

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA CARGA Y
DESCARGA DE CONECTORES HIDRÁULICOS EN UN BAÑO DE
CINCADO ELECTROLÍTICO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Rodrigo Renatto Ulloque Badaracco

ASESOR:

Karol Muñoz Salas

Lima, Junio, 2022

RESUMEN

En la actualidad, la mayor parte de las pymes que brindan servicios de cincado electrolítico en el Perú tienen un proceso manual y artesanal, en el que se depende directamente de los operarios para llevarlos a cabo. Esto trae como consecuencia la aparición de cuellos de botella durante el proceso, errores en el producto final, y accidentes laborales de los operarios producto de la fatiga, esfuerzo físico o exposición al líquido electrolítico de zinc, el cual es altamente peligroso. Por otro lado, conforme la industrialización y las aplicaciones de la hidráulica en nuestro país aumentan, la demanda de conectores hidráulicos con recubrimiento de zinc crece y se requieren procesos que optimicen el proceso de cincado electrolítico de estos, de tal manera que se pueda cumplir con los requerimientos de los clientes.

Bajo este contexto, el tema de la presente tesis plantea el diseño de una máquina automatizada para la carga y descarga de conectores hidráulicos en un baño de zinc electrolítico, con la finalidad de recubrirlos con una capa de zinc sin depender de un operario para esta tarea. Este trabajo describe a detalle el sistema mecánico y electrónico de la máquina propuesta y los pasos previos que se siguieron para poder obtenerlos, cumpliendo con la metodología alemana VDI 2225. El diseño brinda una solución a la problemática presentada; además tiene la estructura y componentes mecánicos y electrónicos necesarios para permitir al operario la carga, descarga y sumergimiento de conectores hidráulicos en el líquido de zinc, así como el control del peso deseado de conectores a cincarse, de la temperatura deseada del líquido electrolítico y del tiempo deseado de cincado. Para validar este diseño, se realizan cálculos mecánicos y electrónicos para poder seleccionar diversos componentes de acuerdo a sus respectivas hojas de datos, además de ciertas simulaciones por elementos finitos para realizar análisis de fallas. Adicionalmente, se estima un presupuesto total para la fabricación de un primer prototipo, considerando cotizaciones de proveedores y distintos gastos.

Los resultados obtenidos son satisfactorios, concluyendo que se obtiene el diseño de un sistema que permite recubrir conectores hidráulicos con una capa de zinc de manera automática.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por ser una constante fuente de inspiración académica para mí.

A la empresa Bienes y Servicios Mundial S.A., a su gerente administrativo Víctor Ramos Altamirano y a su personal técnico, por las facilidades brindadas durante la época de pandemia por COVID-19 para la recopilación de sustentos fotográficos de los procesos de recubrimientos de zinc.



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	6
1.3. REQUERIMIENTOS Y ALCANCES	6
2. ESTADO DEL ARTE	8
3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	12
3.1. ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	12
3.1.1. Caja Negra.....	12
3.1.2. Secuencia de operaciones	13
3.1.3. Estructura de funciones	13
3.2. DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN INTEGRADOS	15
3.3. EVALUACIÓN TÉCNICA/ECONÓMICA	20
4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA PARA CINCADO ELECTROLÍTICO DE CONECTORES HIDRÁULICOS.....	23
4.1. DISEÑO DEL SISTEMA MECATRÓNICO.....	23
4.2. DISEÑO MECÁNICO.....	24
4.2.1. Sub-ensambles mecánicos del sistema.....	24
4.2.2. Cálculos realizados	29
4.2.3. Simulaciones mecánicas	43
4.3. DISEÑO ELECTRÓNICO.....	47
4.3.1. Componentes a utilizar	47
4.3.2. Diagrama eléctrico de bloques del sistema	56
4.3.3. Diagrama esquemático	59
4.3.5. Cálculos eléctricos de potencia	71
4.4. SISTEMA DE CONTROL	73
4.4.1. Diagramas de flujo generales del sistema	73
5. PRESUPUESTO	79
6. CONCLUSIONES.....	82
7. RECOMENDACIONES	83
8. REFERENCIAS.....	84
9. ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mangueras y conectores hidráulicos	1
Figura 1.2. Conectores corroídos	1
Figura 1.3 Baños para cincado electrolítico	2
Figura 1.4 Piezas metálicas antes y después de ser cincadas	2
Figura 1.5 Cincado electrolítico en las grandes industrias extranjeras	3
Figura 1.6 Cincado electrolítico en las pequeñas y medianas empresas	3
Figura 1.7 Piezas con errores en su proceso de cincado	4
Figura 1.8 Ejecución manual del cincado en las pymes	4
Figura 2.1 Electroplating device and process	8
Figura 2.2 Electroplating barrel.....	9
Figura 2.3. Sistema industrial automatizado de galvanoplastia.....	9
Figura 2.4. Tambor utilizado en la industria para cincado electrolítico.....	10
Figura 2.5. Puente grúa utilizado en la industria para carga de distintos objetos....	10
Figura 2.6 Brazos robóticos para automatización de distintos procesos	11
Figura 3.1 Black-Box del sistema a diseñar	12
Figura 3.2 Secuencia de operaciones	13
Figura 3.3 Estructura de funciones del sistema	14
Figura 3.4 Bosquejo del concepto de solución N° 01	16
Figura 3.5 Detalles de conexiones del concepto de solución N° 01.....	16
Figura 3.6 Bosquejo del ensamble del tambor.....	17
Figura 3.7 Bosquejo de la solución N° 02	18
Figura 3.8 Detalles de la solución N° 02	18
Figura 3.9 Bosquejo de la solución N° 03	19
Figura 3.10 Detalles de la solución N° 03	20
Figura 3.11 Diagrama de evaluación de conceptos de solución según VDI 2225 ...	22
Figura 4.1 Sistema mecatrónico integrado.....	23
Figura 4.2 Vistas y dimensiones del sistema a implementar.....	24
Figura 4.3 Sub-ensamble columna base.....	25
Figura 4.4 Sub-ensamble viga-columna central.....	26
Figura 4.5 Sub-ensamble carro móvil vertical.....	27
Figura 4.6 Sub-ensamble mecanismo del tambor	28
Figura 4.7 Vista frontal de la tapa del tambor	29
Figura 4.8 Esquema del tambor	31
Figura 4.9. Acción de la carga interna de la carga sobre el tambor	35
Figura 4.10 Vista isométrica de la posición del tambor con respecto a la tina.....	37
Figura 4.11 Esquema del tanque, tambor y la solución electrolítica	37
Figura 4.12 Esquemas a considerar para el cálculo de la potencia del motor.....	38
Figura 4.13 DCL unión del vástago del actuador lineal, unión de aluminio y pin.	40
Figura 4.14 Diagrama para el cálculo de reacciones en anclajes.	41
Figura 4.15 Simulaciones de la carga máxima del tambor	44
Figura 4.16 Simulación del esfuerzo de fluencia de Von Mises	45
Figura 4.17 Simulaciones de deformación y el factor de seguridad de la viga.	45
Figura 4.18 Simulación de las cargas sobre la viga base del sistema	46
Figura 4.19 Microcontroladores y tarjetas a utilizar	47
Figura 4.20 Componentes para obtener el peso de conectores hidráulicos	48
Figura 4.21 Componentes para control de temperatura	49
Figura 4.22 Servomotor integrado ClearPath CPM-SDSK-3432S-RLN.....	50

Figura 4.23 Esquemático del servomotor ClearPath CPM-SDSK-3432S-RLM	50
Figura 4.24 Fuente de alimentación DC IPC-5	51
Figura 4.25 Actuador lineal THOMSON LA24.....	52
Figura 4.26 Conexiones del actuador lineal LA24	52
Figura 4.27 Módulo relay de 5VDC	53
Figura 4.28 Teclado, pantalla LCD e indicadores de proceso	54
Figura 4.29 Reguladores de voltaje Mornsun a utilizar	55
Figura 4.30 Dispositivos de seguridad y sus diagramas unifilares	56
Figura 4.31 Diagrama de bloques eléctrico del sistema	58
Figura 4.32 Esquemático de dispositivos eléctricos con entrada de 220VAC para la energización del sistema	59
Figura 4.33 Esquemático de reguladores de voltaje con entrada de 75VDC para la energización de dispositivos de 12VDC y 5VDC	59
Figura 4.34 Esquemático del Arduino Mega 2560	60
Figura 4.35 Esquemático del módulo relé para la extensión del pistón del actuador lineal LA24.....	61
Figura 4.36 Esquemático del módulo relé para la retracción del pistón del actuador lineal LA24.....	61
Figura 4.37 Esquemático del módulo relé para el freno del pistón del actuador lineal LA24	62
Figura 4.38 Esquemático del módulo relé para el LED verde	62
Figura 4.39 Esquemático del módulo relé para el LED rojo	62
Figura 4.40 Esquemático del módulo relé para el LED azul.....	63
Figura 4.41 Esquemático del módulo relé para la circulina	63
Figura 4.42 Esquemático del módulo relé para la circulina	63
Figura 4.43 Esquemático del módulo HX-711.....	64
Figura 4.44 Esquemático del Actuador Lineal LA24	65
Figura 4.45 Esquemático del sistema de control y alimentación de los servomotores del sistema	65
Figura 4.46 Esquemático de la resistencia de 2.5KW	66
Figura 4.47 Esquemático de la celda UTILCELL y de la termocupla tipo K.....	66
Figura 4.48 Esquemático del teclado matricial.....	67
Figura 4.49 Esquemático de la pantalla LCD.....	67
Figura 4.50 Conexiones de indicadores de procesos	68
Figura 4.51 Componentes del tablero de control	69
Figura 4.52 Ubicación de los dispositivos de potencia del sistema.....	69
Figura 4.53 Sensores y circulina del sistema.....	70
Figura 4.54 Diagrama de flujo principal.....	74
Figura 4.55 Rutina de control de tiempo y peso de conectores	75
Figura 4.56 Sub-rutina de ingreso de tiempo de sumergido.....	75
Figura 4.57 Sub-rutina de validación de peso de conectores.....	76
Figura 4.58 Rutina de carga, transporte y cincado de conectores y sub-rutina de accionamiento del servomotor para el giro del tambor	76
Figura 4.59 Rutina de descarga y transporte de conectores	77
Figura 4.60 Diagramas de flujo del comportamiento del pistón del actuador LA24	78
Figura 4.61 Funcionamiento del controlador REX-C100	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Evaluación técnica de los tres conceptos de solución.....	21
Tabla 3.2 Evaluación económica de los tres conceptos de solución	21
Tabla 4.1 Lista de sub-ensambles mecánicos que conforman el sistema	25
Tabla 4.2 Viscosidad cinemática de soluciones acuosas de HCl en cSt	33
Tabla 4.3 Densidad de soluciones de ácido clorhídrico en Agua en Kg/L	34
Tabla 4.4 Resistencia de diseño de KB-3 con falla de concreto	42
Tabla 4.5 Principales características del ATMEL SAM3X8E	47
Tabla 4.6 Principales características de la célula de carga UTILCELL 610 y módulo HX711.....	48
Tabla 4.7 Principales características del REX-C100	49
Tabla 4.8 Principales características de la resistencia de 2.5 KW	49
Tabla 4.9 Principales características del servomotor ClearPath	50
Tabla 4.10 Especificaciones de la fuente IPC-5.....	51
Tabla 4.11 Características principales del THOMSON LA24	52
Tabla 4.12 Características técnicas del Módulo Relay 8CH 5VDC	53
Tabla 4.13 Características principales del teclado matricial y pantalla LCD	54
Tabla 4.14 Características principales del LED piloto y circulina.	54
Tabla 4.15 Especificaciones de reguladores DC-DC MORNSUN.....	55
Tabla 4.16 Especificaciones de dispositivos de seguridad seleccionados.....	56
Tabla 4.17 Componentes eléctricos y electrónicos del sistema	70
Tabla 4.18 Lista y consumo de componentes que operan con 5 y 12VDC.....	71
Tabla 4.19 Lista y consumo de componentes que operan con 75VDC	71
Tabla 4.20 Lista y consumo de componentes que operan con 220VAC.....	71
Tabla 5.1 Presupuesto de componentes importados.....	79
Tabla 5.2 Presupuesto por fabricaciones, mecanizados y ensamblados.....	80
Tabla 5.3 Presupuesto de componentes de compra local.....	81
Tabla 5.4 Presupuesto total para adquirir el sistema.....	81

1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describirá el proceso del cincado electrolítico, su problemática en nuestro país, los objetivos que plantearán una solución a esta y los requerimientos y alcances de la misma, los cuales establecerán el enfoque que tendrá el sistema a diseñar de la presente tesis.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la industria hidráulica a nivel general, el uso de conectores hidráulicos es de suma importancia pues, junto con mangueras hidráulicas y/o tuberías, permiten transportar energía en forma de caudal y presión, soportando altas presiones, pulsaciones y vibraciones evitando deterioros, fugas o problemas de estanqueidad [1]. Cada conector tiene su propia forma de entrada y salida, y opera con terminales específicos. La Figura 1.1 muestra imágenes de distintos tipos de conectores utilizados en la industria.

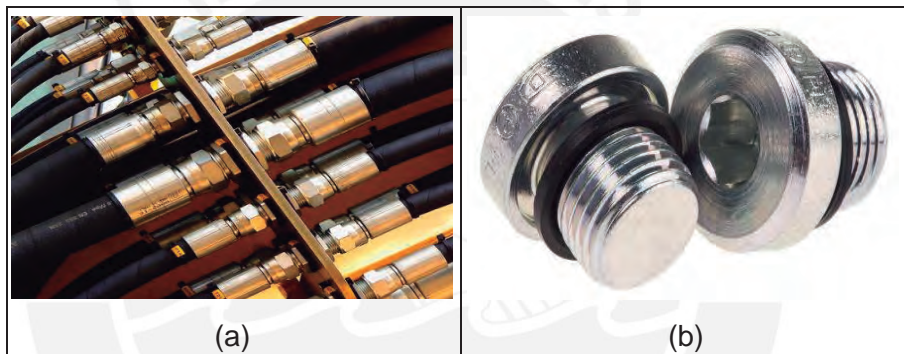


Figura 1.1 Mangueras y conectores hidráulicos. Fuente: Brightmarg Engineering Ltd. b) Conectores hidráulicos con un recubrimiento de zinc. Fuente: es.rs-online.com

Sin embargo, como toda pieza metálica, los conectores corren el peligro de corroerse. La corrosión es el ataque destructivo que sufren los metales, producto de una reacción química o electroquímica con su medio ambiente [2]. La Figura 1.2 presenta casos de conectores hidráulicos corroídos debido a un mal recubrimiento del material y la exposición a un ambiente sumamente corrosivo.



Figura 1.2. Conectores corroídos. Fuente: parker.com

Estos cambios indeseables pueden prevenirse con el uso de adecuados tratamientos superficiales [3]. La práctica más común y utilizada en la industria han sido los recubrimientos de zinc electrolítico, debido a su tecnología simple y buena resistencia a la corrosión [3]. El proceso está conformado por doce baños, los cuales son: baño de desengrase en ácido, dos baños de enjuague, baño de decapado en ácido, dos baños de enjuague, baño de zinc alcalino o ácido, dos baños de enjuague más, un baño de pasivante y dos últimos baños de enjuague y limpieza de los componentes [4]. En el séptimo baño (de zinc alcalino), el zinc se suministra como electrodo en una solución cianúrica, alcalina no-cianúrica o de ácido clorhídrico para recubrir las piezas con una capa delgada de zinc [5], la cual se encuentra en un rango de 5.1 a 25.4 micrómetros de espesor [5]. Para que la reacción química sea posible, se requiere de un flujo constante de corriente continua [4]. Además, se recomienda estar a una temperatura de 20°C a 32°C para garantizar un buen recubrimiento de zinc [6]. La inmersión dura de 9 a 20 minutos, dependiendo del grosor de la capa de zinc deseada y la densidad de corriente suministrada [6]. Es importante añadir que, para cincinar piezas de acero con tamaño reducido (como conectores hidráulicos), se suelen almacenar estos en un tambor rotativo y se sumergen dentro del baño electrolítico [5]. En la Figura 1.3 se observan los doce baños por los que tienen que pasar las piezas destinadas a ser cincadas electrolíticamente, mientras que la Figura 1.4 muestra el antes y después de piezas metálicas sometidas al proceso.

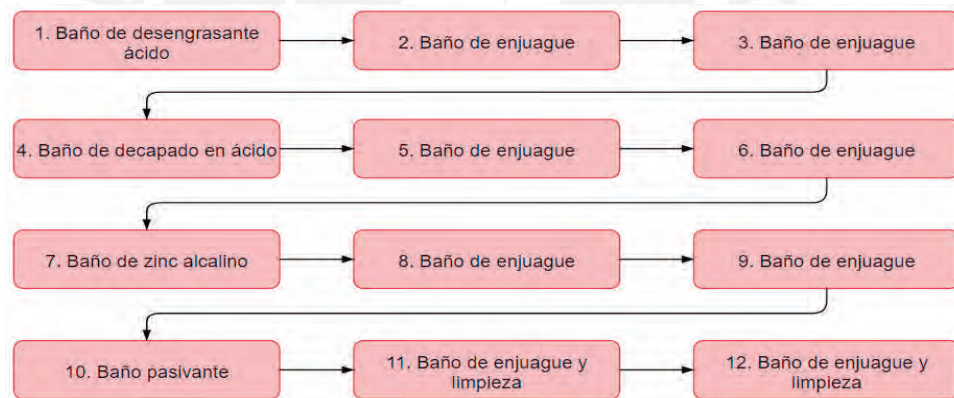


Figura 1.3 Baños para cincado electrolítico. Fuente: Propia



Figura 1.4 Piezas metálicas antes y después de ser cincadas. Fuente: Propia

En el Perú existen grandes empresas que se dedican a trabajos de galvanizado en general en caliente y en frío, como SIDIK e INDUZINC, las cuales llegan a procesar toneladas de material en distintos proyectos a nivel nacional [7] [8]. Sin embargo, la mayoría de las empresas de este rubro son pequeñas y medianas empresas que operan manualmente, haciendo que todos los baños para cincado dependan directamente de un operario. La demanda de servicios y la cartera de clientes que manejan estas empresas no les permiten tener los márgenes suficientes para implementar un sistema industrializado y automatizado. La Figura 1.5 muestra imágenes de los procesos automatizados en una empresa automatizada, mientras que la Figura 1.6 muestra a un operario cincando manualmente piezas de metal, exponiéndose al líquido electrolítico y temporizando manualmente el proceso.



Figura 1.5 Cincado electrolítico en las grandes industrias extranjeras. Fuente: elettroplast.it



Figura 1.6 Cincado electrolítico en las pequeñas y medianas empresas. a) Operario cincando manualmente. b) Sistema para cincado manual. Fuente: Propia

Haciendo un enfoque especial en el séptimo sub-proceso de la Figura 1.3 (baño de zinc) y lo mencionado anteriormente, se puede notar que existe mucha dependencia con el operario. Es posible que se originen cuellos de botella en alguna parte del proceso pues esta operación depende directamente de su trabajo, el cual siempre es irregular. Además, se pueden originar errores debido al mal control del tiempo de sumergido de los conectores dentro del baño de cinc, originando pérdidas económicas por motivos de conectores incorrectamente cincados o que no cumplen con el estándar de los clientes. Por último, en el Perú las empresas de cincado no suelen controlar la temperatura del proceso. La Figura 1.7 muestra piezas metálicas mal recubiertas de zinc.



Figura 1.7 Piezas con errores en su proceso de cincado. Fuente: Propia

Frente a este problema, muy pocas empresas han optado por optimizar y/o automatizar los procesos de sumergimiento de conectores hidráulicos y de otras piezas metálicas pequeñas en un baño de zinc electrolítico, principalmente debido a la gran inversión que esto representa; por lo que los ejecutan manualmente. Cabe resaltar que muchas empresas en nuestro país no tienen la práctica de regular la temperatura del zinc electrolítico para acelerar el proceso. La Figura 1.8 muestra la forma de cómo se ejecuta el cincado y las herramientas que usan las pequeñas y medianas empresas.



Figura 1.8 Ejecución manual del cincado en las pymes. Fuente: Propia

La industrialización y los servicios de galvanizado en el país mantienen un escenario optimista: desde el 2019 hasta fines del 2020 se han invertido 3,730 millones de soles en el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad, y aún se tiene pendiente invertir 97,708 millones de soles durante los próximos años en sectores como transportes, energía, agricultura, comunicaciones, entre otros [9]; por otro lado, las pérdidas por corrosión representan el 3% del PBI nacional [10]. Esta coyuntura impacta positivamente en las empresas que atienden el sector hidráulico y las que brindan servicios de cincado electrolítico.

Es por este motivo que la presente tesis se enfocará en el diseño del prototipo de un sistema automatizado para el cincado electrolítico de conectores hidráulicos, el cual se encargará de realizar específicamente el proceso de los mismos, optimizándolo y haciéndolo continuo, evitando cuellos de botella por parte del operario, reduciendo los riesgos a los que el operario está expuesto (fatiga, lesiones por esfuerzo físico, exposición a sustancias peligrosas), y que sea económicamente viable para el cliente final. Es necesario resaltar que en el diseño de la presente tesis no se pretende abordar el proceso químico del cincado electrolítico; dicho sistema se encargará de realizar (con el ingreso manual de conectores hidráulicos por parte del operario) la carga y descarga de conectores hidráulicos para controlar su peso, sumergirá automáticamente los conectores dentro del zinc electrolítico controlando el tiempo de sumergido ingresado por el operario, y la temperatura del líquido electrolítico.

1.2. OBJETIVOS

A continuación, se describirán dos tipos de objetivos: el general y los objetivos específicos. El primero pretende describir a grandes rasgos el funcionamiento principal de la máquina, mientras que el segundo describirá detalladamente por dominio las metas que se desean lograr con el diseño de la máquina.

1.2.1 Objetivo General

El objetivo principal de la presente tesis es diseñar un prototipo que permita automatizar y optimizar el baño de cincado electrolítico de conectores hidráulicos, específicamente el baño de zinc alcalino. En primer lugar, el sistema tiene la finalidad de recubrir conectores hidráulicos con una capa de zinc por medio de un cincado electrolítico automatizado. En segundo lugar, este sistema responde a la necesidad de que en nuestro país el proceso del cincado se realiza manualmente, el cual origina cuellos de botella por depender de operarios; pérdidas económicas por la mala temporización de los operarios al sumergir los conectores en el zinc líquido y exposición de los operarios al líquido electrolítico, el cual es altamente peligroso. Por ello, la finalidad es agilizar este proceso y optimizarlo, de tal forma que el operario no corra riesgos laborando y no se originen los problemas ya mencionados anteriormente en el punto 1.1. El diseño se hará siguiendo la metodología VDI 2225, las cuales cuentan con métodos de diseño normalizados y permiten al diseñador optimizar la solución en base a ciertos criterios de evaluación [11] mostrados en los siguientes capítulos del presente documento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema mecánico que ejecute la carga y descarga de conectores hidráulicos con dimensiones de aproximadamente 4 x 4 x 2 cm, de tal manera que logre recubrirlos con una capa de zinc a través de electrólisis, con un espesor entre 5.1 a 24.5 micrómetros, y con una capacidad de carga de máximo 15 kg. de conectores.
- Seleccionar los dispositivos electrónicos que, en conjunto, gobiernen las funciones del sistema de acuerdo a los requerimientos del operario.
- Desarrollar un algoritmo de control que describa la lógica necesaria para la carga y descarga de conectores hidráulicos en un baño de zinc electrolítico, ejecutando procesos con los componentes mecánicos y electrónicos seleccionados.
- Diseñar una interfaz usuario-máquina que permita establecer una comunicación bidireccional entre ambos, donde sea posible configurar el tiempo deseado de cincado y el peso de conectores que desea cincarse.
- Determinar los costos de diseño y fabricación de un prototipo del sistema a partir de los componentes mecánicos y electrónicos escogidos.

1.3. REQUERIMIENTOS Y ALCANCES

A continuación, se detallan los requerimientos y se limitan los alcances por dominio que tendrá el sistema.

1.3.1. Requerimientos mecánicos

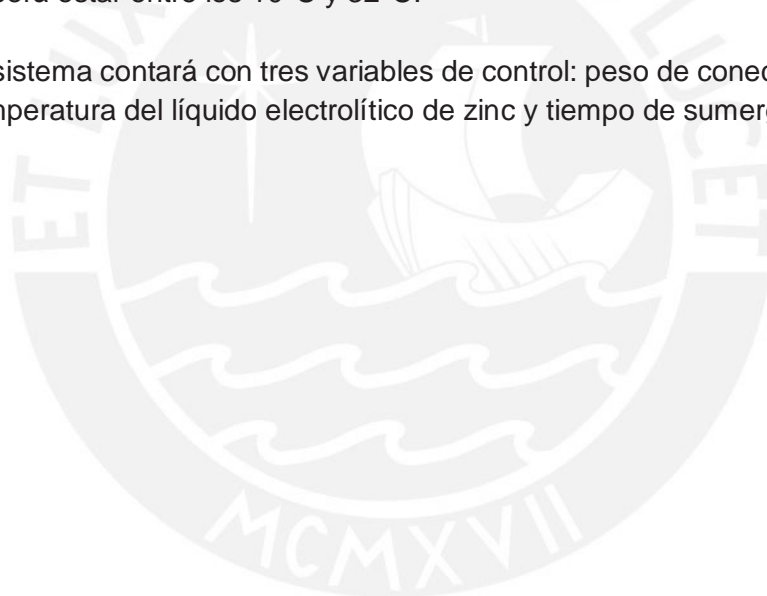
- La estructura mecánica albergará y brindará una protección IP 60 a los módulos electrónicos.
- El sistema tendrá dimensiones no mayores a 2.5m de altura, 1.5m de ancho y 2m de largo.
- El diseño garantizará la estabilidad del sistema, evitando fallas mecánicas durante su funcionamiento.
- El sistema será estacionario y requerirá de una tina con solución electrolítica de zinc para ejecutar el cincado, la cual no estará incluida en el diseño.
- Se contarán con planos mecánicos de ensamble y de despiece para cada sub-ensamble y componente mecánico.

1.3.2. Requerimientos electrónicos

- Se contará con una alimentación eléctrica de 220 VAC a 60 Hz, soportando una corriente máxima de 25 A.
- El sistema contará con dispositivos electrónicos de protección frente a cortocircuitos y fugas de corriente.
- El sistema contará con una unidad de control, sensores y actuadores necesarios para gobernar todas las variables de control presentes en esta.

1.3.3. Requerimientos de control

- El sistema contará con un interfaz usuario – máquina, en el cual el operario visualizará el proceso en el que se encuentra el sistema.
- Para asegurar un adecuado recubrimiento de zinc, la temperatura ambiente deberá estar entre los 10°C y 32°C.
- El sistema contará con tres variables de control: peso de conectores hidráulicos, temperatura del líquido electrolítico de zinc y tiempo de sumergido.



2. ESTADO DEL ARTE

Tal y como se explicó en el capítulo anterior, en las pymes del Perú el proceso de cincado electrolítico es totalmente manual. Sin embargo, existen ciertos sistemas automatizados y componentes que realizan ciertas tareas específicas del cincado de piezas metálicas pequeñas y que integran dos o más dominios. A continuación, se muestran los sistemas de dominios integrados que pueden encontrarse en la industria. Los sistemas mecánicos, electrónicos y de control se encontrarán en la sección 1 de Anexos del presente documento.

Existen patentes y mecanismos ya establecidos y usados en la industria que integran varios dominios, incluyendo el proceso propio del cincado. Sus principios de funcionamiento serán de utilidad más adelante para el diseño del prototipo, el cual es el objetivo de la presente tesis.

A) Patente de un sistema para galvanizado (Electroplating device and process)

Patente: US5419823A

Inventor: Anton E. Lazaro y William Yates.

Fecha de publicación: 30 de mayo de 1995.

Consiste en un electrolito que, con ayuda de una bomba, circula continuamente a través de un tambor giratorio para aumentar la eficiencia de galvanización de los componentes que tiene dentro [12]. Aunque el sistema a diseñar en la presente tesis buscará tener un proceso de cincado más convencional, la estructura del tambor y la transmisión por engranajes para el giro de éste presentadas en esta patente será de utilidad para el diseño del sistema deseado. La Figura 2.1 muestra el diseño del sistema para galvanizado planteado por el inventor.

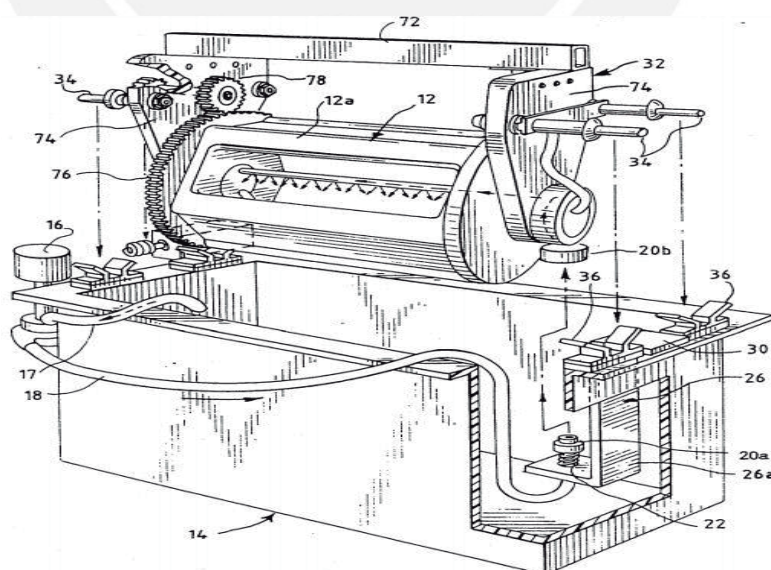


Figura 2.1 Electroplating device and process. Fuente: Google Patents

B) Patente de un tambor para galvanoplastia (Electroplating barrel)

Patente: US3256170A

Inventor: Elmer O. Neilson

Fecha de publicación: 14 de junio de 1966

El diseño de este tambor permite que las piezas pequeñas metálicas sean cincadas empleándolo, ya que está adaptado para contenerlas y hacerlas rotar mientras están inmersas en el baño electrolítico y son procesadas; se prefiere que el material del tambor sea químicamente resistente al líquido electrolítico, como caucho o polipropileno [13]. La Figura 2.2 muestra el tambor rotativo con perfil hexagonal diseñado por el inventor, el cual posee agujeros por donde la solución podrá fluir y reaccionar con las piezas metálicas que el tambor lleva dentro.

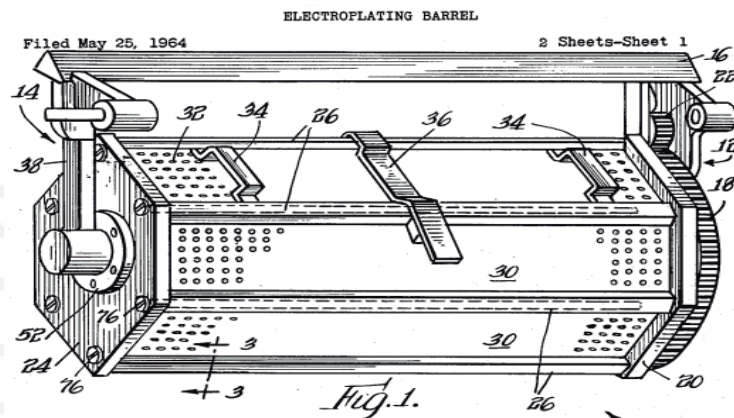


Figura 2.2 Electroplating barrel. Fuente: Google Patents

C) Sistema automatizado de galvanoplastia

Es un sistema automatizado de nivel industrial, el cual desplaza un tambor lleno de piezas metálicas pequeñas hacia diferentes baños del proceso de galvanoplastia, hasta conseguir el recubrimiento deseado. La Figura 2.3 muestra un sistema industrial de galvanoplastia, en el cual se observa la integración de varios componentes como motores AC, tambores rotativos, puentes grúa, etc.

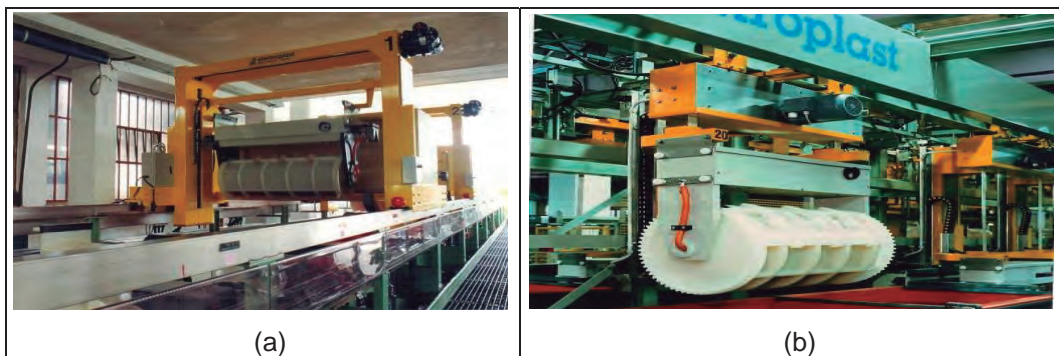


Figura 2.3. Sistema industrial automatizado de galvanoplastia. a) Traslado del tambor b) Tambor extraído del líquido electrolítico. Fuente: elettroplast.it

D) Tambores rotativos accionados por motores AC

Son utilizados en la industria para el galvanizado de piezas metálicas pequeñas. Estos tambores son accionados por un motor AC para poder rotar sobre su eje, y la potencia es transmitida a través de un sistema de engranajes (ver Figura 2.4). Este mecanismo por sí mismo sólo tiene un accionamiento de prendido y apagado que depende directamente del operario.



Figura 2.4. Tambor utilizado en la industria para cincado electrolítico. a) Vista frontal del tambor rotativo. b) Motor AC y sistema de transmisión de potencia. Fuente: Propia.

E) Puentes grúa

Herramienta utilizada en las industrias para la carga y movilización de objetos pesados. La gran mayoría suele tener tres movimientos: longitudinal, transversal y vertical. El primero se lleva a cabo mediante la traslación de la viga principal a través de los carriles elevados. El segundo, mediante el desplazamiento de un polipasto o carro sobre uno o dos carriles que se encuentran en la viga principal. El último, a través de un mecanismo de elevación que puede ser polipasto o carro [14]. La Figura 2.5 muestra imágenes de puentes grúa utilizados en la industria.



Figura 2.5. Puente grúa utilizado en la industria para carga de distintos objetos. Fuente: directindustry.es

F) Brazos robóticos

Son brazos mecánicos programables; sus partes se conectan para realizar movimientos de traslación y rotación, permitiendo mayor rapidez y desplazamiento de los objetos que transportan [15]. Su principio de funcionamiento y forma de operar será de utilidad en el diseño de esta tesis para la movilización de las piezas mecánicas de pequeño tamaño desde afuera hacia dentro del baño de zinc. En la Figura 2.6 se observan imágenes de brazos robóticos articulados.



Figura 2.6 Brazos robóticos para automatización de distintos procesos. a) Brazo robótico ABB. Fuente: abb.com b) Brazo robótico KUKA. Fuente: directindustry.es

Los sistemas integrados descritos anteriormente en este capítulo, así como los sistemas separados por dominios presentados en la sección 1 de Anexos, serán de utilidad para poder plantear las soluciones óptimas de diseño detalladas en el siguiente capítulo. El objetivo es encontrar un sistema integrado, el cual cumpla con los objetivos planteados en el primer capítulo de la presente tesis. Es importante agregar que también se optimizarán los costos, de tal manera que la inversión sea económicamente atractiva para potenciales clientes y/o empresas que deseen adquirir o mejorar este sistema.

3. DISEÑO CONCEPTUAL

El presente capítulo muestra, en primera estancia, el planteamiento de la estructura de funciones del sistema a diseñar, para luego, a través de una matriz morfológica presentada en la sección 3 de Anexos, iniciar búsqueda de principios de solución a implementar para cada una de las funciones. Finalmente, mediante una evaluación técnica-económica, se determinará un concepto óptimo de solución.

3.1. ESTRUCTURA DE FUNCIONES

La estructura de funciones nos brinda un panorama general del funcionamiento principal de la máquina a diseñar. Para llegar a esta, se debe definir la lista de exigencias del sistema, la cual se encuentra en la sección 2 de Anexos de la presente tesis, estableciendo las entradas y salidas del sistema. Posteriormente, se debe implementar la secuencia de operaciones que debe tener. Finalmente, se mostrará la estructura de funciones a seguir para elaborar la matriz morfológica de la siguiente sección. Es importante considerar en todo momento los objetivos planteados en el primer capítulo de la presente tesis.

3.1.1. Caja Negra

En la figura 3.1 se muestra un esquema en la que se pueden visualizar las variables de entrada y de salida del sistema. El sistema mecatrónico a diseñar en la presente tesis se considera, en primera instancia, como una caja negra, dentro de la cual ocurre un proceso técnico que transforma las propiedades de las señales, materia y energía como entradas [16]. Más adelante se describirá la secuencia de operaciones del sistema, para después elaborar la estructura de funciones.

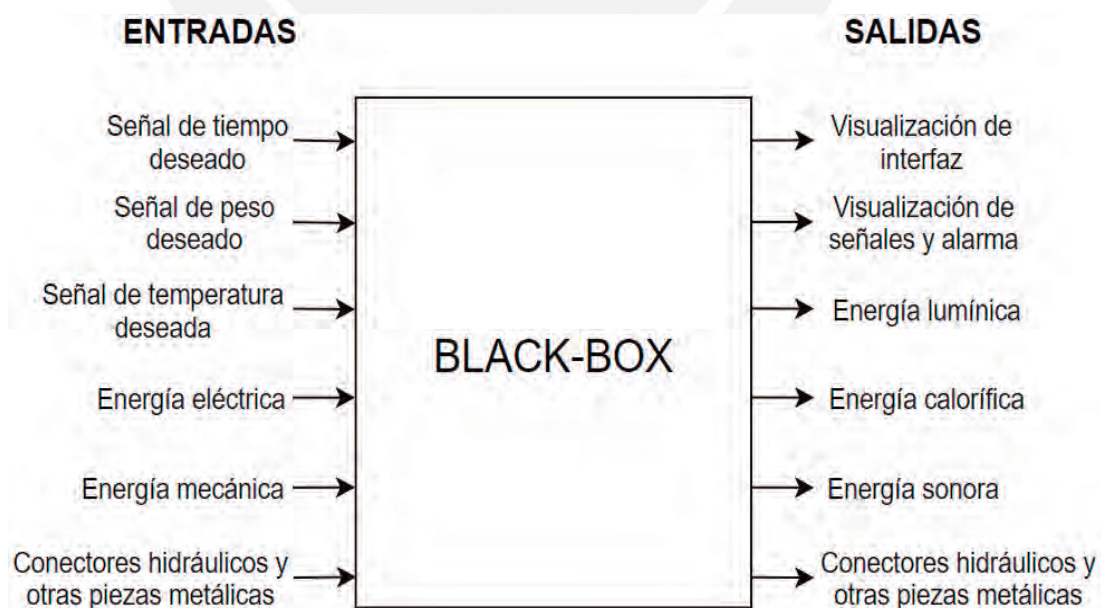


Figura 3.1 Black-Box del sistema a diseñar. Fuente: Propia

3.1.2. Secuencia de operaciones

Se listarán las operaciones principales que el sistema debe realizar para cumplir con su función. La Figura 3.2 muestra el esquema de la secuencia de operaciones.

a. Preparación

- Energizar el sistema.
- Encender el sistema.
- Proteger eléctricamente el sistema.

b. Ejecución

- Introducir el peso deseado de conectores a cincarse (opcional).
- Introducir la temperatura deseada para el cincado (opcional).
- Almacenar y soportar carga de conectores hidráulicos.
- Sensar y mostrar peso del depósito.
- Movilizar conectores.
- Sumergir conectores en baño de zinc electrolítico por un determinado tiempo.
- Sensar y regular temperatura en todo momento.
- Mostrar status del proceso en todo momento.

c. Control

- Controlar peso del depósito.
- Controlar tiempo de sumergimiento.
- Controlar temperatura de cincado.

d. Fase final

- Retirar conectores hidráulicos de la solución y retornarlas a la posición inicial.
- Esperar a nuevas instrucciones.

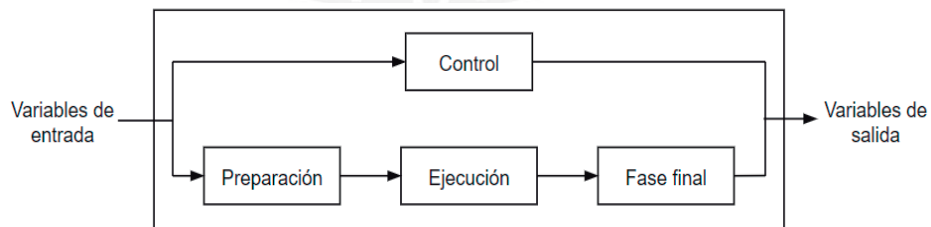


Figura 3.2 Secuencia de operaciones. Fuente: Propia

3.1.3. Estructura de funciones

En la Figura 3.3 se puede visualizar la estructura de funciones integrada y detallada del sistema. Servirá como base para establecer la matriz morfológica, indispensable para poder establecer los conceptos de solución del prototipo deseado.

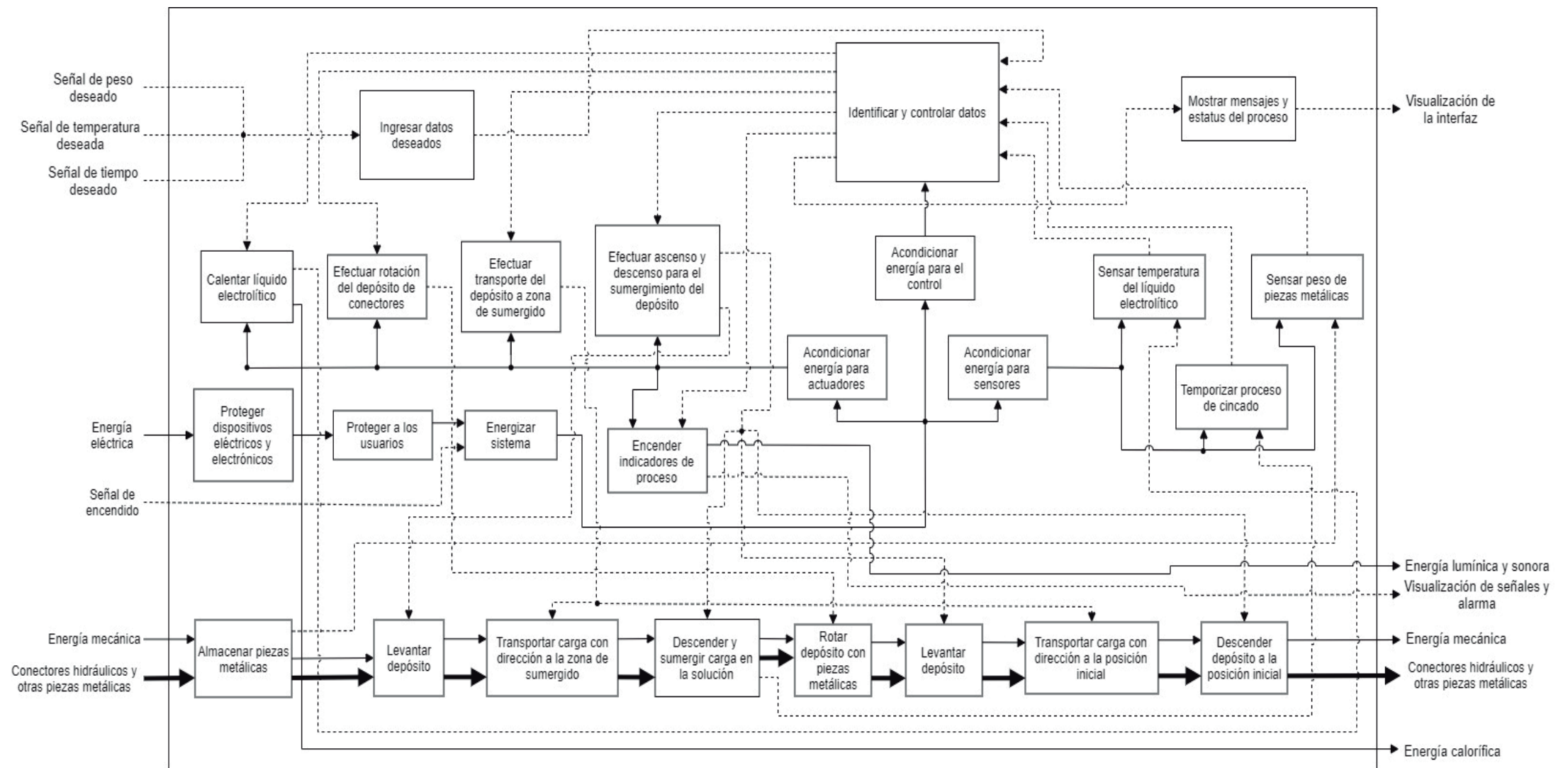


Figura 3.3 Estructura de funciones del sistema. Fuente: Propia

Con la finalidad de ejecutar sus funciones mecánicas, el sistema tendrá como entradas externas a los conectores hidráulicos que desean cincarse y la energía mecánica proveniente del operario al proporcionar los conectores. Las funciones proporcionarán internamente información para determinar el peso de los conectores y la temporización del proceso, y recibirán accionamientos por parte de los actuadores del sistema. Como salidas se tendrán conectores hidráulicos cincados electrolíticamente y energía mecánica. Las funciones del dominio mecánico se visualizan en la zona inferior de la Figura 3.3.

Para llevar a cabo las funciones electrónicas, las entradas externas serán la energía eléctrica y la señal de encendido del sistema. Se contarán con funciones de protección del sistema contra cortocircuitos y fugas de energía. También serán necesarias funciones que acondicionen la energía eléctrica recibida para alimentar a los sensores, actuadores y unidad de procesamiento. Las variables de control del sistema se obtendrán con funciones de sensado y temporizado, las cuales enviarán señales eléctricas a la unidad de procesamiento. Las funciones de accionamiento recibirán señales eléctricas provenientes de la unidad y pondrán en marcha los componentes mecánicos del sistema. Las salidas serán visualizaciones de señales y alarmas, y energías lumínica, sonora y calorífica. Estas funciones se visualizan en la zona central de la Figura 3.3.

Las funciones de control recibirán como entradas externas las señales deseadas de peso, temperatura y tiempo, provenientes del operario. Una función mostrará mensajes y el estado del proceso, recibiendo las señales de la unidad de procesamiento. Otra función recibirá las señales provenientes del operario y las enviará como señales eléctricas hacia la unidad de control. Finalmente, una función de identificación y control de datos procesará las señales provenientes de las variables de control y del operario, y enviará instrucciones a los actuadores del sistema. La salida serán los mensajes visualizados mediante una interfaz. Las funciones del dominio de control se muestran en la zona superior de la Figura 3.3.

3.2. DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN INTEGRADOS

A continuación, se describirán y se bosquejarán los tres conceptos de solución que se obtuvieron de la matriz morfológica, ubicada en la sección 3 de Anexos de la presente tesis.

A) Concepto de solución integrado N° 01

Inicialmente, la energía eléctrica de 220VAC pasará primero por un tablero de distribución con interruptores termomagnéticos y diferenciales para proteger a los equipos eléctricos y al operario. Se tendrán fuentes switching que, a determinados voltajes, alimentarán a los sensores y actuadores del sistema. Un PLC gobernará el control general del sistema, y el encendido se hará con un switch. Para sensar las variables de control se usarán una termocupla y una célula de carga para la temperatura y el peso respectivamente, mientras que para temporizar el proceso de cincado se usará el timer interno del PLC escogido.

El componente mecánico que almacenará los conectores será un tambor de galvanizado. Para poder controlar la temperatura se utilizará un climatizador de ambiente, por lo cual es necesario que la máquina se encuentre en un ambiente

aislado que cuente con este componente. Para ascender, transportar y descender la carga del tambor se usará un brazo robótico articulado con mínimo 2 grados de libertad. La transmisión de potencia necesaria para hacer girar el tambor se dará mediante cadenas, y el actuador que efectuará el giro será también un servomotor de potencia. Para la interacción usuario – máquina se usará un interfaz HMI, la cual indicará en todo momento el status del proceso y permitirá setear los parámetros iniciales al operario. Adicionalmente, se integrarán parlantes para que el operario pueda ser notificado de los procesos del sistema en caso no cuente con la interfaz cerca. La Figura 3.4 muestra el sistema integrado propuesto como concepto de solución N° 01, mientras que la Figura 3.5 muestra algunos detalles del sistema. Finalmente, se presentará un bosquejo del ensamble del tambor propuesto para este sistema, el cual se muestra en la Figura 3.6.

