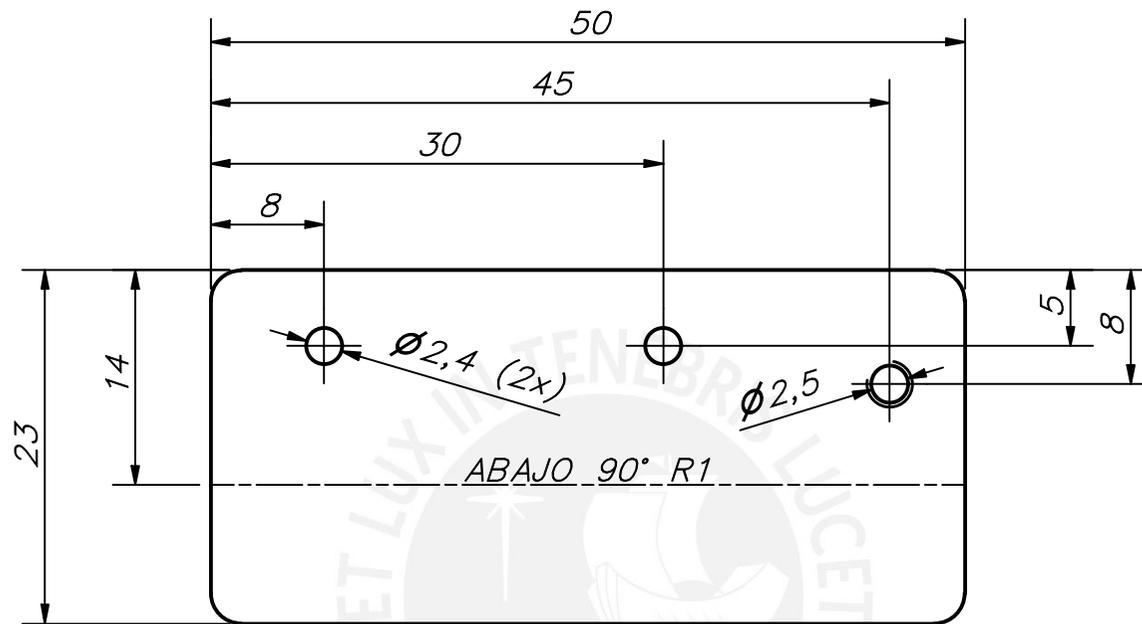


ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ ( $\checkmark$ )	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  EJE	ESCALA 2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



CORTE A-A

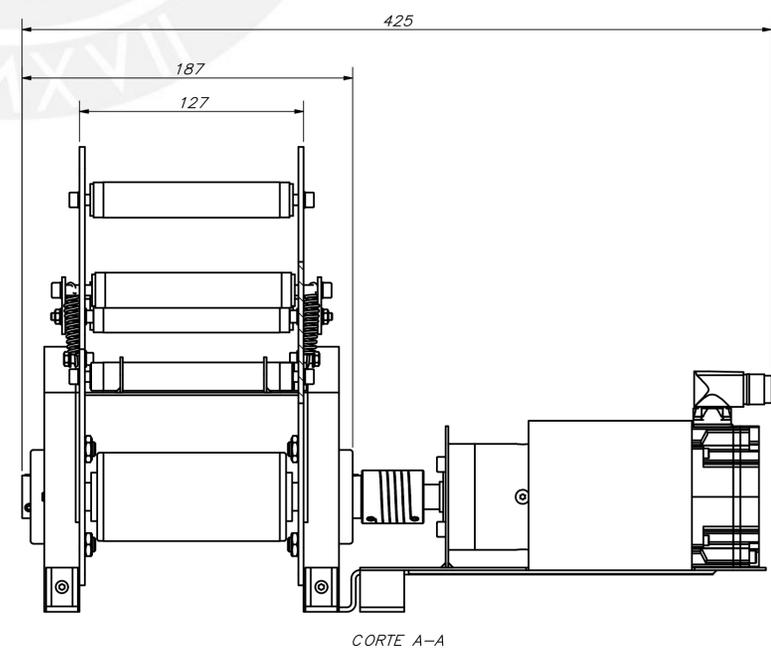
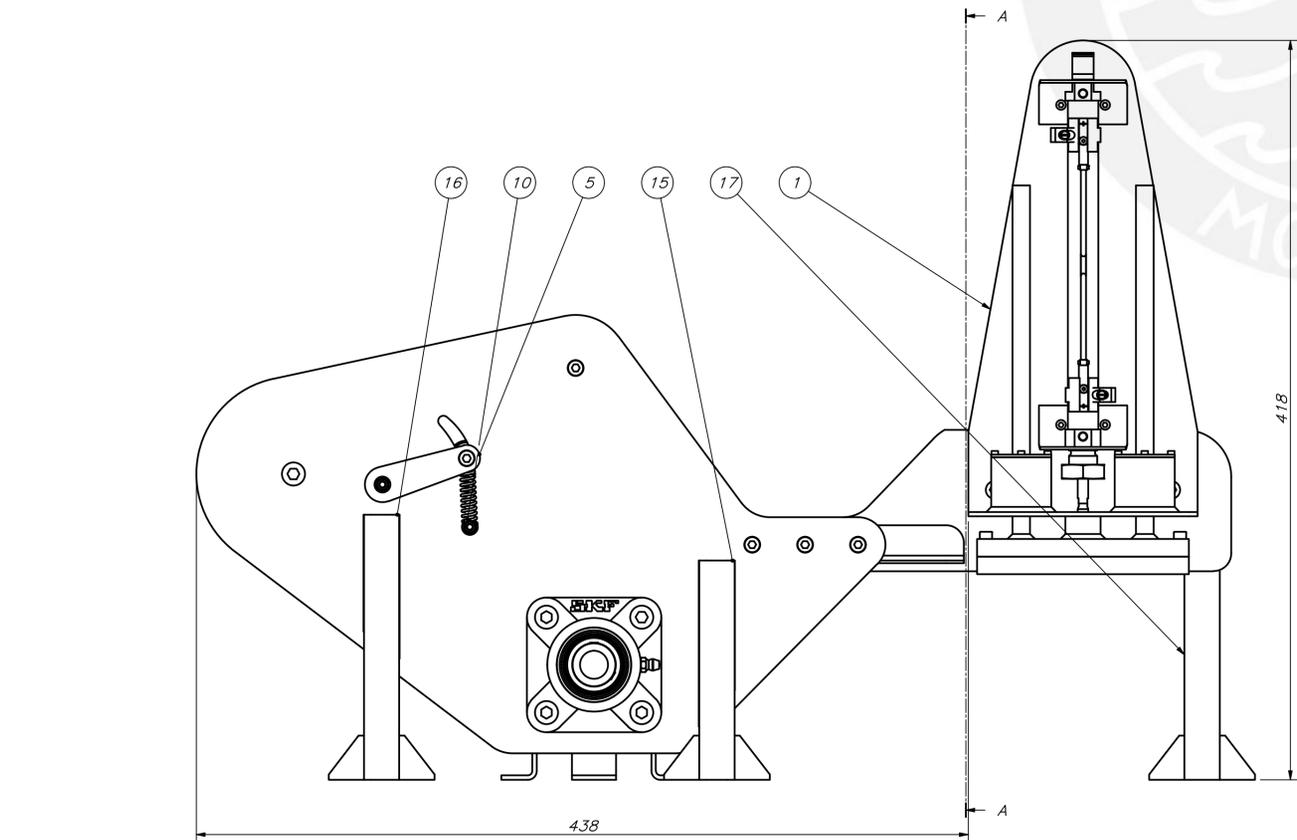
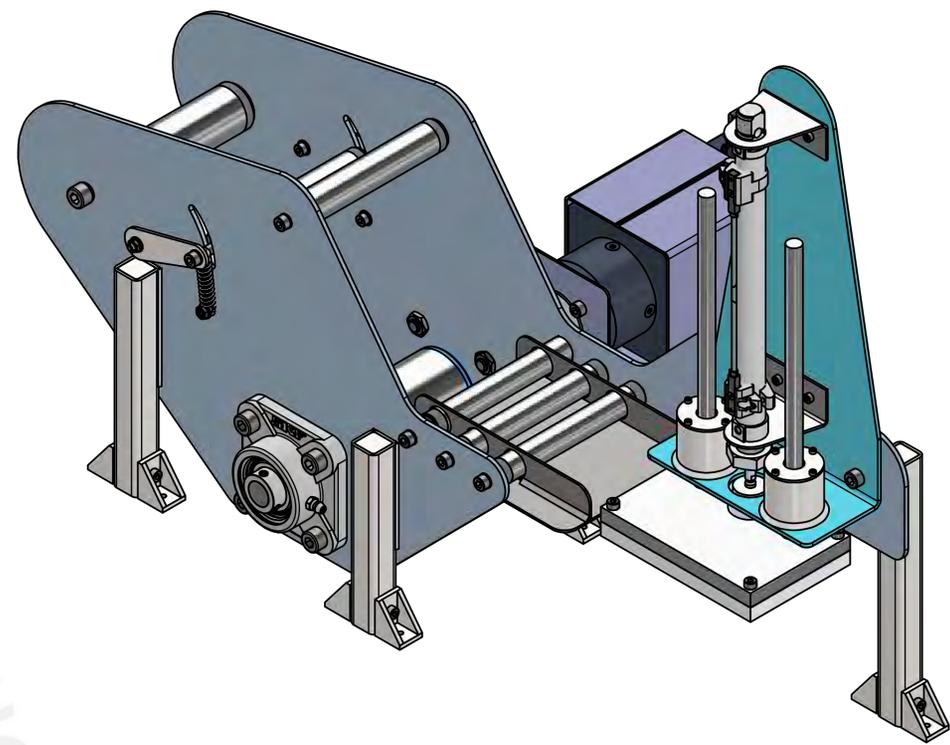
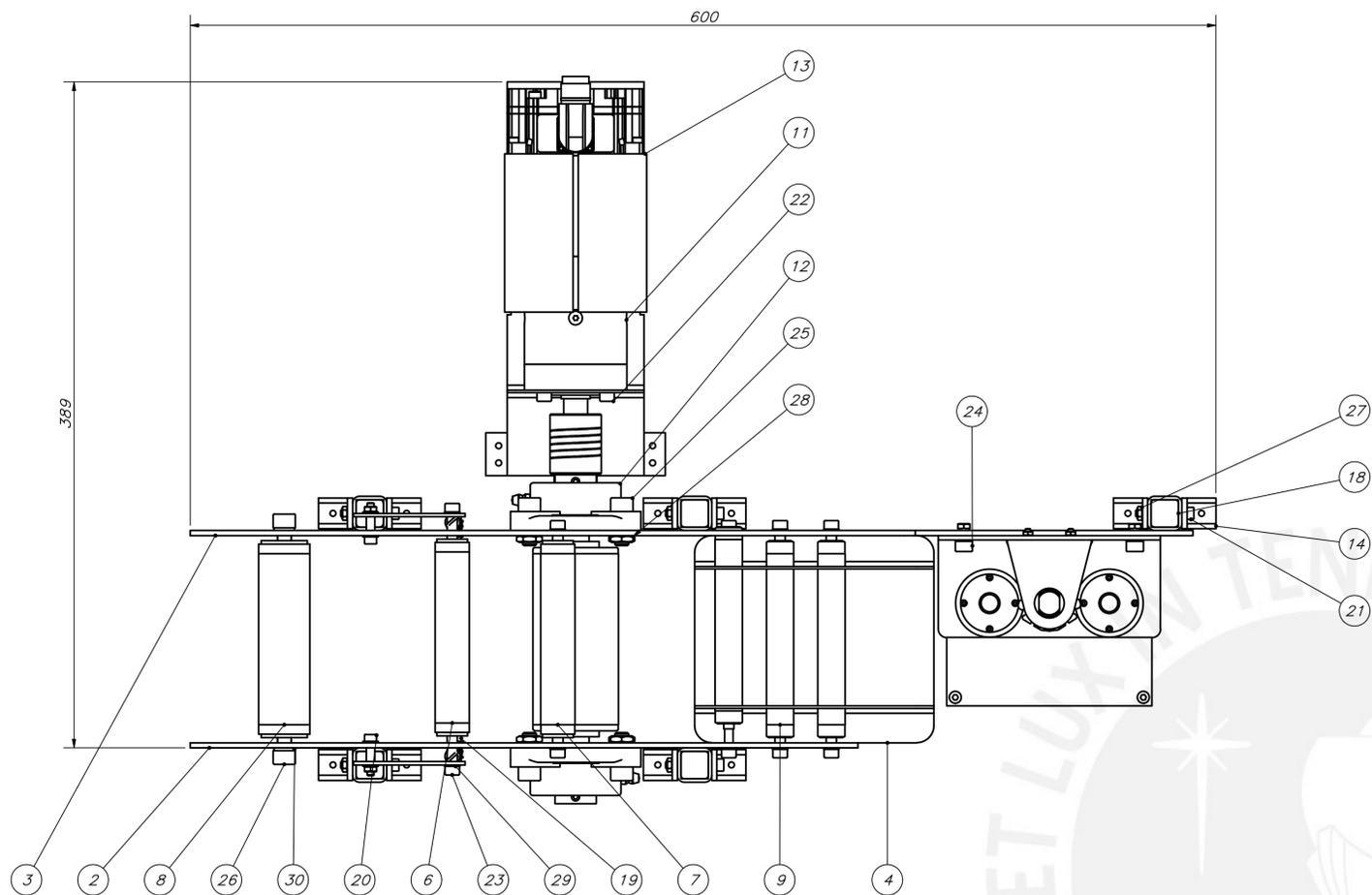
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  MANIVELA PARA RUEDAS DE PRESIÓN	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R2

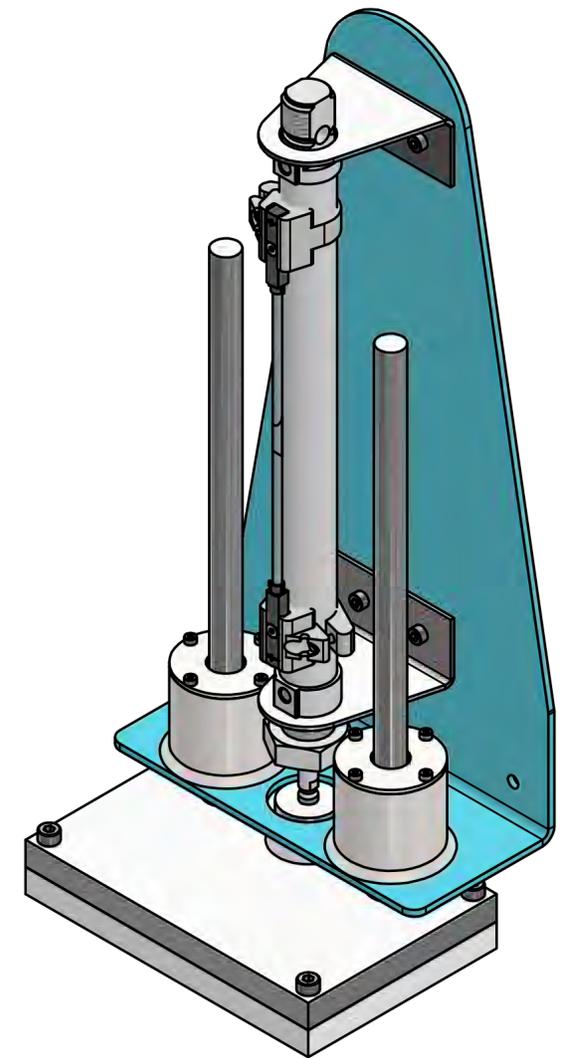
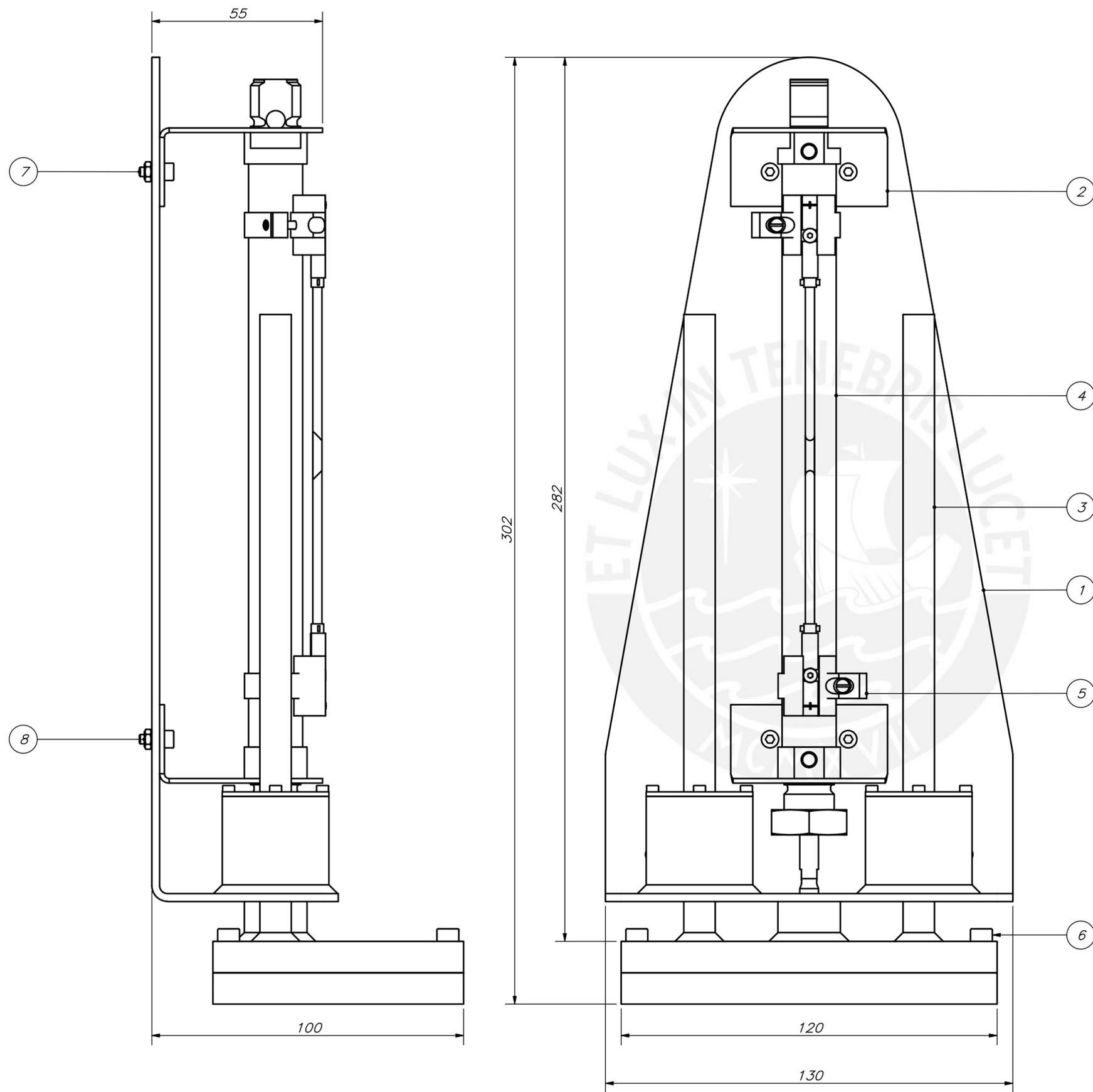
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE PARA RUEDAS DE PRESIÓN	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



30	2	ISO 7089 - 6	ISO 7089	440C	
29	18	ISO 7089 - 4	ISO 7089	440C	
8	8	ISO 4035 - M8	ISO 4035	440C	
27	11	ISO 4032 - M4	ISO 4032	440C	
26	2	ISO 4762 - M8 x 55	ISO 4762	440C	
25	8	ISO 4762 - M8 x 20	ISO 4762	440C	
24	2	ISO 4762 - M6 x 10	ISO 4762	440C	
23	10	ISO 4762 - M5 x 50	ISO 4762	440C	
22	4	ISO 4762 - M5 x 8	ISO 4762	440C	
21	5	ISO 4762 - M4 x 30	ISO 4762	440C	
20	2	ISO 4762 - M4 x 20	ISO 4762	440C	
19	2	ISO 4762 - M4 x 12	ISO 4762	440C	
18	5	Placa 16 x 16 x 2		ASTM A36	
17	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 180 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
16	2	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 150 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
15	2	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 124 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
14	10	Soporte para etiquetadora		ASTM A36	
13	1	Soporte para servomotor		ASTM A36	
12	2	Rodamiento F4B 010-RM			SKF
11	1	Cilindro motorizado			
10	2	Resorte de extensión		ASTM A36	
9	3	Rodillo CT-30 T01			ROTRANS
8	1	Rodillo CT-70 T01			ROTRANS
7	1	Rodillo CT-50 T01			ROTRANS
6	1	Rodillo CT-50 T01 móvil			ROTRANS
5	2	Soporte de tensor		ASTM A36	
4	1	Soporte de guías		AISI 430	
3	1	Soporte de rodillos izquierdo		ASTM A36	
2	1	Soporte de rodillos derecho		ASTM A36	
1	1	Pistón			

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

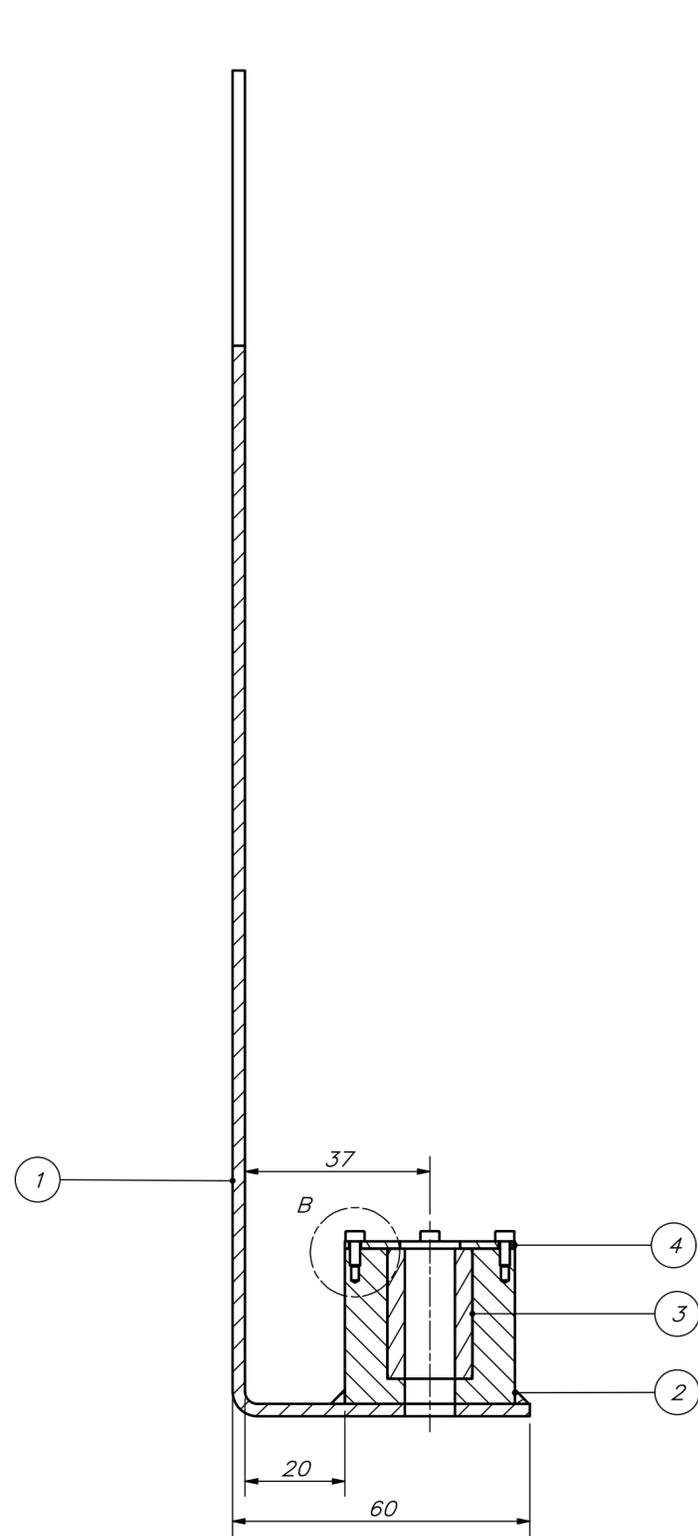
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>ETIQUETADORA SUPERIOR</b>	<b>1:2</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A1



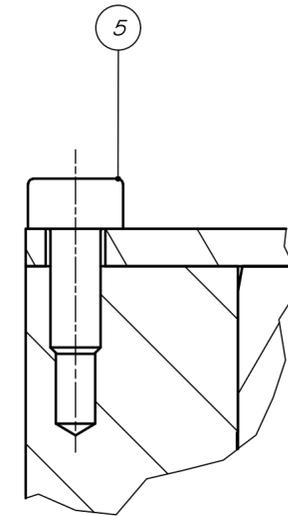
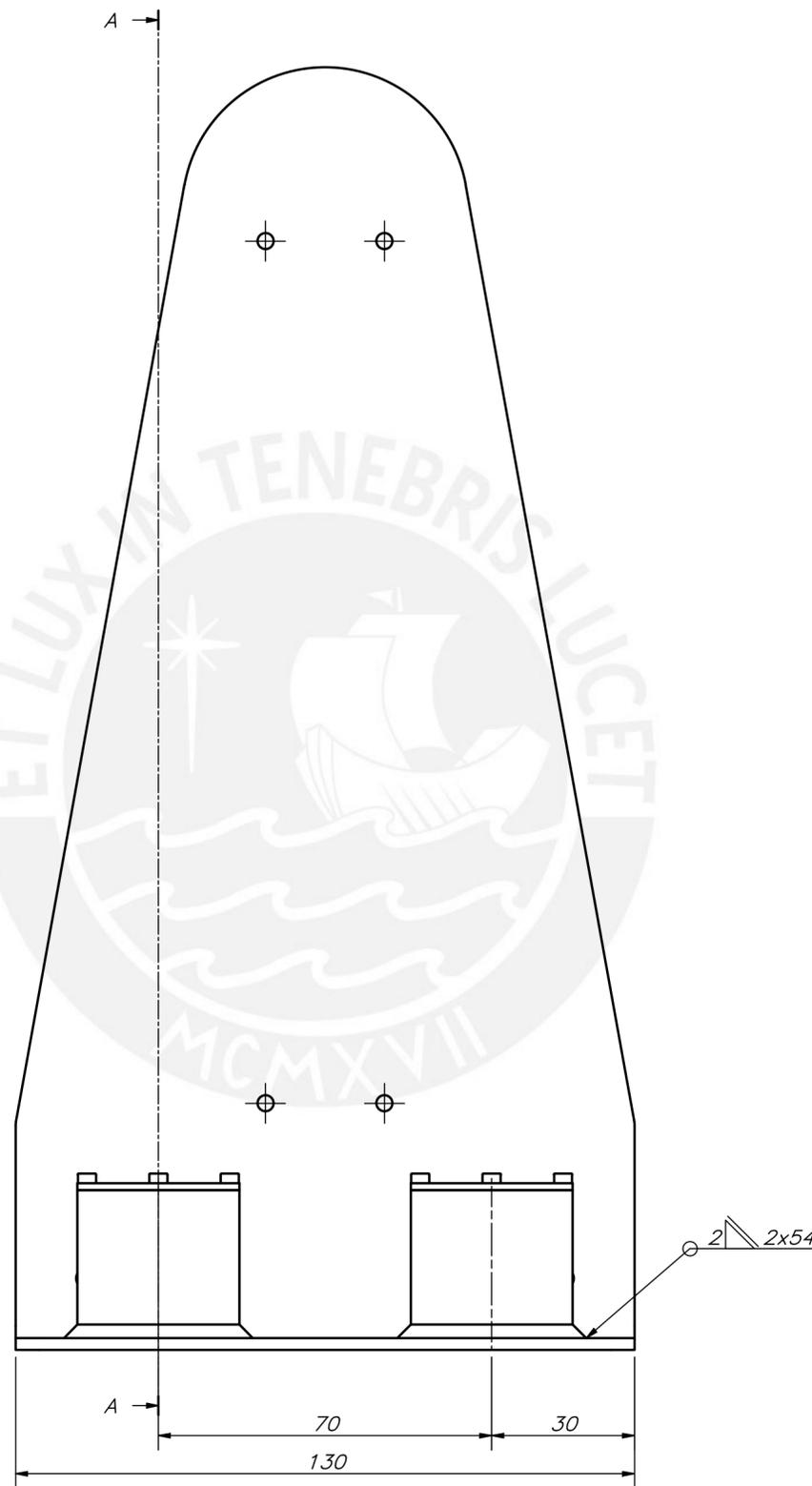
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	4	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
7	4	ISO 4762 - M3 x 8	ISO 4762	440C	
6	4	ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	440C	
5	2	Sensor de proximidad SMT-8M-A			FESTO
4	1	Cilindro neumático DSNU-16-150-P			FESTO
3	1	Plataforma móvil 2		Aluminio 6061	
2	2	Plataforma móvil 1		Aluminio 6061	
1	2	Plataforma fija			SUB ENSAMBLE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	1MTR02 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA - 10M3	ESCALA
		ESCALA
		1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2



CORTE A-A

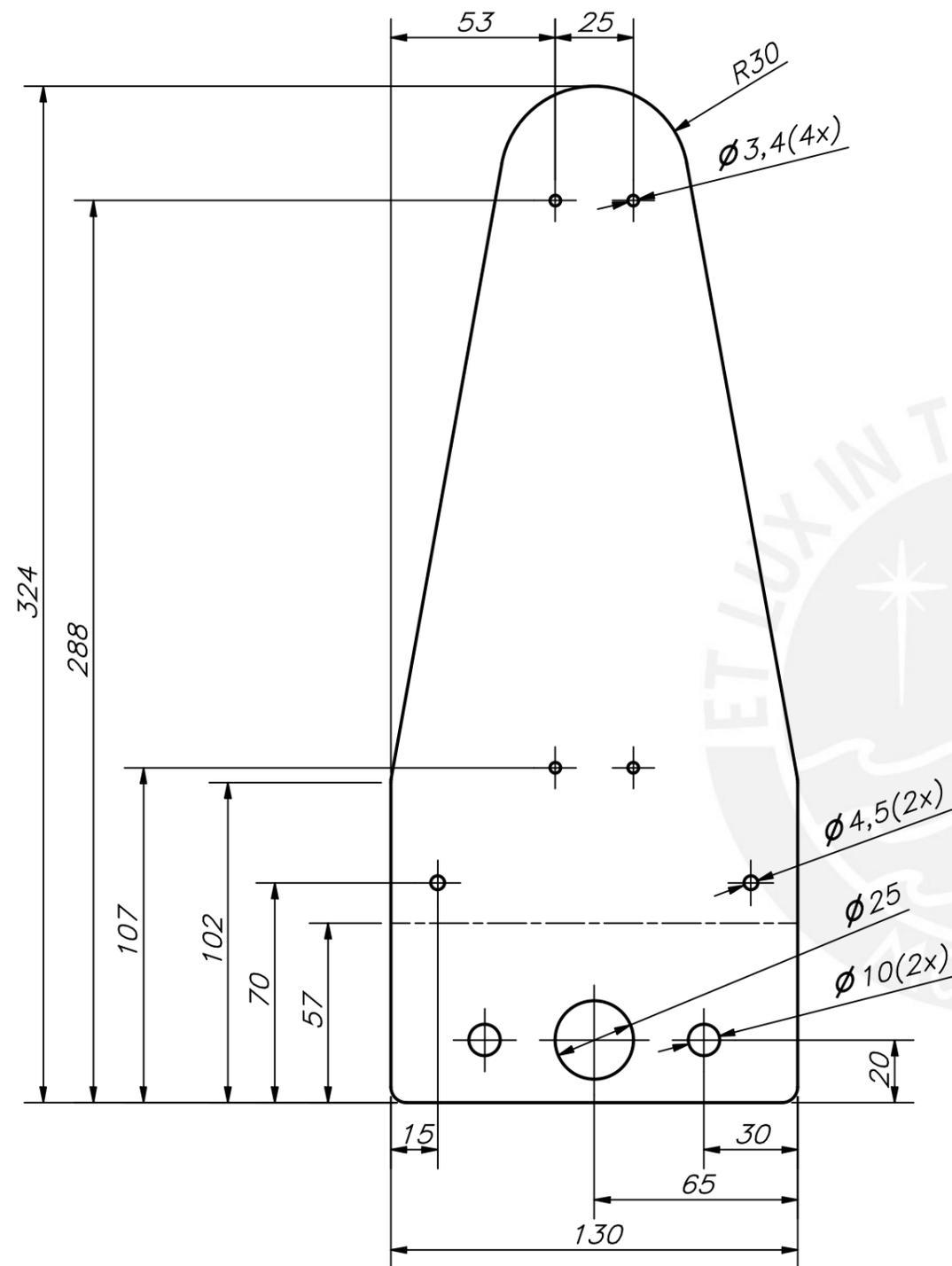


DETALLE B  
ESCALA 5 : 1

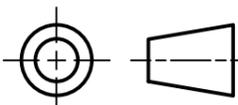
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
5	8	ISO 4762 - M2 x 5	ISO 4762	440C	
4	2	Fijador de rodamiento		ASTM A36	
3	2	Rodamiento lineal LBBR 10			SKF
2	2	Guía de rodamiento		ASTM A36	
1	1	Soporte fijo		ASTM A36	

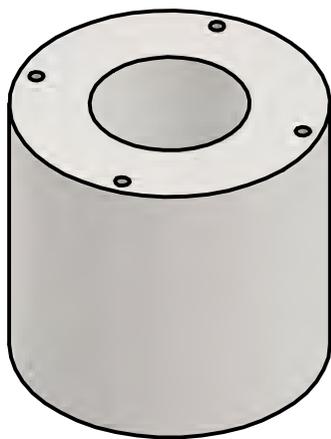
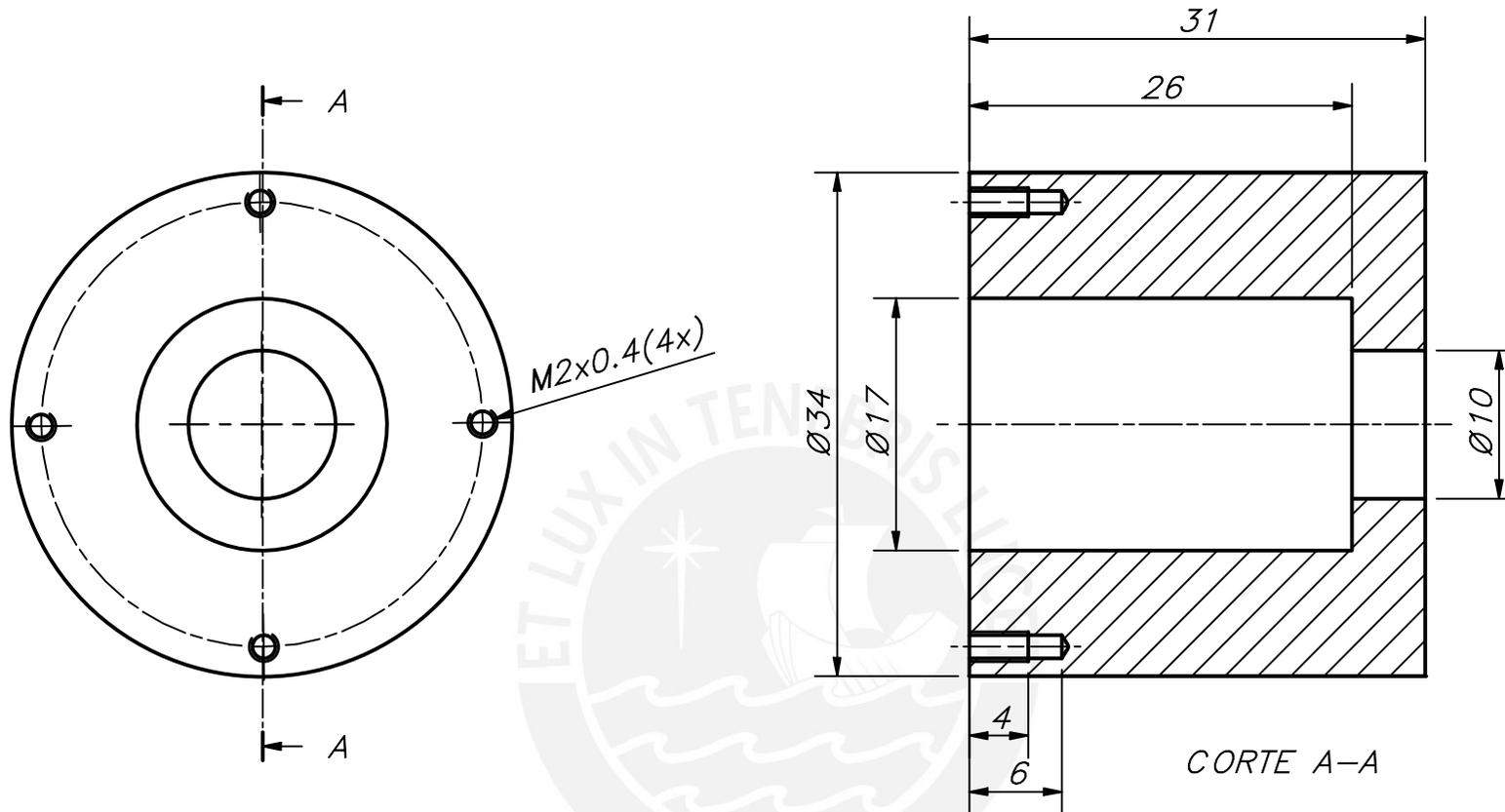
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

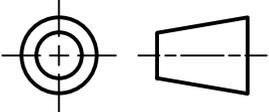
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>PLATAFORMA FIJA</b>	<b>1:1</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2

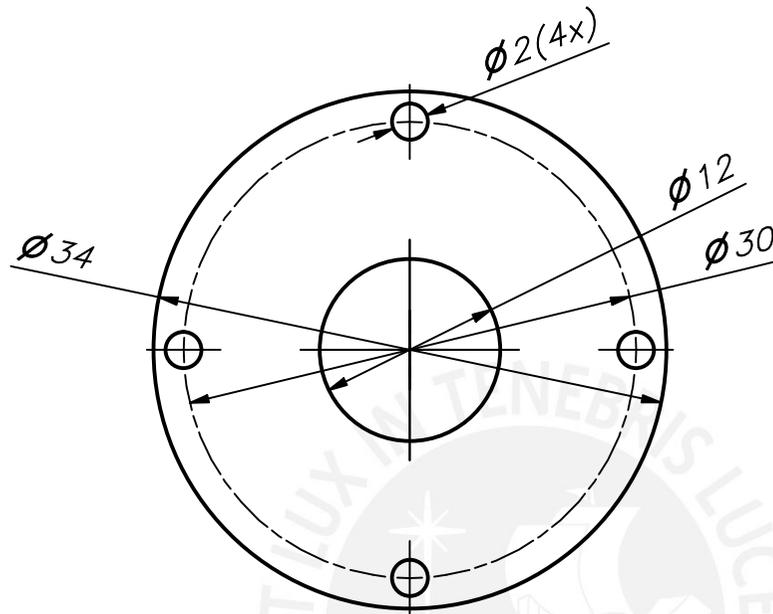


ESPESOR 2.5 mm

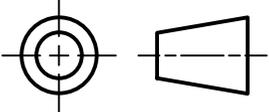
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3

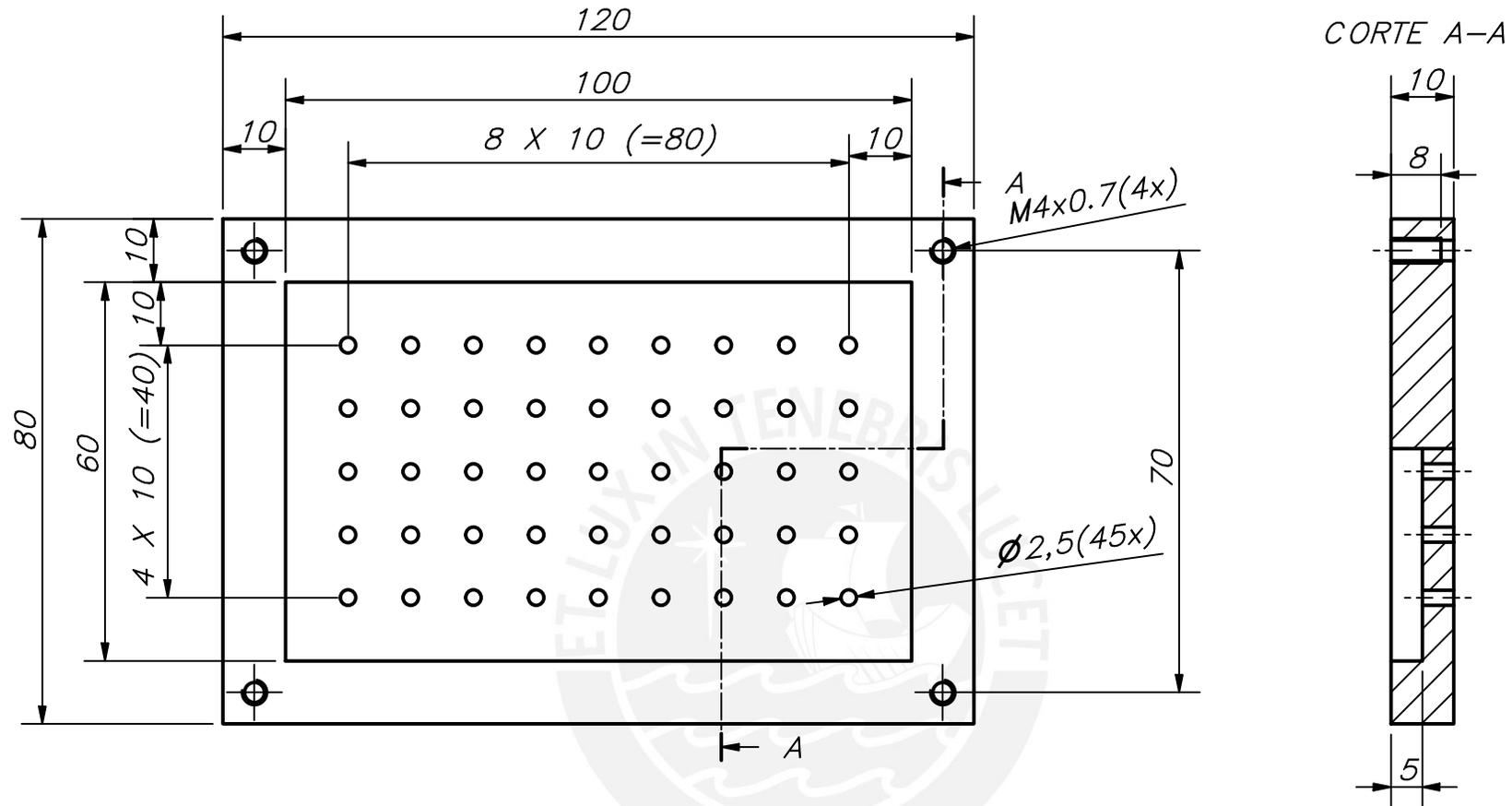


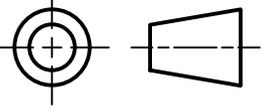
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  GUÍA DE RODAMIENTO	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

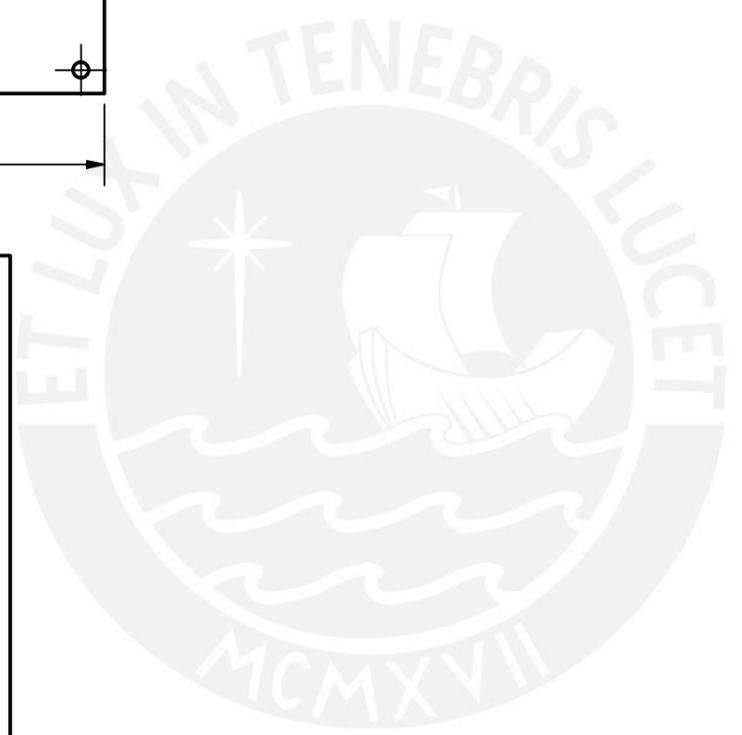
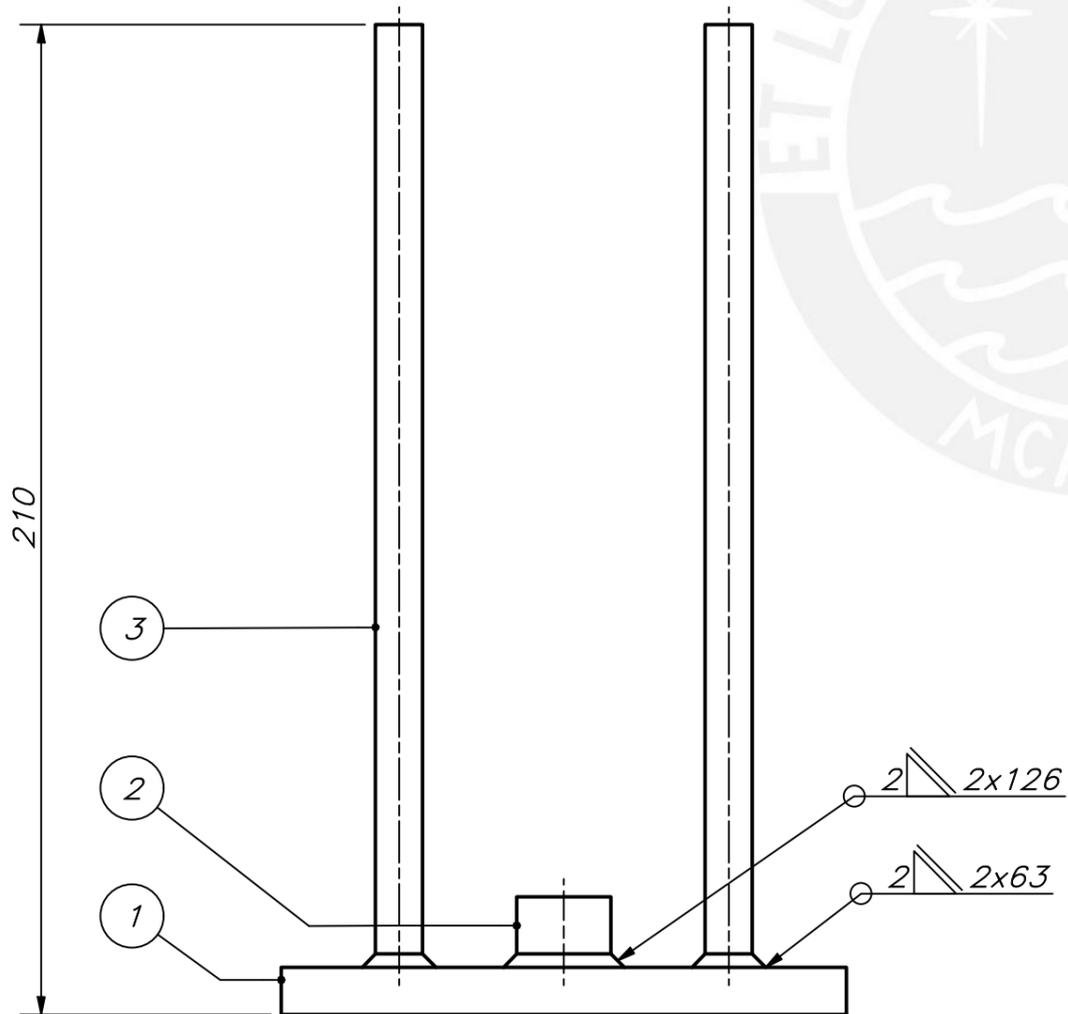
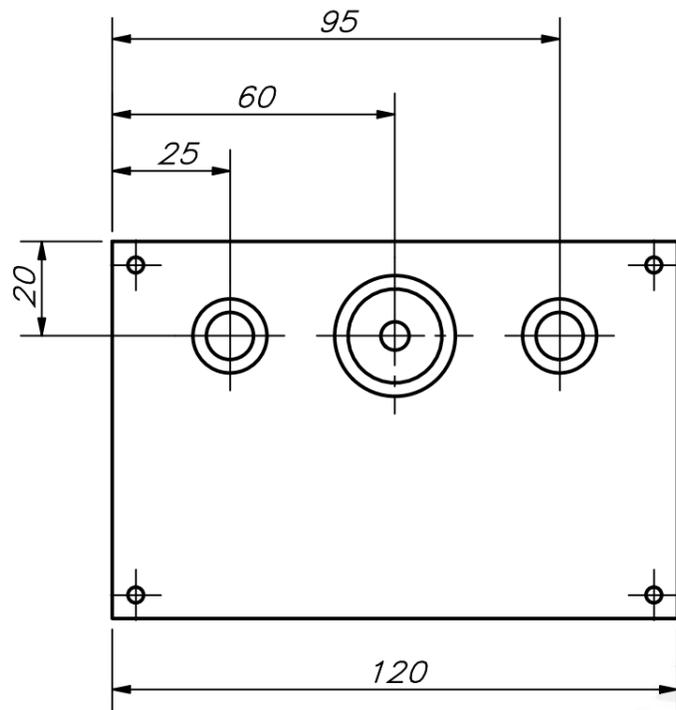


ESPESOR 1.5 mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  FIJADOR DE RODAMIENTO	ESCALA  5:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



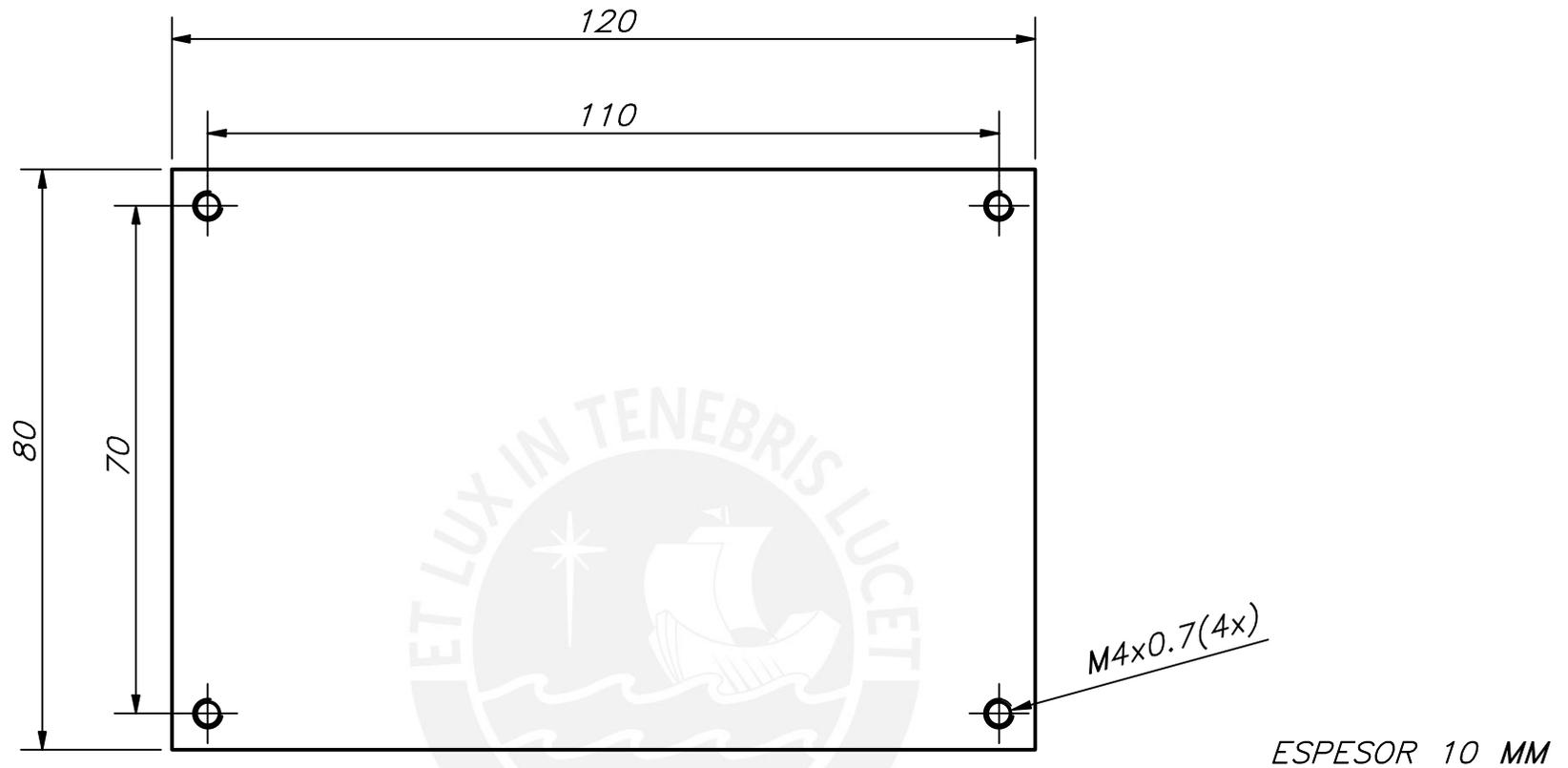
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3