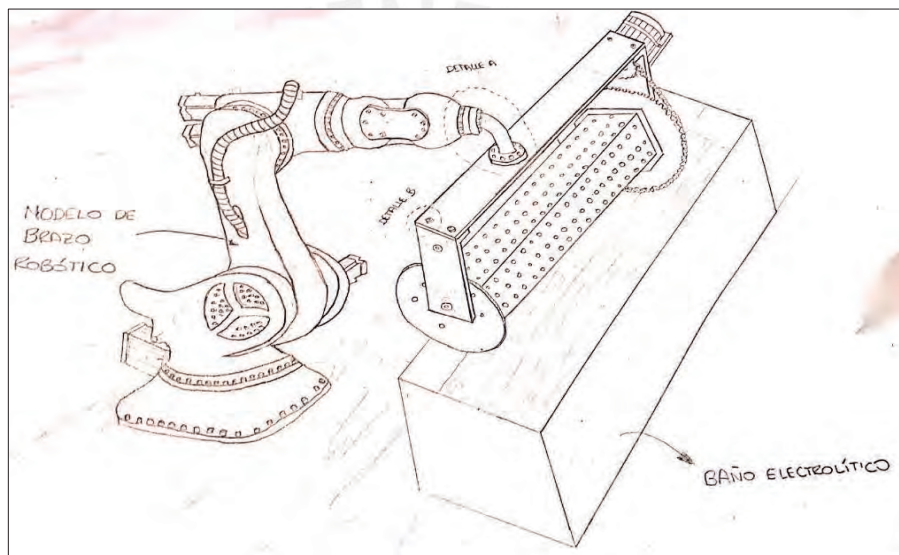


Figura 3.4 Bosquejo del concepto de solución N° 01. Fuente: Propia

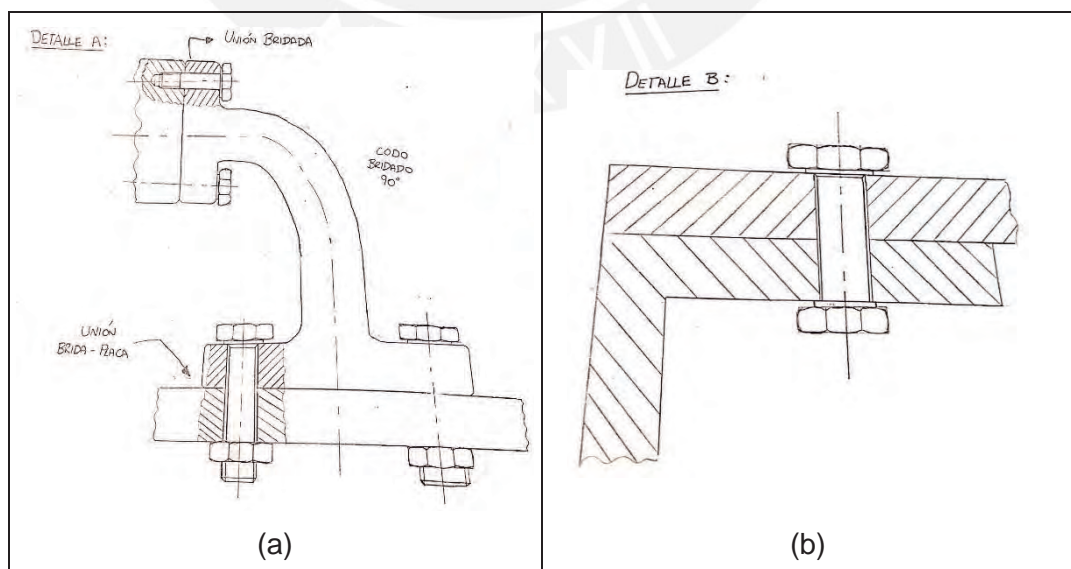


Figura 3.5 Detalles de conexiones del concepto de solución N° 01. a) Detalle A de la unión bridada. b) Detalle B de la unión emperrada. Fuente: Propia

A continuación, se muestra la Figura 3.6 descrita anteriormente.

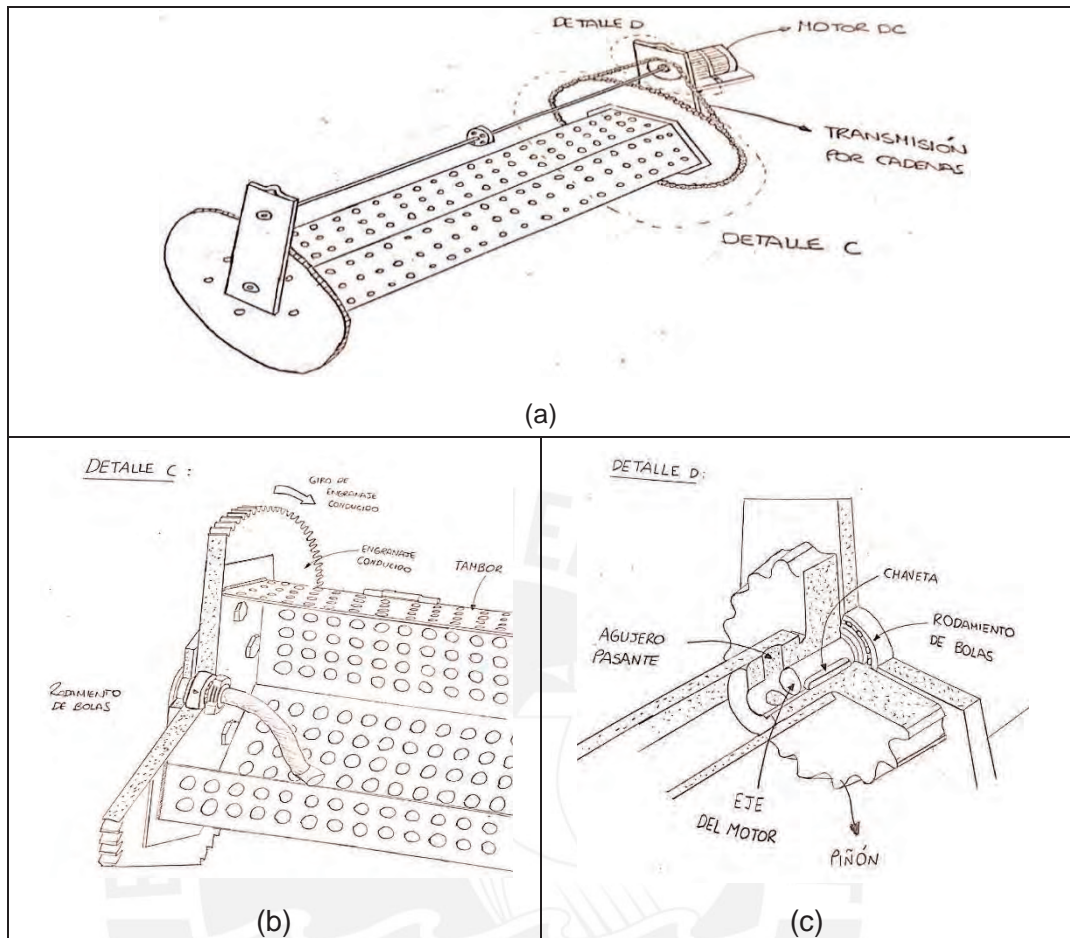


Figura 3.6 Bosquejo del ensamble del tambor. a) Vista isométrica del ensamble. b) Primer detalle del ensamble. c) Segundo detalle del ensamble. Fuente: Propia

B) Concepto de solución integrado N° 02

La energía eléctrica provendrá de la red de 220VAC. Al igual que en el concepto de solución anterior, se utilizarán interruptores termomagnéticos y diferenciales como dispositivos de protección. El sistema se prenderá y/o apagará mediante un pulsador y estará gobernado por un sistema embebido. Los actuadores se alimentarán directamente con 220V, mientras que los sensores y los dispositivos de control con voltaje DC mediante reguladores de voltaje. Para sensar la temperatura y el peso de conectores, se utilizarán una termocupla y una balanza industrial respectivamente. Para temporizar los procesos del cincado, se utilizará el timer interno del PLC.

Al igual que el concepto anterior, se utilizará un tambor de galvanizado para el cincado de conectores hidráulicos. Para ascender, transportar y descender el tambor se utilizará un mecanismo de puente grúa con un polipasto, accionados con motores AC monofásicos; mientras que las posiciones estarán preconfiguradas con respecto a las ubicaciones físicas de llenado de conectores y la tina de zinc electrolítico. Los motores AC serán controlados por drivers. Una resistencia eléctrica será el actuador para mantener la temperatura del líquido electrolítico. Para rotar el tambor se utilizará

una transmisión de potencia por cadenas accionada por un motor DC. Se utilizará una aplicación de smartphone para poder ingresar datos y mostrar mensajes con el status del proceso en el que se encuentra. La Figura 3.7 muestra un bosquejo del sistema propuesto como concepto de solución N° 02. Es necesario indicar que el ensamble del tambor será el mismo que se ideó para el concepto de solución anterior mostrado en la Figura 3.6.

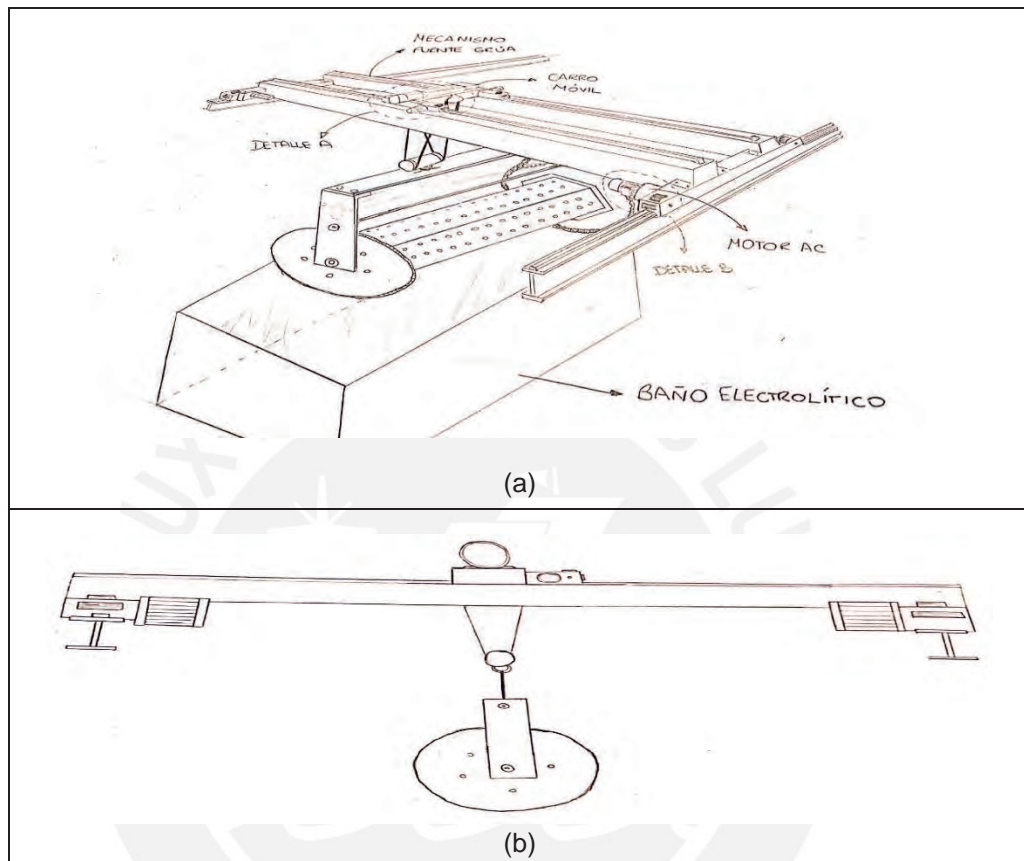


Figura 3.7 Bosquejo de la solución N° 02. a) Vista isométrica del sistema. b) Vista lateral del sistema. Fuente: Propia

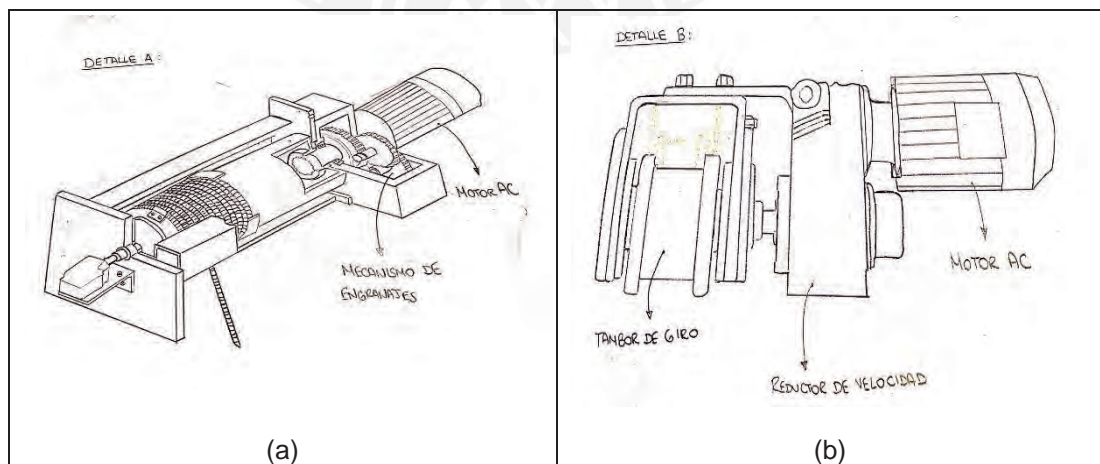


Figura 3.8 Detalles de la solución N° 02. a) Detalle A del sistema. b) Detalle B del sistema. Fuente: Propia

C) Concepto de solución N° 03

La energía eléctrica provendrá de la red general de 220VAC e ingresará a un tablero de distribución, pasando por interruptores termomagnéticos y diferenciales. El sistema iniciará accionando mecánicamente un pulsador de enclavamiento por giro. Un microcontrolador será el dispositivo electrónico que gobernará el funcionamiento del sistema. La energía eléctrica se acondicionará a través de fuentes switching y reguladores de voltaje para alimentar a los sensores, actuadores y dispositivos de control. Para sensar la temperatura, se utilizará una termocupla, mientras que para leer el peso de conectores se usará la célula de carga. Para temporizar los procesos se utilizarán señales digitales provenientes de los actuadores hacia el microcontrolador.

Un tambor de galvanizado almacenará los conectores hidráulicos, el cual girará mediante un mecanismo de engranajes accionado por un servomotor de potencia. Para el ascenso y descenso del tambor se utilizarán rieles de desplazamiento lineal accionados por actuadores lineales eléctricos. El transporte del tambor hacia la zona de sumergido se efectuará a través de un mecanismo de engranajes accionados por servomotores de potencia. Una resistencia eléctrica será el actuador para mantener la temperatura deseada del líquido electrolítico. El operario ingresará los datos iniciales que desea mediante un teclado matricial, mientras que el sistema mostrará el estatus del proceso a través de una pantalla LCD. Finalmente, se tendrán LED's piloto como indicadores del proceso para el operador. La Figura 3.9 y 3.10 muestran un bosquejo de la solución planteada para este caso.

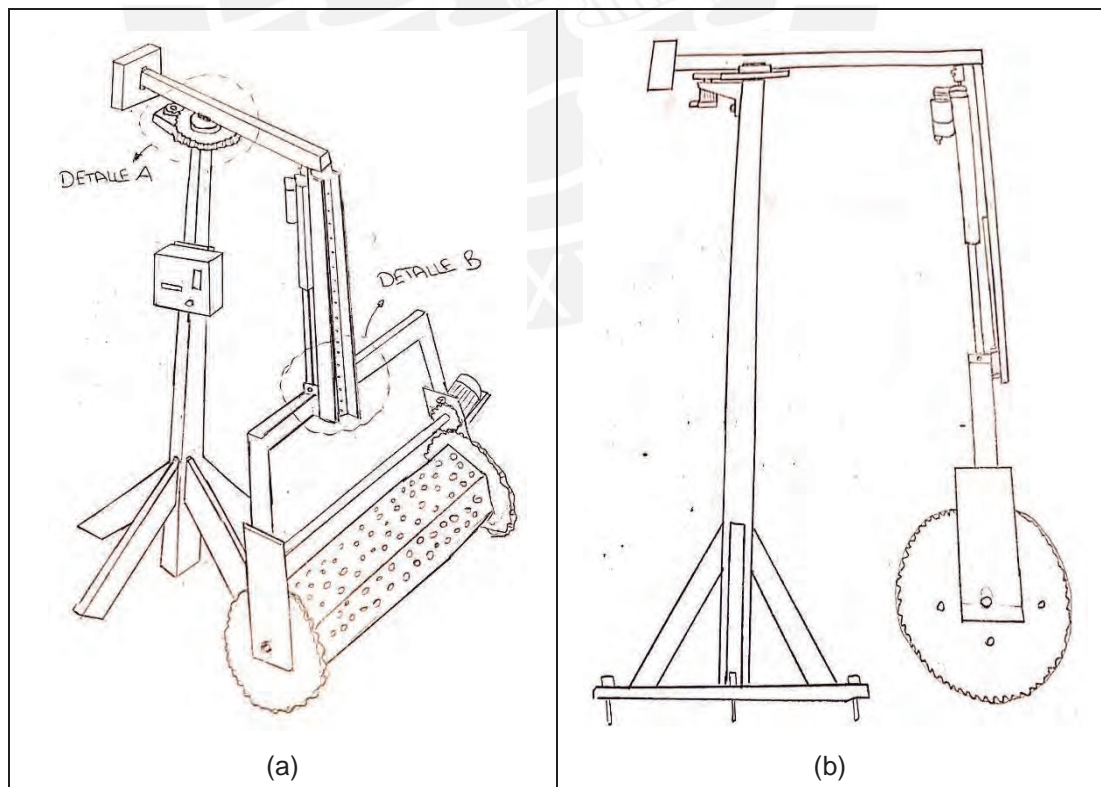


Figura 3.9 Bosquejo de la solución N° 03. a) Vista isométrica del sistema. b) Vista lateral del sistema. Fuente: Propia

A continuación se muestra la Figura 3.10 con los detalles de la Figura 3.9.

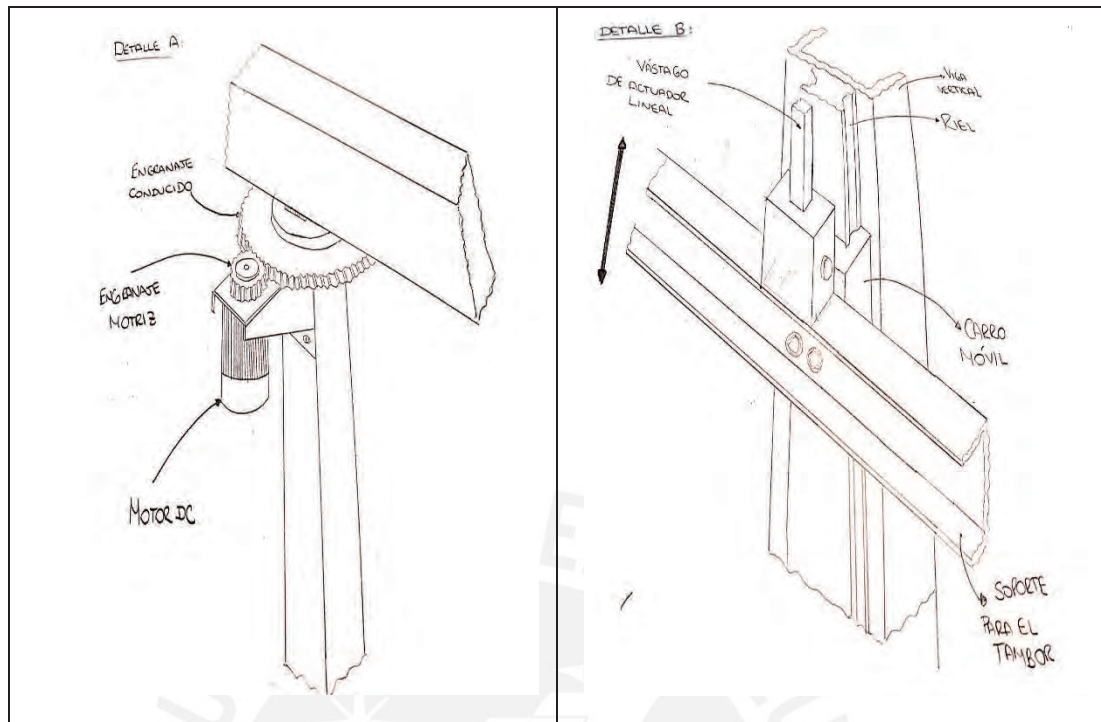


Figura 3.10 Detalles de la solución N° 03. a) Detalle A del sistema. b) Detalle B del sistema.
Fuente: Propia

3.3. EVALUACIÓN TÉCNICA/ECONÓMICA

Esta evaluación se realiza bajo la recomendación VDI 2225, donde se califican los conceptos bajo ciertos criterios, tanto técnicos como económicos. En el Anexo 3 de la presente tesis se encuentran los principios de evaluación que se debe considerar para poder encontrar el concepto de solución óptimo. A continuación, se muestran las distintas evaluaciones realizadas.

3.3.1. Evaluación técnica

En la Tabla 3.1 se muestra una evaluación técnica de los tres conceptos de solución presentados anteriormente, priorizando 5 principios de evaluación: función principal, operación, complejidad, control y energía. La tabla también indica los criterios de evaluación que se deben asignar a cada solución por principio, asignando valores técnicos.

3.3.2. Evaluación económica

Por otro lado, la Tabla 3.2 muestra una evaluación económica de los tres conceptos de solución presentados, tomando otros cinco criterios de evaluación: costo de la tecnología, costo de la fabricación, productividad, facilidad de montaje y fácil adquisición de los materiales. Al igual que la Tabla 3.1 refleja los criterios de evaluación asignando valores económicos.

A continuación, se muestran la Tabla 3.1 y 3.2 con los resultados cuantificados a partir de las evaluaciones técnicas y económicas de los tres conceptos de solución.

Tabla 3.1 Evaluación técnica de los tres conceptos de solución. Fuente: Propia

DISEÑO MECATRÓNICO - EVALUACION DE PROYECTOS										Área de Diseño
Valor Técnico (Xi)										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos										
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)</p> <p>g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.</p>										
Variantes de Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
N°	Principios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función principal	4	4	16	3	12	4	16	4	16
2	Operación	4	3	12	3	12	3	12	4	16
3	Complejidad	3	2	6	2	6	3	9	4	12
4	Control	3	3	9	2	6	3	9	4	12
5	Energía	2	2	4	2	4	3	6	4	8
Puntaje máximo Σp o Σgp		16	14	47	12	40	16	52	20	64
Valor técnico X_i			0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0
Orden				3		2		1		

Tabla 3.2 Evaluación económica de los tres conceptos de solución. Fuente: Propia

DISEÑO MECATRÓNICO - EVALUACION DE PROYECTOS										Área de Diseño
Valor Económico (Yi)										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos										
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)</p> <p>g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.</p>										
Variantes de Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
N°	Principios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de la tecnología	4	1	4	2	8	3	12	4	16
2	Costo de la fabricación	3	2	6	2	6	3	9	4	12
3	Productividad	3	4	12	2	6	3	9	4	12
4	Facilidad de montaje	3	2	6	2	6	3	9	4	12
5	Fácil adquisición de materiales	3	1	3	2	6	3	9	4	12
Puntaje máximo Σp o Σgp		16	10	31	10	32	15	48	20	64
Valor Económico Y_i			0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	1.0	1.0
Orden				3		2		1		

Por último, la Figura 3.11 muestra un diagrama de evaluación, la cual realiza una comparación entre el valor económico y el valor técnico de los tres conceptos de solución.

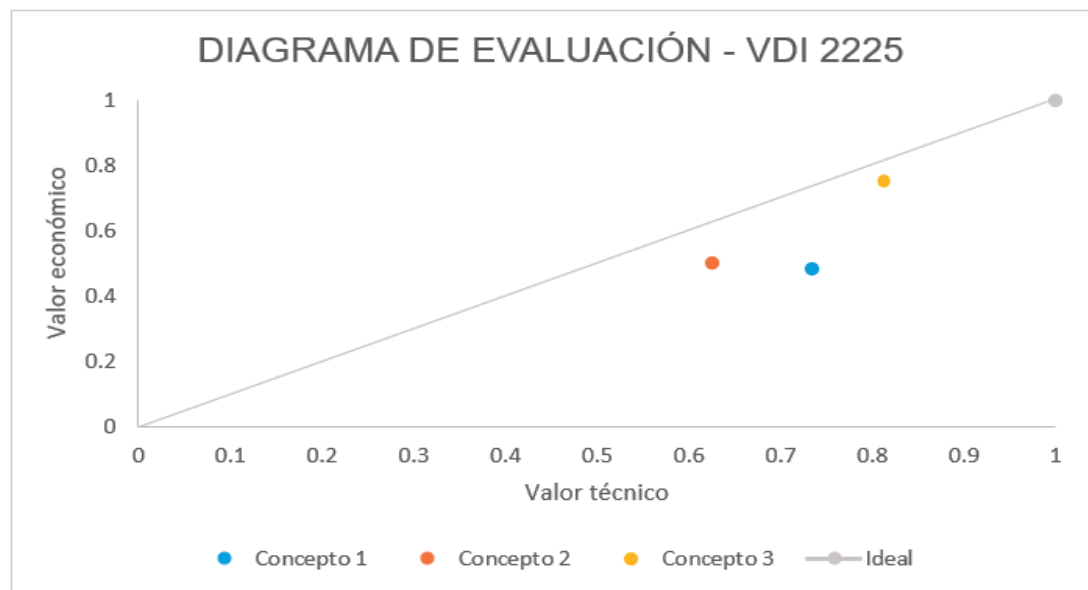


Figura 3.11 Diagrama de evaluación de conceptos de solución según VDI 2225. Fuente: Propia

La Tabla 3.1 y la Tabla 3.2 permitieron cuantificar la evaluación de los conceptos de solución mediante dos valores: técnico y económico, los cuales van de 0 (no satisface en absoluto) a 1 (solución ideal). La solución N° 01 tiene un valor técnico de 0.7 y un valor económico de 0.5; la solución N° 02 tiene un valor técnico de 0.6 y un valor económico de 0.5; y finalmente la solución N° 03 tiene un valor técnico de 0.8 y un valor económico de 0.8 también. Es importante señalar que los criterios de evaluación utilizados en cada tabla no tienen el mismo peso, ya que se les dio diferentes niveles de importancia [17], priorizando costos y el cumplimiento de los objetivos de la presente tesis.

Continuando con la norma VDI 2225, solo deben tomarse en cuenta aquellos conceptos que hayan alcanzado valores mayores a 0.6. Además, se debe preferir escoger las alternativas que se encuentren lo más cerca posible de la línea diagonal [17] de la Figura 3.11. Por consiguiente, la solución óptima es el concepto de solución N° 03.

En resumen, este capítulo presentó la estructura de funciones, de la cual se obtuvieron varias posibles soluciones para la problemática de la presente tesis. A partir de esta estructura, se generó la matriz morfológica, donde se asignaron distintos componentes a partir de sus principios de funcionamiento a cada función. De dicha matriz, se obtuvieron tres conceptos de solución integrados, los cuales representaron las mejores alternativas de solución. Finalmente, con un análisis técnico económico, se obtuvo el concepto de solución óptimo, el cual será objeto específico de diseño en el siguiente capítulo.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA PARA CINCADO ELECTROLÍTICO DE CONECTORES HIDRÁULICOS

En este capítulo se muestra el desarrollo del diseño mecatrónico del sistema. Para esto, en la primera sección, se presenta la descripción y el funcionamiento del sistema mecatrónico. En la segunda sección, se muestra el dominio mecánico diseñado, los sub-ensambles del sistema, el material del que estarán hechos, las principales simulaciones a desarrollar y los cálculos empleados en el sistema. En la tercera sección, se presenta el diseño electrónico, donde se describen de forma concisa los distintos componentes que conforman el sistema, el diagrama de bloques de dichos componentes, el diagrama esquemático, la ubicación de los dispositivos y los cálculos eléctricos-electrónicos de potencia. Finalmente, en la cuarta y última sección, en el sistema de control se detalla la lógica de programación del sistema representada por diagramas de flujo.

4.1. DISEÑO DEL SISTEMA MECATRÓNICO

Como se puede observar en la figura 4.1, el dominio mecánico del sistema contiene a todos los elementos, incluyendo los componentes del dominio electrónico y de control: sensores, actuadores y controladores. Más adelante se describirán los diseños por cada dominio, especificando también las funcionalidades de los componentes del sistema.



Figura 4.1 Sistema mecatrónico integrado. Fuente: Propia

Es importante señalar que la tina con el líquido electrolítico no forma parte del diseño del sistema, tal y como se indicó en los requerimientos y alcances de presente documento. A continuación, se presentarán el dominio mecánico, electrónico y de control con los componentes que abarcan y las funciones que estos desempeñan dentro del sistema.

4.2. DISEÑO MECÁNICO

Para el diseño mecánico del sistema, se presentarán los sub-ensambles mecánicos del mismo, la selección de materiales y procesos de manufactura a emplear, así como las principales simulaciones del sistema y los cálculos mecánicos necesarios para el diseño de los componentes y garantizando que no fallen durante su operación.

4.2.1. Sub-ensambles mecánicos del sistema.

Se describirán los sub-ensambles que conforman el dominio mecánico del sistema. Para un mayor detalle los componentes mecánicos del sistema es necesario observar los planos mecánicos de ensamble y despiece de la presente tesis, adjunta a la presente tesis en el Anexo 8. La figura 4.2 muestra las vistas lateral y frontal del ensamble general del sistema a implementar.

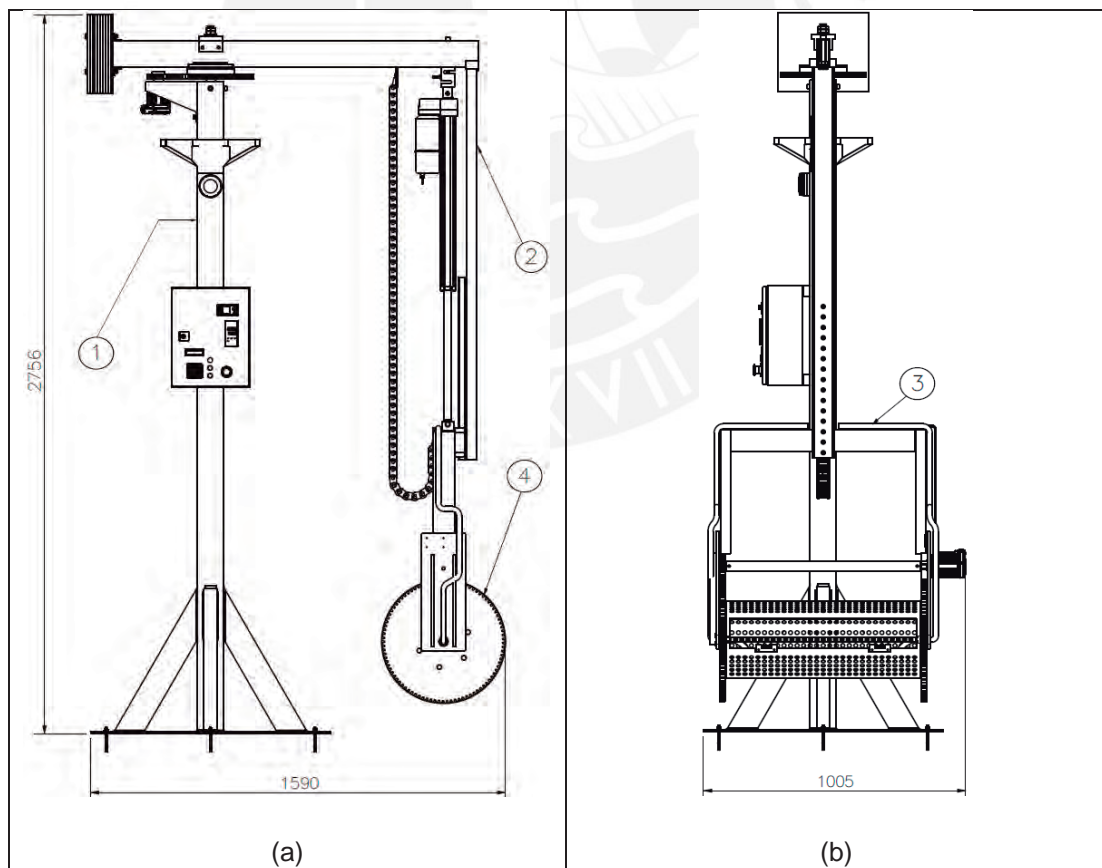


Figura 4.2 Vistas y dimensiones del sistema a implementar. a) Vista lateral. b) Vista frontal.

Fuente: Propia

La Tabla 4.1 enlista los sub-ensambles del sistema, indicando el nombre de los componentes enumerados en la Figura 4.2. Más adelante se mostrarán imágenes de cada uno y se describirán sus principales funciones.

Tabla 4.1 Lista de sub-ensambles mecánicos que conforman el sistema. Fuente: Propia

Sub-ensambles mecánicos del sistema		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Sub-ensamble columna base	1
2	Sub-ensamble viga-columna central	1
3	Sub-ensamble carro móvil vertical	1
4	Sub-ensamble mecanismo del tambor	1

4.2.1.1. Sub-ensamble columna base

Esta parte del sistema se encargará de soportar el peso de toda la estructura del sistema, además de contar con los componentes necesarios para proporcionar la potencia necesaria para el giro de los demás sub-ensambles. Su vista isométrica se muestra en la Figura 4.3.

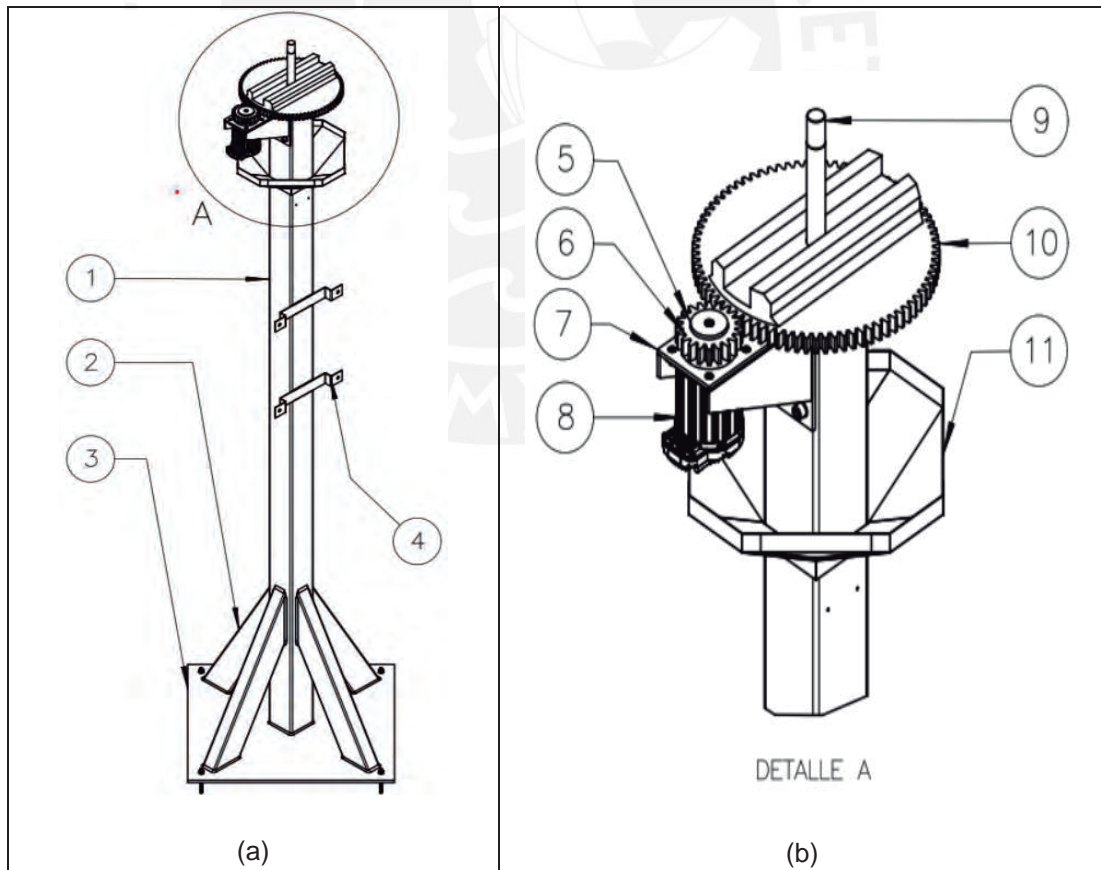


Figura 4.3 Sub-ensamble columna base. a) Vista isométrica del sub-ensamble. b) Detalle del mecanismo para el giro. Fuente: Propia

Un tubo de perfil cuadrado de 100 mm por lado con 4 mm de grosor y 2.5 m de altura (ítem 1), de material ASTM A36, será el soporte principal de todo el sistema. Para poder brindar estabilidad a la máquina, se tendrán cuatro tubos de perfil rectangular de 100 x 50 mm con 0.64 metros de largo (ítem 2) que estarán soldados como unión angular por arco eléctrico a la parte inferior del tubo de perfil cuadrado (ítem 1) y a una placa cuadrada (ítem 3). Esta última estará fijada al suelo (cimentado por losa) mediante pernos de expansión KB-3 (más detalle en la sección 4.2.2). Las placas rectangulares (ítem 4) brindan soporte al tablero electrónico del sistema. Para el mecanismo de giro, se tendrá un motor DC (ítem 8), el cual brindará la potencia necesaria para el giro al engranaje motriz (ítem 6) y éste al engranaje conducido (ítem 10). El soporte del motor DC y del engranaje motriz es una plancha (ítem 8) la cual irá fija y empernada al tubo de perfil cuadrado (ítem 1). Para evitar el movimiento axial del engranaje motriz se tiene una tapa (ítem 5) fija con un prisionero al eje del engranaje. El eje del engranaje conducido (ítem 9) impedirá su movimiento radial, mientras que la viga horizontal del sub-ensamble viga-columna central (mostrada a continuación) impedirá su movimiento axial. Finalmente, se tendrá un depósito cónico (ítem 11) que almacenará excedentes de cables de componentes electrónicos.

4.2.1.2. Sub-ensamble viga-columna central

Este sub-ensamble recibirá el torque transmitido por parte de los engranajes del sub-ensamble columna base, y ejecutará las funciones de transporte, ascenso y descenso del tambor, así como soportar la carga de los dos sub-ensambles que se mencionarán después. La Figura 4.4 muestra una vista isométrica de la misma con algunos detalles para entender su funcionamiento.

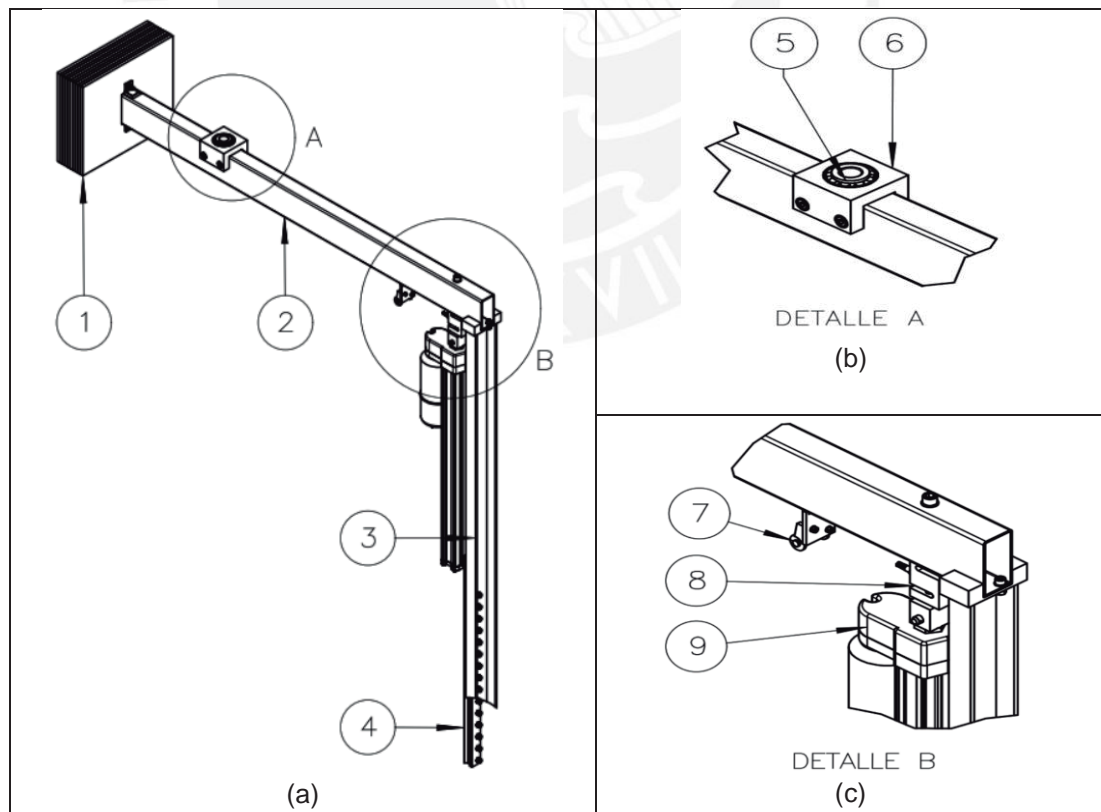


Figura 4.4 Sub-ensamble viga-columna central. a) Vista isométrica. b) Detalle A del mecanismo. c) Detalle B del mecanismo. Fuente: Propia

Una viga rectangular (ítem 2) soportará en un extremo un contrapeso (ítem 1) de 90 kg. de peso que se encuentra fijo a esta, mientras que en el otro extremo tendrá una viga vertical (ítem 3), el cual soportará un riel lineal (ítem 4) que hará de guía para el movimiento vertical del vástago del actuador lineal. Además, se debe tener en cuenta que el eje del engranaje conducido del sub-ensamble anterior (ítem 9 de la figura 4.3) pasará por la viga rectangular (ítem 2) a través de un rodamiento (5) que permitirá su giro y un soporte (6) que fijará el rodamiento a la viga. Por último, se incluirán un primer eslabón de una cadena portacables (ítem 7), una celda de carga (ítem 8) y un actuador lineal (ítem 9), los cuales operarán desde este sub-ensamble. La sección 4.3 de la presente tesis muestra más detalle de los componentes eléctricos y electrónicos del sistema.

4.2.1.3. Sub-ensamble carro móvil vertical

Este sub-ensamble tiene como funciones principales el deslizamiento sobre el sub-ensamble viga columna central a través de su actuador lineal, y la carga del sub-ensamble mecanismo del tambor, que se describirá más adelante. La Figura 4.5 muestra el sub-ensamble carro móvil vertical, con las vistas frontal y posterior.

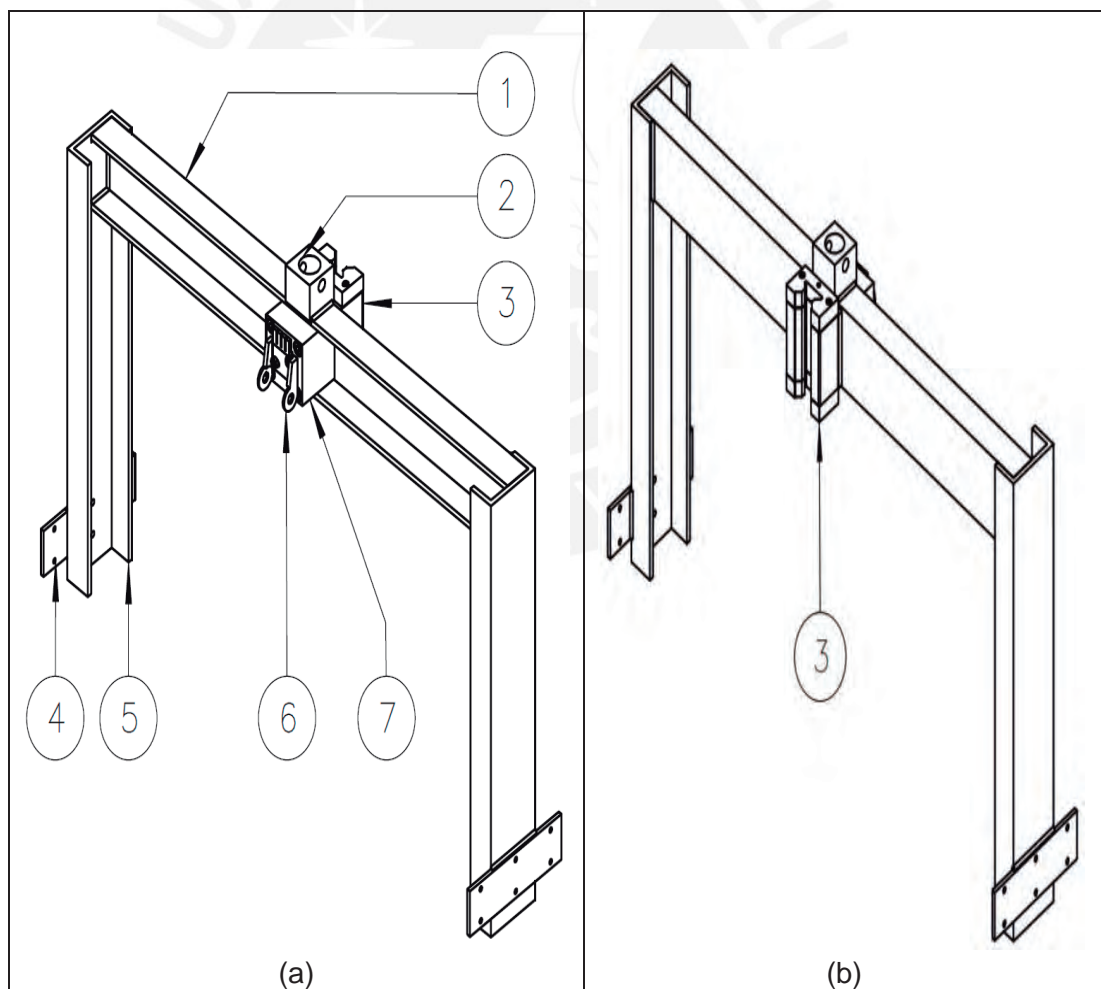


Figura 4.5 Sub-ensamble carro móvil vertical. a) Vista frontal. b) Vista posterior.

El vástago del actuador lineal del sub-ensamble viga-columna central (ítem 9 de la Figura 4.4) efectuará el movimiento vertical del carro móvil vertical a través de un bloque (ítem 2), el cual estará soldado a una viga horizontal en C (ítem 1) y tendrá agujeros para que un pin o pasador pueda transmitir el movimiento del vástago al bloque. También se tendrá un carro (ítem 3) empernado a la viga horizontal (ítem 1) que deslizará a través del riel lineal del sub-ensamble viga-columna central (ítem 4 de la Figura 4.4), efectuando el ascenso y/o descenso del tambor. Dos vigas verticales en C (ítem 5) estarán soldadas por unión angular de arco interno a cada extremo de la viga horizontal (ítem 1) y a la vez tendrán una plancha rectangular (ítem 4) soldada en la parte inferior, las cuales empalmarán con el sub-ensamble mecanismo del tambor mediante pernos. Finalmente, se tendrá un soporte (ítem 7) el cual estará soldado a la viga horizontal en C (ítem 1) y sostendrá los eslabones de la cadena portacables (ítem 6 representa un eslabón).

4.2.1.4. Sub-ensamble mecanismo del tambor

Este sub-ensamble almacenará los conectores hidráulicos que se desean cincinar en su interior, movilizándose verticalmente en conjunto con el sub-ensamble carro móvil, sumergiendo el depósito de conectores hidráulicos en el líquido electrolítico y efectuando una rotación constante del depósito sobre su eje para asegurar un cincado óptimo. La Figura 4.6 muestra una imagen del sub-ensamble mecanismo del tambor.

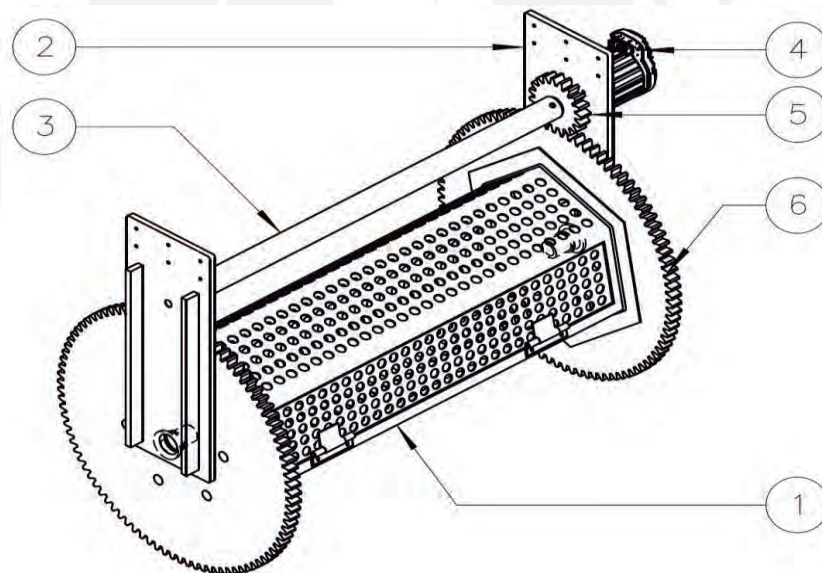


Figura 4.6 Sub-ensamble mecanismo del tambor. Fuente: Propia

Un servomotor de potencia (ítem 4) estará soportado por una plancha (ítem 2) y efectuará la rotación del tambor de perfil hexagonal (ítem 1) transmitiendo la potencia necesaria a través de dos engranajes motrices (ítem 5) a los engranajes conducidos (ítem 6), el cual estará soldado al tambor (ítem 1). Es importante resaltar que un tubo de perfil circular (ítem 3) será el que transmita la potencia entre los dos engranajes motrices (ítem 5) y posteriormente a los engranajes conducidos (ítem 6). La sección 8 de Anexos muestra más detalles sobre los componentes mecánicos de todo el sistema.

4.2.2. Cálculos realizados

A. Masa del tambor:

De acuerdo al volumen de conectores hidráulicos que se necesitan procesar de manera simultánea, se obtuvieron las dimensiones finales para el diseño mecánico del tambor de cincado. Este tambor se compone de las siguientes partes:

- Un (01) cuerpo de tambor
- Dos (02) tapas de tambor

Dadas estas definiciones, se calculará la masa del mismo sumando las masas de las tapas del tambor con la masa del cuerpo, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Masa} = \rho \times \text{Volumen} \quad (1)$$

- Cálculo de la masa de la tapa del tambor:

ρ : Densidad del polipropileno

L_{tapa} y e_{tapa} : Largo y espesor de la tapa

A_{tapa} : Área de la tapa

V_{tapa} : Volumen de la tapa

M_{tapa} : Masa de la tapa

Como datos iniciales, se tienen:

$$e_{\text{tapa}} = 0.2 \text{ cm}, L_{\text{tapa}} = 184.75 \text{ mm}, \rho = 0.910 \text{ g/cm}^3 \text{ [18]}$$

La Figura 4.7 bosqueja la vista frontal de la tapa del tambor, la cual es un hexágono.