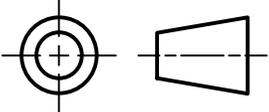


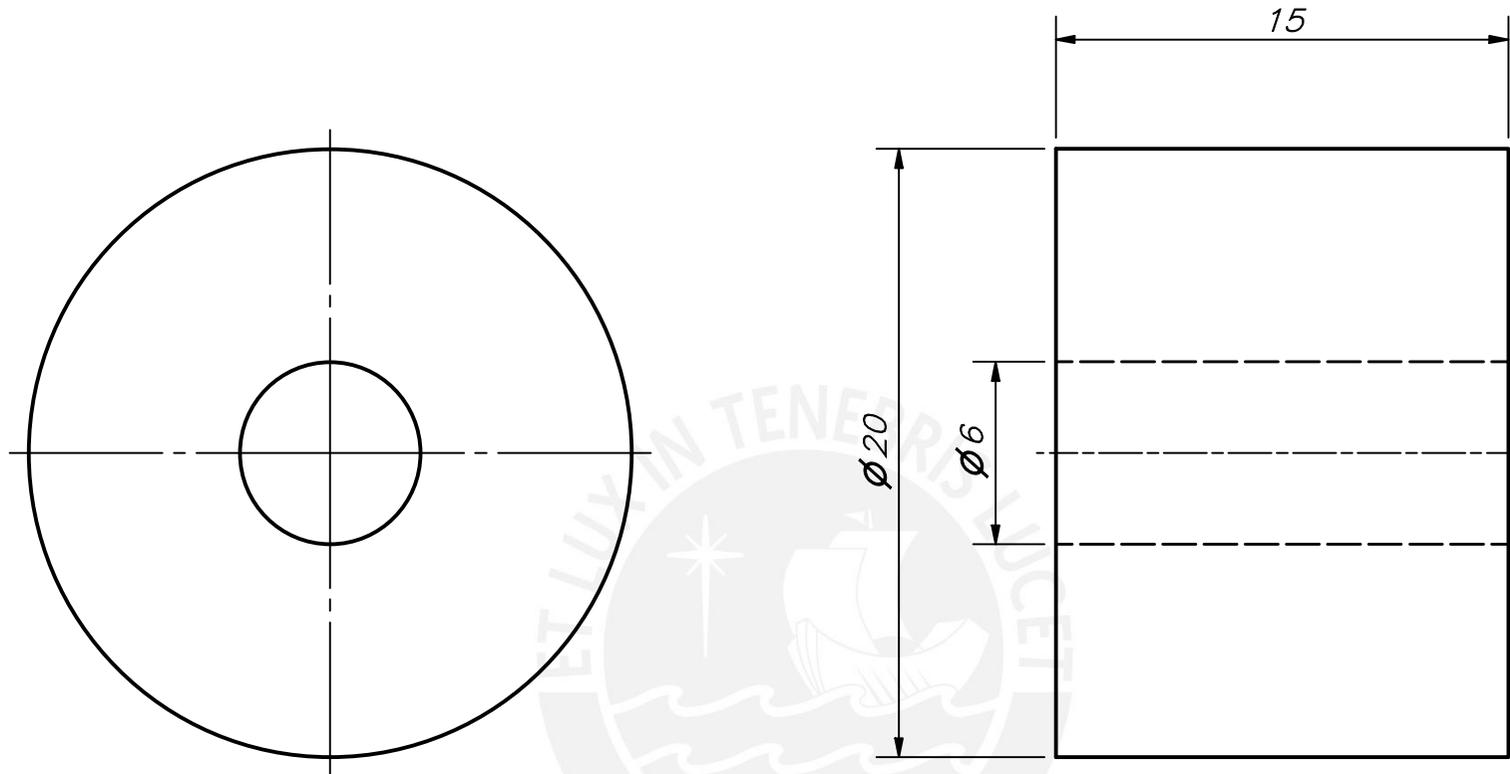
3	2	Guía eje		Aluminio 6061	
2	1	Guía central		Aluminio 6061	
1	1	Placa		Aluminio 6061	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

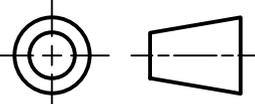
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

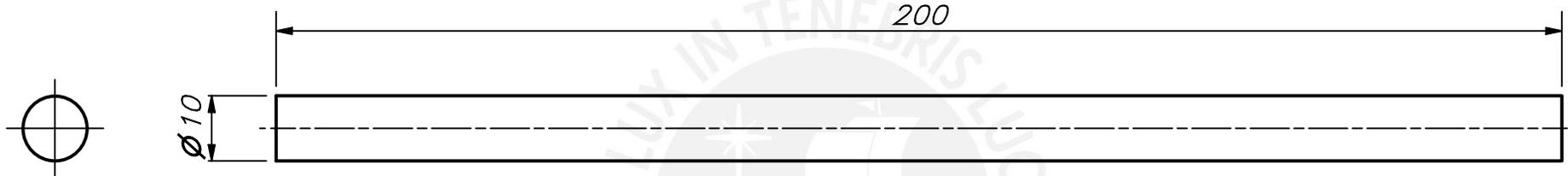
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>PLATAFORMA MÓVIL 2</b>	<b>1:1.5</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3

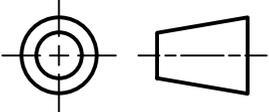


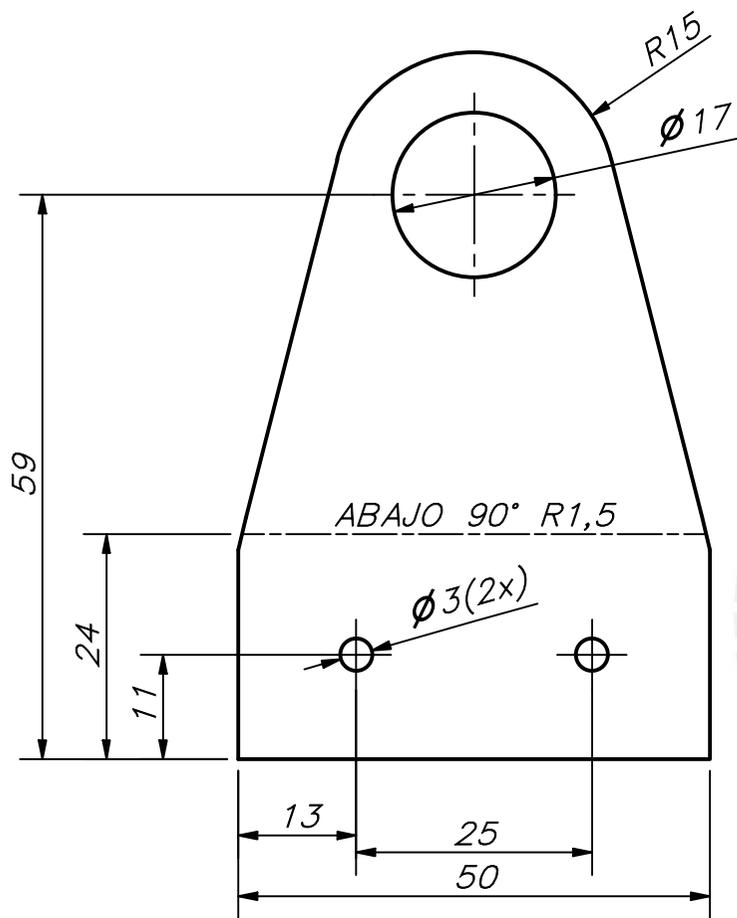
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



ACABADO SUPERFICIAL $1.6/\sqrt{\quad}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  GUÍA CENTRAL	ESCALA  4:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



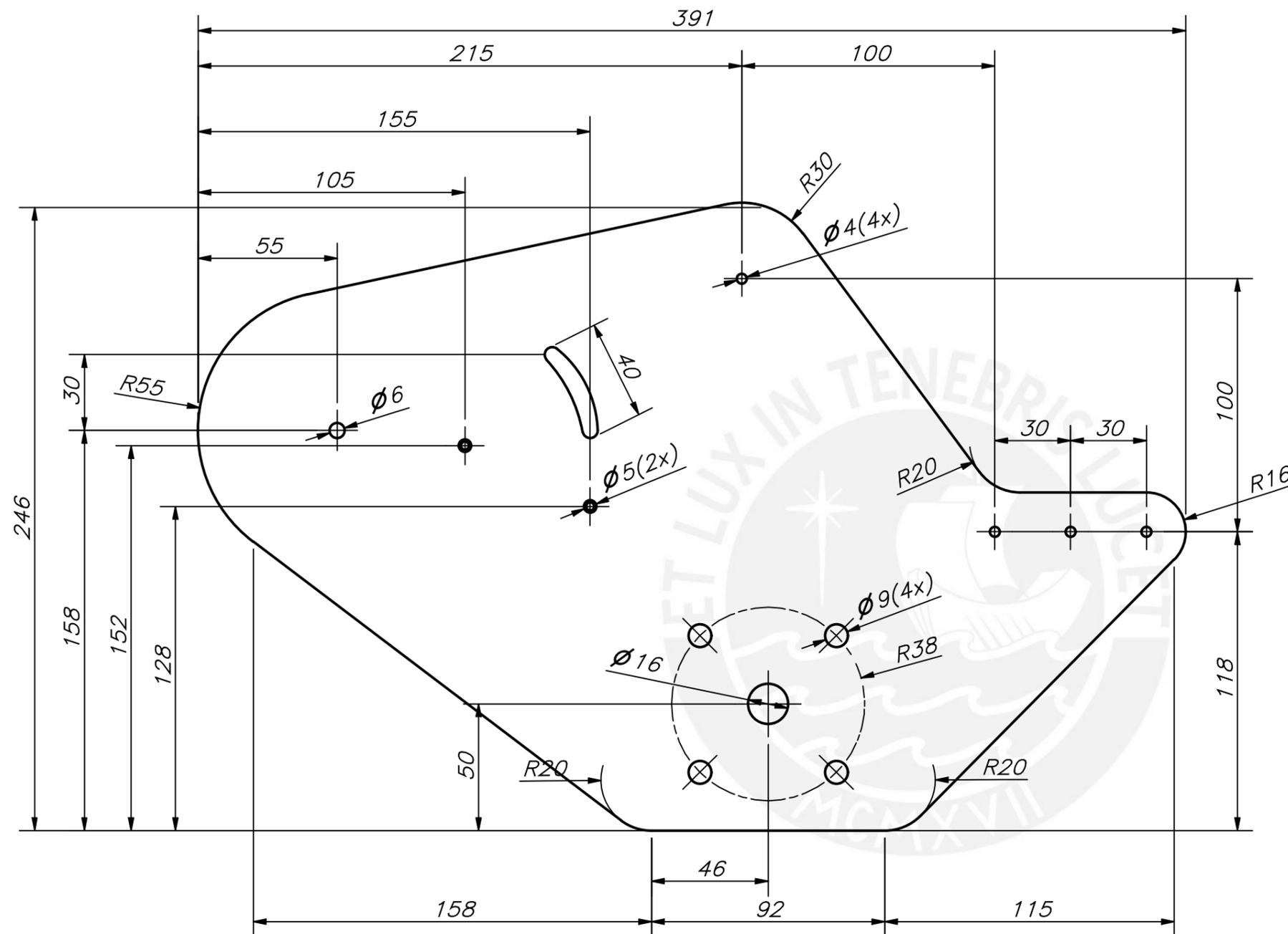
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  GUÍAS EJE	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



ESPESOR 1.5 MM

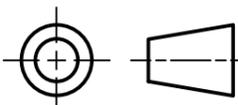


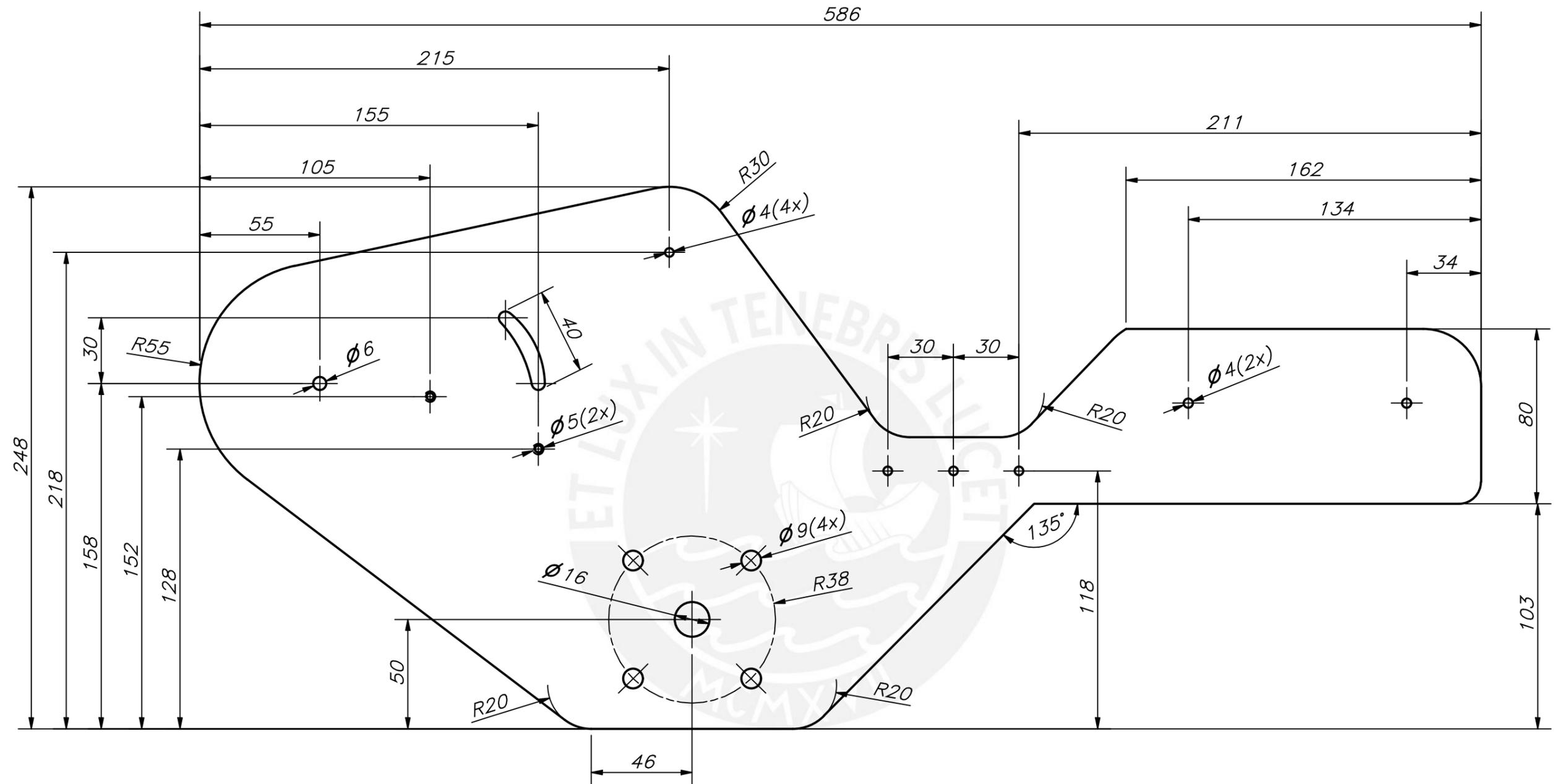
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1.25:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



ESPESOR 3 mm

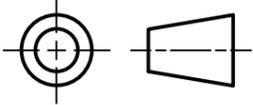
REDONDEOS NO INDICADOS R5

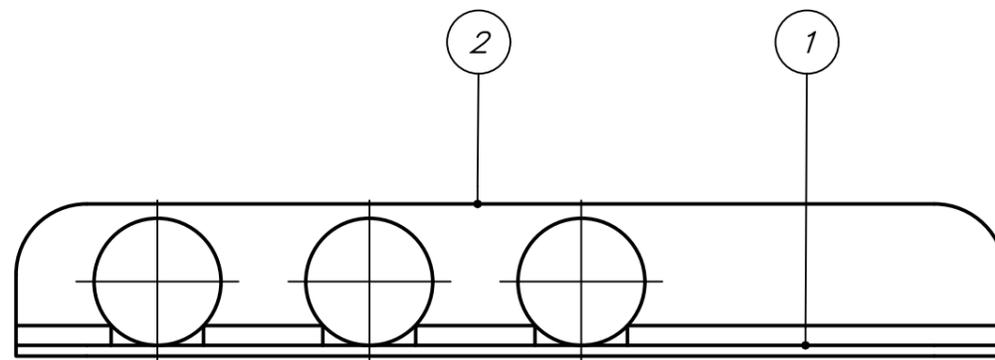
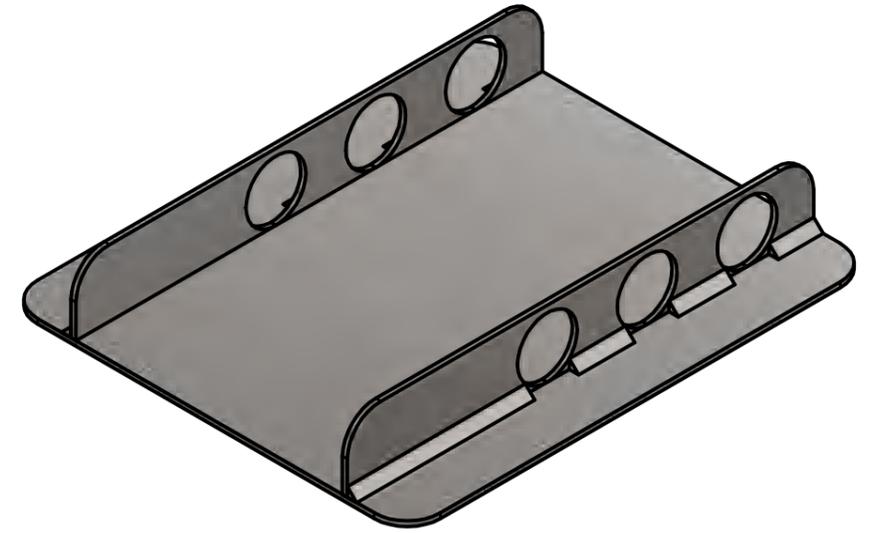
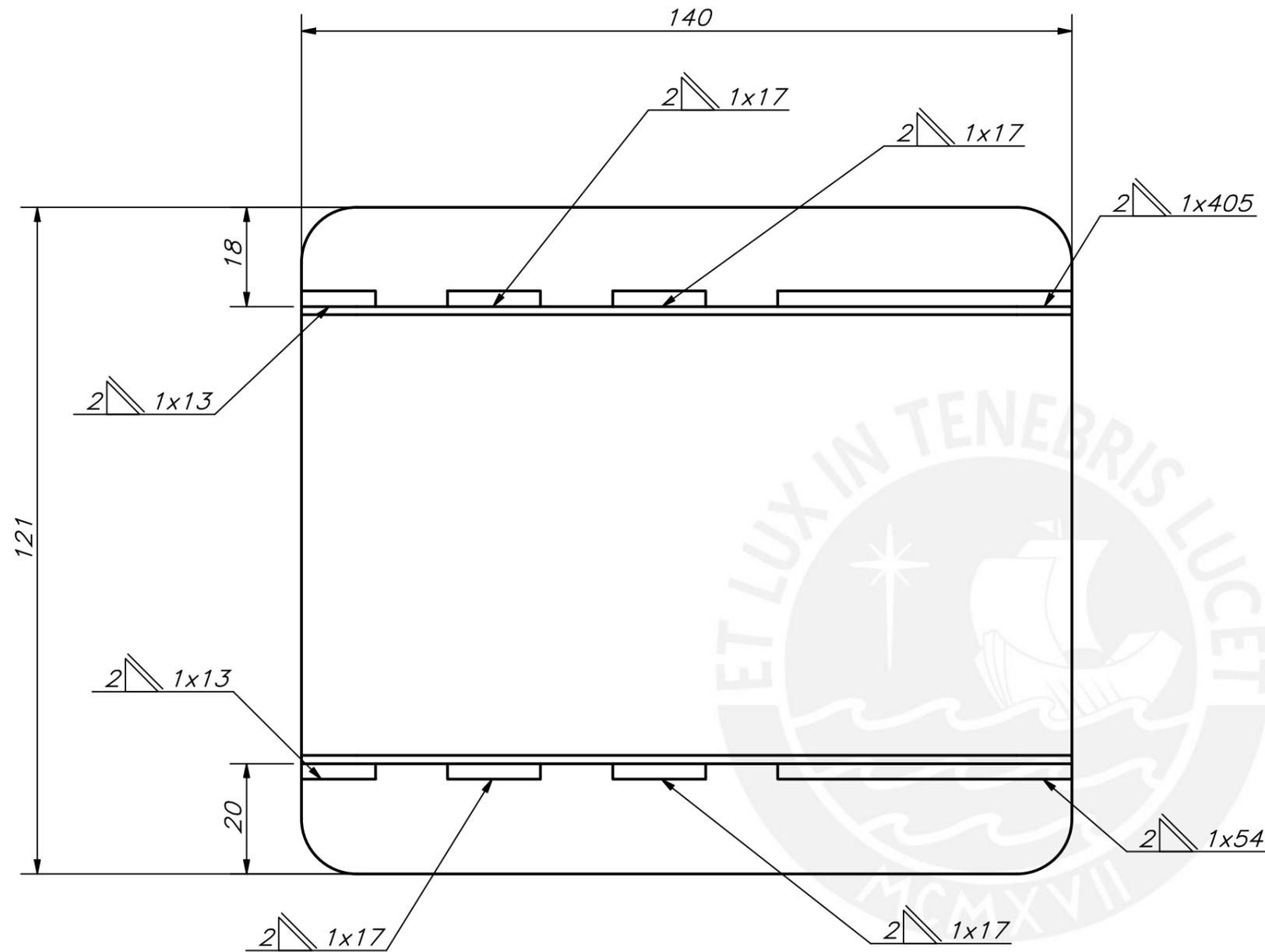
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



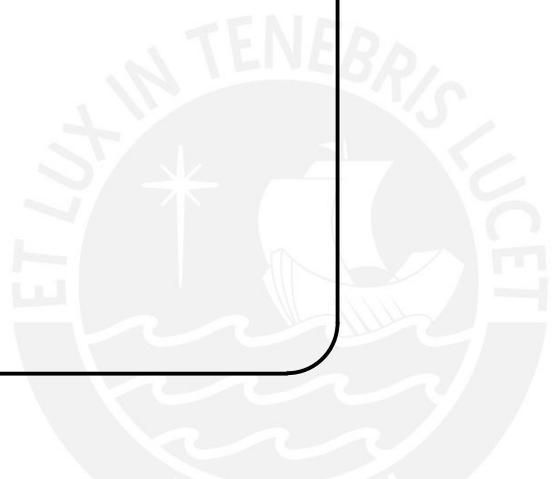
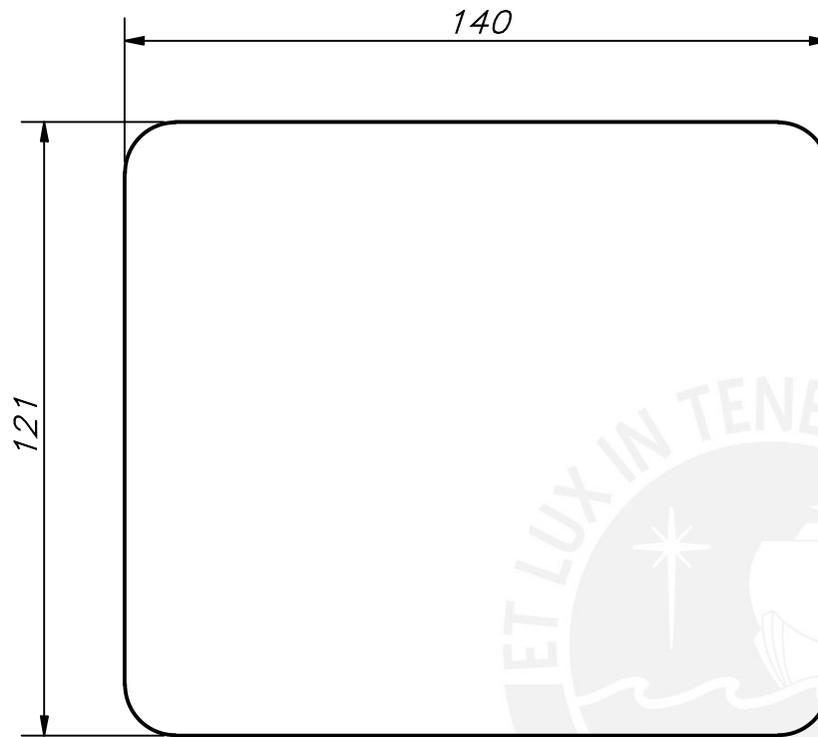
ESPESOR 3 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:2
20160595	SOPORTE DE RODILLOS IZQUIERDO	FECHA: 2022.05.19
	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	LÁMINA: A3

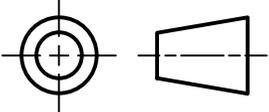


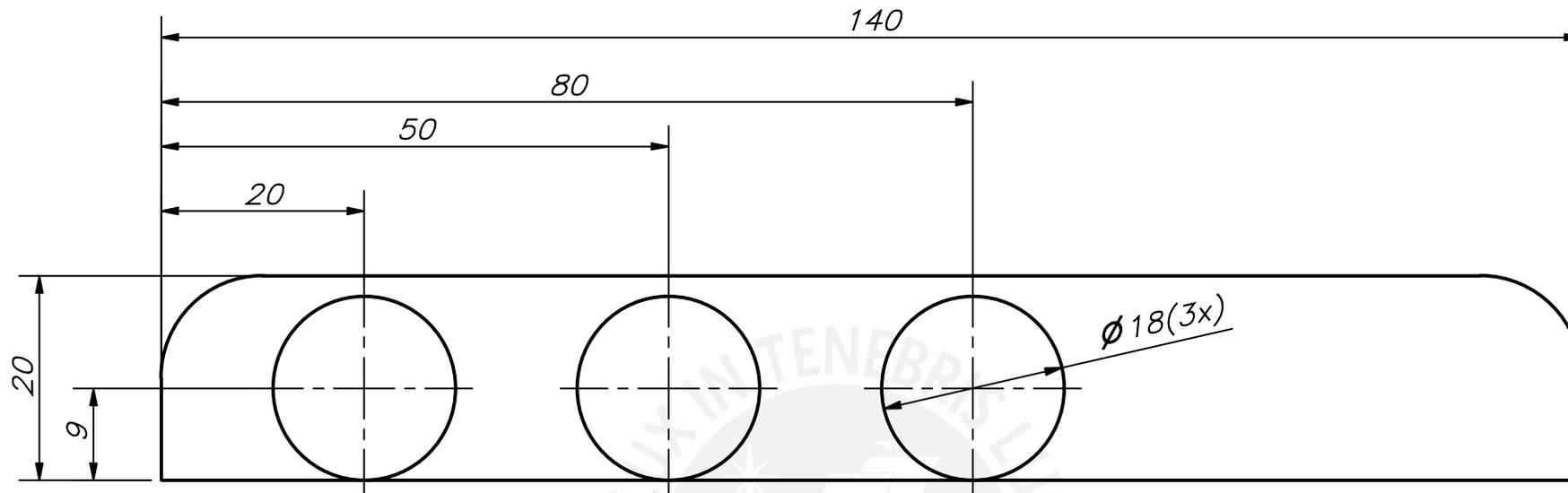
2	2	Soporte de guías lateral		AISI 430	
1	1	Soporte de guías inferior		AISI 430	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS		ESCALA	
		<b>SOPORTE DE GUÍAS</b>		<b>1:1</b>	
20160595		CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO		FECHA: 2022.05.19	
				LÁMINA: A3	



ESPESOR 1.5 mm

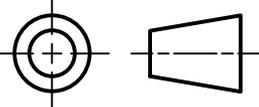
REDONDEOS NO INDICADOS R10

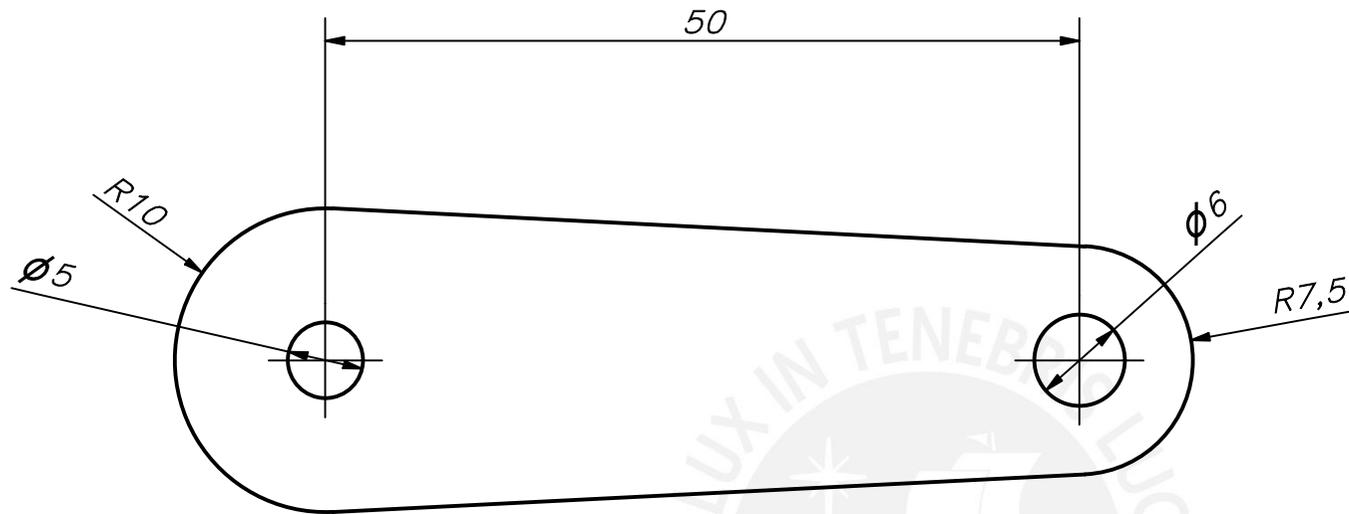
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS <b>SOPORTE DE GUÍAS          INFERIOR</b>	ESCALA 1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



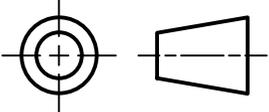
ESPESOR 1.5 mm

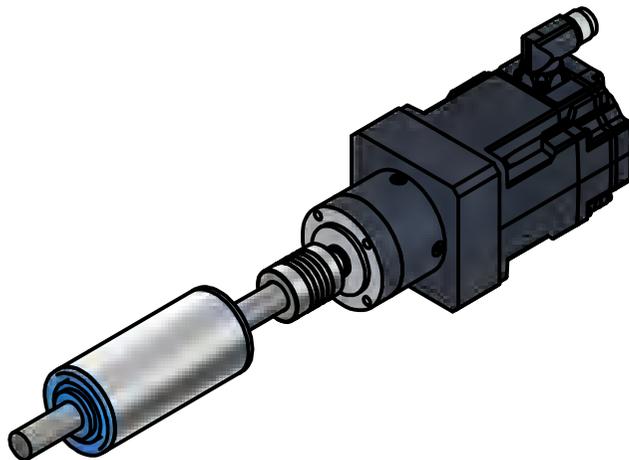
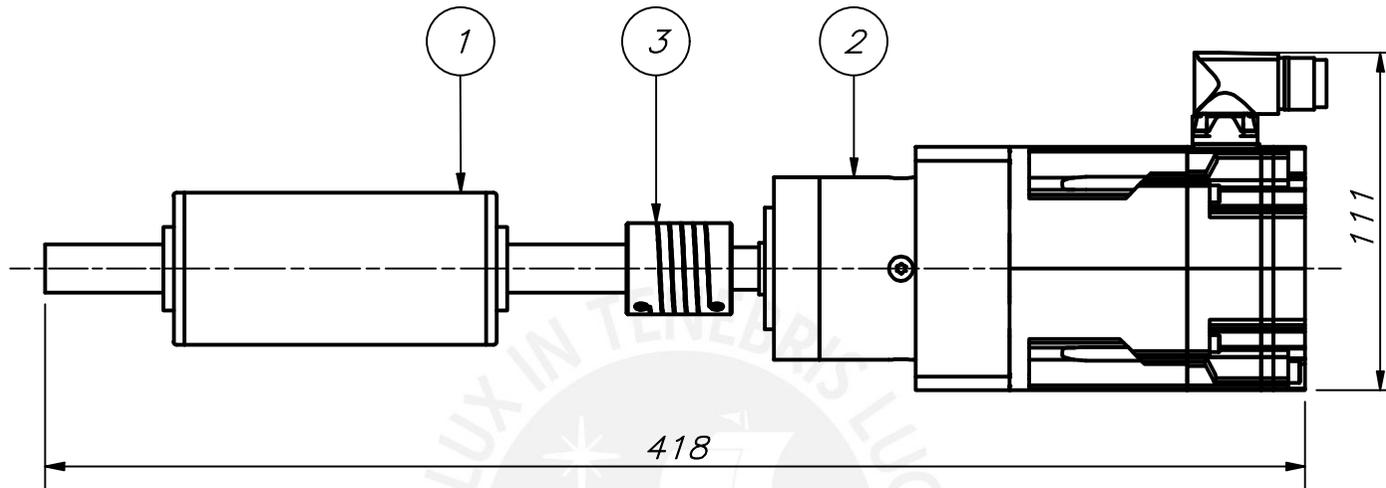
REDONDEOS NO INDICADOS R10

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE DE GUÍAS LATERAL	ESCALA  1.5:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



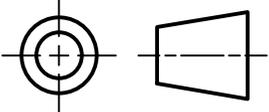
ESPESOR 2 mm

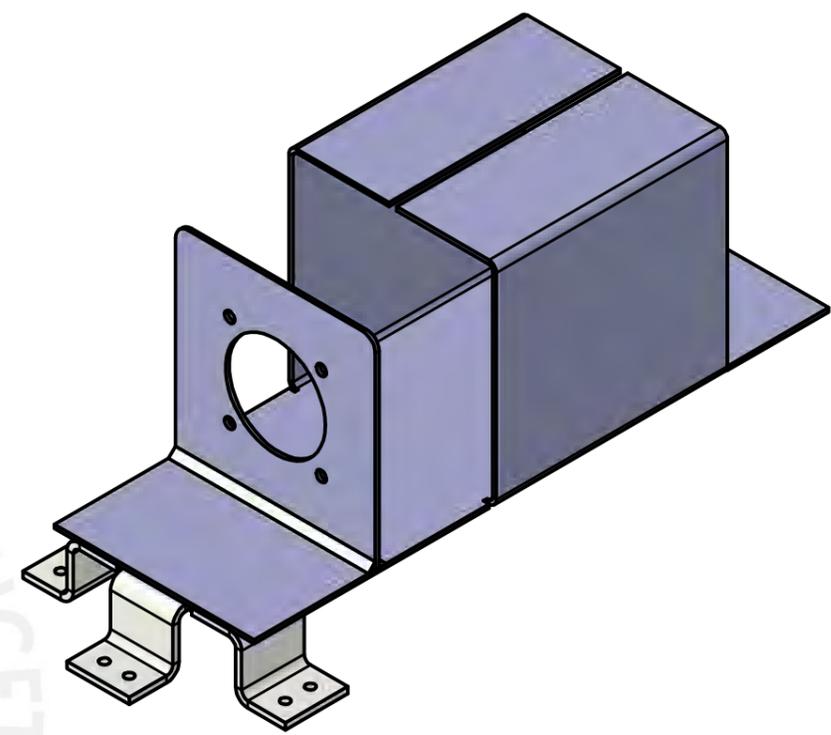
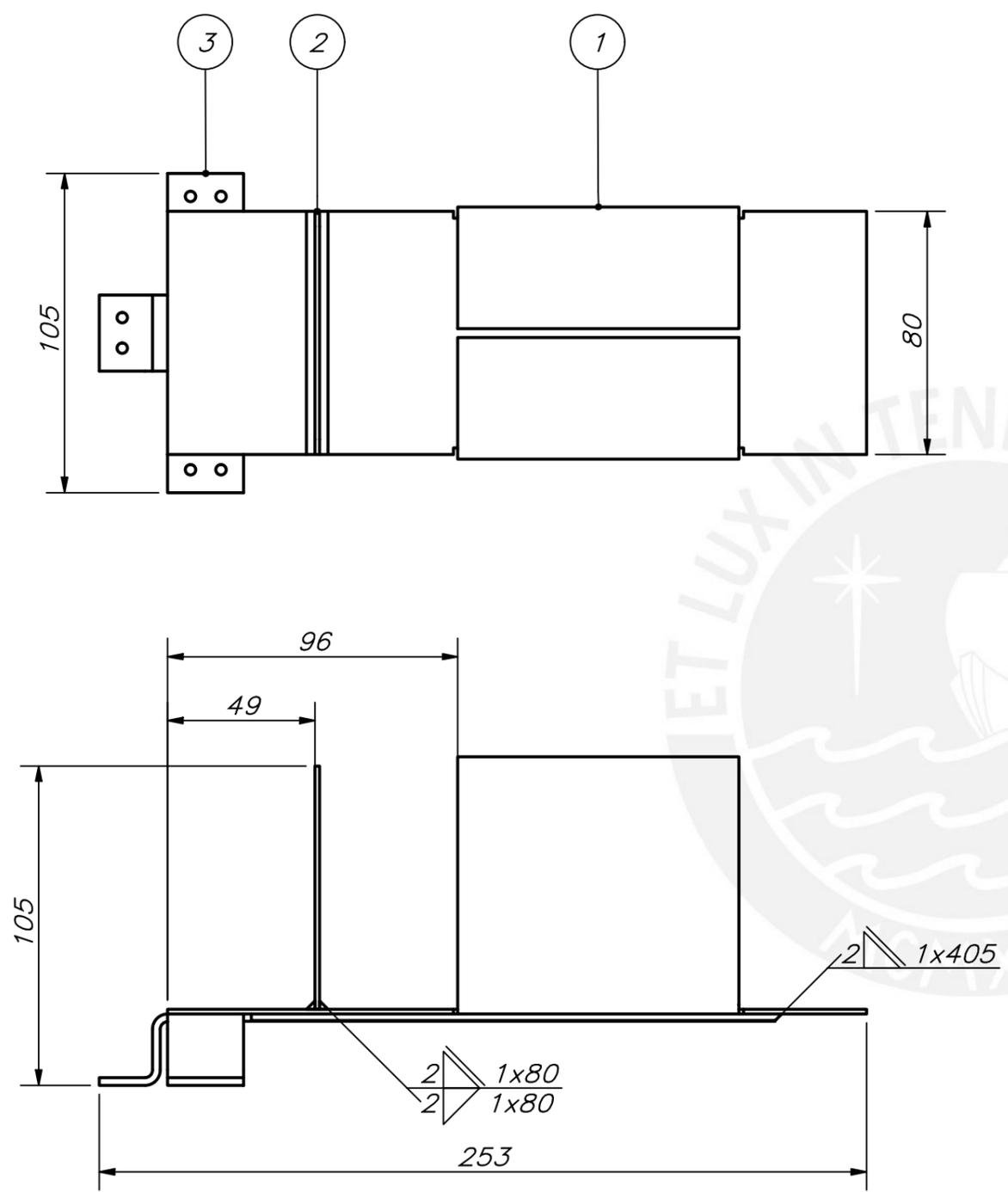
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE DE TENSADOR	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



3	1	Acople flexible D9L25_6x8			
2	1	Servomotor 1FK2104-4AF00-2SA0-Z_A21+M00+R10			SIEMENS
1	1	Rodillo CP-409 T			ROTRANS
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

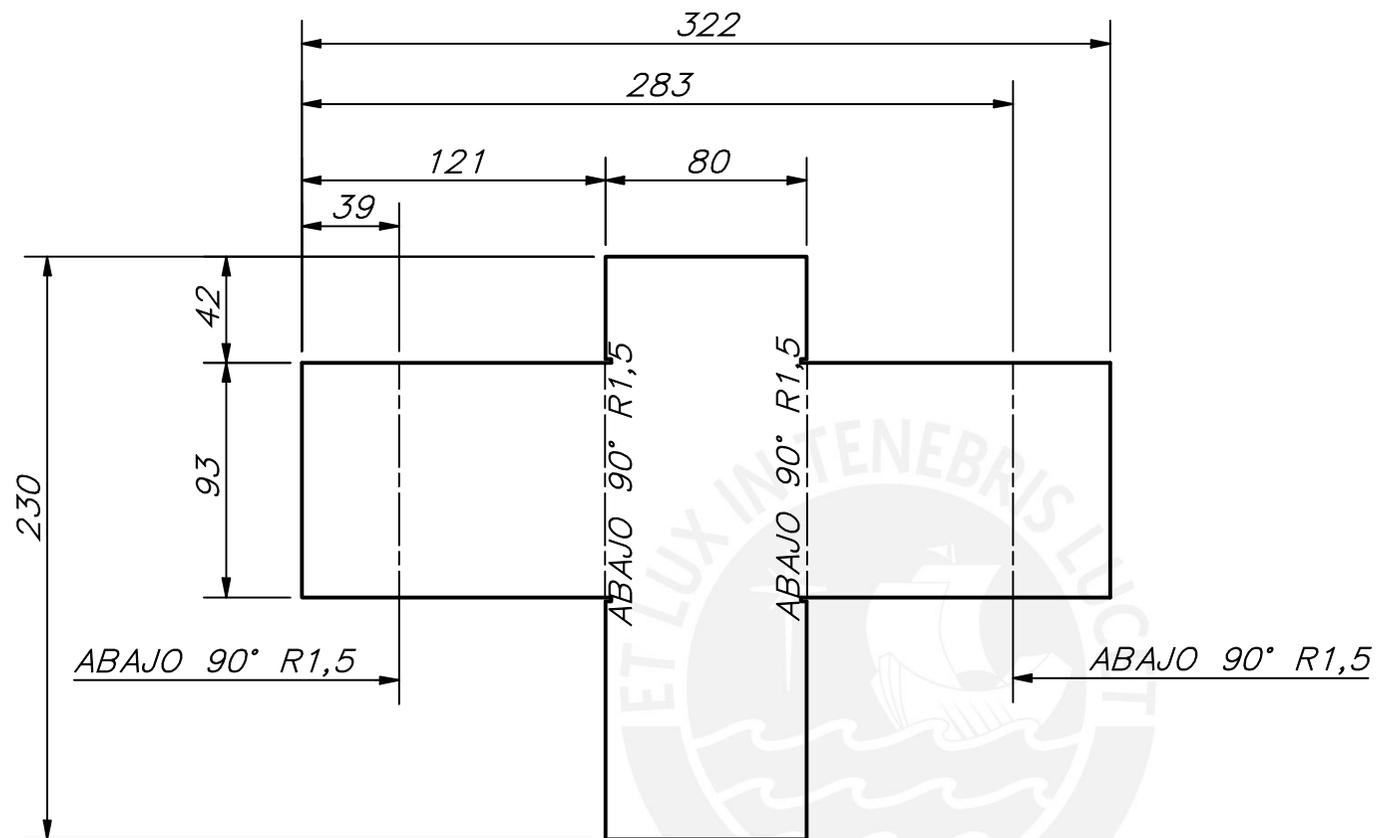
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>CILINDRO MOTORIZADO</b>	<b>1:2.5</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

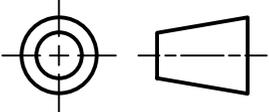


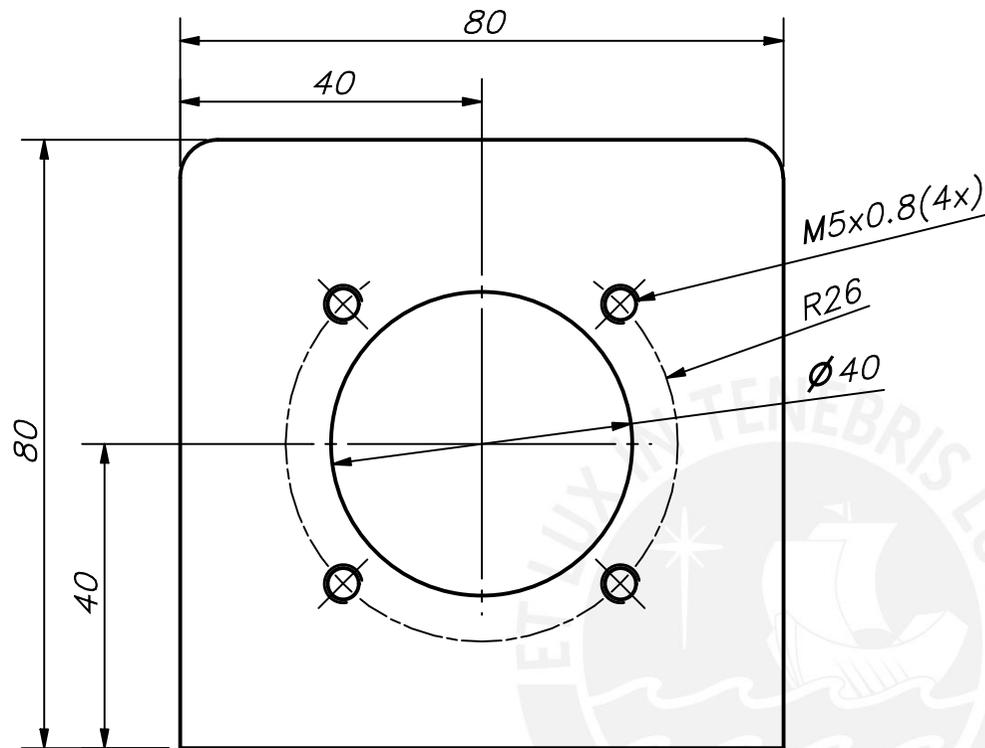
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
3	1	Fijador de soporte		ASTM A36	
2	1	Fijador de motor		ASTM A36	
1	1	Soporte inferior		ASTM A36	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS				ESCALA
	SOPORTE PARA SERVOMOTOR				1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO				FECHA: 2022.05.19
					LÁMINA: A3



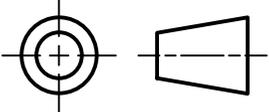
ESPESOR 1.5 mm

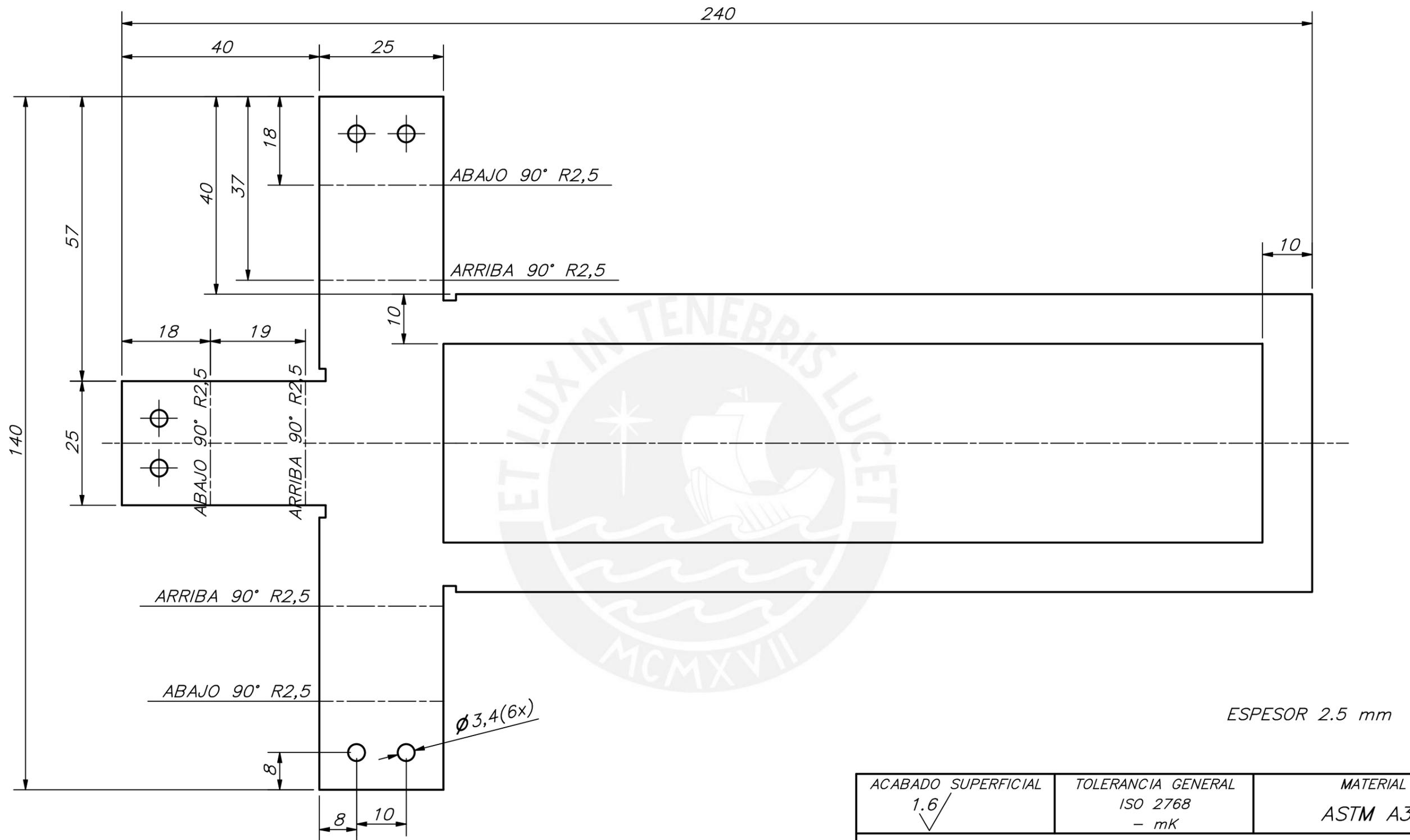
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	1MTR02 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M3	ESCALA 1:3
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

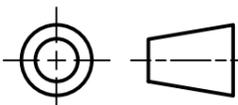


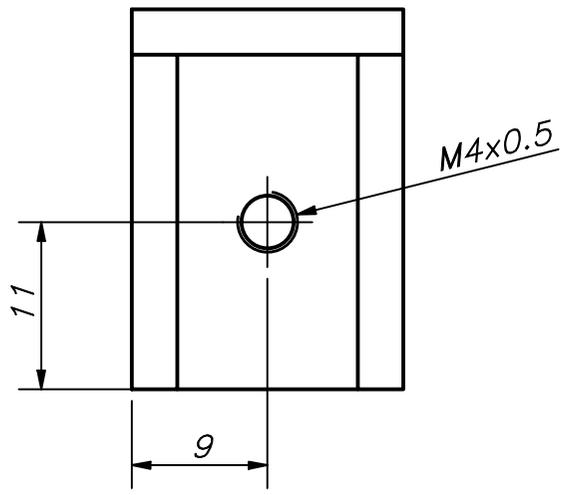
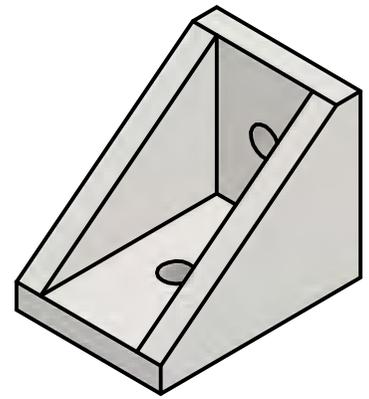
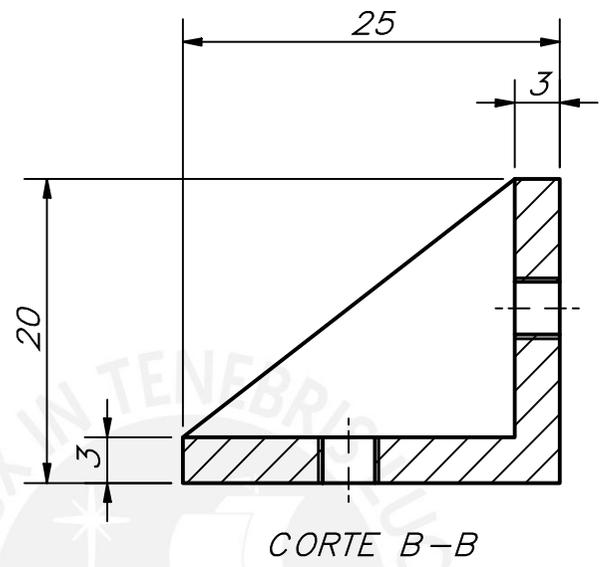
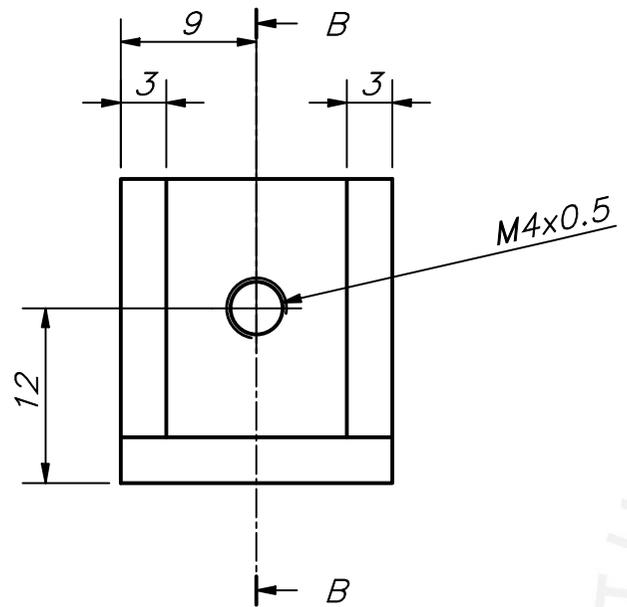
ESPEJOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

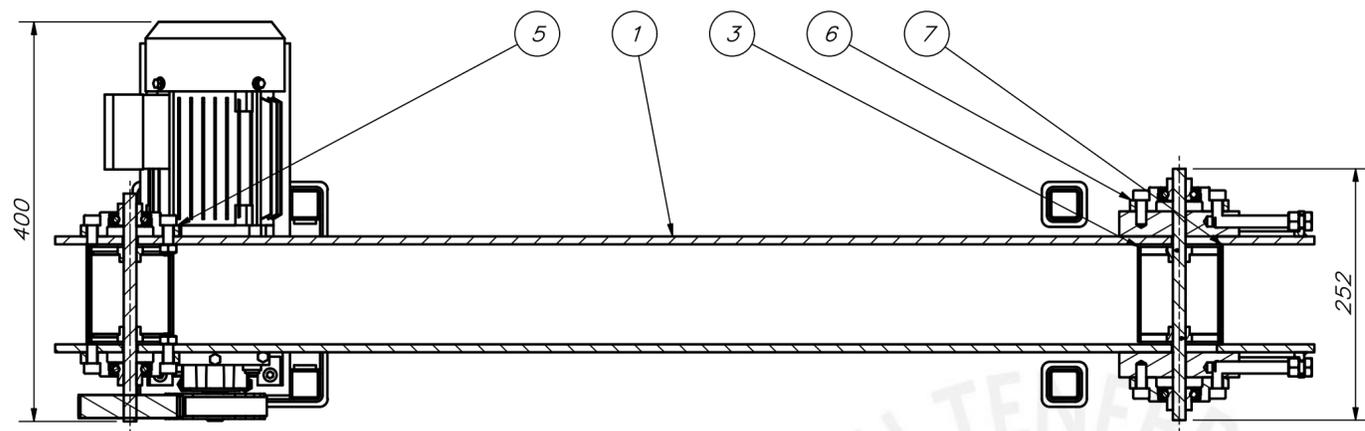
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



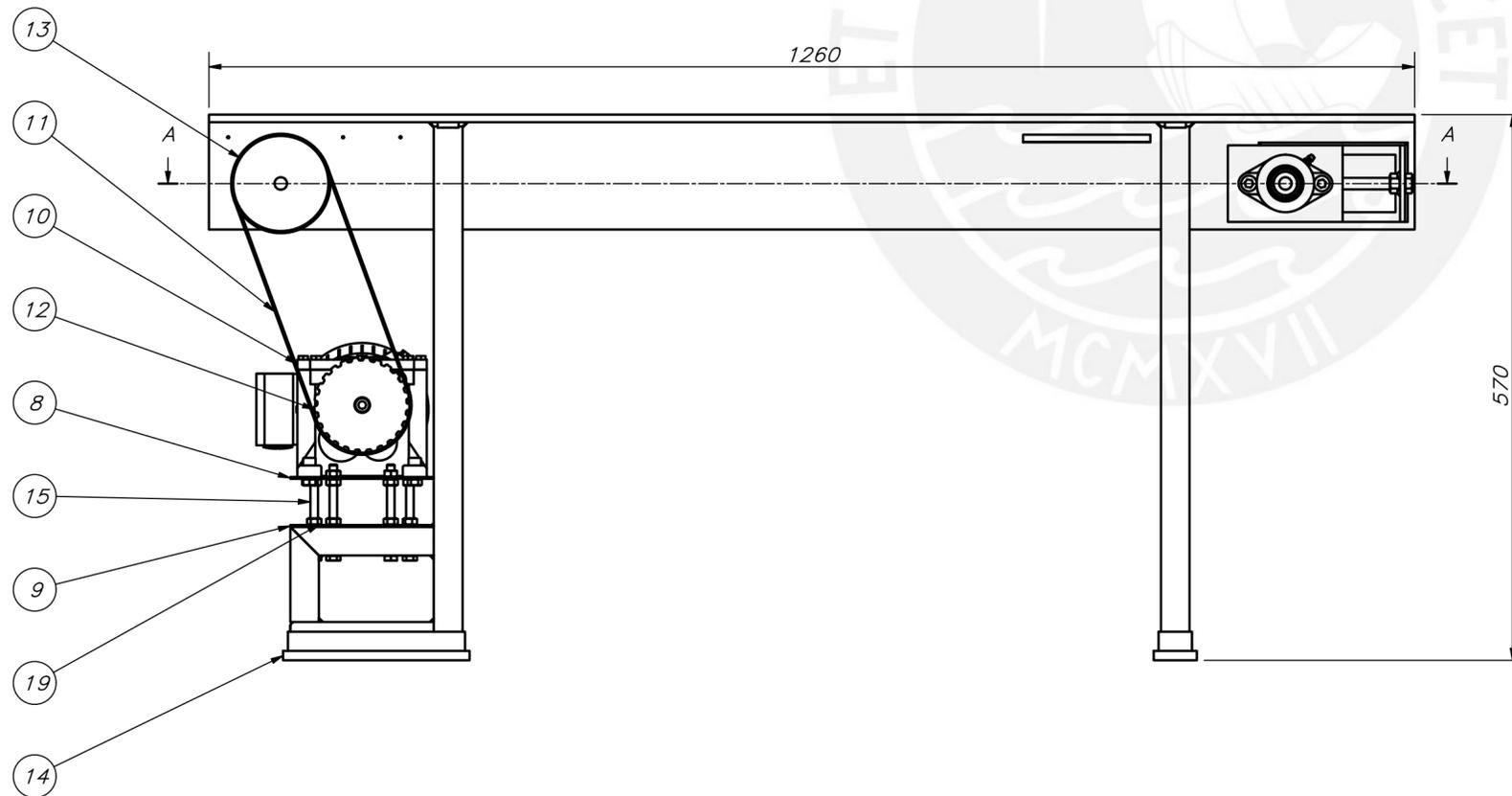
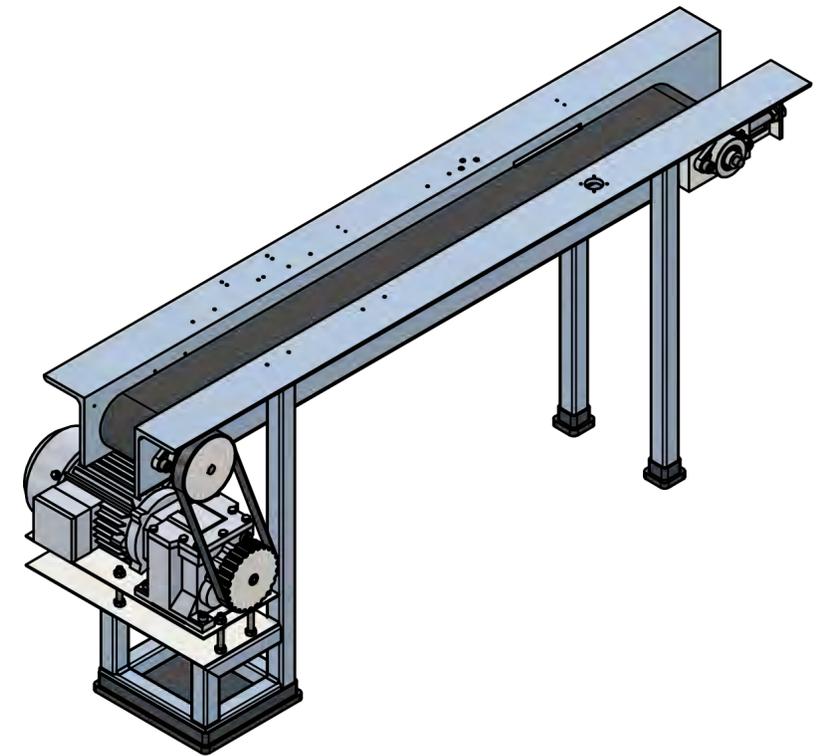
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1.25:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE PARA ETIQUETADORA	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



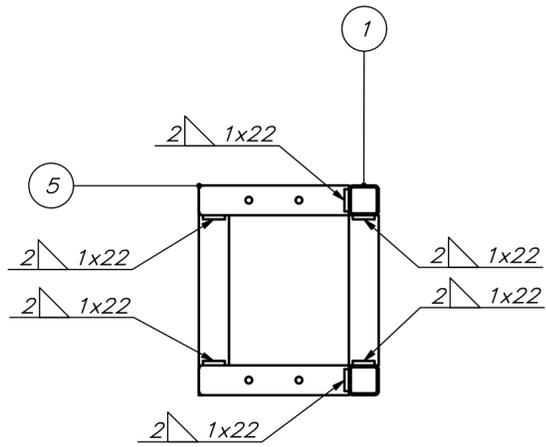
CORTE A-A



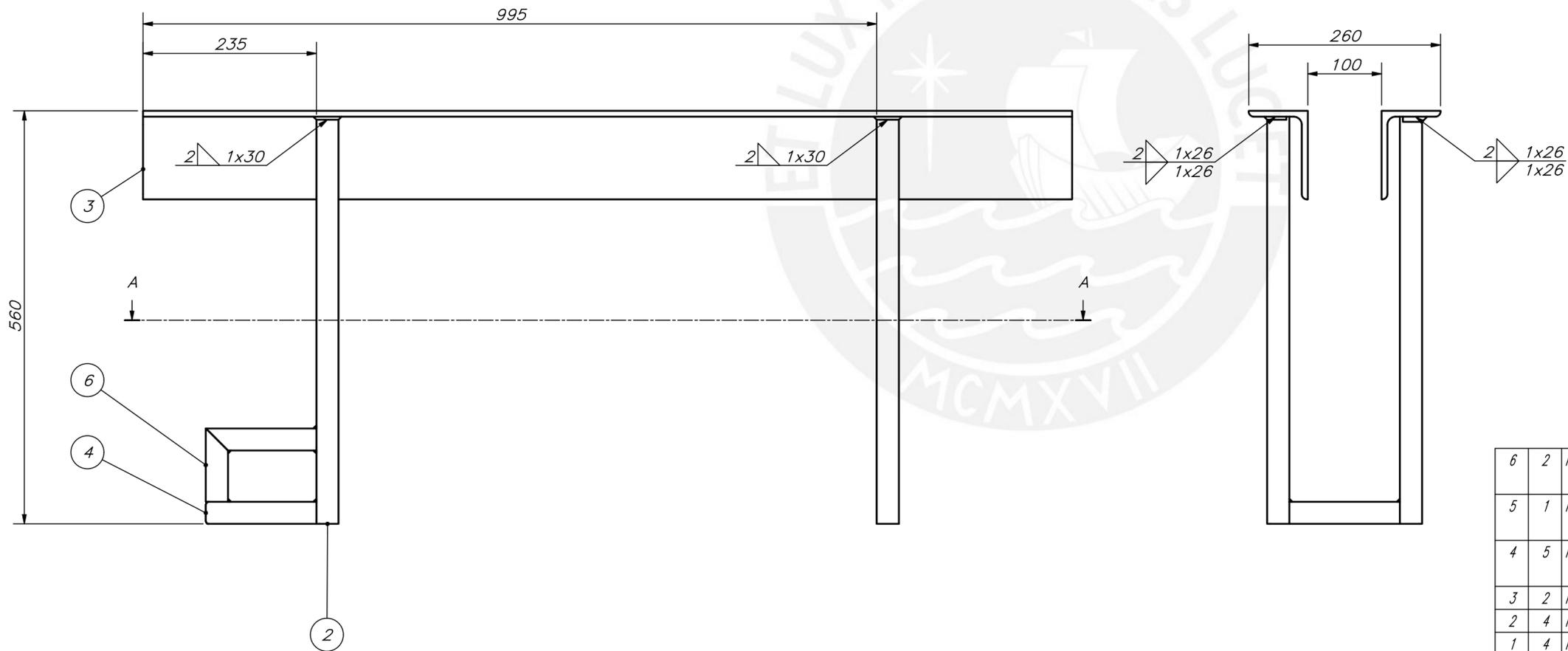
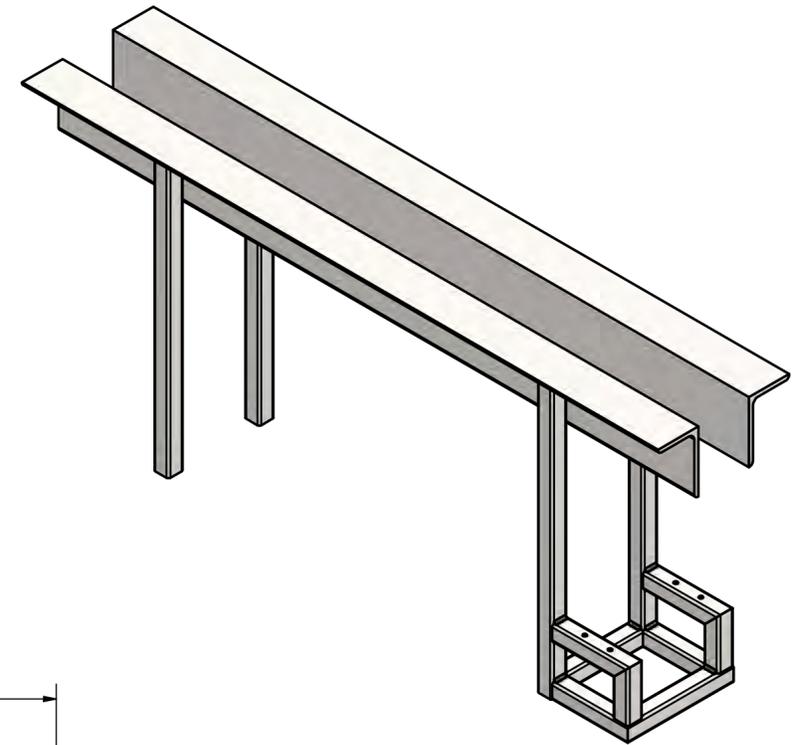
20	2	ISO 4032 - M10	ISO 4032	440C	
19	16	ISO 4032 - M8	ISO 4032	440C	
18	2	ISO 4762 - M10 x 30	ISO 4762	440C	
17	2	ISO 4762 - M10 x 20	ISO 4762	440C	
16	4	ISO 4762 - M8 x 20	ISO 4762	440C	
15	4	DIN 933 - M8 x 95	DIN 933	440C	
14	3	Regatón		SH 60	
13	1	Polea conducida PHP 35H075TB			SKF
12	1	Polea conductora PHP 17H075TB			SKF
11	1	Correa PHG D-330-H-075			SKF
10	1	Motor 2KJ8101-2CF00-0AN1-Z			SIEMENS
9	1	Soporte fijo de motor		ASTM A36	
8	1	Soporte móvil de motor		ASTM A36	
7	1	Banda E 8/H U0/V6 NP			SIEGLING TRANSILON
6	2	Rodamiento tensor		440C	SUB ENSAMBLE
5	2	Rodamiento F2B 008-RM			SKF
4	1	Cilindro de retorno			SUB ENSAMBLE
3	2	Cilindro motriz			SUB ENSAMBLE
2	1	Mesa de soporte		ASTM A36	
1	1	Estructura de faja transportadora 1			SUB ENSAMBLE
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	FAJA TRANSPORTADORA 1	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2



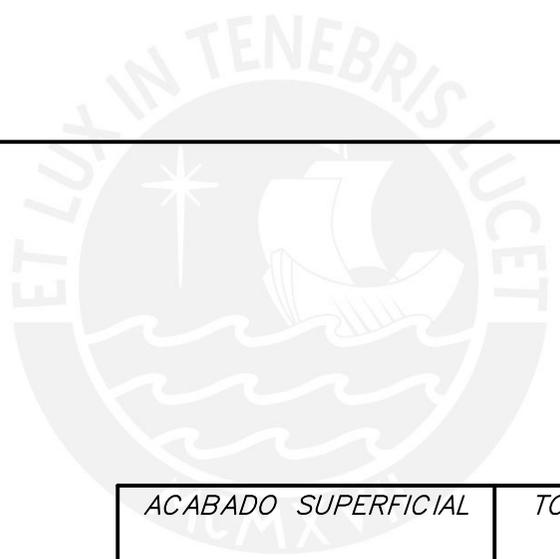
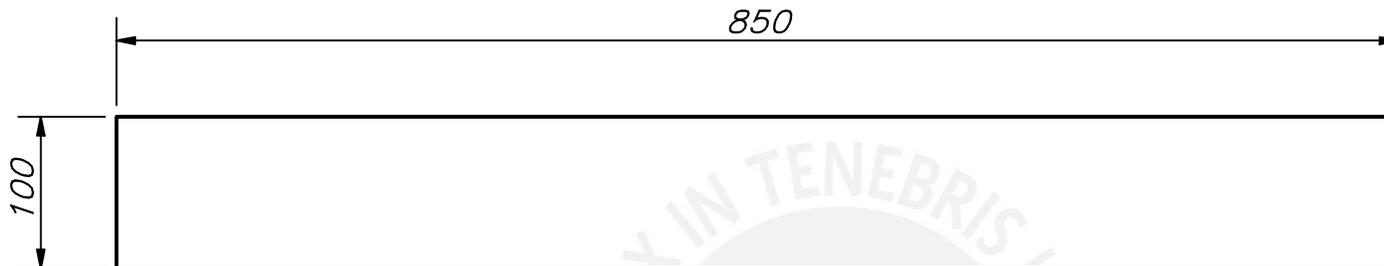
CORTE A-A



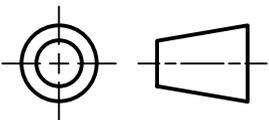
6	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 99,5	ISO 10799-2	ASTM A36	
5	1	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 210	ISO 10799-2	ASTM A36	
4	5	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 150	ISO 10799-2	ASTM A36	
3	2	ISO 657-2 - 120x 80x 8-1260	ISO 657-2	ASTM A36	
2	4	Placa 26 x 26 x 5		ASTM A36	
1	4	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 552	ISO 10799-2	ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

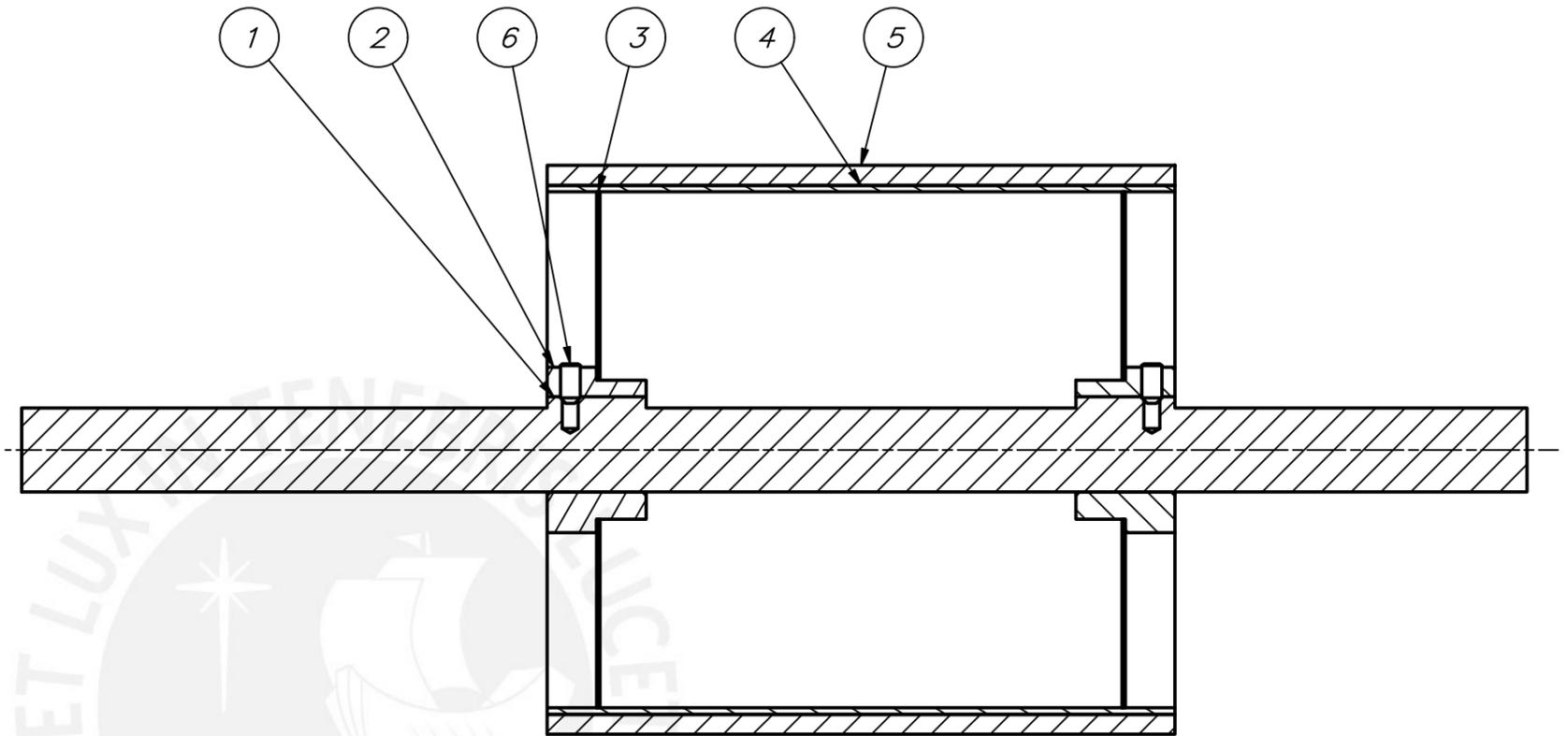
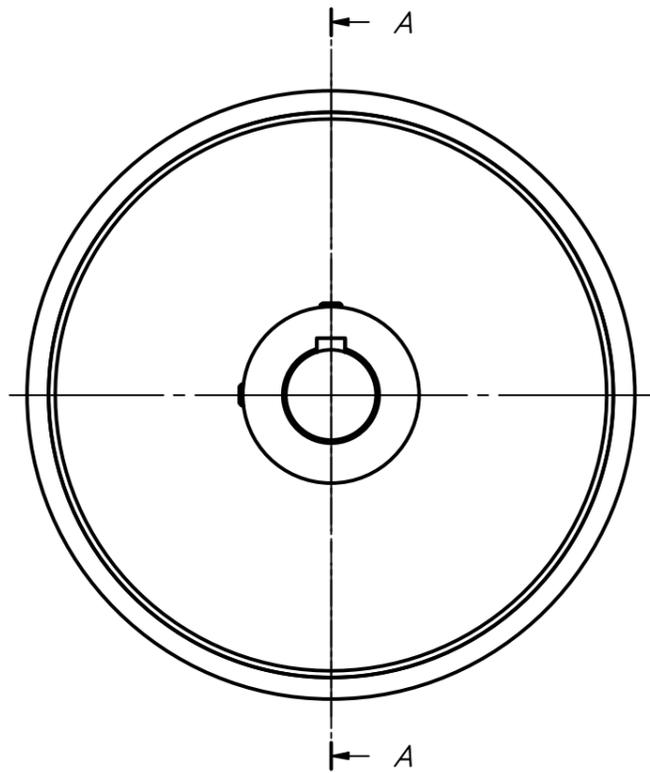
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	ESTRUCTURA DE FAJA TRANSPORTADORA 1	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2

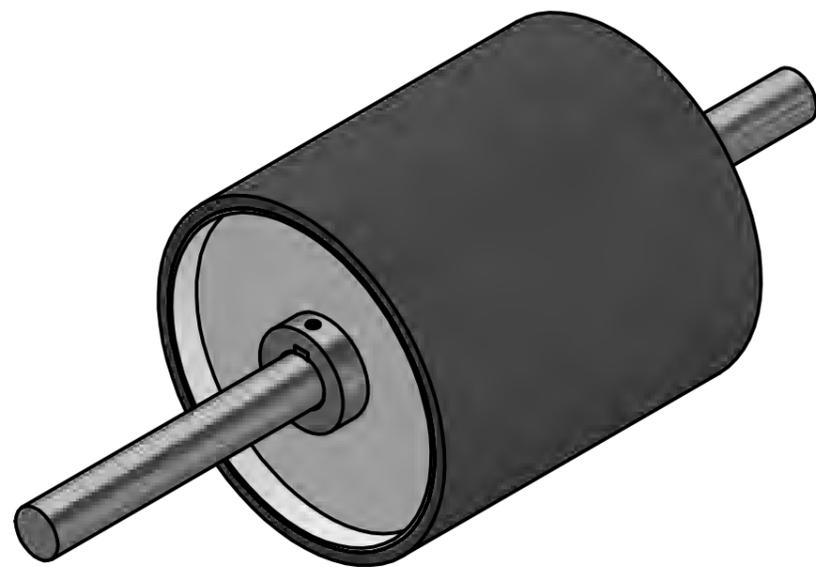


ESPEJOR 2 mm

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36 <sup>16</sup>
<p align="center">PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA</p>		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  MESA DE SOPORTE	ESCALA  1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



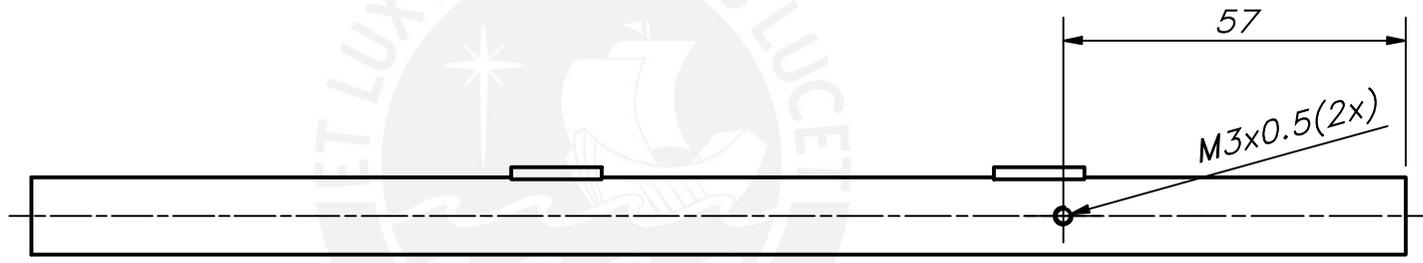
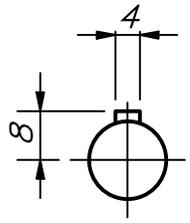
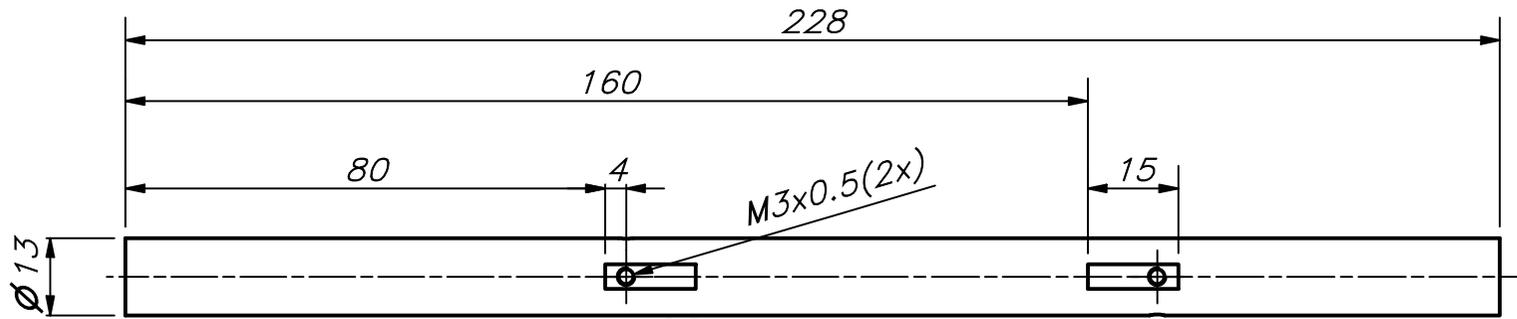
CORTE A-A



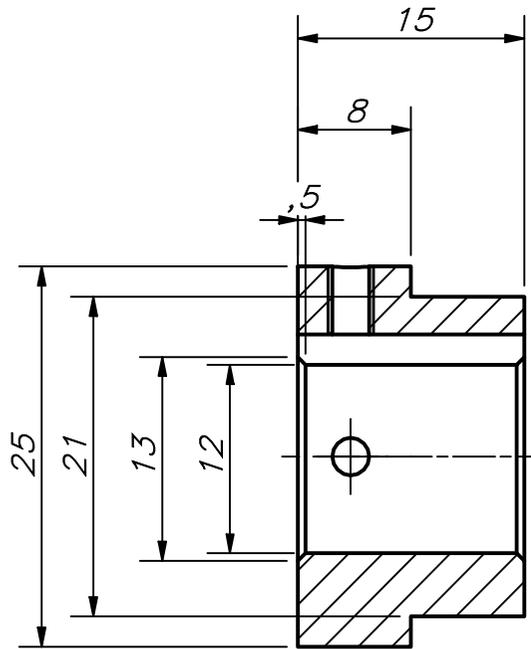
6	4	ISO 4029 - M3 x 6	ISO 4029	440C	
5	1	Recubrimiento vulcanizado		SH 60	
4	1	Camisa		ASTM A36	
3	2	Tapa lateral		ASTM A36	
2	2	Manzana		ASTM A36	
1	1	Eje motriz		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

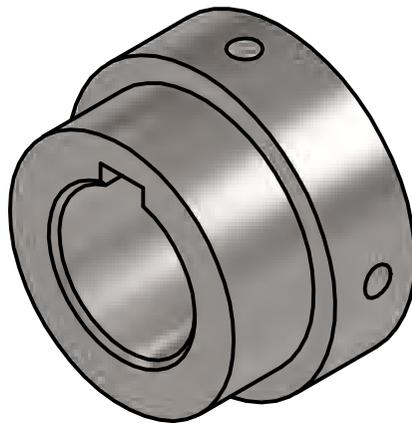
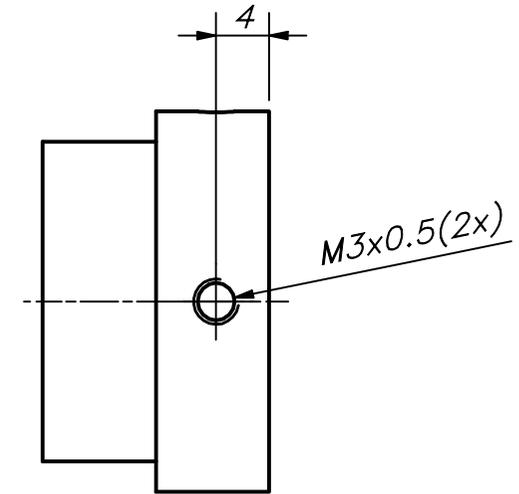
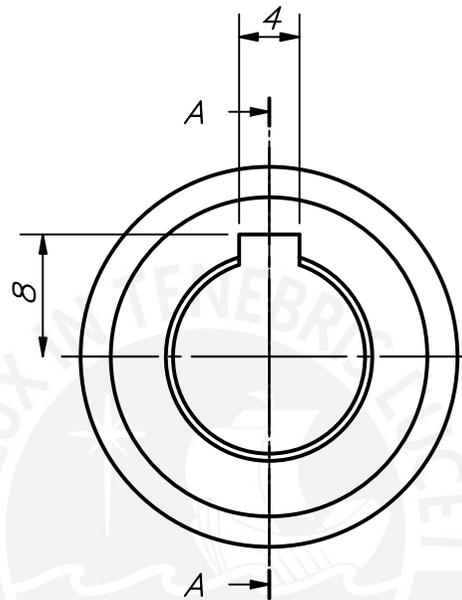
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	CILINDRO MOTRIZ	1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



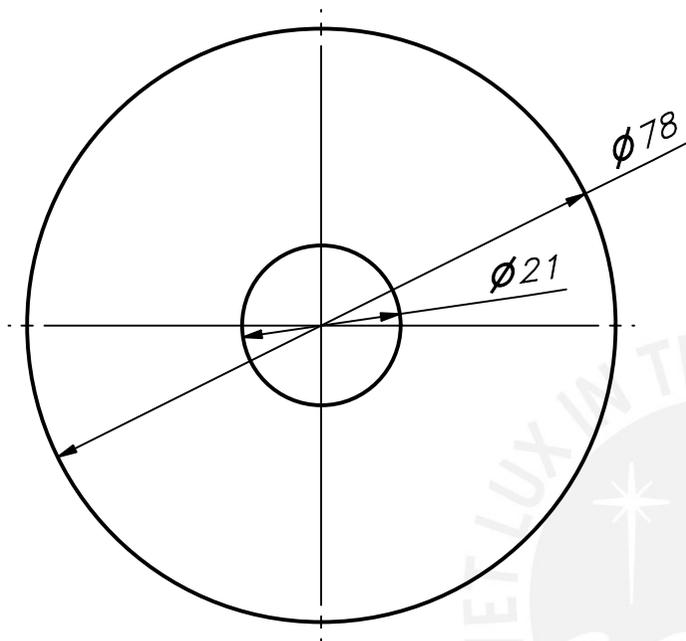
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	1MTR02 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M3	ESCALA 1:1.25
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



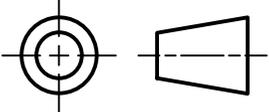
CORTE A-A

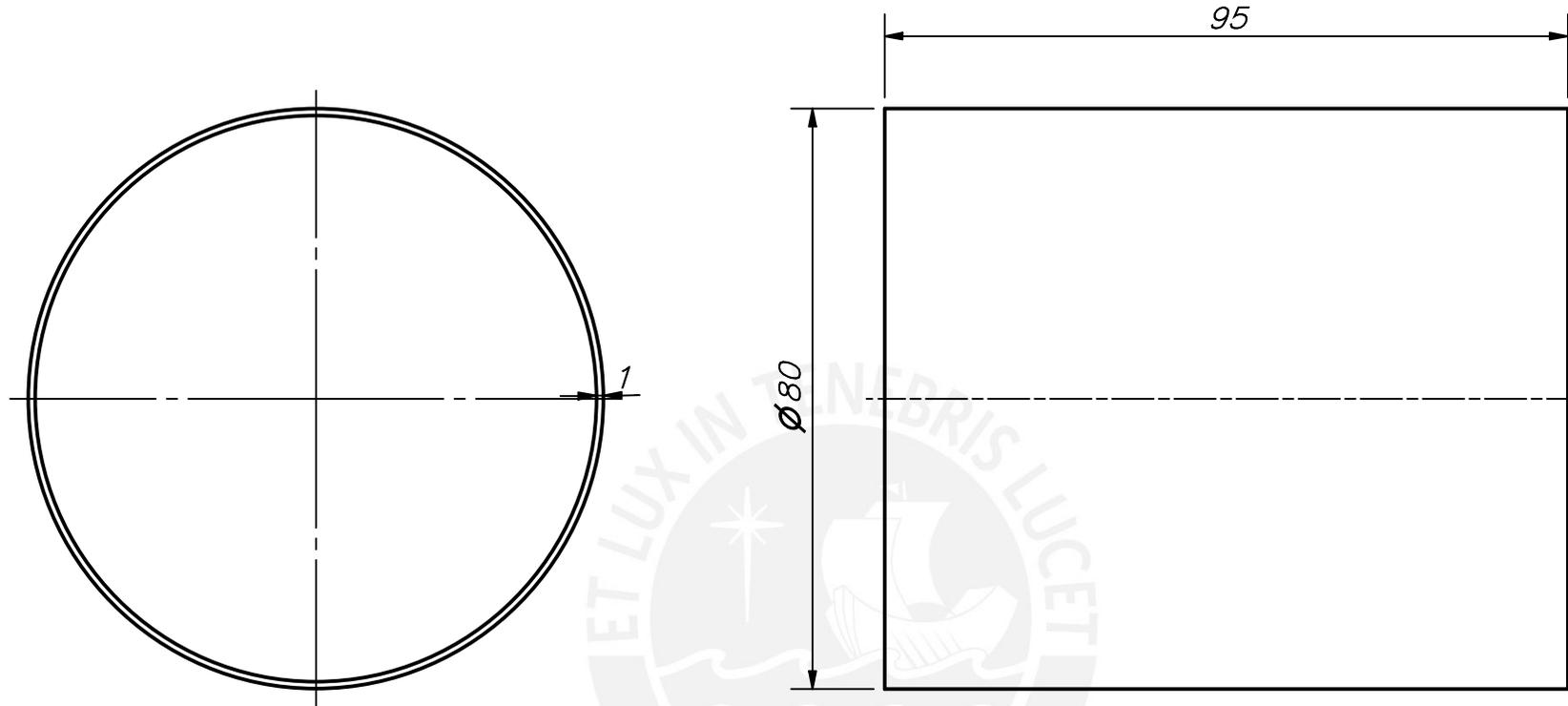


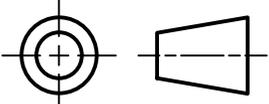
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3

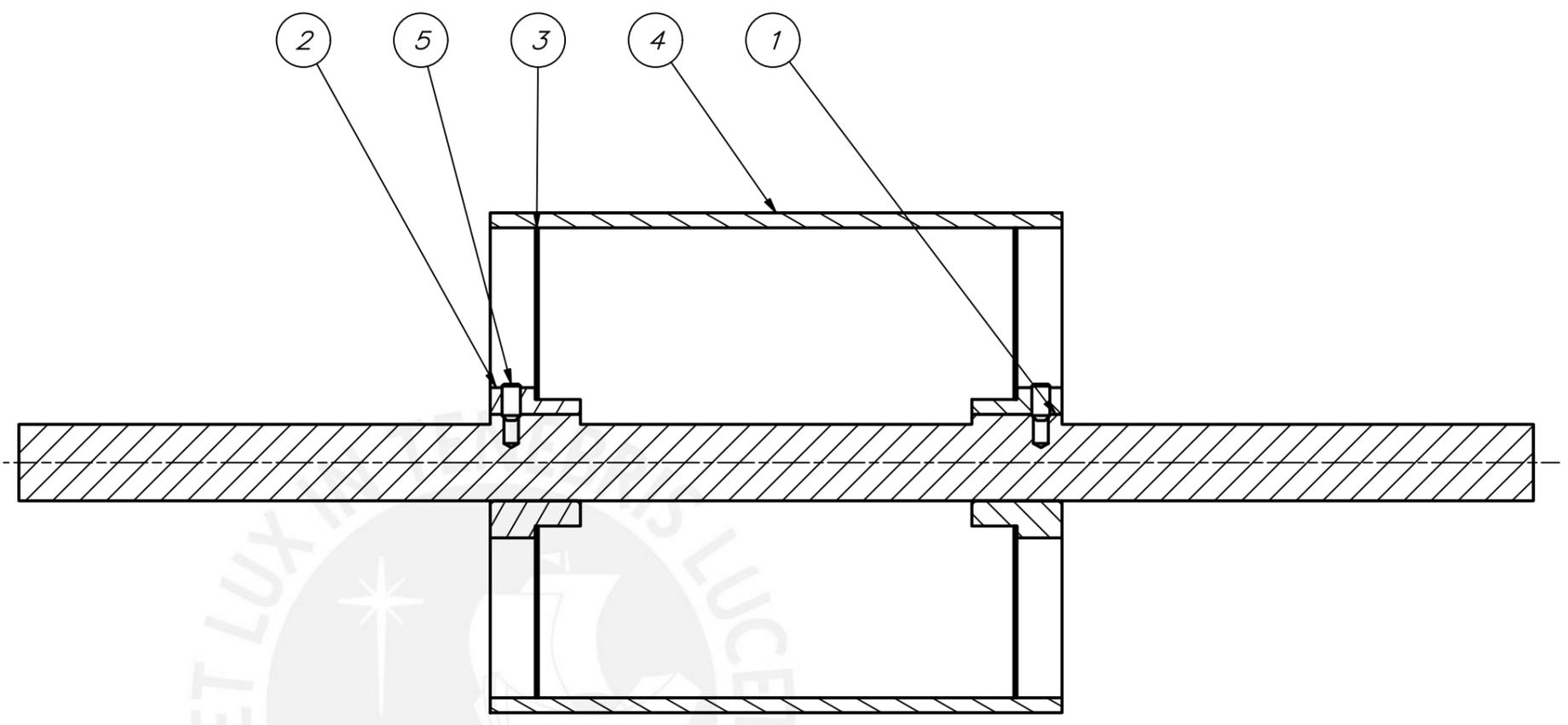
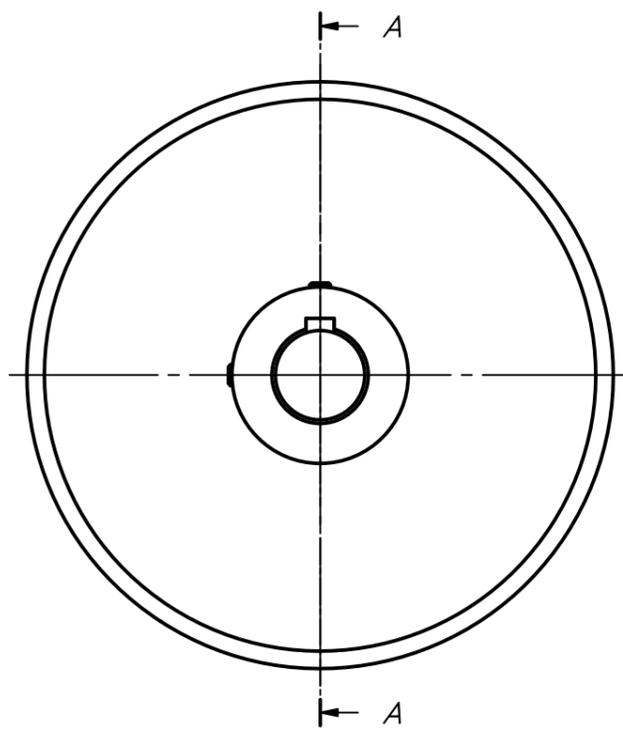


ESPESOR 0.5 mm

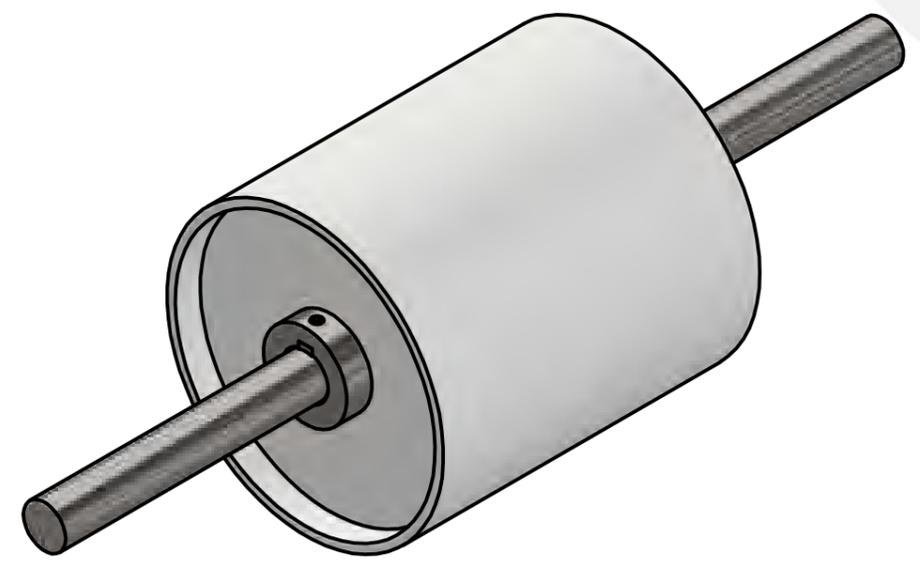
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  TAPA LATERAL	ESCALA  1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



ACABADO SUPERFICIAL $1.6/\sqrt{\quad}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <h2 style="text-align: center;">CAMISA</h2>	ESCALA  <h2 style="text-align: center;">1:1</h2>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



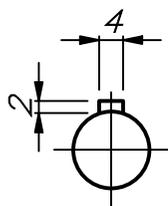
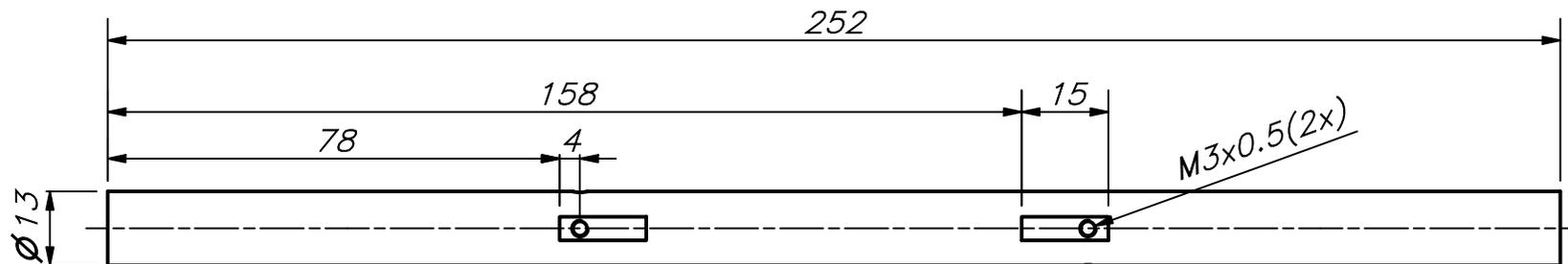
CORTE A-A



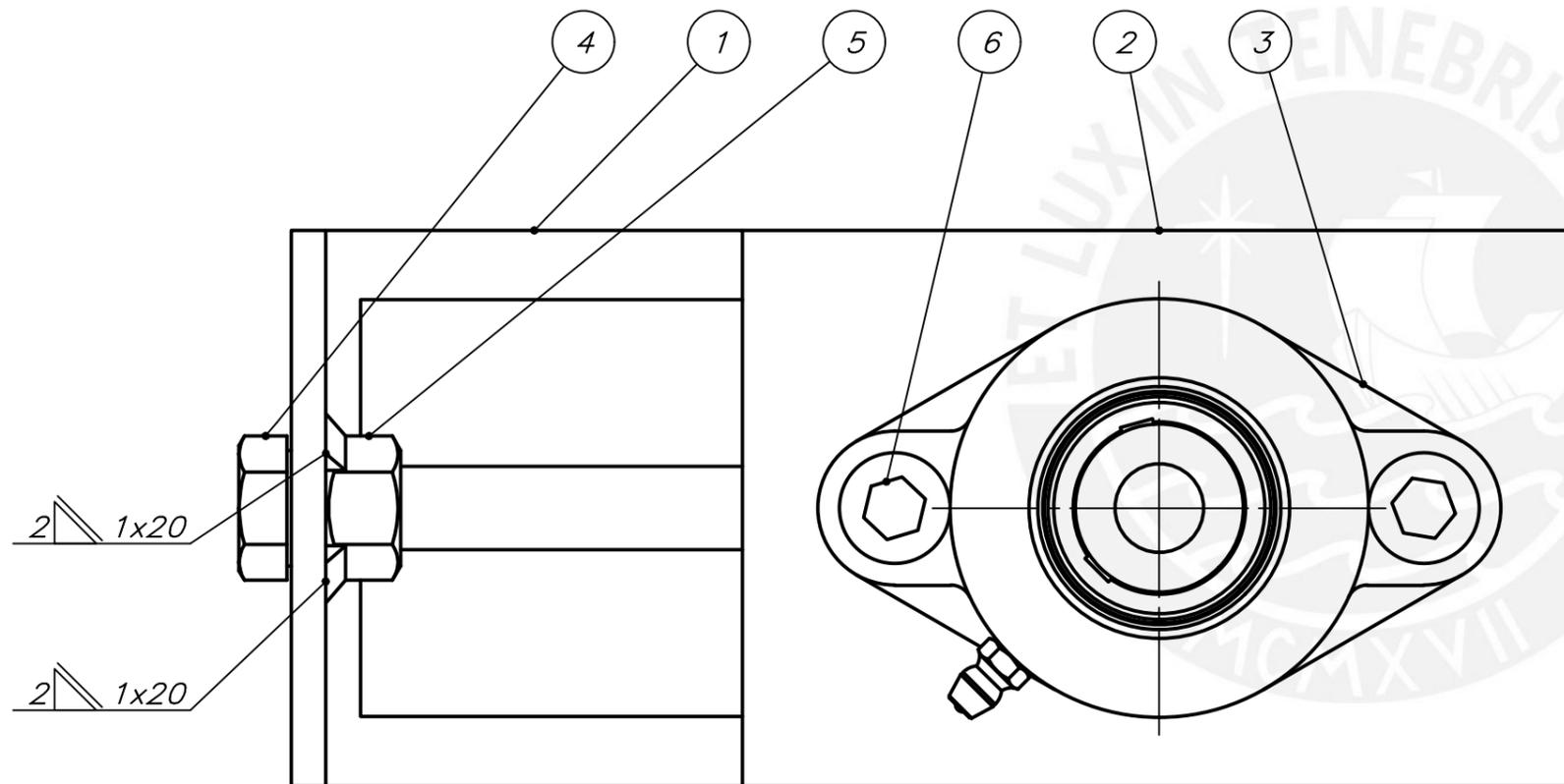
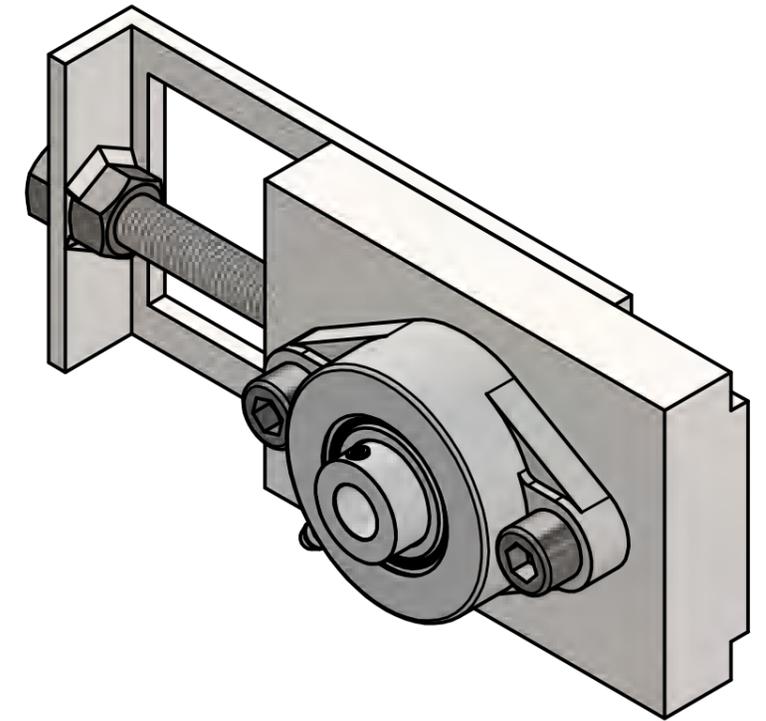
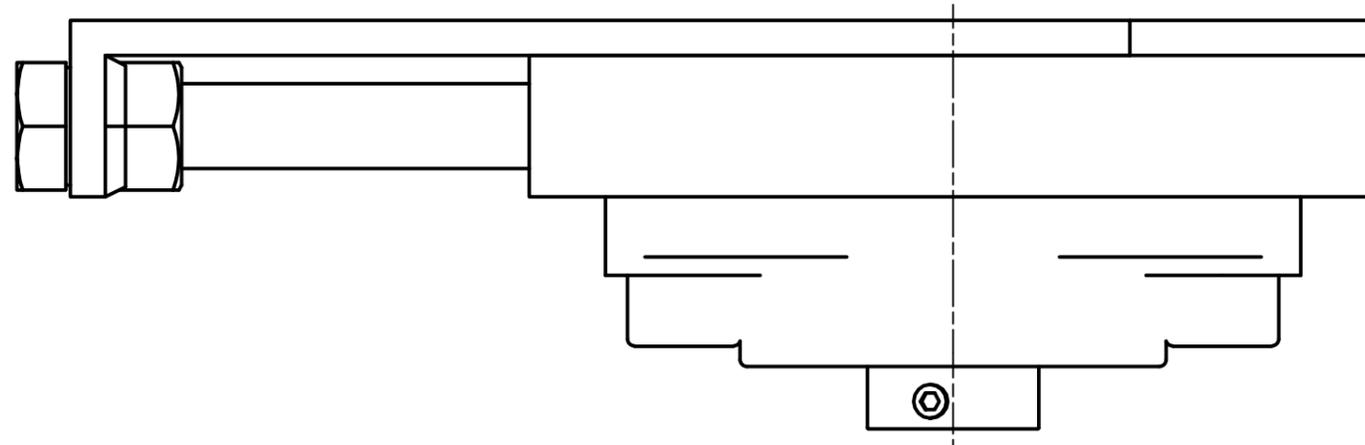
5	4	ISO 4029 - M3 x 6	ISO 4029	440C	
4	1	Camisa		ASTM A36	
3	2	Tapa lateral		ASTM A36	
2	2	Manzana		ASTM A36	
1	1	Eje de retorno		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	CILINDRO DE RETORNO	1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