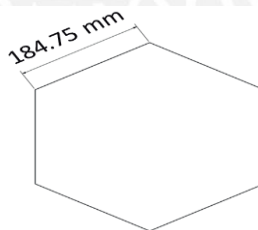


Figura 4.7 Vista frontal de la tapa del tambor. Fuente: Propia

Además:

$$\text{Área de la tapa hexagonal: } A = 6 \times L^2 \times \frac{\sqrt{3}}{4} \quad (2)$$

Reemplazando los datos iniciales en (2), se tiene:

$$A_{\text{tapa}} = 886.81 \text{ cm}^2$$

Multiplicando el área de la tapa por el espesor, obtenemos el volumen de la tapa:

$$A_{\text{tapa}} \times e_{\text{tapa}} = V_{\text{tapa}}$$

$$V_{\text{tapa}} = 177.36 \text{ cm}^3$$

Entonces, aplicando la fórmula de la densidad, se obtiene:

$$M_{\text{tapa}} = \rho \times V_{\text{tapa}}$$

Reemplazando los valores de ρ y V_{tapa} , se tiene finalmente que:

$$M_{\text{tapa}} = 0.161 \text{ kg} \quad (3)$$

- Cálculo de la masa del cuerpo del tambor:

l : Lado del hexágono

e_{tambor} : Espesor del tambor

L : Largo del tambor

A_{cuerpo} : Área del cuerpo

h : Altura del cilindro

V_{cuerpo} : Volumen del cuerpo del tambor

M_{cuerpo} : Masa del cuerpo del tambor

Como datos iniciales, se tienen:

$$l = 150 \text{ mm}, e_{\text{tambor}} = 2 \text{ mm}, L = 75 \text{ cm}$$

Se reemplaza L en (2) y se resta el área exterior e interior del hexágono, se obtiene (4):

$$A_{\text{cuerpo}} = A_{\text{ext}} - A_{\text{int}} = 6 \times 150^2 \times \frac{\sqrt{3}}{4} - 6 \times 148^2 \times \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$A_{\text{cuerpo}} = 1548.45 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

Multiplicando (4) por la altura, se obtiene el volumen del cuerpo del tambor:

$$V_{\text{cuerpo}} = A_{\text{cuerpo}} \times h = 116.1 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{cuerpo}} = V \times \rho = 1056.51 \text{ g} = 1.056 \text{ kg} \quad (5)$$

La ecuación (6) muestra el cálculo para la masa total del tambor:

$$M_{\text{total-tambor}} = 2 \times M_{\text{tapa}} + M_{\text{cuerpo}} \quad (6)$$

Reemplazando (4) y (5) en (6), se obtiene finalmente (7):

$$M_{\text{total-tambor}} = 2 \times (0.161 \text{ kg}) + M_{\text{cuerpo}} = 1.378 \text{ Kg} \quad (7)$$

B. Potencia del motor para el tambor:

Se seleccionarán el torque y velocidad angular del motor para generar la rotación del tambor, producto de la fricción del tambor producto del zinc líquido y la masa de la carga interna del mismo.

Se considerará como potencia total:

$$P_{\text{total}} = P_{1-\text{motor}} + P_{2-\text{motor}} \quad (8)$$

Donde:

P_{total} : Potencia total del motor

$P_{1-\text{motor}}$: Potencia para vencer la fricción del líquido

$P_{2-\text{motor}}$: Potencia para vencer el peso de la carga

- Potencia necesaria para vencer la fricción del líquido de cincado ($P_{1-\text{motor}}$):

La Figura 4.8 muestra el esquema del tambor que almacenará los conectores hidráulicos. Cabe destacar que, para hallar la potencia necesaria del giro del tambor, este será considerado como un cilindro en rotación dentro de un fluido.

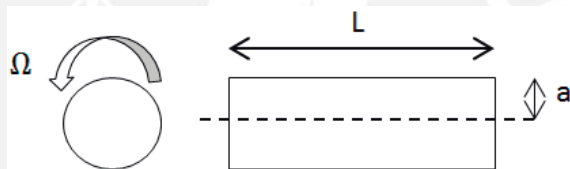


Figura 4.8 Esquema del tambor. Fuente: Propia

En aplicaciones prácticas donde se requiera cuantificar la potencia de un cilindro en rotación sumergido en un fluido, la ecuación (9) resulta útil para hallar el coeficiente de momento para un cilindro en rotación sumergido en un líquido en reposo [19]. Para el caso de un flujo laminar, la ecuación (10) define el coeficiente de momento para un cilindro que rota sobre su eje [20]:

$$\frac{T_q}{0,5 \times \rho \times \pi \times \Omega^2 \times a^4 \times L} = C_{mc} \quad (9)$$

Donde:

Ω : Velocidad angular del tambor

ρ : Densidad del fluido

a : Radio del tambor

L : Longitud del tambor

C_{mc} : Coeficiente de momento para un cilindro en rotación

T_q : Torque para vencer la fricción del fluido

$T_{1-\text{motor}}$: Torque necesario del motor por resistencia del fluido

$P_{1-\text{motor}}$: Potencia necesaria del motor por resistencia del fluido

A continuación, se muestra la ecuación (10) mencionada anteriormente:

$$C_{mc} = \frac{8}{Re_{\phi}} \quad (10)$$

Donde:

Re_{ϕ} : Número rotacional de Reynolds

Ya que no existe información comercial sobre la velocidad de rotación del tambor recomendada, se observaron videos de máquinas homólogas y se hicieron las consultas correspondientes durante las visitas a las empresas del rubro del cincado electrolítico. La ecuación (11) muestra la velocidad angular Ω que se estimó para la presente tesis:

$$\Omega = 4.189 \text{ rad/s} \quad (11)$$

Existe una correlación empírica entre Re_{ϕ} y C_{mc} mostrada en la ecuación (12), la cual sigue una tendencia de flujo laminar [19]:

$$\frac{1}{\sqrt{C_{mc}}} = -0.8572 + 1.25 \times \ln(Re_{\phi} \times \sqrt{C_{mc}}) \quad (12)$$

Se despeja el torque requerido T_q de la ecuación (9) considerando una velocidad angular Ω constante, y quedaría según la ecuación (13):

$$T_q = 0,5 \times \pi \times \rho \times \Omega^2 \times a^4 \times L \times C_{mc} \quad (13)$$

Adicionalmente, se tiene la ecuación (14) para calcular la potencia mecánica requerida y mantener un cuerpo girando a una determinada velocidad angular.

$$P = T_q \times \Omega \quad (14)$$

Se reemplaza (14) en (13), con lo cual se obtiene la ecuación (15) que relaciona parámetros conocidos y una variable C_{mc} aún por calcular:

$$P_{1-motor} = 0,5 \times \pi \times \rho \times \Omega^3 \times a^4 \times L \times C_{mc} \quad (15)$$

Por otro lado, la ecuación (16) se utilizará para el cálculo del número de Reynolds rotacional [19]:

$$Re_{\phi} = \frac{\Omega \times a^2}{\mu} \quad (16)$$

Donde:

μ : Viscosidad cinemática (Pa.s)

Ω : Velocidad angular del tambor (rad/s)

a : Radio del tambor (m)

Es así que, para llegar a un valor de C_{mc} , se necesita definir Re_{ϕ} . Para este propósito se define un valor de viscosidad cinemática de la solución electrolítica. Considerando una solución acuosa de ácido clorhídrico (HCl), se muestra la Tabla 4.2, la cual se obtuvo a partir de numerosos experimentos en baños temperados y muestra valores de viscosidades cinemáticas para distintas temperaturas y porcentajes de concentración, con unidades en centiStokes (cSt) [21].

Tabla 4.2 Viscosidad cinemática de soluciones acuosas de HCl en cSt. Fuente: [21]

% en Peso	Temperatura, °C						
	10	15	20	25	30	35	40
4.17	1.3432	1.2008	1.0058	0.9541	0.8612	0.7794	0.7239
8.11	1.3803	1.2255	1.1019	0.9912	0.8979	0.8002	0.7435
10.02	1.3917	1.2530	1.1127	1.0061	0.9218	0.8334	0.7738
12.44	1.4030	1.2614	1.1433	1.0310	0.9458	0.8509	0.7875
14.57	1.4386	1.2876	1.1670	1.0635	0.9669	0.8775	0.8281
17.37	1.4732	1.3297	1.2086	1.0975	1.0046	0.9128	0.8532
18.66	1.4936	1.3490	1.2377	1.1252	1.0347	0.9342	0.8841
21.92	1.5517	1.4106	1.2898	1.1797	1.0789	0.9895	0.9250
24.93	1.6071	1.4682	1.3483	1.2332	1.1368	1.0352	0.9760
27.05	1.6603	1.5072	1.3873	1.2757	1.1675	1.0722	1.0058
29.00	1.7263	1.5841	1.4462	1.3183	1.2209	1.1209	1.0591
32.20	1.8638	1.7002	1.5603	1.3730	1.3208	1.2227	1.1371
36.00	2.0446	1.8693	1.7224	1.5667	1.4346	1.3250	1.2445

De acuerdo a las condiciones de trabajo, las temperaturas entre las cuales se ejecuta el cincado electrolítico van desde los 20°C hasta los 32°C [22], por lo cual se considerarán viscosidades con temperaturas entre los 20°C y 30°C. En cuanto a las concentraciones del ácido, no se tiene una comparación directa que se encuentre adecuadamente documentada, por lo cual se calcula una media aritmética de los valores de viscosidad cinemática presentes en la Tabla 4.2 para todas las concentraciones ubicadas entre 20°C y 30°C grados de temperatura. Dicho valor se asumirá como la viscosidad cinemática para los cálculos restantes.

$$\bar{\mu} = 1.1779 \text{ (cSt)} \quad (17)$$

El valor obtenido de (17) se encuentra en centiStokes, y la ecuación (18) lo muestra en unidades del SI:

$$\mu = 1.1779 \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)} \quad (18)$$

De la figura 4.7 se obtiene el radio del cilindro circunscrito al tambor. Este valor será usado como referencia ya que la forma del tambor es prismática hexagonal. La ecuación (19) muestra el radio del tambor:

$$a = 0.160 \text{ m} \quad (19)$$

Reemplazando (18) y (19) en la ecuación (16) se obtiene:

$$Re_{\phi} = 98682.6171 \quad (20)$$

Para despejar y obtener el valor de C_{mc} se reemplaza (20) en la fórmula (12) y se debe iterar considerando un valor inicial de C_{mc} de 0,02 [19]. La ecuación (21) muestra el valor final de C_{mc} :

$$C_{mc} = 8.950 \times 10^{-3} \quad (21)$$

Para hallar valor de la potencia del motor necesitamos de la densidad de la solución en cuestión. Para ello, se usará como referencia la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Densidad de soluciones de ácido clorhídrico en Agua en Kg/L. Fuente: handymath.com

% Weight	Temperature in degrees Centigrade (°C)				
	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
4	1.0181	1.0116	1.0026	0.9919	0.9791
6	1.0279	1.0211	1.0121	1.0016	0.9892
8	1.0376	1.0305	1.0215	1.0111	0.9992
10	1.0474	1.0400	1.0310	1.0206	1.0090
12	1.0574	1.0497	1.0406	1.0302	1.0188
14	1.0675	1.0594	1.0502	1.0398	1.0286
16	1.0776	1.0692	1.0598	1.0494	1.0383
18	1.0878	1.0790	1.0694	1.0590	1.0479
20	1.0980	1.0888	1.0790	1.0685	1.0574
22	1.1083	1.0986	1.0886	1.0780	1.0668
24	1.1187	1.1085	1.0982	1.0874	1.0761
26	1.1290	1.1183	1.1076	1.0967	1.0853
28	1.1392	1.1280	1.1169	1.1058	1.0942
30	1.1493	1.1376	1.1260	1.1149	1.1030
32	1.1593	1.1471	1.1359	1.1246	1.1126
34	1.1691	1.1566	1.1452	1.1339	1.1216
36	1.1789	1.1661	1.1544	1.1432	1.1305

Con los datos presentados en la Tabla 4.3 se hallará la media de la densidad para el rango de trabajo de la máquina propuesta. El promedio aritmético es:

$$\rho = 1.0780 \quad (22)$$

La potencia del motor se hallará reemplazando L, (11), (19), (21) y (22) en (15):

$$P_{1-motor} = 0,5 \times \pi \times 1.0780 \times 4.189^3 \times 0.16^4 \times 0.75 \times 8.950 \times 10^{-3} \quad (23)$$

A partir de la ecuación (23), se obtiene $P_{1-motor}$:

$$P_{1-motor} = 0.0005 \text{ W} \quad (24)$$

Con este resultado se comprueba que la potencia necesaria para vencer el líquido electrolítico podría ser despreciada.

- Potencia necesaria para vencer el peso de la carga ($P_{2-motor}$):

El tambor se modelará como un cilindro de 150 mm de radio, tal como se observa en la Figura 4.9. Para calcular el torque necesario que mantenga el cilindro girando a velocidad constante Ω se asume que está cargado a máxima capacidad; es decir, con 15 kg de carga de conectores hidráulicos. Se asume que el peso de dicha carga se ubicará en la posición más lejana del eje de giro, lo que significa que se modelará el sistema para hallar el máximo torque necesario. Adicionalmente, se sabe que la masa de conectores hidráulicos experimentará un empuje hidrostático al estar sumergida bajo el nivel del agua; entonces la fuerza que ejerce la carga sobre el tambor se modela según la ecuación (25).

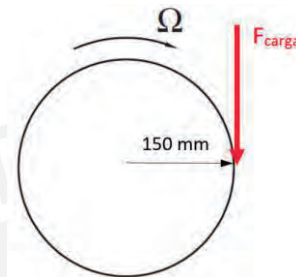


Figura 4.9. Acción de la carga interna de la carga sobre el tambor. Fuente Propia

$$F_{carga} = M_{m\acute{a}x-conectores} \times \frac{(\rho_{piezas} - \rho_{l\acute{i}quido})}{\rho_{conectores}} \times g \quad (25)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x-conectores}$: Masa máxima de conectores hidráulicos dentro del tambor

ρ_{piezas} : Densidad de conectores hidráulicos a cincinar

$\rho_{l\acute{i}quido}$: Densidad de líquido electrolítico

F_{carga} : Fuerza de la carga interior del tambor

g : Aceleración de la gravedad

Por otro lado, se hallarán las siguientes variables:

T_{carga} : Torque de la carga interior del tambor

$P_{2-motor}$: Potencia de motor producto de la carga interior del tambor

$T_{2-motor}$: Torque de motor producto de la carga interior del tambor

P_{total} : Potencia total del motor necesaria para efectuar rotación del tambor

Ω_{motor} : Velocidad angular del motor

Considerando que el material de los conectores hidráulicos a cincinar es de acero, se considera el siguiente valor de ρ_{piezas} en la ecuación (26):

$$\rho_{piezas} = 7,850 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (26)$$

Reemplazando (22) y (26) en (25), se obtiene:

$$F_{\text{carga}} = 15 \text{ kg} \times \frac{(7,850 - 1,078) \text{ kg/m}^3}{7,850 \text{ kg/m}^3} \times 9.81 = 126.94 \text{ N}$$

Multiplicando F_{carga} por el radio del cilindro, se obtiene T_{carga} :

$$T_{\text{carga}} = 0.15 \text{ m} \times F_{\text{carga}} = 19.04 \text{ N.m}$$

Multiplicando T_{carga} por $\Omega = 4,189 \text{ rad/s}$, se obtiene $P_{2-\text{motor}}$ en la ecuación (27):

$$P_{2-\text{motor}} = T_{\text{carga}} \times \Omega = 19.04 \text{ (N.m)} \times 4.189 \text{ (rad/s)}$$

$$P_{2-\text{motor}} = 79.76 \text{ W} \quad (27)$$

Como se utiliza una transmisión de 5 a 1 entre los engranajes, a continuación, se muestran los cálculos para $T_{2-\text{motor}}$ y Ω_{motor} :

$$T_{2-\text{motor}} = \frac{T_{\text{carga}}}{5} = \frac{19.04}{5} = 3.808 \cong 3.8 \text{ N.m}$$

$$\Omega_{\text{motor}} = \Omega \times 5 = 4.189 \times 5 = 20.495 \text{ rad/s} \cong 200 \text{ RPM}$$

Para la potencia total que se requiere, reemplazamos (24) y (27) en (8):

$$P_{\text{total}} = 79.76 + 0.0005 = 79.7605 \text{ W} \cong 80 \text{ W}$$

Por lo tanto, se debe escoger un motor que entregue al menos 80 W de potencia a una velocidad de 200 RPM y 3.8 N.m de torque de arranque.

C. Selección del actuador lineal:

El actuador lineal se escogerá en base a 3 características: capacidad de carga, longitud de carrera y condiciones de uso. A continuación, se detallarán los requerimientos de cada una.

- Capacidad de carga:

Peso total del sistema a soportar:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{tambor}} + P_{\text{mec_trans}} + P_{\text{piezas}} + P_{\text{estructura}} \quad (28)$$

Donde:

Peso del tambor: $P_{\text{tambor}} = 1,378 \text{ kg}$.

Peso del mecanismo de transmisión: $P_{\text{mecanismo de transmisión}} = 5 \text{ kg}$.

Peso de los conectores hidráulicos a cincinar: $P_{\text{piezas}} = 15 \text{ kg}$.

Peso de la estructura a cargar: $P_{\text{estructura}} = 10 \text{ kg}$.

Reemplazando los valores señalados anteriormente en la ecuación (28):

$$P_{\text{Peso}_{\text{total}}} = m \times g = 31,378 \text{ kg} \times 9.81 = 307,82 \cong 310 \text{ N}$$

- Longitud de carrera:

En conformidad con la geometría del sistema, la carrera del actuador debe garantizar que el tambor de carga podrá entrar en un tanque de cincado de las siguientes medidas. La Figura 4.10 representa la posición más baja del tambor con respecto al tanque de cincado. De acuerdo a esto se esquematiza la situación del tanque en la figura 4.11 se muestra la geometría del tanque, nivel de agua y la profundidad que el tambor debe sumergirse.

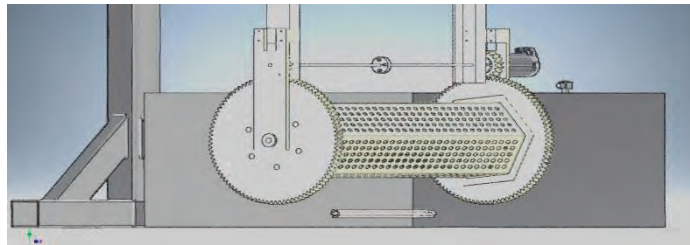


Figura 4.10 Vista isométrica de la posición del tambor con respecto a la tina. Fuente: Propia

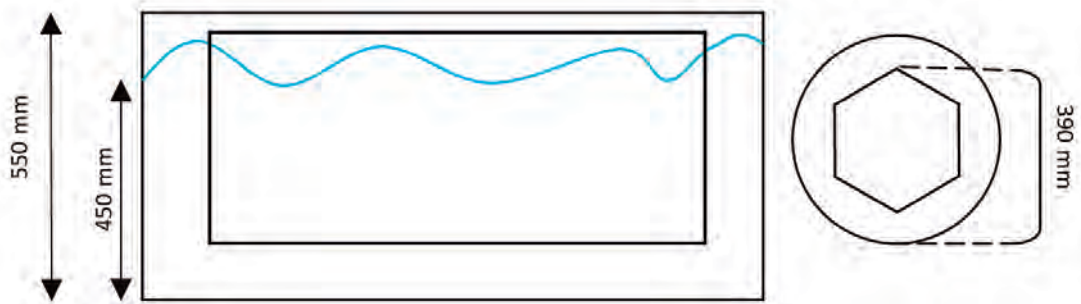


Figura 4.11 Esquema del tanque, tambor y la solución electrolítica. Fuente: Propia

De la Figura 4.11, se obtiene que la profundidad que el tambor debe sumergirse es de 390 milímetros para que los conectores estén sumergidos en el líquido.

$$\text{Carrera mínima} = 390 \text{ mm} + (550 \text{ mm} - 450 \text{ mm}) = 490 \text{ mm}$$

Es decir, la carrera tendría que ser mayor a 490 mm para poder retirar y sumergir el tambor con seguridad en el tanque de cincado.

- Condiciones de uso:

En el ambiente en el cual operará el actuador lineal estarán presentes vapores de ácidos y se tendrá que operar en presencia de humedad y salpicaduras de sustancias corrosivas, por lo cual el vástago del actuador deberá ser resistente a estas para evitar un posible deterioro de sus componentes.

En resumen, se requerirá un actuador lineal que sea capaz de operar con una carga mayor a 310 N, con una carrera mínima de 490 mm y que sea resistente a vapores de soluciones corrosivas y ácidas.

D. Cálculo de potencia del motor de rotación del sistema:

Se seleccionarán la velocidad angular y el torque requerido por el motor para poder mover todo el brazo del mecanismo, teniendo como base el sub-ensamble viga-columna base.

En la Figura 4.12 se muestran esquemas de la viga a calcular.

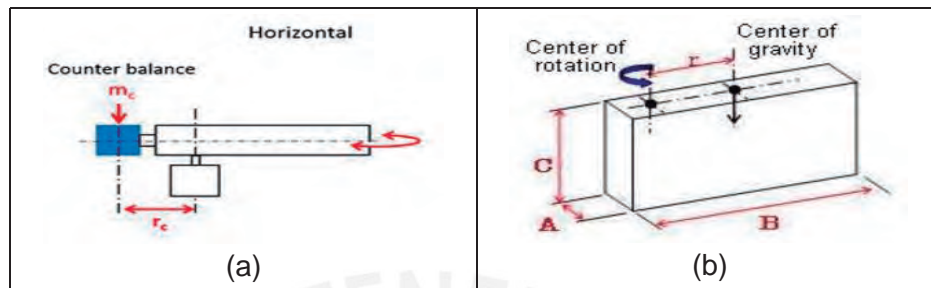


Figura 4.12 Esquemas a considerar para el cálculo de la potencia del motor. a) Bosquejo del diseño del contrapeso y la viga horizontal. b) Dimensiones de la viga horizontal. Fuente: orientalmotor.com

Se consideran los siguientes datos para el cálculo de la potencia del motor:

- Ancho de la viga: $A = 100$ mm
- Largo de la viga: $B = 910$ mm
- Distancia de rotación hacia el centro de gravedad: $r_c = 450$ mm
- Distancia del centro de rotación al centro de gravedad: $r = 844$ mm
- Masa de la viga horizontal: $m = 47.5$ kg
- Masa del contrapeso: $m_c = 90$ kg
- Eficiencia considerada del sistema: $\eta = 90\%$
- Factor de seguridad: $FS = 1.2$

En cuanto a los engranajes que transmitirán potencia, se tienen los siguientes datos:

- Diámetro del engranaje motriz: $D_{p-1} = 80$ mm
- Diámetro del engranaje conducido: $D_{p-2} = 320$ mm
- Masa del engranaje motriz: $m_{p-1} = 0.83$ kg
- Masa del engranaje conducido: $m_{p-2} = 15.3$ kg
- Transmisión que se aplicará es de 4 a 1.

Se especifican las condiciones de operación.

- Ángulo de rotación: $\theta = 180^\circ$ (grados)
- Tiempo de posicionamiento: $t_0 = 6$ s
- Tiempo de parada: $t_s = 1.5$ s
- Tiempo de aceleración/desaceleración: $t_1 = 1.5$ s

Antes de hallar el torque requerido, a través de la ecuación (29) se calculará la velocidad angular requerida de motor V_m [23]:

$$V_m = \left(\frac{\theta}{360}\right) \times \frac{60}{t_0 - t_1} \times \frac{D_{p-1}}{D_{p-2}} \quad (29)$$

Reemplazando los parámetros de diseño establecidos anteriormente en (29):

$$V_m = \left(\frac{180}{360}\right) \times \frac{60}{6 - 1.5} \times \frac{320}{80}$$

$$V_m = 26.7 \text{ rev/min} \quad (30)$$

Posteriormente, con la ecuación (31) se procede a calcular la inercia total del sistema contrapeso-viga J_L :

$$J_L = (J_W + J_C + J_{Dp-2}) \times \left(\frac{D_{p-1}}{D_{p-2}}\right)^2 + J_{Dp-1} \quad (31)$$

Donde:

- Inercia de la viga horizontal: J_W
- Inercia del contrapeso: J_C
- Inercia del engranaje motriz: J_{Dp-1}
- Inercia del engranaje conducido: J_{Dp-2}

Con las ecuaciones (32), (33), (34) y (35) se hallarán las inercias enunciadas anteriormente [23]:

$$J_W = \frac{1}{12} \times m \times (A \times 10^{-3})^2 + (B \times 10^{-3})^2 + 12 \times (r \times 10^{-3})^2 \quad (32)$$

$$J_C = m_c \times r_c^2 \quad (33)$$

$$J_{Dp-1} = \frac{1}{8} \times m_{p-1} \times (D_{p-1} \times 10^{-3})^2 \quad (34)$$

$$J_{Dp-2} = \frac{1}{8} \times m_{p-2} \times (D_{p-2} \times 10^{-3})^2 \quad (35)$$

Reemplazando los parámetros de diseño establecidos inicialmente, en las ecuaciones (32), (33), (34) y (35):

$$J_W = 37,15 \text{ kg. m}^2 \quad (36)$$

$$J_C = 18.23 \quad (37)$$

$$J_{Dp-1} = 6.64 \times 10^{-7} \text{ kg. m}^2 \quad (38)$$

$$J_{Dp-2} = 0,1958 \text{ kg. m}^2 \quad (39)$$

Reemplazando (36), (37), (38) y (39) en (31), se obtiene la inercia total J_L :

$$J_L = 3,473 \text{ kg. m}^2 \quad (40)$$

Con la ecuación (41) se hallará el torque del motor requerido:

$$T_a = (1.2 \times J_L) \times \frac{V_m}{9,55 \times t_1} \times FS \quad (41)$$

Reemplazando (30), (40) y los parámetros de diseño iniciales en (41) se obtiene:

$$T_a = 9,3108 \cong 9.5 \text{ N.m} \quad (42)$$

Finalmente, para calcular la potencia necesaria del motor, se convierten las unidades de (30) a rad/s y se multiplica con el torque requerido del motor (42):

$$V_m = 2.8 \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{motor}} = T_a \times V_m \rightarrow P_{\text{motor}} = 26.6 \text{ W} \cong 27 \text{ W}$$

Por lo tanto, se necesitará un motor de 27 W, que brinde un torque de 9.5 N.m y una velocidad angular de 26.7 RPM.

E. Cálculo de la unión de aluminio a corte:

En la Figura 4.13 se muestra un esquema de la interacción de 3 elementos que están en contacto: el vástago del actuador lineal, un cubo de aluminio (ítem 2 del sub-ensamble carro móvil vertical en la Figura 4.5) y un pin, sobre el cual se realizará el análisis por estar sometido. Es importante resaltar que el material de dicho pin es acero, en contraste con el material de la unión que es aluminio, lo cual hace de esta pieza un eslabón crítico y la más propensa a fallar en esta disposición. El diámetro del pin para el actuador es 12.8 milímetros.

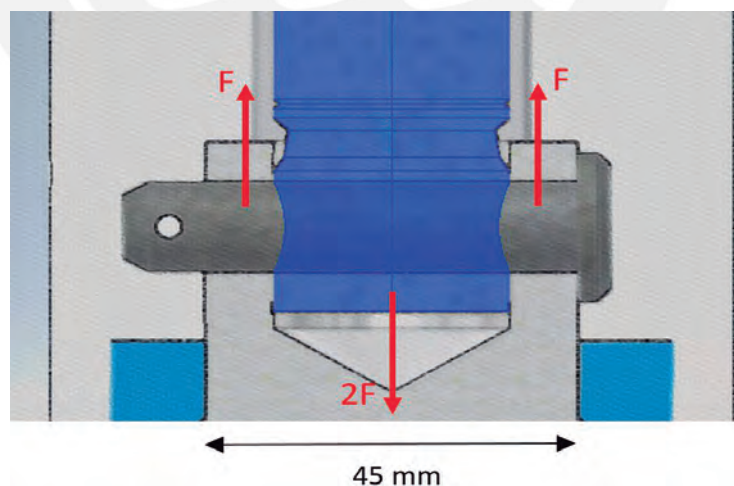


Figura 4.13 DCL de la unión del vástago del actuador lineal, unión de aluminio y pin. Fuente: Propia

El área sobre el cual recae la fuerza es $A = 1449 \text{ mm}^2$, y la carga a soportar será la misma requerida para el actuador lineal: $2F = 310 \text{ N}$.

La ecuación (43) muestra la relación entre fuerza (2F), área (A) y densidad (σ_{aluminio}):

$$\frac{\sigma_{\text{aluminio}}}{FS} = \frac{2F}{A} \quad (43)$$

Considerando la densidad del aluminio:

$$\sigma_{\text{aluminio}} = 55\text{MPa} \quad (44)$$

Reemplazando (44), F y A en la ecuación (43), se hallará el FS de la unión:

$$FS = 258.9$$

El factor de seguridad de esta pieza evidencia que efectivamente la pieza de aluminio no fallará por ningún motivo durante la operación.

F. Cálculo de pernos de anclaje:

La máquina se anclará al piso a través de pernos de expansión que asegurarán la base de la estructura central con la cimentación o loza del local a instalar. Para calcular el tamaño de los pernos, así como los requisitos para la cimentación de la máquina, se tomará como referencia la ficha técnica del fabricante HILTI [24].

Se escogerá el perno de anclaje con la premisa de que se debe poder trabajar con una loza de concreto del menor espesor posible, ya que esto brindará menor inversión de cimentación para quien adquiera el sistema. Adicionalmente, se toma en consideración la norma ACI 318 para escoger los valores adecuados de las tablas presentadas más adelante. Finalmente se opta por escoger el modelo KB-3 por ser común en el mercado nacional [25].

La Figura 4.14 muestra un diagrama indicando las fuerzas y reacciones A y B en los anclajes.

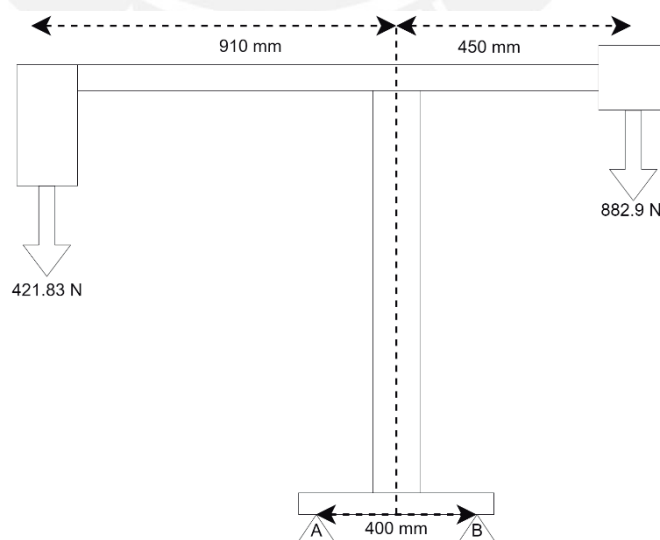


Figura 4.14 Diagrama para el cálculo de reacciones en anclajes. Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta las fuerzas involucradas, se plantean las ecuaciones de equilibrio (45) y (46):

$$\sum M_A = 0 \quad (45)$$

$$\sum F_Y = 0 \quad (46)$$

Desarrollando la ecuación (45) y tomando como punto de referencia el anclaje A en la Figura 4.14, se obtiene F_B en (47):

$$(0.4) \times F_B + (0.71) \times 421.83 \text{ N} = (0.65) \times 882.9 \text{ N}$$

$$F_B = 685.96 \text{ N} \quad (47)$$

De manera similar, se desarrolla la ecuación (46):

$$F_A + F_B = 421.83 \text{ N} + 882.9 \text{ N}$$

Reemplazando (47) en la ecuación anterior, se obtiene:

$$F_A = 618.77 \text{ N} \quad (48)$$

Tabla 4.4 Resistencia de diseño de KB-3 con falla de concreto. Fuente: HILTI

Diámetro nominal del anclaje	Empotramiento efectivo . pulg. (mm)	Empotramiento nominal . pulg. (mm)	Tensión - ϕN_n				Corte - ϕV_n			
			$f'_c = 2500 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 3000 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 4000 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 6000 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 2500 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 3000 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 4000 \text{ psi}$ lb (kN)	$f'_c = 6000 \text{ psi}$ lb (kN)
1/4	1-1/2 (38)	1-3/4 (44)	1,025 (4.6)	1,080 (4.8)	1,180 (5.2)	1,330 (5.9)	1,545 (6.9)	1,690 (7.5)	1,950 (8.7)	2,390 (10.6)
	2 (51)	2-3/8 (60)	2,205 (9.8)	2,415 (10.7)	2,790 (12.4)	3,420 (15.2)	2,375 (10.6)	2,605 (11.6)	3,005 (13.4)	3,680 (16.4)
1/2	2 (51)	2-1/4 (57)	2,205 (9.8)	2,415 (10.7)	2,790 (12.4)	3,420 (15.2)	2,375 (10.6)	2,605 (11.6)	3,005 (13.4)	3,680 (16.4)
	3-1/4 (83)	3-1/2 (89)	4,420 (19.7)	4,840 (21.5)	5,590 (24.9)	6,845 (30.4)	9,845 (43.8)	10,785 (48.0)	12,450 (55.4)	15,250 (67.8)
5/8	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	4,310 (19.2)	4,720 (21.0)	5,450 (24.2)	6,675 (29.7)	9,280 (41.3)	10,165 (45.2)	11,740 (52.2)	14,380 (64.0)
	4 (102)	4-3/8 (111)	6,240 (27.8)	6,835 (30.4)	7,895 (35.1)	9,665 (43.0)	13,440 (59.8)	14,725 (65.5)	17,000 (75.6)	20,820 (92.6)
3/4	3-3/4 (95)	4-1/4 (108)	5,665 (25.2)	6,205 (27.6)	7,165 (31.9)	8,775 (39.0)	12,200 (54.3)	13,365 (59.5)	15,430 (68.6)	18,900 (84.1)
	5 (127)	5-1/2 (140)	6,880 (30.6)	7,535 (33.5)	8,705 (38.7)	10,660 (47.4)	18,785 (83.6)	20,575 (91.5)	23,760 (105.7)	29,100 (129.4)

Como resultado de despejar las variables en las ecuaciones anteriores, tenemos los valores de carga de tracción a la que serán sometidas las uniones por tornillos de expansión.

De la Tabla 4.4 se aprecia que los valores de carga aceptables para los tornillos de expansión de marca HILTI modelo KB-3 son mucho mayores a la carga máxima que se tendría que aplicar a las uniones emperradas. Por consiguiente, se escoge el diámetro de anclaje de 1/4.

G. Cálculo de la resistencia eléctrica.

La potencia requerida para calentar un determinado volumen de agua se establece según la fórmula (49):

$$P \times t = C_e \times \Delta T \times V \times FC \quad (49)$$

Donde:

- P: Potencia en KW
- t: Tiempo en horas = 2,5 horas
- C_e : Calor específico en Kcal/kg.°C= 1 kCal/kg.°C
- ΔT : Diferencia máxima de temperatura=10°C
- V: Volumen de líquido en Litros = 500 L
- FC: Factor de conversión de Kcal a KW-h=0,0011622 KW-h / Kcal

Reemplazando en (50):

$$P \times t = C_e \times \Delta T \times V \times FC \quad (50)$$

$$P = 2.32 \text{ KW} \cong 2.5 \text{ KW} \quad (515)$$

Por lo que se utilizará una resistencia de 2.5 KW de potencia.

4.2.3. Simulaciones mecánicas

Para la validación del diseño mecánico se presentarán simulaciones para tres de los casos más críticos: la carga sobre el tambor, la carga sobre la viga horizontal del sub-ensamble viga columna central, y la carga sobre la viga vertical del sub-esamble columna base. La sección 5 de Anexos muestra más simulaciones realizadas a otros componentes mecánicos del sistema. El método usado es el análisis por elementos finitos del programa *Autodesk Inventor 2017* y se buscarán los resultados críticos de esfuerzos de Von Mises, deformaciones y factores de seguridad.

A) Carga sobre el tambor:

Uno de los puntos más sensibles del sistema es el tambor que albergará a los conectores hidráulicos. Por esa razón se evalúa su resistencia mecánica. Teniendo en cuenta que el material de esta pieza es polipropileno, la Figura 4.15 presenta el resultado de la simulación del tambor bajo la carga del peso de los conectores (15 kg), mostrando los esfuerzos de Von Mises, deformaciones del tambor como consecuencia de la carga aplicada y el factor de seguridad del tambor. El esfuerzo máximo de Von Mises presente en el tambor es de 4 MPa, mientras que la deformación máxima es de 2.5 milímetros. Esta deformación resulta ser muy pequeña, considerando que representa un 0.3% de la longitud total del tambor (750 mm) y que el material es relativamente elástico, con elongaciones máximas de 0.2 mm [26]. Finalmente, el factor de seguridad mínimo que nos brinda el software es de 7.48, lo cual nos garantiza que el tambor estará trabajando dentro de sus límites mecánicos, ya que es mucho mayor que 1.

Es importante señalar que no es posible diseñar el tambor con un espesor menor, ya que se acercaría peligrosamente a su punto de ruptura (el espesor es de 2 milímetros), desperdiciando tiempo y material.

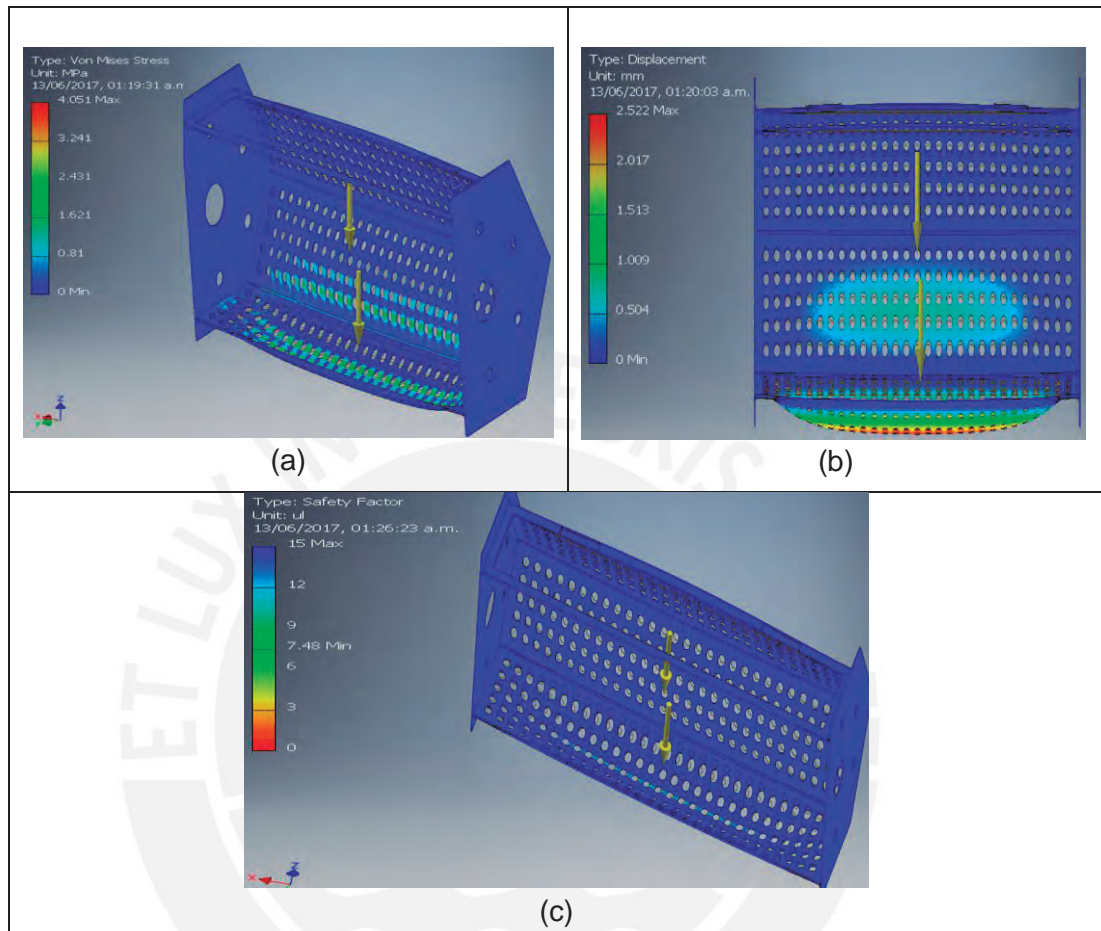


Figura 4.15 Simulaciones de la carga máxima del tambor. a) Esfuerzo de Von Mises. b) Deformación. c) Factor de seguridad

B) Cargas sobre la viga horizontal del sub-ensamble viga-columna central:

Otro caso crítico que necesita de análisis es la viga que sostendrá la mayoría del sistema. La simulación nos ofrece un resultado previsible. La carga de la viga se compone de 2 partes: una es de 43 kg en el lado más alejado del eje del mecanismo, y otra carga del contrapeso que tiene una masa de 90 kg.

La Figura 4.16 muestra la disposición de las cargas sobre la viga; así mismo se puede evidenciar que el esfuerzo máximo es de 56 MPa. Este esfuerzo es aproximadamente cinco veces menor a su resistencia a la fluencia, que es de 250 MPa para acero inoxidable, por lo cual se sabe que no fallará por fluencia.

Es importante saber cuánta deformación presentará el sistema bajo la carga de trabajo y cuál es el factor de seguridad del diseño. Es por ello que en la Figura 4.17 se presentan los resultados de la deflexión del sistema y el valor del factor de seguridad.

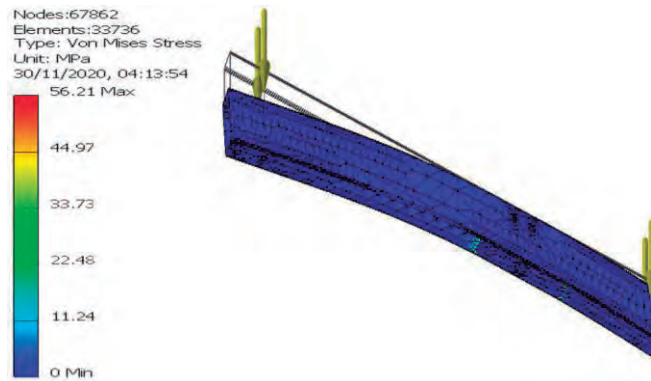


Figura 4.16 Simulación del esfuerzo de fluencia de Von Mises. Fuente: Propia

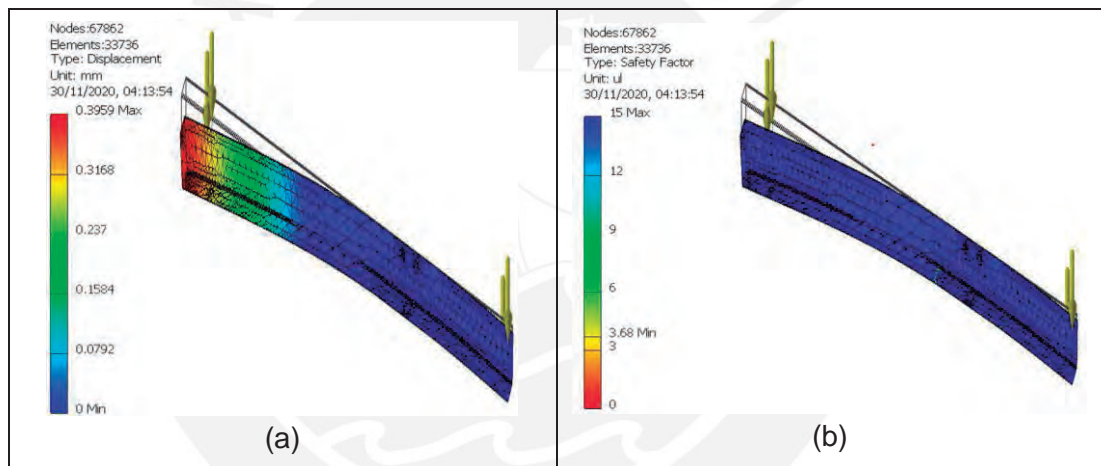


Figura 4.17 Simulaciones de deformación y el factor de seguridad de la viga. Fuente: Propia

Puede apreciarse que la flecha máxima es menor a 0.4 mm, lo cual es satisfactorio ya que la longitud de la viga es de aproximadamente 1500 mm y representa una flecha menor a 0.03%.

Por otro lado, concluyendo el análisis de la viga, la simulación revela que el menor factor de seguridad de la pieza es de 3,68. Este valor es bastante bueno ya que permite asegurar que una parte muy importante del mecanismo y estructura de la máquina tiene capacidad de ser sobrecargada sin temor a que sufra deformación plástica.

C) Carga total sobre la viga vertical del sub-ensamble viga columna base

Como ya se explicó en la sección 4.2.1 se la presente tesis, esta columna de perfil cuadrado será la encargada de brindar rigidez al mecanismo, por lo cual debe ser capaz de mantener su posición y no pandearse ni flexionarse con la carga total aplicada. Para ello, se aplican las cargas que actúan sobre todo el sistema, las cuales son:

- Masa del contrapeso: 90 kg.
- Masa de la carga en el extremo de la carga de conectores hidráulicos: 43 kg.
- Masa de la viga y accesorios centrales: 28 kg:

La Figura 4.18 presenta el resultado de la simulación de esfuerzos de Von Mises para el ensamble de estructura metálica. Aquellas que están alejadas generarán, además de compresión, flexión sobre la viga vertical.

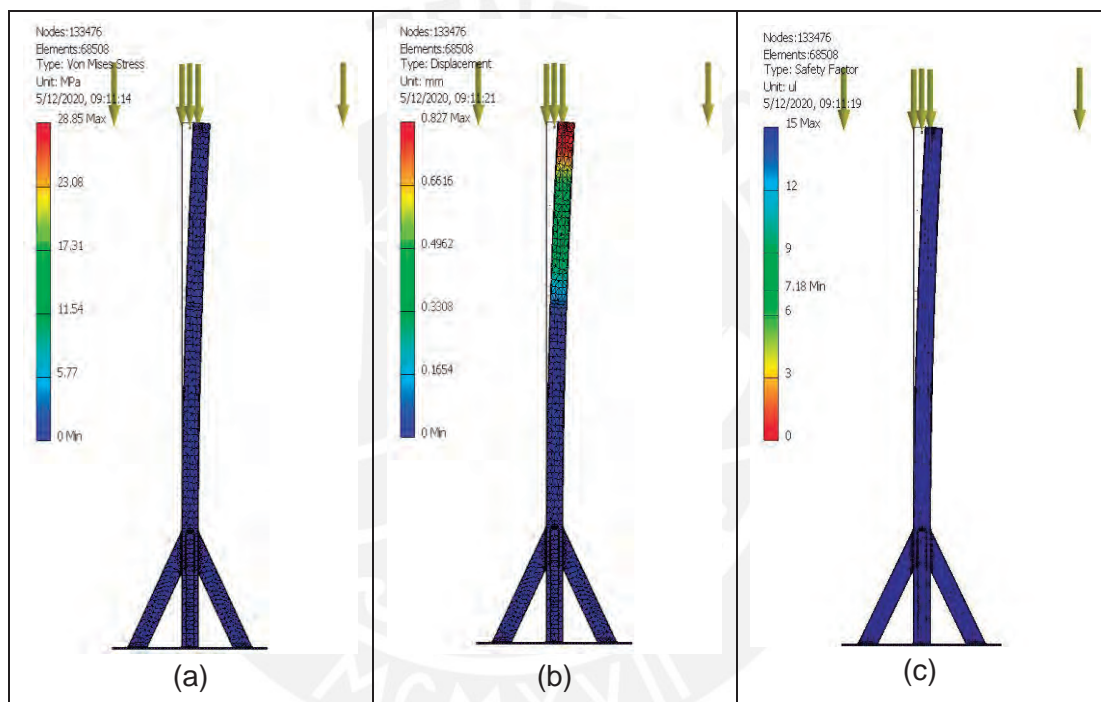


Figura 4.18 Simulación de las cargas sobre la viga base del sistema. a) Simulación del esfuerzo de Von Mises. b) Simulación del desplazamiento de la viga. c) Simulación del factor de seguridad de la viga. Fuente: Propia

Se observa que el máximo esfuerzo de Von Mises es 28.85 MPa, el cual está por debajo del esfuerzo de fluencia del acero estructural (290 MPa). En cuanto a la deformación de la viga, se producirá un desplazamiento máximo de 0.83 mm, el cual es despreciable frente a la altura de la viga (2.5 metros). Finalmente, el factor de seguridad mínimo es de 7.18, el cual garantiza que la viga no fallará. Podría escogerse una viga de perfil cuadrado con un espesor más delgado; sin embargo, el perfil propuesto es más comercial en el mercado peruano (perfil 100 x 100 x 4 mm) y la diferencia de costos con una de menor espesor resulta despreciable teniendo en cuenta el costo total del sistema (calculado en el capítulo 5 de la presente tesis).

4.3. DISEÑO ELECTRÓNICO

Para el diseño electrónico, se describirán los componentes a utilizar de acuerdo a las necesidades y alcances ya establecidos, luego se presentará el diagrama de bloques eléctrico de los componentes electrónicos elegidos, posteriormente se visualizará la ubicación de todos los sensores y actuadores dentro del sistema, y finalmente se mostrará el diagrama esquemático de este dominio.

4.3.1. Componentes a utilizar

Se presentarán los componentes electrónicos a utilizar y la razón por la que se escogieron. Es importante señalar que la información presentada en esta sección se basa en las hojas de datos del fabricante de cada componente, las cuales se encuentran en la sección 6 de Anexos. Además, en la sección 4 de Anexos se hace una comparación de distintos modelos de algunos componentes por cada tipo de dispositivo. Por otro lado, las conexiones de cada componente se muestran en el diagrama esquemático en la sección 4.3.3.

A) MICROCONTROLADOR ARDUINO MEGA 2560

Este dispositivo activará mediante señales de control los sensores y actuadores del sistema. La Tabla 4.5 muestra las características del componente, mientras la Figura 4.19 muestra una imagen del controlador y la tarjeta integrada.

Tabla 4.5 Principales características del ATMEL SAM3X8E. Fuente: Propia

Voltaje de entrada (VDC)	Pines digitales (I/O)	Pines analógicos	Voltaje de operación (VDC)	Tarjeta de desarrollo	Precio (S/.)
6 - 20	54 (12 de PWM)	12	3.3	Arduino Mega2560	90

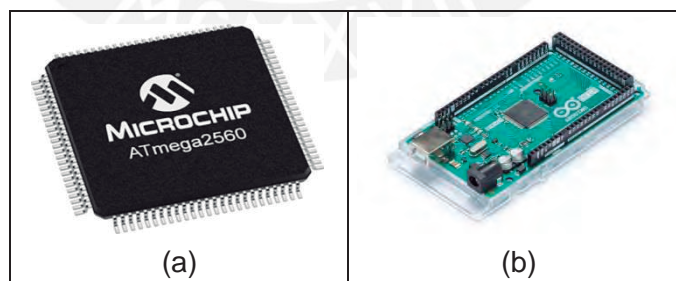


Figura 4.19 Microcontroladores y tarjetas a utilizar. a) Microcontrolador ATMEGA2560.

Fuente: es.rs-online.com b) Tarjeta de desarrollo Arduino MEGA 2560. Fuente: store.arduino.cc

El ATMEGA2560 integrado a la tarjeta Arduino Mega2560 tiene la cantidad de pines necesaria para controlar la mayor cantidad de sensores y actuadores del sistema. Este dispositivo se alimentará con la fuente de poder presentada más adelante. Además, su precio es totalmente accesible para cualquier persona.

B) CELDA DE CARGA UTILCELL 610 Y MÓDULO HX-711

La celda de carga es ideal para ser aplicada en este sistema, pues mide la fuerza axial a tracción y compresión [27] producto del peso del tambor. Con este dispositivo se logrará tener un valor del peso de los conectores, el cual no deberá ser mayor de 15 Kg. Si se da este último caso, el proceso de cincado no podrá darse y aparecerá un mensaje en la interfaz solicitando un peso menor. El módulo HX-711 se encargará recibir la señal analógica brindada por la celda y convertirla a una señal digital con su conversor interno de 24 bits [28]. La Tabla 4.6 y la Figura 4.20 muestran las características e imágenes de los componentes para sensar el peso.

Tabla 4.6 Principales características de la célula de carga UTILCELL 610 y módulo HX711.

Fuente: Propia

Descripción	Voltaje de entrada (VDC)	Capacidad nominal (kg)	Voltaje de salida	Voltaje de operación (VDC)	Tipo de carga	Precio (S/.)
Celda UTILCELL 610	5	50 - 1000	Analógica	5	Tracción y compresión	197
Módulo HX-711	5	-	Digital	5	Resistiva	12

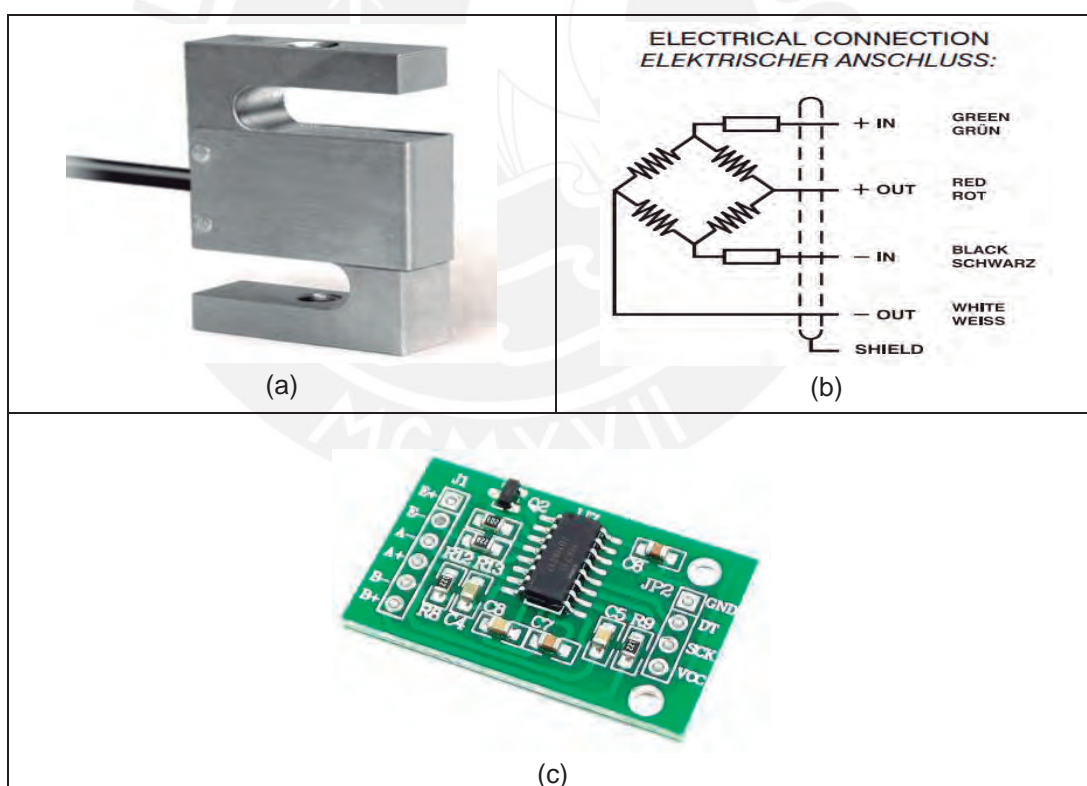


Figura 4.20 Componentes para obtener el peso de conectores hidráulicos. a) Célula de carga UTILCELL 610. b) Esquemático interno del UTILCELL 610. Fuente: utilcell.es
c) Módulo HX-711. Fuente: naylampmechatronics.com

C) CONTROLADOR DE TEMP. REX-C100 Y RESISTENCIA DE 2.5 KW

Este controlador aumentará la temperatura del líquido de zinc mientras la temperatura ambiente esté entre 10°C y 19°C, accionando la resistencia mediante el relé de estado sólido y la termocupla que vienen como implementos adicionales. Se recomienda que la diferencia entre la temperatura deseada y la temperatura ambiente sea de máximo 10°C, de lo contrario la resistencia de 2.5KW (calculada en la sección 4.2.2) tardará más minutos en calentar el líquido electrolítico a la temperatura seteada. La Tabla 4.7 muestra las principales características del controlador REX-C100, relé SSR 40A y la termocupla tipo K, mientras que la Tabla 4.8 muestra las principales características de la resistencia. Finalmente, la Figura 4.21 muestra imágenes de los cuatro componentes ya mencionados.

Tabla 4.7 Principales características del REX-C100. Fuente: Propia

Descripción	Voltaje de entrada (VAC)	Rango de temperatura a controlar (°C)	Interfaz	Voltaje de operación (V)	Implementos adicionales	Precio (S/.)
REX-C100	110-240 VAC	0 - 400	Pantalla LED	5 VDC	Disipador de calor	130
Relé SSR 40A	5 VDC	-	-	220 VAC	-	
Termocupla tipo K	-	0-400	-	5 VDC	-	

Tabla 4.8 Principales características de la resistencia de 2.5 KW. Fuente: Propia

Voltaje de entrada (VAC)	Potencia a consumir (W)	Precio (S/.)
220	2500	200

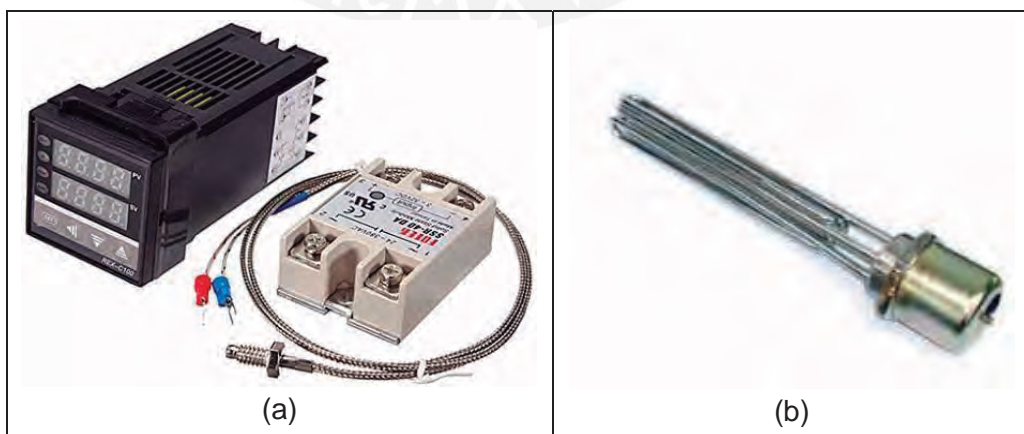


Figura 4.21 Componentes para control de temperatura. a) REX-C100 y accesorios. Fuente: amazon.com. b) Resistencia de 2.5KW. Fuente: salvadorescoda.com

D) SERVOMOTOR INTEGRADO CLEARPATH CPM-SDSK-3432S-RLN

Este motor se encargará de hacer girar el sistema sobre su eje para poder ubicarlo encima de la tina de zinc, así como de girar el tambor que ingresará al baño de zinc. La Tabla 4.9 presenta los principales datos técnicos del motor, mientras que la Figura 4.22 muestra una imagen del mismo.

Tabla 4.9 Principales características del servomotor ClearPath. Fuente: Propia

Voltaje de entrada (VDC)	Máxima velocidad (RPM)	Potencia nominal (W)	Precio (S/.)
24 – 75	840	251	1653



Figura 4.22 Servomotor integrado ClearPath CPM-SDSK-3432S-RLN. Fuente: teknic.com

Este servomotor tiene 3 tipos de conexiones: alimentación, control y USB. La fuente de alimentación del motor será la Teknic IPC-5 recomendada por el fabricante (ver Figura 4.29) a 75 VDC. Las señales de control con el Arduino se darán a través de ocho pines (ver sección 4.3.3 del presente documento para más detalles). Finalmente, la conexión USB sirve para darle una configuración inicial al motor mediante el software ClearPath MSP instalado en una PC; para posteriormente desconectarse y comenzar a operar. La Figura 4.23 muestra un esquemático con las conexiones del servomotor.

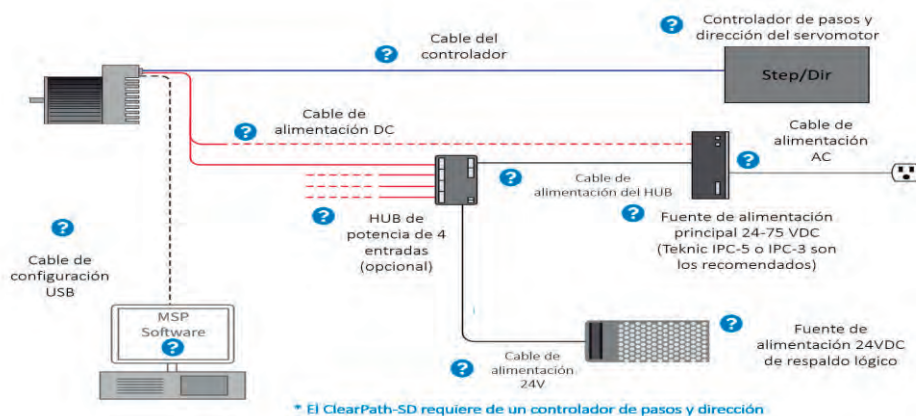


Figura 4.23 Esquemático del servomotor ClearPath CPM-SDSK-3432S-RLM. Fuente: teknic.com

Según los cálculos mostrados en la sección 4.2.2 de la presente tesis, se obtiene que para poder mover el tambor se requiere un motor de 80 W de potencia a 200 RPM. El servomotor ClearPath cumple con las características según la Tabla 4.9, por lo que se escogerá este motor para accionar el tambor. Además, según los cálculos de la sección 4.2.3, se obtiene que la potencia necesaria para hacer girar el sistema es de 27 W a 26.7 RPM. Ya que las características requeridas de los motores cumplen con las especificaciones del servomotor ClearPath, se utilizará este modelo de motor para cada uno de los dos requerimientos.

E) FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC IPC-5

Esta fuente es la recomendada por el fabricante Teknic para la alimentación de un servomotor ClearPath según la figura 4.23. La Tabla 4.10 muestra las características de este componente, mientras que la Figura 4.24 muestra imágenes del mismo.

Tabla 4.10 Especificaciones de la fuente IPC-5. Fuente: Propia

Voltaje de entrada (VAC)	Voltaje de salida (VDC)	Potencia nominal (W)	Precio (S/.)
190 - 220 VAC	75	350 – 500	1292



Figura 4.24 Fuente de alimentación DC IPC-5. Fuente: teknic.com

Como ya se explicó en la parte E) de esta sección, la fuente DC debe controlar un servomotor con 80 W y otro con 27 W. Dado que ambos motores no trabajan a la vez, basta con que la capacidad de la fuente IPC-5 sea mayor que la del motor con mayor potencia. Como esto cumple, se concluye que la fuente IPC-5 puede alimentar a ambos motores. Es importante resaltar que el voltaje de salida de 75V de esta fuente se transformará en 12V y 5V para poder alimentar al controlador y otros componentes menores; más adelante se describirán los componentes que harán esto posible.

F) ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO THOMSON LA 24 AA22-05B65M

Este componente soportará la carga del tambor junto con los conectores hidráulicos, además de elevar y sumergir el tambor en el líquido. La Tabla 4.11 y la Figura 4.25 muestran las características del actuador y una imagen de este.

Tabla 4.11 Características principales del THOMSON LA24. Fuente: Propia

Fabricante	Voltaje de entrada (VAC)	Carrera máxima (m)	Carga Máxima (N)	Control de carrera	Precio (S/.)
Thomson	230	0.6	2250	Potenciómetro	2176



Figura 4.25 Actuador lineal THOMSON LA24. Fuente: thomsonlinear.com

El actuador se alimentará con 220 VAC, con un relé para que el Arduino Mega 2560 pueda controlar el prendido y apagado del componente. El modelo del relé se detallará más adelante. Este actuador tiene 7 pines, de los cuales 4 se usarán para alimentación y 3 para el control de la carrera. La Figura 4.26 muestra diagramas de alimentación y el control del actuador lineal.

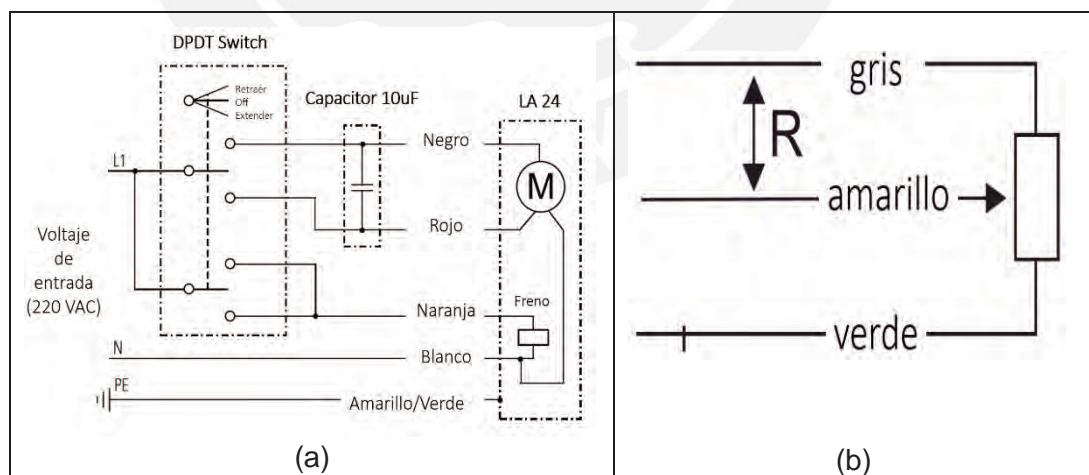


Figura 4.26 Conexiones del actuador lineal LA24. a) Diagrama de alimentación del actuador. b) Diagrama de control de potenciómetro. Fuente: thomsonlinear.com

Como puede observarse en la Figura 4.26 (a), el fabricante recomienda el uso de un DPDT Switch (propio del componente) para alternar la retracción, extensión y freno del actuador. Sin embargo, dado que este switch es de uso manual, se usarán tres relés de modelo SRD-05VDC-SL-C integrados en un módulo de ocho relés para

automatizar el proceso. Más adelante se muestran las características de este módulo relé. Por otro lado, la Figura 4.26 (b) muestra un potenciómetro, cuya resistencia será equivalente a la distancia recorrida del pistón. Esta información será de utilidad posicionar el tambor dentro y fuera de la tina de zinc.

G) MÓDULO RELAY 1CH 5VDC

Este módulo será de utilidad para poder controlar la carrera del actuador de forma automática, así como los indicadores del sistema (led's y circulina). La Tabla 4.12 y la Figura 4.27 muestran las características de este componente. En la sección 4.3.3 de la presente tesis se observa con más detalle las conexiones que tendrá este módulo y la cantidad a utilizar.

Tabla 4.12 Características técnicas del Módulo Relay 8CH 5VDC. Fuente: Propia

Modelo de cada relé	Voltaje de entrada máx. (VAC/VDC)	Voltaje de excitación de la bobina (VDC)	Cantidad de relés	Corriente máxima (A)	Precio (S/.)
SRD-5VDC-SL-C	250/30	5	8	10	6

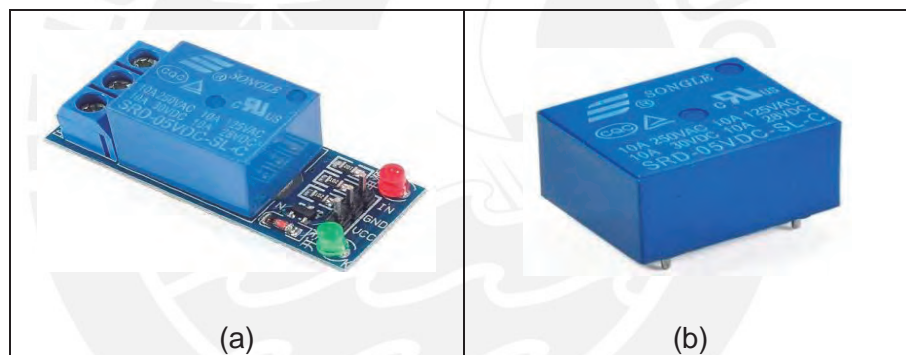


Figura 4.27 Módulo relay de 5VDC. a) Módulo Relay 1CH 5VDC b) Relé SRD-5VDC-SL-C. Fuente: naylampmechatronics.com

H) TECLADO MATRICIAL, PANTALLA LCD 16x2, LED PILOTO Y CIRCULINA

Estos componentes electrónicos servirán como interfaz entre el sistema y el usuario. Con el teclado matricial se ingresará el peso de conectores hidráulicos que se quieran cincinar, con un máximo peso de 15 Kg. La pantalla LCD 16x2 mostrará la cantidad que se está ingresando, así como el peso de los conectores que detecta la célula UTILCELL 610 durante la carga, entre otros mensajes. Por otro lado, cada LED (tres de distinto color) se encenderá dependiendo de la etapa del proceso en que se encuentre. Finalmente, la circulina se activará mientras el servomotor de giro de la viga horizontal esté funcionando.

La Tabla 4.13 y 4.14 muestran las características continuación se muestran las características de los componentes, y la Figura 4.28 muestra imágenes de estos.

Tabla 4.13 Características principales del teclado matricial y pantalla LCD. Fuente: Propia

Descripción	Voltaje de entrada (V)	Cantidad de pines	Precio (S/.)
Teclado matricial	5 VDC	20	8
Pantalla LCD	5 VDC	9	12

Tabla 4.14 Características principales del LED piloto y circulina. Fuente: Propia

Descripción	Voltaje de entrada (VAC)	Potencia consumida (W)	Precio (S/.)
LED piloto XB4BVM4	220	20	69
Circulina Viking	220	10	64.9

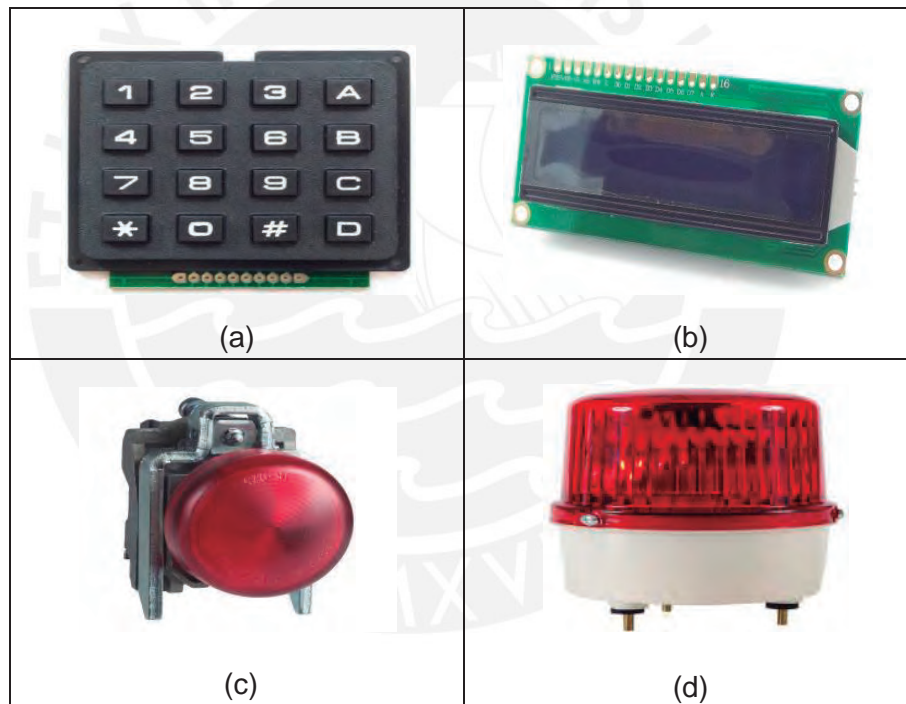


Figura 4.28 Teclado, pantalla LCD e indicadores de proceso a) Teclado matricial 4x4. b) Pantalla LCD 16x2. Fuente: naylampmechatronics.com c) LED piloto XB4BVM4. syzcominsa.pe d) Circulina Viking. Fuente: sodimac.com.pe

Es importante aclarar que los pines del teclado matricial y la pantalla LCD se conectarán a pines digitales del Arduino Mega 2560. Para controlar los 3 LED y la circulina se usarán tres salidas de tres módulos relay presentado anteriormente.

I) REGULADORES DE VOLTAJE DC-DC MORNSUN

Se requieren de estos reguladores para poder convertir los 75 VDC de la fuente IPC-5 a 12V para alimentación del Arduino Due R3 y a 5V para alimentación del módulo de ocho canales y de otros componentes electrónicos. La Tabla 4.15 y la Figura 4.29 muestran especificaciones imágenes respectivamente.

Tabla 4.15 Especificaciones de reguladores DC-DC MORNSUN. Fuente: Propia

Modelo de regulador	Voltaje de entrada (VDC)	Voltaje de salida (VDC)	Corriente máx. (mA)	Precio (S/.)
URB4812YMD-6WR3	18 – 75 VDC	12	500	28.3
URF4805LP-10WR3	18 – 75 VDC	5	2000	33.3

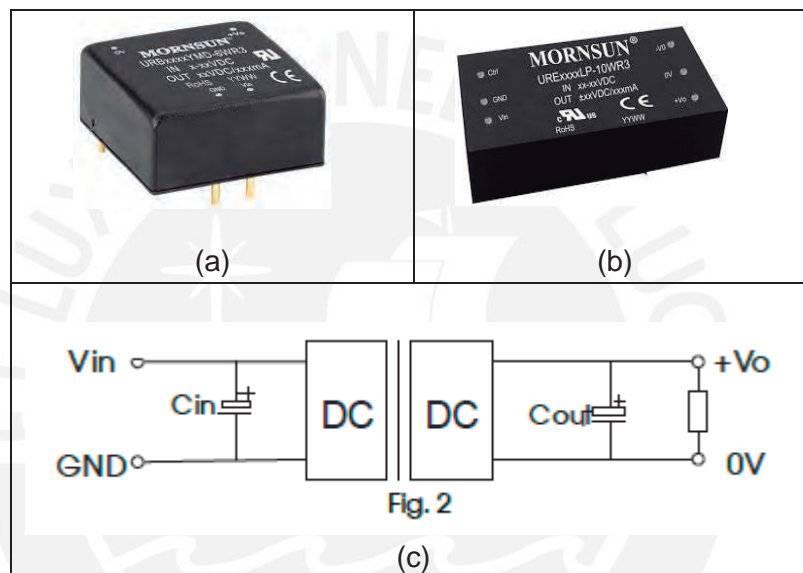


Figura 4.29 Reguladores de voltaje Mornsun a utilizar. a) Regulador URB4812TMD-6WR3. b) Regulador URF4805LP-10WR3. c) Conexiones recomendadas por el fabricante. Fuente: mornsun-power.com

J) INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO, DIFERENCIAL, CONTACTOR Y PULSADOR DE PARADA

Estos dispositivos brindarán protección a los dispositivos electrónicos y a las personas que usarán el sistema. Dado que los dispositivos electrónicos requerirán 24.5 A para su funcionamiento (mostrado en la sección 4.3.5 del presente documento), se escogieron dispositivos de 25A de amperaje, con excepción del botón de parada, el cual se encargará de prender y/o apagar el sistema accionando la bobina del contactor. La Tabla 4.16 muestra una lista de los dispositivos a utilizar y la Figura 4.30 muestra imágenes tanto de los componentes como del diagrama unifilar de estos en el sistema a diseñar. Es importante resaltar que la Figura 4.30 (e) corresponde al diagrama de control de contactor, mientras que la Figura 4.30 (f) corresponde al diagrama de potencia del contactor.

A continuación, se muestran la Tabla 4.16 y la Figura 4.30.

Tabla 4.16 Especificaciones de dispositivos de seguridad seleccionados. Fuente: Propia

Modelo	Marca	Voltaje de entrada y salida (VAC)	Corriente de sensibilidad (mA)	Amperaje máx. (A)	Precio (S/.)
Interruptor Easy9 EZ9F56225	Schneider Electric	220-400	-	25	27.90
Diferencial EZ9R36225	Schneider Electric	220-400	30	25	95.00
Contactador A9C20632	Schneider Electric	220-240	-	25	91.22
Pulsador XB4BS8445	Schneider Electric	220-240	-	3	130

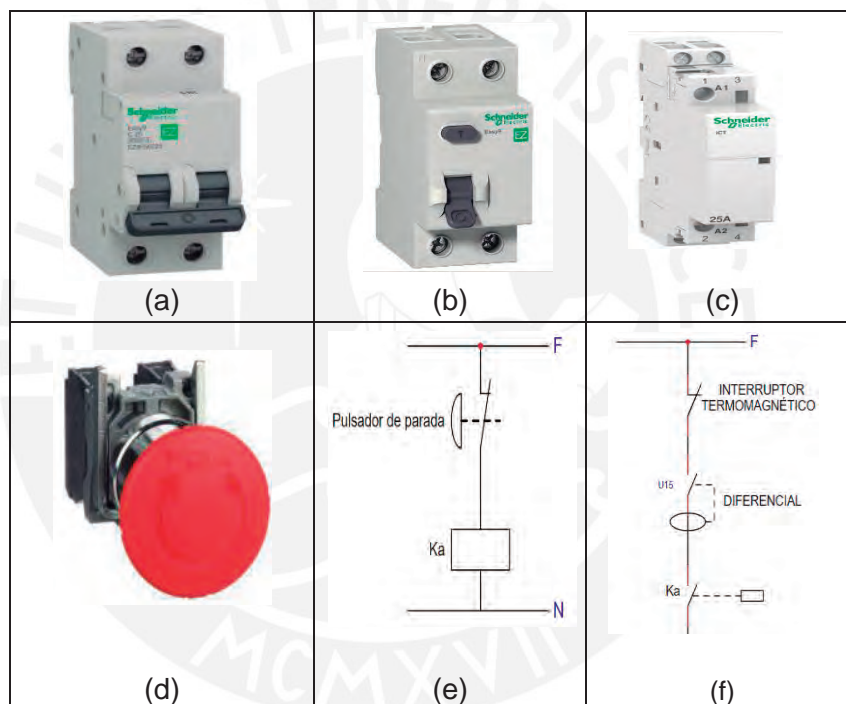


Figura 4.30 Dispositivos de seguridad y sus diagramas unifilares. a) Interruptor Easy9 EZ9F56225. b) Diferencial EZ9R36225. c) Contactador A9C20632. d) Pulsador de enclavamiento por giro. Fuente: se.com e) Diagrama de control unifilar del contactor. f) Diagrama de potencia unifilar del contactor. Fuente: propia

4.3.2. Diagrama eléctrico de bloques del sistema

La Figura 4.31 muestra el diagrama de bloques eléctrico del sistema. En él se aprecian todos los componentes electrónicos (sensores y actuadores), las conexiones entre ellos, las señales de control y sus respectivos voltajes de alimentación. A continuación, se muestran los subsistemas que conforman el dominio eléctrico-electrónico de la máquina a diseñar. Es necesario agregar que la sección 4.3.1 de la presente tesis muestra los detalles y especificaciones técnicas de cada componente.

Subsistema N° 01: Energización del sistema

Se muestran los componentes de protección del sistema (interruptor y diferencial), los dispositivos de prendido y apagado (pulsador de emergencia), y los componentes de conversión de voltaje (fuentes y reguladores). La fuente IPC-5 es alimentada con 220V y devuelve 75VDC, con la que se alimentan tres dispositivos: un regulador a 12VDC, un segundo regulador a 5 VDC y a dos servomotores Clearpath.

Subsistema N° 02: Control del sistema

Muestra el sistema de control del sistema, el cual está conformado por un microcontrolador Arduino que gobernará todo el funcionamiento del sistema, un controlador de temperatura REX para un correcto cincado del sistema, y 7 módulos Relay de 1 canal para controlar el funcionamiento del actuador lineal y de los indicadores del sistema.

Subsistema N° 03: Dispositivos de potencia

Comprende todos los dispositivos de potencia del sistema, tales como el actuador lineal Thomson, la resistencia de 2.5KW, y los dos servomotores que efectuarán el giro del sistema y del tambor respectivamente. El primero será alimentado con 220VAC y controlado con el Relay de 8 canales, el segundo será alimentado con 220VAC y controlado por el controlador Rex, y los últimos alimentados con 75VDC y controlados por el Arduino. Es importante señalar que el actuador lineal enviará una señal analógica al Arduino para poder controlar su carrera.

Subsistema N° 04: Dispositivos para lectura de variables

Está conformado por los sensores del sistema, los cuales son el sensor de fuerza Utilcell y la termocupla, ambos alimentados a 5V. El primero enviará al Arduino el peso del tambor para poder controlar la cantidad de conectores a cincar; el segundo medirá la temperatura y enviará la información al controlador REX para regular la temperatura. Se recalca que la lectura de la posición del tambor la dará el mismo actuador lineal Thomson, la cual será enviada al Arduino.

Subsistema N° 05: Comunicación con el usuario

Lo conforman los componentes que servirán como interfaces para la máquina y el usuario: el teclado matricial y la pantalla LCD, ambos alimentados con 5V y controlados por el Arduino. El usuario ingresará con el teclado la cantidad de conectores a utilizar en kilogramos y solo permitirá ingresar hasta 15 kg. La pantalla LCD mostrará en todo momento distintos mensajes dependiendo del proceso en el que se encuentre y la carga que se le quiera poner.

Subsistema N° 06: Indicadores del sistema

Por último, este bloque estará compuesto por tres distintos colores de LED's, los cuales indicarán el proceso en el que se encuentra: carga de conectores, transporte/cincado de conectores y término del cincado. Adicionalmente, la circulina estará prendida durante el transporte y el proceso de cincado para indicar a las personas cercanas que estén alertas. Es importante resaltar que todos los indicadores serán controlados por el Relay 8 canales y alimentados con 220VAC.

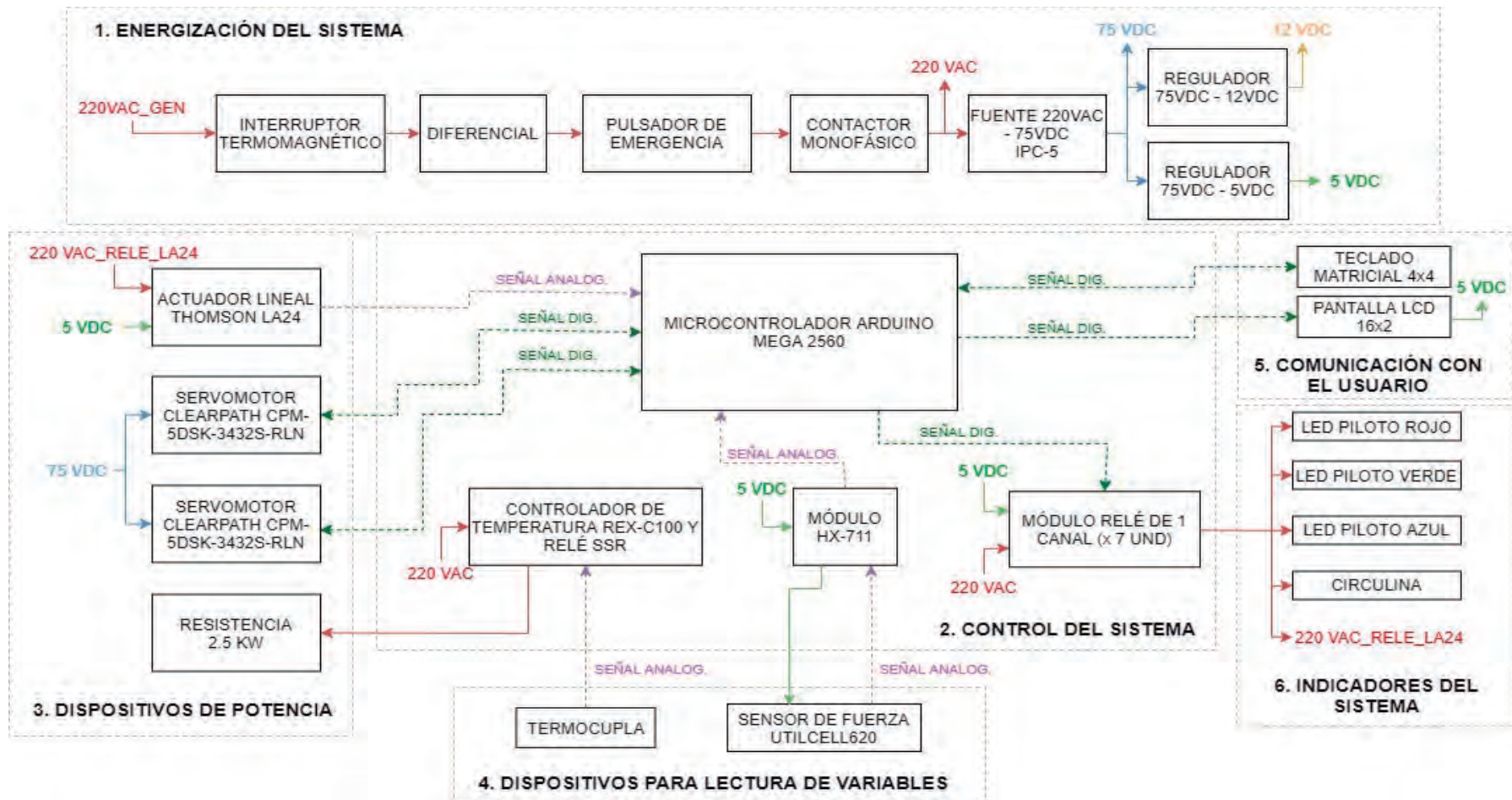


Figura 4.31 Diagrama de bloques eléctrico del sistema. Fuente: Propia

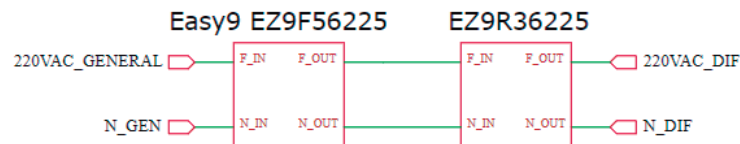
4.3.3. Diagrama esquemático

A continuación, se detallan los diagramas esquemáticos con las conexiones de todos los componentes eléctricos y electrónicos para cada subsistema. El funcionamiento general del sistema con estos componentes se detalla en la sección 4.4.

- Energización del sistema

A continuación, se muestran los esquemáticos de los dispositivos de energización del sistema, el cual también consta de dispositivos de protección.

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO Y DIFERENCIAL



CONTACTOR, PULSADOR DE PARADA Y FUENTE IPC-5

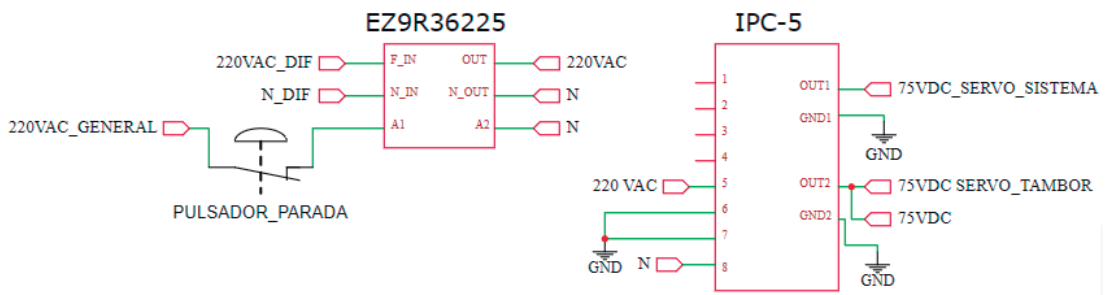


Figura 4.32 Esquemático de dispositivos eléctricos con entrada de 220VAC para la energización del sistema. Fuente: Propia.

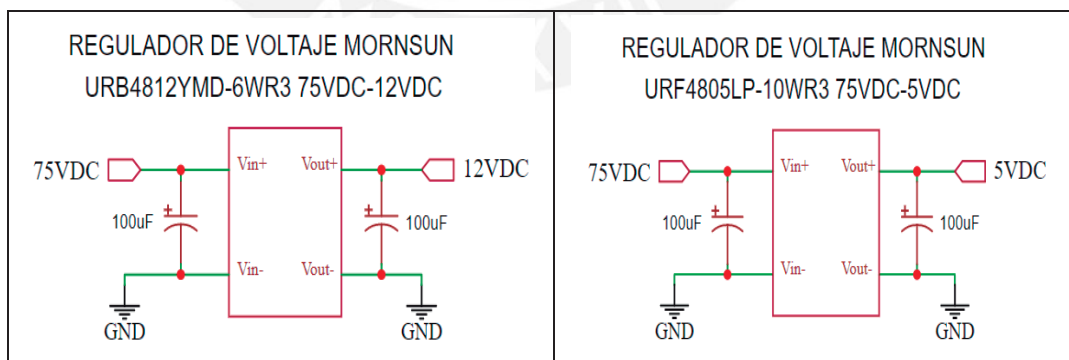


Figura 4.33 Esquemático de reguladores de voltaje con entrada de 75VDC para la energización de dispositivos de 12VDC y 5VDC. Fuente: Propia.

La Figura 4.32 muestra al interruptor termomagnético Easy9 EZ9F56225 y al diferencial EZ9R36225, los cuales serán los dispositivos de protección que tendrá el sistema contra cortocircuitos y fugas de corriente. También se observa al contactor EZ9R36225, cuya bobina será controlada por el pulsador de parada, el cual se accionará para prender y apagar el equipo. Por otro lado, la parte de potencia del contactor recibirá la fase y neutro a 220VAC de la salida del diferencial, y su salida irá hacia la fuente IPC-5 y a otros dispositivos que se accionan con 220VAC, como los relés para controlar el actuador lineal, los LED's y la circulina, y el controlador REX-C100. La salida de la fuente IPC-5 alimentará a los dos servomotores que funcionan a 75VDC cada uno y a dos reguladores de voltaje MORNSUN, los cuales transformarán la energía a 12VDC y 5VDC respectivamente. La Figura 4.33 muestra los dos reguladores MORNSUN, los cuales tienen un capacitor de 100uF (recomendado por el fabricante) conectado entre la señal positiva y la tierra para la entrada y salida de cada regulador.

- Control del sistema

A continuación, se muestran las conexiones de todos los dispositivos de control del sistema. La Figura 4.34 muestra el esquemático del Arduino Mega 2560 a utilizar. Este será alimentado con 12VDC provenientes del regulador MORNSUN. Se usarán tres de sus pines analógicos: el pin PinAnalog_1 provendrá del actuador lineal LA24 y tendrá información de la carrera del pistón (la Figura 4.44 muestra conexiones del potenciómetro del actuador lineal), mientras que los pines PinAnalog_2 y PinAnalog_3 vendrán de las señales emitidas por la tarjeta HX-711, las cuales darán información del peso de conectores hidráulicos (la Figura 4.43 muestra conexiones de entrada y salida del HX-711).

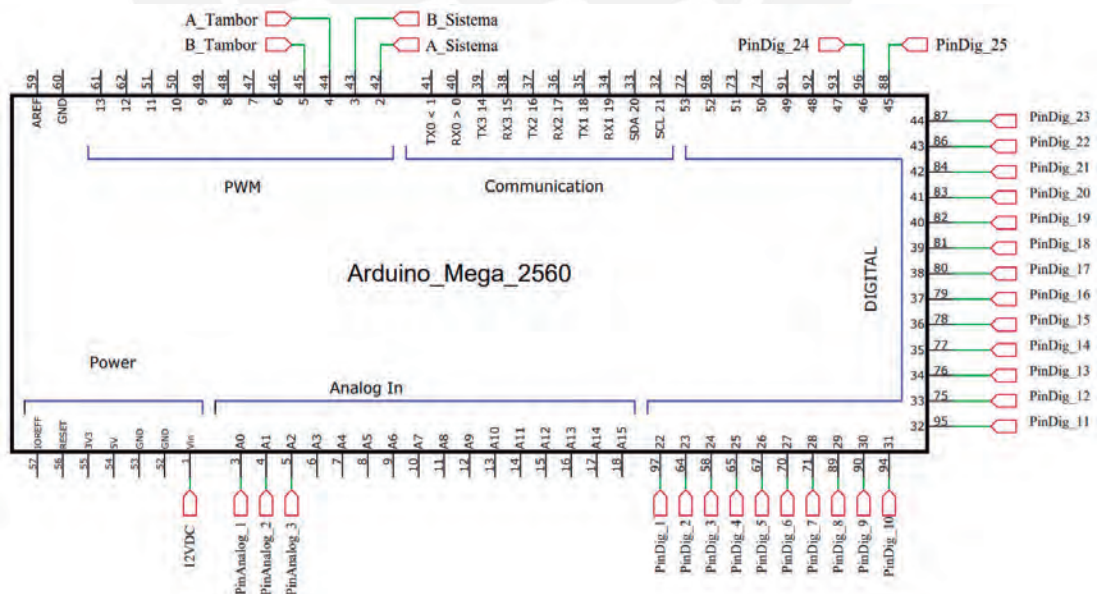


Figura 4.34 Esquemático del Arduino Mega 2560. Fuente: Propia

Los pines PinDig_1, PinDig_2 y PinDig_3 accionarán los optoacopladores de los módulos relés N°1, N°2 y N°3 respectivamente para el control del actuador lineal LA24. Los pines del PinDig_4, PinDig_5, PinDig_6 y PinDig_7 controlarán el prendido y apagado de los LED verde, rojo, azul y la circlina respectivamente. Los cuatro pines PinDig_8, PinDig_24, A_Sistema y B_Sistema controlarán el servomotor de giro del sistema, mientras que los cuatro pines PinDig_9, PinDig_25, A_Tambor y B_Tambor controlarán el servomotor de giro del tambor. Por último, los pines que van desde el PinDig_10 al PinDig_17 recibirán señales del teclado matricial, mientras que los pines que van desde el PinDig_18 al PinDig_23 enviarán señales para mostrar los mensajes en la pantalla LCD. Todos los componentes anteriormente mencionados tienen un esquemático, el cual se describirá más adelante. Por otro lado, la Figura 4.35 muestra las conexiones del módulo relé el cual recibe una señal digital para ser accionado por el microcontrolador a través del PinDig_1, recibe también 5VDC para alimentación de su bobina, y como salidas tiene la fase (pin Black) y el neutro (pin N) con el relé normalmente abierto, de manera que el microcontrolador pueda accionar el contacto para el movimiento del actuador lineal (la Figura 4.44 da más detalles de los pines del actuador LA24).

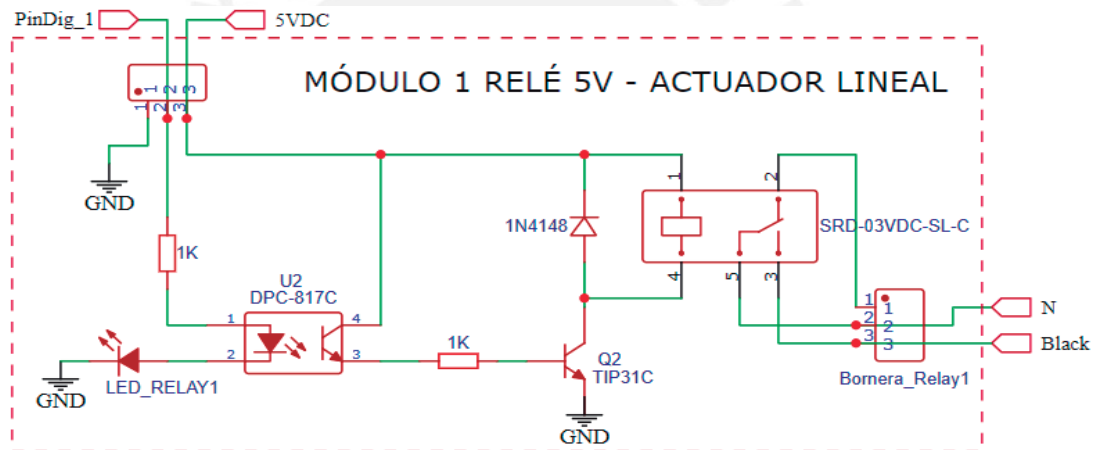


Figura 4.35 Esquemático del módulo relé para la extensión del pistón del actuador lineal LA24. Fuente: Propia

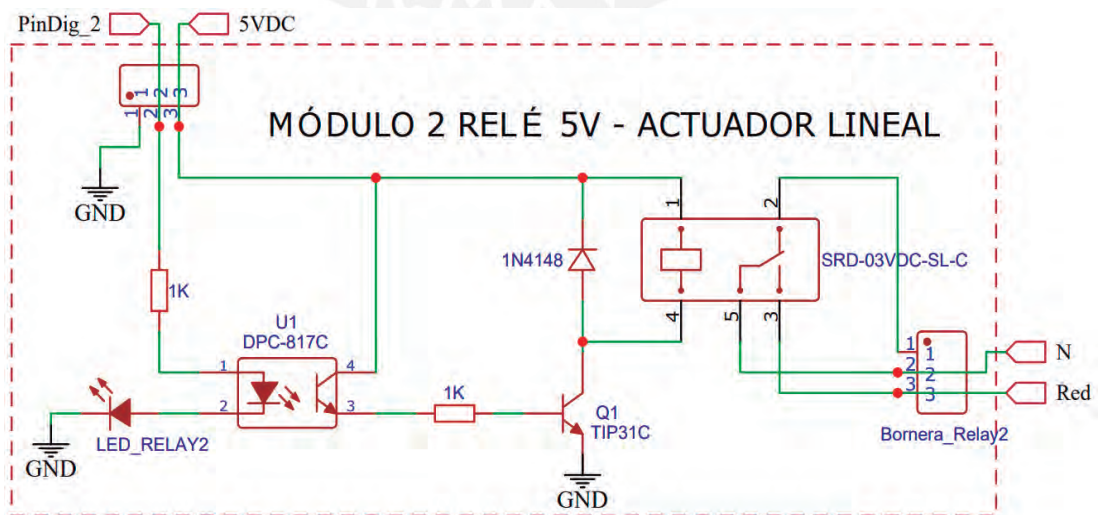


Figura 4.36 Esquemático del módulo relé para la retracción del pistón del actuador lineal LA24. Fuente: Propia

De la misma forma que el módulo relé de la Figura 4.35, los módulos mostrados en la Figura 4.36 y la Figura 4.37 controlan la retracción y freno del pistón del actuador LA24 con los pines PinDig_2 y PinDig_3 respectivamente. Es necesario añadir que el pin Orange de salida del módulo relé de la Figura 4.38 estará conectada al pin normalmente cerrado del relé para poder evitar que el pistón se mueva (accionando de esta manera el freno). Cuando se quiera accionar el pistón, el PinDig_3 del Arduino dará la indicación de cambiar el contacto del relé para desactivar el freno.

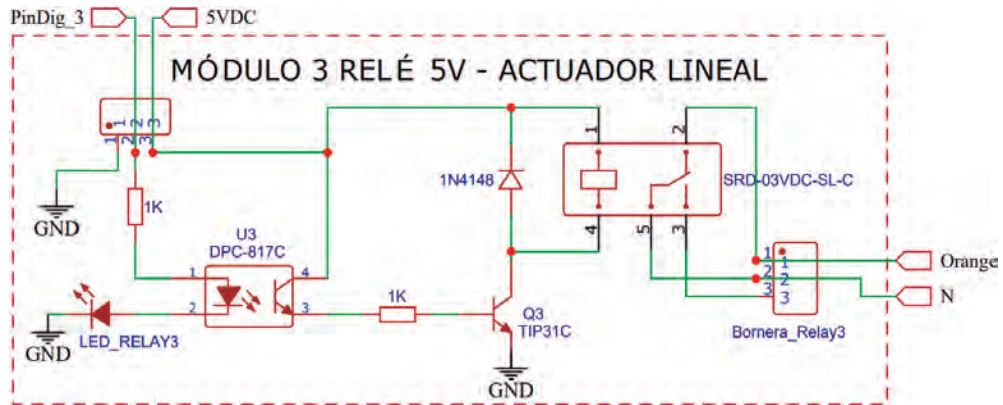


Figura 4.37 Esquemático del módulo relé para el freno del pistón del actuador lineal LA24. Fuente: Propia

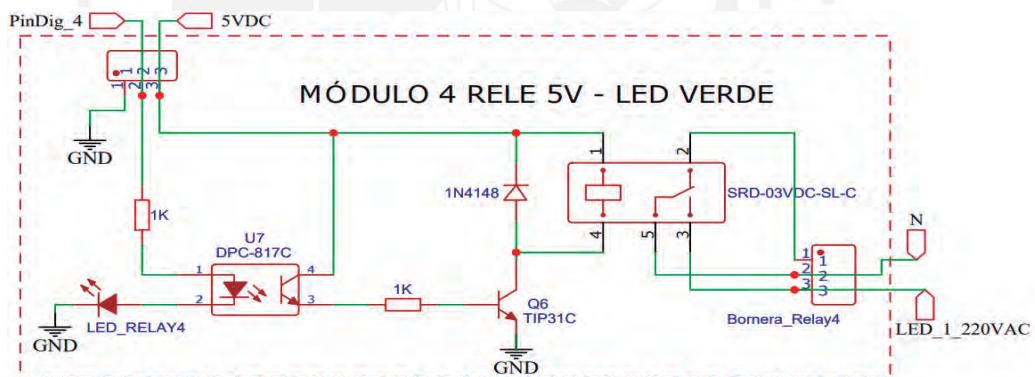


Figura 4.38 Esquemático del módulo relé para el LED verde. Fuente: Propia

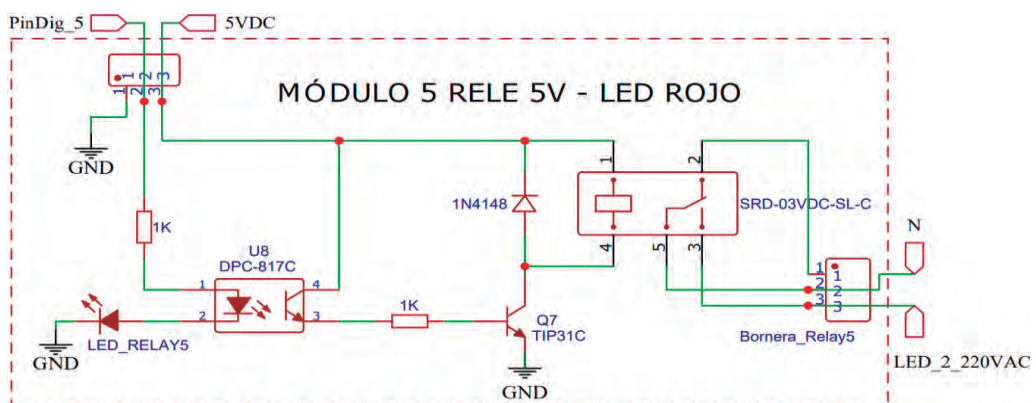


Figura 4.39 Esquemático del módulo relé para el LED rojo. Fuente: Propia

La Figura 4.38, Figura 4.39, Figura 4.40 y Figura 4.41 muestran los esquemáticos de los módulos relé que controlarán el prendido y apagado de los indicadores del sistema (led verde, rojo, azul y la circulina respectivamente). Todos estarán conectados al contacto normalmente abierto del relé.