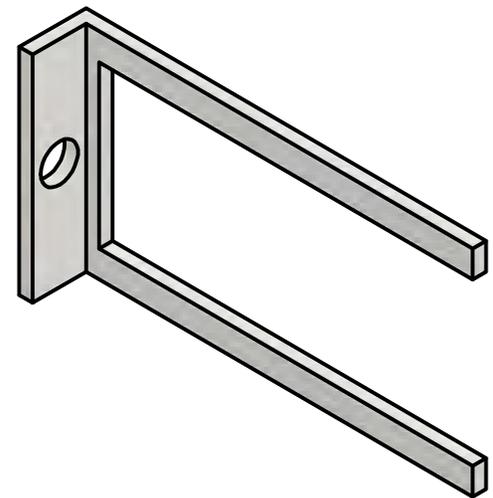
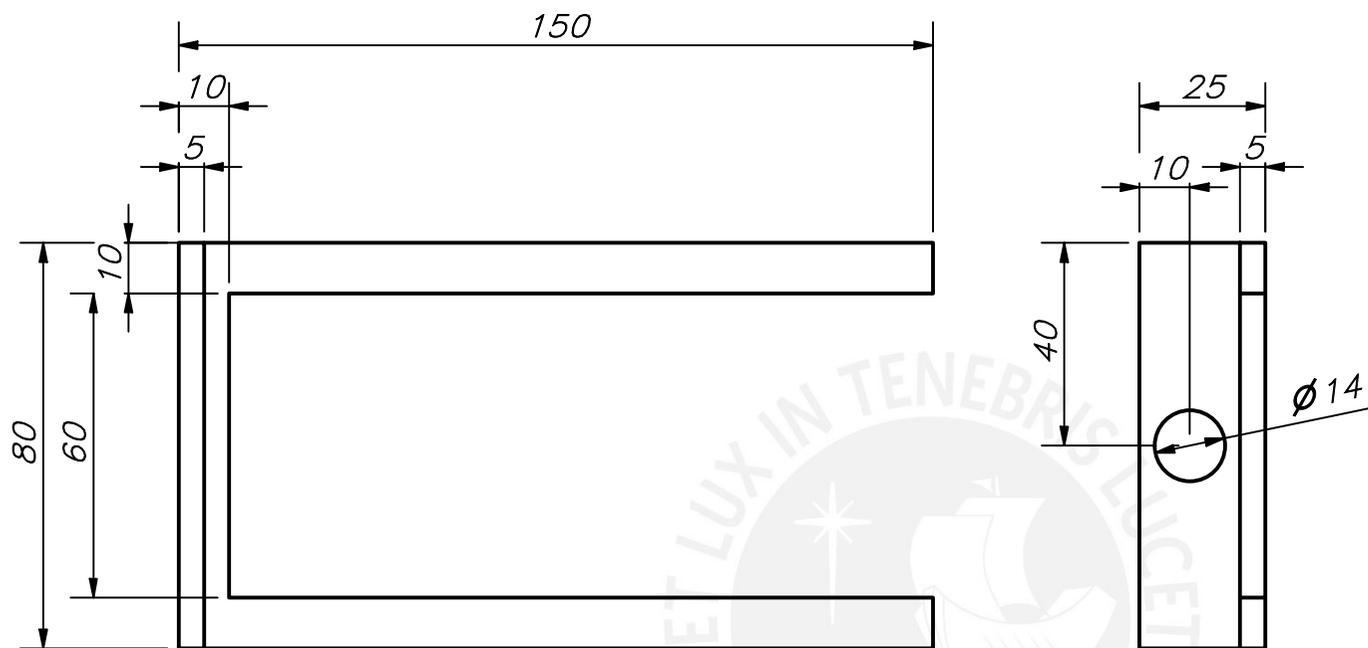
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1.25
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

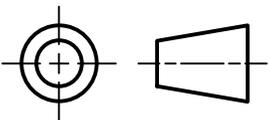


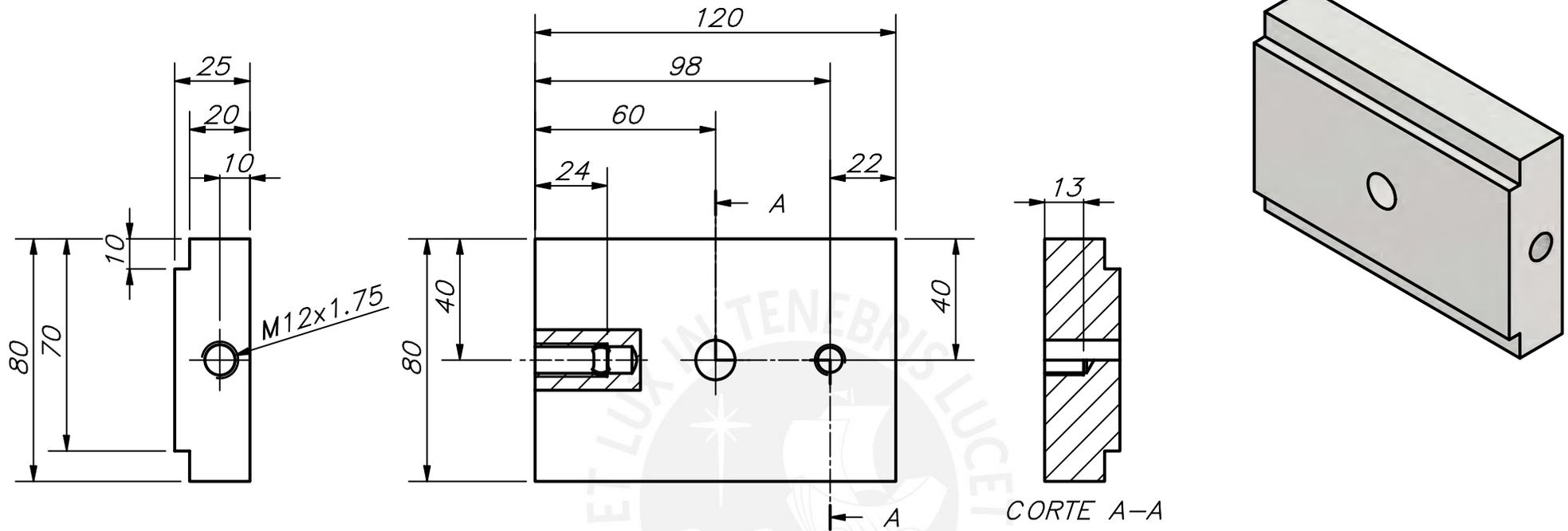
6	2	ISO 4762 - M10 x 25	ISO 4762	440C	
5	1	ISO 4032 - M12	ISO 4032	440C	
4	1	ISO 4017 - M12 x 90	ISO 4017	440C	
3	1	Rodamiento F2B 008-RM			SKF
2	1	Tensor móvil		ASTM A36	
1	1	Tensor fijo		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

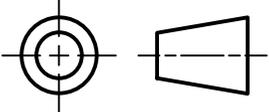
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

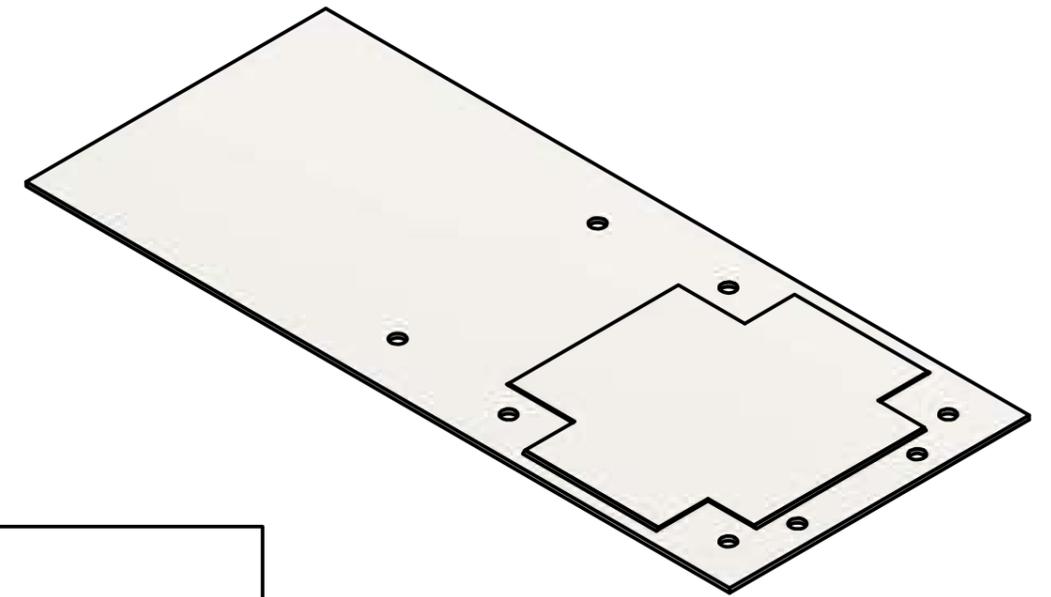
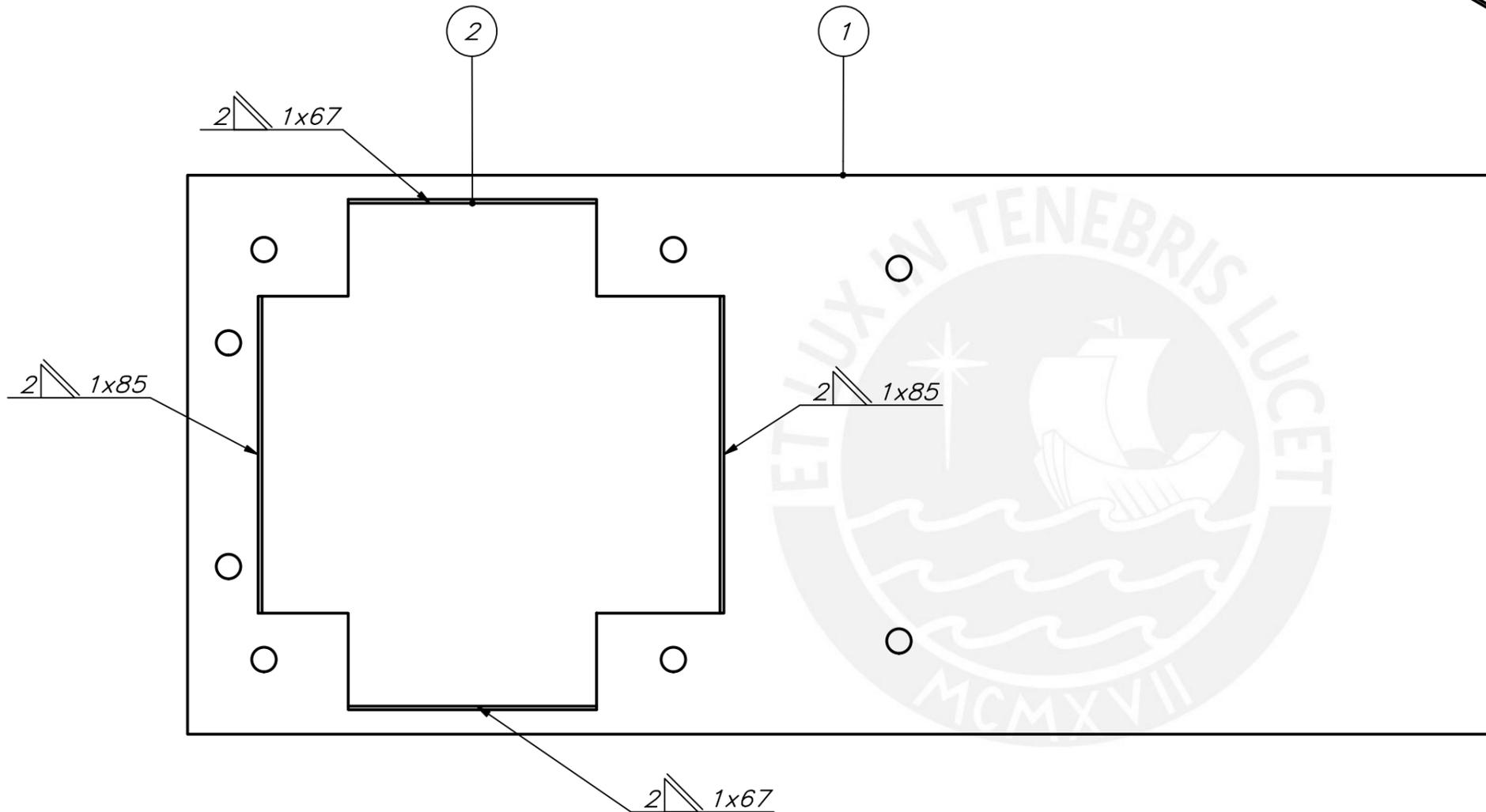
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	RODAMIENTO TENSOR	1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



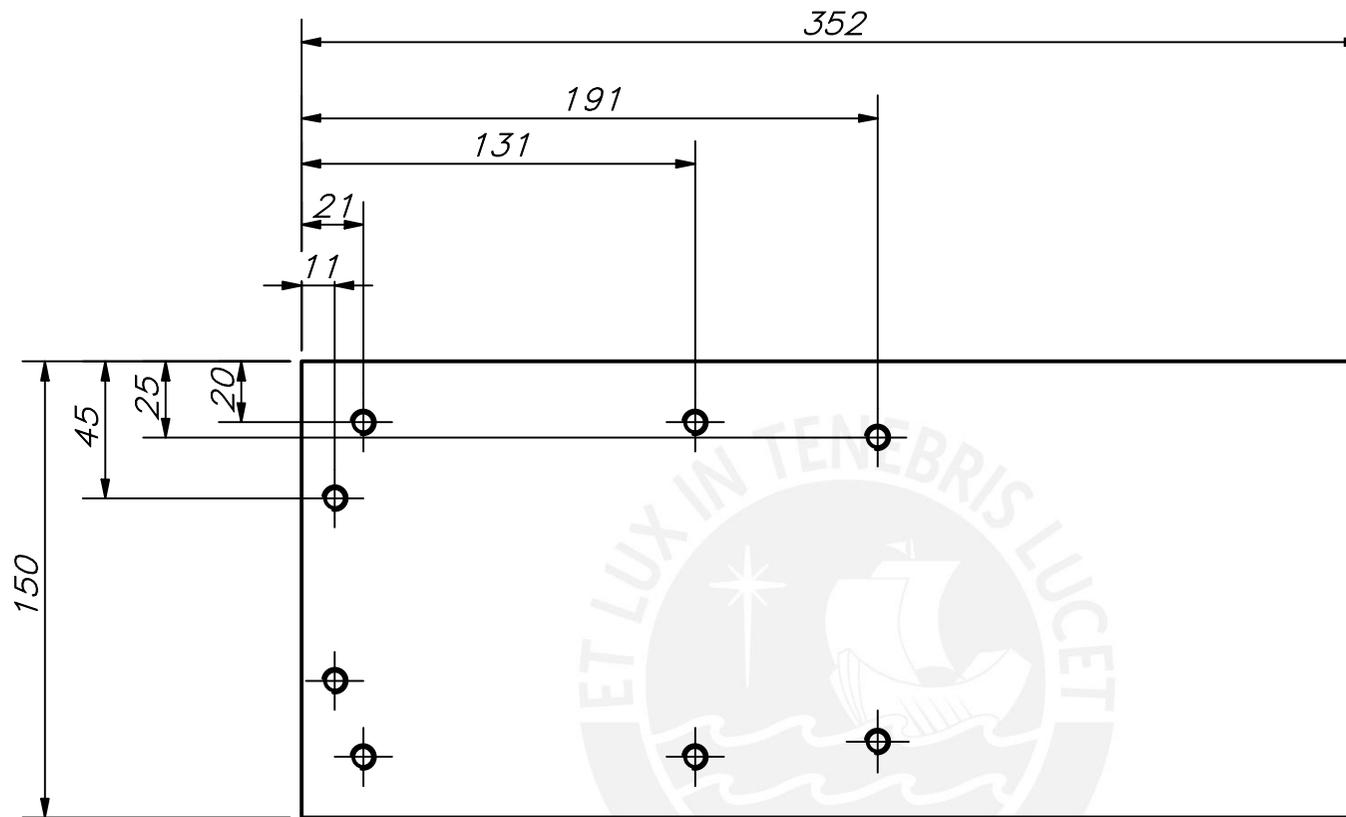
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  TENSOR FIJO	ESCALA  1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



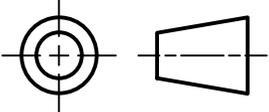
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  TENSOR MÓVIL	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

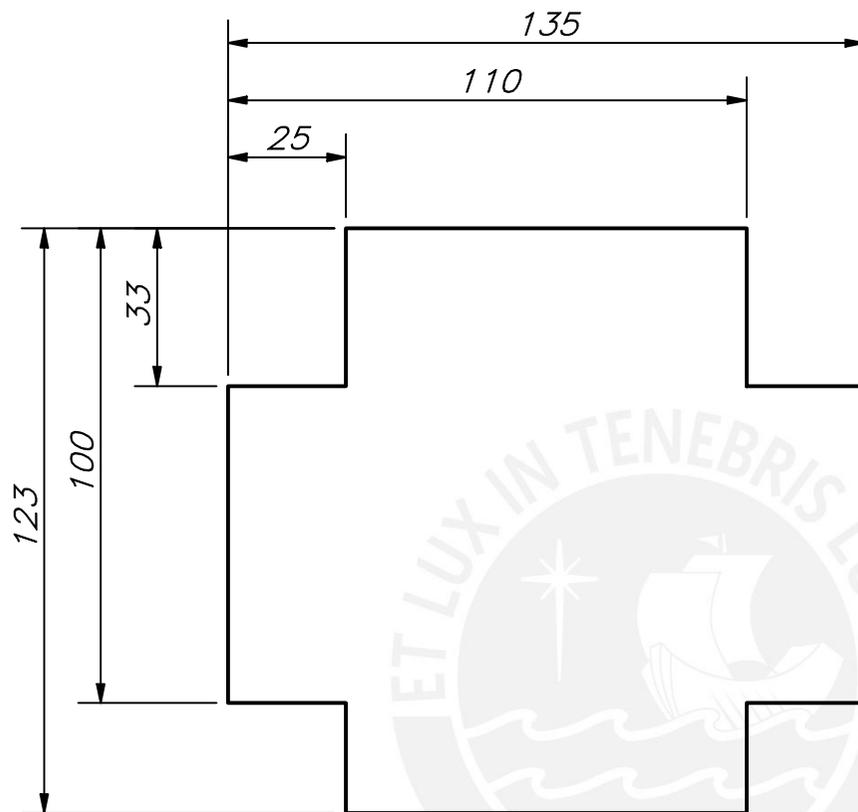


2	1	Soporte inferior móvil para motor		ASTM A36	
1	1	Soporte superior móvil para motor		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS			ESCALA
		<b>SOPORTE MÓVIL PARA MOTOR</b>			<b>1:1.5</b>
20160595		CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO			FECHA: 2022.05.19
					LÁMINA: A3



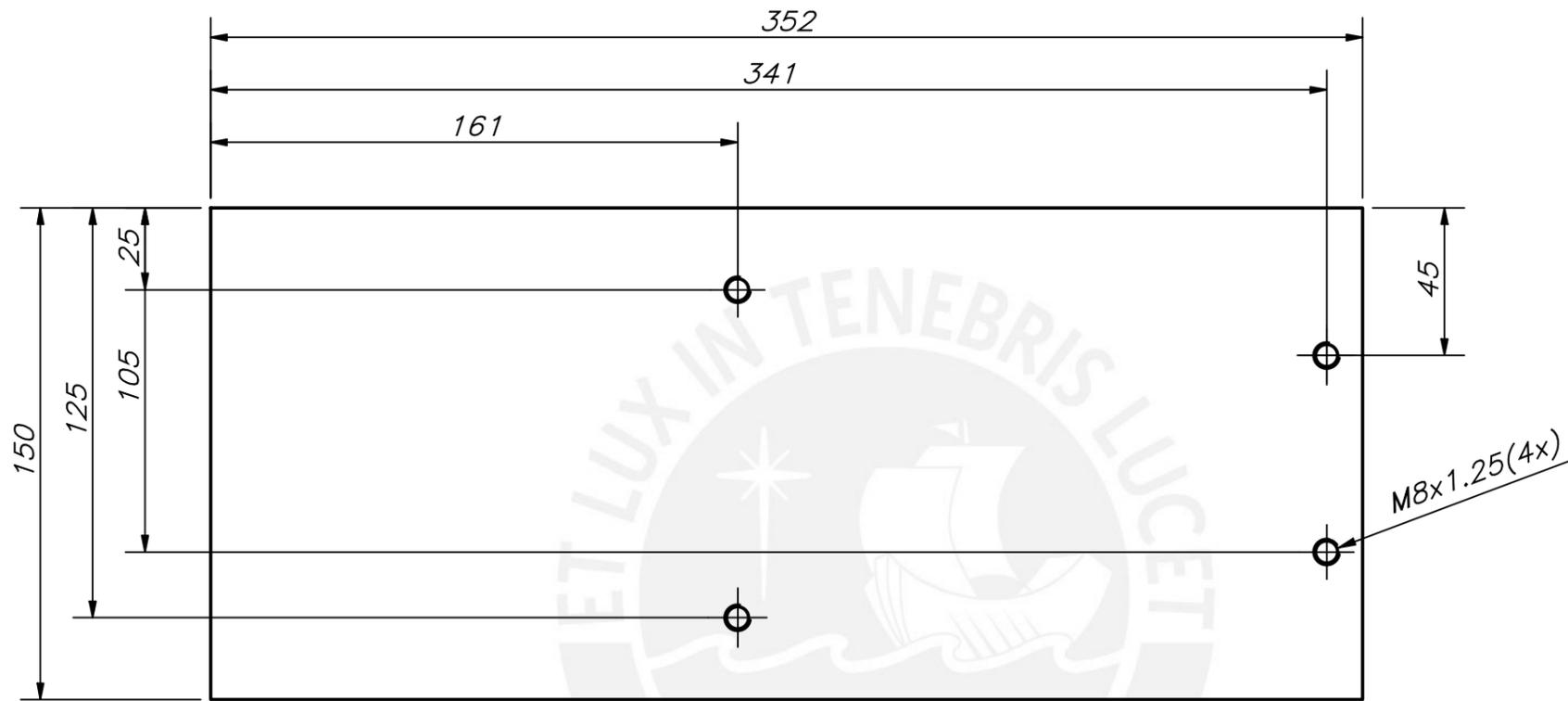
ESPESOR 2 mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE INFERIOR MÓVIL PARA MOTOR	ESCALA  1:2.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

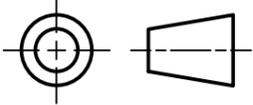


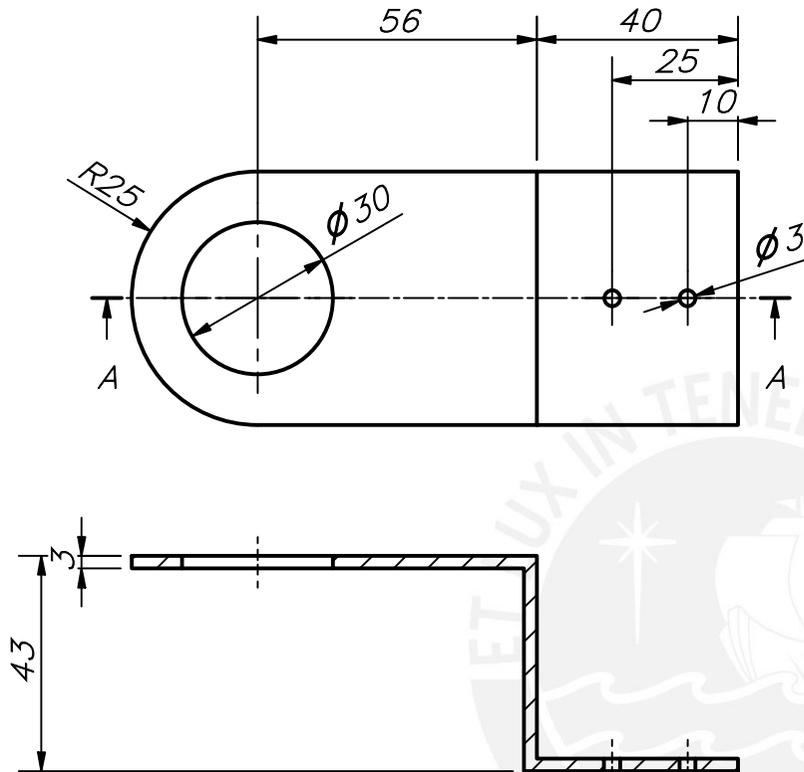
ESPEJOR 1 mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<p align="center"><b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA</p>		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE SUPERIOR MÓVIL PARA MOTOR	ESCALA  1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



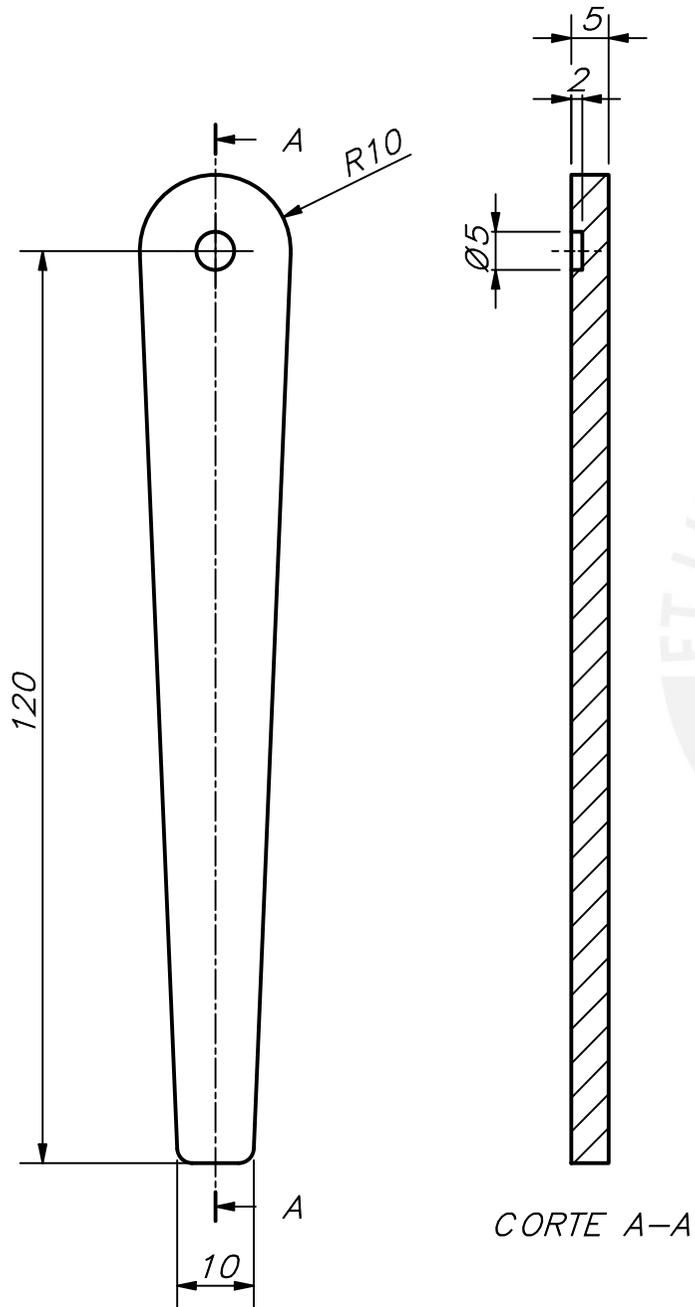
ESPESOR 2 mm

ACABADO SUPERFICIAL 1.6/√	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE FIJO PARA MOTOR	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A3



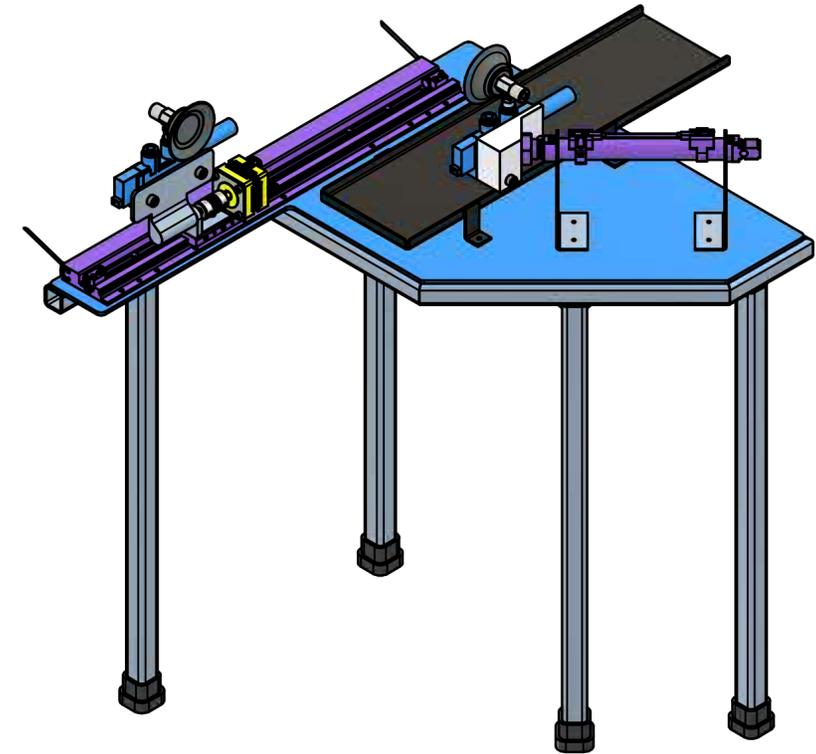
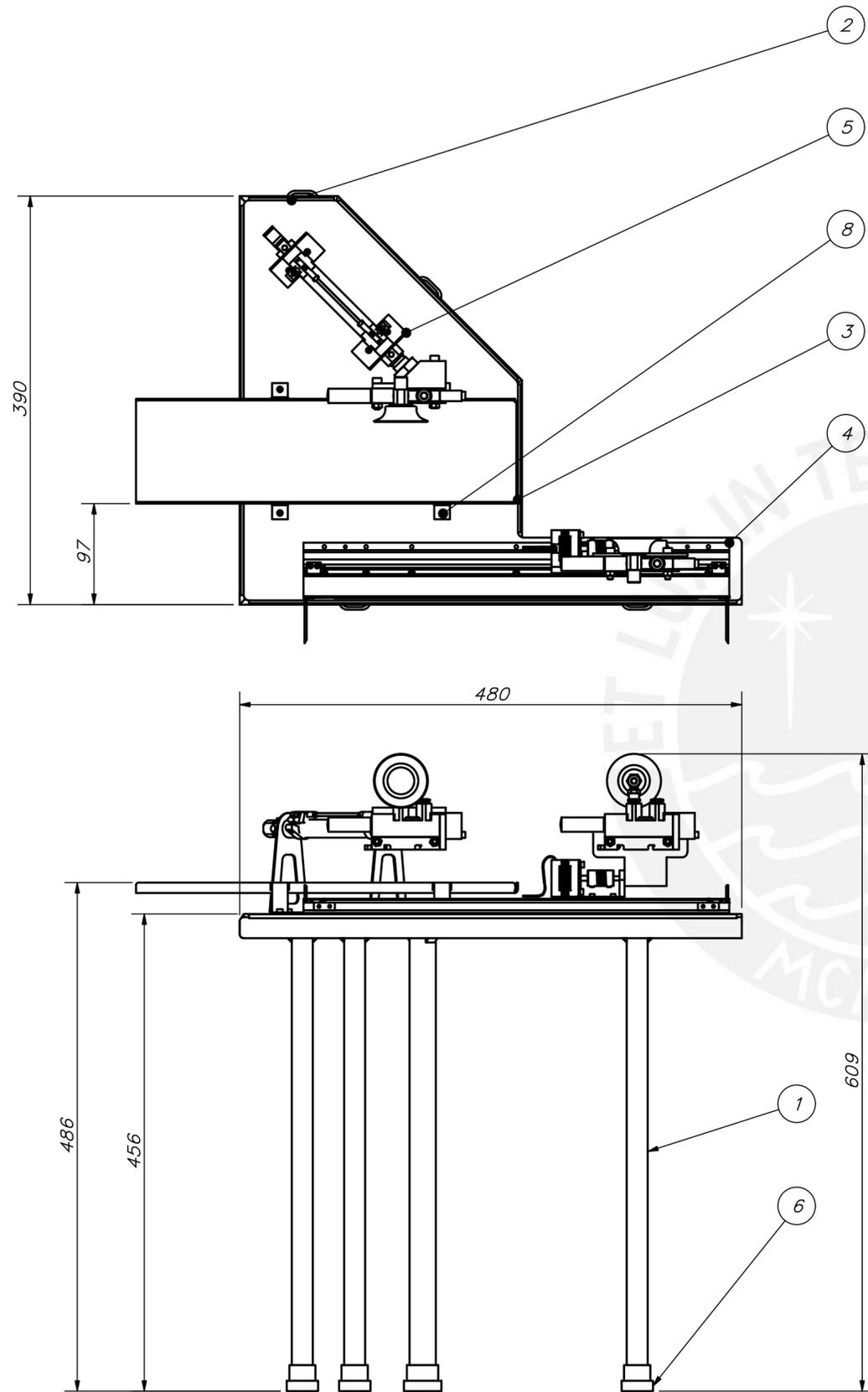
CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL ✓ Ra 1.6 (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <b>SOPORTE PARA SENSOR          CAPACITIVO</b>	ESCALA  <b>1:1</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



REDONDEOS NO INDICADOS R2

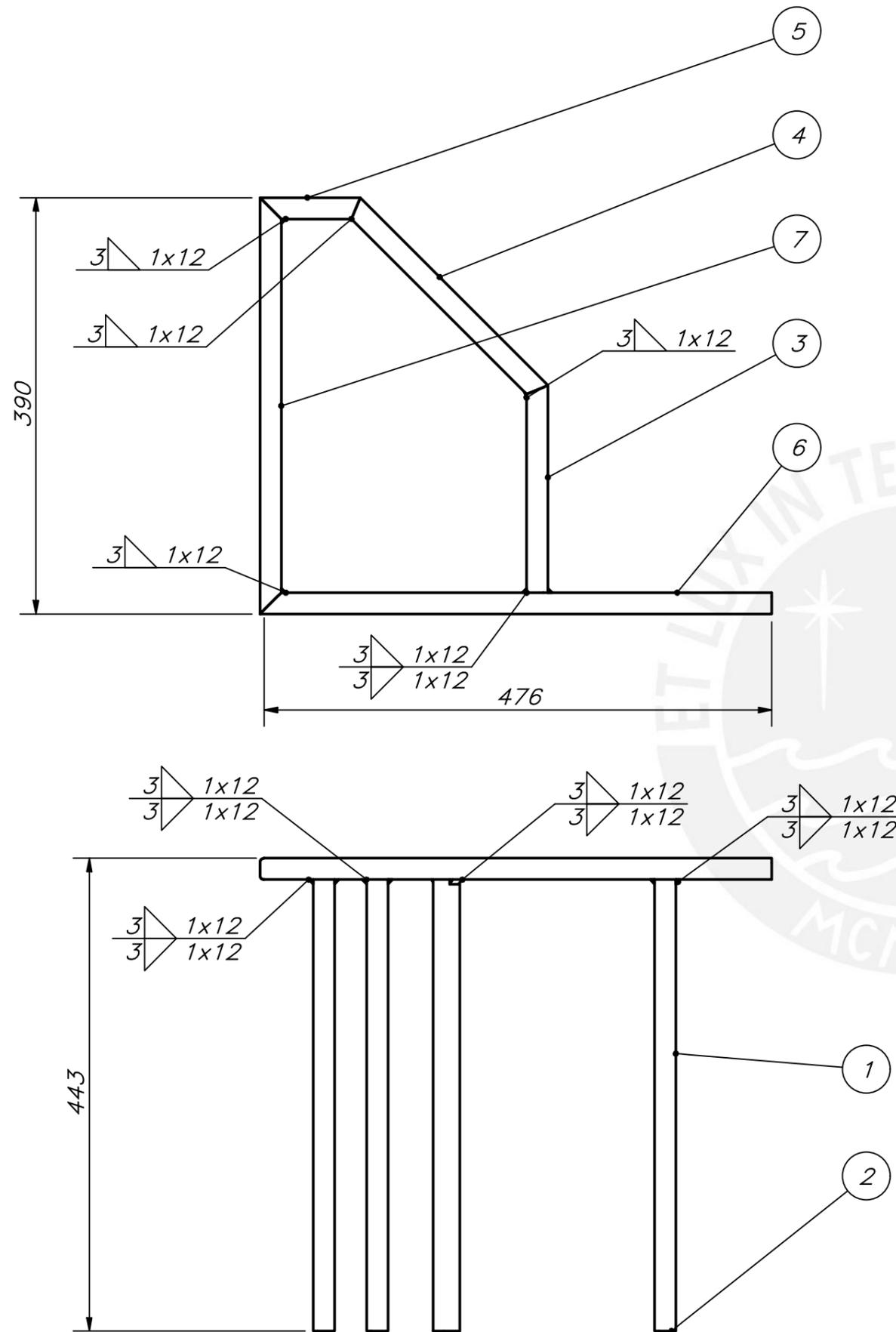
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	15	ISO 4762 - M3 x 8	ISO 4762	440C	
7	18	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
6	4	Regatón		SH 60	
5	1	Plataforma móvil 2			SUB ENSAMBLE
4	1	Plataforma móvil 1			SUB ENSAMBLE
3	1	Bandeja para armado		AISI 430	
2	1	Mesa de soporte		ASTM A36	
1	1	Estructura para mesa de soporte		ASTM A36	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DESCRIPCIÓN	ESCALA
	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	1:4
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2

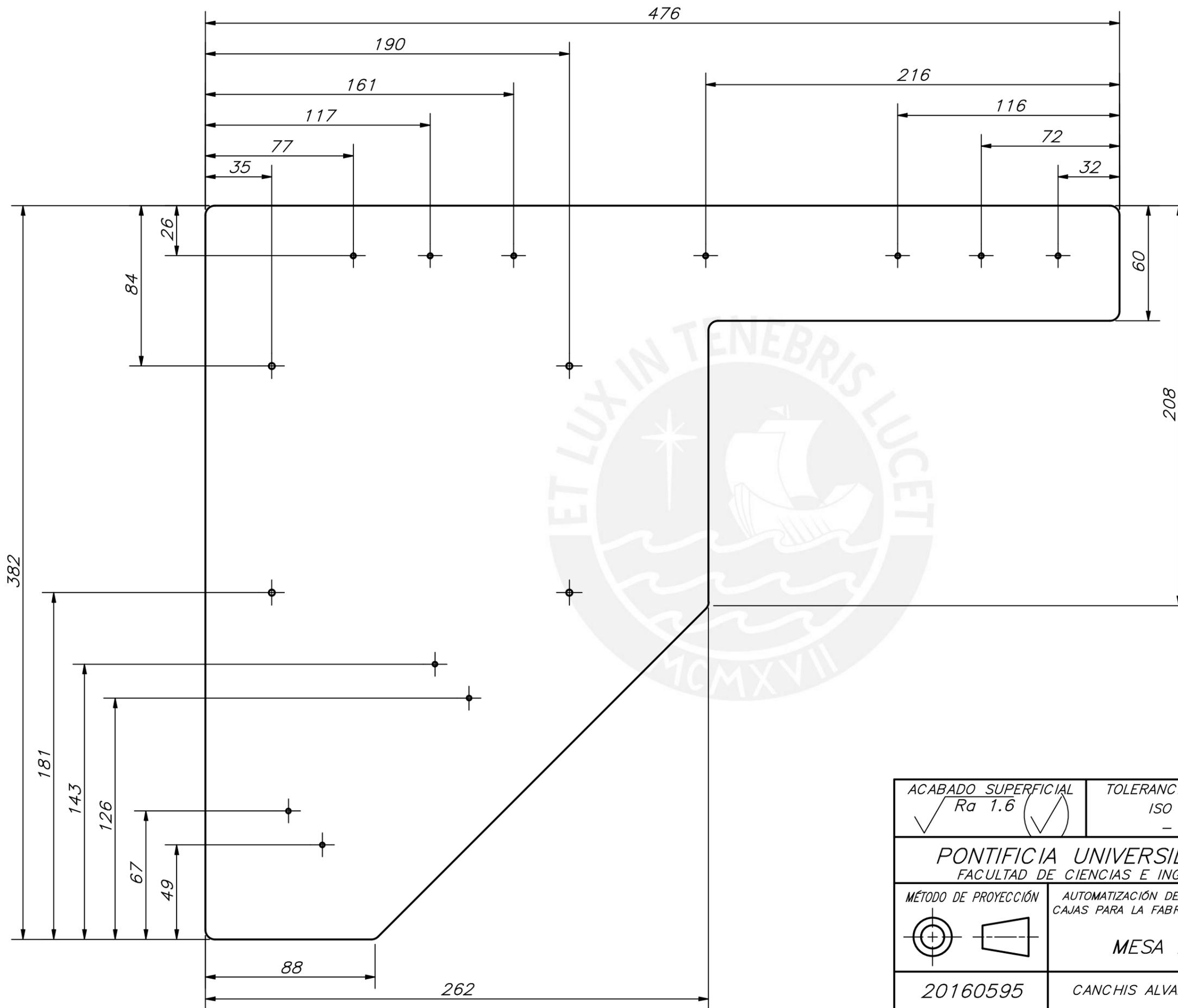


7	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 390 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
6	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 480 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
5	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 94 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
4	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 248 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
3	1	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 194 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
2	4	Placa 16 x 16 x 5		ASTM A36	
1	4	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 422 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

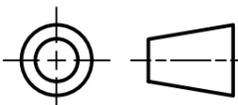
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

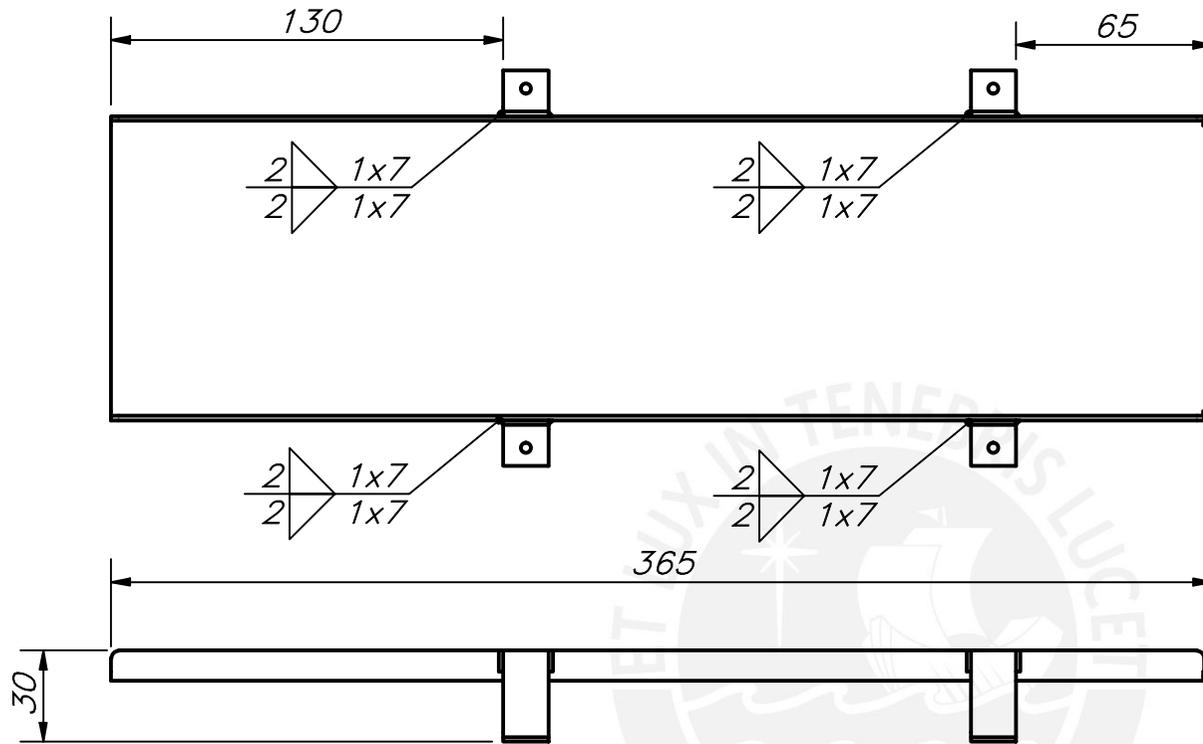
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>ESTRUCTURA PARA MESA DE SOPORTE</b>	<b>1:5</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2



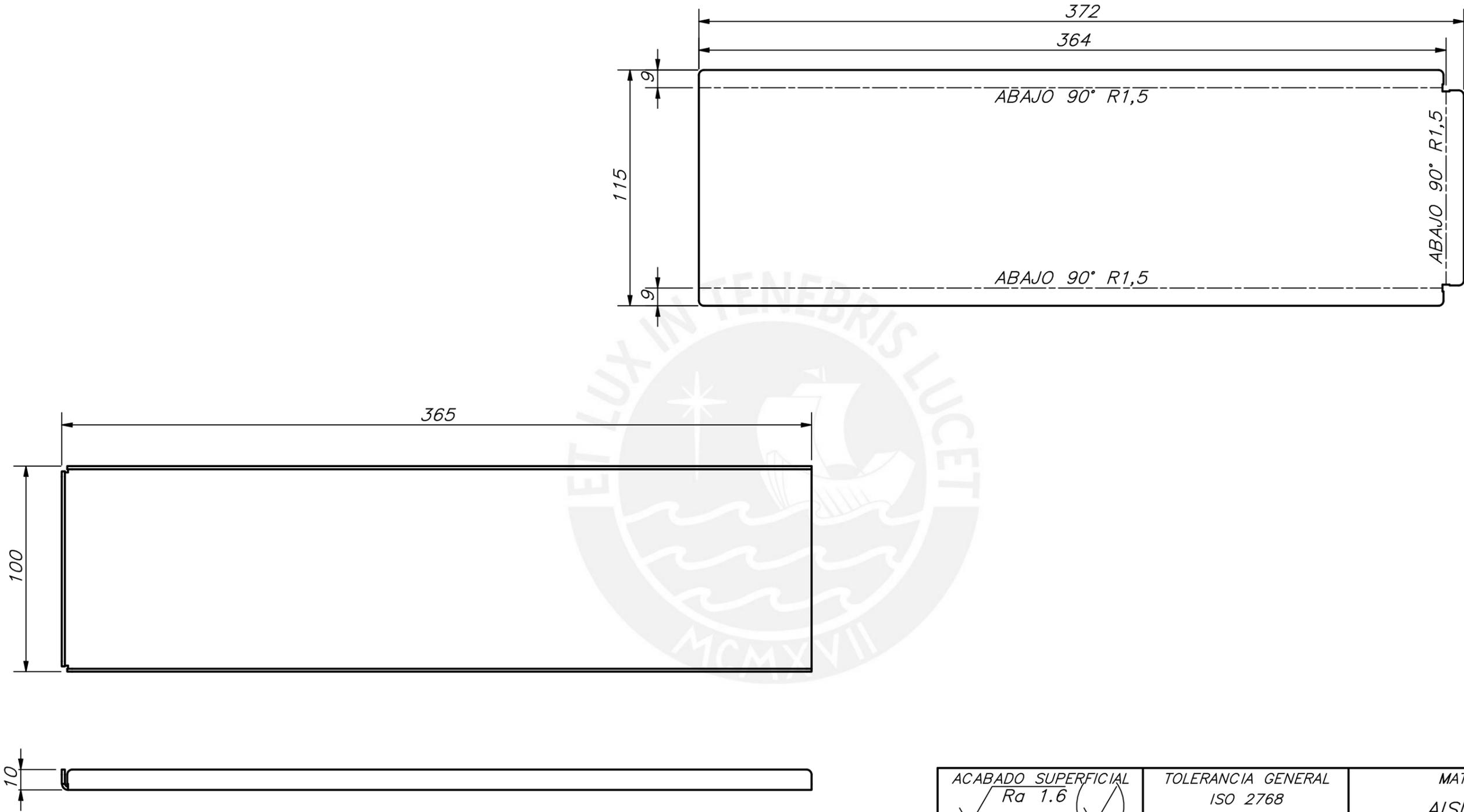
ESPEJOR 3 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

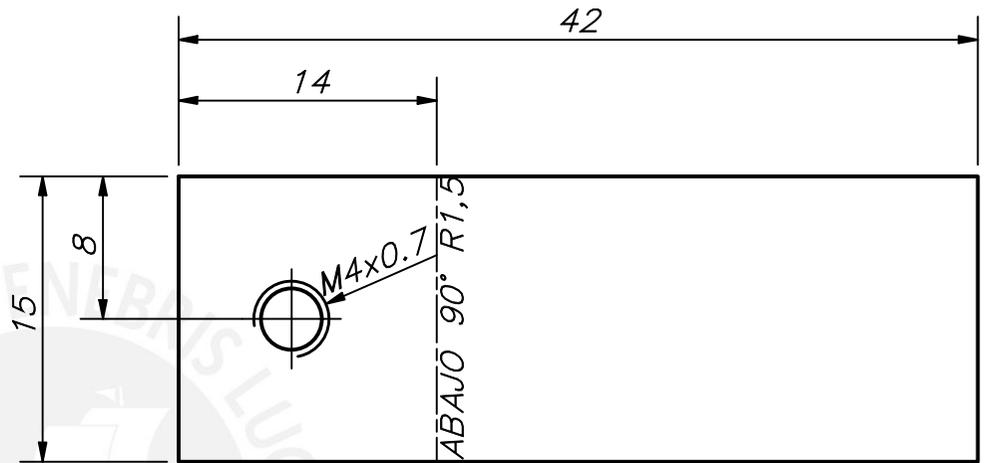
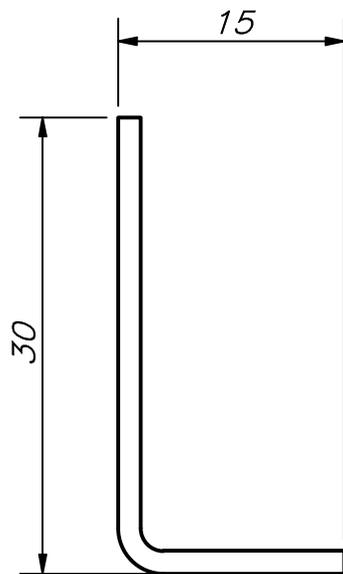


2	4	Soportes de bandeja		ASTM A36	
1	1	Bandeja		AISI 430	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS			ESCALA
		BANDEJA PARA ARMADO			1:2.5
20160595		CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO			FECHA: 2022.06.05
					LÁMINA: A4



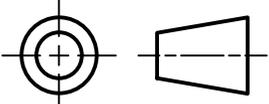
ESPESOR 1.5 mm  
REDONDEOS NO INDICADOS R2.5

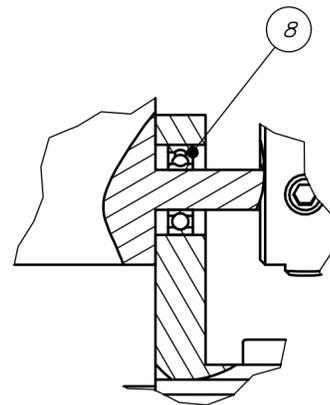
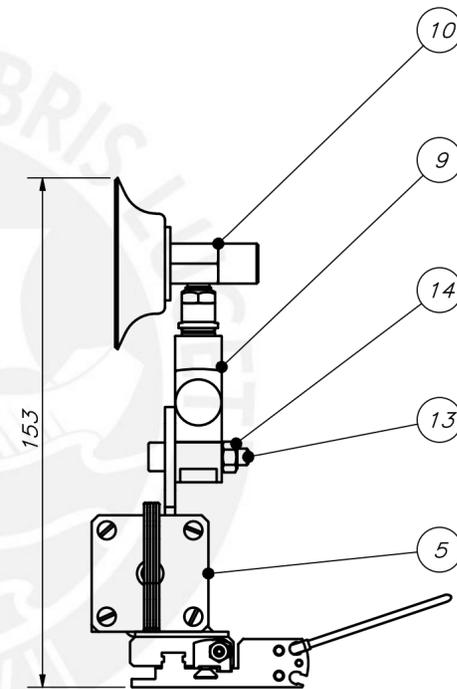
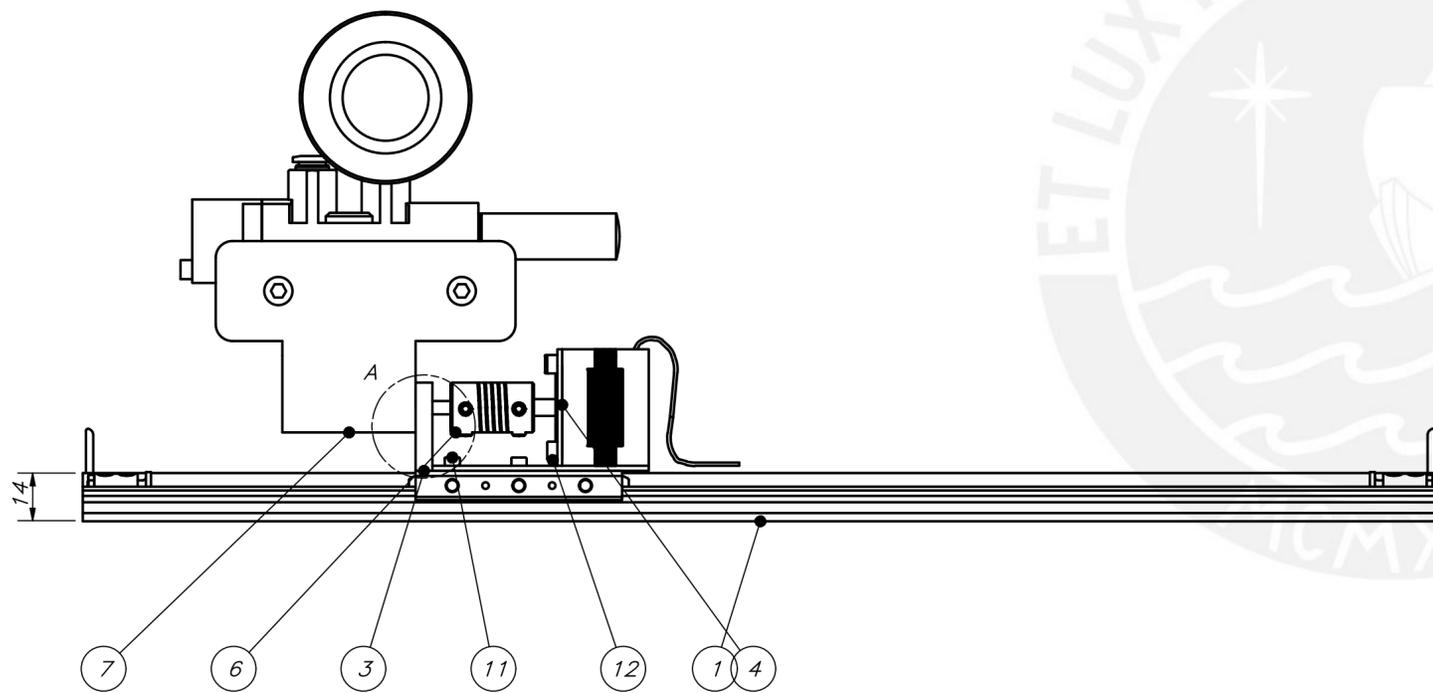
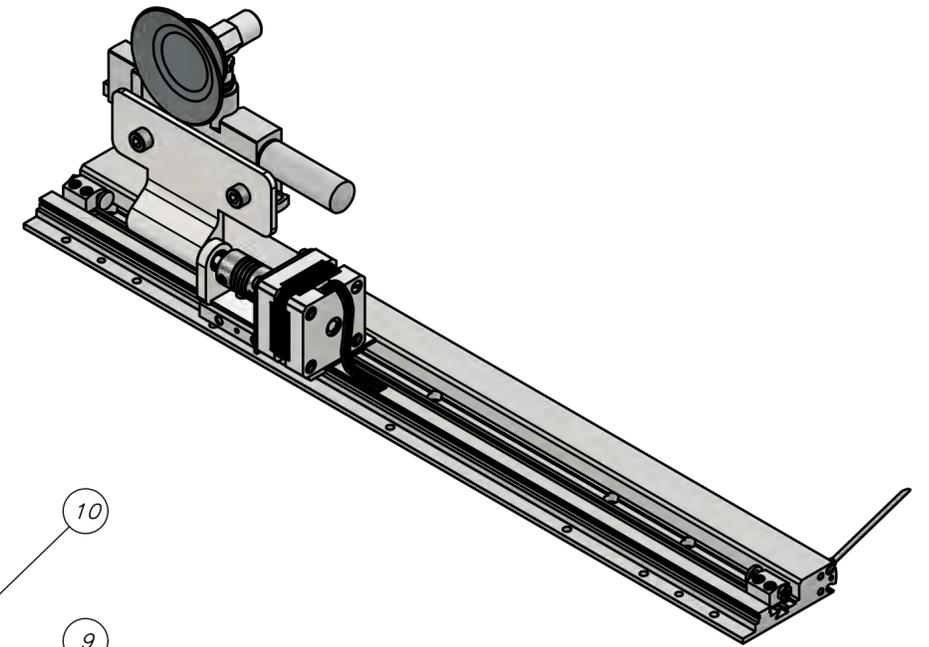
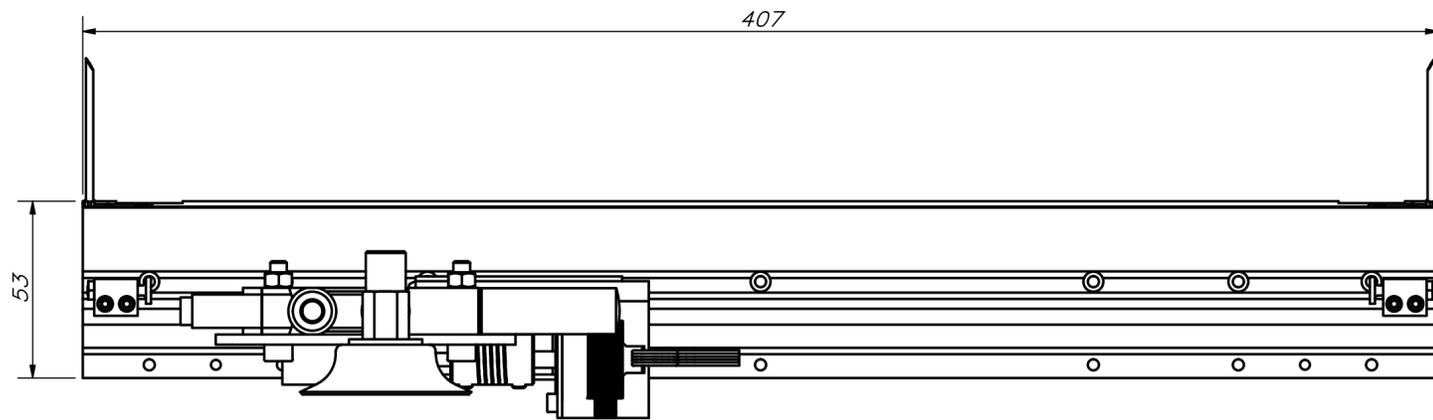
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  BANDEJA	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE DE BANDEJA	ESCALA 5:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

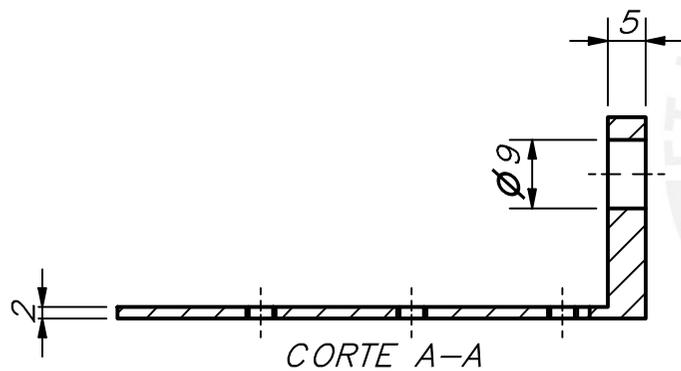
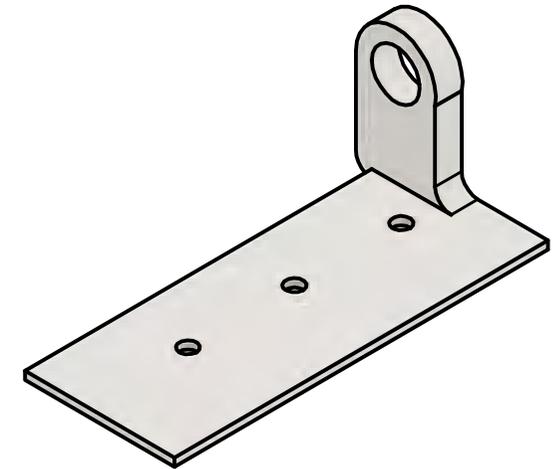
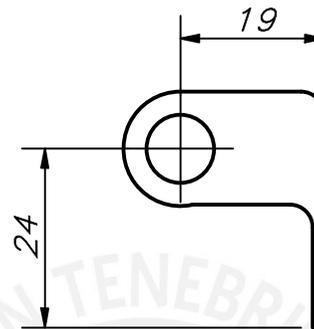
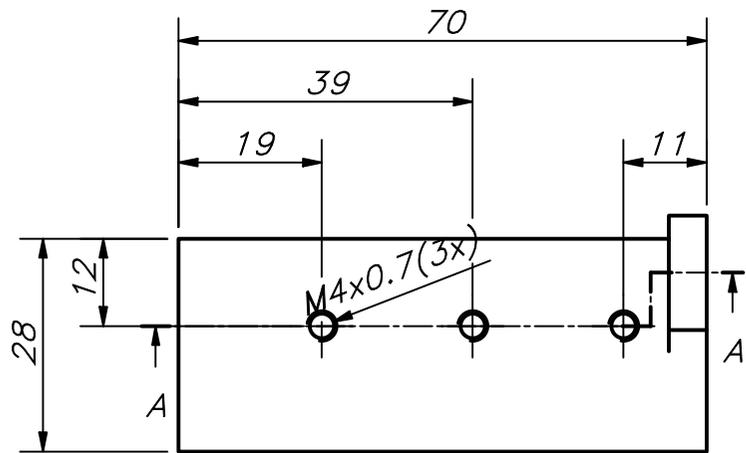


DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

14	2	ISO 4032 - M5	ISO 4032	440C	
13	2	ISO 4762 - M5 x 25	ISO 4762	440C	
12	4	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
11	2	ISO 4762 - M2,5 x 6	ISO 4762	440C	
10	1	Conjunto de aspiración ESG-50-SF-HB-QS			FESTO
9	1	Generador de vacío VN-05-H-T3-PQ2-VQ2-R01-B			FESTO
8	1	Rodamiento W 618/4			SKF
7	1	Pieza móvil		ASTM A36	
6	1	Acople flexible D9L25 4x5			
5	1	Motor paso a paso NEMA 14			SCHNEIDER-ELECTRIC
4	1	Fijador de motor		ASTM A36	
3	1	Base para plataforma		ASTM A36	
2	2	Sensor de proximidad SMT-10M-NS			FESTO
1	1	Guía neumática SLG-8-300-P-A			FESTO
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

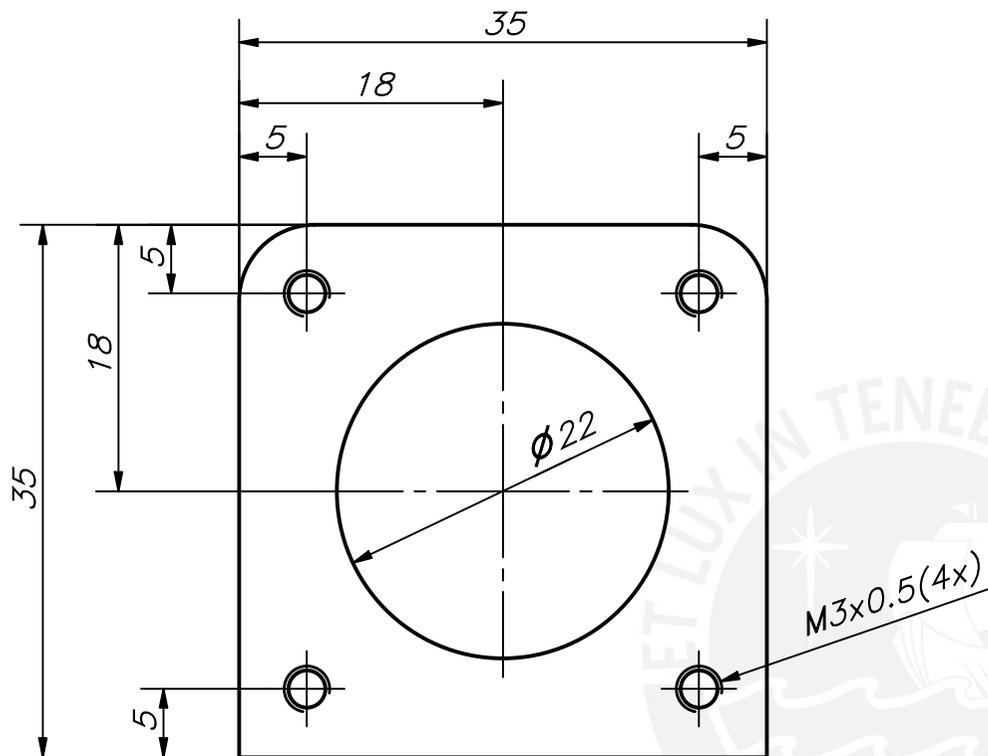
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	PLATAFORMA MÓVIL 1	1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



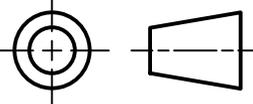
REDONDEOS NO INDICADOS R3

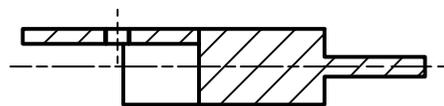
ACABADO SUPERFICIAL ✓ $Ra\ 1.6$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <b>BASE PARA PLATAFORMA</b>	ESCALA  <b>1.5:1</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



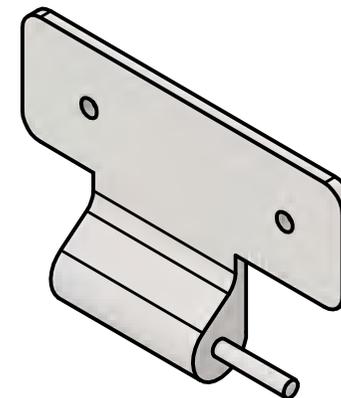
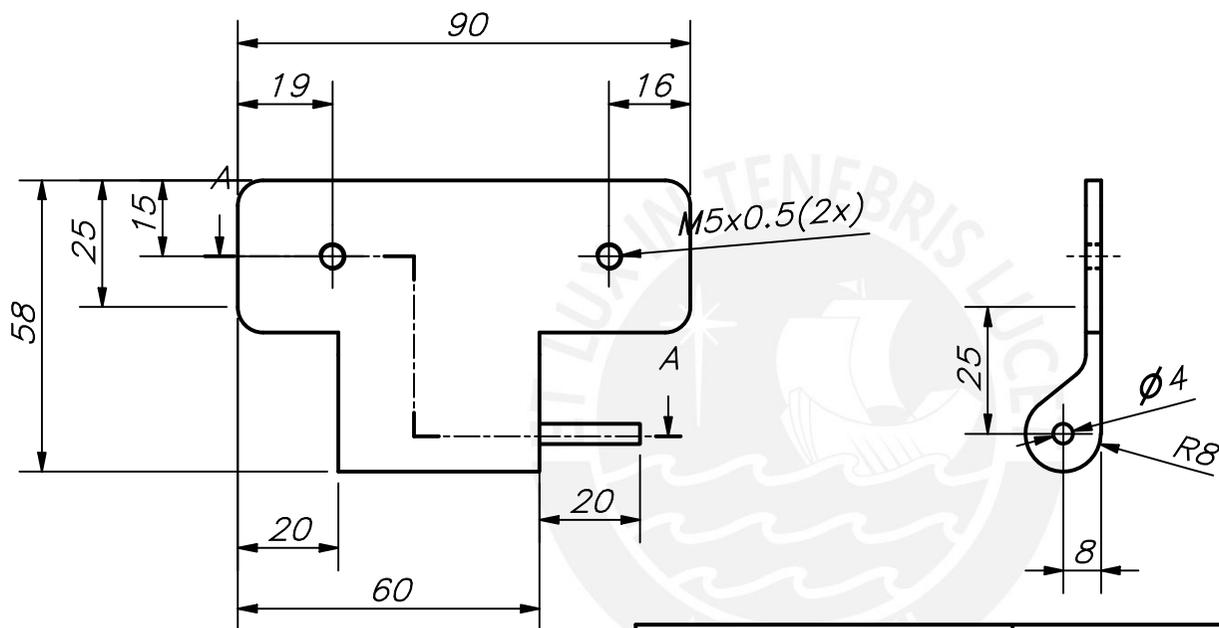
ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  FIJADOR DE MOTOR	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

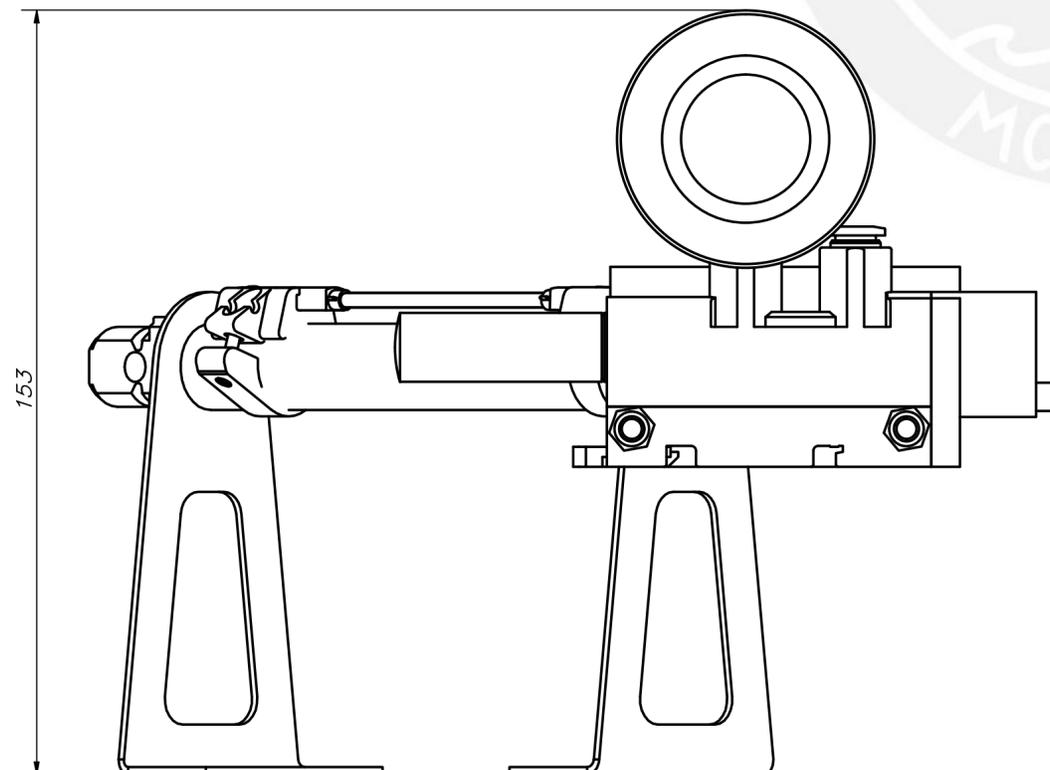
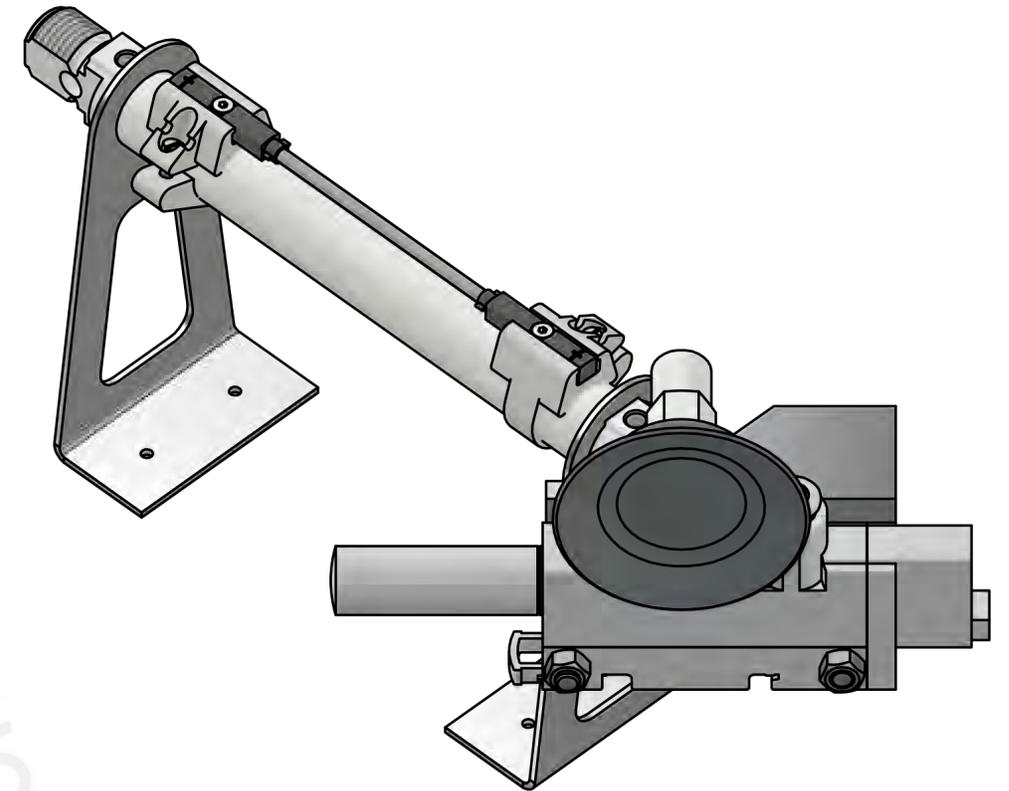
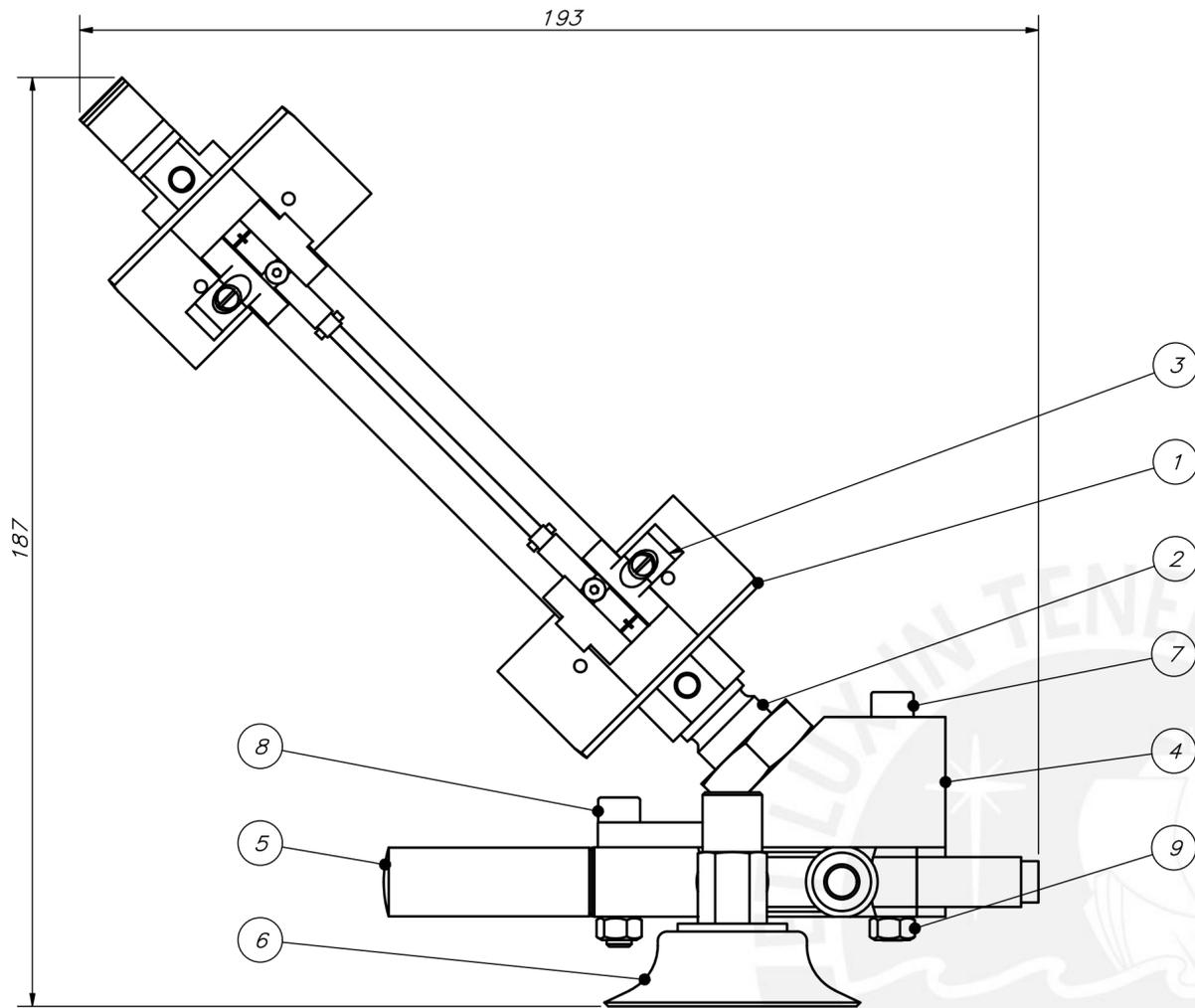


CORTE A-A



ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

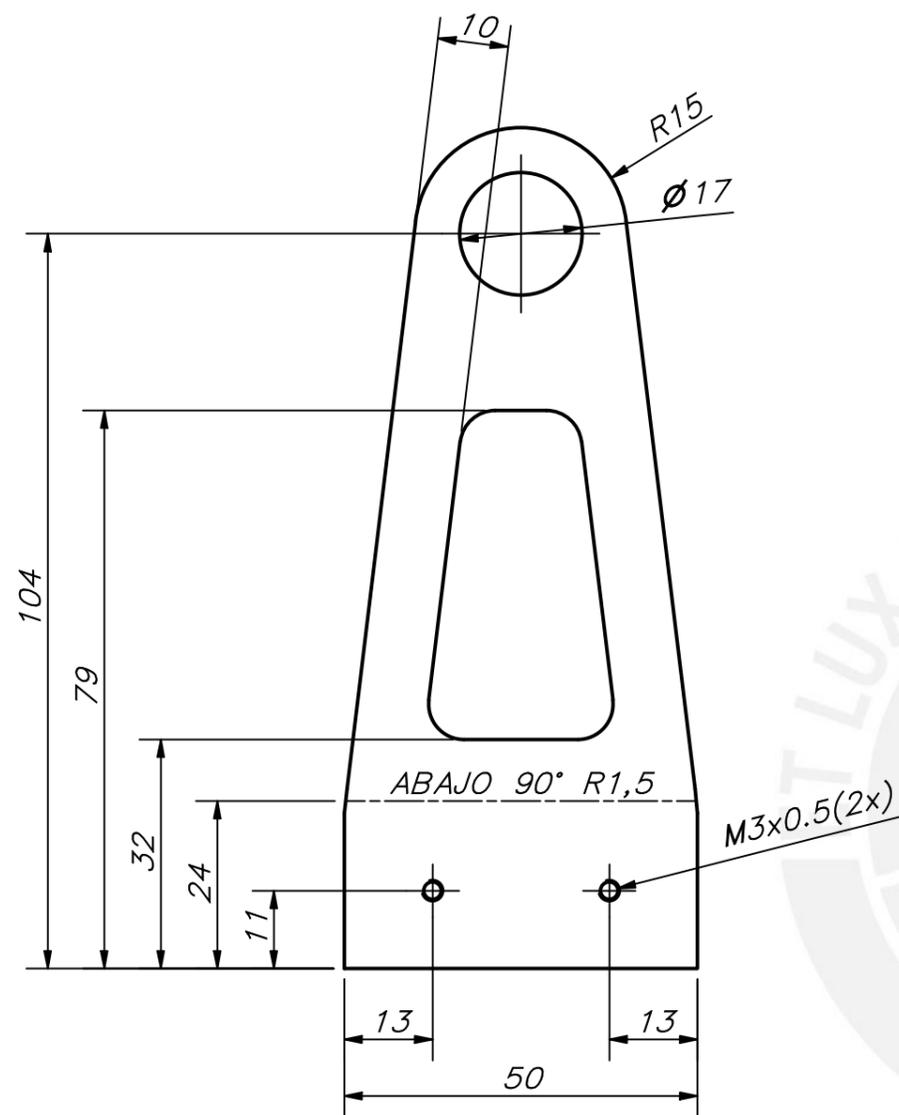
REDONDEOS NO INDICADOS R5



9	2	ISO 4032 - M5	ISO 4032	440C	
8	1	ISO 4762 - M5 x 25	ISO 4762	440C	
7	1	ISO 4762 - M5 x 45	ISO 4762	440C	
6	1	Conjunto de aspiración ESG-50-SF-HB-QS			FESTO
5	1	Generador de vacío VN-05-H-T3-PQ2-VQ2-R01-B			FESTO
4	1	Acople para cilindro		Aluminio 6061	
3	2	Sensor de proximidad SMT-8M-A			FESTO
2	1	Cilindro neumático DSNU-16-100-P-A			FESTO
1	2	SopORTE para cilindro		Aluminio 6061	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

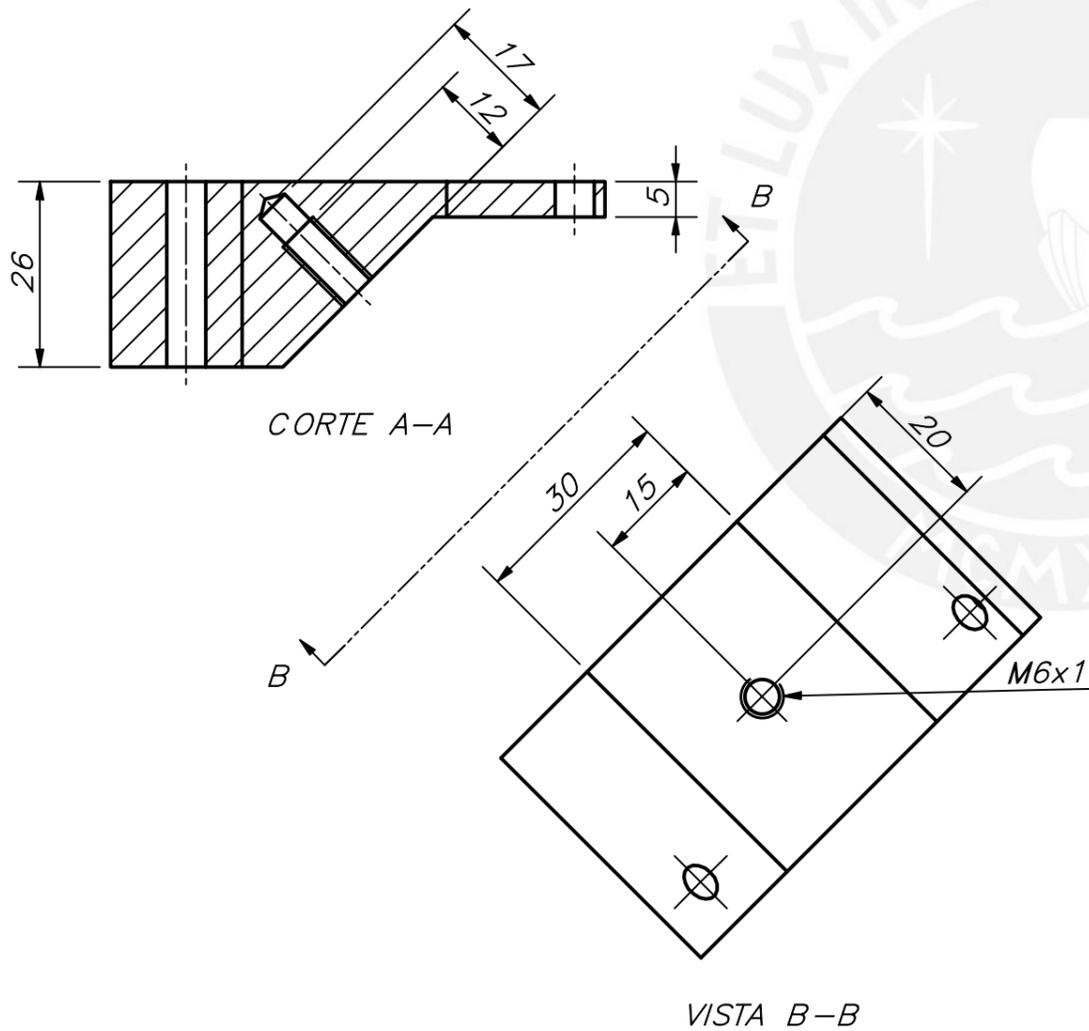
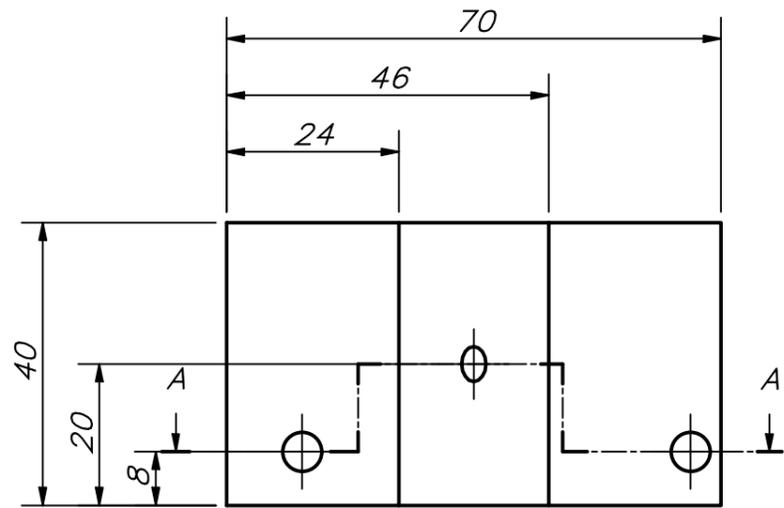
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	PLATAFORMA MÓVIL 2	1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



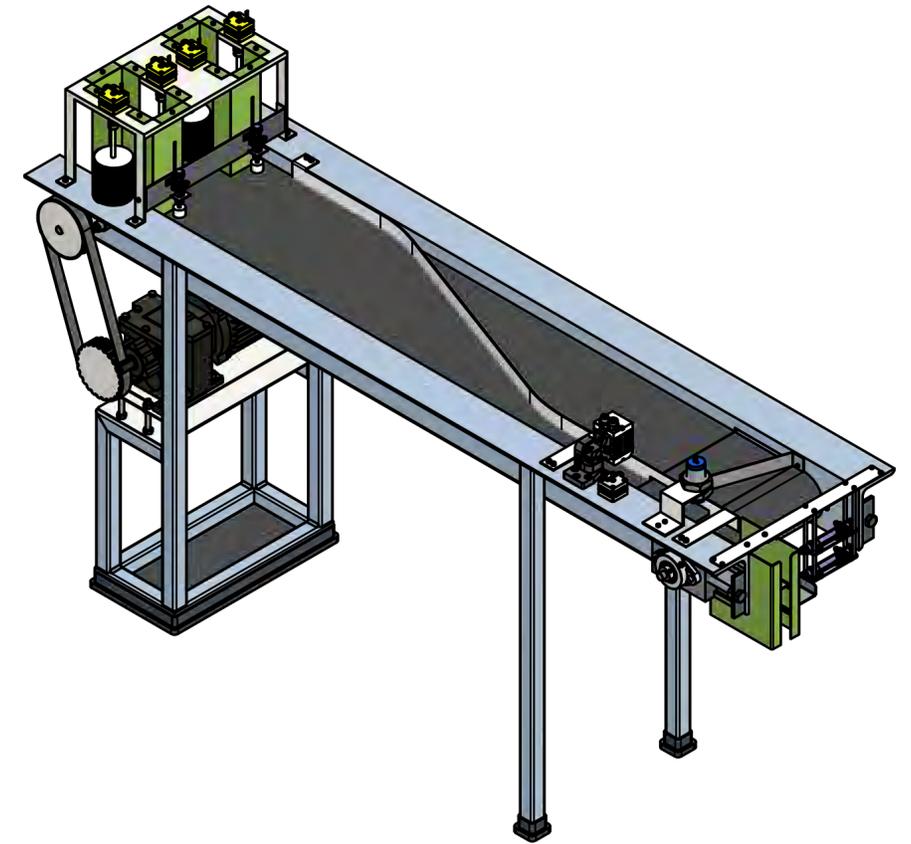
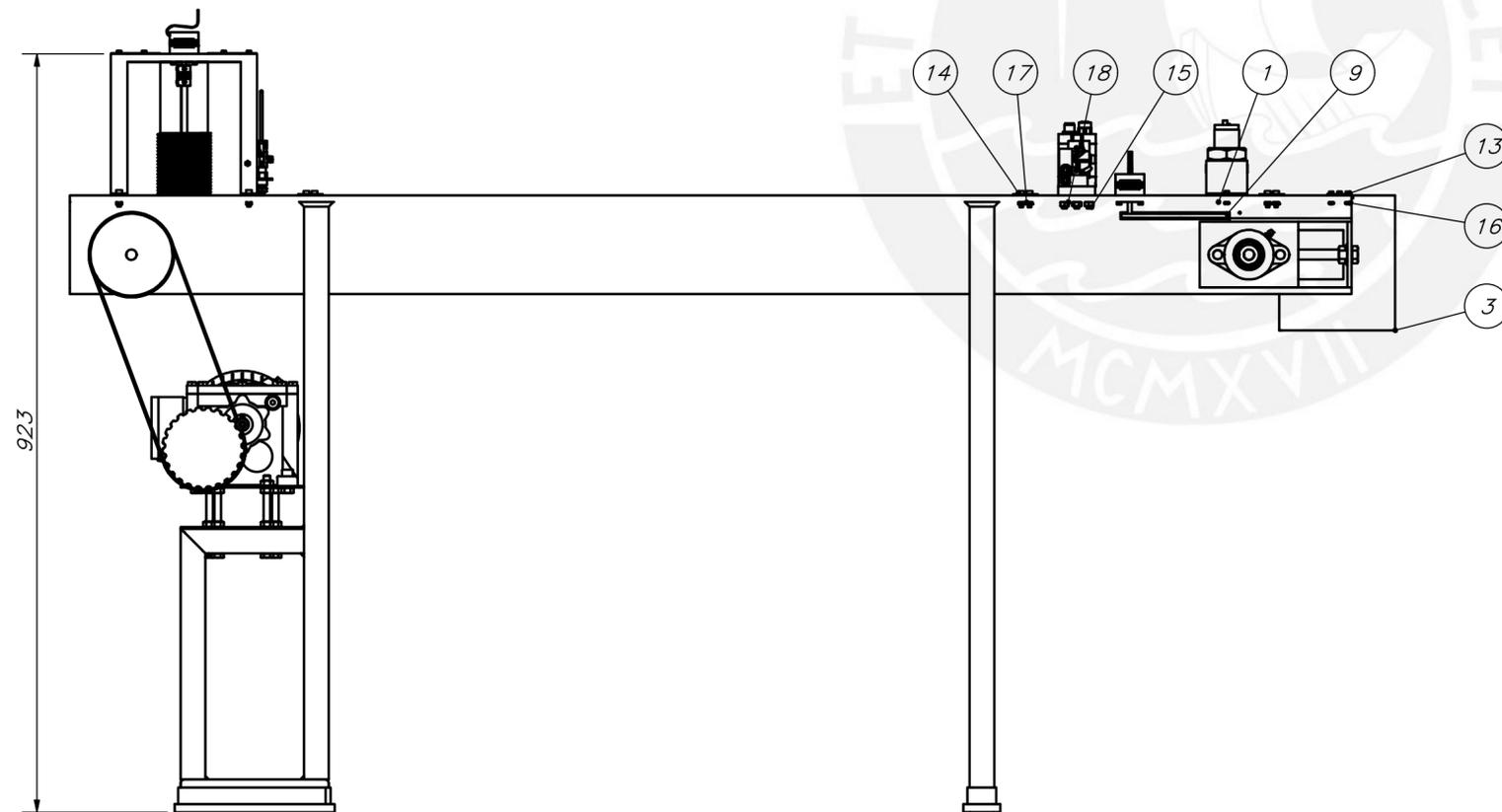
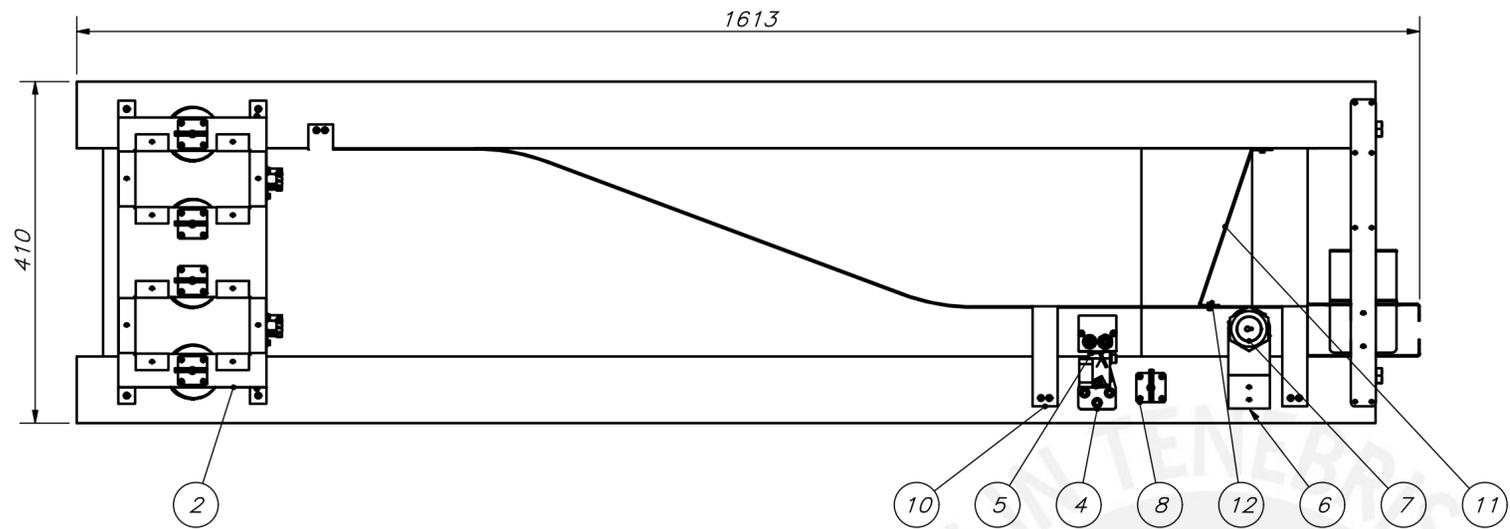
ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



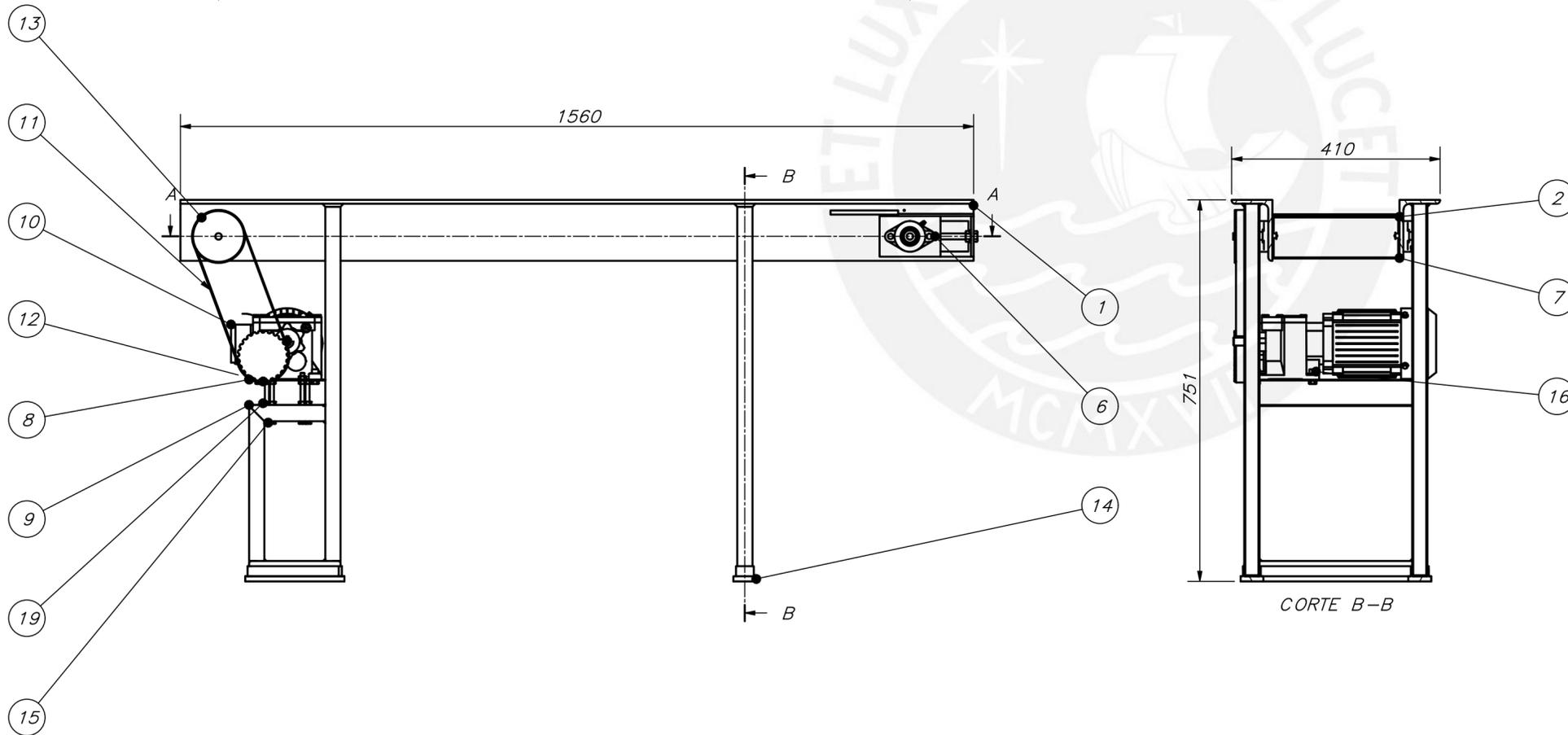
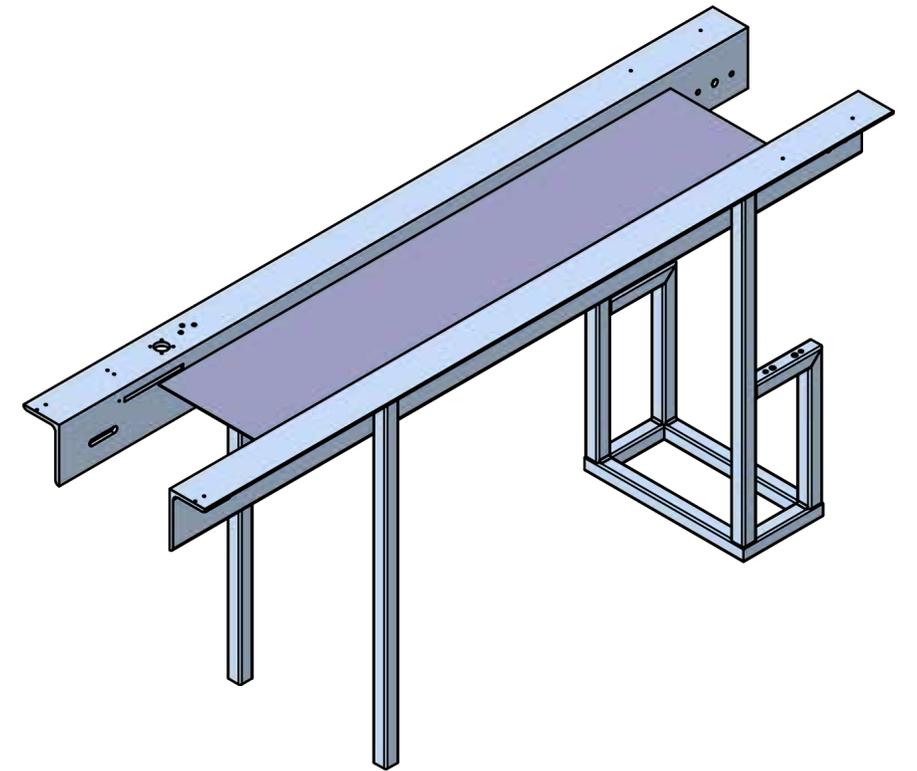
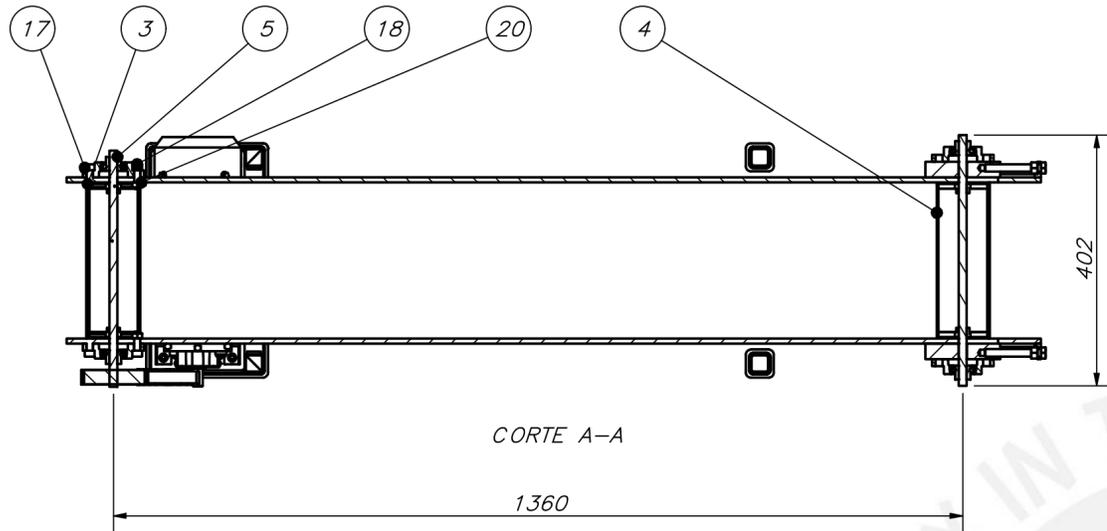
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



18	3	ISO 4032 - M6	ISO 4032	440C	
17	10	ISO 4032 - M4	ISO 4032	440C	
16	10	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
15	3	ISO 4762 - M6 x 20	ISO 4762	440C	
14	10	ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	440C	
13	13	ISO 4762 - M3 x 12	ISO 4762	440C	
12	1	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
11	1	Guía de derivación		Aluminio 6061	
10	1	Guía principal		Aluminio 6061	
9	1	Separador		Plástico ABS	
8	1	Motor paso a paso NEMA 14			SCHNEIDER-ELECTRIC
7	1	Sensor capacitivo			FESTO
6	1	Soporte de sensor capacitivo		Plástico ABS	
5	1	Sensor de visión SBI-Q-R3B-F6-W			FESTO
4	1	Soporte de sensor de visión			FESTO
3	1	Apilador			SUB ENSAMBLE
2	1	Alimentador de suturas			SUB ENSAMBLE
1	1	Faja transportadora 2			SUB ENSAMBLE
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

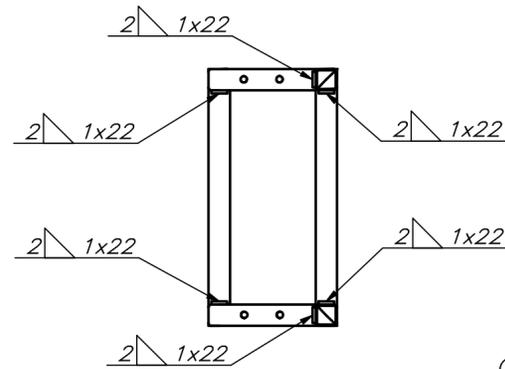
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	APILADO	1:6
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



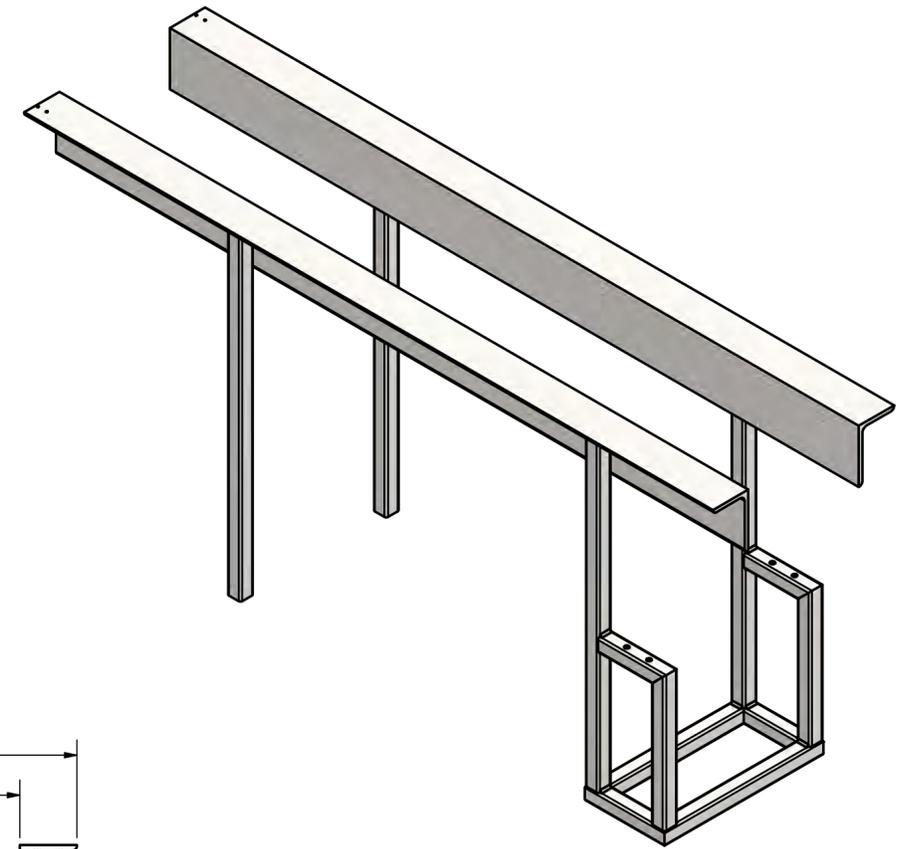
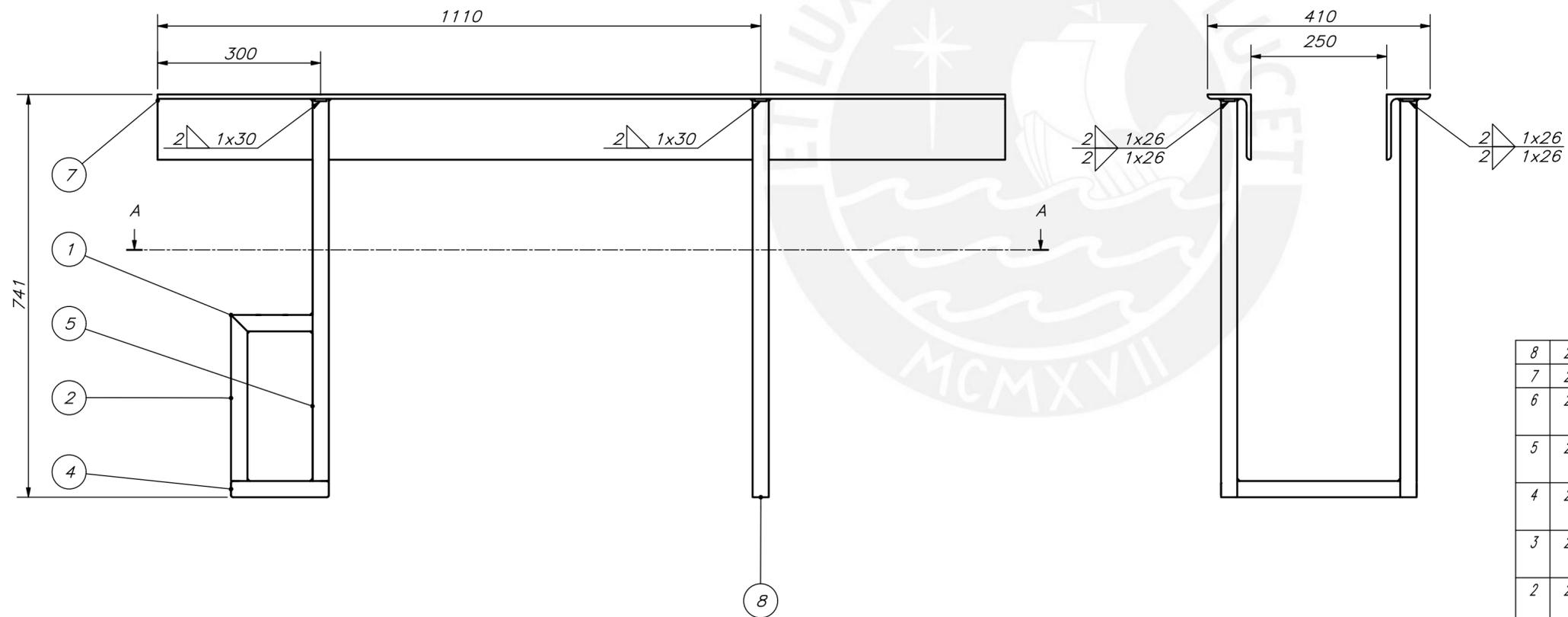
20	2	ISO 4032 - M10	ISO 4032	440C	
19	16	ISO 4032 - M8	ISO 4032	440C	
18	2	ISO 4762 - M10 x 30	ISO 4762	440C	
17	2	ISO 4762 - M10 x 20	ISO 4762	440C	
16	4	ISO 4762 - M8 x 20	ISO 4762	440C	
15	4	DIN 933 - M8 x 95	DIN 933	440C	
14	3	Regatón		SH 60	
13	1	Polea conducida PHP 35H075TB			SKF
12	1	Polea conductora PHP 17H075TB			SKF
11	1	Correa PHG D-330-H-075			SKF
10	1	Motor 2KJ8101-2CF00-0AN1-Z			SIEMENS
9	1	Soporte fijo para motor 2		ASTM A36	
8	1	Soporte móvil para motor 2		ASTM A36	
7	1	Banda E 8/H U0/V6 NP			SIEGLING TRANSILON
6	2	Rodamiento tensor			SUB ENSAMBLE
5	2	Rodamiento F2B 008-RM			SKF
4	1	Cilindro de retorno 2			SUB ENSAMBLE
3	1	Cilindro motriz 2			SUB ENSAMBLE
2	1	Mesa de soporte 2		ASTM A36	
1	1	Estructura de faja transportadora 2		ASTM A36	SUB ENSAMBLE
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	FAJA TRANSPORTADORA 2	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2