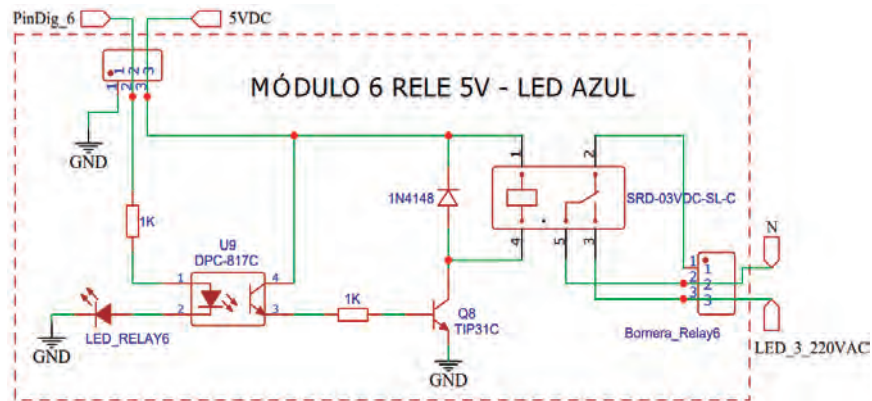


Figura 4.40 Esquemático del módulo relé para el LED azul. Fuente: Propia

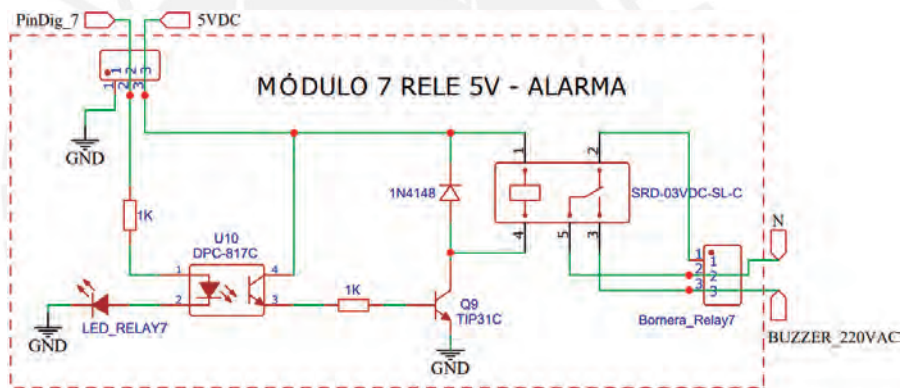


Figura 4.41 Esquemático del módulo relé para la circulina. Fuente: Propia

Por último, se tiene al controlador de temperatura REX-C100 y al relé SSR de 40A, los cuales funcionarán independientemente del microcontrolador Arduino y controlarán el prendido y apagado de la resistencia de 2.5KW. La Figura 4.42 muestra las conexiones de ambos dispositivos.

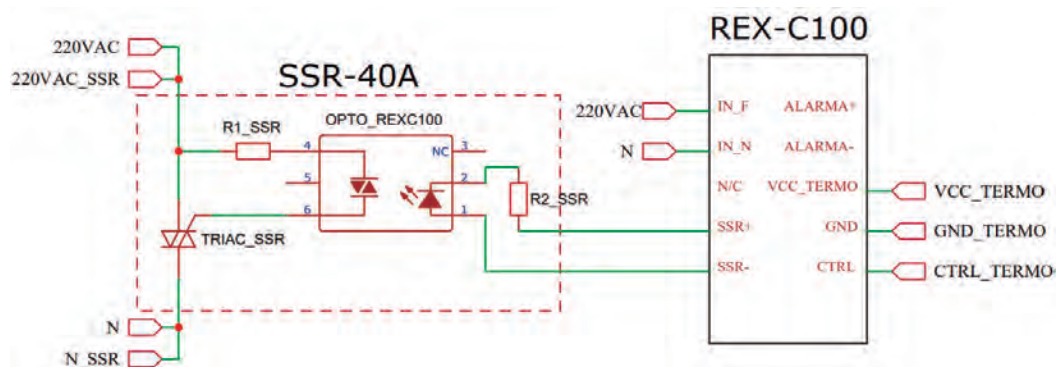


Figura 4.42 Esquemático del módulo relé para la circulina. Fuente: Propia

El controlador REX-C100 se alimentará con 220VAC provenientes de la salida de potencia del contactor. Posee pines de salida VCC_TERMO y GND, los cuales alimentarán a la termocupla tipo K, y el pin CTRL_TERMO recibirá información de la temperatura sensada por este sensor. Los pines SSR+ y SSR- controlarán el optoacoplador, para de esta manera accionar el TRIAC y permitir el paso de corriente a 220VAC con los pines 220VAC_SSR y N_SSR. De esta manera se controlará la resistencia de 2.5 KW (la Figura 4.46 muestra las conexiones de esta).

Finalmente, la Figura 4.43 muestra el esquemático del módulo HX-711. Se alimentará con 5VDC a través de su entrada, la cual se repartirá hacia los pines DVDD y VSUP para posteriormente alimentar a la celda UTILCELL a través del pin E+. La información de la carga la proporcionarán los pines de entrada A+ y A- provenientes de la celda de carga, la tarjeta HX-711 las procesará y las enviará a través de las salidas PD_SCK y DOUT a los pines PinAnalog_2 y PinAnalog_3, los cuales se conectarán a las entradas analógicas del microcontrolador Arduino.

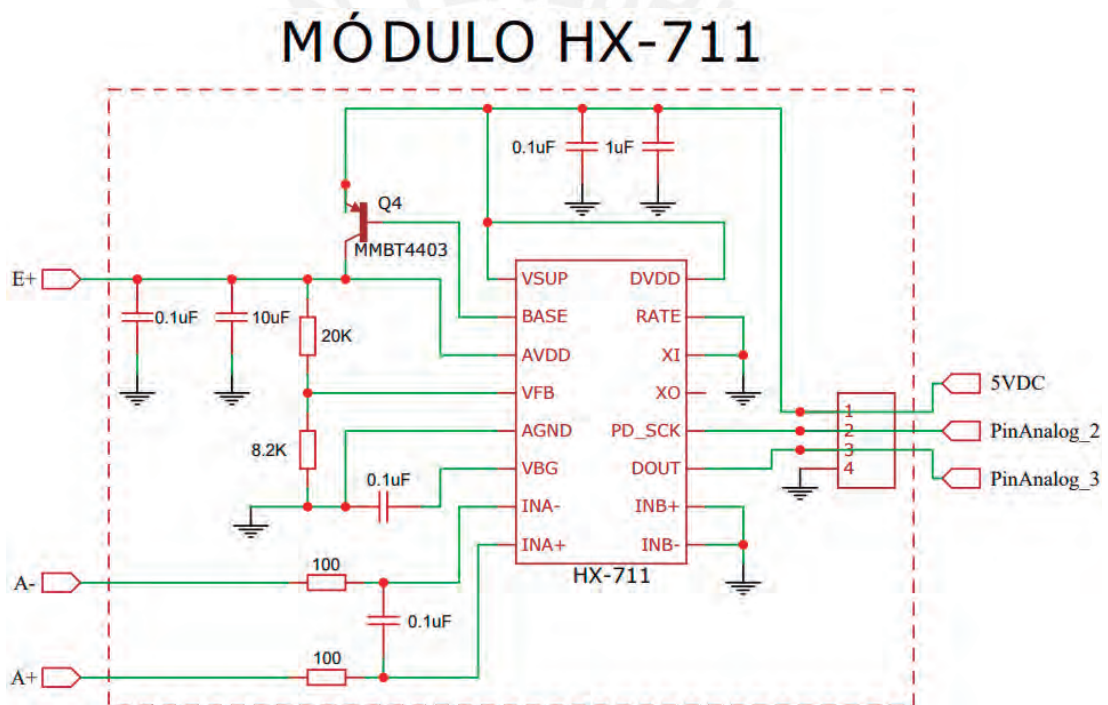


Figura 4.43 Esquemático del módulo HX-711. Fuente: Propia

- Dispositivos de potencia

Se mostrarán los esquemáticos de los dispositivos de potencia mostrados en el diagrama de la Figura 4.31: el actuador lineal LA24, los dos servomotores integrados ClearPath y la resistencia de 2.5KW. La Figura 4.44 detalla las conexiones del actuador lineal, donde los pines de potencia Black, Red y Orange controlan la extensión, retracción y freno del mismo respectivamente y cada uno es controlado por el Arduino a través de módulos relé descritos líneas arriba. Por otro lado, para poder controlar la carrera del pistón será necesario que el Arduino reciba el valor del PinAnalog_1 y envíe las señales correspondientes a los pines de potencia del actuador. La Figura 4.45 muestra el diagrama de conexiones de los dos servomotores

ClearPath 3432S, que controlarán el giro del sistema sobre su propio eje y el giro del tambor. Es importante mencionar que los servomotores tienen un controlador integrado, el cual se programa inicialmente en una PC con un software propio del fabricante TEKNIC a través de una conexión USB (que no se muestra en su esquemático de la Figura 4.45). Estos servomotores estarán configurados para alcanzar posiciones preestablecidas de acuerdo al número de pulsos que reciban del Arduino al inicio de su movimiento, para luego recibir señales de acuerdo a la cantidad de revoluciones deseadas (la cual puede calcularse con el tiempo deseado de giro y las velocidades de cada motor). Los pines de alimentación de ambos motores estarán a 75 VDC y provendrán de la fuente IPC-5. El PinDig_8 y el PinDig_9 serán los “enable” de los motores, accionando sus bobinas y habilitándolos para recibir información de control. Los pines A_Sistema y A_Tambor también serán salidas del Arduino y funcionarán como disparos para iniciar el trabajo de los servos, mientras que B_Sistema y B_Tambor enviarán pulsos del Arduino a los motores de acuerdo al número de posición que se quiere llegar y a la cantidad de revoluciones deseadas. Por último, los pines PinDig_24 y PinDig_25 son pines de entrada al Arduino, los cuales le emitirán un disparo indicando al Arduino si los servomotores completaron o no sus revoluciones.

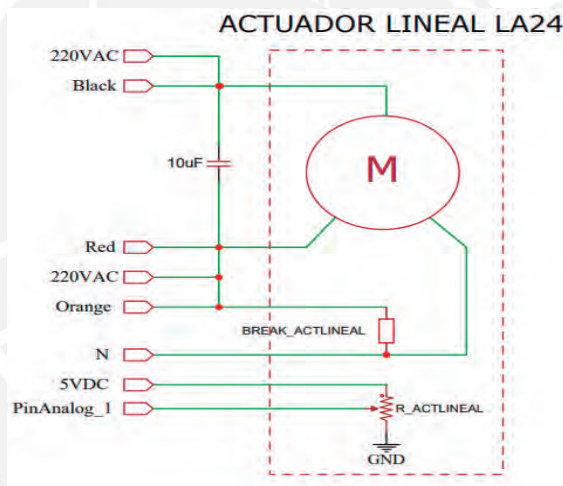


Figura 4.44 Esquemático del Actuador Lineal LA24. Fuente: Propia

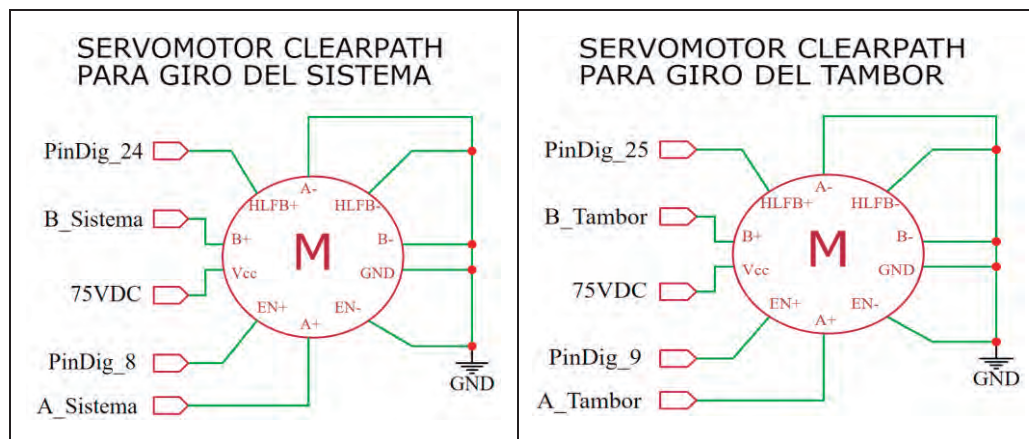


Figura 4.45 Esquemático del sistema de control y alimentación de los servomotores del sistema. Fuente: Propia

Por último, la Figura 4.46 muestra la resistencia de 2.5KW, la cual estará alimentada con 220 VAC y será controlada por el controlador REX-C100 a través del relé SSR.

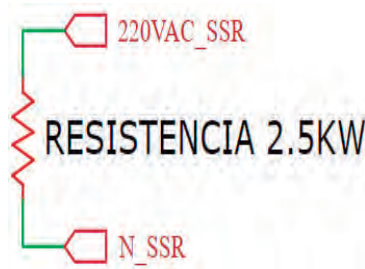


Figura 4.46 Esquemático de la resistencia de 2.5KW. Fuente: Propia

- Dispositivos para lectura de variables

Los sensores a utilizar en la presente tesis son la celda de carga y la termocupla tipo K. La Figura 4.47 (a) muestra el esquemático de la celda de carga, el cual será alimentado a través del pin E+ con 5V, y consta de un puente de Wheatstone cuyas salidas a través de los pines A+ y A- son voltajes que representan el peso sentido [27]. Estos dos últimos pines ingresarán al módulo HX-711 y serán procesados por la tarjeta principal del módulo para que pueda ser leída por el Arduino (la Figura 4.43 muestra las conexiones de los pines A+ y A- en el módulo). Finalmente, la Figura 4.47 (b) muestra las conexiones de la termocupla tipo K, las cuales son tres: alimentación proporcionada por el REX-C100 (indicado por el pin VCC_TERMO), señal de control para el REX-C100 (salida indicada por el pin CTRL_TERMO) y tierra (indicada por el pin GND_TERMO). Es necesario indicar que el controlador REX-C100 internamente tiene todos los componentes necesarios para leer la señal de control emitida por la termocupla.

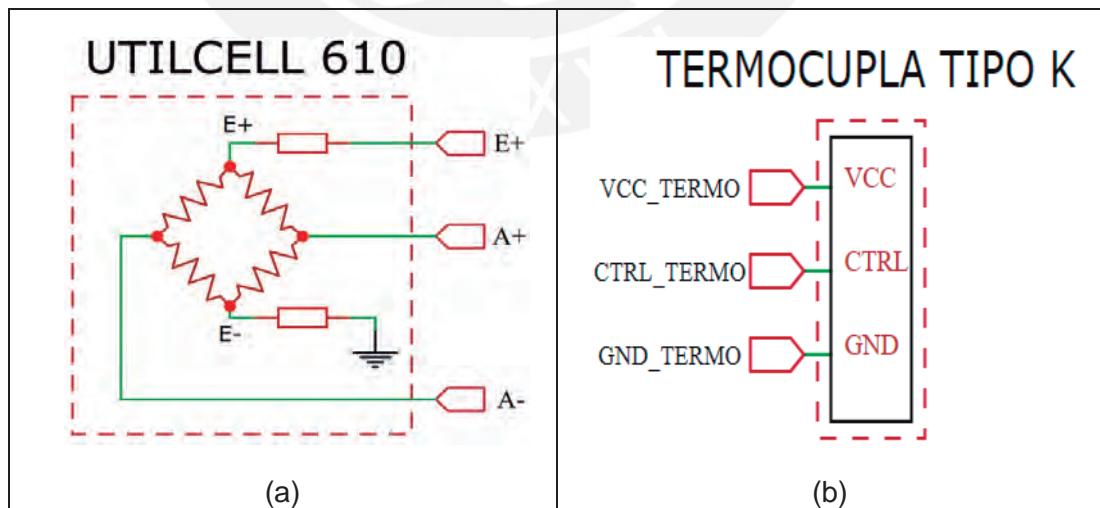


Figura 4.47 Esquemático de la celda UTILCELL y de la termocupla tipo K. a) Esquemático de la celda de carga UTILCELL 610. b) Esquemático de la termocupla tipo K. Fuente: Propia

- Comunicación con el usuario

A continuación, se detallan las conexiones externas del teclado matricial y la pantalla LED, en la Figura 4.48 y Figura 4.49 respectivamente.

TECLADO MATRICIAL 4x4

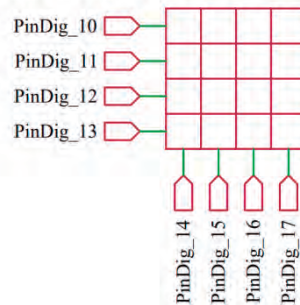


Figura 4.48 Esquemático del teclado matricial. Fuente: Propia

PANTALLA LCD 16x2

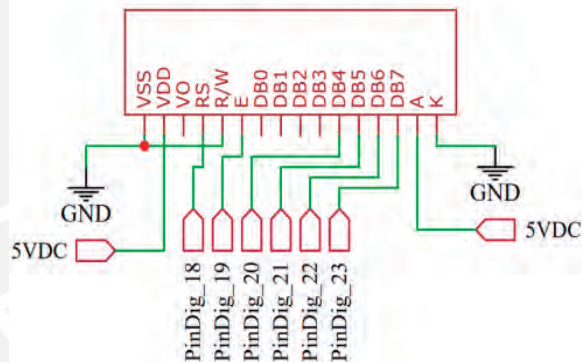


Figura 4.49 Esquemático de la pantalla LCD. Fuente: Propia

La Figura 4.48 muestra las conexiones del teclado matricial, el cual se conectará con ocho pines digitales (PinDig_10 al PinDig_17) del Arduino y le enviará la información correspondiente cuando se pulse una de sus teclas. Por otro lado, la Figura 4.49 muestra el esquemático de la pantalla LCD. El pin VSS corresponde a una conexión a tierra. El pin RS representa al selector y se conectará al PinDig_18. El pin R/W corresponde a escritura o lectura de registro y se conectará a tierra. El pin E corresponde a “enable” y se conectará al PinDig_19. Los pines que contienen la data son DB4, DB5, DB6 y DB7, los cuales se conectarán a los pines PinDig_20, PinDig_21, PinDig_22 y PinDig_23 respectivamente. Por último, los pines A y K representan al ánodo y cátodo, el primero se conectará a 5V y el segundo a tierra.

- Indicadores de procesos

Por último, tenemos a los componentes que se activarán conforme vaya cambiando el proceso del sistema: led verde, azul, rojo y circulina. La Figura 4.50 muestra los esquemáticos de los tres led's y la circulina a utilizar. El led verde tiene un pin LED_1_220VAC, el cual proviene del módulo relé N° 04 descrito en la Figura 4.38 y será controlado por el microcontrolador Arduino. De la misma forma serán controlados el led rojo (a través del pin LED_2_220VAC), el led azul (a través del pin LED_3_220VAC) y la circulina (a través del pin BUZZER_220VAC).

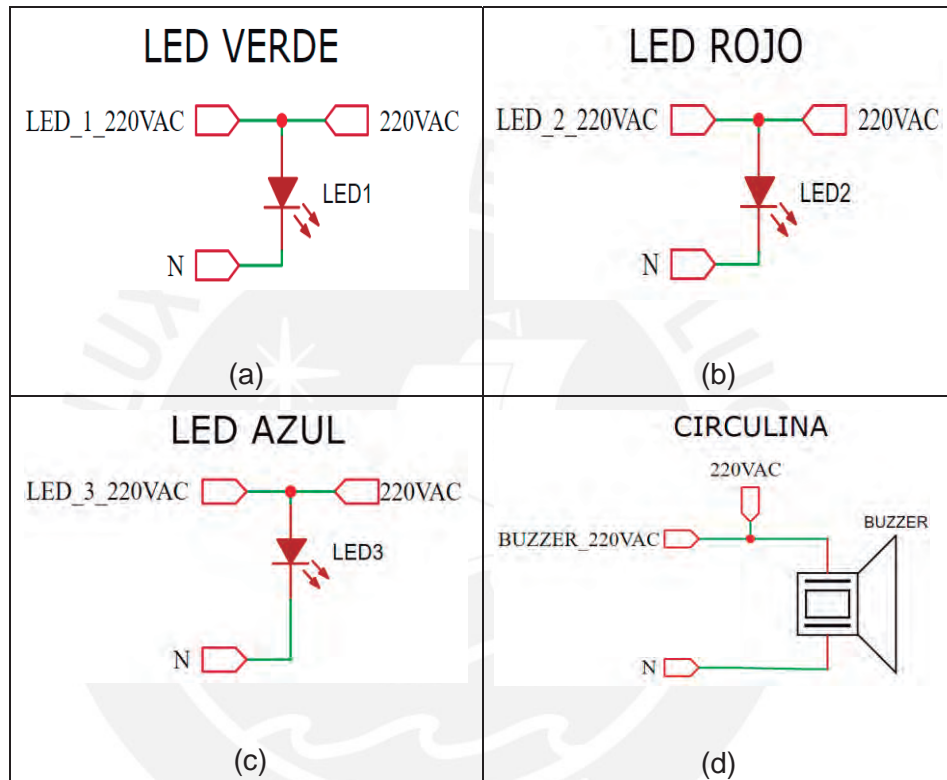


Figura 4.50 Conexiones de indicadores de procesos. a) Esquemático del led verde. b) Esquemático del LED ROJO. c) Esquemático del led azul. d) Esquemático de la circulina.

Fuente: Propia

4.3.4. Ubicación de los principales componentes electrónicos en el sistema

A continuación, se detallarán las posiciones de los componentes electrónicos del sistema. La Figura 4.51 muestra los componentes que se encuentran dentro del tablero eléctrico, los cuales son dispositivos de protección, conversión de voltaje y comunicación usuario-máquina. Por otro lado, la Figura 4.52 muestra la ubicación de los dispositivos de potencia del sistema. Cada componente estará enumerado y en la Tabla 4.17 se especificarán los nombres de cada uno.

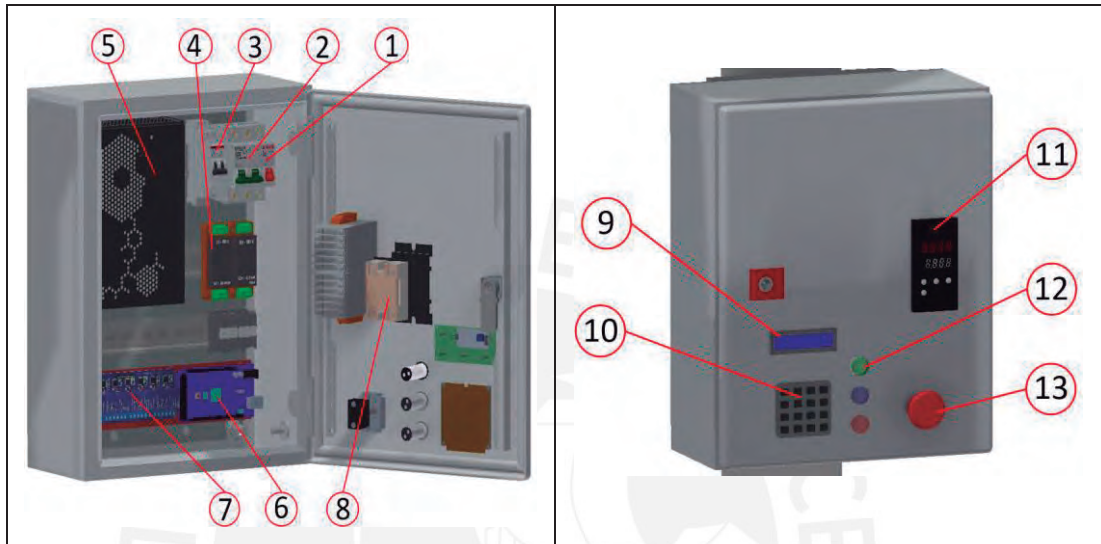


Figura 4.51 Componentes del tablero de control. Fuente: Propia

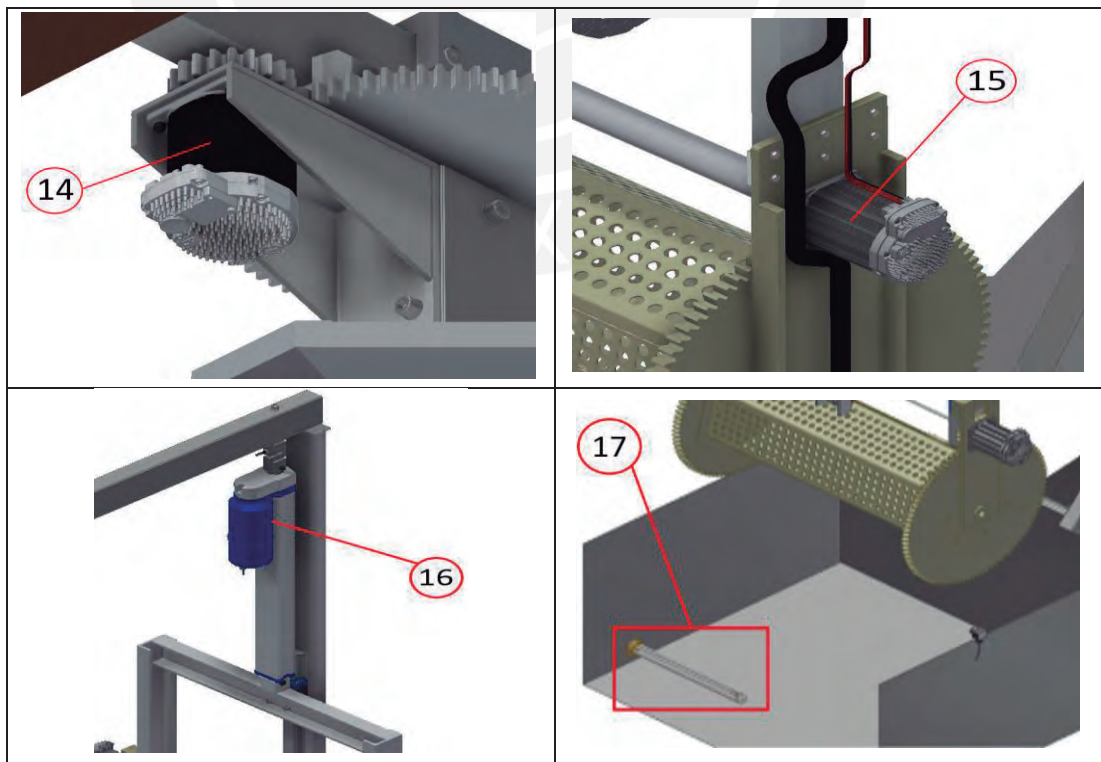


Figura 4.52 Ubicación de los dispositivos de potencia del sistema. Fuente: Propia

La Figura 4.53 muestra la ubicación de los sensores del sistema, mientras que la Tabla 4.25 brinda la lista de componentes enumerados en la Figura 4.51, Figura 4.52 y Figura 4.53.

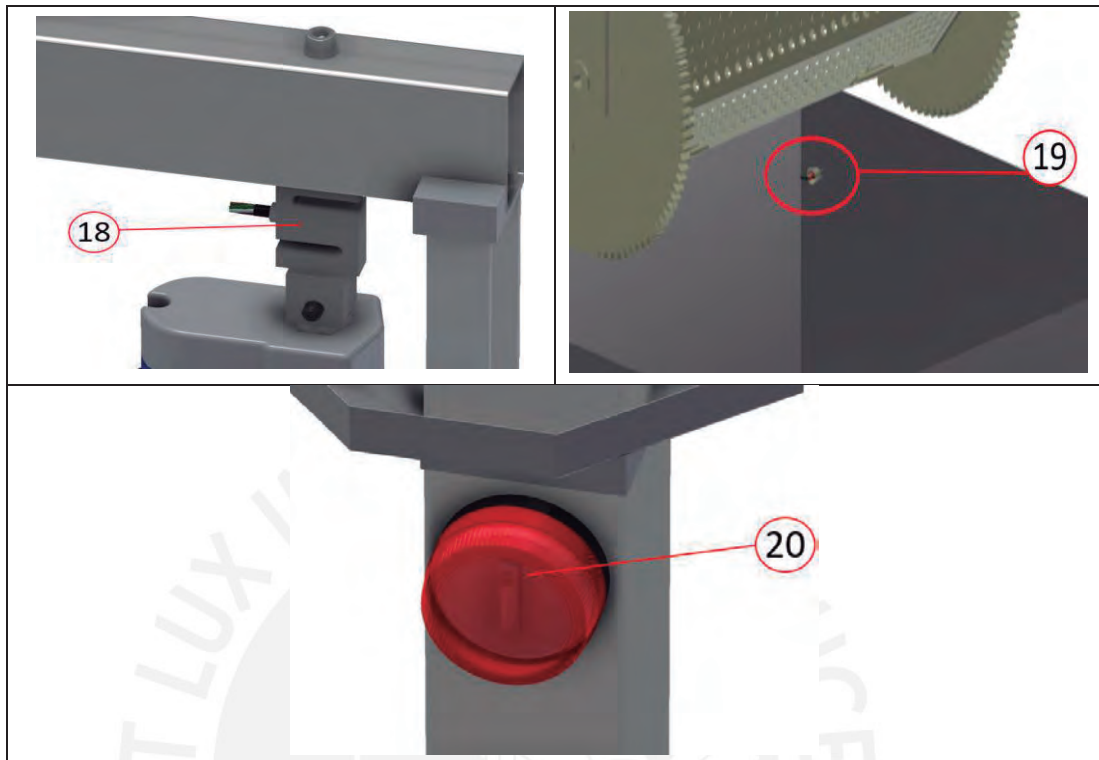


Figura 4.53 Sensores y circulina del sistema. Fuente: Propia

Tabla 4.17 Componentes eléctricos y electrónicos del sistema. Fuente: Propia

1	Interruptor termomagnético EZ9F56225
2	Diferencial EZ9R36225
3	Contactador A9C20632
4	Regulador de voltaje MornSun URB/URF (2 und.)
5	Fuente de voltaje IPC-5
6	Arduino Mega 2560
7	Módulo relé de 7 canales
8	Relé SSR de 40 A
9	Pantalla LCD
10	Teclado matricial
11	Controlador de temperatura REX-C100
12	LED's piloto (3 und.)
13	Pulsador de emergencia XB4BS8445
14	Servomotor Integrado ClearPath para el giro del sistema
15	Servomotor Integrado ClearPath para el giro del tambor
16	Actuador lineal Thomson LA24
17	Resistencia eléctrica de 2.5 KW
18	Ceda de carga UTILCELL 610
19	Termocupla Tipo K
20	Circulina Viking

4.3.5. Cálculos eléctricos de potencia

El sistema mecatrónico tiene 4 niveles de voltaje: 5VDC y 12 VDC, 75VDC y 220 VAC. La información mostrada líneas abajo se extrajo de los datasheets de cada componente, ubicados en el Anexo 7 del presente documento.

Tabla 4.18 Lista y consumo de componentes que operan con 5 y 12VDC. Fuente: Propia

Ítem	Descripción del componente	Amperaje máximo (A)	Voltaje (VDC)	Potencia (W)
1	Módulo HX-711	0.0015	5	0.008
2	Módulo Relay (bobina)	0.0715	5	0.36
3	Módulo Relay (señales de control del Arduino al optoacoplador)	0.04	5	0.2
4	Relé SSR 40 (corriente de disparo)	0.01	5	0.05
5	Célula de carga UTILCELL 610	0.05	5	0.25
6	Termocupla tipo K	0.05	5	0.25
7	Teclado matricial 4x4	0.02	5	0.1
8	Teclado LCD	0.01	5	0.05
9	Servomotor ClearPath (control por Arduino)	0.0075	5	0.375
10	Servomotor ClearPath (control por Arduino)	0.0075	5	0.375
11	Arduino MEGA 2560 (sin carga)	0.093	12	1.116

Tabla 4.19 Lista y consumo de componentes que operan con 75VDC. Fuente: Propia

Ítem	Descripción del componente	Amperaje máximo (A)	Voltaje (VDC)	Potencia (W)
1	Regulador de voltaje MORNSUN 6WR3	0.5	75	6
2	Regulador de voltaje MORNSUN 10WR3	2	75	10
3	Servomotor ClearPath 3432S 1	10	75	750
4	Servomotor ClearPath 3432S 2	10	75	750

Tabla 4.20 Lista y consumo de componentes que operan con 220VAC. Fuente: Propia

Ítem	Descripción del componente	Amperaje máximo (A)	Voltaje (VDC)	Potencia máx. (W)
1	Resistencia de 2.5KW	11.36	220	2500
2	Actuador lineal Thomson LA24	2	75	10
3	LED piloto	0.09	220	20
4	Circulina Viking	0.045	220	10
5	IPC-5	4.09	220	900
6	Controlador REX-C100	0.04	220	8.8

La Tabla 4.18, Tabla 4.19 y Tabla 4.20 muestran una lista detallada de los máximos amperajes y potencias que consumen todos los componentes eléctricos y electrónicos del sistema por niveles de voltaje. La ecuación (52) muestra Se tiene que la potencia requerida por las fuentes de voltaje es:

$$P_f = \sum_k (V_k \times I_k) / E_k \quad (52)$$

Dónde:

P_f : Potencia de la fuente

V_k : Voltaje de los componentes

I_k : Corriente consumida de los componentes

E_k : Eficiencia de los componentes

De esta forma se justificará la elección de la fuente de voltaje IPC-5, la cual alimentará a todos los componentes eléctricos que se alimentan con voltaje DC a excepción de aquellos alimentados por el controlador REX-C100, los cuales son los ítems 4 y 6 de la Tabla 4.18. Es importante indicar que los servomotores no funcionarán a la vez, por lo que en el cálculo solo se considerará un servomotor.

Reemplazando los parámetros de la Tabla 4.18, 4.19 y 4.20 en (1) se obtiene $P_{fuente-pico}$, la cual es la potencia consumida en el arranque del servomotor. Se considerará una eficiencia de 0.8 y 0.85 para los reguladores de voltaje 6WR3 y 10WR3 respectivamente según sus hojas de datos en el Anexo 7:

$$P_{fuente-pico} = 5 \times \frac{(0.0015 + 0.0715 \times 7 + 0.04 \times 7 + 0.05 + 0.02 + 0.01 + 0.0075)}{0.8} + 12 \times \frac{(0.093)}{0.85} + 75 \times (10)$$

$$P_{fuente-pico} = 757 \text{ W}$$

Por otro lado, se hallará P_{fuente} , la cual es la potencia consumida durante la operación normal de los servomotores.

$$P_{fuente} = 5 \times \frac{(0.0015 + 0.0715 \times 7 + 0.04 \times 7 + 0.05 + 0.02 + 0.01 + 0.0075)}{0.8} + 12 \times \frac{(0.093)}{0.85} + 75 \times (4)$$

$$P_{fuente} = 307 \text{ W}$$

El datasheet de la fuente IPC-5 ubicado en el Anexo 7 indica que la potencia pico que puede soportar es de 900 W por 4 segundos (superando los 757W obtenidos como $P_{fuente-pico}$) y 350 W en condiciones normales (frente a los 307 W obtenidos como P_{fuente}), por lo que puede soportar el funcionamiento de los componentes indicados (solo operando un servomotor a la vez).

A continuación, se justificará la elección del contactor, diferencial e interruptor termomagnético, sumando las corrientes de todos los componentes eléctricos a utilizar.

Para los componentes que funcionan con 5VDC y 12VDC se obtiene, después de sumar las corrientes de todos los ítems de la Tabla 4.18, lo siguiente:

$$I_{5V-12V} = 1 \text{ A}$$

De la misma forma, se obtiene lo siguiente para los otros dos niveles de voltaje:

$$I_{75V-pico} = 10 \text{ A}, I_{75V} = 4 \text{ A}$$

$$I_{220V} = 13.5 \text{ A}$$

Siendo $I_{75V-pico}$ la corriente en el arranque del motor, I_{75V} la corriente nominal del servomotor e I_{220V} la corriente de los actuadores e indicadores que trabajan a 220VAC.

Por lo tanto, para hallar la corriente total máxima del sistema $I_{total-max}$:

$$I_{total-max} = I_{5V-12V} + I_{75V-pico} + I_{220V}$$

$$I_{total-max} = 24.5 \text{ A}$$

Dado que el interruptor, diferencial y contactor escogidos en la Tabla 4.22 tienen una capacidad de 25 A cada uno y la corriente total del sistema es de 24.5 A, se concluye que estos cumplen con la corriente necesaria para poder operar en la máquina sin problemas.

4.4. SISTEMA DE CONTROL

En el sistema de control se describirán los diagramas de flujo del sistema, comenzando con los diagramas generales del sistema de los controladores a utilizar: Arduino y REX-C100.

4.4.1. Diagramas de flujo generales del sistema

Estos diagramas permiten describir la lógica de la programación que se hará en el controlador. En primera instancia, se muestra el diagrama de flujo principal del sistema en la Figura 4.54, donde se anuncian las funciones y rutinas a implementar.

Primero se inicializarán las variables y puertos de todos los componentes, para después prender el LED verde e indicar al operario que el sistema está listo para recibir los conectores a cincos. También se configura la posición inicial de los actuadores: actuador lineal extendido para que el tambor esté cerca del nivel del suelo, servomotor de giro del sistema en la posición de llenado de conectores, y servomotor de giro del tambor con la compuerta de este en dirección opuesta al suelo para facilitar el llenado de conectores. Luego se ejecutará la rutina de control de peso y tiempo de sumergimiento de los conectores, la cual se detalla en la Figura 4.55 y da a escoger al operario si quiere o no controlar el peso de los conectores en el tambor y su tiempo de sumergimiento: en caso desee controlarlos, se llama a las subrutinas de ingreso de tiempo de conectores y de validación de peso de conectores (ambas representadas en la Figura 4.56 y la Figura 4.57 respectivamente); caso

contrario solo se valida el ingreso de conectores y que estos pesen menos de 15 Kg. El display LCD irá mostrando mensajes conforme se vaya avanzando con el proceso, solicitando ingresar los minutos y kilogramos a través del teclado matricial y limitando el peso de conectores a 15 kilogramos y el tiempo a 15 minutos, con la intención de no comprometer la estructura del sistema y un tiempo.

Posteriormente, se apagará el LED verde y se prenderá el LED rojo y la circulina, indicando que el sistema entró al proceso de cincado electrolítico. Se ejecutará la rutina de carga, transporte y cincado de los conectores, la cual se describe en la Figura 4.58 y se compone principalmente de la retracción y extensión del actuador lineal LA24 y de los accionamientos de los dos servomotores ClearPath. La Figura 4.58 también muestra también la sub-rutina de giro del servomotor ClearPath para el tambor, describiendo las acciones a tomar en caso el operador haya escogido o no controlar el tiempo de sumergimiento. Es importante añadir que, una vez el servomotor de giro del tambor haya terminado de girar, quedará con la compuerta del tambor con dirección al suelo para que en la descarga el operario pueda sacar los conectores con facilidad.

Finalmente, la circulina y el LED rojo se apagará, dando paso al prendido del LED azul. Se ejecutará la rutina de transporte y descarga de conectores detallada en la Figura 4.59, conformándose por la retracción y extensión del pistón del servomotor y el accionamiento del servomotor ClearPath para el giro del sistema hacia la posición inicial. Una vez que se hayan extraído los conectores, el servomotor de giro del tambor dará un giro de 180° para que la compuerta del tambor quede en dirección opuesta al suelo (posición inicial) y el operario pueda llenarlo con conectores nuevamente.

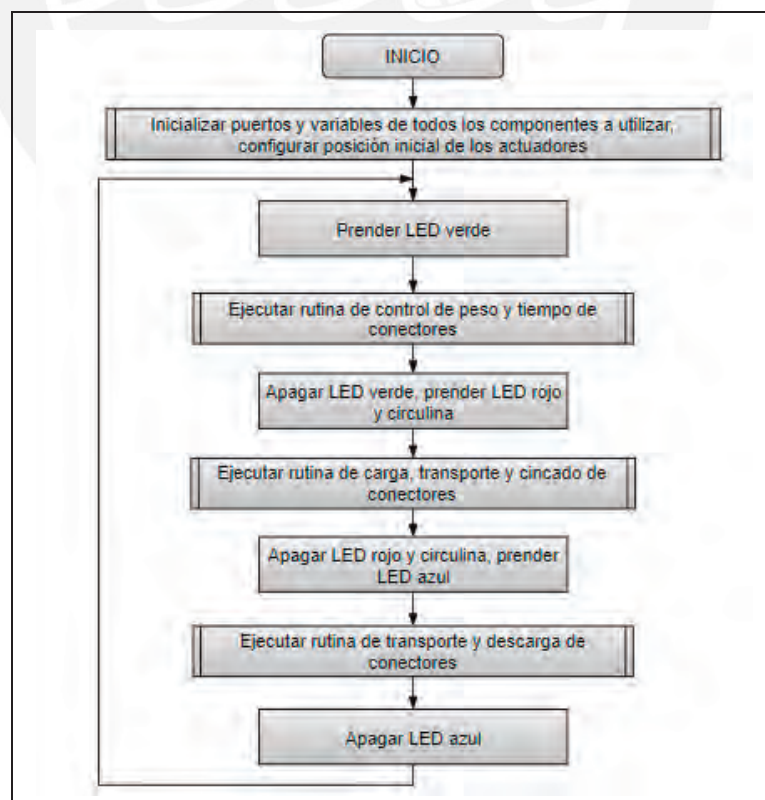


Figura 4.54 Diagrama de flujo principal. Fuente: Propia

A continuación, la Figura 4.55 y la Figura 4.56 descritas anteriormente.

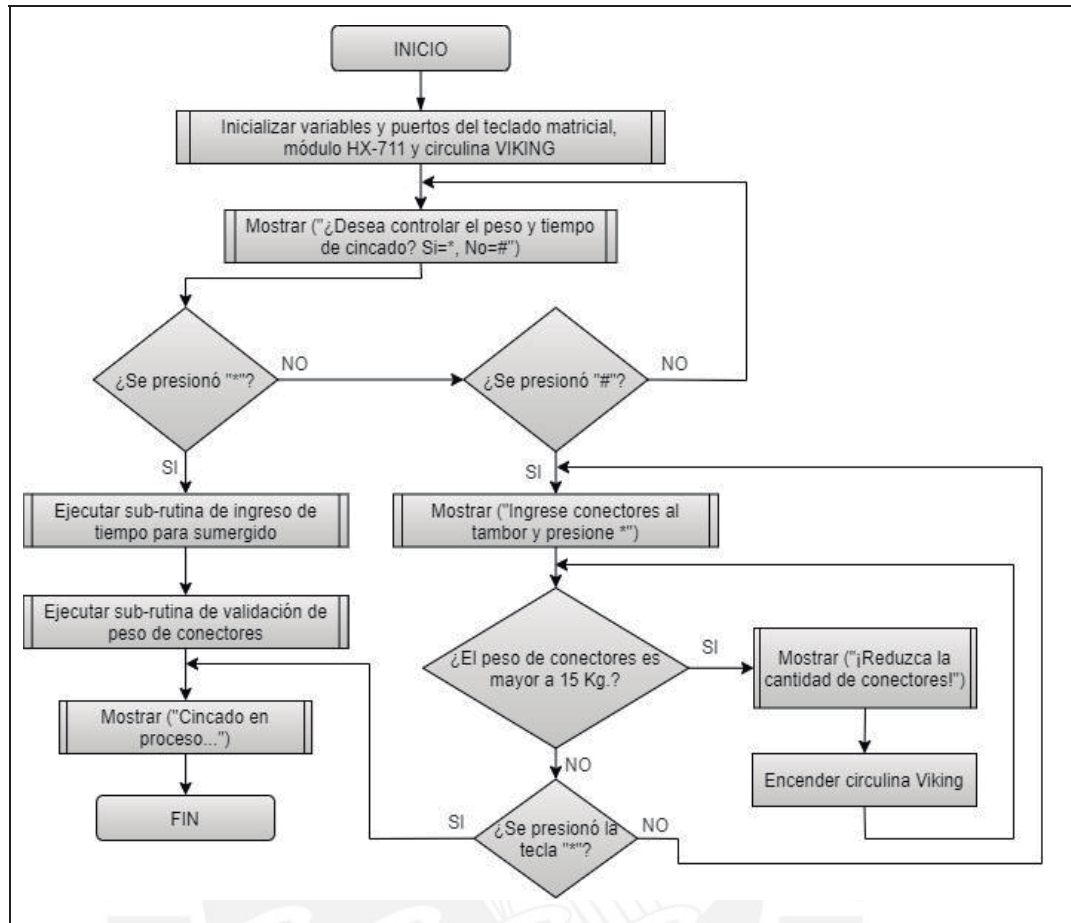


Figura 4.55 Rutina de control de tiempo y peso de conectores. Fuente: Propia

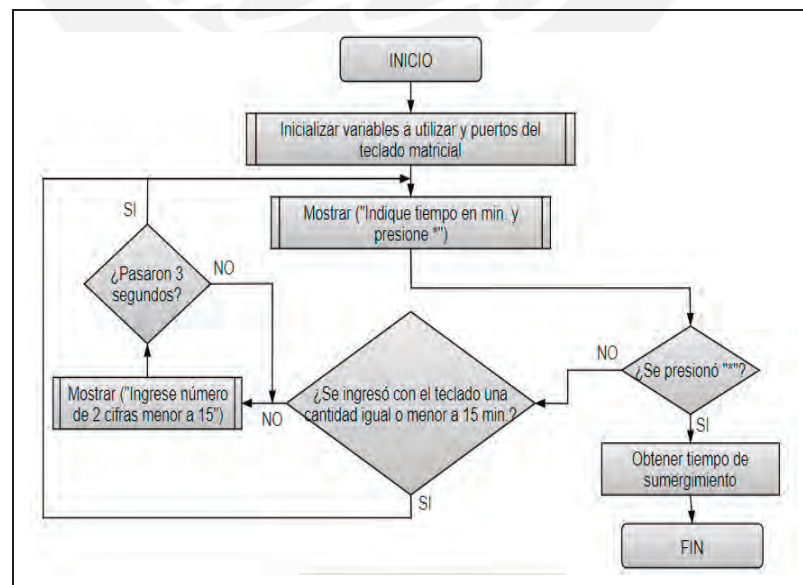


Figura 4.56 Sub-rutina de ingreso de tiempo de sumergido. Fuente: Propia

Líneas abajo se muestran la Figura 4.57 y la Figura 4.58.

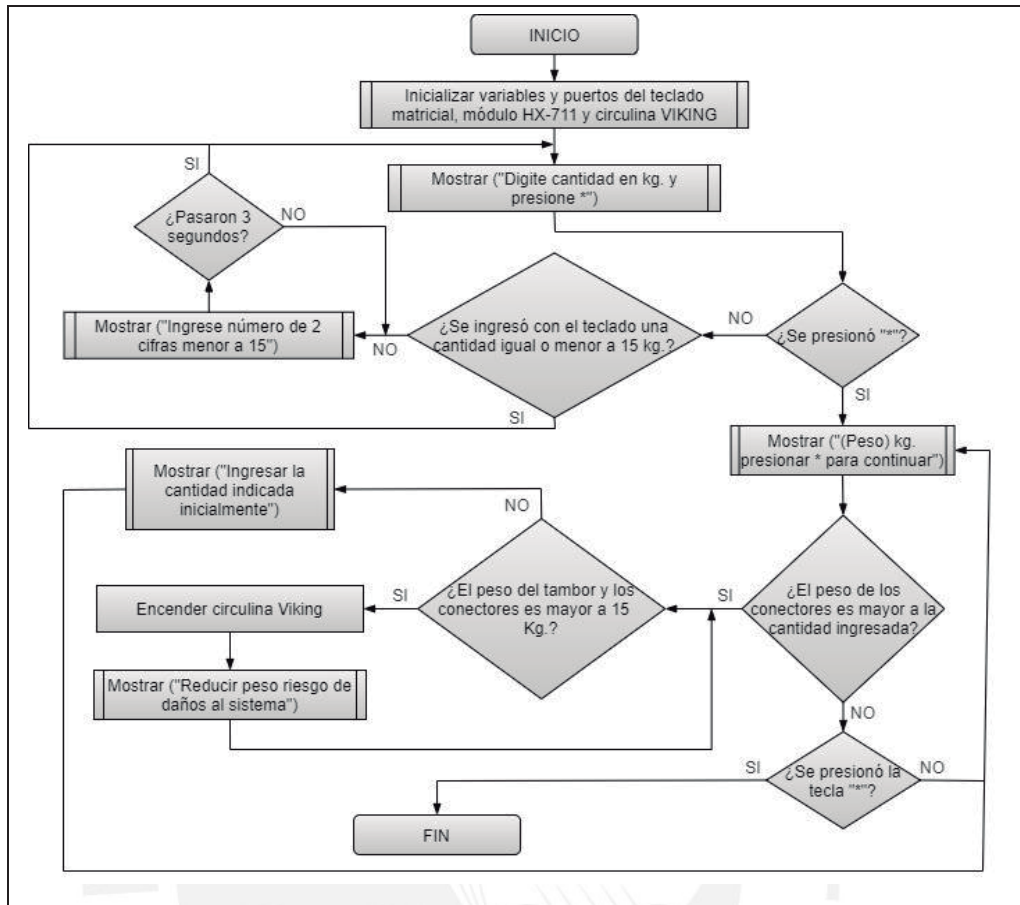


Figura 4.57 Sub-rutina de validación de peso de conectores. Fuente: Propia

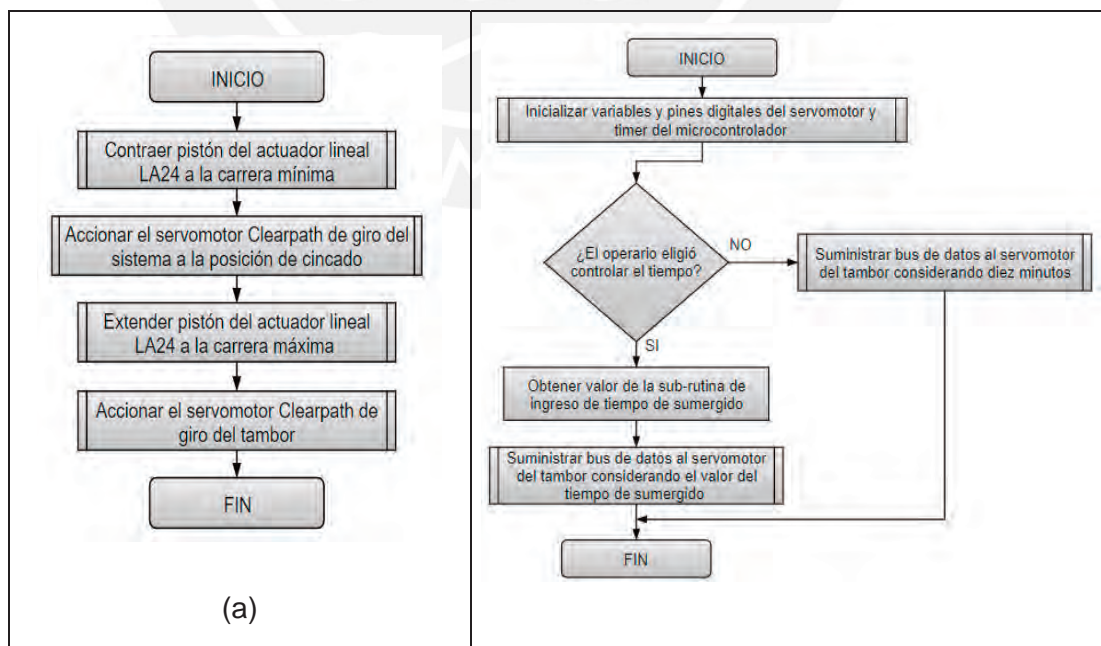


Figura 4.58 a) Rutina de carga, transporte y cincado de conectores b) Sub-rutina de accionamiento del servomotor para giro del tambor. Fuente: Propia

La Figura 4.59 describe la rutina de transporte y descarga enunciada en el diagrama de flujo principal.

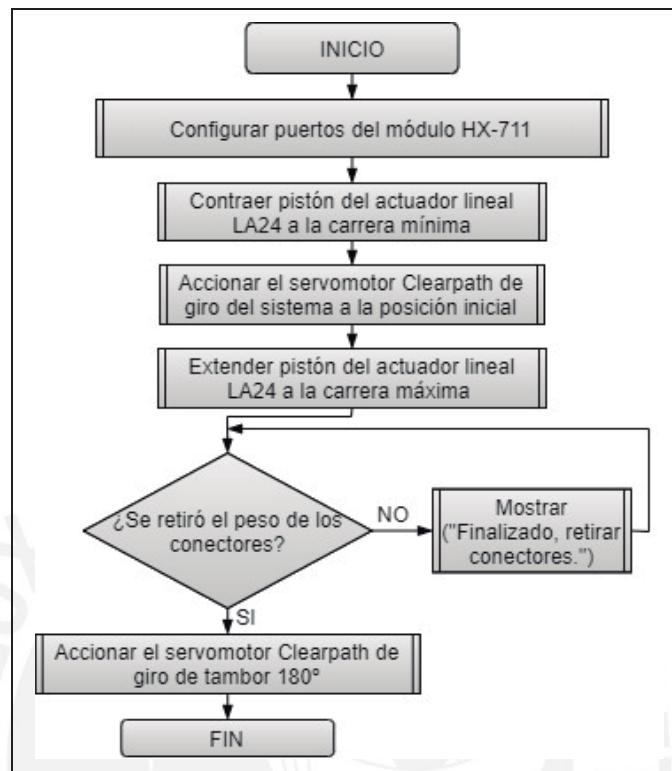


Figura 4.59 Rutina de descarga y transporte de conectores. Fuente: Propia

Es importante recalcar que la extensión y retracción del pistón del actuador lineal LA24 es gobernado por los relés de los pines “Red” y “Black” respectivamente (ver Figura 4.44). El potenciómetro de este actuador controlará cuánto se extraerá o contraerá el pistón: el voltaje del potenciómetro será de 5V cuando el pistón esté extendido al máximo, mientras que cuando esté retraído completamente el voltaje del potenciómetro será de 0V (ver hoja de datos del actuador lineal en la sección 7 de Anexos). Una vez que se logre el voltaje deseado del potenciómetro, es importante activar freno del actuador, el cual es gobernado por el relé del pin “Orange”. La Figura 4.60 muestra los diagramas de flujo para la extensión y retracción del pistón del actuador lineal, acompañado de un mensaje en el display LCD, el cual indicará si el tambor asciende o desciende. Solo uno de los tres pines “Red”, “Black” y “Orange” podrá estar conectado a 220VAC a la vez; de lo contrario se dañaría el actuador por problemas de cortocircuito.

Finalmente, la Figura 4.61 muestra a grandes rasgos el funcionamiento del controlador REX-C100, el cual se encargará de mantener la temperatura a 25°C. En caso la temperatura ambiente sea mayor, la temperatura del líquido electrolítico no se controlará.

A continuación, la Figura 4.60 y la Figura 4.61.

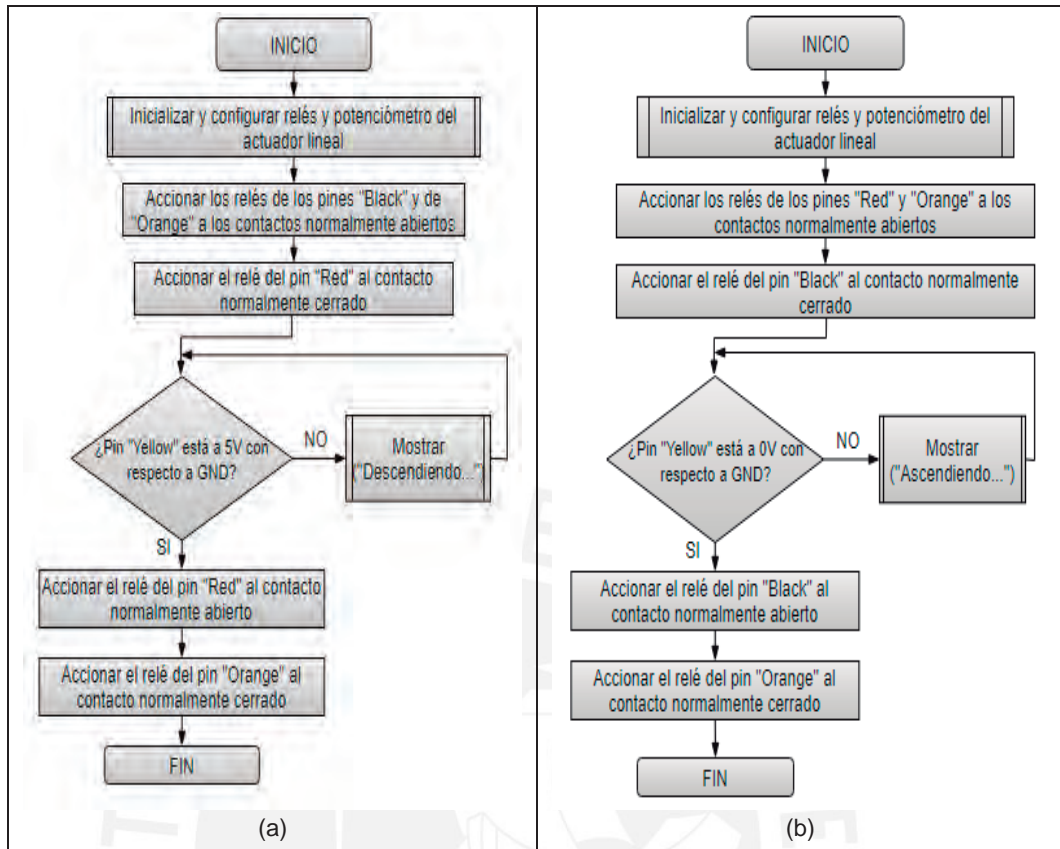


Figura 4.60 Diagramas de flujo del comportamiento del pistón del actuador LA24. a) Extensión del actuador. b) Retracción del actuador. Fuente: Propia

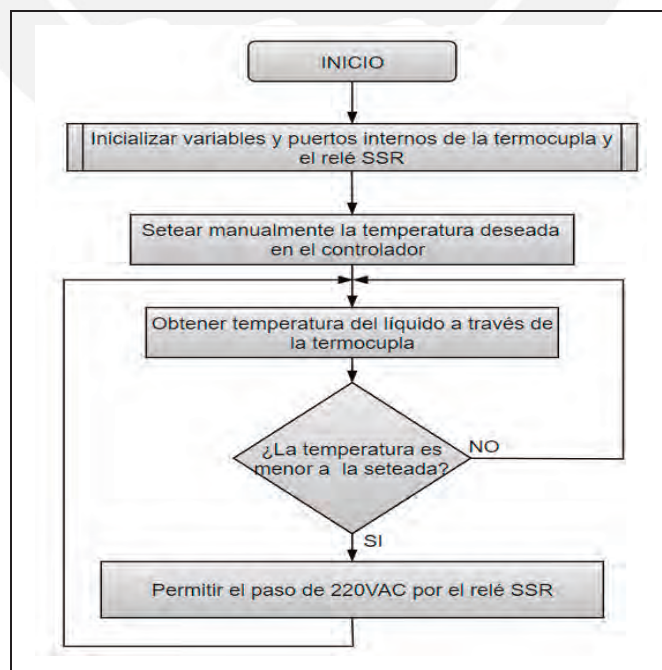


Figura 4.61 Funcionamiento del controlador REX-C100. Fuente: Propia

5. PRESUPUESTO

A continuación, se resumirán en tablas los precios de todos los componentes del sistema, ya sean importados, comprados localmente o mandados a fabricar. En el Anexo 6 se muestran las proformas por los conceptos mostrados en este capítulo. El tipo de cambio se considerará de 3.75 soles por dólar al cierre de marzo del 2021.

A) Presupuesto de componentes a importar

La Tabla 5.1 resume, en soles, la proforma del proveedor IDC para adquirir los componentes que requieren de importación, incluyendo todos los costos correspondientes a este proceso (shipping, impuestos, aduanas, etc.).

Tabla 5.1 Presupuesto de componentes importados. Fuente: Propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Celda de carga UTILCELL 610	331.05	331.05
2	Servomotor Clearpath CPM-SDSK-3432S-RLN	1,721.45	3,442.91
1	Fuente IPC-5 (inc. cable de alimentación 220VAC)	1,254.95	1,254.95
1	Riel para montaje de fuente IPC-5	52.63	52.63
1	Ventilador para fuente IPC-5 (inc. carcasa)	107.80	107.80
4	Cables con terminales molex para servomotores Clearpath	43.22	172.89
1	Actuador lineal Thomson LA24 AA22-05B65M	2,176.38	2,176.38
1	Carro móvil	125.58	125.58
1	Riel para recorrido de carro móvil de actuador	56.04	56.04
1	Regulador de voltaje URB4812YMD-6WR3	39.24	39.24
1	Regulador de voltaje URF4805LP-10WR3	46.44	46.44
4	Riel de montaje de regulador MornSun	19.80	79.21
		Subtotal (S/.)	7,885.12
		IGV (18%)	1,419.32
		Total (S/.)	9,304.44
		Total (\$)	2,481.18

B) Presupuesto de fabricación y ensamblaje de la estructura mecánica del sistema

La Tabla 5.2 muestra la cotización de la empresa ROCKWELL & BRINELL, el cual se especializa en fabricaciones y mecanizados de todo tipo de material (incluyendo polipropileno). Debido a las dimensiones del sistema en general, el proveedor asegura la entrega de los cuatro sub-ensambles e incluye el precio del ensamblaje de todo el sistema en el punto de entrega. El transporte del sistema es parte del servicio. Es importante indicar que en la cotización ya están incluidos elementos mecánicos como rodajes, pernos, tuercas, insumos de soldadura, etc.

C) Presupuesto de componentes electrónicos y eléctricos de adquisición local

La Tabla 5.3 muestra el presupuesto para adquisición de los componentes electrónicos y eléctricos que podrán conseguirse localmente, según la cotización del proveedor IDC. La cotización la hizo directamente en soles.

A continuación, se muestra la Tabla 5.2 mencionada en la página 79.

Tabla 5.2 Presupuesto por fabricaciones, mecanizados y ensamblados. Fuente: Propia

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Sub-ensamble columna base: - Mecanizado y soldadura de tubo de perfil cuadrado (viga vertical) - ASTM A500 - Mecanizado y soldadura de tubos de perfil rectangular para soporte de la viga vertical - ASTM A500 - Fabricación y anclaje de soportes de tablero eléctrico - ASTM A500 - Fabricación y anclaje de planchas para soporte de cables y servomotor - ASTM A500 - Fabricación de engranajes y elementos de transmisión- AISI 1045	3439.00	3439.00
2	Sub-ensamble viga columna central: - Fabricación y anclaje de contrapeso de cobre - Instalación de rodamiento cónico DIN 720 y soporte - Instalación de viga vertical de perfil en C - Alum. 6061 - Instalación de riel para recorrido del actuador lineal	3801.00	3801.00
3	Sub-ensamble carro móvil vertical - Soldado de perfiles en C - Alum. 6061 - Soldado de planchas rectangulares - Alum. 6061 - Fabricación y soldadura de soporte de cadena portacables - Alum. 6061 - Instalación del carro para deslizamiento vertical	1954.80	1954.80
4	Sub-ensamble mecanismo móvil del tambor - Fabricación de planchas para soporte del tambor - PP - Fabricación de engranajes - PP - Fabricación y soldadura de tambor hexagonal - PP - Fabricación y anclaje de tubo - PVC	3077.00	3077.00
5	Fabricación de tablero	543.00	543.00
6	Montaje y ensamble de sub-ensambles en el punto de entrega	1267.00	1267.00
7	Montaje y cableado de componentes electrónicos	905.00	905.00
		Subtotal (S/.)	14,986.80
		IGV (18%)	2,697.62
		Total (S/.)	17,684.42
		Total (\$)	4,715.84

La Tabla 5.3 muestra el presupuesto de los componentes que se comprarán localmente.

Tabla 5.3 Presupuesto de componentes de compra local. Fuente: Propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Termomagnético Easy9 EZ9F56225	32.50	32.50
1	Contactador monofásico A9C20632	115.20	115.20
1	Diferencial EZ9R36225	120.40	120.40
1	Pulsador XB4BS8445	128.50	128.50
1	Microcontrolador Arduino MEGA 2560	190.00	190.00
1	Módulo relé de 7 canales 5VDC	55.00	55.00
1	Controlador de temperatura REX-C100	130.50	130.50
1	Relé SSR de 40 Amperios	5.00	5.00
1	Termocupla tipo K	10.00	10.00
1	Resistencia calefactora de 2.5 KW a 220VAC	110.20	110.20
1	Módulo HX-711	15.00	15.00
1	Teclado matricial botones plásticos	30.00	30.00
1	Pantalla LCD	15.00	15.00
3	LED piloto XB4BVM4 de 220VAC	350.00	1,050.00
1	Circulina VIKING de 220VAC	75.00	75.00
1	Cable THW90 14AWG-TW80 14AWG x 20 m	40.00	40.00
1	Cable THW90 12AWG-TW80 12AWG x 20 m	40.00	40.00
1	Cable plano de máx. 5A x 15 m	25.00	25.00
1	Cable en cinta x 15 m	25.00	25.00
		Subtotal (S/.)	2,212.30
		IGV (18%)	398.21
		Total (S/.)	2,610.51
		Total (\$)	696.14

D) Presupuesto total

Finalmente se muestra la Tabla 5.4, que plasma el presupuesto total del sistema en dólares y soles, incluyendo gastos de logística y honorarios.

Tabla 5.4 Presupuesto total para adquirir el sistema. Fuente: Propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (S/.)	PRECIO TOTAL (\$)
1	Componentes a importar	9,304.4	2,481.2
1	Fabricaciones y mecanizados	17,684.4	4,715.8
1	Compras locales	2,610.5	696.1
1	Gastos de logística	600.0	160.0
1	Honorarios	6,516.0	1,737.6
Total (incluye IGV)		36,715.4	9790.8

De esta forma, se concluye que se requiere de un presupuesto de 36,715 soles para adquirir el sistema. Este número se encuentra dentro del rango que se estableció inicialmente como objetivo en el capítulo 1 del presente documento.

6. CONCLUSIONES

- Se planteó un sistema con un nivel de automatización adecuado para un cincado automático de conectores hidráulicos de las pymes, pues ya no se requiere a un operario que ejecute y supervise constantemente la carga, descarga y tiempo de cincado electrolítico. De esta forma, es posible reducir costos de mano de obra y se evitarían pérdidas económicas por conectores hidráulicos incorrectamente cincados y/o cuellos de botella en la producción.
- El sistema salvaguarda la integridad del operario, pues previene accidentes laborales producto de la fatiga y el esfuerzo físico que se originan al cargar, descargar y supervisar constantemente el depósito de conectores hidráulicos durante el cincado; y evita su exposición a la solución electrolítica alcalina, la cual es altamente perjudicial para su salud.
- Se propuso a manera de innovación en la industria peruana el uso de un control de temperatura para garantizar un adecuado revestimiento de zinc durante el baño electrolítico, así como el proceso de carga y descarga de conectores hidráulicos (y otras piezas de acero de tamaño similar) en el sistema, controlando el tiempo y la cantidad que se desea cincar de acuerdo a las necesidades del operario.
- De los resultados obtenidos en los cálculos y simulaciones mecánicas, se concluye que la estructura interna brinda un soporte sólido al sistema y un adecuado funcionamiento, obteniendo esfuerzos que no superan los 56 MPa y factores de seguridad mayores a 3.
- Los componentes electrónicos seleccionados cumplen con los requerimientos del sistema y ejecutan las funciones necesarias siguiendo la lógica detallada en los diagramas de flujo del sistema, de acuerdo a las necesidades del operario.
- Se consigue un diseño de tres grados de libertad para poder llevar a cabo la carga y descarga del cincado electrolítico: el giro del sistema para el transporte, el ascenso y/o descenso del depósito de conectores para sumergirlo en el baño de zinc electrolítico, y el giro constante del depósito durante el cincado.
- Se obtuvo un costo total de casi 40,000 soles por conceptos de diseño, fabricación e implementación del sistema, el cual es un precio accesible de inversión para un prototipo que automatice la carga y descarga en el baño de cincado electrolítico.

7. RECOMENDACIONES

- El sistema diseñado permite sumergir el depósito de conectores en un solo baño de zinc. En caso se desee aumentar el número de baños correspondientes al cincado electrolítico, se recomienda añadirle un grado de libertad más al sistema adicionando un actuador lineal a lo largo de la viga horizontal, de tal forma que el radio de rotación del sistema aumente y sea posible sumergir el tambor en más tinajas. Para esto deberán replantearse los cálculos y las simulaciones mecánicas del sistema, garantizando que el nuevo sistema no falle durante su operación.
- Si se desea un mayor torque para cincar una cantidad mayor de conectores, se recomienda reemplazar los motores DC por unos AC con sus respectivos variadores y reductores de velocidad, los cuales deben configurarse previamente y estar a disposición del operario de acuerdo a sus necesidades. De igual manera que en la recomendación anterior, será necesario elaborar nuevamente los cálculos y simulaciones mecánicas dependiendo de la nueva cantidad de conectores deseada; además de escoger los nuevos componentes eléctricos y electrónicos necesarios.
- Un teclado matricial y una pantalla LCD son las interfaces entre el sistema y el operario, las cuales estarán gobernadas por un Arduino MEGA 2560. En caso los requerimientos de los usuarios sean más exigentes en este tema, es aconsejable reemplazarlos por un PLC con una pantalla HMI, con la intención de tener una interfaz más moderna y cómoda de usar, monitoreando en todo momento el tiempo y peso de conectores. Esta nueva unidad de procesamiento permitiría también ampliar el número de variables a controlar en caso el número de baños aumente.
- En caso se desee que el sistema calcule automáticamente el tiempo de cincado óptimo, se recomienda trabajar en conjunto con ingenieros químicos para implementar un modelo matemático, de tal manera que el operario ingrese como variables de entrada el peso y temperatura deseados.
- Se recomienda hacer un seguimiento constante al costo de la energía eléctrica producida por la resistencia. En caso sea muy elevado, se deberían evaluar otras alternativas, buscando mayor eficiencia y ahorro de costos por este concepto.
- Para economizar el presupuesto, es recomendable no tercerizar la importación de los componentes electrónicos y adquirir los componentes mecánicos por separado, de tal manera que solo se tercerice el ensamblado de la máquina.
- Se sugiere que los operarios y técnicos se capaciten en el uso y funcionamiento del sistema, de tal forma que conozcan los componentes del mismo y puedan dar solución a fallas de producto y operacionales.

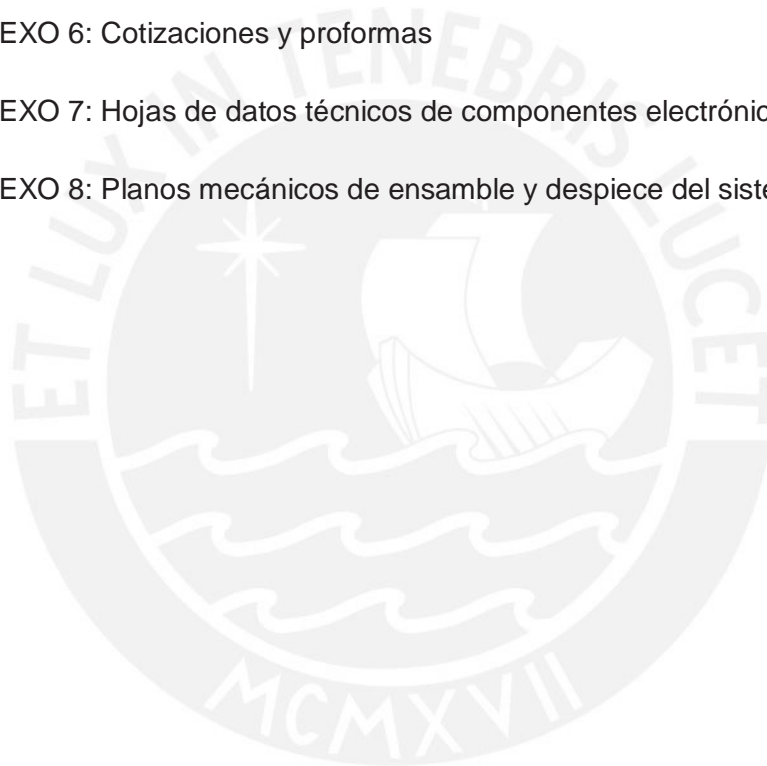
8. REFERENCIAS

- [1] R. Dario Giraldo, «Conectores hidráulicos,» *INDISA Online*, p. 1, 2011.
- [2] F. Gómez de León Hijes, Manual básico de corrosión para ingenieros, Murcia, España: Universidad de Murcia, 2004.
- [3] B. Chatterjee, «Science and Industry of Processes for Zinc-based Coatings with Improved Properties,» de *Jahrbuch Oberflächentechnik*, Lörrach, Baden-Württemberg, Leuze Verlag, 2016, pp. 79-111.
- [4] F. Planes, «Ferros Planes,» 31 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://ferrosplanes.com/proceso-de-zincado-que-es-y-que-ventajas-tiene/>. [Último acceso: 15 Junio 2020].
- [5] American Galvanizers Association, «Zinc Coatings,» *Publications of Zinc Coatings*, pp. 10-12, 15 Junio 2011.
- [6] C. Sierka, INDUSTRIAL ZINC PLATING PROCESSES (Master's Thesis), Indiana: Indiana University of Pennsylvania, 2015, pp. 49-54.
- [7] SIDIK ELECTROZINCADOS, «SIDIK PERU,» 2020. [En línea]. Available: <https://sidikperu.com/#proyectos>. [Último acceso: 2020 Junio 15].
- [8] INDUSTRIAS DEL ZINC S.A., «INDUZINC,» Grupo Metalindustrias, 2020. [En línea]. Available: <https://www.induzinc.com/proyectos-de-galvanizado/>. [Último acceso: 15 Junio 2020].
- [9] Ministerio de Economía y Finanzas, «Informe de avance Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad,» 31 Diciembre 2020. [En línea]. Available: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1671559/PNIC_informe_1202_2021.pdf.pdf. [Último acceso: 12 Mayo 2021].
- [10] Diario Gestión, «Metalindustrias instala planta de galvanizado,» 21 Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/impresametalindustrias-instalaplantagalvanizado-38836-noticia/?ref=gesr>. [Último acceso: 12 Mayo 2021].
- [11] B. Barriga, Métodos de Diseño en Ingeniería Mecatrónica - Introducción, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.
- [12] A. Lazaro y W. Yates, «Electroplating device and process». Estados Unidos Patente US5419823A, 30 Mayo 1995.
- [13] E. Neilson, «Electroplating barrel». Estados Unidos Patente US3256170A, 14 Junio 1966.
- [14] E. Larrodé, GRÚAS, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2010.
- [15] Esneca Business School, «Qué es el brazo robótico y en qué industrias se emplea,» 05 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.esneca.com/blog/brazo-robotico-industrias/>. [Último acceso: 15 Junio 2020].

- [16] B. Barriga, Métodos de diseño en ingeniería mecatrónica - Estructura de Funciones, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- [17] B. Barriga, Métodos de diseño en ingeniería mecatrónica - Proyecto Preliminar, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- [18] MIT, «Modules in Mechanics of Materials,» 1996. [En línea]. Available: <http://web.mit.edu/course/3/3.11/www/modules/props.pdf>. [Último acceso: 02 Febrero 2019].
- [19] P. Childs, Rotating Cylinders, Annuli, and Spheres, Oxford, UK: Elsevier, 2011, pp. 178-181.
- [20] H. Lamb, Hydrodynamics, Cambridge: Cambridge University Press, 1932.
- [21] E. Nishikata, T. Ishii y T. Ohta, «Viscosities of aqueous hydrochloric acid solutions, and densities and viscosities of aqueous hydroiodic acid solutions» 01 Julio 1981. [En línea]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/je00025a008>. [Último acceso: 08 Agosto 2020].
- [22] C. Biddulph, «Zinc Electroplating,» 18 Febrero 2011. [En línea]. Available: <http://www.pavco.com/upload/file/ZincElectroplating.pdf>. [Último acceso: 05 Agosto 2020].
- [23] Oriental Motor USA Corp., «Arm Application Sizing Tool,» [En línea]. Available: <https://www.orientalmotor.com/motor-sizing/arm-sizing.html>. [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [24] HILTI, «Manual técnico de anclajes,» 2015. [En línea]. Available: https://www.hilti.cl/medias/sys_master/documents/hba/9183526977566/Informacion_tecnica_ASSET_DOC_LOC_5591124.pdf. [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [25] HILTI, «Anclaje de expansión Kwik Bolt 3 (KB 3) 3.3.6,» 2016. [En línea]. Available: https://www.hilti.com.mx/medias/sys_master/documents/hb9/9195405213726/Informacion-tecnica-ASSET-DOC-LOC-5901109.pdf. [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [26] P. H. Bucke, «The tensile deformation process of polypropilene at high pressure,» University of Toronto, 1999. [En línea]. Available: <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/13245/1/NQ41117.pdf>. [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [27] UTILCELL, «Células de carga: Modelo 610,» [En línea]. Available: https://www.utilcell.es/wp-content/uploads/2016/07/Es-En_DS_M610_Utilcell.pdf. [Último acceso: 15 Junio 2020].
- [28] Naylamp Mechatronics, «Naylamp Mechatronics,» 04 Julio 2016. [En línea]. Available: https://www.naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-ba.html. [Último acceso: 15 Junio 2020].

9. ANEXOS

1. ANEXO 1: Elementos adicionales al estado del arte
2. ANEXO 2: Lista de exigencias para el diseño del sistema
3. ANEXO 3: Matriz morfológica y principios de evaluación para la elección del concepto de solución óptimo
4. ANEXO 4: Elección de componentes electrónicos
5. ANEXO 5: Simulaciones adicionales
6. ANEXO 6: Cotizaciones y proformas
7. ANEXO 7: Hojas de datos técnicos de componentes electrónicos
8. ANEXO 8: Planos mecánicos de ensamble y despiece del sistema



1. ANEXO 1: ELEMENTOS ADICIONALES AL ESTADO DEL ARTE

A continuación, se muestran los elementos que se consideraron en el estado del arte, distribuidos en: dominio mecánico, electrónico y de control.

1.1. DOMINIO MECÁNICO

Se presentan algunas patentes, componentes mecánicos y mecanismos utilizados en la industria para fines relacionados con el sistema a diseñar.

- A) Patente de un alimentador rotativo sellado a presión (Pressure sealed rotary feeder)

PATENTE: US2120478A

Inventor: Paul L Amundsen

Fecha de publicación: 14 de Junio de 1938.

Descripción:

Este invento consiste en un tambor para soluciones de recubrimiento y limpieza; pequeñas piezas que no pueden galvanizarse individualmente de forma práctica son almacenadas dentro del tambor rotativo para que se procesen [1]. Será de utilidad en el diseño de un depósito de conectores hidráulicos, pues en la industria se suelen utilizar tambores rotativos en los procesos de cincado electrolítico con objetos pequeños. El tambor se sumerge en un baño electrolítico mientras rota con todos los objetos que lleva dentro, realizando así un cincado eficiente en el que todas las piezas a cincarse mueven constantemente; haciendo que zinc se adhiera

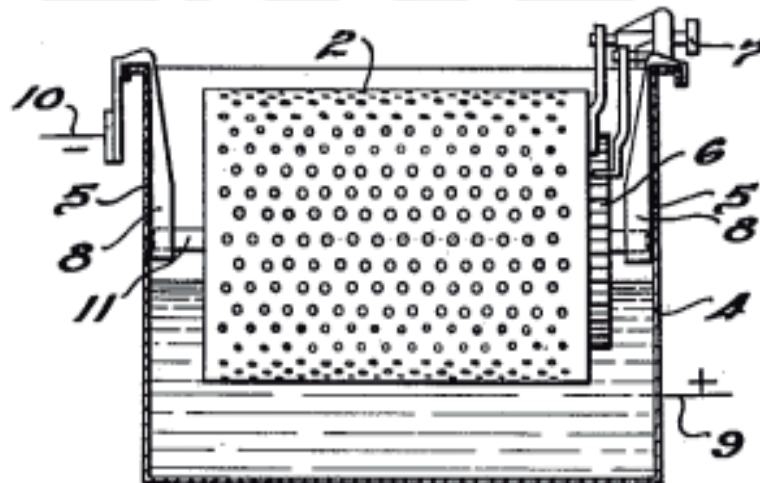


Figura 1.1 Tambor para galvanoplastia. Fuente: Google Patents

B) Bateas industriales

Esencial en el proceso de cincado electrolítico. El operario ejecuta allí el cincado electrolítico de ciertas piezas metálicas, sumergiéndolas y elevándolas con otras herramientas manualmente. En el proceso de cincado electrolítico la mejor opción es que sea de polipropileno, ya que es resistente a soluciones ácidas y alcalinas indispensables en el proceso de cincado electrolítico [2]. La Figura 1.2 muestra bateas de tamaños industriales, de uso muy común en la industria para una producción masiva de productos galvanizados.



Figura 1.2 Tanque de polipropileno para cincado electrolítico. Fuente: indiamart.com

C) Contrapeso para sistemas de izaje

Un contrapeso es una estructura utilizada para estabilizar el peso y la inercia producida en algunos sistemas de izaje. De esta manera se logra estabilizar estos en sus estados de reposo y de movimiento [3]. En la industria se pueden observar diversos sistemas de izaje y equipos de construcción que cuentan con contrapesos, como grúas torre, grúas telescópicas, excavadoras hidráulicas, retroexcavadoras, etc. Este concepto puede ser de utilidad para diseñar el sistema mecatrónico que se tiene como objetivo en la presente tesis, ya que se requerirá levantar, descender y transportar una carga de componentes metálicos.

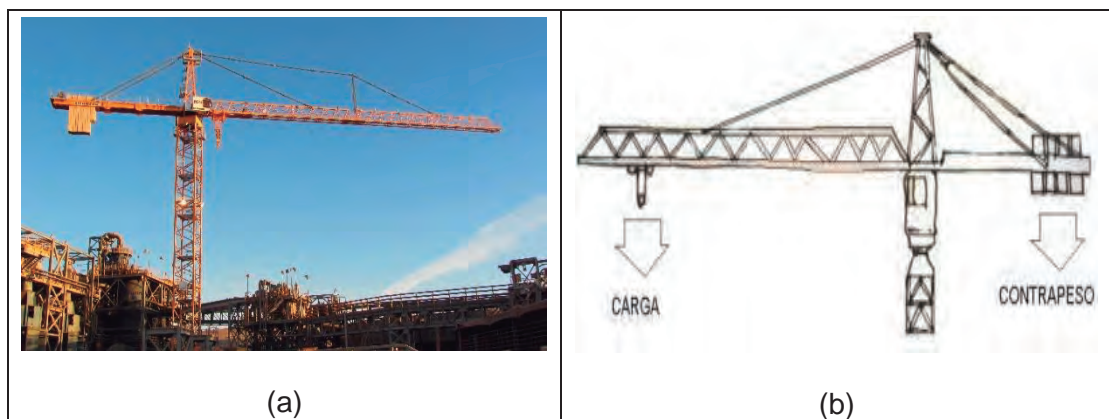


Figura 1.3 Uso de contrapesos en la industria. a) Contrapeso en una grúa torre. Fuente: construccionminera.cl b) Bosquejo de fuerzas provocadas por la carga y contrapeso de una grúa. Fuente: educaciontecnologica.cl

D) Elementos de transmisión de potencia.

Dado que en el diseño del sistema mecatrónico de la presente tesis se requerirán de la presencia de diversos elementos de transmisión de potencia para posibles soluciones. A continuación, la Tabla 1.1 presenta una tabla comparativa con las principales características de los elementos de transmisión más utilizados: fajas, cadenas y engranajes.

Tabla 1.1 Cuadro comparativo de engranajes, cadenas y fajas. Fuente: Propia

	Engranajes	Cadenas	Fajas o Correas
Descripción	Ruedas dentadas que acopladas transmiten rotación de un eje a otro [4].	Elemento flexible sobre un conjunto de poleas [4].	Elemento flexible conformado por eslabones [4].
Función principal	Transferir potencia de un eje a otro, manteniendo una razón definido entre velocidades rotacionales de los ejes [4].	Transmitir potencia entre ejes muy separados [4] por forma o fricción [5].	Transmitir potencia entre ejes muy separados [4] por su forma [5].
Eficiencia (%)	< 97 % [6]	< 95% [6]	< 97% [6]
Velocidad lineal (m/s)	< 30 m/s [6]	< 10 m/s [6]	< 100 m/s [6]
Ruido	Medio [6]	Alto [6]	Bajo [6]
Costos	Alto [6]	Medio [6]	Medio a bajo [6]
Potencia a transmitir	Alta [6]	Medio [6]	Baja [6]
Descripción gráfica	 <p>Figura 1.4 Transmisión por engranajes. Fuente: rodastockchile.cl</p>	 <p>Figura 1.5 Transmisión por cadenas. Fuente: rodamientosherver.com</p>	 <p>Figura 1.6 Transmisión por fajas. Fuente: sudamericana.com.pe</p>

E) Mecanismos para levantamiento y descenso de cargas

Existen diferentes mecanismos que pueden utilizarse para levantar y descender cargas, los cuales trabajan con diversos actuadores eléctricos o electrónicos que les brindan la potencia que necesitan. Pueden ser de utilidad para poder levantar y sumergir en un baño de zinc electrolítico el depósito con conectores hidráulicos dentro. A continuación, se muestra la Tabla 1.2., en la que se describe el principio de funcionamiento de algunos mecanismos y/o componentes que suelen utilizarse para el movimiento rectilíneo de objetos.




Tabla 1.2 Cuadro comparativo de mecanismos de levantamiento y/o descenso de cargas.
Fuente: Propia

	Guías lineales	Polea	Piñón - cremalleras
Principio de funcionamiento	Se utilizan para guiar la carga, soportar fuerzas externas, pares y momentos de flexión, y como dispositivos anti-rotación. Por otro lado, proporcionan una guía de alta precisión que permite posicionar la carga de forma dinámica y precisa [7].	Se conoce como polea a una máquina simple diseñada para transmitir fuerza y operar como un mecanismo de tracción. Si se combinan dos o más poleas fijas es posible desplazar objetos más pesados [8].	El piñón es una rueda dentada que describe una rotación sobre su eje, mientras que la cremallera se desplaza con movimiento rectilíneo según la rotación del piñón. De esta forma, se logra transformar el movimiento rotativo del piñón en el rectilíneo de la cremallera [9].
Descripción gráfica	 <p>Figura 1.7 Riel de guía lineal. Fuente: thomsonlinear.com</p>	 <p>Figura 1.8 Polea simple. Fuente: aliexpress.com</p>	 <p>Figura 1.9 Mecanismo de cremallera. Fuente: rodastockchile.cl</p>

F) Uniones mecánicas entre eje y cubo y por soldadura para transmisión de fuerzas y/o de potencia

Las uniones entre eje y cubo tienen como objetivo la transmisión de torque, fuerza axial o ambas simultáneamente [10]. La Tabla 1.3 describe tres uniones por forma: chavetas, clavijas y pasadores, los cuales pueden ser de utilidad para la presente tesis. Posteriormente se describirá a grandes rasgos la unión por soldadura.

Tabla 1.3 Algunas uniones entre eje y cubo por forma. Fuente: Propia

	Chavetas	Clavijas	Pasadores
Principio de funcionamiento	Elemento de sección transversal, rectangular o cuadrada, la cual se aloja en un canal chavetero del eje y encaja con el canal del cubo, impidiendo que la rueda gire deslizando con el eje y transmitiendo torque [10].	Tienen como funciones unir, fijar, arrastrar, retener, alinear, centrar, asegurar, cerrar elementos de máquinas entre sí. También se usan para evitar el giro o desplazamiento relativo entre piezas para transmitir fuerza o momento torsor [10].	Se emplean como elementos de unión de piezas que articulan entre sí, con las tolerancias adecuadas para un ajuste respectivo necesario [10].
Descripción gráfica	 <p>Figura 1.10 Chaveta, canal chavetero y rueda. Fuente: ikastaroak.birt.eus</p>	 <p>Figura 1.11 Clavija cónica. Fuente: grainger.com.mx</p>	 <p>Figura 1.12 Pasador cilíndrico. Fuente: manxaindustrial.com</p>

En el caso de las uniones soldadas, estas son uniones permanentes entre dos o más elementos, en las cuales están presentes los elementos a unir (materia base) y el elemento de unión, electrodo o material de aporte. La fusión de estos elementos se logra con el aporte de calor a través de un arco eléctrico o de la llama resultante de la combustión de los gases. Se tienen dos tipos de uniones soldadas: unión a tope y unión angular [11]. La Figura 1.13 muestra los tipos uniones mencionadas.

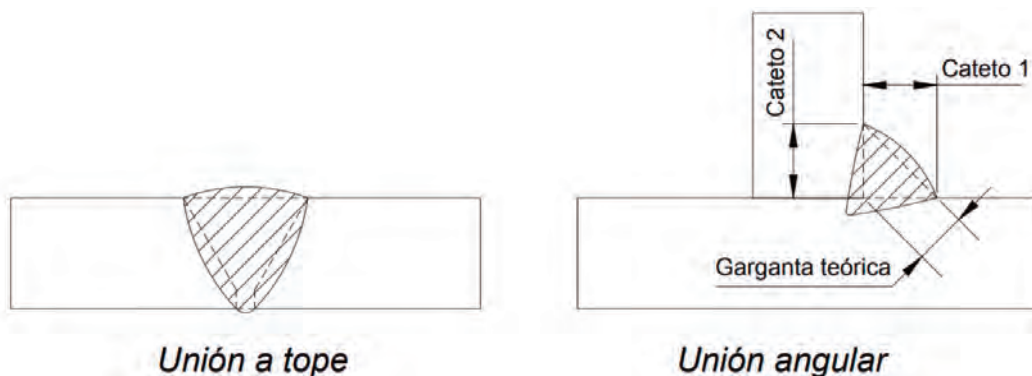


Figura 1.13 Tipos de uniones soldadas. Fuente: [11]

1.2. DOMINIO ELECTRÓNICO

Dentro de este dominio se tienen ciertos componentes eléctricos y electrónicos entre sensores y actuadores que podrían ser de utilidad para poder obtener las variables de control y ejecutar acciones.

A) Sensores para detección de objetos

En la presente tesis, se requieren de ciertos sensores que detecten la presencia de objetos dentro de un determinado rango de detección. Este tipo de sensores puede ser útil en el diseño de esta tesis, pues de esta manera se puede dar una indicación al sistema de control para poder comenzar a contabilizar el tiempo de sumergido en el baño de cinc. En la Tabla 1.4 se describen algunos tipos de sensores según su principio de funcionamiento.




Tabla 1.4 Tipos de sensores para detectar objetos. Fuente: Propia

	Sensor inductivo	Sensor capacitivo	Sensor infrarrojo digital
Principio de funcionamiento	El sensor dispone de una superficie activa en su lado frontal que fáticamente es un oscilador. Dicho oscilador produce un campo magnético en un semicírculo. En caso pase un metal, el campo se debilita, de tal forma que el sensor es capaz de reconocer a qué distancia se encuentra [12].	Funciona según el principio de un condensador de placas ideal, donde una placa es el sensor y la otra es el objeto de medición. Entre ambas placas se genera un campo eléctrico, el cual varía si un cuerpo ingresa. De esta forma se puede medir la distancia del objeto [13].	Permite obtener la distancia entre el sensor y un objeto a una determinada distancia. Integra tres dispositivos: Diodo emisor de infrarrojos, detector de posición y un circuito que procesa las señales. Como salida, el dispositivo entrega un voltaje proporcional a la distancia de detección [14].
Tipo de material a detectar	Materiales ferrosos [12]	Todo tipo de material [12]	Objetos sólidos [14]
Descripción gráfica	 <p>Figura 1.14 Sensores inductivos (IAS). Fuente: rechner-sensors.com</p>	 <p>Figura 1.15 Sensores capacitivos (KAS). Fuente: rechner-sensors.com</p>	 <p>Figura 1.16 Sensor de distancia infrarrojo SHARP GP2Y0A21. Fuente: naylampmechatronics.com</p>

B) Motores eléctricos

Son máquinas capaces de convertir la energía eléctrica en mecánica, gracias a la acción de campos magnéticos que generan las bobinas que se encuentran dentro de ellas. En el diseño de esta tesis, puede serán de utilidad para accionar distintos mecanismos, así como para brindar el torque de giro necesario para el depósito de las piezas metálicas a cincinar. La Tabla 1.5 muestra los tipos de motores que pueden encontrarse en el mercado, los cuales tienen distintas aplicaciones.

Tabla 1.5 Características de motores AC, DC y motor a pasos. Fuente: Propia

	Motores AC	Motores DC	Motores a pasos
Principio de funcionamiento	Alimentados por corriente alterna, convierten la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos. Son ideales para operaciones con bajas velocidades [15].	Alimentado por corriente continua, convierten energía eléctrica en mecánica por medio de un movimiento rotatorio, como consecuencia de un campo magnético [15].	Son motores de corriente continua que tienen como característica rotar en ambas direcciones, moverse con movimientos angulares precisos y controlarse con circuitos digitales [16].
Uso	Operaciones con rendimiento y torque altos [16].	Operaciones con gran fuerza de giro en el arranque del motor, con reducción o aumento de torque y velocidad de giro [17].	Posicionamientos con precisión sin sensores de retroalimentación [16].
Descripción gráfica	 <p>Figura 1.17 Motor AC. Fuente: tme.eu</p>	 <p>Figura 1.18 Motor DC. Fuente: pololu.com</p>	 <p>Figura 1.19 Motor a pasos. Fuente: promotec.net</p>

C) Fuentes de voltaje DC

Son transformadores de voltaje que permite convertir voltaje AC a voltaje DC. Utilizan modulación por ancho de pulsos (PWM); es decir, la tensión de salida de la fuente de alimentación se regula cambiando el factor de duración del pulso a ciertas frecuencias. Inicialmente, la tensión alterna de la red pasa por un filtro LC, para después ingresar a un puente rectificador de diodos y a diversos circuitos formado por transistores, diodos, capacitores e inductancias para finalmente obtener la tensión recta de salida [18].

Estas fuentes serán de utilidad en el diseño de esta tesis para alimentar distintos componentes electrónicos que necesitan corriente continua para trabajar. La Figura 1.20 muestra algunos ejemplos de fuentes switching o conmutables en el mercado.

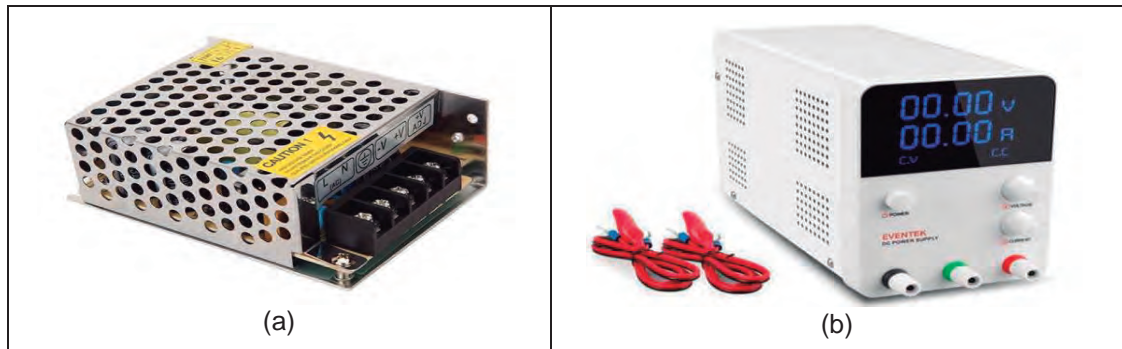


Figura 1.20 Fuentes switching. a) Fuente de 12V de 60W. Fuente: electronilab.co b) Fuente de voltaje regulable con display. Fuente: fuentedealimentacion.net

D) Actuadores lineales

Básicamente son dispositivos que producen movimiento en línea recta. En el mercado se encuentran actuadores lineales mecánicos, neumáticos, eléctricos e hidráulicos [19]. El principio de funcionamiento varía según el tipo de actuador. En el mercado, los más populares son los eléctricos, los cuales transforman la energía eléctrica en mecánica, ya que tienen características únicas como ser silenciosos, preciosos, rentables, no requieren de mantenimiento, instalación y montaje sencillos, entre otras [19]. La Figura 1.21 muestra un actuador lineal del mercado.



Figura 1.21 Actuador lineal eléctrico. Fuente: regner.tech

E) Sensores de peso

El peso es otra de las variables de control del sistema. Existen varios sensores de peso con diferentes principios de funcionamiento. El uso de estos servirá para que el sistema pueda pesar la cantidad de piezas metálicas ingresadas y arrojar la alerta en caso se sobrepase el peso máximo que puede soportar el sistema, o controlar el peso deseado por el usuario, en caso este haya ingresado sus requerimientos.

La Tabla 1.11 muestra sensores de peso con distintos principios de funcionamiento, que cumplen la misma función.

Tabla 1.6 Tipos de sensores de peso. Fuente: Propia

	Sensor de peso resistivo	Celdas de carga por deformación	Celda de carga hidráulicas / neumáticas
Principio de funcionamiento	Es una película de polímero que actúa como una resistencia variable, con una resistencia que disminuye cuando la fuerza aplicada aumenta [20].	Sensores que actúan como transductores de fuerza o peso a una señal eléctrica. La deformación que sufren por el peso aplicado y su configuración interna de puente Wheatstone provocan una salida en mV / V [21].	Miden el peso como un cambio de la presión del fluido de llenado interno. A mayor peso, mayor presión del fluido [22].
Imagen referencial	 <p>Figura 1.22 Sensor de fuerza FSR. Fuente: teslabem.com</p>	 <p>Figura 1.23 Sensor de carga. Fuente: utilcell.com</p>	 <p>Figura 1.24 Celda de carga hidráulica. Fuente: sisgeo.com</p>

F) Dispositivos de protección eléctrica

Existen dispositivos eléctricos cuya función principal es proteger instalaciones eléctricas y a sus componentes. Los principales son los interruptores termomagnéticos y fusibles. Los primeros son dispositivos que cortan la corriente eléctrica de un circuito automáticamente cuando la corriente sobrepasa el valor nominal establecido en las especificaciones técnicas del mismo [23]; los segundos protegen instalaciones y componentes eléctricos contra sobrecorrientes mediante una fusión de su elemento fusible [24]. Por otro lado, existen también dispositivos que protegen a las personas, denominados interruptores diferenciales. Estos miden la diferencia entre la corriente de entrada y de retorno en un sistema eléctrico, y se accionan en caso estas difieran [25]. La Figura 1.25 muestra imágenes de los dispositivos mencionados anteriormente.

G) Sensores y actuadores de temperatura

La temperatura es otra de las variables de control del diseño de la presente tesis. Para poder controlarla, necesitamos de un componente electrónico que pueda elevar la temperatura del líquido electrolítico en caso se requiera, y de un sensor que identifique la magnitud de la temperatura para retroalimentar el sistema de control.