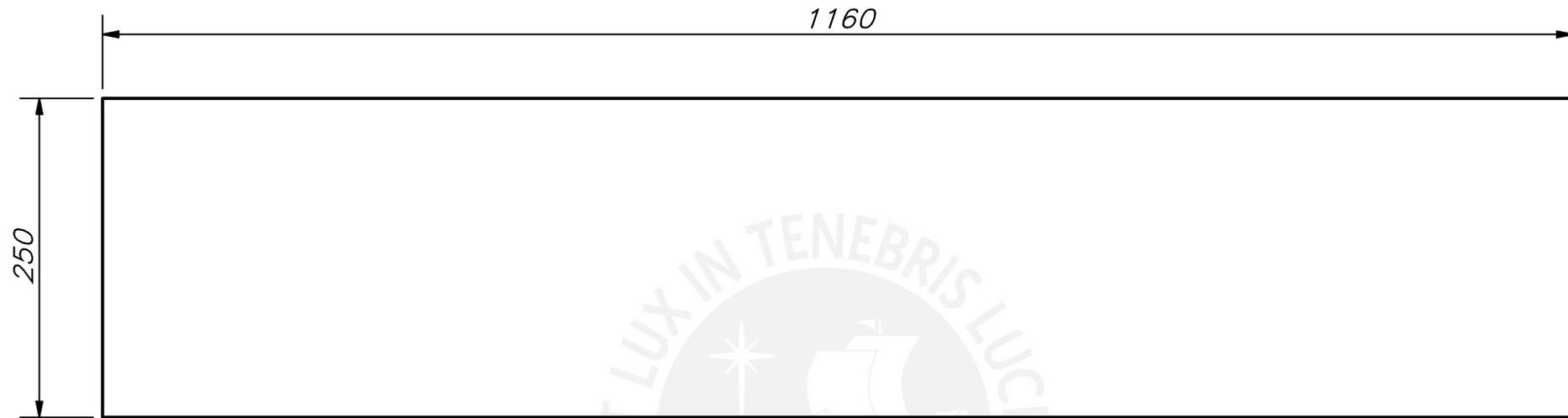
CORTE A-A



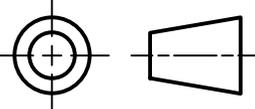
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	2	Placa 26 x 26 x 2,5		ASTM A36	
7	2	ISO 657-2 - 120x80x8 - 1560 mm	ISO 657-2	ASTM A36	
6	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 733 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
5	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 703 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
4	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 360 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
3	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 180 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
2	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 305 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
1	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 150 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	

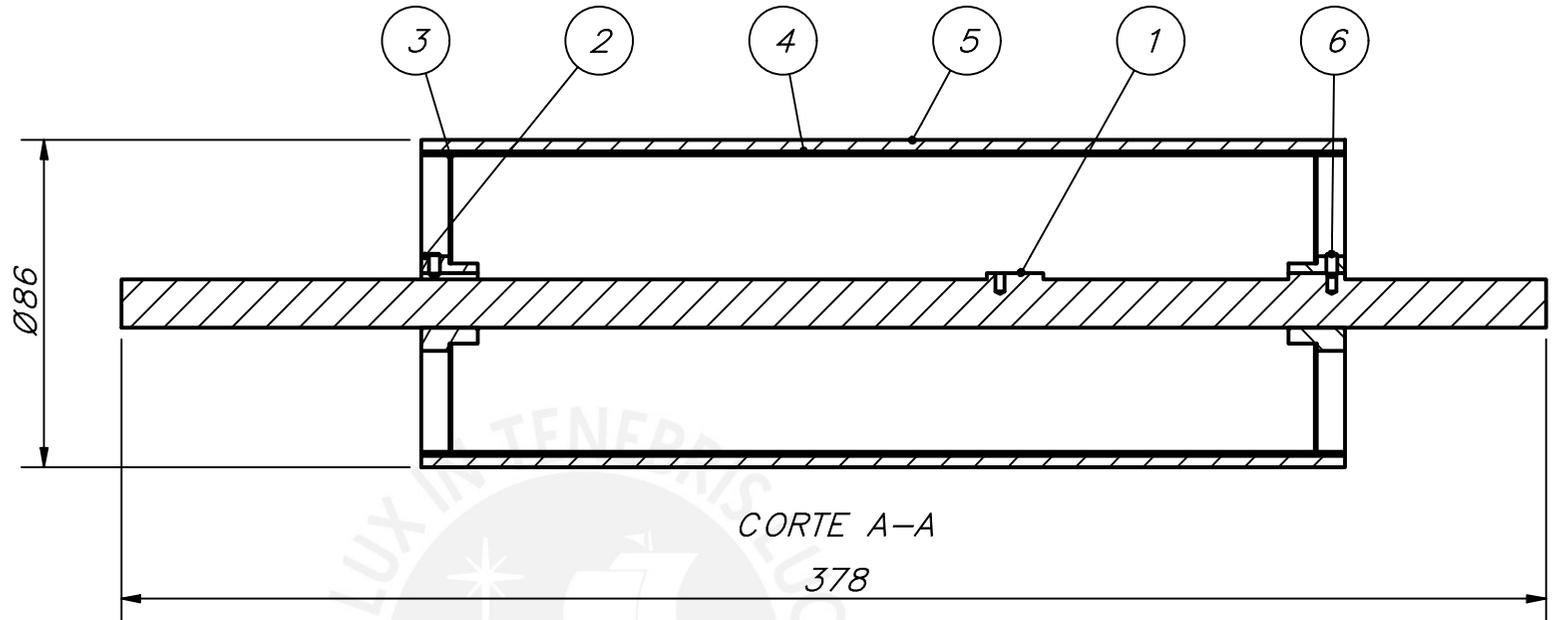
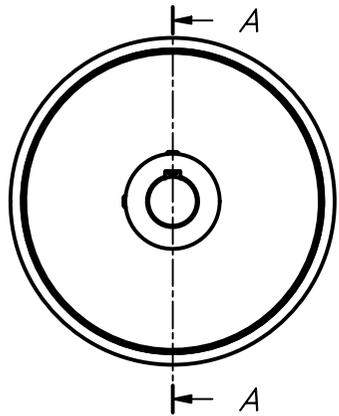
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	DESCRIPCIÓN	ESCALA
	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <b>ESTRUCTURA DE FAJA TRANSPORTADORA 2</b>	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A2

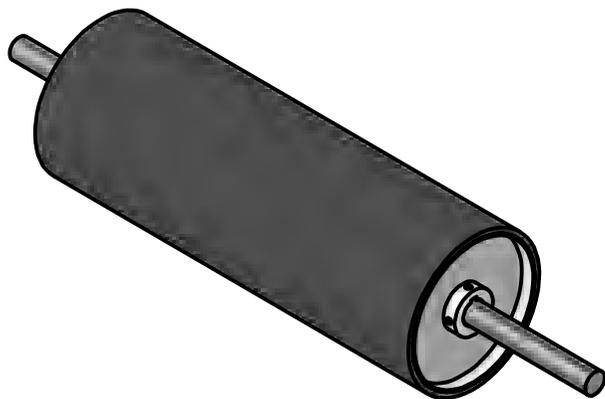


*ESPEJOR 2 mm*

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  MESA DE SOPORTE 2	ESCALA  1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

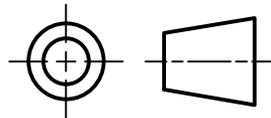


6	4	ISO 4029 - M3 x 6	ISO 4029	440C	
5	1	Recubrimiento vulcanizado		Caucho	
4	1	Camisa 2		ASTM A36	
3	2	Tapa lateral		ASTM A36	
2	2	Manzana		ASTM A36	
1	1	Eje motriz 2		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN  
 CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS

ESCALA

CILINDRO MOTRIZ 2

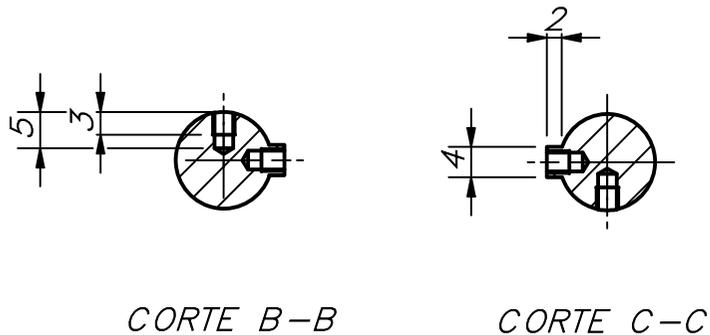
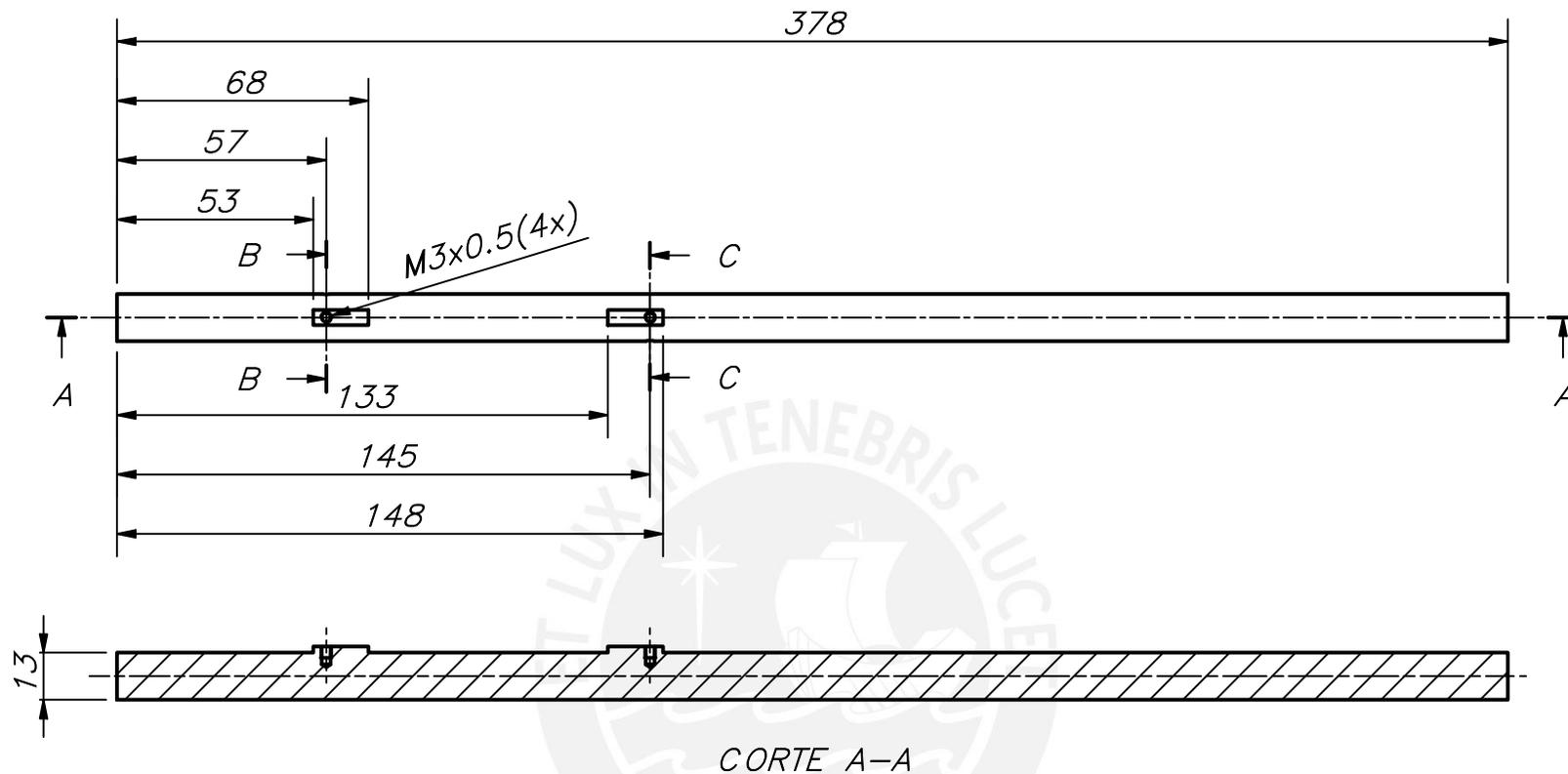
1:2

20160595

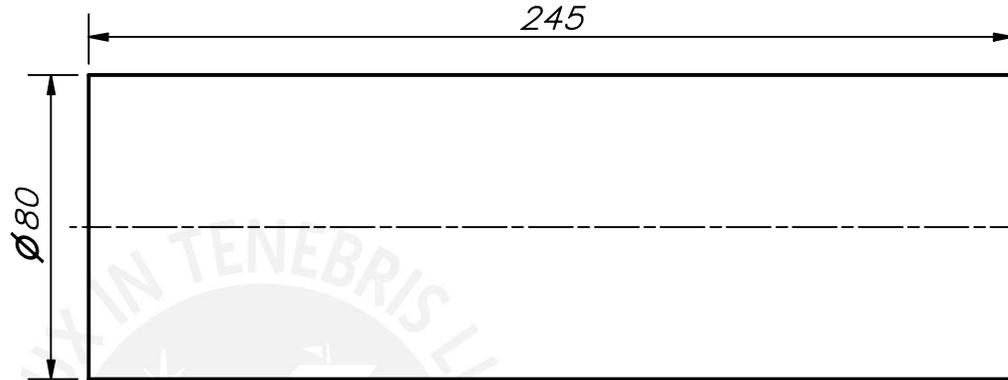
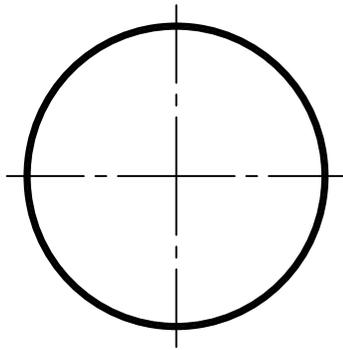
CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO

FECHA:  
2022.06.05

LÁMINA:  
A4

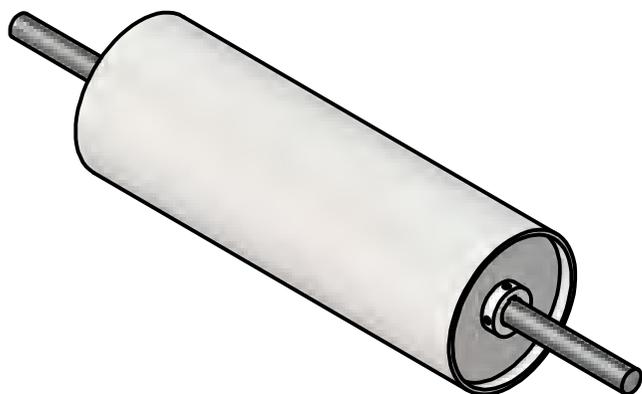
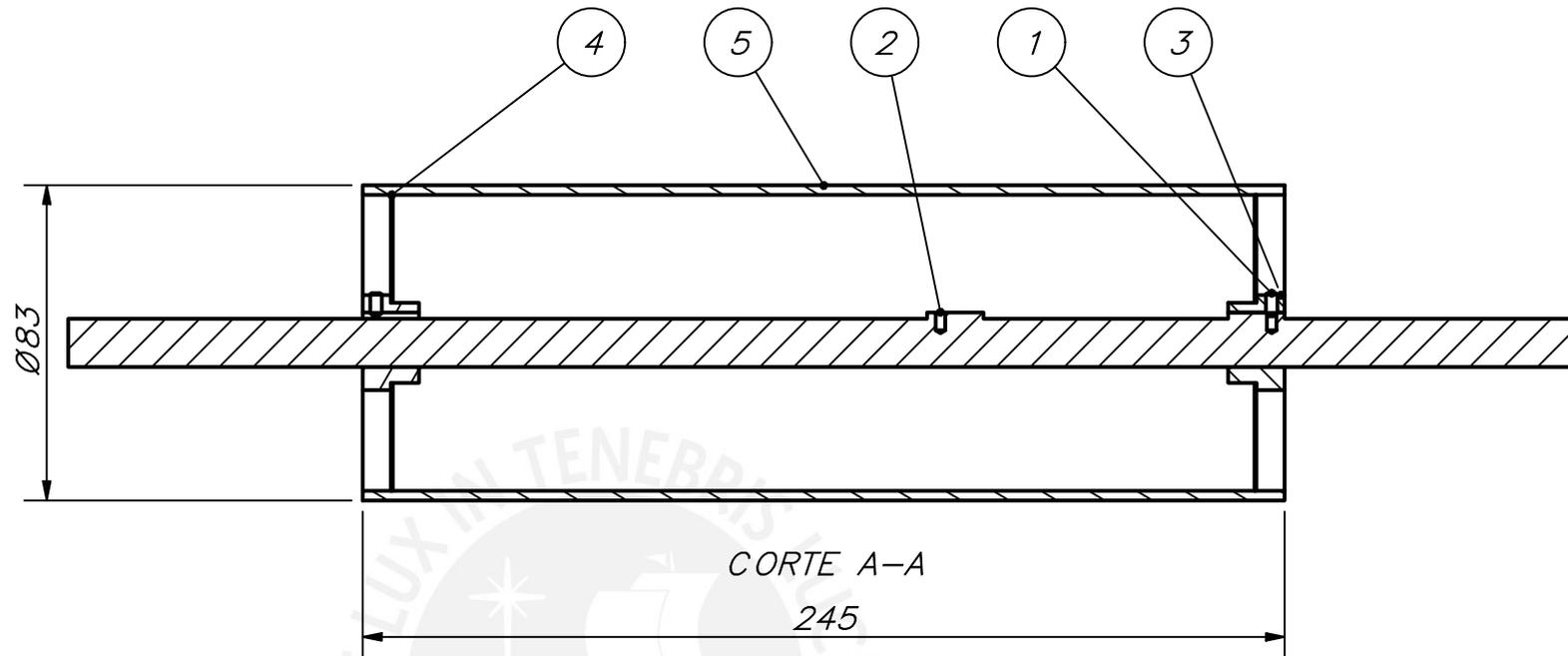
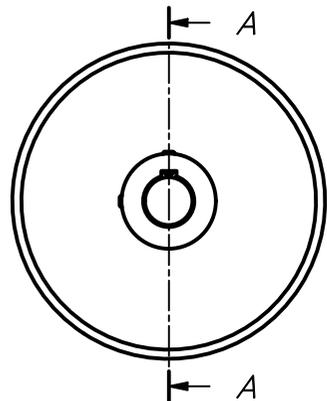


ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  EJE MOTRIZ 2	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



ESPEJOR 1 mm

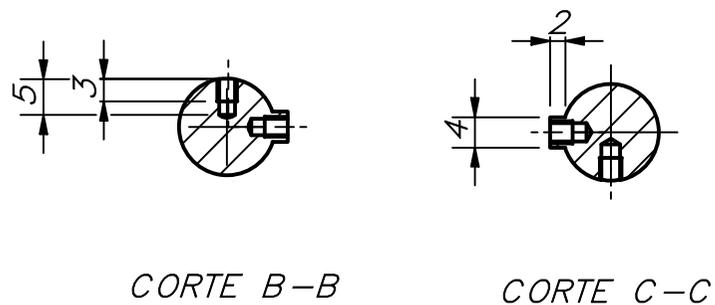
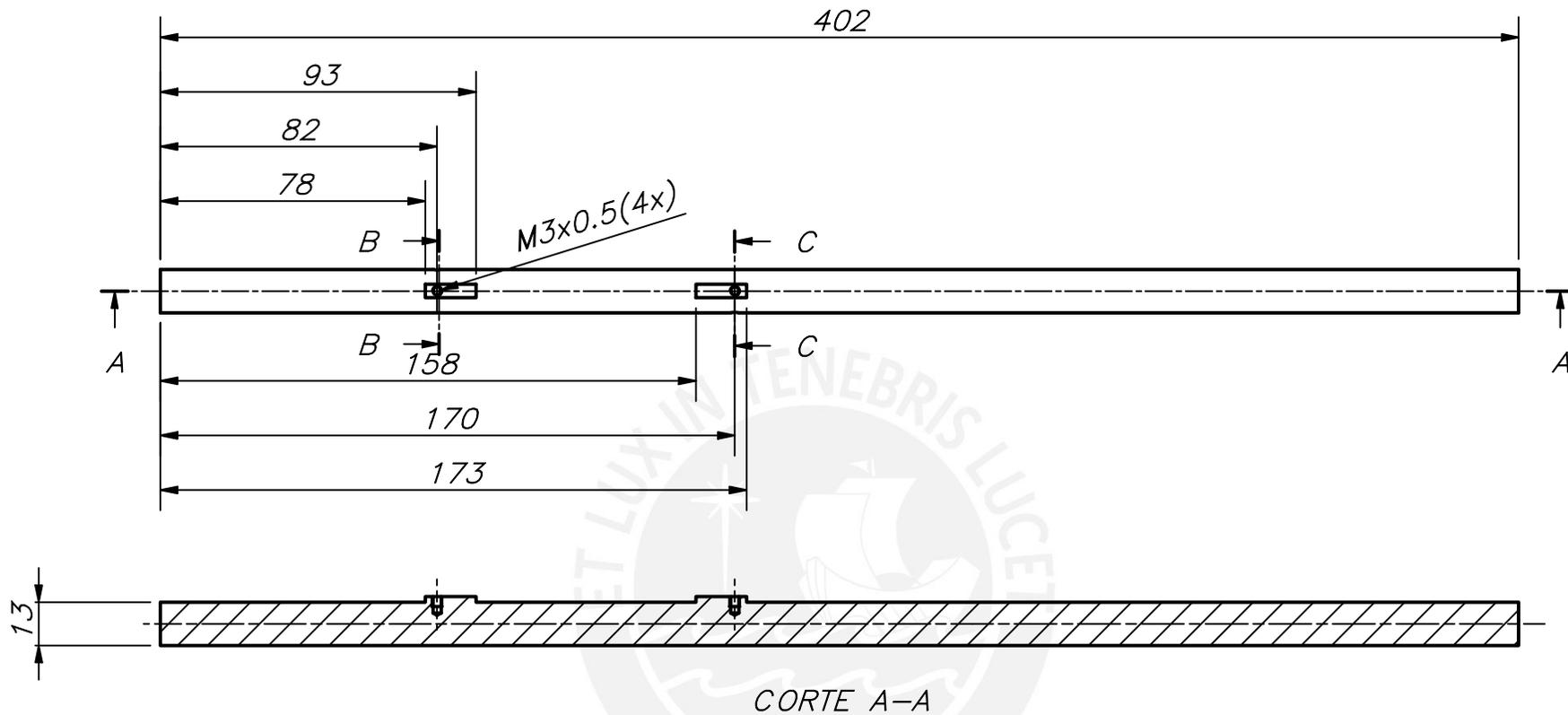
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  CAMISA 2	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



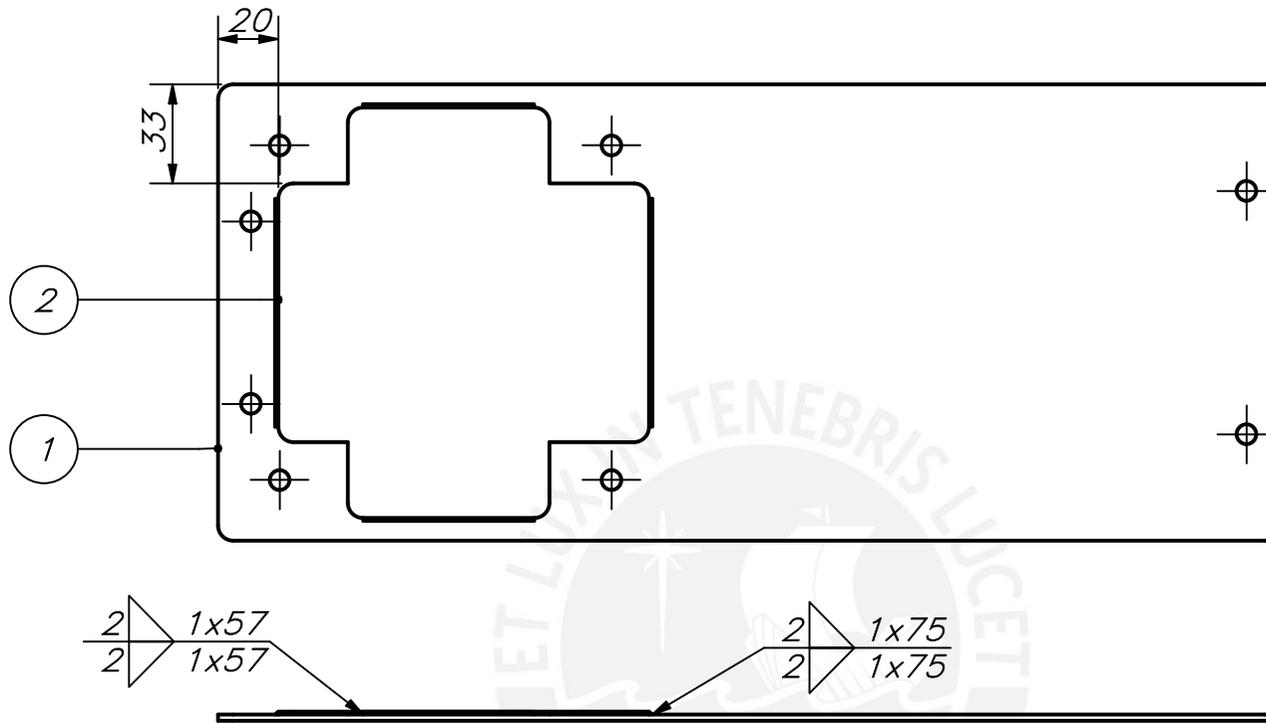
5	1	Camisa 2		ASTM A36	
4	2	Tapa lateral		ASTM A36	
3	2	Manzana		ASTM A36	
2	1	Eje de retorno 2		ASTM A36	
1	4	ISO 4029 - M3 x 6	ISO 4029	440C	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

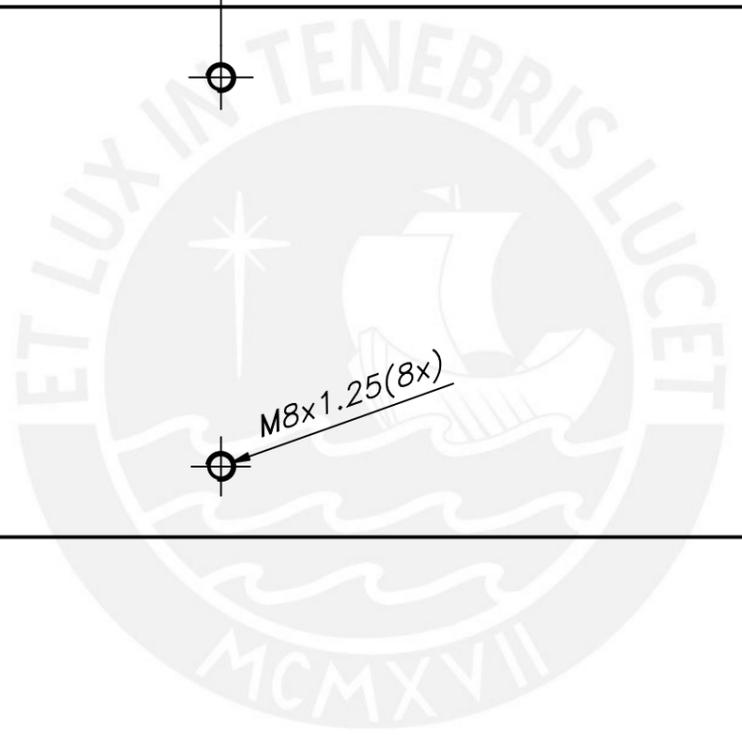
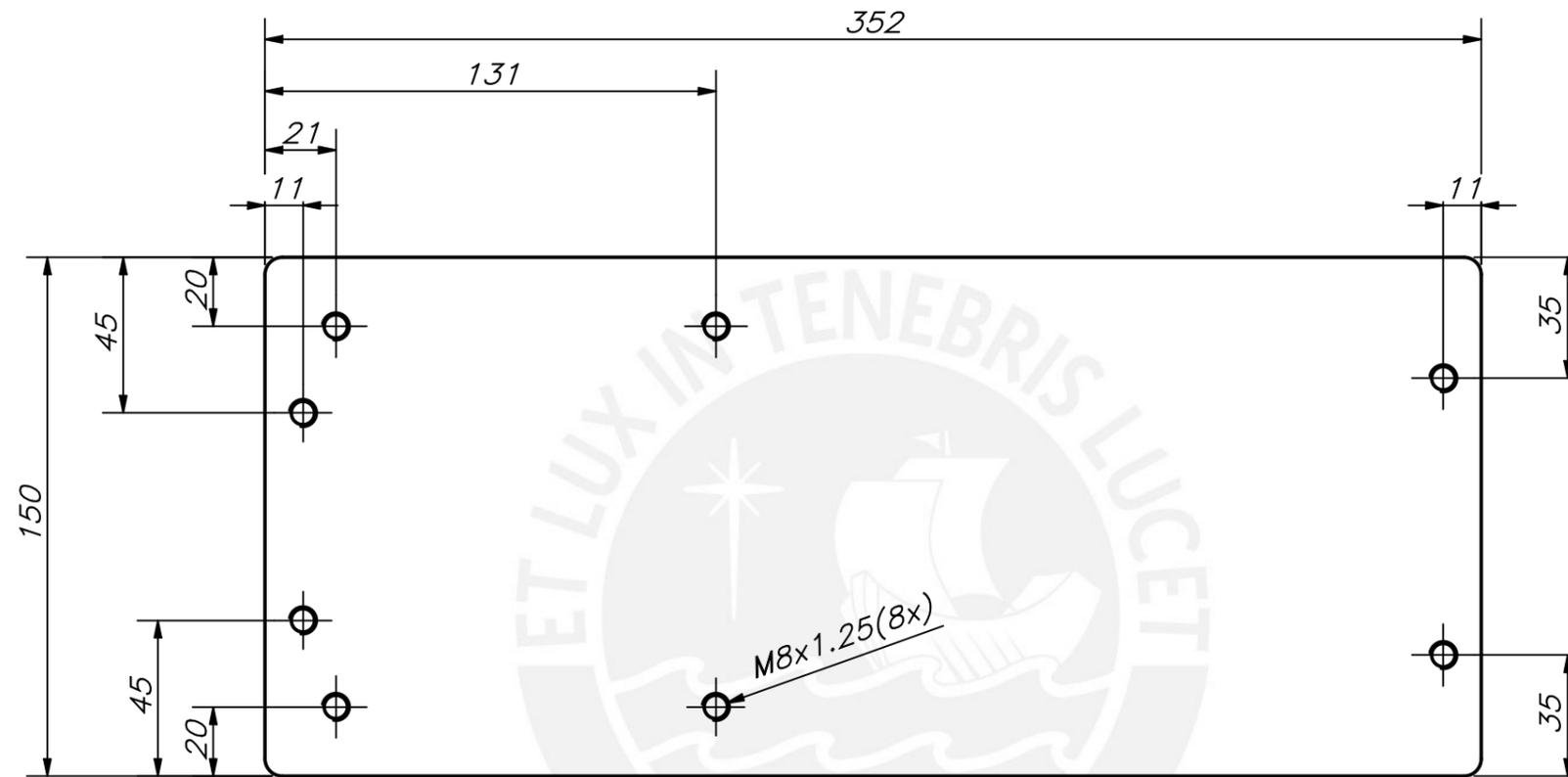
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>CILINDRO DE RETORNO 2</b>	<b>1:2</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4



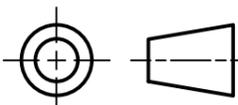
ACABADO SUPERFICIAL 1.6/ √	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  EJE DE RETORNO 2	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
		LÁMINA: A4

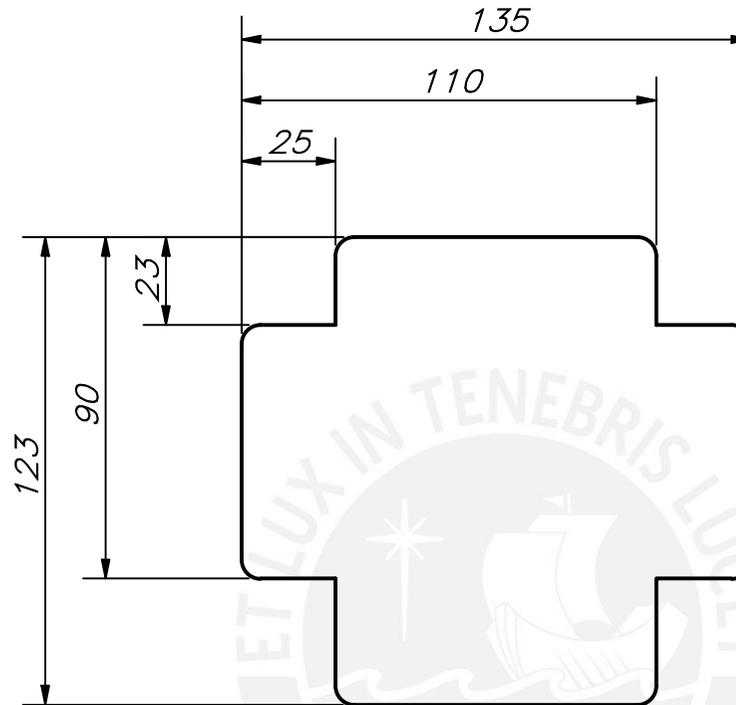


2	1	Soporte superior móvil para motor 2		ASTM A36	
1	1	Soporte inferior móvil para motor 2		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS			ESCALA
		SOPORTE MÓVIL PARA MOTOR 2			1:2
20160595		CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO			FECHA: 2022.06.05
					LÁMINA: A4



ESPESOR 2 mm  
 REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <b>SOPORTE INFERIOR MÓVIL PARA MOTOR 2</b>	ESCALA  <b>1:2</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



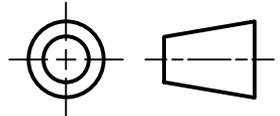
ACABADO SUPERFICIAL  
 $\sqrt{Ra\ 1.6}$  (✓)

TOLERANCIA GENERAL  
 ISO 2768  
 - mK

MATERIAL  
 ASTM A36

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN  
 CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS

SOPORTE SUPERIOR MÓVIL PARA  
 MOTOR 2

ESCALA

1:2

ESPESOR 1.5 mm

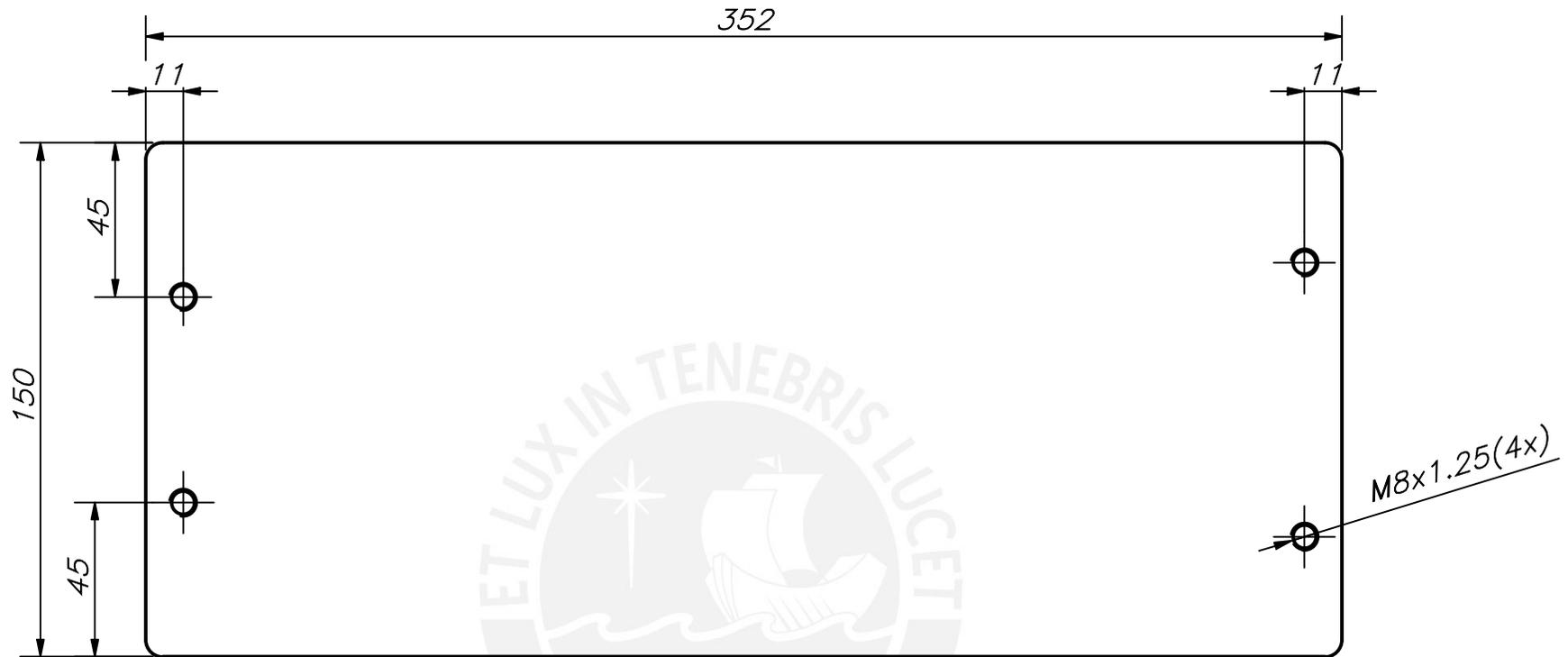
REDONDEOS NO INDICADOS R5

20160595

CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO

FECHA:  
 2022.06.05

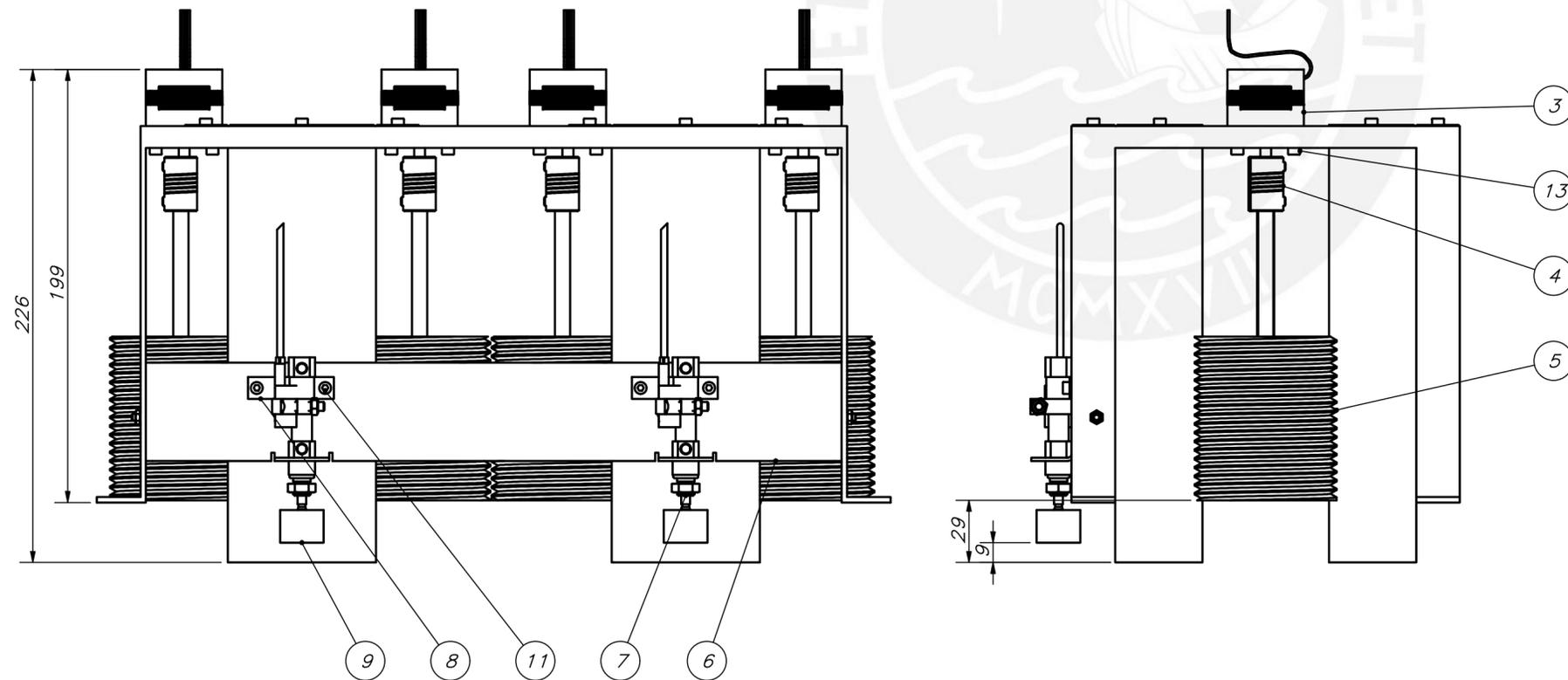
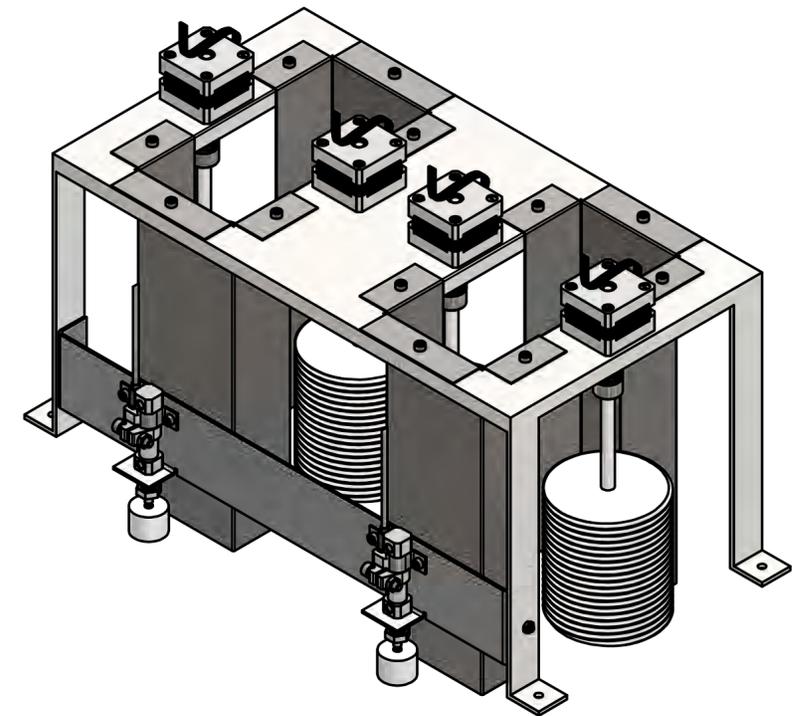
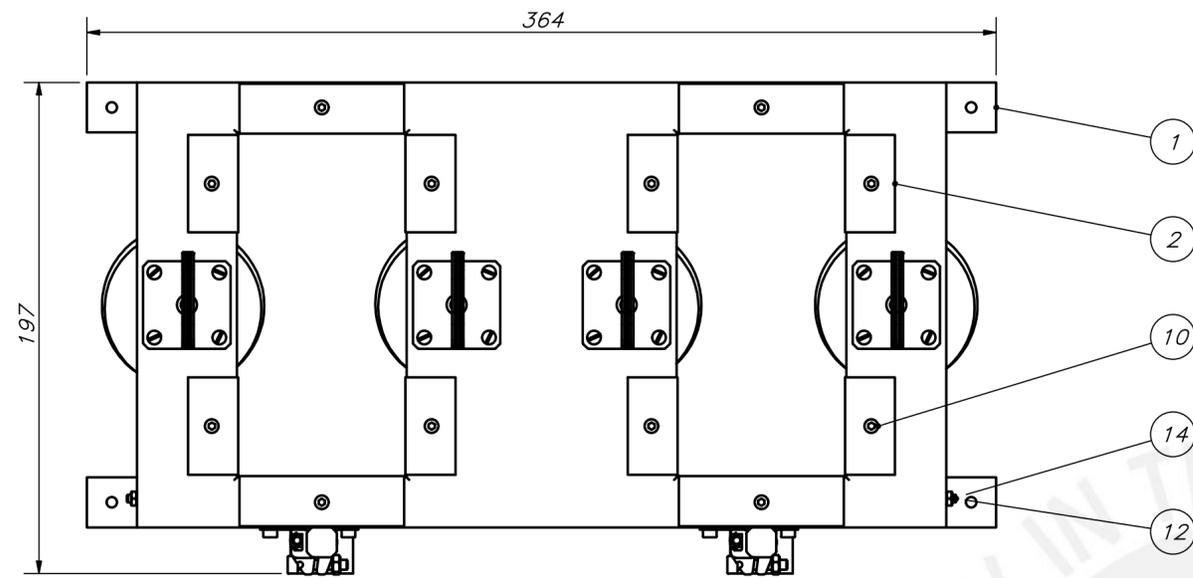
LÁMINA:  
 A4



ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE FIJO PARA MOTOR 2	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

ESPESOR 2 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

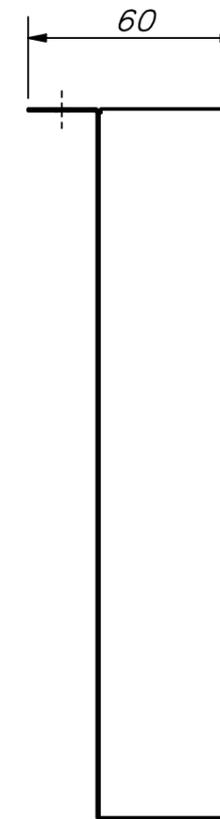
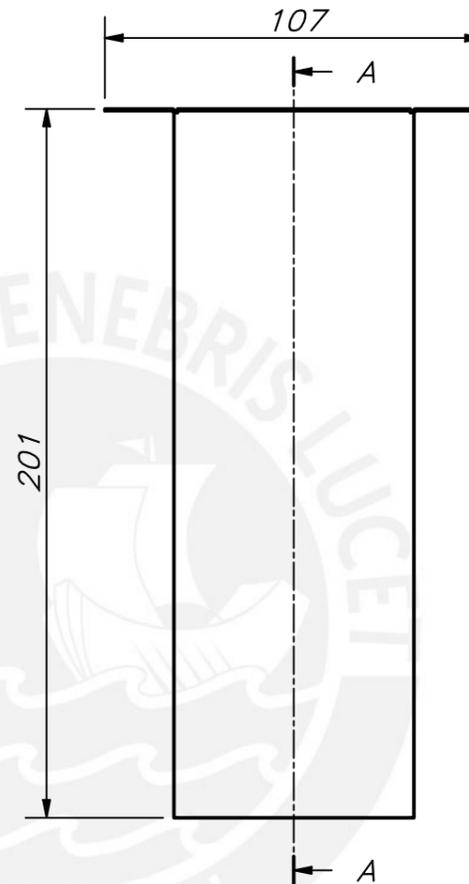
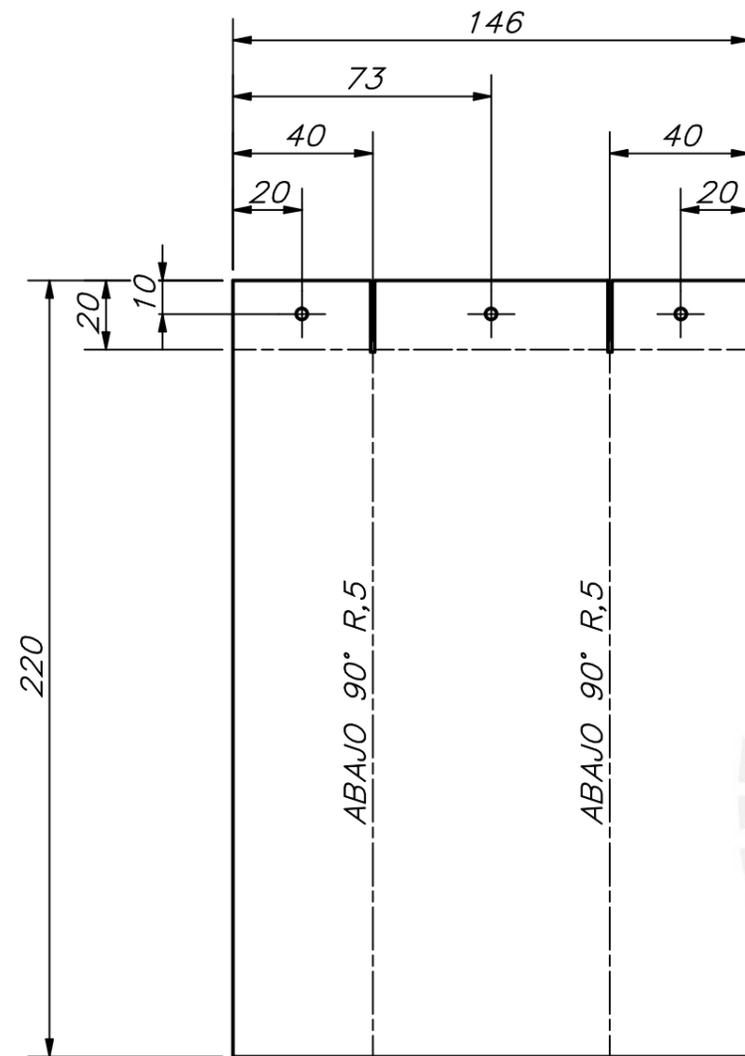


POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
14	6	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
13	16	ISO 4762 - M3 x 16	ISO 4762	440C	
12	2	ISO 4762 - M3 x 8	ISO 4762	440C	
11	4	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
10	12	ISO 4762 - M3 x 5	ISO 4762	440C	
9	2	Tape		Plástico ABS	
8	2	Fijador para cilindro		Aluminio 6061	
7	2	Cilindro con sensores			
6	1	Soporte para cilindros		Aluminio 6061	
5	4	Pieza roscada		Plástico ABS	
4	4	Acople flexible D9L25 5x7			
3	4	Motor paso a paso NEMA 14			SCHNEIDER-ELECTRIC
2	4	Guía vertical		AlSi 430	
1	1	Soporte de alimentador		ASTM A36	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	ALIMENTADOR DE SUTURAS	1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2

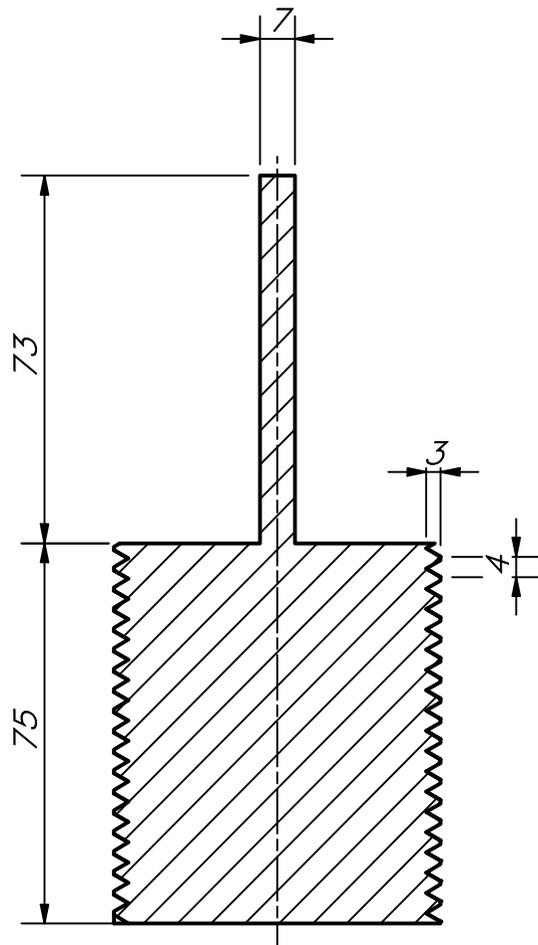




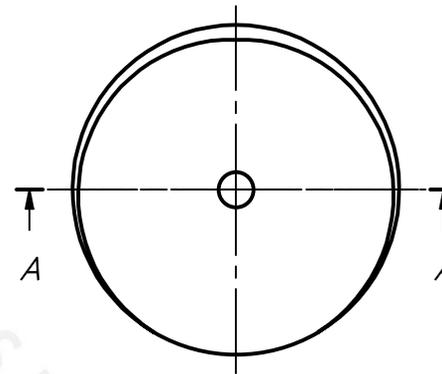
CORTE A-A

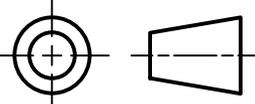
ESPESOR 1 mm

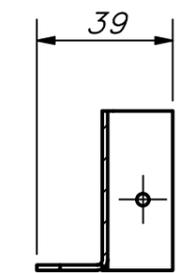
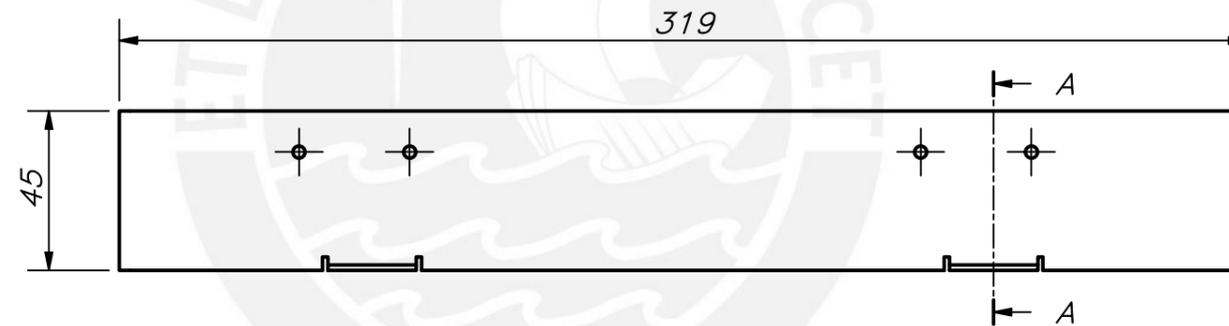
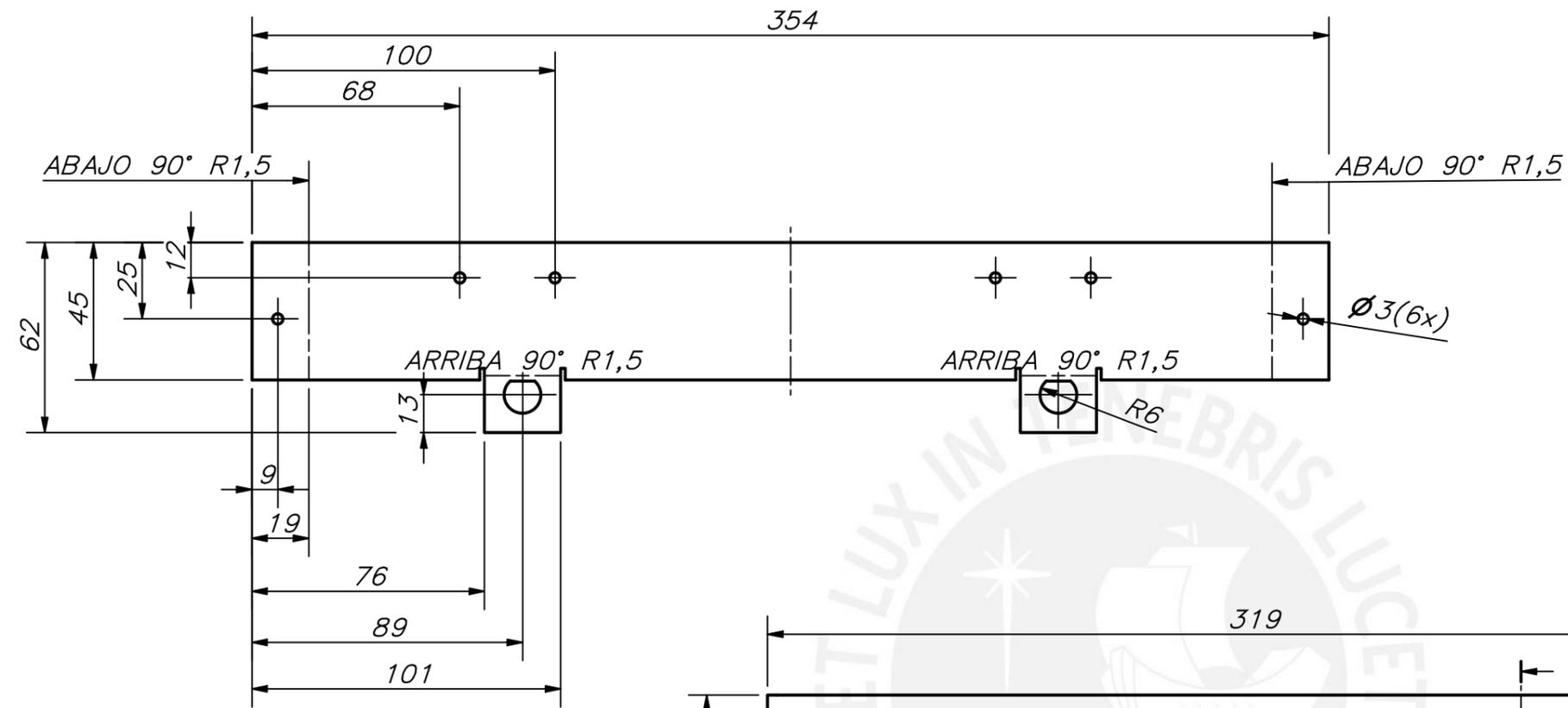
ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



CORTE A-A

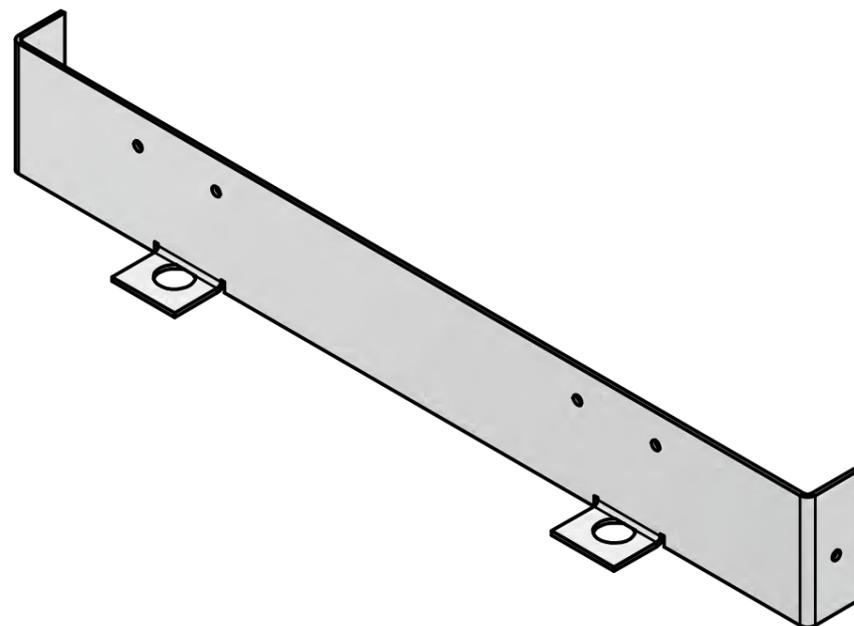


ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  PIEZA ROSCADA	ESCALA  1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

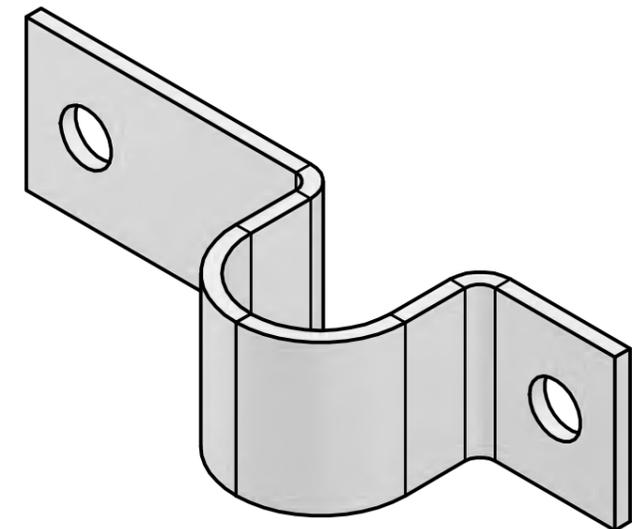
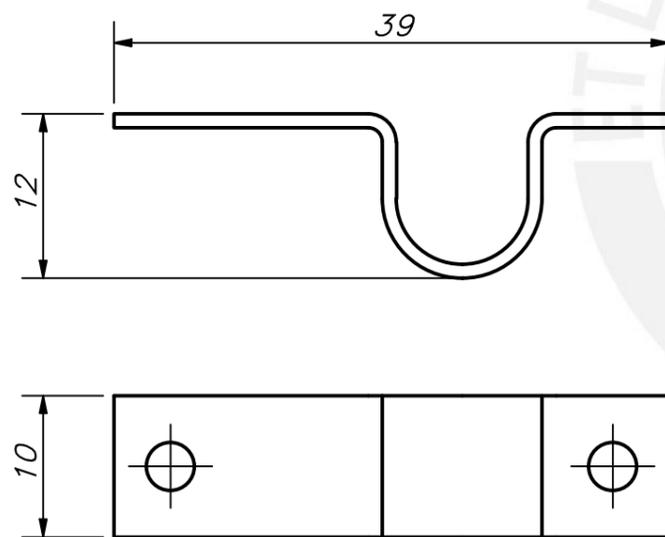
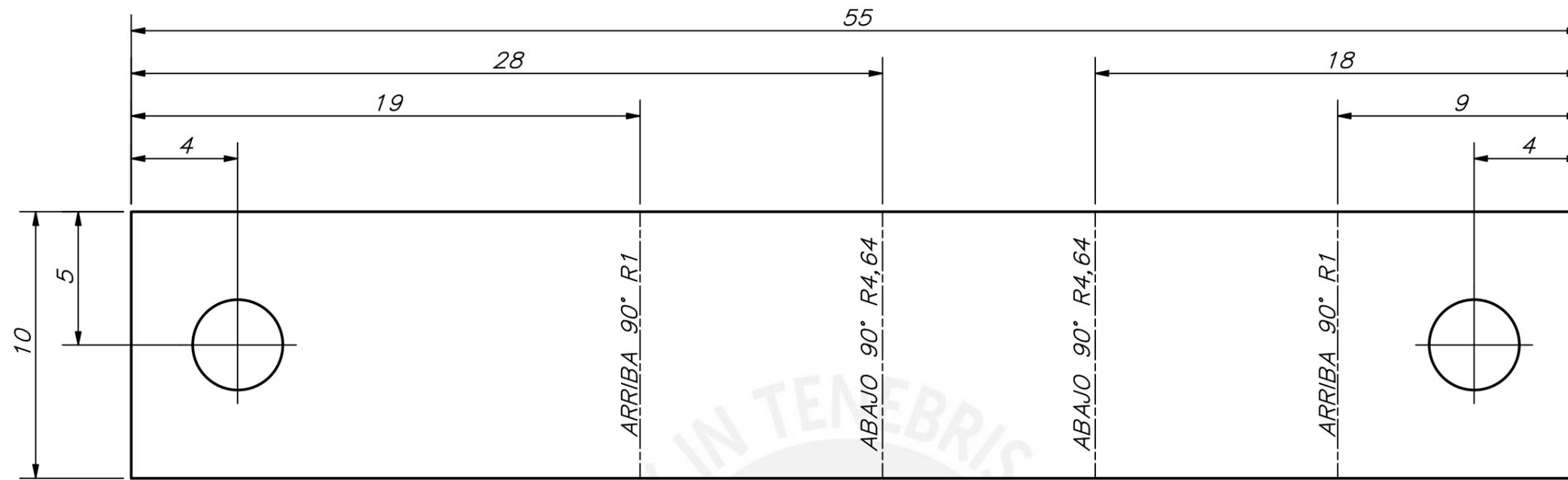


CORTE A-A

ESPESOR 1.5 mm



ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ⊞	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

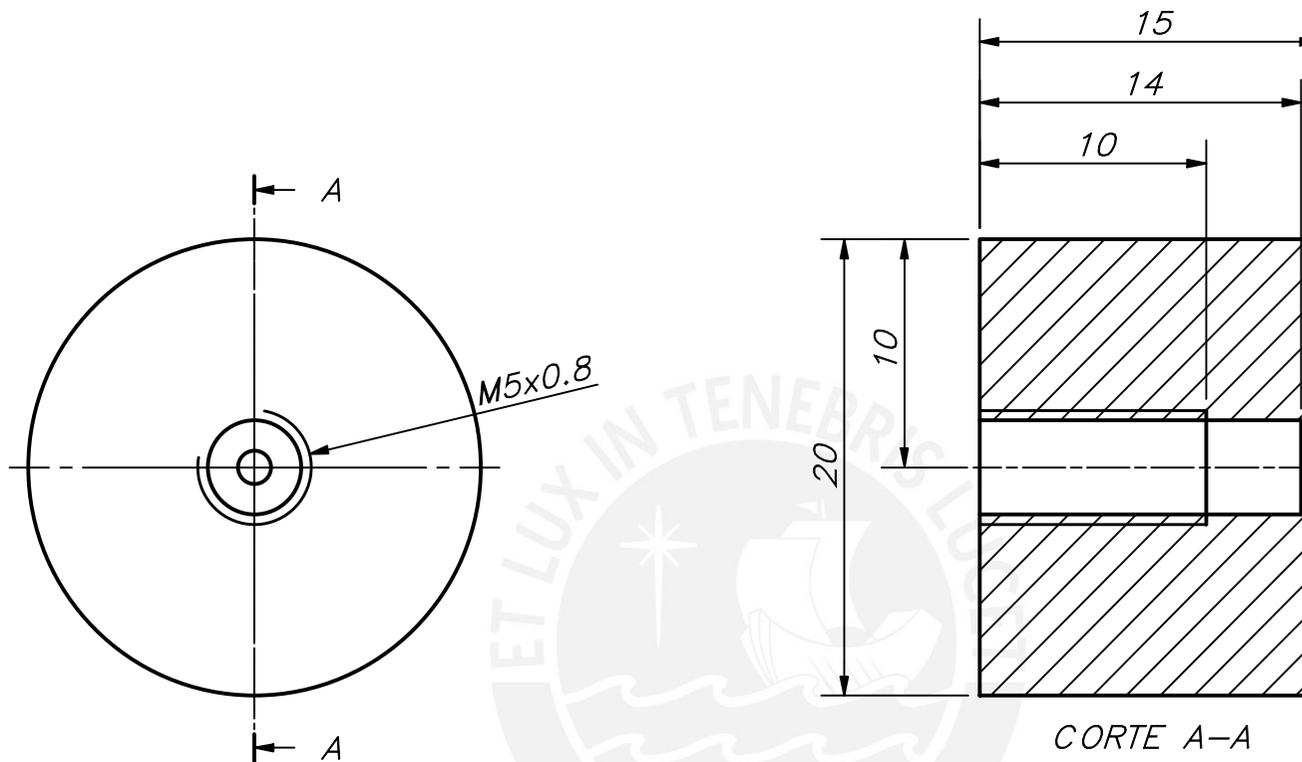


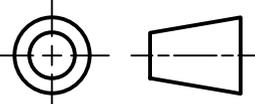
ESCALA 2:1

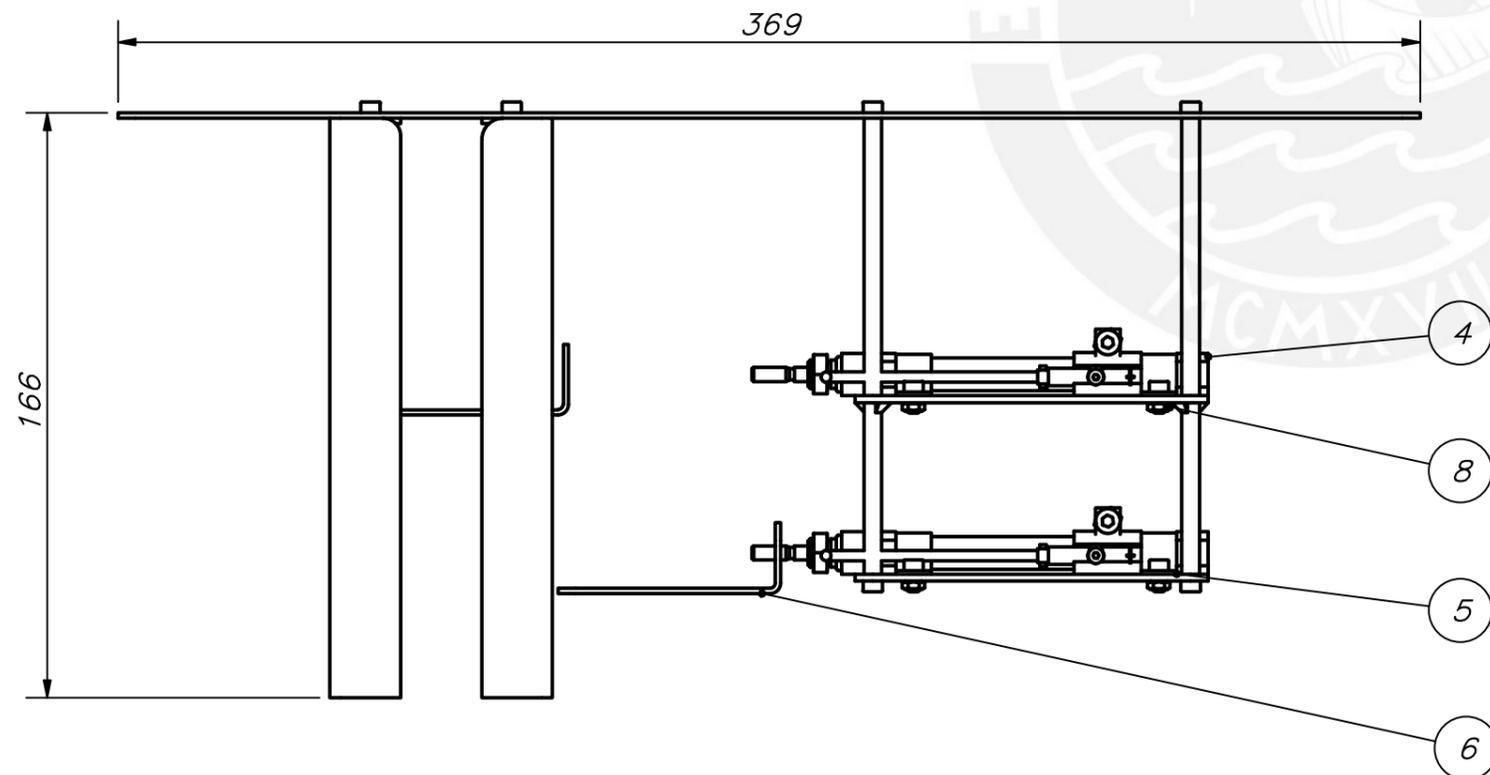
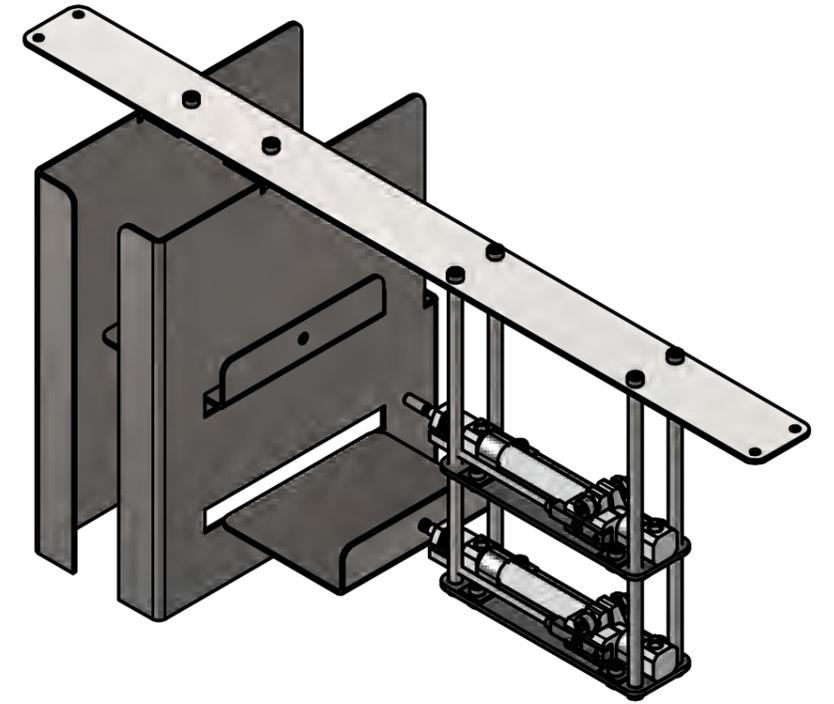
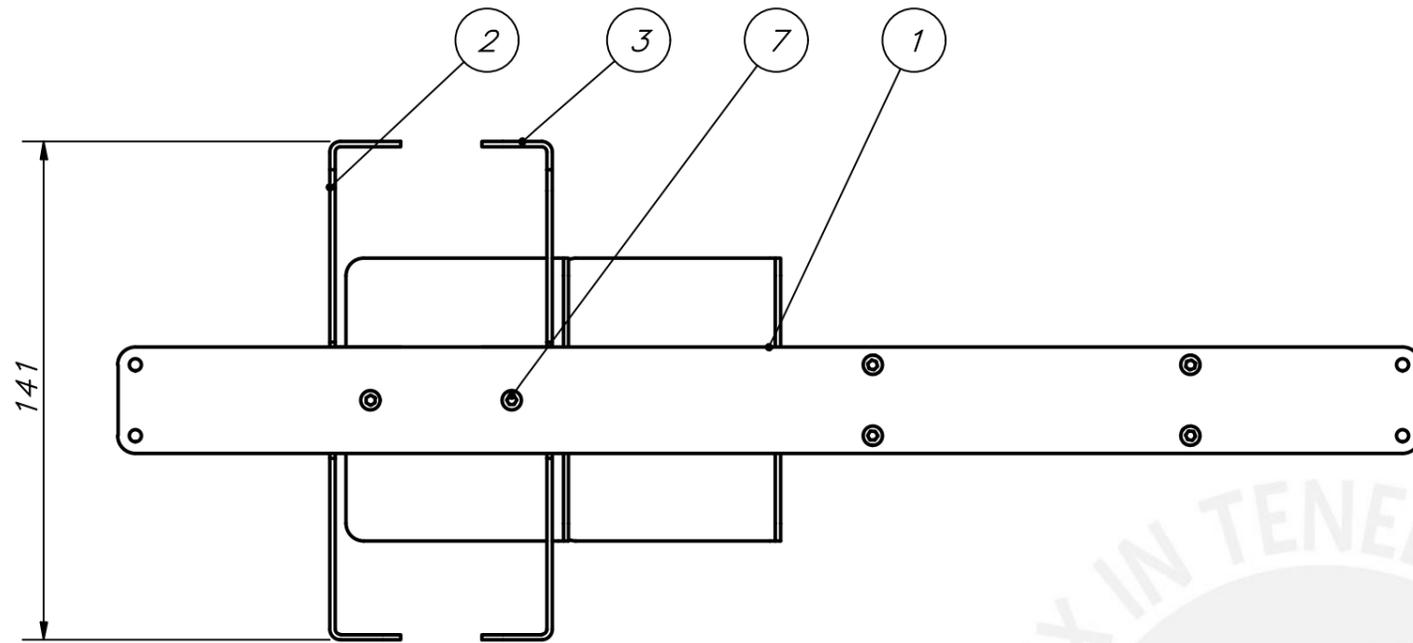
ESPESOR 1 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 5:1
20160595	FIJADOR PARA CILINDRO	FECHA: 2022.06.05
	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	LÁMINA: A3



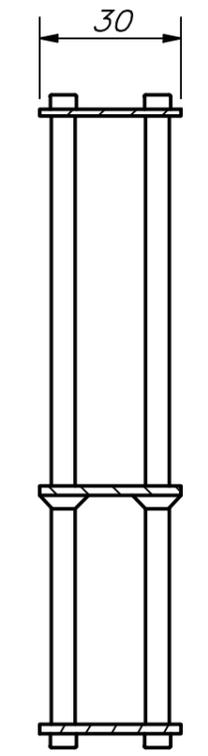
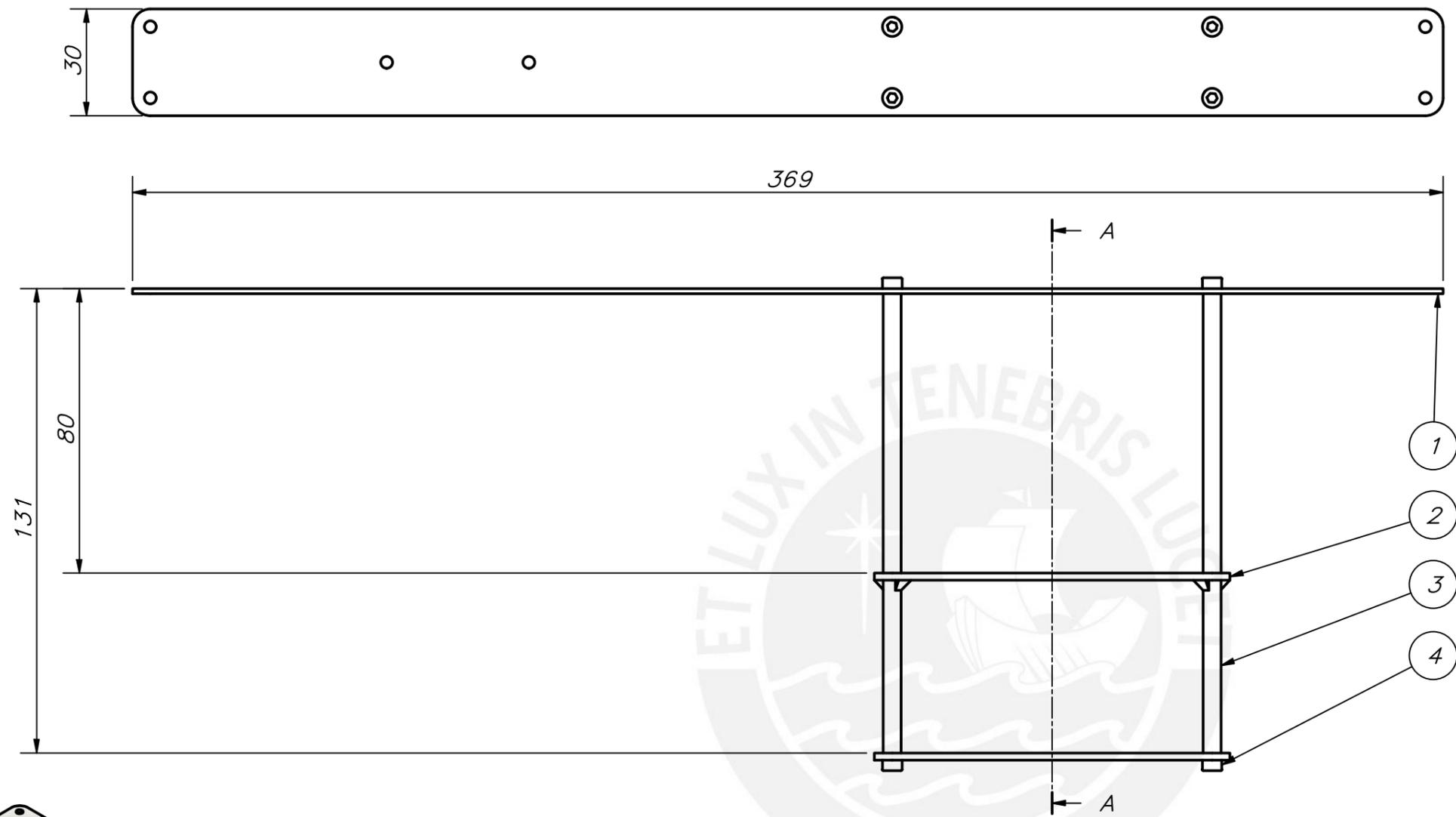
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  TOPE	ESCALA  4:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



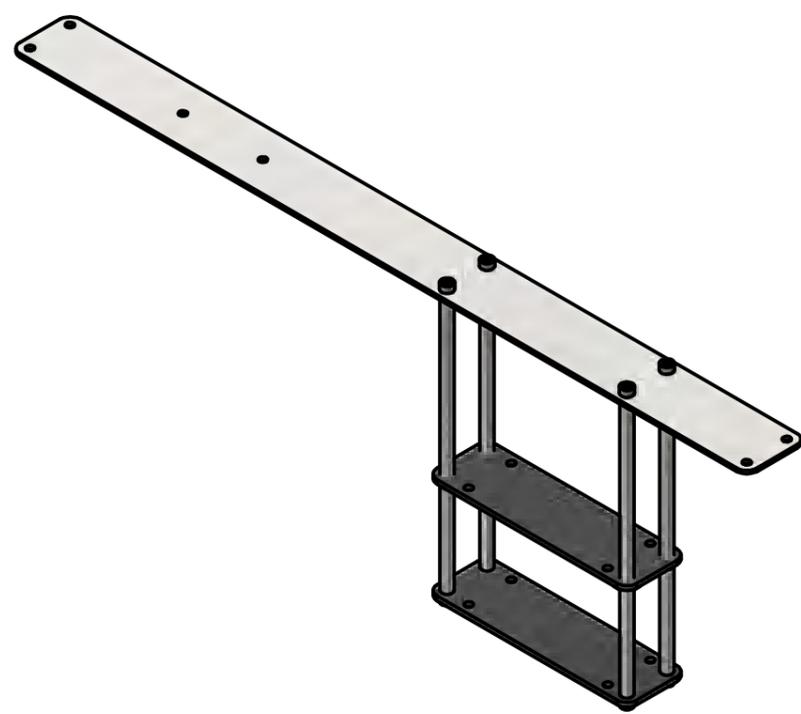
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
8	10	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
7	10	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
6	2	Separador de lotes		AISI 430	
5	4	Fijador de cilindro		Aluminio 6061	
4	2	Cilindro con sensores			
3	1	Guía lateral izquierda		AISI 430	
2	1	Guía lateral derecha		AISI 430	
1	1	Soporte de apilador		Aluminio 6061	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	APILADOR	1:2.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



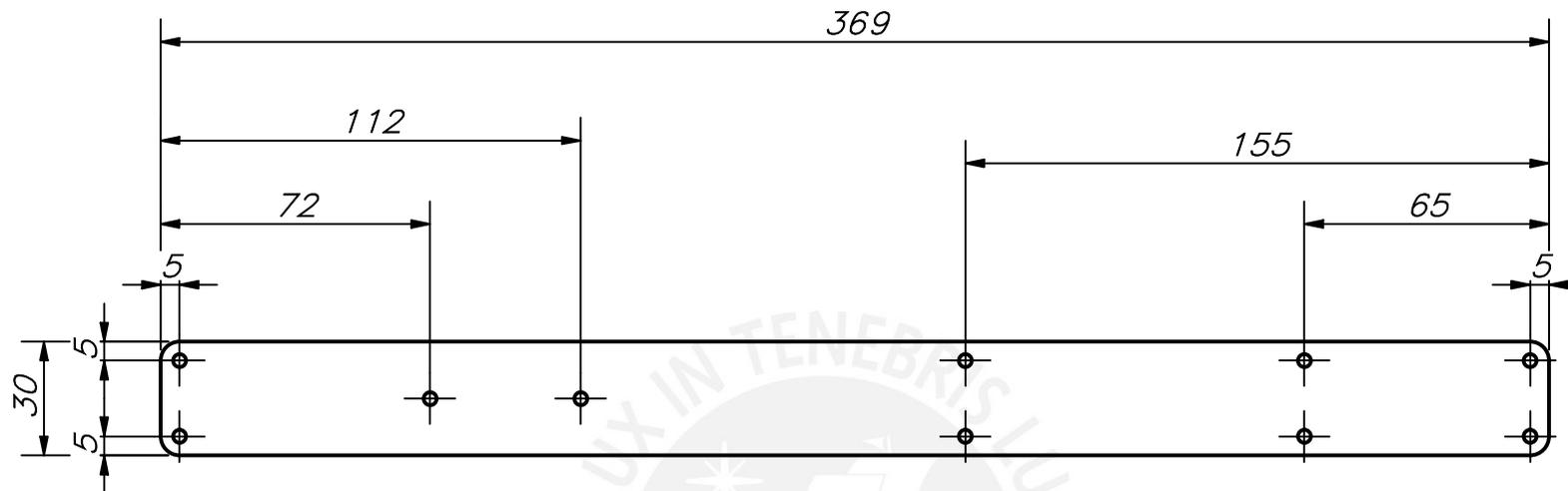
CORTE A-A



4	8	ISO 4762 - M3 x 6	ISO 4762	440C	
3	4	Viga soporte		Aluminio 6061	
2	2	Soporte inferior		Aluminio 6061	
1	1	Soporte superior		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

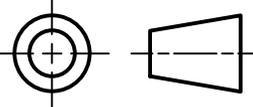
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

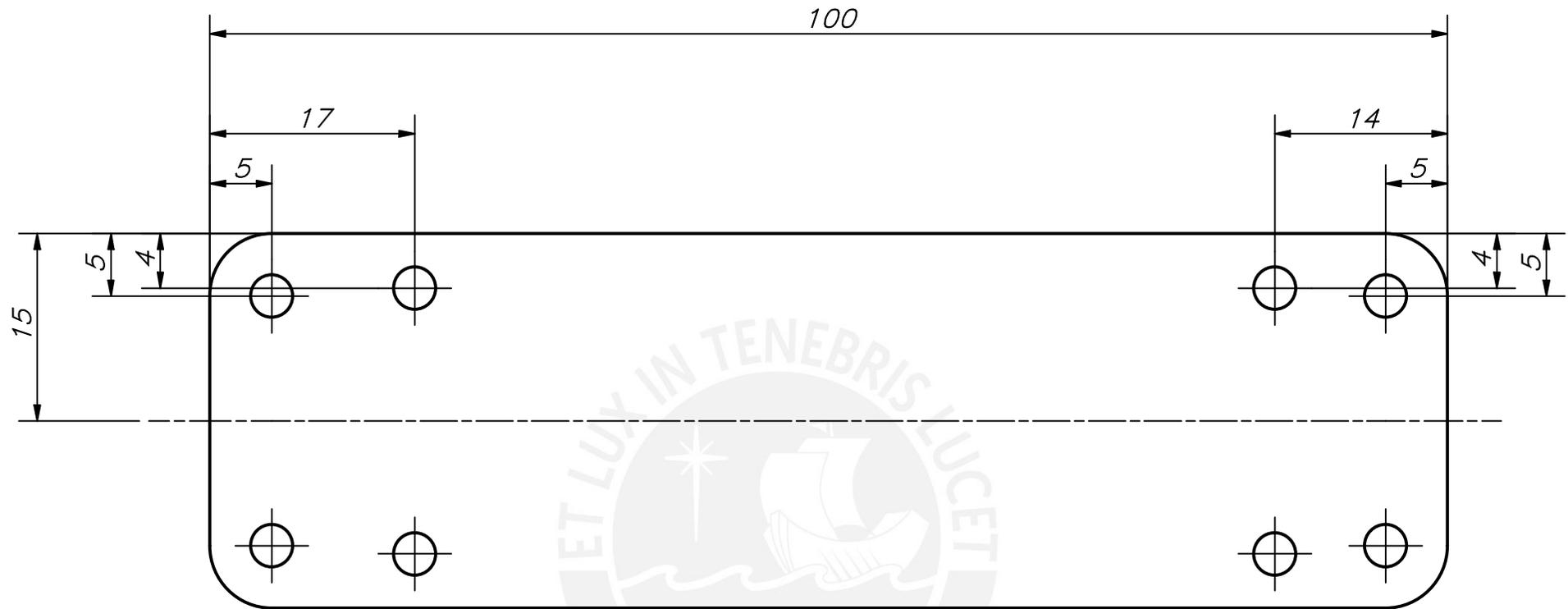
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	SOPORTE DE APILADOR	1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

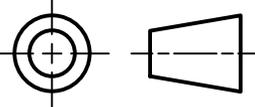


ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

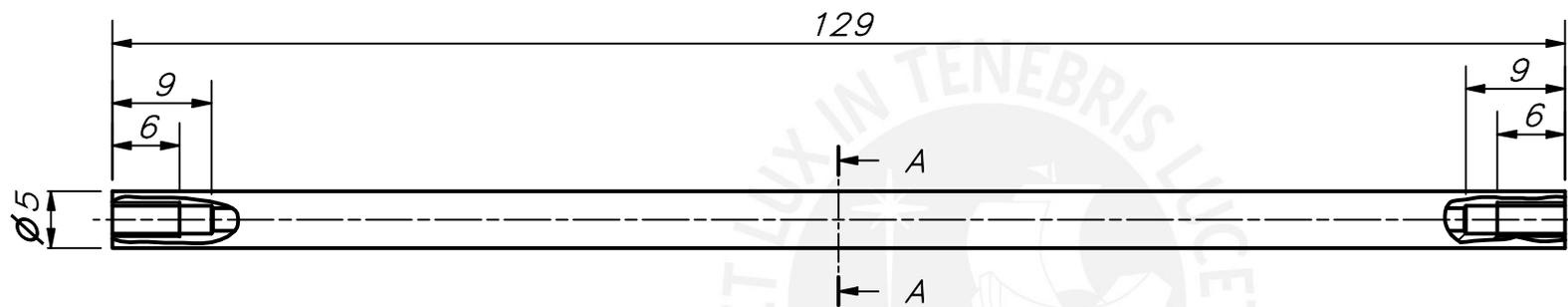
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ ( $\checkmark$ )	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE SUPERIOR	ESCALA  1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



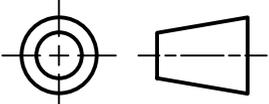
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE INFERIOR	ESCALA  2:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

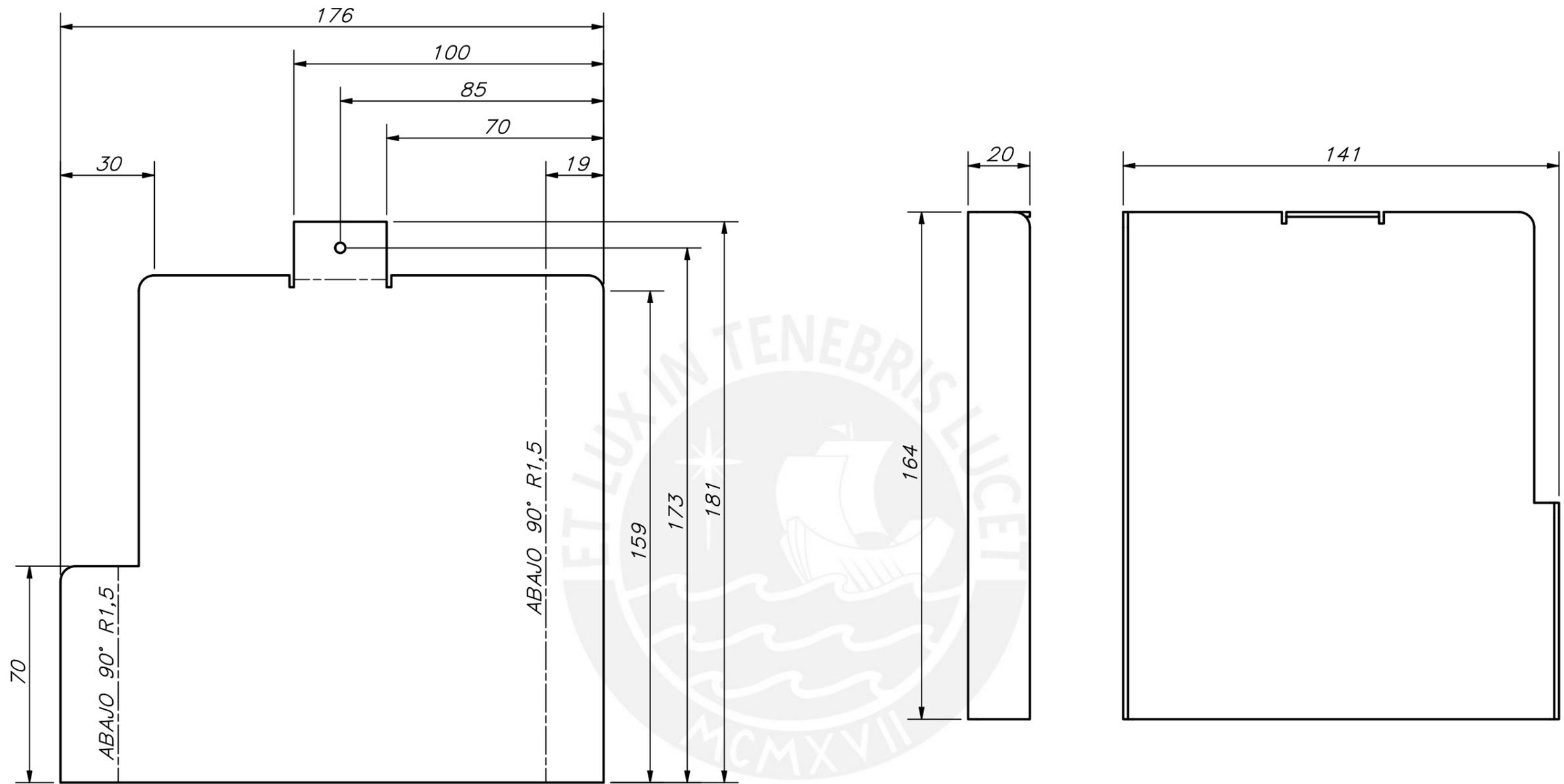
ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5



  
 CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  VIGA SOPORTE	ESCALA 1.5:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

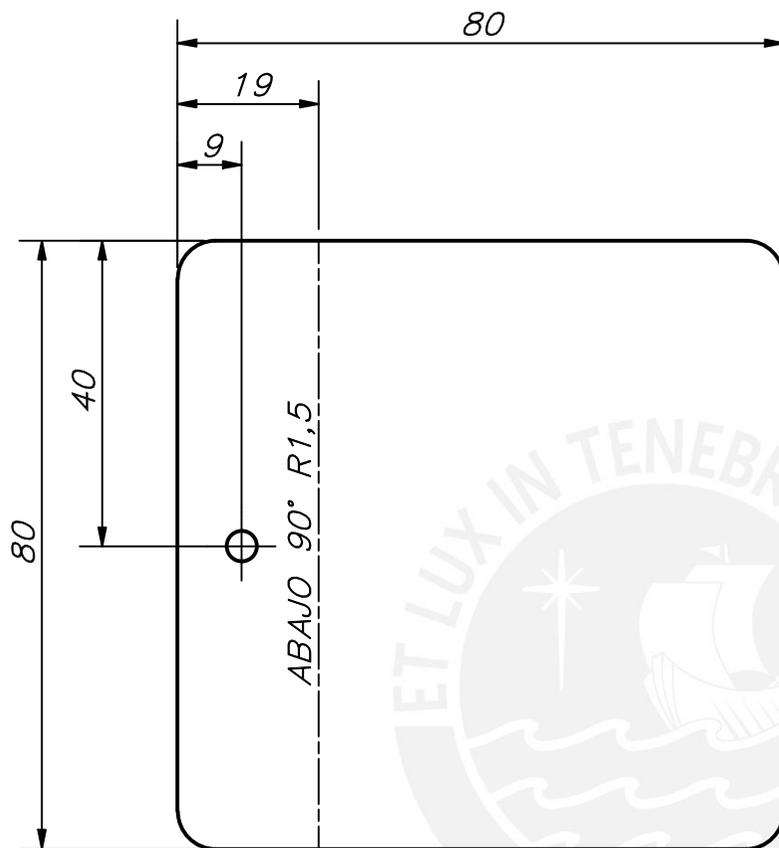


NOTA: EN EL CASO DE LA GUÍA LATERAL IZQUIERDA, EL DOBLEZ SE REALIZA EN SENTIDO CONTRARIO (ABAJO 90°)

ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS GUÍA LATERAL DERECHA E IZQUIERDA	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3

ESPESOR 1.5 mm

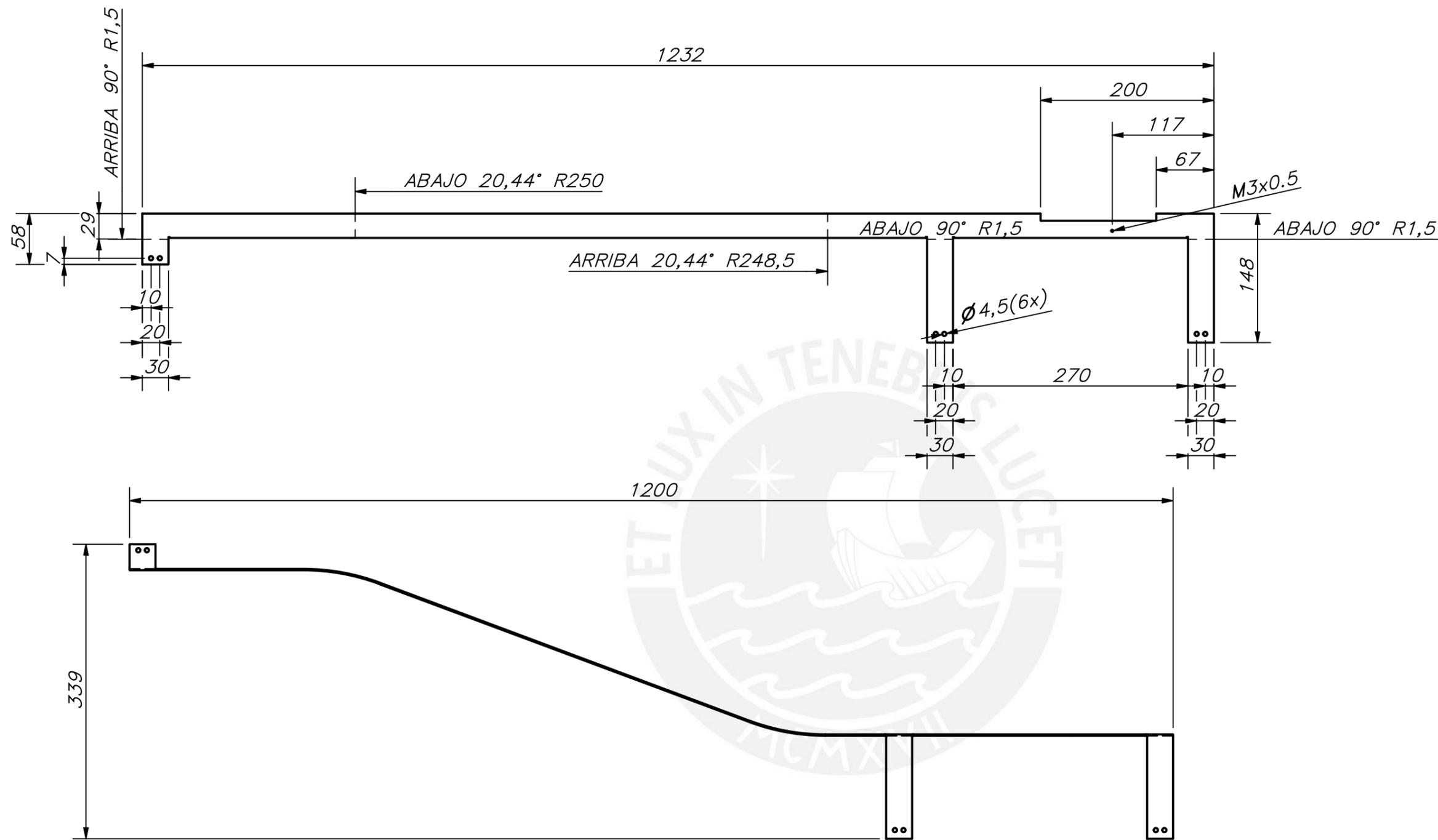
REDONDEOS NO INDICADOS R5



ESPEJOR 1.5 mm

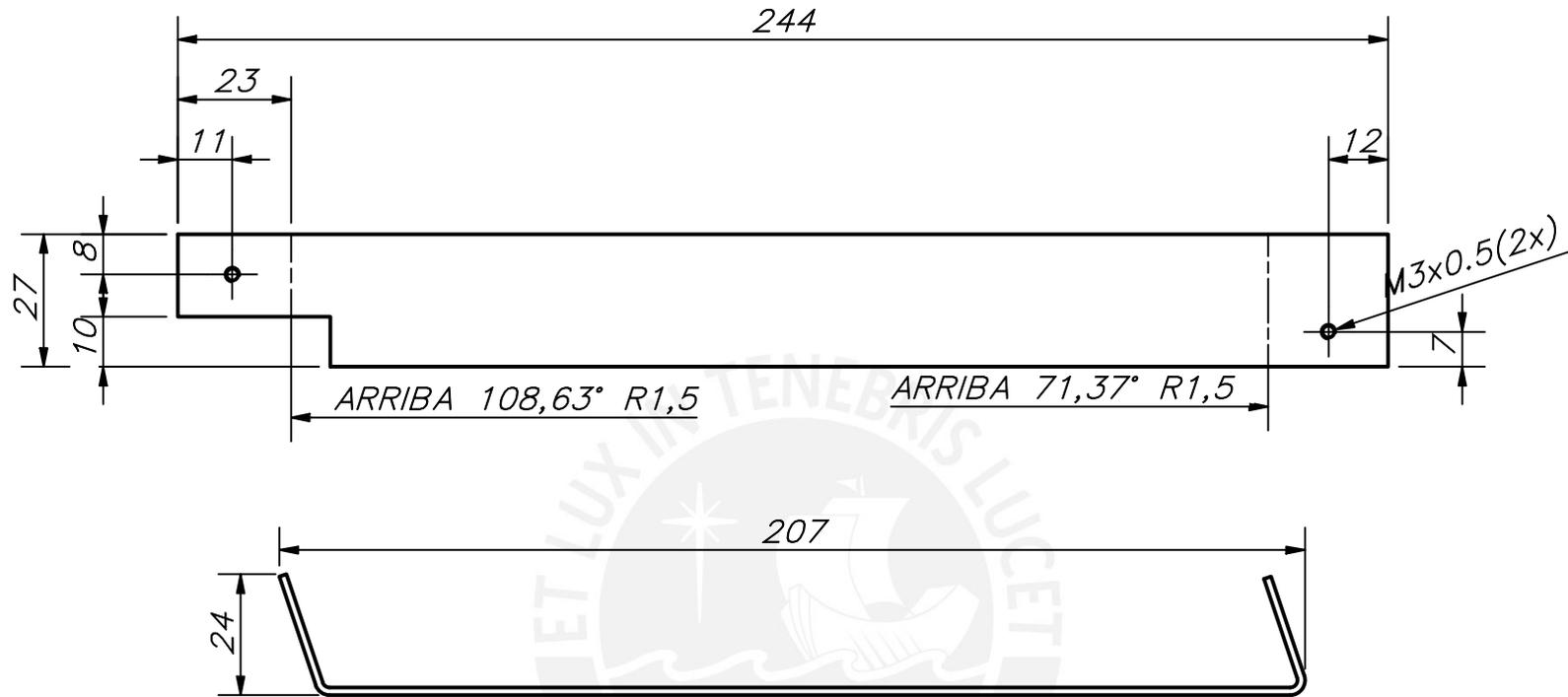
REDONDEOS NO INDICADOS R5

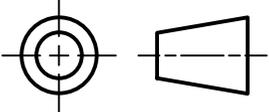
ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL AISI 430
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SEPARADOR DE LOTES	ESCALA  1:1
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