En cuanto a actuadores para variar la temperatura, existen dispositivos como resistencias eléctricas calefactoras, climatizadores evaporativos, los cuales podrían ser útiles para controlarla. Una resistencia eléctrica son dispositivos que, a través de un estímulo de energía eléctrica, logran convertirla en calor. Tienen distintas aplicaciones como calentadores de agua, hornos eléctricos, cocinas eléctricas, entre otras [26]. Los climatizadores trabajan con termostatos y reguladores de temperatura, los cuales detectan la temperatura y permiten regularla con resistencias que tienen instaladas [27]. La Figura 1.26 muestra imágenes de estos componentes.

Para el caso de los sensores de temperatura, la Tabla 1.12 muestra un cuadro comparativo de los diversos tipos de sensores que se encuentran en el mercado.

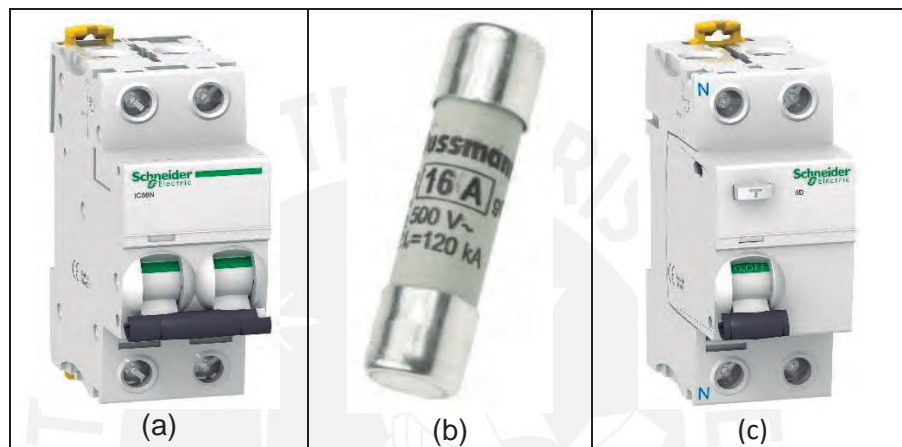


Figura 1.25 Dispositivos de protección. a) Interruptor termomagnético. Fuente: se.com b) Fusible. Fuente: autosolar.pe c) Interrupto diferencial. Fuente: se.com

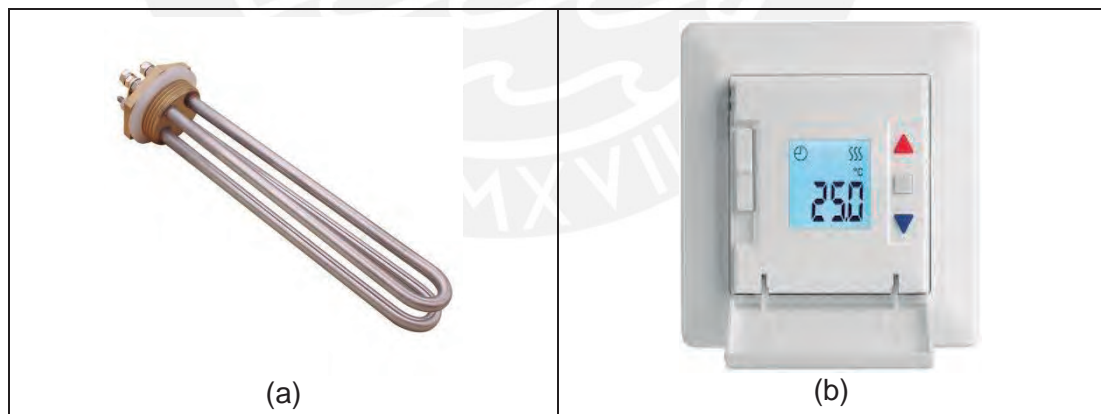





Figura 1.26 Actuadores de temperatura. a) Resistencia eléctrica de inmersión. Fuente: mikai.mx b) Termostato regulable digital. Fuente: micromatic.no

A continuación, se muestra la Tabla 1.12 que muestra distintos tipos de sensores de temperatura.

Tabla 1.7 Tipos de sensores de temperatura. Fuente: propia

	Termisor	RTD	Termocupla
Principio de funcionamiento	El termistor está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura. No son lineales según la temperatura, es necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y son complicados de calibrar [28].	Un RTD es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Los sensores de platino son los más comunes por tener mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura [28].	Su principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico, generando una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor [28].
Imagen referencial	 <p>Figura 1.27 Termistores. Fuente: termistores.com.es</p>	 <p>Figura 1.28 Sensor RTD. Fuente: indiamart.com</p>	 <p>Figura 1.29 Termocupla. Fuente: electropro.pe</p>

H) Indicadores de procesos: LED's pilotos, circulinas, altavoces

Estos dispositivos son de utilidad para indicar el estado de los procesos. Pueden recibir energía AC y DC, y su accionamiento puede ser controlado mediante dispositivos como interruptores, relés, controladores etc. La Figura 1.30 muestra imágenes de esos dispositivos.



Figura 1.30 Dispositivos indicadores de procesos. a) LED piloto. Fuente: es.rs-online.com. b) Circulina. Fuente: swift.pe. c) Parlantes. Fuente: wong.pe




1.3. DOMINIO DE CONTROL

Finalmente, en este dominio se presentarán dispositivos que gobernarán y controlarán distintos procesos y sub-procesos; recibiendo señales, procesándolas y enviando unas nuevas a los actuadores que corresponda.

A) Controladores

El uso de controladores en sistemas mecatrónicos es vital. A través de programación, interactúan con sensores y actuadores para cumplir con los requerimientos del sistema. Serán de utilidad en el diseño de la presente tesis, pues tienen acción sobre las variables que queremos controlar: temperatura, tiempo y peso. La tabla 1.8 muestra las principales características de los controladores del mercado.

Tabla 1.8 Tipos de unidades de control. Fuente: Propia.

	Microcontroladores	Computadoras de placa única	PLC
Principio de funcionamiento	Dispositivos electrónicos que leen y ejecutan programas deseados por el usuario. Permiten modularidad y flexibilidad, pues un solo circuito se puede utilizar para diferentes funciones cambiando el programa [29].	Son pequeñas computadoras capaces de realizar muchas tareas que hacen los ordenadores comunes. Pueden adaptarse para controlar sensores y actuadores. Permiten programar interfaces máquina-usuario y dar órdenes explícitas a un microcontrolador [30].	Es un controlador lógico programable el cual tiene por objetivo controlar y automatizar una serie de procesos dentro de una línea de producción o de cualquier sistema, ya sea industrial o no. La formación para el uso de estos equipos es cada vez más sencilla e interactiva [31].
Imagen referencial	 <p>Figura 1.31 Microcontrolador PIC. Fuente: tecnologiारobotica.com</p>	 <p>Figura 1.32 Sistema embebido. Fuente: tecnologiारobotica.com</p>	 <p>Figura 1.33 PLC Modicon M221. Fuente: se.com</p>

B) Interfaz usuario – máquina

Existen diferentes tipos de interfaces que sirven de comunicación entre un usuario u operario, y la máquina. Estas generalmente muestran el proceso en el que se encuentra el sistema, y permite ingresar datos a la máquina y setear parámetros. En la presente tesis, se requerirán de estas interfaces para que el usuario pueda ingresar el peso deseado a cinciar y para ver el peso del tambor mientras inserta los conectores.

En la Tabla 9 se muestran algunos tipos de interfaces usuario máquina que se encuentran en el mercado.

Tabla 1.9 Tipos de interfaces usuario-máquina. Fuente: Propia.

	HMI	Pantalla LCD	Aplicación de celular
Principio de funcionamiento	Es un dispositivo electrónico que ayuda a los operarios a monitorear y controlar el funcionamiento de un equipo. Ideal si se busca supervisar y modificar los parámetros de un proceso [32].	Es un dispositivo empleado para la visualización de caracteres. Consta de una pantalla alfanumérica de 2 filas y 16 columnas [33].	A través de un Smartphone, permite supervisar y controlar procesos de un sistema en tiempo real. No es necesario estar cerca del sistema para controlarlo, pues la conexión podría ser inalámbrica.
Imágenes	 <p>Figura 1.34 HMI de marca Margelis. Fuente: fcmsolutionsperu.com</p>	 <p>Figura 1.35 Display alfanumérico LCD 1602. Fuente: naylorlampmechatronics.com</p>	 <p>Figura 1.36 Aplicación de celular. Fuente: xatakahome.com</p>

C) Controladores PID de temperatura

Son instrumentos utilizados para el control de temperatura. Por lo general, toman una entrada de un sensor de temperatura y tienen una salida que está conectada a un elemento de regulación como un calentador o un ventilador. Proporcionan un control preciso y estable, además de compensar automáticamente los cambios del sistema. Para implementar el controlador PID, se requerirá de un sensor de temperatura para leer la variable a controlar, un relé al cual enviarle señales de accionamiento [34].



Figura 1.37 Regulador de temperatura. Fuente: se.com

2. ANEXO 2: LISTA DE EXIGENCIAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

A continuación, la Tabla 2.1, la cual muestra la lista de exigencias para el diseño del sistema.

Tabla 2.1 Lista de exigencias del diseño del sistema. Fuente: Propia

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 1 de 4
			Edición: v 1.0
Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CARGA Y DESCARGA DE CONECTORES HIDRÁULICOS Y PIEZAS DE ACERO DE IGUAL O MENOR TAMAÑO DENTRO DEL CINCADO ELECTROLÍTICO		Fecha: 15/06/2020
			Revisado: K. Muñoz
Cliente:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		Elaborado por:
			R. Ulloque
N°	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
1	E	Función Principal: Efectuar la carga, descarga y transporte de conectores hidráulicos y/o otras piezas metálicas de igual o menor tamaño a su baño de zinc electrolítico.	R. Ulloque
2	E	Geometría: Las dimensiones de la máquina deberán ser las necesarias para un adecuado montaje, manipulación y mantenimiento, con un aproximado de altura de 2.8m, un ancho de 1.6m y largo de 1.1m.	R. Ulloque
3	E	Cinemática: La máquina deberá realizar distintos movimientos mediante mecanismos con los cuales se realizará su función. El flujo de piezas metálicas a cincarse por el sistema será de 45 kg / hr.	R. Ulloque
4	E	Fuerza: Las fuerzas que ejerce la máquina debido a sus movimientos no deberá dañar su estructura, componentes electrónicos ni las piezas metálicas a cincarse; ni comprometer la calibración de los sensores y controladores. La máquina soportará un peso de 15 Kg como máximo de piezas metálicas.	R. Ulloque
5	E	Energía: <ul style="list-style-type: none"> · La máquina deberá ser accionada por energía eléctrica, con una fuente de 220V a 60Hz, para que pueda funcionar en una red eléctrica comercial o industrial. · Se deberá contar con convertidores AC/DC y reguladores de voltaje. 	R. Ulloque

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 2 de 4
			Edición: v 1.0
Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CARGA Y DESCARGA DE CONECTORES HIDRÁULICOS Y PIEZAS DE ACERO DE IGUAL O MENOR TAMAÑO DENTRO DEL CINCO ELECTROLÍTICO		Fecha: 15/06/2020
			Revisado: K. Muñoz
Cliente:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		Elaborado:
			R. Ulloque
N°	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
6	E	Materia:	R. Ulloque
		Producto de entrada: Conectores hidráulicos y otras piezas de acero de igual o menor tamaño.	
		Producto de salida: Piezas metálicas con un recubrimiento de zinc.	
7	E	Ergonomía: La máquina permitirá una postura satisfactoria y un control correcto por el operario según la Norma Básica de Ergonomía y Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. Esto se aplicará durante el montaje, operación y mantenimiento del sistema.	R. Ulloque
8	E	Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> · Botón de emergencia ante cualquier eventualidad. · Los elementos de la máquina usados para la transmisión de energía o movimiento deben protegerse para prevenir todo peligro de accidentes por contacto. · El diseño no pondrá en peligro de ningún modo al operario. · Correcto aislamiento de circuitos de potencia para evitar ruidos en las señales de control. 	R. Ulloque
9	E	Fabricación: <ul style="list-style-type: none"> · La máquina deberá contar con todos los planos para una fabricación sencilla en un tiempo adecuado. · Los materiales para su fabricación deben ser inocuos para no contaminar los granos de café. 	R. Ulloque
	D	<ul style="list-style-type: none"> · Los materiales para la fabricación deben conseguirse mediante proveedores locales. · Las piezas deben manufacturarse en talleres locales. 	

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 3 de 4
			Edición: v 1.0
Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CARGA Y DESCARGA DE CONECTORES HIDRÁULICOS Y PIEZAS DE ACERO DE IGUAL O MENOR TAMAÑO DENTRO DEL CINCAO ELECTROLÍTICO		Fecha: 15/06/2020
			Revisado: K. Muñoz
Cliente:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		Elaborado:
			R. Ulloque
N°	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
10	E	Control de calidad: La máquina cumplirá con la Norma Técnica ASTM B-633 de recubrimientos electrodepositados de Zinc en hierro y acero.	R. Ulloque
11	E	Montaje: El equipo será de fácil montaje e instalación. Además, la máquina deberá permitir un fácil acceso a sus componentes para un adecuado mantenimiento.	R. Ulloque
12	E	Transporte: Los componentes del sistema deben transportarse por separado, ya que se instalarán en el lugar de operación.	R. Ulloque
13	E	Señales: <ul style="list-style-type: none"> · Señales de entrada: encendido y apagado, parada de emergencia, datos recogidos de sensores, datos ingresados por el operario. · Señales de salida: Señales provocadas por interfaces y actuadores del sistema. 	R. Ulloque
14	E	Grado de Automatización: La máquina será parcialmente automatizada, solo se necesitará la ayuda de un operario para el ingreso de las piezas metálicas a cincinar.	R. Ulloque







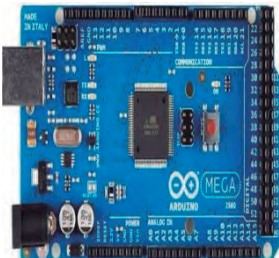


LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. 4 de 4
			Edición: v 1.0
Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CARGA Y DESCARGA DE CONECTORES HIDRÁULICOS Y PIEZAS DE ACERO DE IGUAL O MENOR TAMAÑO DENTRO DEL CINCADO ELECTROLÍTICO		Fecha: 15/06/2020
			Revisado: K. Muñoz
Cliente:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		Elaborado:
			R. Ulloque
N°	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
15	D	Comunicación: La interacción entre los controladores y los sensores será por comunicación serial.	R. Ulloque
16	D	Uso: <ul style="list-style-type: none"> · La máquina será utilizada en la costa, selva y ciertas zonas de la sierra peruana, con una altitud máxima de 3000 msnm y una temperatura mínima de 10°C y 32°C como máximo · Se trabajará dentro de una planta, con un ambiente cerrado y base plana. 	R. Ulloque
17	E	Mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> · El tiempo estimado de mantenimiento del sistema dependerá del desgaste progresivo de las piezas en consideración. · Las piezas mecánicas a reemplazar deben ser fáciles de encontrar en el mercado. En caso de importación de ciertos componentes electrónicos, esta debe planificarse con anticipación para no afectar la productividad. 	R. Ulloque
18	E	Presupuesto: El presupuesto del proyecto debe ser de 50,000 soles como máximo.	R. Ulloque

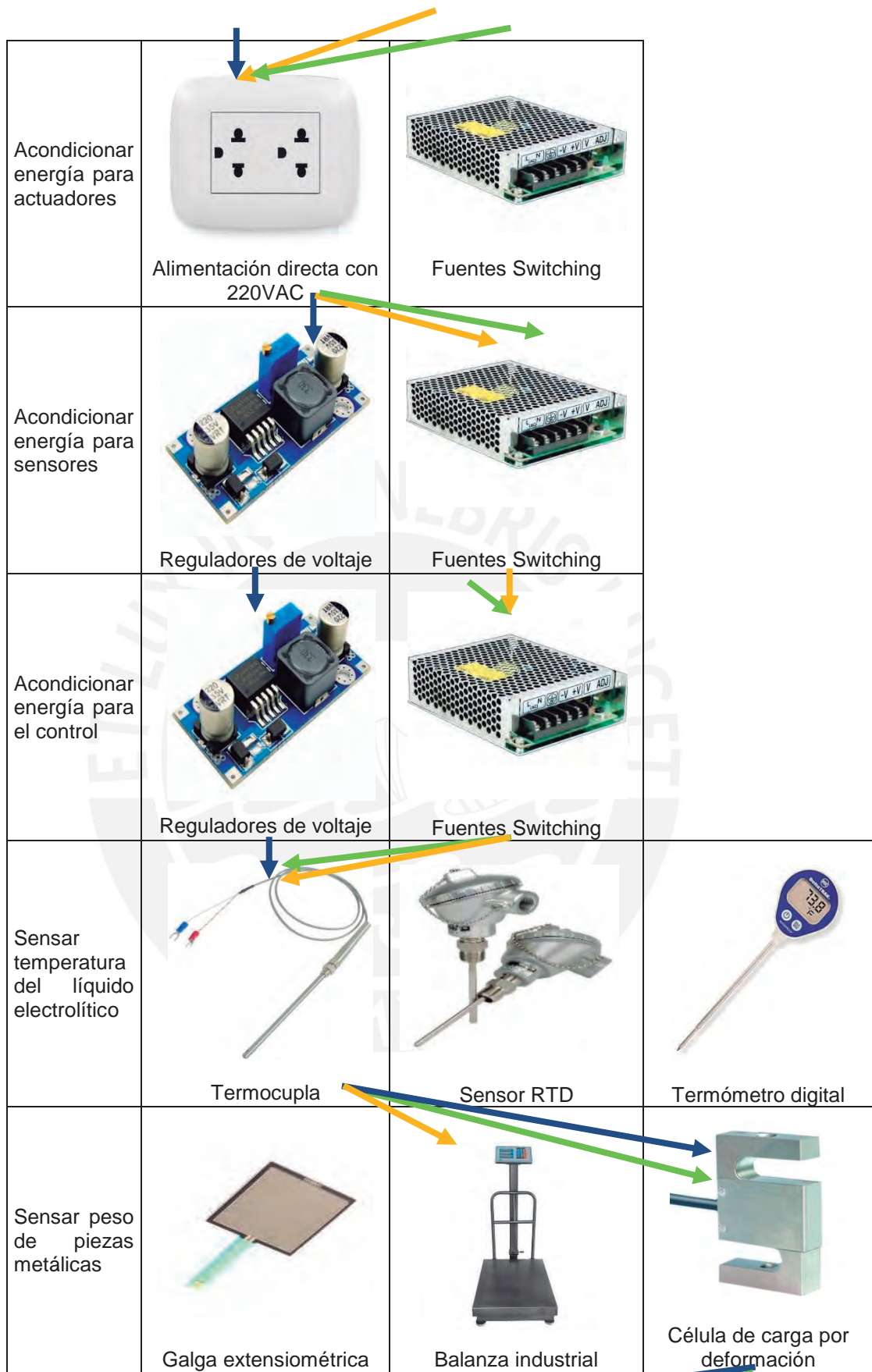
3. ANEXO 3: MATRIZ MORFOLÓGICA Y PRINCIPIOS DE EVALUACIÓN PARA LA ELECCIÓN DEL CONCEPTO DE SOLUCIÓN ÓPTIMO

A) MATRIZ MORFOLÓGICA GENERAL DEL SISTEMA

La tabla 2.1 presenta la matriz morfológica del sistema.

Tabla 3.1 Matriz morfológica del sistema. Fuente: Propia

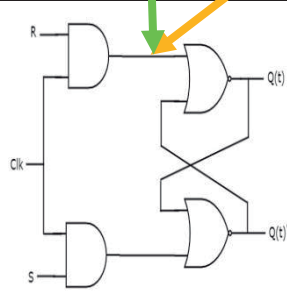
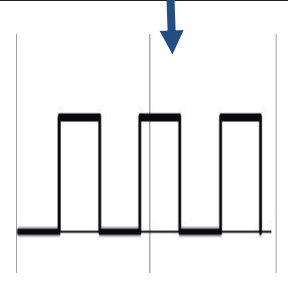




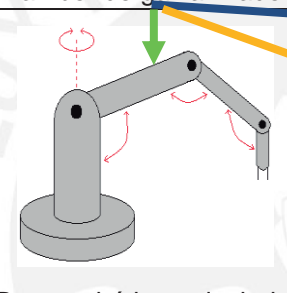

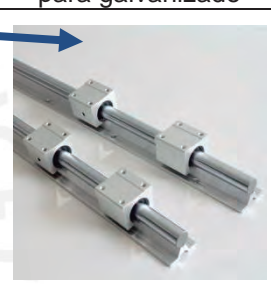


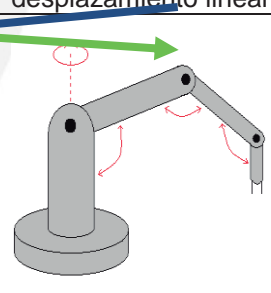
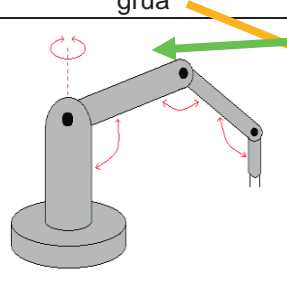


	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proteger a los dispositivos eléctricos y electrónicos	 Fusibles	 Interruptor termomagnético	
Proteger a los usuarios	 Diferencial		
Energizar sistema	 Pulsador de enclavamiento por giro	 Pulsador	 Switch
Identificar y controlar datos	 Microcontroladores	 Sistema embebido	 PLC
	CONCEPTO 3	CONCEPTO 2	CONCEPTO 1



CONCEPTO 3

CONCEPTO 1

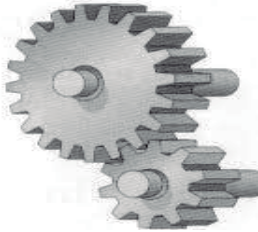
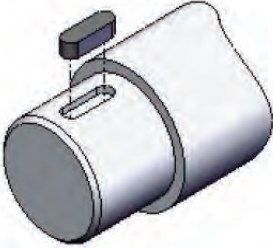
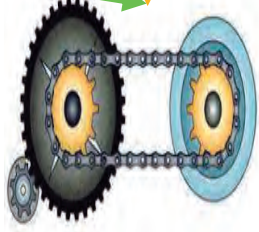


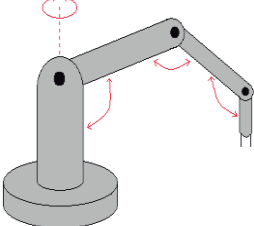
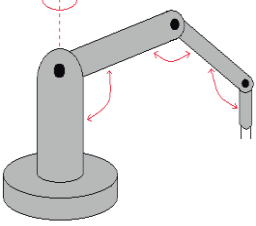


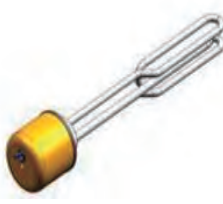


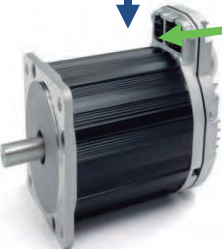


CONCEPTO 2

<p>Temporizar proceso de cincado</p>	 <p>Timer interno</p>	 <p>Señales digitales</p>	 <p>Timer industrial</p>
<p>Almacenar piezas metálicas</p>	 <p>Tambor de galvanizado</p>	 <p>Tolva con compuerta</p>	 <p>Cilindro mecanizado para galvanizado</p>
<p>Levantar depósito</p>	 <p>Brazo robótico articulado</p>	 <p>Polipasto</p>	 <p>Rieles de desplazamiento lineal</p>
<p>Transportar carga con dirección a la zona de sumergido</p>	 <p>Mecanismo de puente grúa</p>	 <p>Mecanismo por engranajes</p>	 <p>Articulaciones con grados de libertad</p>
<p>Descender y sumergir carga en la solución</p>	 <p>Brazo robótico articulado</p>	 <p>Polipasto</p>	 <p>Rieles de desplazamiento lineal</p>

CONCEPTO 3

CONCEPTO 1

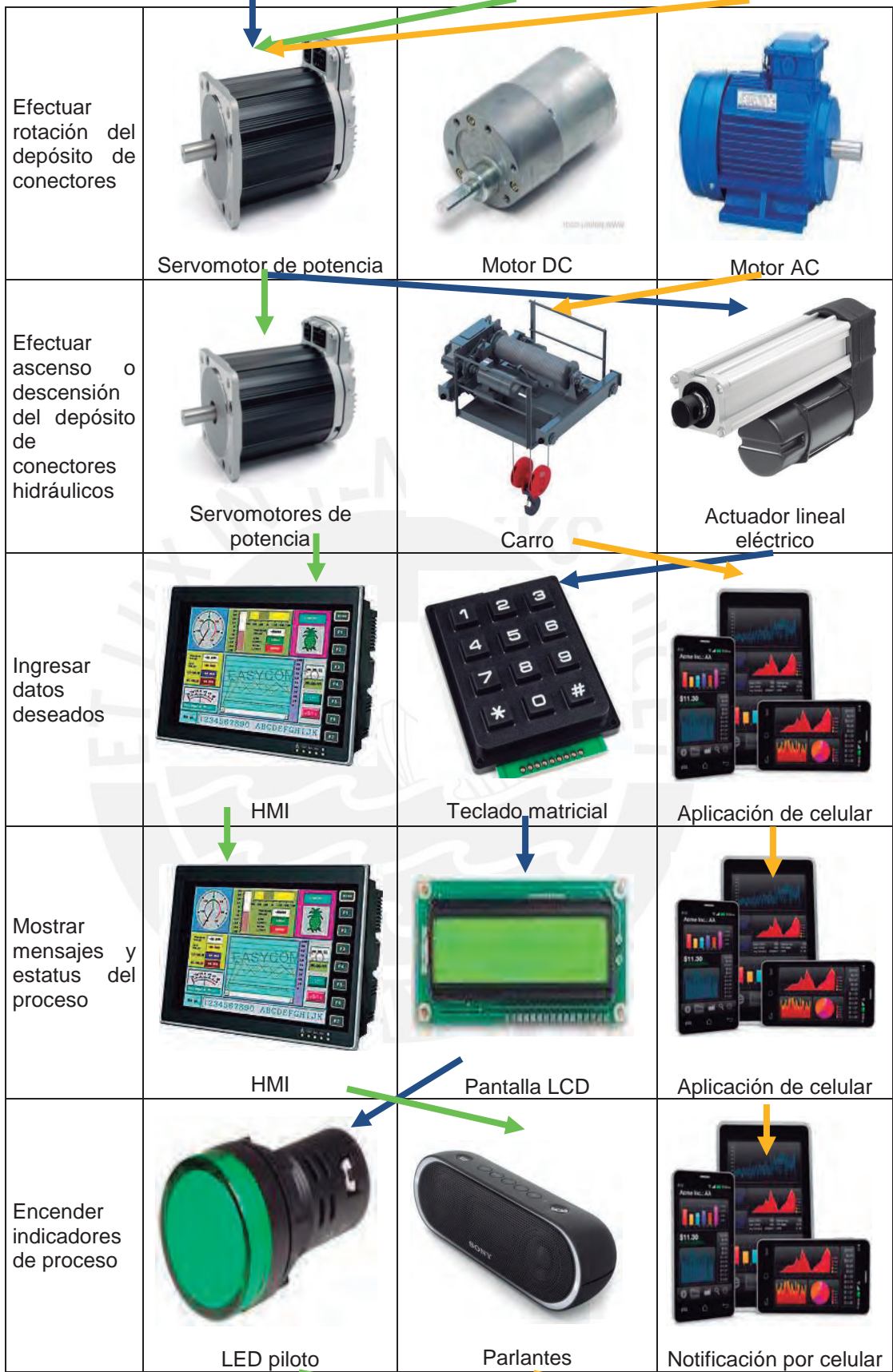
CONCEPTO 2

Rotar depósito con piezas metálicas	 Transmisión por engranajes	 Transmisión por acoples	 Transmisión por cadenas
Transportar carga con dirección a la posición inicial	 Mecanismo de puente grúa	 Mecanismo por engranajes	 Brazo robótico articulado
Descender depósito a la posición inicial	 Articulaciones con grados de libertad	 Polipasto	 Rieles de desplazamiento lineal
Calentar líquido electrolítico	 Resistencia eléctrica	 Calentador por inmersión	 Climatizador de ambiente
Efectuar transporte del depósito de conectores	 Servomotor de potencia	 Motor a pasos	 Motores AC

CONCEPTO 3

CONCEPTO 1

CONCEPTO 2



CONCEPTO 3

CONCEPTO 1

CONCEPTO 2

Es necesario señalar que las funciones mostradas en la matriz morfológica provienen de la estructura de funciones, la cual está indicada en la sección 3.1.3 del capítulo 3 del documento principal de la presente tesis. Además, con la matriz morfológica fue posible plantear los conceptos de solución, los cuales están descritos en la sección 3.2 del mismo capítulo del documento.

B) PRINCIPIOS DE EVALUACIÓN A CONSIDERAR PARA EL CONCEPTO DE SOLUCIÓN ÓPTIMO

En la Tabla 3.2, se muestran los criterios de evaluación a considerar y una breve explicación de cada uno.

Tabla 3.2 Explicación de los criterios de evaluación empleados. Fuente: Propia

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EXPLICACIÓN
Función principal	Se evalúa la satisfacción de uniformidad, eficacia y sensibilidad a errores en el proceso de cincado.
Operación	Se toma en consideración el comportamiento del sistema durante su periodo de funcionamiento.
Complejidad	Se asigna un puntaje bajo para las soluciones que tengan gran número de piezas y que cuenten con mecanismos intrincados.
Control	Se asigna mayor puntaje al proyecto que presente variables que sean sencillas de controlar y robusto frente a perturbaciones.
Energía	Se evalúa la eficiencia energética estimada del sistema presentado.
Costo de la tecnología	Se toma en consideración los costos brutos de los componentes más complejos y costosos necesarios para construir el sistema.
Costo de la fabricación	Se asigna puntuación baja para el proyecto que requiera de procesos de manufactura muy complejos, de alto costo o que no se encuentren disponibles en el mercado.
Productividad	Se estima el beneficio económico que representa operar la máquina frente a optar por emplear a operarios para la misma tarea.
Facilidad de montaje	Se analiza el nivel de dificultad que representa el ensamble de un sistema como el propuesto.
Fácil adquisición de materiales	Se evalúa la disponibilidad de la materia prima requerida para la fabricación del sistema.

4. ANEXO 4: ELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Es importante identificar las características más importantes de los distintos componentes electrónicos presentes en el mercado local, de acuerdo a los conceptos escogidos para la solución óptima. A continuación, se muestran cuadros comparativos con las características de algunos componentes electrónicos, con la finalidad de escoger la alternativa que más se adecúa a nuestras necesidades técnicas y económicas, y mostrarla en el documento principal de la presente tesis.

A) MICROCONTROLADORES

La Tabla 4.1 muestra las características de 3 microcontroladores distintos. La función de estos es controlar distintos procesos para asegurar el cincado electrolítico de los conectores hidráulicos.

Tabla 4.1 Características de distintos microcontroladores. Fuente: Propia




	ATmega 2560	ATmega 328	ATmega 32U4
Voltaje de alimentación	5V DC – 12V DC	5V DC	5V DC
Memoria Flash	256 KB	32 KB	32 KB
Pines digitales I/O	54(14 para PWM)	14	20
Pines analógicos	16	6	12
Velocidad de reloj	16MHz	16 MHz	16 MHz
Dimensiones (con Tarjeta Arduino)	102x54 mm	68.6 x 53.4 mm	48 x 18 mm
Tarjeta de desarrollo	Arduino Mega 2560 R3	Arduino Uno R3	Arduino Pro Micro
Precio (tarjeta Arduino incluida)	S/. 170	S/. 90	S/. 35
Imagen referencial	 <p>Figura 4.1 Tarjetas ATmega 2560. Fuente: microchip.com</p>	 <p>Figura 4.2 Tarjetas ATmega 328. Fuente: arduino.cc</p>	 <p>Figura 4.3 Tarjeta 32U4. Fuente: electropro.pe</p>

Nótese que el ATmega2560 tiene una mayor cantidad de pines. Dado que el sistema requerirá de varios de estos, se escogerá este microcontrolador. Por otro lado, la diferencia de precios es casi despreciable a comparación con el presupuesto total que se requerirá para adquirir el sistema.

B) CELULAS DE CARGA

Las principales células de carga se diferencian por su rango de medición y su principio de funcionamiento. A mayor fuerza aplicada sobre su superficie de medición, menor resistencia. En la Tabla 4.2 se muestra un cuadro comparativo entre los distintos sensores de carga existentes en el mercado.

Tabla 4.2 Principales características de celdas de carga. Fuente: Propia

	UtilCell 102	UtilCell Pin	UtilCell M610
Voltaje de alimentación	10 V	3 – 15 V	10 -15 V
Capacidad de carga	5 – 50 Kg	50-1000 Kg	50 - 1000 Kg
Salida	Voltaje analógico	Voltaje analógico	Voltaje analógico
Tipo de Carga	Flexión	Corte	Tracción - Compresión
Precio	S/. 280	S/. 290	S/. 330
Imagen referencial	 <p>Figura 4.4 Utilcell 102. Fuente: utilcell.es</p>	 <p>Figura 4.5 UtilCell Pin. Fuente: utilcell.es</p>	 <p>Figura 4.6 UtilCell M610. Fuente: utilcell.es</p>



Como se puede observar en la tabla anterior, existen distintas celdas que soportan diferente capacidad de carga y distintos tipos (flexión, corte y tracción). La que más se adecúa al diseño que se busca es la celda de carga UtilCell M610, ya que soporta cargas de tracción-compresión, aparte de tener una amplia capacidad de carga y trabajar con un voltaje de alimentación estándar que va entre los 10 y 15 V. En cuanto a la diferencia de precios, es prácticamente despreciable comparándola con el presupuesto del sistema.

Dado que las señales de salida de la celda de carga están en el orden de los milivoltios, se requiere de una tarjeta adicional que reciba las señales analógicas de la celda de carga, las procese y envíe al microcontrolador señales que puedan ser leídas y procesadas por este. La tarjeta será un módulo HX-711, el cual es el más comercializado y económico del mercado, con un costo de S/. 12 aprox.

C) ACTUADORES PARA CONTROL DE TEMPERATURA

Estos dispositivos suelen tener integrados PID, el cual permite un control más fino de la temperatura. Tienen botones y una pantalla LED, las cuales permiten interacción con el usuario, de tal manera que este puede setear la temperatura a la cual desea que esté un determinado fluido, gas, objeto, etc. La función más básica que realizan es la de ON/OFF, en la cual prenden y/o apagan un relé que acciona un actuador de temperatura. La Tabla 4.3 muestra dos controladores que se encuentran en el mercado.

Tabla 4.3 Principales características de controladores de temperatura. Fuente: Propia

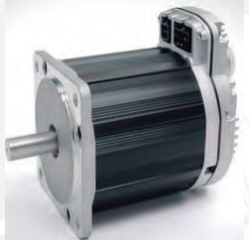


	REG48PUN2RHU de Schneider Electric	REX-C100 de RKC
Voltaje de alimentación	100 – 240VAC	100 – 240VAC
Voltaje de salida	Digital de 0 a 5VDC	Digital de 0 a 12VDC
Entrada analógica	4 – 20 mA o 0 – 5 VDC	4 – 20 mA o 0 – 5 VDC
Funciones disponibles	PID, ON/OFF	PID, ON/OFF
Tipo de salida	Relé de control	Relé de control
Precio	S/. 540	S/. 120
Imagen referencial	 <p>Figura 4.7 Regulador de temperatura REG48PUN2RHU. Fuente: se.com</p>	 <p>Figura 4.8 Controlador REX-C100. Fuente: ipowerelectronics.com</p>

Se puede observar que ambos realizan las mismas tareas, sin embargo, existe una diferencia enorme entre sus precios, y se debe a que el controlador REX-C100 es un producto de una empresa japonesa-china, las cuales tienen bajos costos de fabricación por mano de obra y producción en masa. Este controlador será el que se usará para el sistema a diseñar. Adicionalmente se le conectará una termocupla tipo K, un relé de estado sólido y una resistencia para controlar la temperatura del líquido electrolítico.

D) SERVOMOTORES PARA ACCIONAMIENTO DEL TAMBOR

Tal y como se observó anteriormente, se utilizará un servomotor que cumpla con las características necesarias para el mecanismo propuesto. En el mercado existen muchos tipos de motores, de diferente torque y velocidad. En la Tabla 4.4 se muestran los principales datos técnicos de servomotores en el mercado.

Tabla 4.4 Datos técnicos de los principales servomotores de potencia. Fuente: Propia

	ClearPath CPM de TEKNIC	NXM920M-PS10 de ORIENTAL MOTOR	BS80 Series de MINI MOTOR
Voltaje	24-75 VDC	200-230 VAC	24 VDC
Potencia máxima	267 W	200 W	460 W
Máxima velocidad	1130 RPM	300 RPM	4000 RPM
Torque máximo	9.9 N.m	17.5 N.m	6.9 N.m
Precio	S/. 1700	S/. 4900	S/. 60
Imagen referencial	 <p>Figura 4.9 Servomotor ClearPath 3432S. Fuente: teknic.com</p>	 <p>Figura 4.10 Servomotor NXM920. Fuente: orientalmotor.com</p>	 <p>Figura 4.11 Servomotor BS80 MiniMotor. Fuente: directindustry.es</p>

El sistema requerirá dos servomotores, uno que transmita 3.8 N.m a 200 RPM y otro que transmita 9.5 N.m a 26.7 RPM de Podría escogerse el servomotor NXM920 que cumple con los requerimientos; sin embargo, estaríamos sobredimensionando el requerimiento del actuador e invirtiendo de más, cuando existen mejores opciones. El servomotor ClearPath, además de cumplir con los requerimientos, cuesta casi el 30% de lo que cuesta el otro actuador. Por otro lado, el servo ClearPath tiene integrado un circuito de potencia, el cual permite que el servo sea programado de acuerdo a la necesidad de la operación. Finalmente, el fabricante TEKNIC recomienda como fuente de voltaje el IPC-5, el cual suministrará los 75VDC necesarios para el funcionamiento de ambos motores. Se aprovechará esta energía para alimentar a otros componentes electrónicos del sistema.

E) ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO

En el mercado, existen distintos tipos de actuadores lineales, de los cuales varían su voltaje de alimentación, carrera, velocidad de movimiento del vástago y la carga que puede soportar. La tabla 4.5 muestra los principales datos técnicos de los principales actuadores eléctricos.

	EPCO-40 de FESTO	Electrak LA-24 de THOMSON LINEAR	FA-PO-240-12 de FIRGELLI
Voltaje	24 VDC	220-230 VAC	12 – 24 VDC
Carrera máxima	0.3 m	0.6 m	0.05 m
Velocidad de carga	180 mm/s	37 mm/s	50,8 mm/s
Carga máxima	1150 N	2250 N	311 N
Precio	S/. 3685	S/. 2200	S/. 517
Imagen referencial	 <p>Figura 4.12 EPCO-40-300-5P-ST-E. Fuente: festo.com</p>	 <p>Figura 4.13 Thomson linear Electrak LA-24. Fuente: thomsonlinear.com</p>	 <p>Figura 4.14 FIRGELLI FA-PO-240-12. Fuente: firgelliauto.com</p>

Según los cálculos en el documento principal, se requiere de un servomotor que pueda cargar un peso de 310 N como mínimo, con una longitud de carrera mayor a 490 mm y cuyo vástago sea resistente a pequeñas cantidades de vapor y salpicaduras de líquido electrolítico (ácidos, sustancias alcalinas, etc.). Los tres actuadores presentados en la tabla anterior cumplen con la resistencia de la carga, pero solo dos cumplen con la carrera necesaria: el LA24 y el FA-PO. Sin embargo, el FA-PO no brinda la carrera mínima necesaria para el sistema. Por consiguiente se escogió el Thomson LA-24 como actuador lineal para el sistema. Es importante mencionar que para controlar la carrera y el accionamiento del mismo se requerirán relés de 5VDC de accionamiento, que permitan el paso de 220 VAC para controlar las funciones del actuador.

5. ANEXO 5: SIMULACIONES ADICIONALES

A) Acople actuador:

Esta pieza es parte de la unión mecánica del actuador lineal con el sub-ensamble que compone la parte móvil del sistema. El material a usar es Aluminio AA-6061. Se sabe que la carga es de 250N y actúa sobre las superficies cilíndricas que conforman el asiento del pin de conexión, así como en las superficies de contacto con los cordones de soldadura que unen esta pieza con el travesaño del sub-ensamble adyacente.

A continuación, en la Figura 5.1 se muestra los resultados de la simulación mecánica de este componente. Se precisa que dicha parte fue simulada en conjunto con sus cordones de soldadura. En la siguiente figura se observa la escala del esfuerzo de Von Mises para las condiciones descritas. Se aprecia que el mayor esfuerzo se encuentra en la superficie de contacto del pin; sin embargo, dicho valor es tan solo 3.487 MPa.

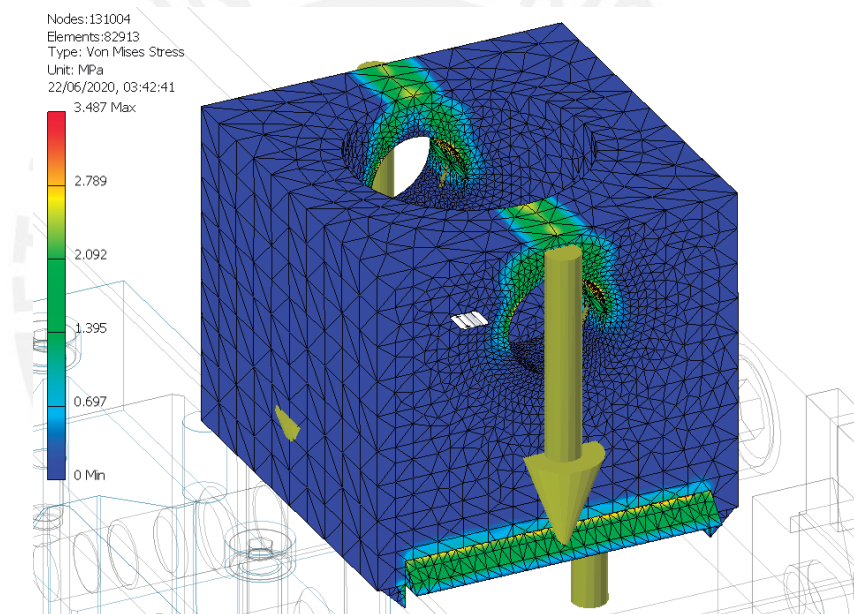


Figura 5.1 Simulación de esfuerzo de Von Mises de acople actuador. Fuente: Propia

Con la misma configuración se procedió a evaluar la deformación del material en la Figura 5.2. En este caso se encontró que el valor máximo de deformación fue de $5.598 \times 10^{-4} \text{ mm}$. Esto representa una deformación completamente despreciable.

Finalmente, en la Figura 5.3 se visualiza la distribución del factor de seguridad. Es evidente que debido a la baja deformación y al bajo esfuerzo de Von Mises el factor de seguridad mínimo será bastante alto. En este caso, el programa de simulación no detecta ninguna región con F.S. menor a 15.

A continuación, se muestran la Figura 5.3 y 5.4:

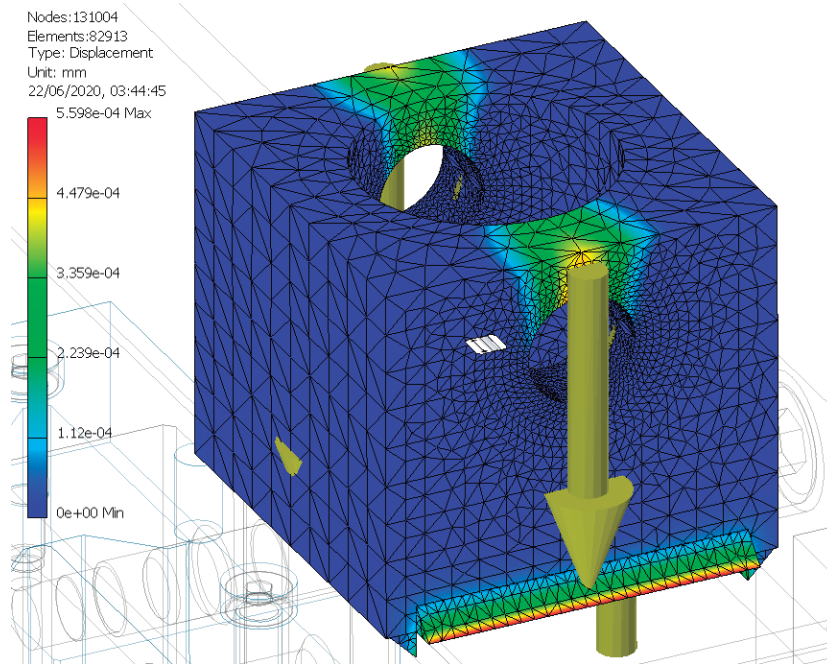


Figura 5.2 Simulación de la deformación del acople. Fuente: Propia

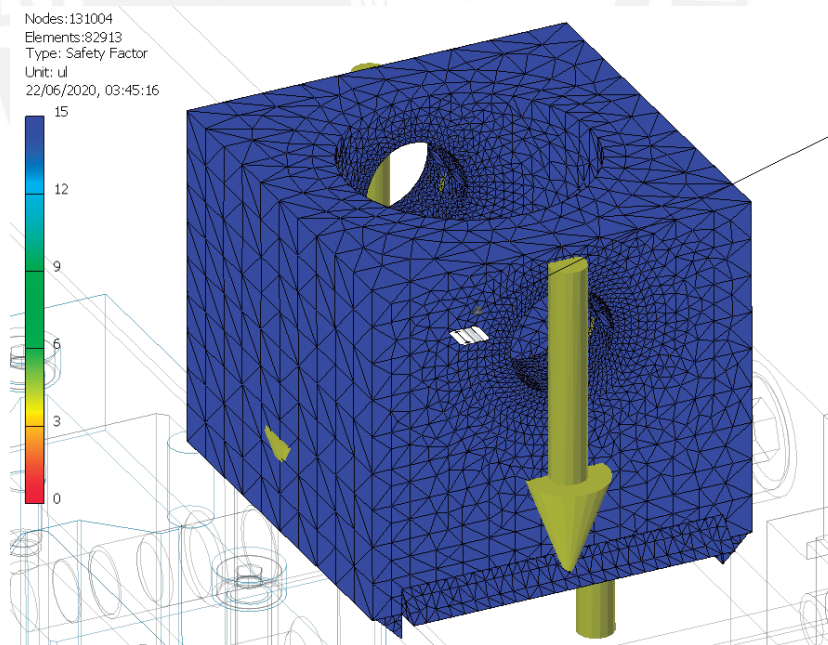


Figura 5.3 Simulación del factor de seguridad del acople. Fuente: Propia

B) Carga del tope eje-columna:

El tope eje de la columna es una pieza que está sometida a una presión sobre la superficie del borde del cilindro. De las cargas a las que se somete el sistema, se simula una carga distribuida de 50 kg. En la Figura 5.4 se presentan los resultados de la simulación de la pieza. Se aprecia, concretamente los resultados del esfuerzo de Von Mises. La escala nos indica que el máximo esfuerzo llega a 64.17 MPa.

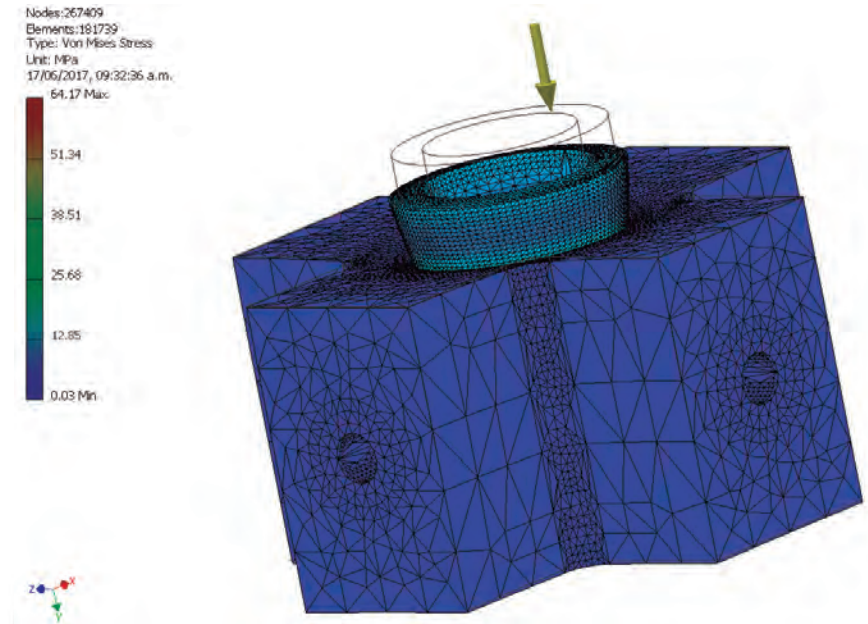


Figura 5.4 Simulación de esfuerzo de Von Mises. Fuente: Propia

A continuación, se procede a evaluar los resultados de la simulación de deformación. La Figura 5.5 presenta una deformación marcada en el área resistente. La escala nos indica que la máxima deformación llega a ser 2.6 micrómetros. Con este dato se puede afirmar que la carga es segura para pieza. Para confirmar esta aseveración, resta analizar el factor de seguridad de la pieza.

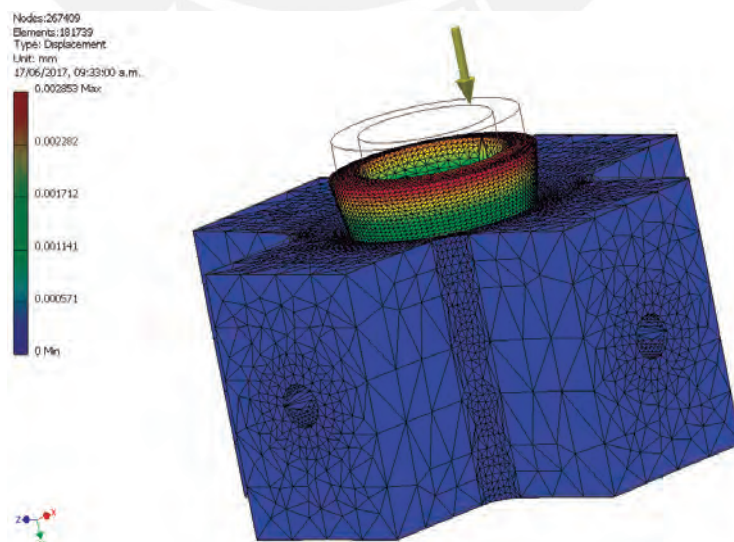


Figura 5.5 Simulación del desplazamiento del componente. Fuente: Propia

La Figura 5.6 muestra los resultados de la evaluación del factor de seguridad. La escala nos muestra un valor mínimo de 8.04, que es un valor muy aceptable y se procede a afirmar que la pieza trabaja en condiciones seguras.