ESPESOR 1.5 mm

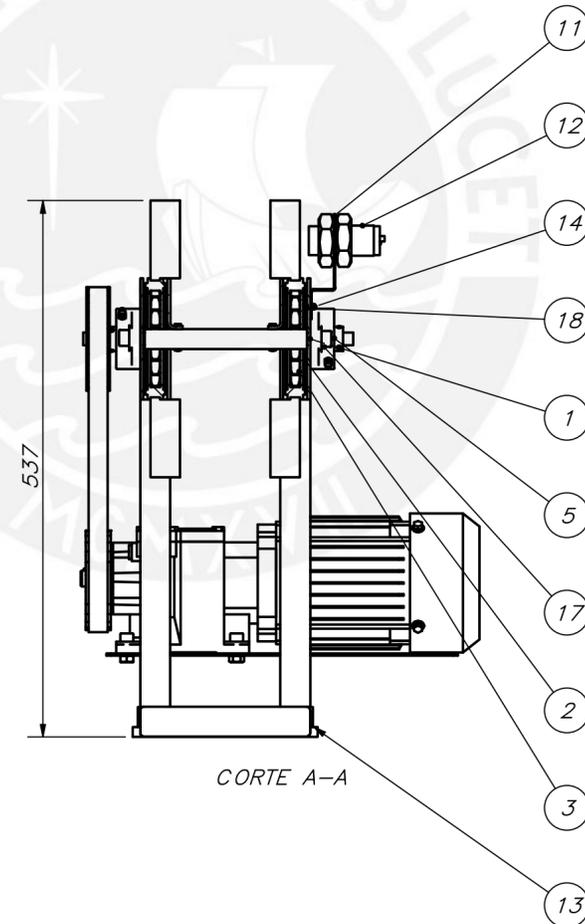
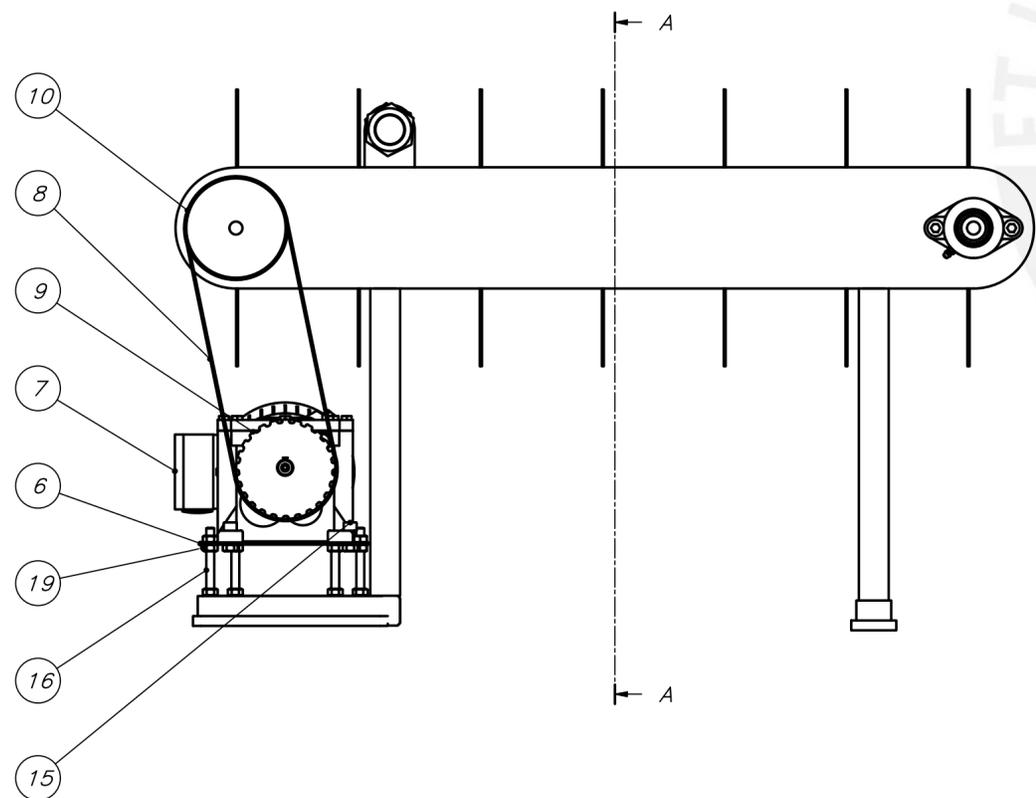
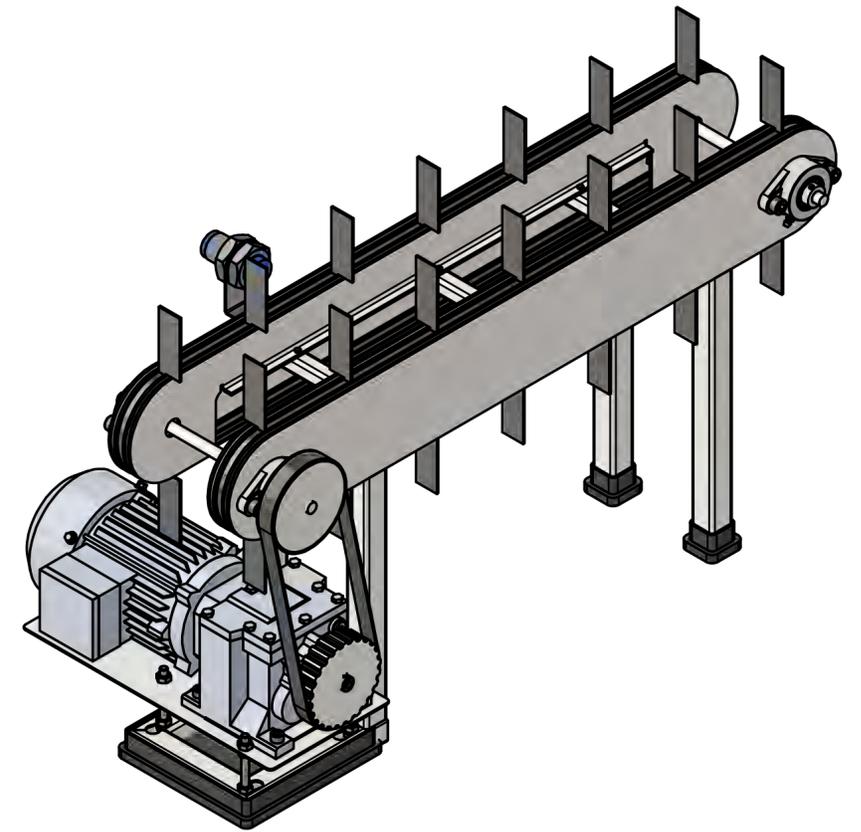
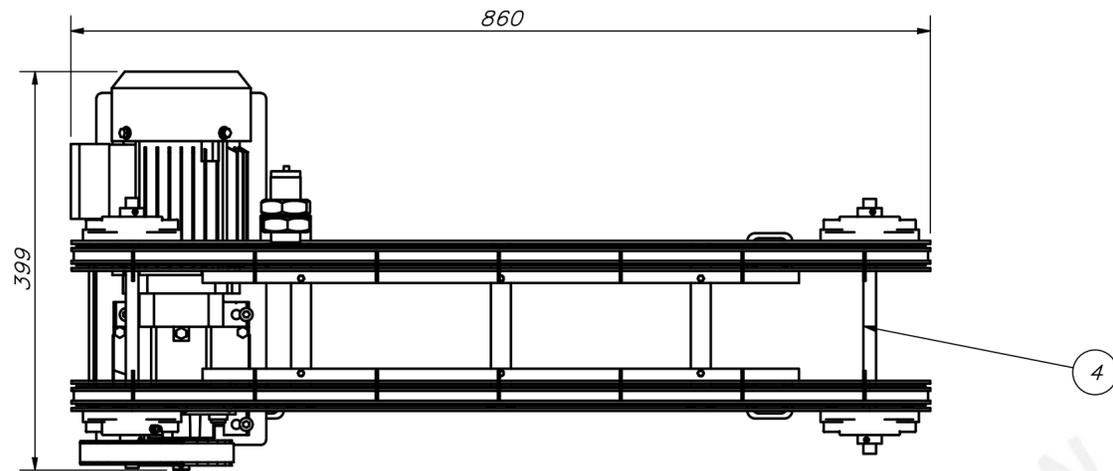
ACABADO SUPERFICIAL ✓ Ra 1.6 (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN ⊕ ⊞	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA 1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A3



ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ALUMINIO 6061
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  <b>GUÍA DE DERIVACIÓN</b>	ESCALA  <b>1:1.5</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

ESPESOR 1.5 mm

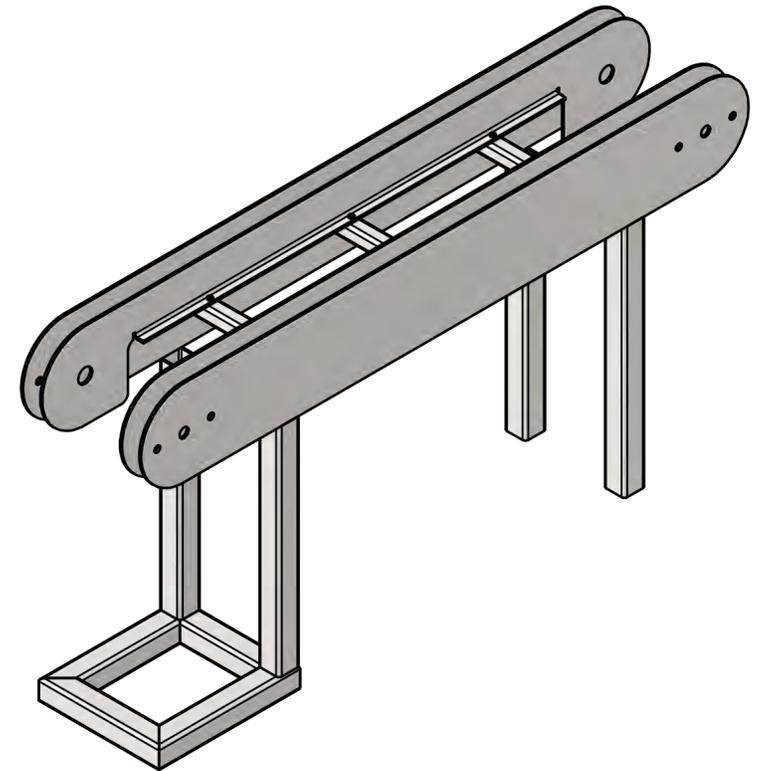
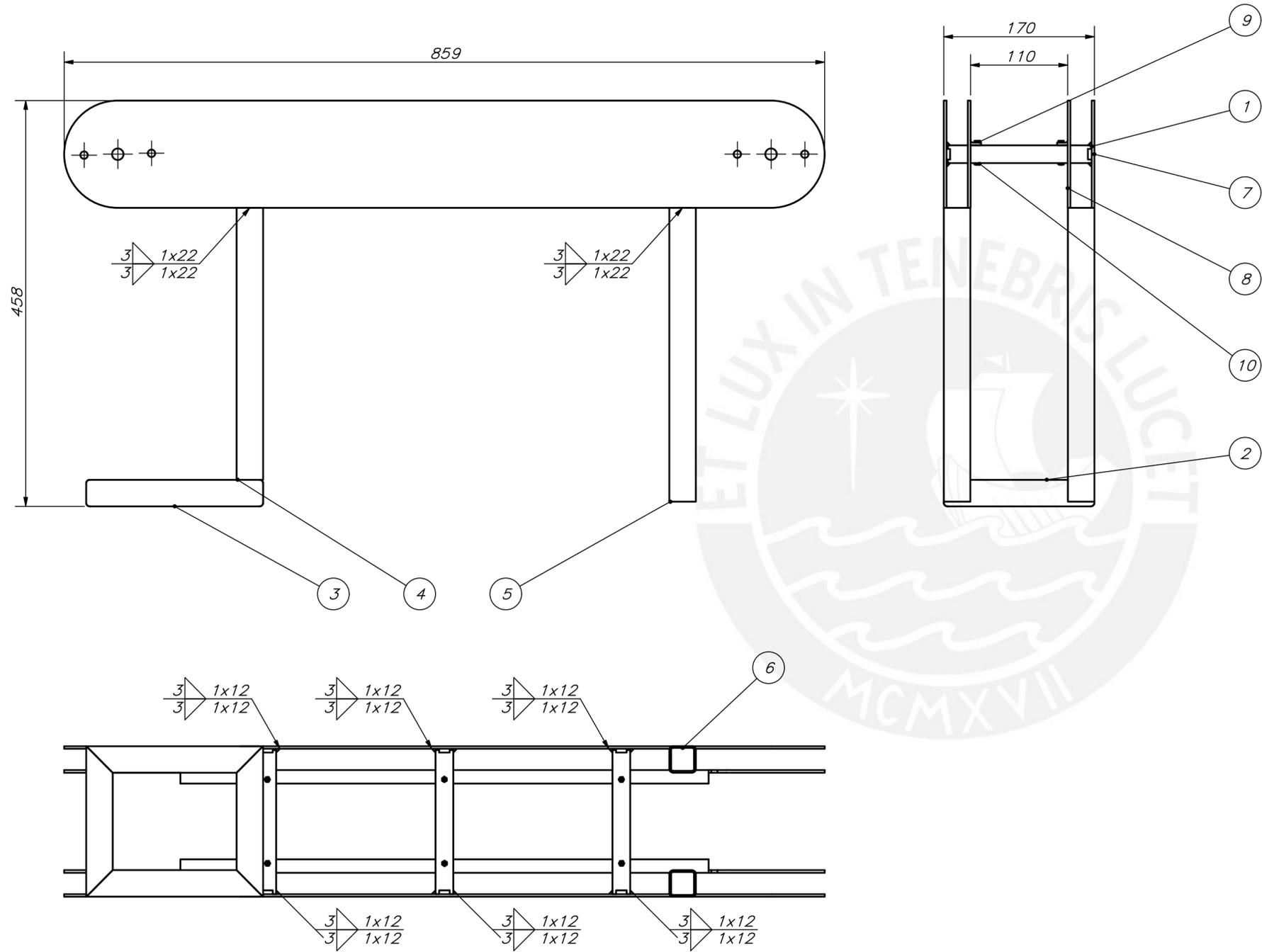
REDONDEOS NO INDICADOS R5



19	16	ISO 4032 - M8	ISO 4032	440C	
18	2	ISO 4032 - M3	ISO 4032	440C	
17	8	ISO 4762 - M10 x 16	ISO 4762	440C	
16	4	DIN 933 - M8 x 70	DIN 933	440C	
15	4	ISO 4762 - M8 x 20	ISO 4762	440C	
14	2	ISO 4762 - M3 x 8	ISO 4762	440C	
13	3	Regatón		SH 60	
12	1	Sensor capacitivo			AUTONICS
11	1	Soporte para sensor capacitivo 2		Aluminio 6061	
10	1	Polea conductora PHP 17H075TB			SKF
9	1	Polea conducida PHP 35H075TB			SKF
8	1	Correa PHG D-330-H-075			SKF
7	1	Motor 2KJ8101-2CF00-0AN1-Z			SIEMENS
6	1	Soporte móvil para motor 2		ASTM A36	
5	4	Rodamiento F2B 008-RM			SKF
4	2	Eje para cadenas		ASTM A36	
3	4	Piñón PHS 60-1A13			SKF
2	2	Cadena PHC 60-1X10FT			SIEGLING TRANSILON
1	1	Estructura para cadenas transportadoras		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

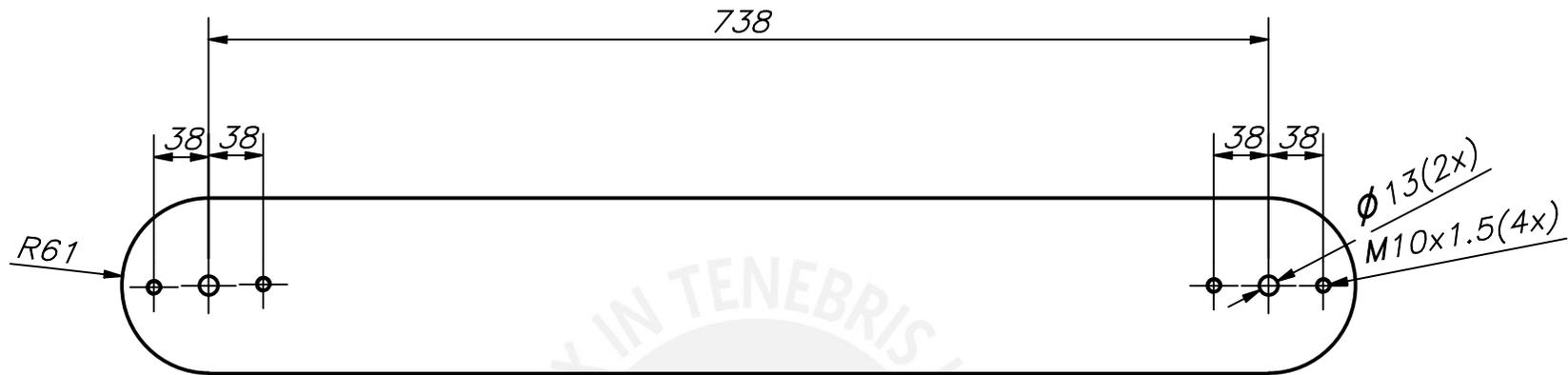
MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	RELLENADO	1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



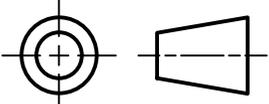
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
10	6	ISO 4035 - M3	ISO 4035	440C	
9	6	ISO 4014 - M3 x 25	ISO 4014	440C	
8	2	Soporte interior		ASTM A36	
7	2	Soporte exterior		ASTM A36	
6	4	Placa 26 x 26 x 5		ASTM A36	
5	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 332 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
4	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 307 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
3	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 200 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
2	2	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 171 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	
1	3	ISO 10799-2 - 20x20x2 - 163 mm	ISO 10799-2	ASTM A36	

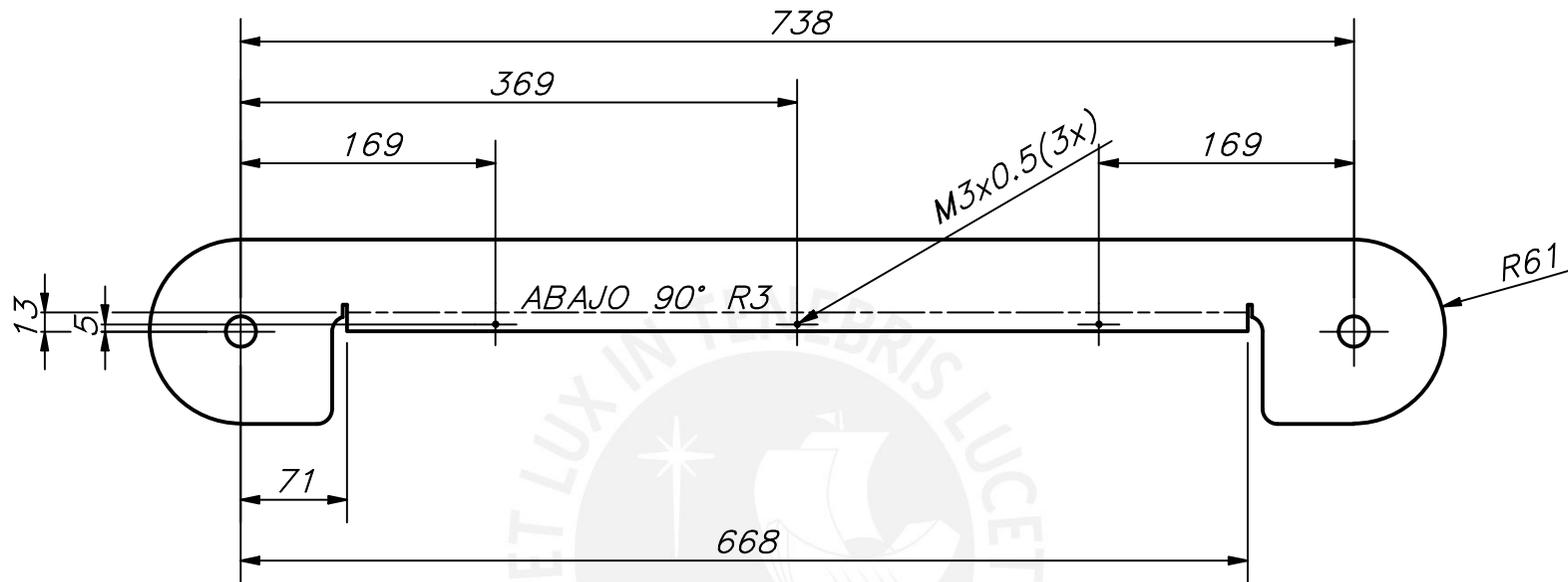
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>ESTRUCTURA PARA CADENAS TRANSPORTADORAS</b>	<b>1:4</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



ESPEJOR 3 mm

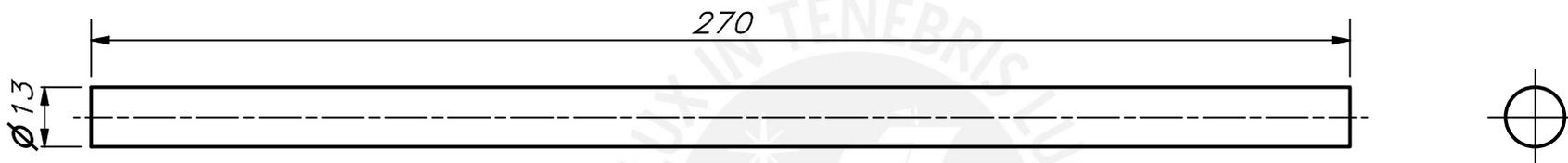
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE EXTERIOR	ESCALA  1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



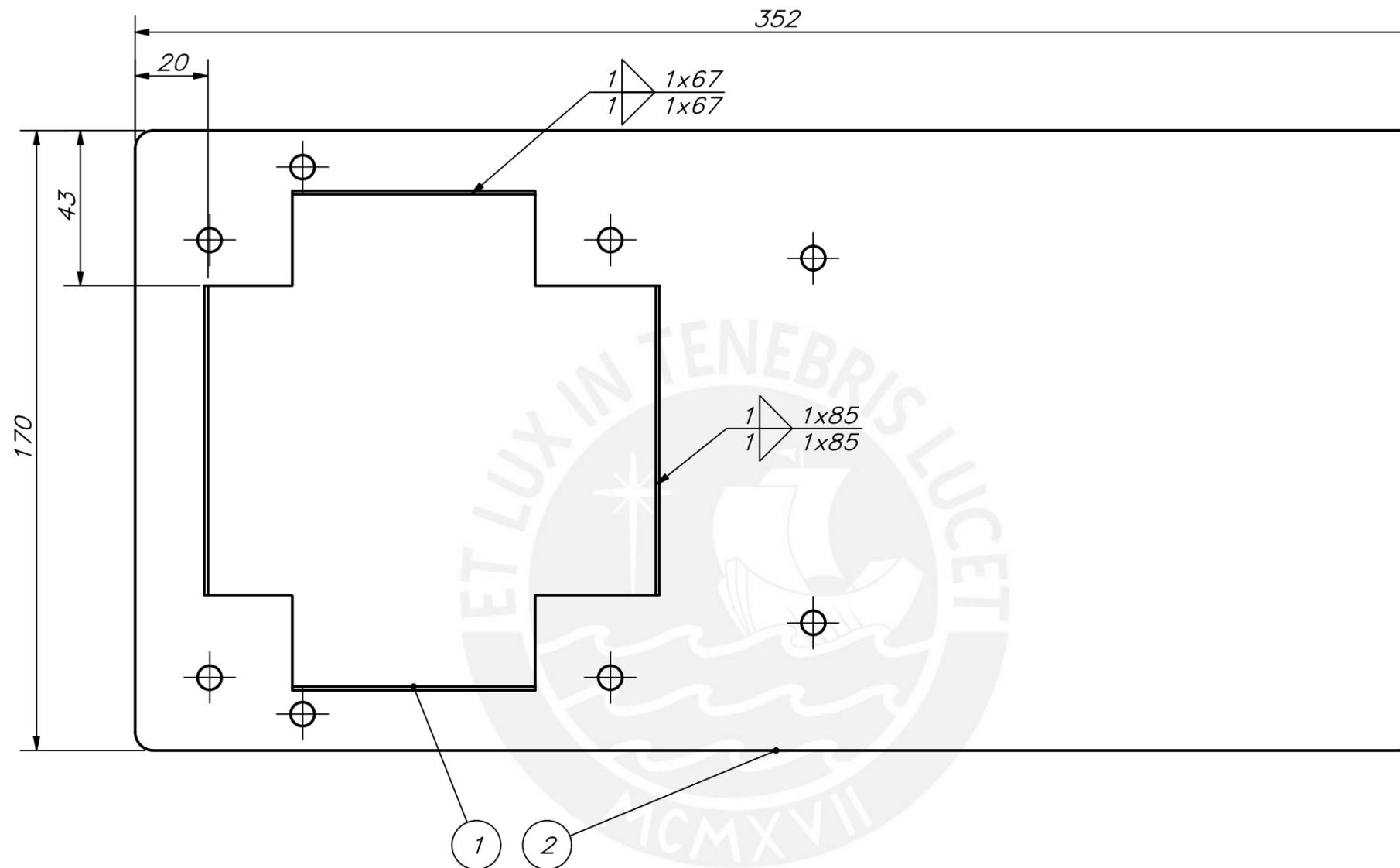
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ (✓)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE INTERIOR	ESCALA  1:5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

ESPESOR 3 mm

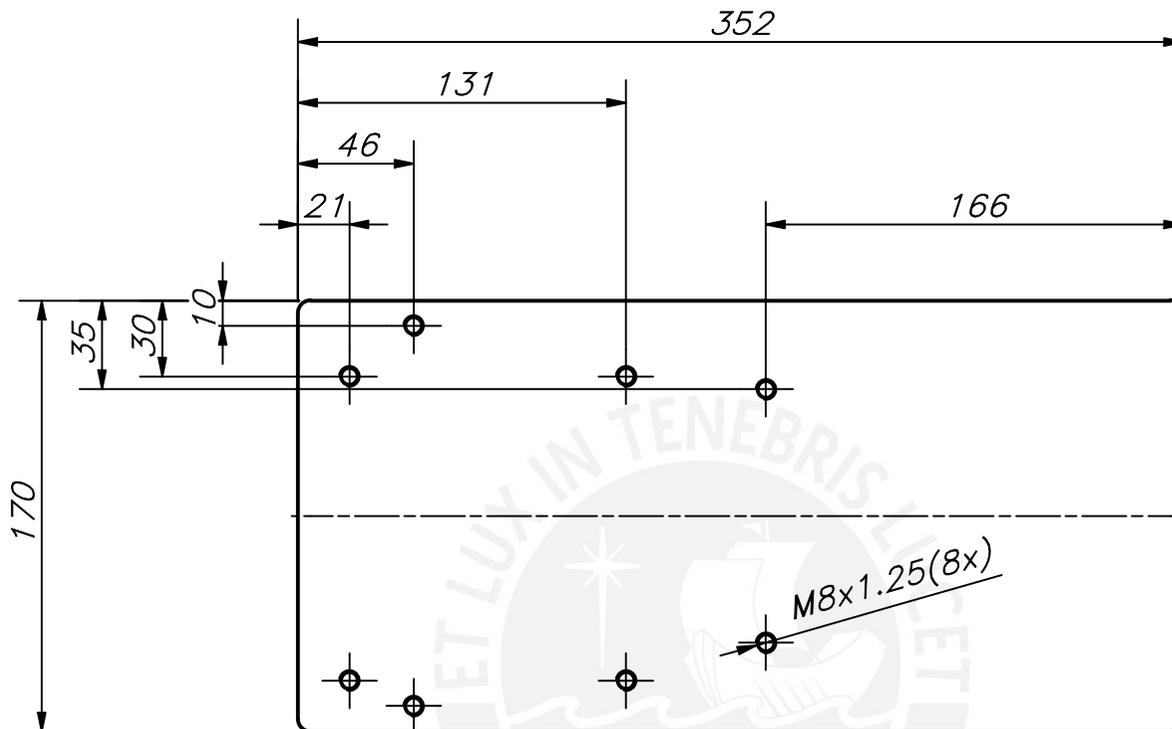
REDONDEOS NO INDICADOS R10

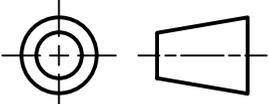


ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$ ( $\checkmark$ )	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
<p align="center"><b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b>          FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA</p>		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  EJE PARA CADENAS	ESCALA  1:1.5
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



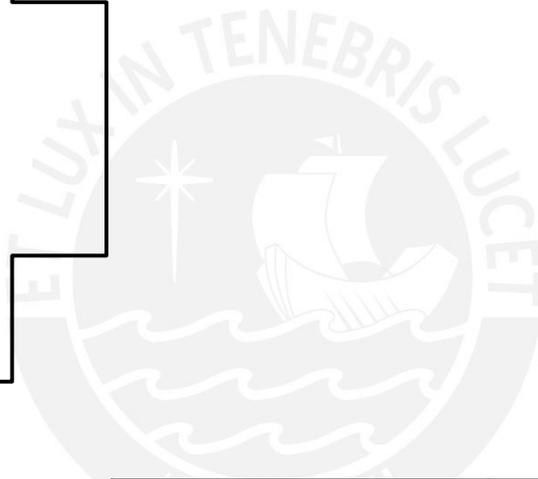
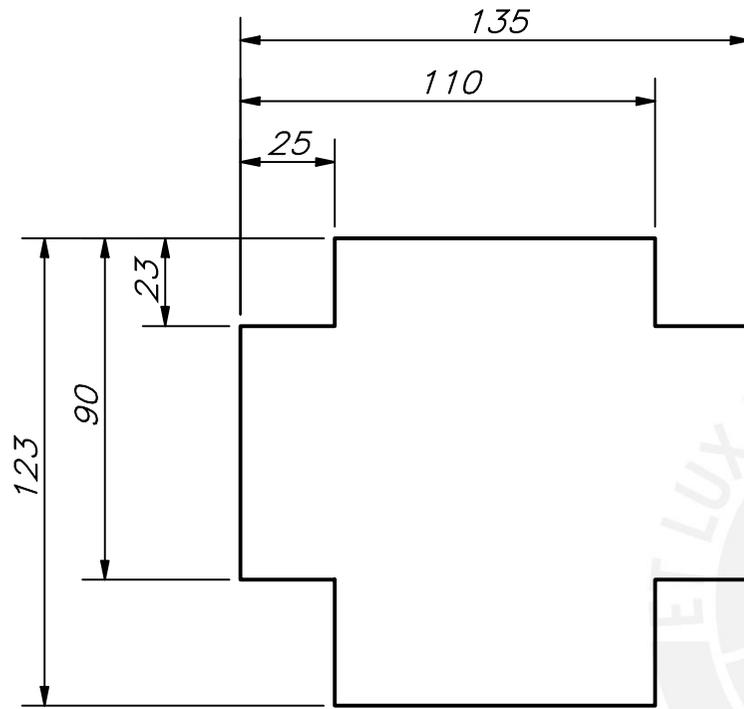
2	1	SopORTE superior móvil para motor 3		ASTM A36	
1	1	SopORTE inferior móvil para motor 3		ASTM A36	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS			ESCALA
		SOPORTE MÓVIL PARA MOTOR 3			1:1.5
20160595		CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO			FECHA: 2022.06.05
					LÁMINA: A3



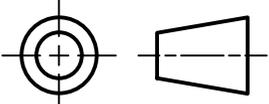
ACABADO SUPERFICIAL √ Ra 1.6 (√)	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS  SOPORTE INFERIOR MÓVIL PARA MOTOR 3	ESCALA  1:3
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4

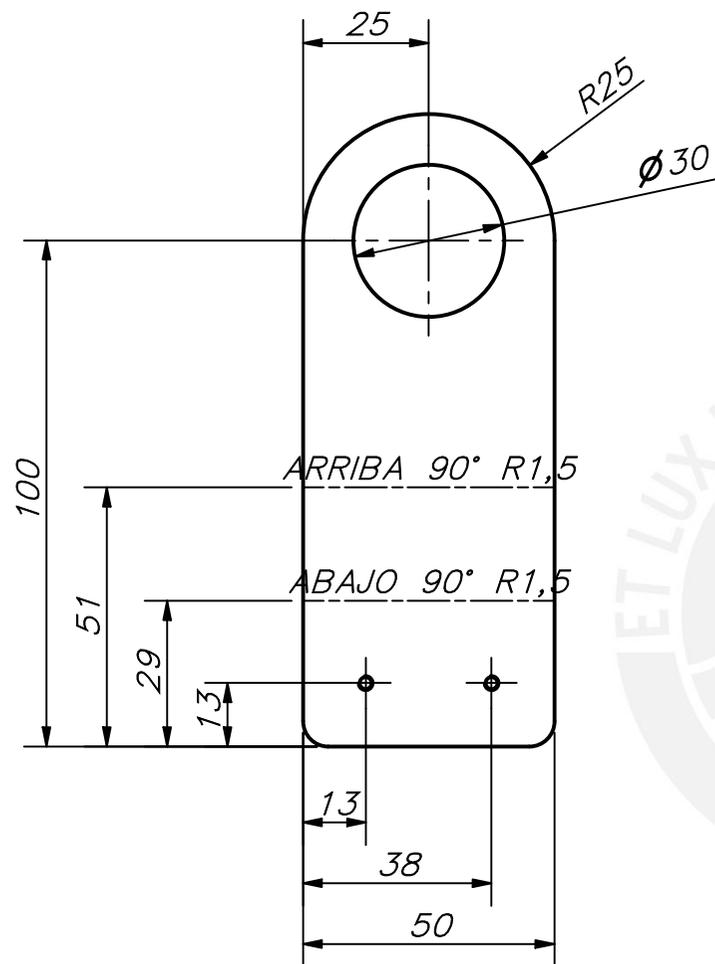
ESPESOR 2 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5



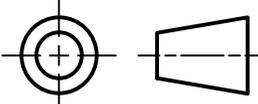
ESPESOR 1.5 mm  
 REDONDEOS NO INDICADOS R5

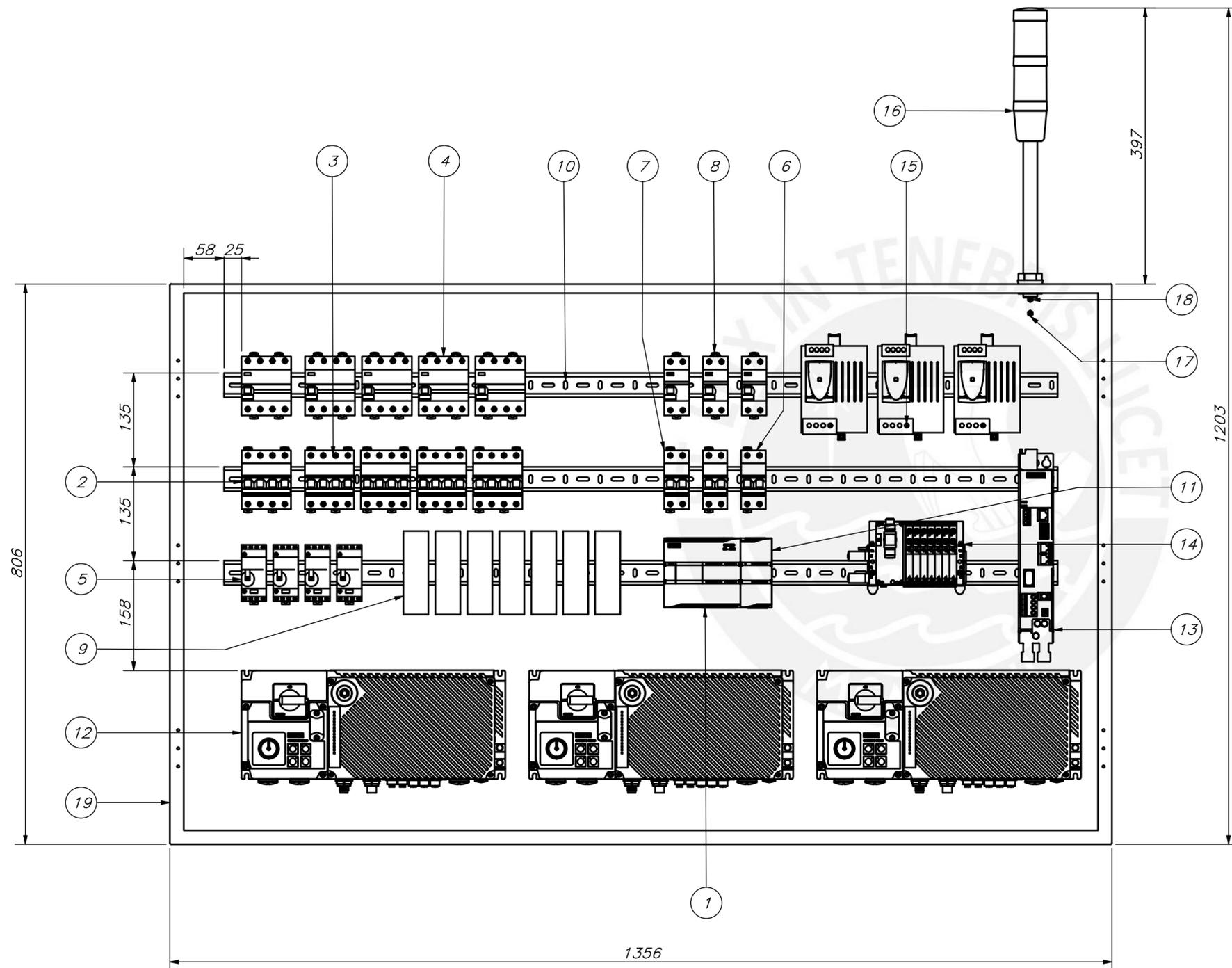
ACABADO SUPERFICIAL $\sqrt{Ra\ 1.6}$	TOLERANCIA GENERAL ISO 2768 - mK	MATERIAL ASTM A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS SOPORTE SUPERIOR MÓVIL PARA MOTOR 3	ESCALA 1:2
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A4



ESPESOR 1.5 mm

REDONDEOS NO INDICADOS R5

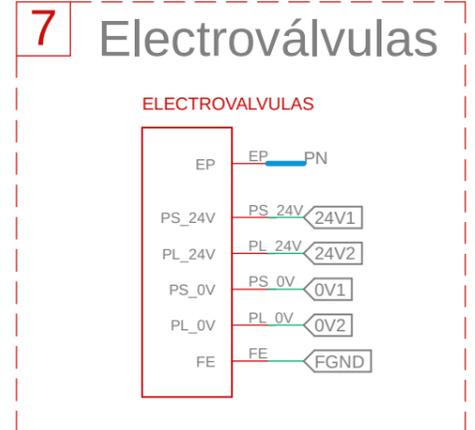
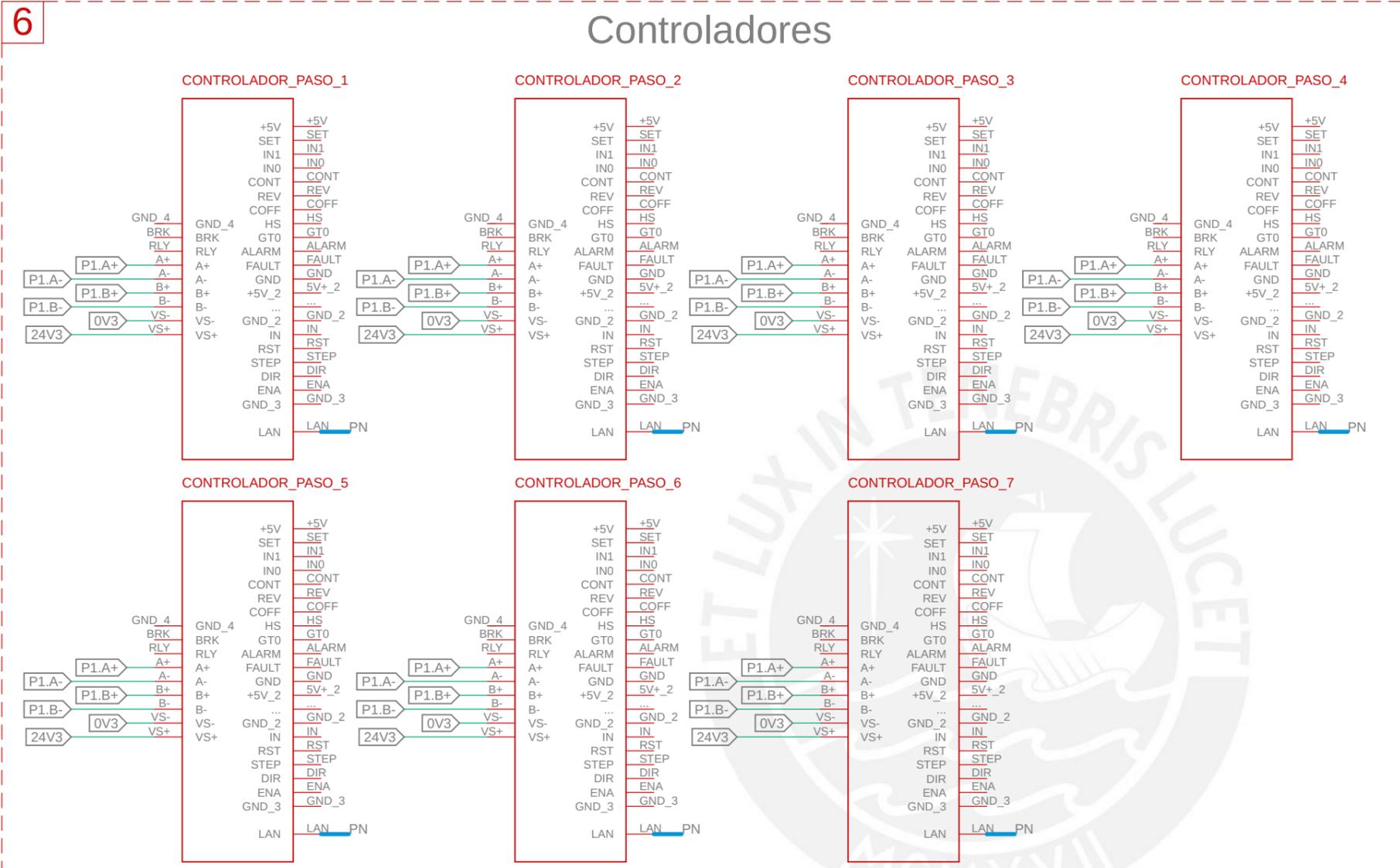
<p>ACABADO SUPERFICIAL</p> <p><math>\sqrt{Ra\ 1.6}</math> (<math>\sqrt{\quad}</math>)</p>	<p>TOLERANCIA GENERAL</p> <p>ISO 2768</p> <p>- mK</p>	<p>MATERIAL</p> <p>ALUMINIO 6061</p>
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA</p>		
<p>MÉTODO DE PROYECCIÓN</p> 	<p>AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS</p> <p>SOPORTE PARA SENSOR CAPACITIVO 2</p>	<p>ESCALA</p> <p>1:1.5</p>
<p>20160595</p>	<p>CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO</p>	<p>FECHA:</p> <p>2022.06.05</p>
		<p>LÁMINA:</p> <p>A4</p>



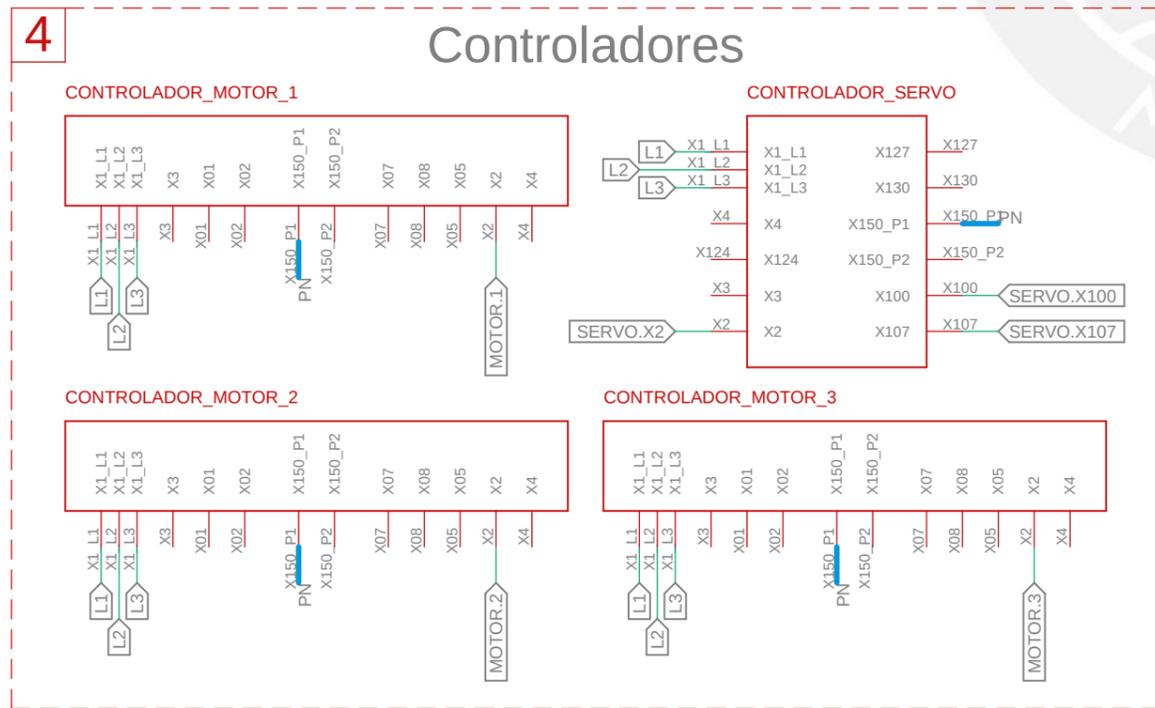
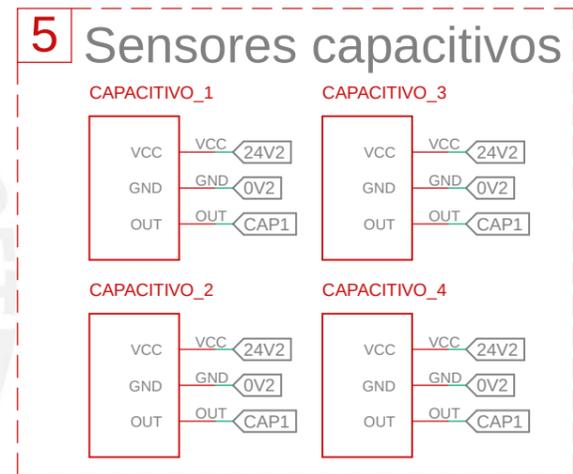
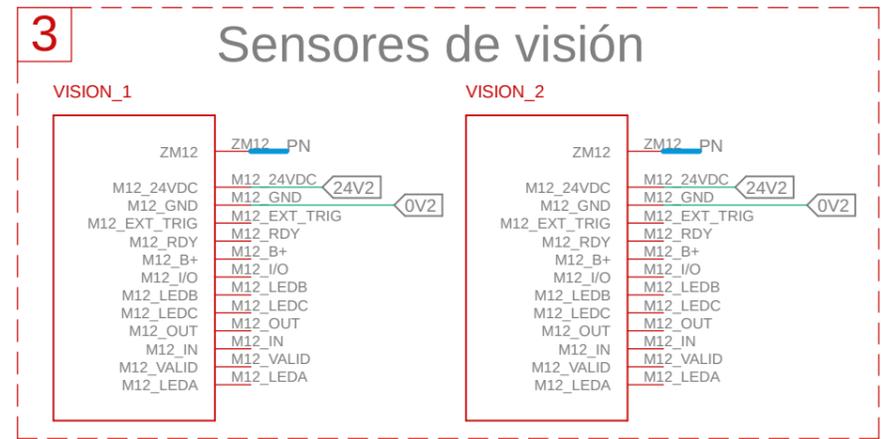
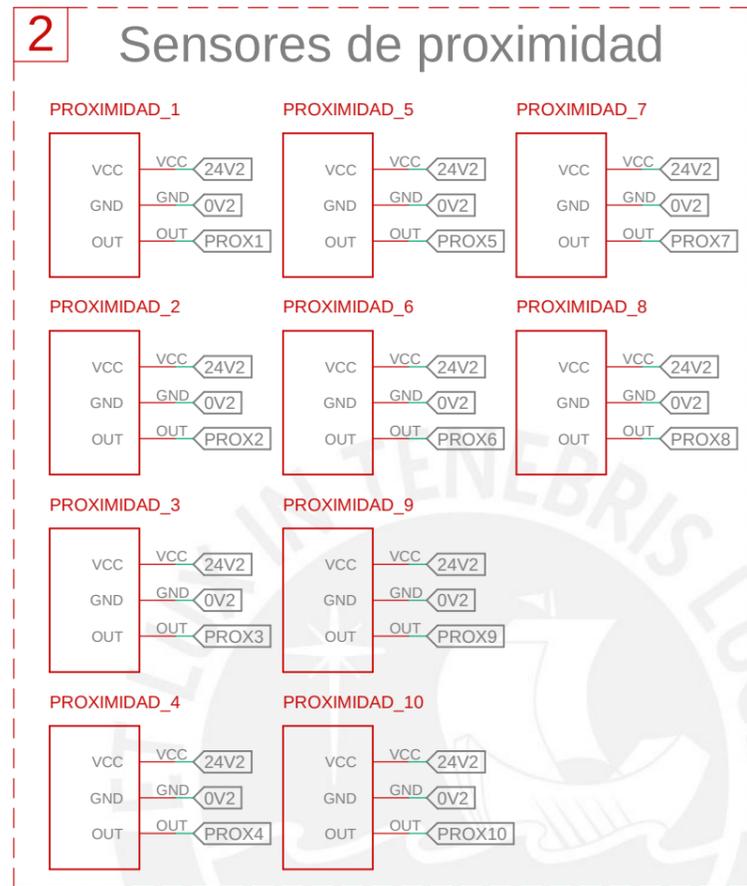
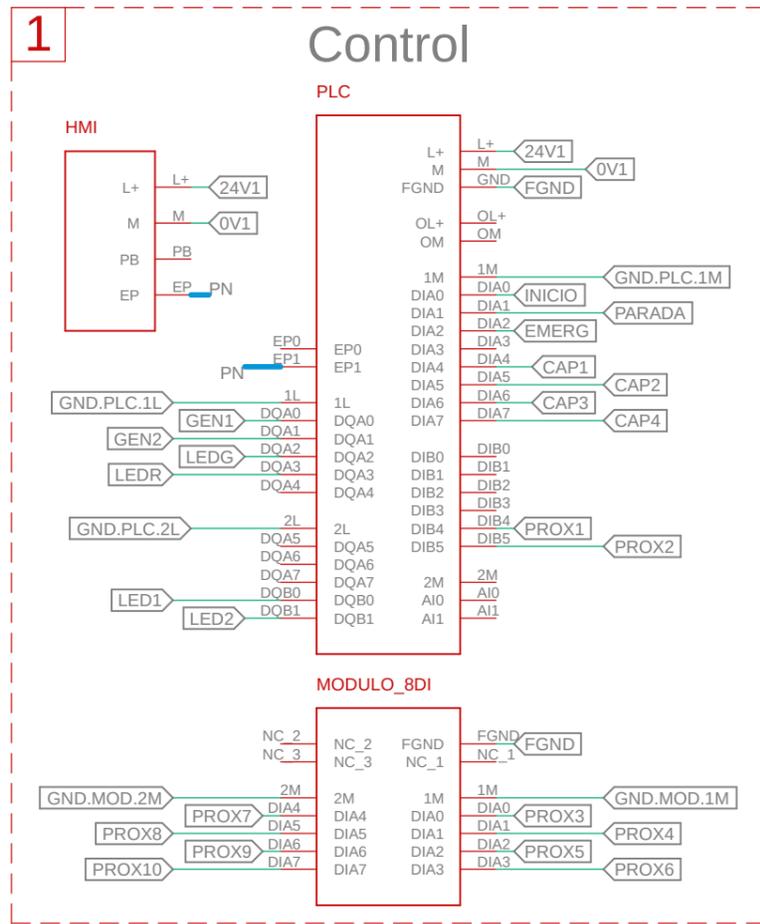
19	1	Gabinete		ASTM A36	
18	2	ISO 7045 - M4 x 10 - 4.8 - H	ISO 7045	440C	
17	2	ISO 4035 - M4	ISO 4035	440C	
16	1	Torre de luz LED			SCHNEIDER-ELECTRIC
15	3	Fuente de alimentación			SCHNEIDER-ELECTRIC
14	1	Terminal de electroválvulas VTUG-10-VRLK-B1T-G18L-UL-CS-7J			FESTO
13	1	Controlador de servomotor			SIEMENS
12	3	Controlador de motor de inducción			SIEMENS
11	1	Módulo de entradas digitales SM-1221-DC-8DI			SIEMENS
10	3	Riel DIN 2000 mm		ASTM A123	
9	7	Controlador de motor paso a paso SMSD 4.2LAN			TOSHIBA
8	3	B100458_ASM			
7	2	Interruptor diferencial A9K24206			SCHNEIDER-ELECTRIC
6	1	Interruptor diferencial A9K24213			SCHNEIDER-ELECTRIC
5	4	Contactora AA9C21834			SCHNEIDER-ELECTRIC
4	5	B100459_ASM			
3	4	Interruptor termomagnético A9K24410			SCHNEIDER-ELECTRIC
2	1	Interruptor termomagnético A9K24425			SCHNEIDER-ELECTRIC
1	1	PLC S7-1200			SIEMENS
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN CAJAS PARA LA FABRICACIÓN DE SUTURAS QUIRÚRGICAS	ESCALA
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>	<b>1:10</b>
20160595	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.06.05
		LÁMINA: A2



<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD: ING. MECATRÓNICA		
1MTR02 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M3 <b>DISEÑO MECATRÓNICO PARA EMPAQUETADO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS</b>		<b>ESCALA</b> 1:1
<b>DISEÑADO:</b>	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	<b>FECHA:</b> 2022.05.19
<b>APROBADO:</b>	MUÑOZ SALAS, KAROL	<b>LÁMINA:</b> EE2 - A3



<b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - ESPECIALIDAD: ING. MECATRÓNICA		
1MTR02 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2 - 10M3 <b>DISEÑO MECATRÓNICO PARA EMPAQUETADO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS</b>		<b>ESCALA</b> 1:1
DISEÑADO:	CANCHIS ALVAREZ, SEBASTIAN MAURICIO	FECHA: 2022.05.19
APROBADO:	MUÑOZ SALAS, KAROL	LÁMINA: EE1 - A3