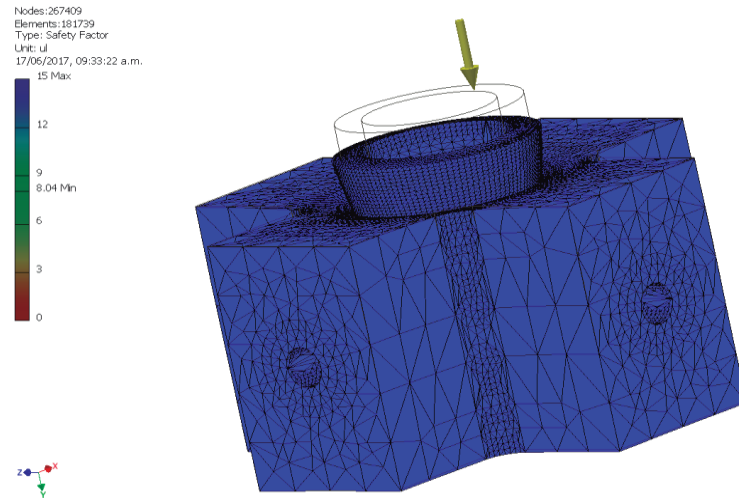


Figura 5.6 Factor de seguridad del componente. Fuente: Propia

C) Torque eje de PVC

Esta simulación busca comprobar del factor de seguridad de un eje que transmitirá un torque de 1.9 N.m. Para lo cual se presenta el esquema de la Figura 5.7. Las flechas mostradas corresponden a las cargas axiales de torque con sentidos opuestos. La Figura 5.8 muestra la simulación del esfuerzo de Von Mises del eje. La transmisión se hará a través de un pin, el cual puede observarse en la sección de planos de anexos.



Figura 5.7 Esquema de torque sobre el eje de PVC. Fuente: Propia



Figura 5.8 Esfuerzo de Von Mises. Fuente: Propia

Al aplicar las cargas a la pieza, se observa que el esfuerzo máximo que se registra es de 72.18 MPa. Este esfuerzo está por encima de la resistencia a la compresión del material (40.8 MPa) [32]. Para evaluar la distribución de las cargas se hace un acercamiento en la zona de interés, que en este caso es la superficie de contacto entre el pin que transmitirá el torque a la pieza.

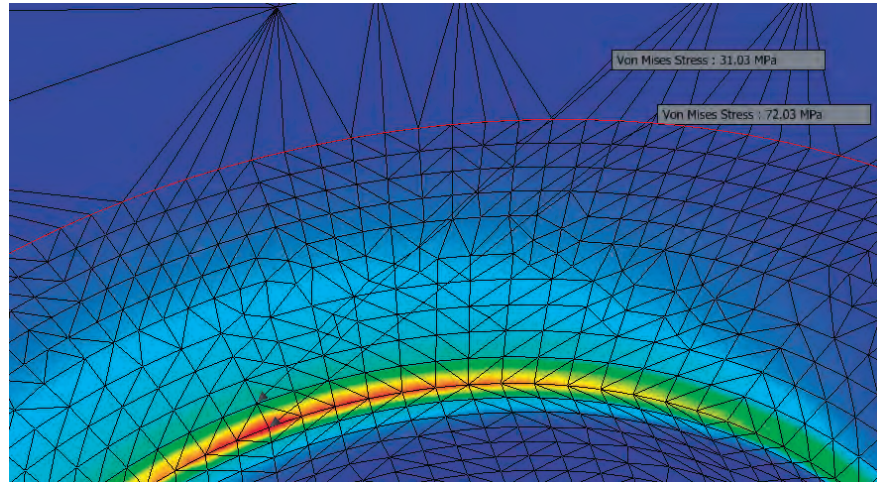


Figura 5.9 Esfuerzo de Von Mises en la superficie de contacto del pin que transmitirá la potencia. Fuente: Propia

En la imagen anterior se observa que el esfuerzo está concentrado el borde duro entre la superficie de contacto y la cara exterior de la pieza. Este volumen de carga máxima se fue concentrando en un espacio cada vez más pequeño a medida que se afinaba la malla en diferentes iteraciones de la simulación. Por lo tanto, se determinó que el valor corresponde a una singularidad propia del entorno geométrico ideal del software de diseño 3D. Cuando se mide el esfuerzo en la vecindad del tetraedro más próximo a esta región se encuentra un valor de 31.03 MPa según la Figura 5.9. Se usará este valor como medida referencial.

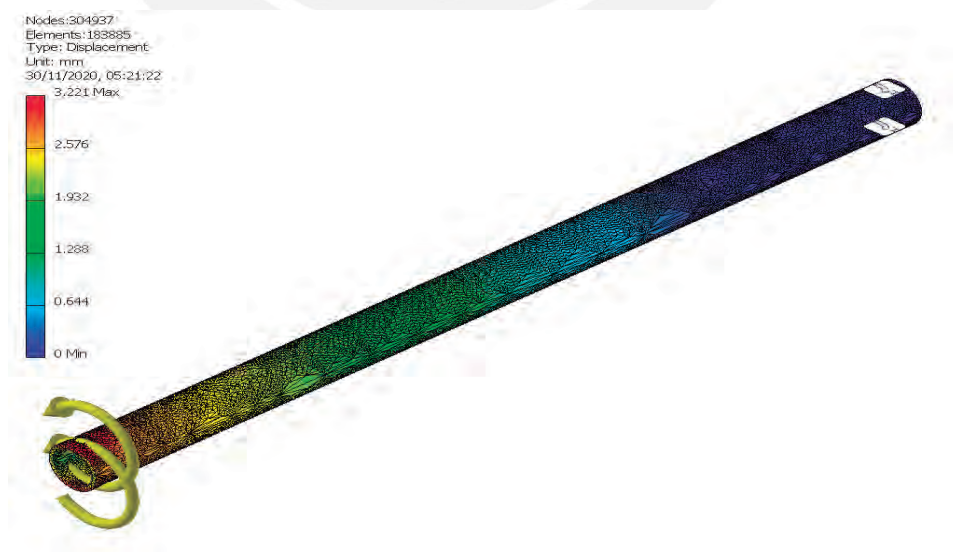


Figura 5.10 Simulación del desplazamiento del eje. Fuente: Propia

La Figura 5.10 muestra la gráfica de desplazamiento de la pieza. El valor de desplazamiento máximo es de 3 mm. Si bien es cierto que, el software no muestra directamente el desplazamiento en medida angular, se puede inferir que dicho valor es muy bajo en relación a la longitud total de 75 cm de la pieza (0.4% del total). En la Figura 5.11 se presentan los resultados de la evaluación de factor de seguridad para la pieza. Una vez más se observa que el valor mínimo es deficiente (0.64). Para poder analizar con más detalle la información se hace un acercamiento a la zona con los valores más bajos en la Figura 5.12.

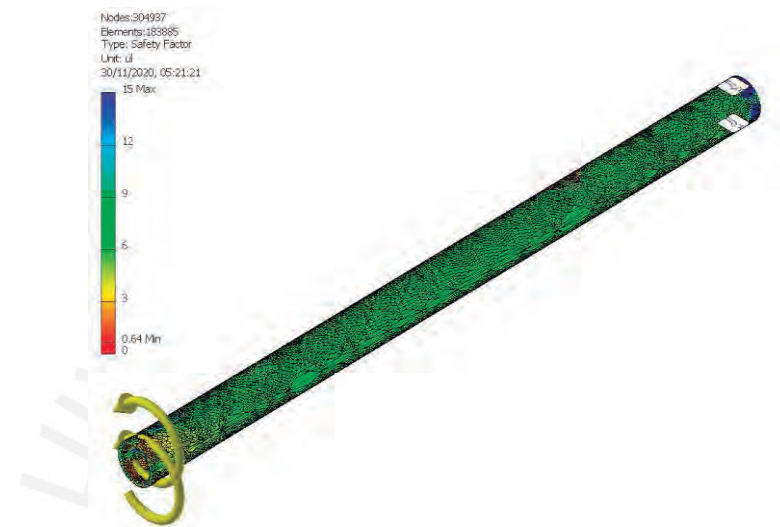


Figura 5.11 Factor de seguridad del eje de PV. Fuente: Propia

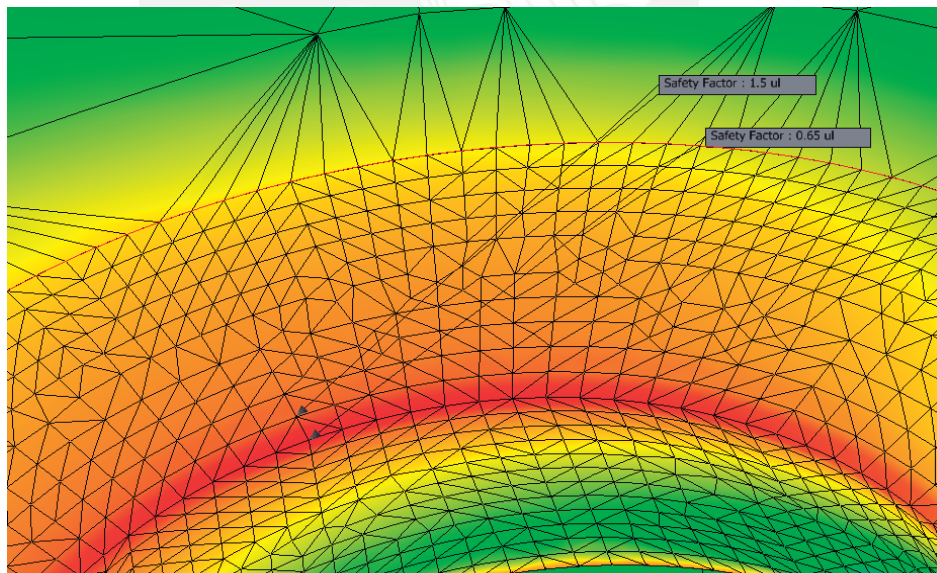


Figura 5.12 Factor de seguridad en la superficie de contacto del material. Fuente: Propia

La Figura 5.12 permite apreciar, de manera similar a la Figura 5.9, que la zona que fallaría se limita a un borde geométrico. Para evaluar cuál es la situación del material alrededor de este punto, se toma el valor del factor de seguridad en el tetraedro más cercano se detecta un factor de seguridad de 1.5. Debido a la singularidad encontrada en los resultados del análisis de esfuerzos, debemos tomar el valor de 1.5 como el factor de seguridad real de la pieza.

D) Deflexión de soporte vertical de tambor:

Las piezas que se encargan de sostener y albergar el sistema de giro del tambor también son sometidas a cargas paralelas a la normal de su plano principal. Estas fuerzas son inerciales ya que aparecen durante la aceleración y desaceleración angular del sistema. Se tienen los siguientes datos de entrada:

- Masa tambor + masa carga: 25kg
- Aceleración angular: 0.35 Rad/s²
- Radio de giro: 0.91 m
- Traduciendo a 2da ley de Newton $F=25 \times (0.35 \times 0.91) = 8 \text{ N}$

Para evitar complejidad en la simulación, se asume que la fuerza en cuestión será detenida por un solo soporte. En la Figura 5.13 se puede apreciar que el punto de máximo esfuerzo según Von Mises se encuentra en el borde de los agujeros de sujeción. Esto obedece a que ahí se encuentra un concentrador de esfuerzo ya que el diseño 3D contempla bordes rectos. Adicionalmente, se evalúan los resultados de deformación del cuerpo. El máximo desplazamiento 3.045 mm comparado con los 435mm de largo de la pieza hace ver que el desplazamiento es menor al 1%. Sin embargo, cabe resaltar que el funcionamiento real involucra interacción de múltiples piezas que formarán estructuras con mayor rigidez. Esto resultará en una deformación menor a la mostrada en la siguiente imagen.

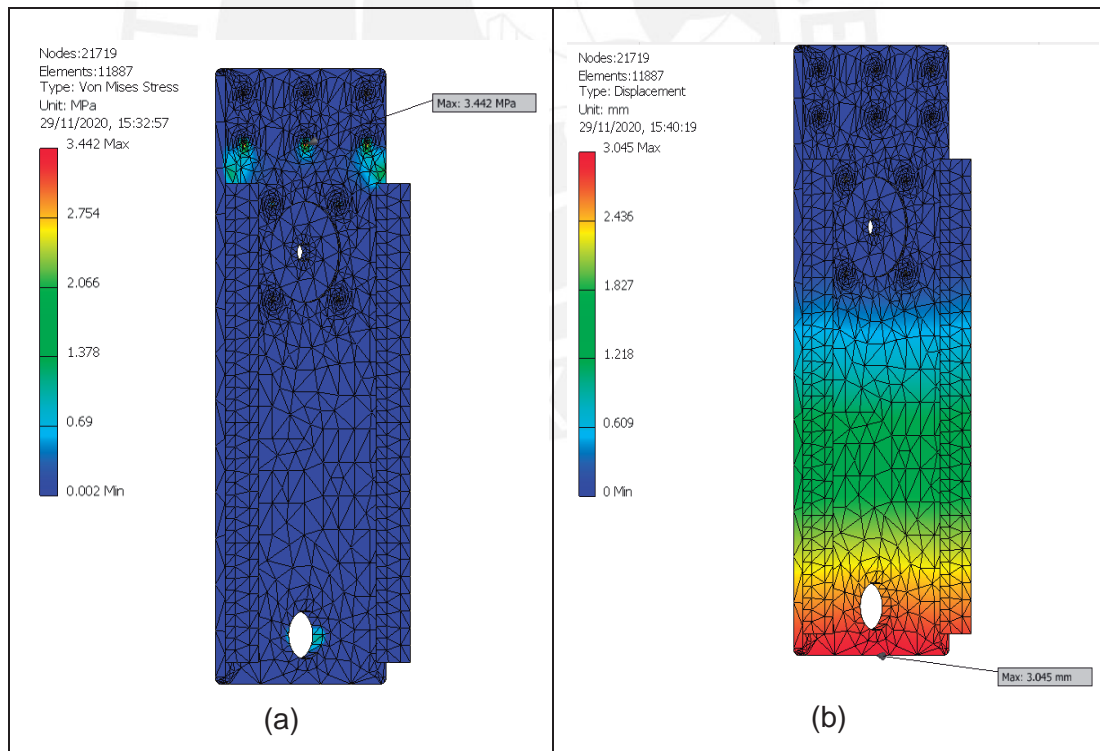


Figura 5.13 Simulaciones de la carga sobre el soporte. a) Esfuerzo de Von Mises. b) Deformación del soporte. Fuente: Propia

Finalmente, la Figura 5.14 muestra el resultado del factor de seguridad de la pieza es de 8.8. Tal como se muestra en la siguiente imagen, ninguna parte de la pieza está en peligro de fallar de manera inminente.

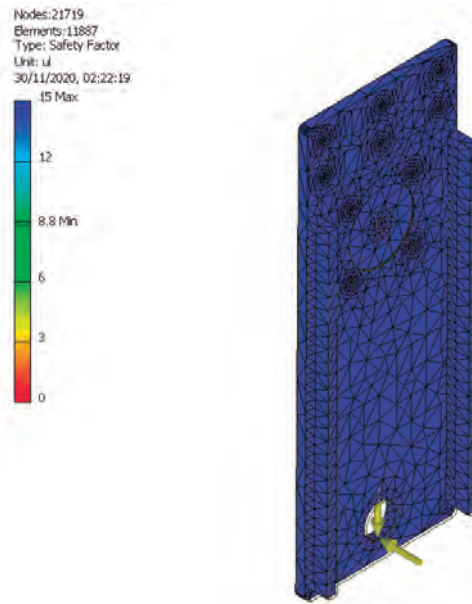



Figura 5.14 Factor de seguridad del soporte. Fuente: Propia

6. ANEXO 6: COTIZACIONES Y PROFORMAS

A) Cotización por importación de componentes

A continuación, la Figura 6.1 muestra la cotización por componentes a importar. El proveedor es International Diesel Components, el cual es una empresa que brinda diversos servicios de importaciones, venta de insumos y componentes eléctricos y mecánicos a empresas de construcción y gran minería.

 INTERNATIONAL DIESEL COMPONENTS SAC		COTIZACION 02560-2020		
<small>AVENIDA UNIVERSITARIA MZA. M LOTE 11 URBANIZACION EL OLIVAR, LOS OLIVOS, LIMA 039 * C RUC: 20508315580 / jose.rojas@idcperu.com.pe / internacionaldc@speedy.com.pe www.idcperu.com.pe</small>				
RAZON SOCIAL: RUC: DIRECCION: TELEFONO: CODIGO POSTAL: CORREO ELECTRONICO:	RODRIGO RENATTO ULLOQUE BADARACCO			
FECHA:	PUNTO DE ORIGEN:	CONDICIONES DE PAGO:		
12/02/2020				
REQUISICION:	VENDEDOR/ PREPARADO POR:	CONDICIONES DE ENTREGA:		
	JOSE ROJAS			
COTIZACION POR IMPORTACION DE COMPONENTES				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	1	Celda de carga UTILCELL 610	91.45	91.45
2	2	Servomotor Clearpath CPM-SDSK-3432S-RLN	475.54	951.08
3	1	Fuente IPC-5 (inc. cable de alimentación 220VAC)	346.67	1,040.01
4	1	Riel para montaje de fuente IPC-5	14.54	58.16
5	1	Ventilador para fuente IPC-5 (inc. carcasa)	29.78	148.90
6	4	Cables con terminales molex para servomotores Clearpath	11.94	71.64
7	1	Actuador lineal Thomson LA24 AA22-05B65M	601.21	4,208.47
8	1	Carro móvil	34.69	277.52
9	1	Riel para recorrido de carro móvil de actuador	15.48	139.32
10	1	Regulador de voltaje URB4812YMD-6WR3	10.84	108.40
11	1	Regulador de voltaje URF4805LP-10WR3	12.83	141.13
12	4	Riel de montaje de regulador MornSun	5.47	65.64
			Subtotal (\$)	7,301.72
			IGV (18%)	392.08
			Total (\$)	7,693.80

La importación se dará con previa orden de compra.

El tiempo de entrega es de 6 semanas, una vez se emita la orden de compra.

Tipo de cambio: 3.62 soles

Figura 6.1 Cotización de IDC por importación de productos.

B) Cotización por compras locales de componentes electrónicos

Las compras locales de componentes electrónicos también se cotizaron con la empresa International Diesel Components. La Figura 6.2 muestra la cotización por este tema.

ITEM		CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	1	1	Termomagnético Easy9 EZ9F56225	32.50	32.50
2	1	1	Contactador monofásico A9C20632	115.20	115.20
3	1	1	Diferencial EZ9R36225	120.40	120.40
4	1	1	Pulsador XB4BS8445	128.50	128.50
5	1	1	Microcontrolador Arduino MEGA 2560	190.00	190.00
6	1	1	Módulo Relay de 8 canales 5VDC	55.00	55.00
7	1	1	Controlador de temperatura REX-C100	130.50	130.50
8	1	1	Relé SSR de 40 Amperios	5.00	5.00
9	1	1	Termocupla tipo K	10.00	10.00
10	1	1	Resistencia calefactora de 2.5 KW a 220VAC	110.20	110.20
11	1	1	Módulo HX-711	15.00	15.00
12	1	1	Teclado matricial botones plásticos	30.00	30.00
12	1	1	Pantalla LCD	15.00	15.00
12	3	3	LED piloto XB4BVM4 de 220VAC	350.00	1,050.00
12	1	1	Circulina VIKING de 220VAC	75.00	75.00
12	1	1	Cable THW90 14AWG-TW80 14AWG x 20 m	40.00	40.00
12	1	1	Cable THW90 12AWG-TW80 12AWG x 20 m	40.00	40.00
12	1	1	Cable plano de máx. 5A x 15 m	25.00	25.00
12	1	1	Cable en cinta x 15 m	25.00	25.00
				Subtotal (S/.)	2,212.30
				IGV (18%)	398.21
				Total (S/.)	2,610.51

Moneda en soles

Entrega en 1 día previa orden de compra

Figura 6.2 Cotización por compras locales de componentes electrónicos. Fuente: Propia

C) Cotización por fabricación y ensamble de componentes mecánicos

Finalmente, se muestra la cotización para la estructura mecánica del sistema. La empresa que cotiza es Rockwell & Brinell, la cual es una empresa que realiza todo tipo de fabricaciones para las grandes industrias de construcción y minería. La Figura 6.3 muestra la proforma del proveedor.



Lima, 07 de Diciembre del 2020

Señor: **Rodrigo Renatto Ulloque Badaracco**
 Dirección: -
 Ruc: 72664374
 Supervisor Responsable: N/A
 Referencia: Fabricación y ensamble según planos mecánicos entregados
 Componente: Varios
 Máquina: Sistema mecánico de carga y rotación de componentes
 Modelo: -

RUC. 20605163654
 PROFORMA
 N° 003-0000108

Item	Cantidad	Concepto	Precio Unitario S/	Total S/
01	1	Sub-ensamble columna base: - Mecanizado y soldadura de tubo de perfil cuadrado (viga vertical) - ASTM A500 - Mecanizado y soldadura de tubos de perfil rectangular para soporte de la viga vertical - ASTM A500 - Fabricación y anclaje de soportes de tablero eléctrico - ASTM A500 - Fabricación y anclaje de planchas para soporte de cables y servomotor - ASTM A500 - Fabricación de engranajes y elementos de transmisión- AISI 1045	\$ 950.00	\$ 950.00
02	1	Sub-ensamble viga columna central: - Fabricación y anclaje de contrapeso de cobre - Instalación de rodamiento cónico DIN 720 y soporte - Instalación de viga vertical de perfil en C - Alum. 6061 - Instalación de riel para recorrido del actuador lineal	\$ 1,050.00	\$ 1,050.00
03	1	Sub-ensamble carro móvil vertical - Soldado de perfiles en C - Alum. 6061 - Soldado de planchas rectangulares - Alum. 6061 - Fabricación y soldadura de soporte de cadena portacables - Alum. 6061 - Instalación del carro para deslizamiento vertical	\$ 540.00	\$ 540.00
04	1	Sub-ensamble mecanismo móvil del tambor - Fabricación de planchas para soporte del tambor - PP - Fabricación de engranajes - PP - Fabricación y soldadura de tambor hexagonal - PP - Fabricación y anclaje de tubo - PVC	\$ 850.00	\$ 850.00
05	1	Fabricación de tablero	\$ 150.00	\$ 150.00
06	1	Montaje y ensamble de sub-ensambles en el punto de entrega	\$ 350.00	\$ 350.00
07	1	Montaje y cableado de componentes electrónicos	\$ 250.00	\$ 250.00
			VALOR DE VENTA	\$ 4,140.00
			I.G.V 18%	\$ 745.20
			PRECIO DE VENTA	\$ 4,885.20

Figura 6.3 Cotización por fabricación y ensamble de componentes mecánicos.

7. ANEXO 7: HOJAS DE DATOS TÉCNICOS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

A) ARDUINO MEGA 2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Figura 7.1 Hoja de datos técnicos del Arduino Mega 2560. Fuente: store.arduino.cc

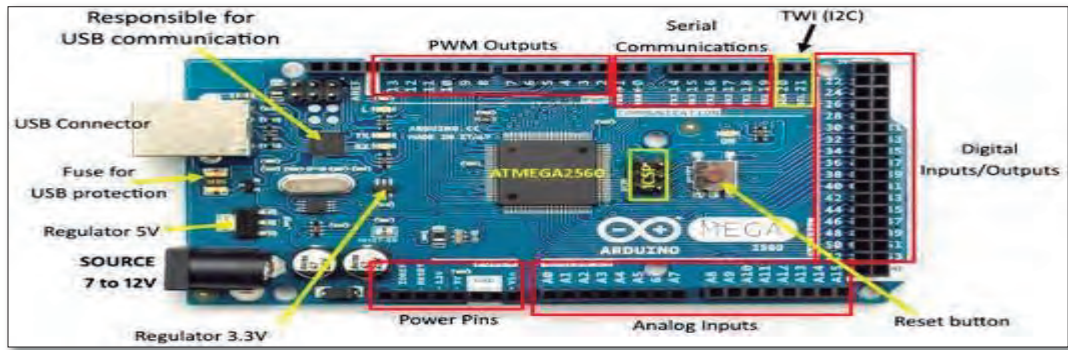
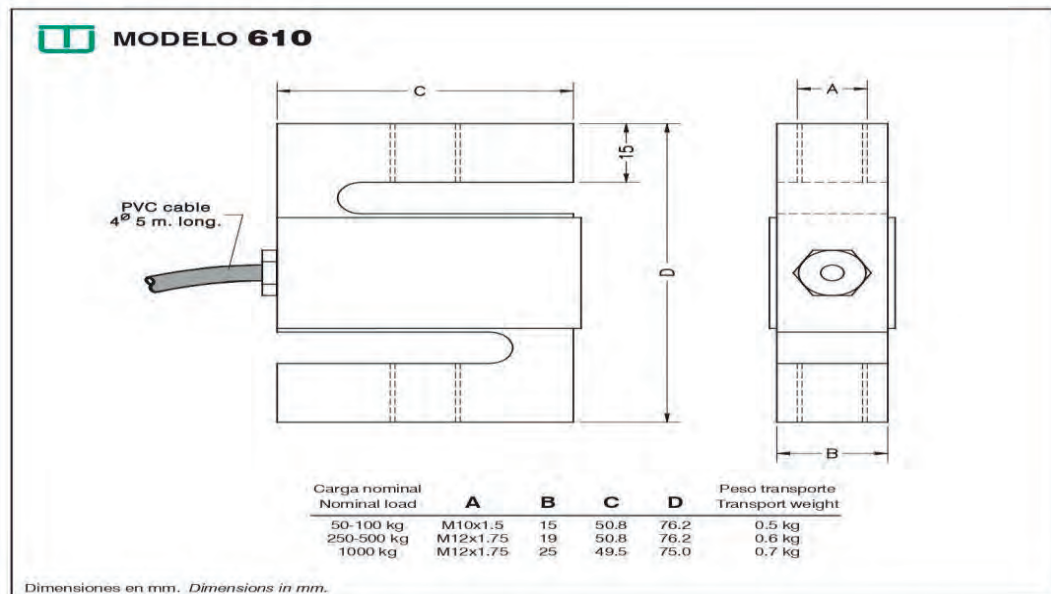


Figura 7.2 Configuración de pines del Arduino Mega 2560. Fuente: tecmikro.com

B) CELDA DE CARGA UTILCELL 610



ESPECIFICACIONES			SPECIFICATIONS
Cargas nominales (Ln)	50-100-250-500-1000	kg	Nominal capacities (Ln)
Clase de precisión	3000	n. OIML	Accuracy class
Carga mínima	0	%Ln	Minimum dead load
Carga de servicio	150	%Ln (1)	Service load
Cargas límite	300	%Ln (2)	Safe load limit
Error combinado	< ±0.017	%Sn	Total error
Error repetibilidad	< ±0.015	%Sn	Repeatability error
Efecto de la temperatura: en el cero on la sensibilidad	< ±0.01 < ±0.006	%Sn/5 °C %Sn/5 °C	Temperature effect: on zero on sensitivity
Error de fluencia (30 minutos)	< ±0.016	%Sn	Creep error (30 minutes)
Compensación de temperatura	-10...+40	°C	Temperature compensation
Límites de temperatura	-30...+70	°C	Temperature limits
Sensibilidad nominal (Sn)	3 ±0.25%	mV/V	Nominal sensitivity (Sn)
Tensión de alimentación nominal	10	V	Nominal input voltage
Tensión de alimentación máxima	15	V	Maximum input voltage
Resistencia de entrada	400 ±20	Ω	Input impedance
Resistencia de salida	350 ±3	Ω	Output impedance
Desequilibrio inicial	< ±2	%Sn	No load output
Resistencia de aislamiento	> 5000	MΩ	Insulation resistance
Deformación máxima (a Ln)	0.3-0.5	mm	Maximum deflection (at Ln)

(1) Para 1000 kg: 120% / For 1000 kg: 120 %
(2) Para 1000 kg: 200 % / For 1000 kg: 200%

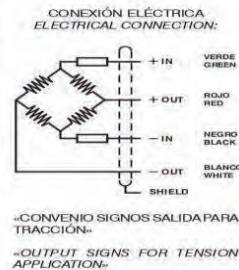


Figura 7.3 Hoja de datos técnicos de la celda de carga UTILCELL 610. Fuente: utilcell.es

C) MÓDULO HX-711

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{clk}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{clk}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		± 6		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		± 5		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V _{BG})			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μ A
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μ A
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

Figura 7.4 Hoja de datos del módulo HX-711. Fuente: datasheetspdf.com

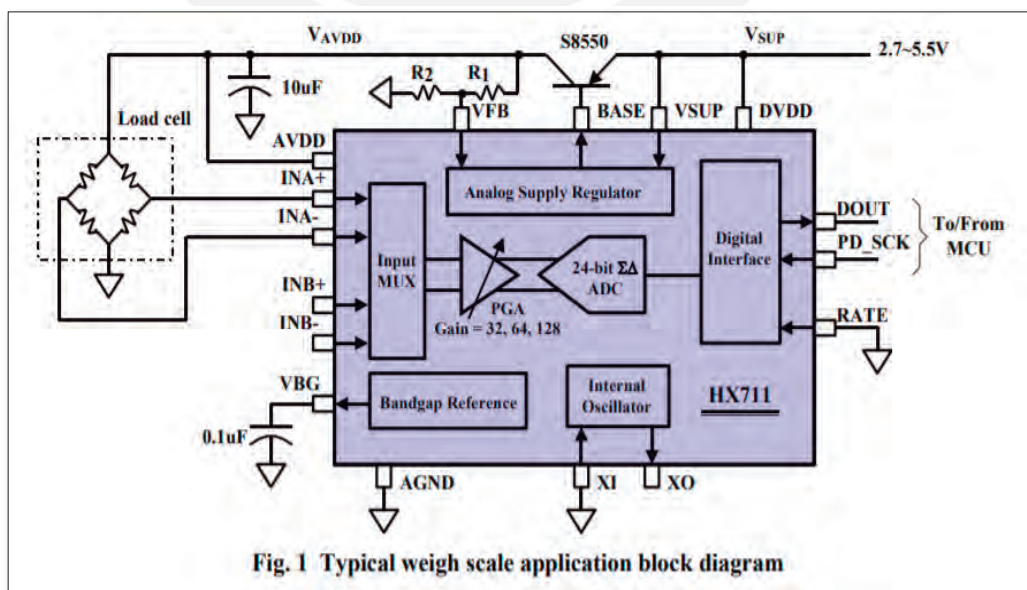
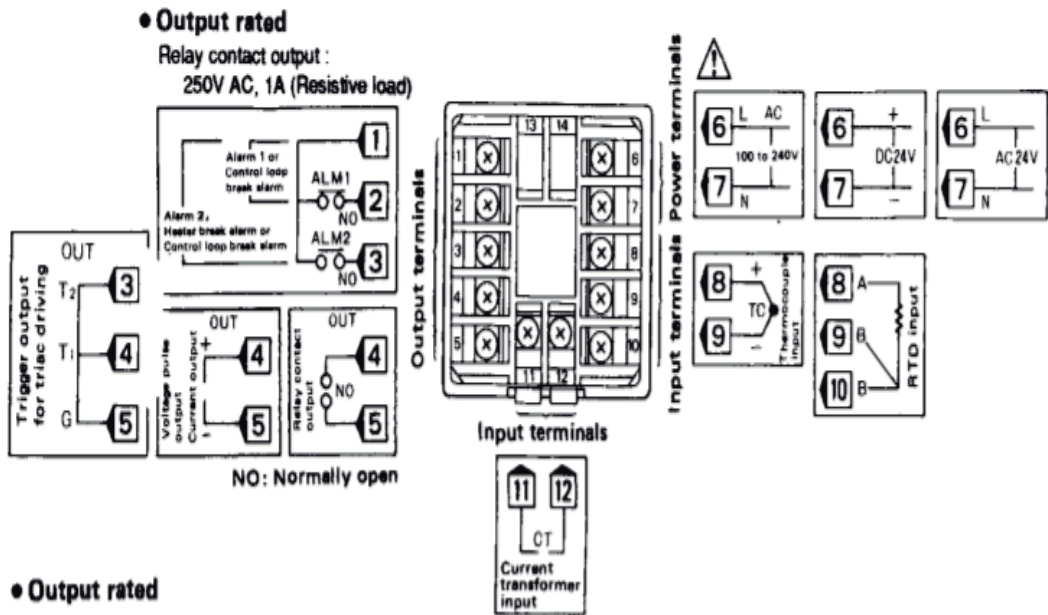


Figura 7.5 Diagrama de bloques de la tarjeta HX-711. Fuente: datasheetspdf.com

D) CONTROLADOR DE TEMPERATURA REX-C100

Terminal configuration



- **Output rated**
Relay contact output : 250V AC, 3A (Resistive load)
Voltage pulse output : 0 / 12V DC (Load resistance 600 Ω or more)
Current output : 4 to 20mA DC (Load resistance 600 Ω or less)
Trigger output (for triac driving) : Zero-cross method for medium capacity triac driving (100A or less)
Load voltage : 100V AC system, 200V AC system
Load : Resistive load

● Power supply & Power consumption

Power supply	Power consumption
100 to 240 V AC	9 VA max. (at 240 V AC), 6 VA max. (at 100 V AC)
24 V AC	6 VA max. (at 24 V AC)
24 V DC	145 mA max. (at 24 V DC)

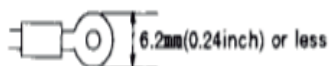
● Heater break alarm function

CT input specifications

Measured current:
0 to 30 A (CTL-6-P-N)
0 to 100 A (CTL-12-S56-10L-N)

Input rating :
Maximum current rating : 120 mA
Input impedance : 2.5 Ω

- *1. Terminals which are not used according to the controller type are all removed.
- *2. When control output is trigger output for triac driving, the number of alarm output points becomes 1.
- *3. Crimp-style terminal lug: Therefore, use the lug suitable for a screw of M3.



Recommended tighten torque : 0.4N·m(4kgf·cm)
Maximum allowance tighten torque : 0.7N·m(7kgf·cm)

Figura 7.6 Datos técnicos y configuración de pines del REX-C100. Fuente: mpja.com

E) RELÉ SSR DE 40A

Type	Terminal Type					PCB Type
Model	SSR-10DA	SSR-25DA	SSR-40DA	SSR-25DA-H	SSR-40DA-H	SSR-P03DA
Rated Load Current	10A	25A	40A	25A	40A	3A
Input Data						
Operating Voltage	3~32VDC					
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V , OFF < 1.0V					
Trigger Current	7.5mA / 12V					
Control Method	Zero Cross Trigger					
Output Data						
Operating Voltage	24~380VAC		90~480VAC		24~380VAC	
Min. Black Voltage	600 VAC < Repetive >					
Voltage Drop	1.6 V / 25 C					
Max. Durated Current	135A	275A	410A	275A	410A	135A
Leakage Current	3.0mA	3.0mA	3.0mA	5.0mA	5.0mA	3.0mA
Response Time	ON < 10ms , OFF < 10ms					
General Data						
Dielectric Strength	Over 2.5KVAC / 1min.					
Isolation Strength	Over 50MΩ / 500VDC					
Operating Temperature	-20 C ~+80 C					
Housing Material	Intensive ABS					
Weight	Appr. 105g					Appr. 15g
Connection Diagram						
<p>The diagram illustrates the internal circuitry of the SSR. On the left, the 'INPUT CIRCUIT' is connected to terminals 3 (+) and 4 (-). It features a switch and a DC source. The input signal is processed through a network of resistors and diodes to trigger a 'ZERO CROSS CIRCUIT'. This circuit includes a zero-cross detector and a driver stage that controls the output. The output circuit, connected to terminals 1 and 2, consists of a thyristor (SCR) in series with a load. The load is connected to an AC source labeled '24~380V'.</p>						

Figura 7.7 Datos técnicos para el relé SSR de 40A. Fuente: datasheetpdf.com

F) SERVOMOTOR CLEARPATH CPM-SDSK-3432S-RLN

Specifications	
Motor Frame Size	NEMA 34 - 3.42 in (86.87 mm) sq.
Length	4.63 in (117.60 mm)
Input (bus) Voltage Range	24-75 VDC (90 VDC max)
Peak Torque (@75 VDC)	1,396 oz-in (9.9 N-m)
Cont. (RMS) Torque (@75 VDC)	392 oz-in (2.8 N-m)
Max Speed (@75 VDC)	1130 RPM
Achievable Resolution	0.450 degrees (0.057 deg. w/ Enhanced option)
Repeatability	0.03 degrees
Shaft Diameter	0.500 in (12.70 mm)
Weight	5.8 lb (2.6 kg)
Rotor Inertia	11.4 oz-in ² (2.1 kg-cm ²)
Logic Input Voltage Range	4.0 to 28 VDC
Maximum Radial Load	50 lbf (222.4 N)
Maximum Thrust Load	10.0 lbf (44.5 N)
Environmental Rating	Dust & water splash resistant
Ambient Temperature	0-70 deg C (derated >40C)
Ambient Humidity	0-95%; non-condensing
Regulatory Certifications	UL recognized; cUL recognized; CE; RoHS
Country of Origin	USA
Warranty	3 Years

Figura 7.8 Especificaciones técnicas del servomotor ClearPath. Fuente: teknic.com

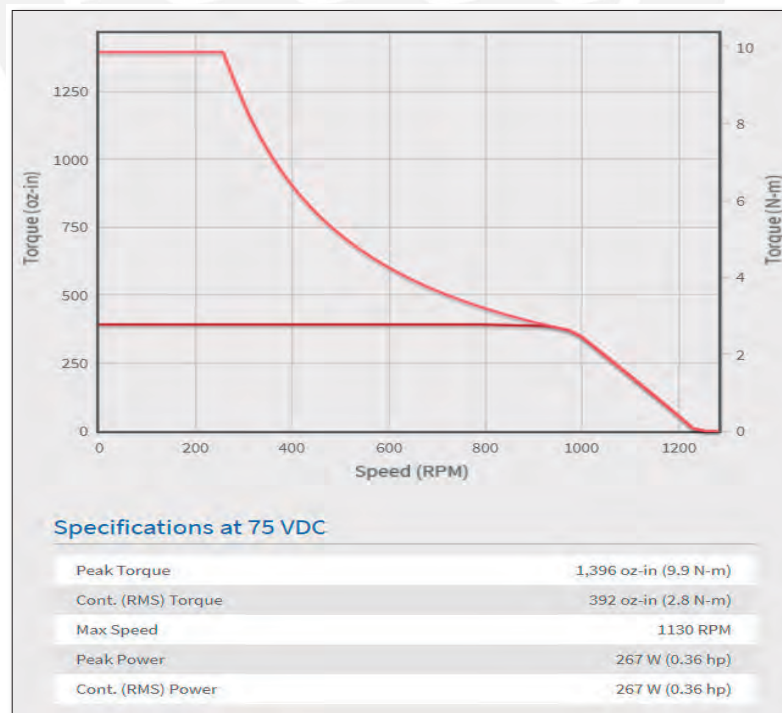


Figura 7.9 Curva de Velocidad vs Torque. Fuente: teknic.com

G) FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC IPC-5

Power	IPC-3	IPC-5
Input Voltage (230 VAC nominal range)	190-250VAC, single phase	
Input Voltage (115 VAC nominal range)	108 -125VAC (start under load at ambient temps 0-15°C)	
	95-125VAC (load independent at ambient temps 15-40°C)	
Input Frequency Range	50-60Hz	
Nominal Output Voltage	75VDC \pm 0.5V	
Continuous RMS Power Output at 115VAC or 230VAC in; convection cooled.	225W RMS 0-40°C ambient	350W RMS 0-40°C ambient
Continuous RMS Power Output at 115VAC or 230VAC in; fan cooled.	N/A	500W RMS 0-40°C ambient
Peak Power Capability at 115VAC or 230VAC in	900W for 3 sec. (single pulse load at 40°C)	
Peak In-rush Current	< 85A	
Regenerated Energy / Power Absorption	12.7 joules / 13.3 watts RMS at 40°C	19.1 joules / 20 watts RMS at 40°C
Capacitive Energy Storage	53 joules at 75VDC	
Allowable (user added) output capacitance	10,000 μ F maximum	
Input Leakage Current	< 500 μ A @ 250VAC/60Hz	
Ripple	< 500mV P-P, zero to full load	
Min. equivalent startup load	16 ohms @ AC input 105/210V min.	
Output Resistance	~300 milliohms	
Physical		
Weight	2.11 lbs.	2.25 lbs.
Dimensions	181mm x 132mm x 57.3mm	183mm x 132mm x 57.3mm
Finger Safe	No. User must be protected from shock hazard.	Yes
Enclosure	None	Perforated, epoxy coated aluminum
Operating Environment		
Temperature Range	0-40°C	
Humidity	10% - 90% (non-condensing)	
Pollution Level	2	
Acoustic Noise @ 1 distance = meter	<50 dBA (variable, dependent on load and AC line)	
Certifications/Compliance		
Safety	UL-508C, EN61010	
RF Emissions	Meets EN55011/22 Class A requirements when used with AC line filter part number: EPCOS B84112G0000B110.	
RoHS	Compliant	
Protective Features		
Over-Voltage Protection	Halts power delivery until voltage returns to specified output voltage	
Over-Current Protection	Hiccup mode with auto-recovery	
Output Short-Circuit Protection	Hiccup mode with auto-recovery	
Thermal Overload	Halts power delivery until power removal/reapplication	
Output bus dump load control	During Regeneration: Initiated at 92VDC, off at 88VDC; At power-off: Initiated within 200ms of AC power removal, off when output is below ~12VDC.	

Figura 7.10 Hoja de datos técnicos del IPC-5. Fuente: teknic.com

H) ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO THOMSON LA 24 AA22-05B65M

Standard Features

- Robust and reliable
- 1 × 230 or 3 × 400 Vac as standard input voltages
- Acme and ball screw models
- Static load up to 18 kN (4000 lbf)
- Dynamic load up to 6.8 kN (1500 lbf)
- Stroke up to 24 in
- Speed up to 61 mm/s (2.4 in/s)
- Protection class static IP45
- Overload clutch for mid and end of stroke protection
- Motor with thermal switch
- Corrosion free aluminium cover tube
- Anti-rotation mechanism
- T-slots in the cover tube for magnetic sensors
- Maintenance free

Figura 7.11 Características estándar del actuador LA24. Fuente: thomsonlinear.com

Min. ordering stroke (S) length	[mm]	50
Max. ordering stroke (S) length ⁽³⁾	[mm]	600
Ordering stroke length increments	[mm]	50
Operating temperature limits	[°C (F)]	-25 – 65 (-15 – 150)
Max. on time	[s]	45
Full load duty cycle @ 25 °C (77 °F)	[%]	25
End play, maximum	[mm (in)]	1.0 (0.04)
Restraining torque	[Nm (lbf-in)]	0
Protection class - static		IP45
Salt spray resistance	[h]	96

Figura 7.12 Especificaciones mecánicas del actuador Fuente: thomsonlinear.com

I) REGULADORES DE VOLTAJE DC-DC MORNSUN URB4812YMD-6WR3 Y URF4805LP-10WR3

Selection Guide							
Certification	Part No. ^①	Input Voltage (VDC)		Output		Full Load Efficiency ^② (%) Min./Typ.	Max. Capacitive Load ^③ (µF)
		Nominal ^④ (Range)	Max. ^⑤	Voltage (VDC)	Current (mA) Max./Min.		
UL/CE/CB	URA2405YMD-6WR3	24 (9-36)	40	±5	±600/0	81/83	470
	URA2412YMD-6WR3			±12	±250/0	85/87	100
	URA2415YMD-6WR3			±15	±200/0	85/87	100
	URA2424YMD-6WR3			±24	±125/0	85/87	100
	URB2403YMD-6WR3			3.3	1500/0	77/79	1800
	URB2405YMD-6WR3			5	1200/0	81/83	1000
	URB2409YMD-6WR3			9	667/0	83/85	680
	URB2412YMD-6WR3			12	500/0	85/87	470
	URB2415YMD-6WR3			15	400/0	85/87	220
	URB2424YMD-6WR3	24	250/0	86/88	100		
	URA4805YMD-6WR3	48 (18-75)	80	±5	±600/0	81/83	470
	URA4812YMD-6WR3			±12	±250/0	85/87	100
	URA4815YMD-6WR3			±15	±200/0	86/88	100
	URB4803YMD-6WR3			3.3	1500/0	77/79	1800
	URB4805YMD-6WR3			5	1200/0	81/83	1000
	URB4812YMD-6WR3			12	500/0	85/87	470
	URB4815YMD-6WR3			15	400/0	86/88	220
	URB4824YMD-6WR3			24	250/0	86/88	100

Figura 7.13 Especificaciones para el regulador URB4812YMD-6WR3. Fuente: mornsun-power.com

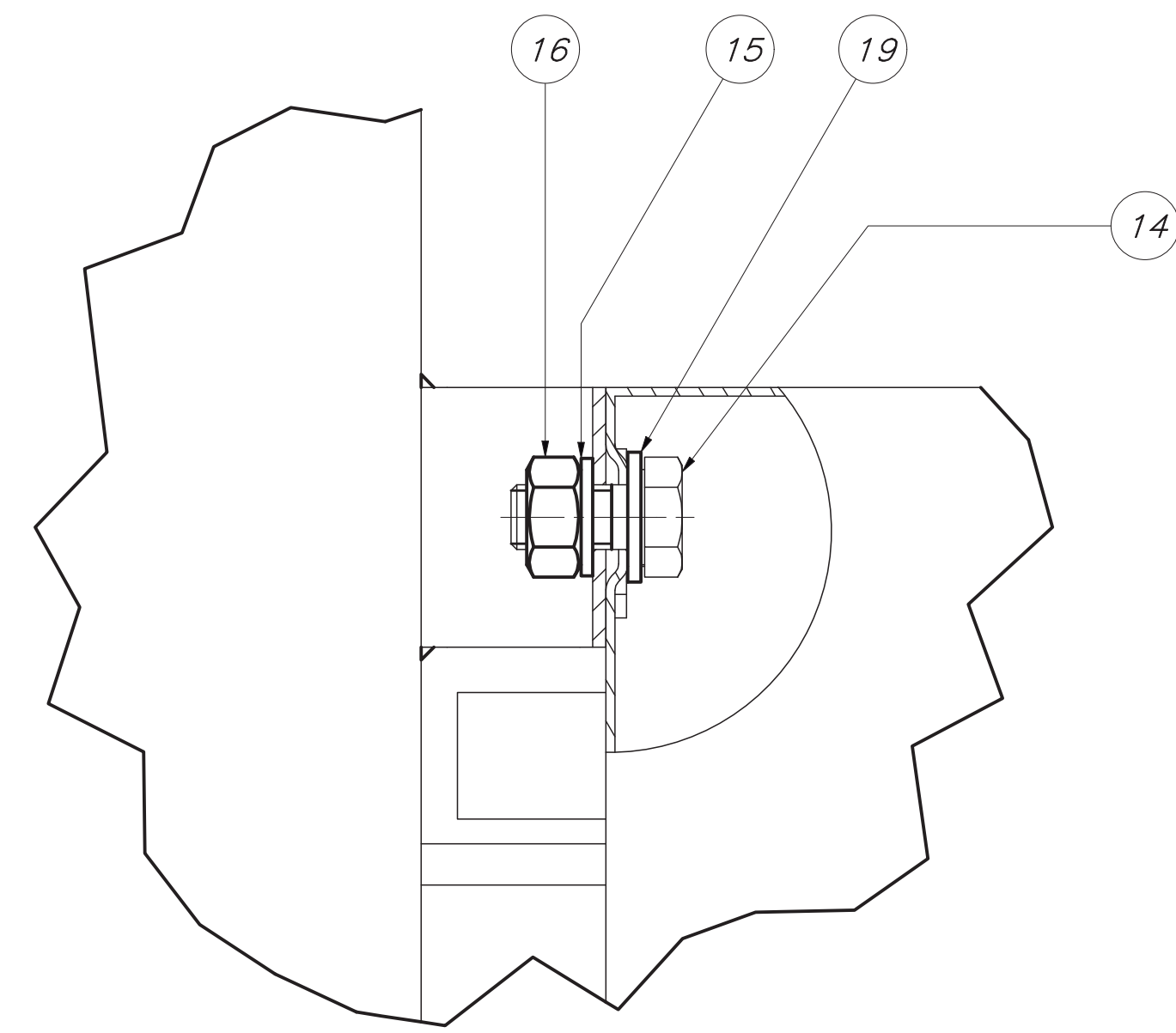
Selection Guide							
Certification	Part No. ^①	Input Voltage (VDC)		Output		Full Load Efficiency ^② (%) Min./Typ.	Max. Capacitive Load(µF) ^③
		Nominal ^④ (Range)	Max. ^⑤	Voltage (VDC)	Current (mA) Max./Min.		
UL/CE/CB	URE2405LP-10WR3	24 (9-36)	40	±5	±1000/0	79/81	1000
	URE2412LP-10WR3			±12	±416/0	83/85	330
	URE2415LP-10WR3			±15	±333/0	85/87	220
	URF2403LP-10WR3			3.3	2400/0	76/78	5400
	URF2405LP-10WR3			5	2000/0	80/82	5400
	URF2409LP-10WR3			9	1111/0	82/84	680
	URF2412LP-10WR3			12	833/0	82/84	470
	URF2415LP-10WR3			15	667/0	85/87	330
	URF2424LP-10WR3			24	416/0	84/86	100
	URE4805LP-10WR3	48	80	±5	±1000/0	80/82	1000
	URE4812LP-10WR3			±12	±416/0	84/86	330
	URE4815LP-10WR3			±15	±333/0	85/87	220
UL/CE	URF4803LP-10WR3	48 (18-75)	80	3.3	2400/0	77/79	5400
	URF4805LP-10WR3			5	2000/0	80/82	5400
	URF4812LP-10WR3			12	833/0	84/86	470
	URF4815LP-10WR3			15	667/0	85/87	330
	URF4824LP-10WR3			24	416/0	85/87	100

Figura 7.14 Especificaciones para el regulador URF4805LP-10WR3. Fuente: mornsun-power.com

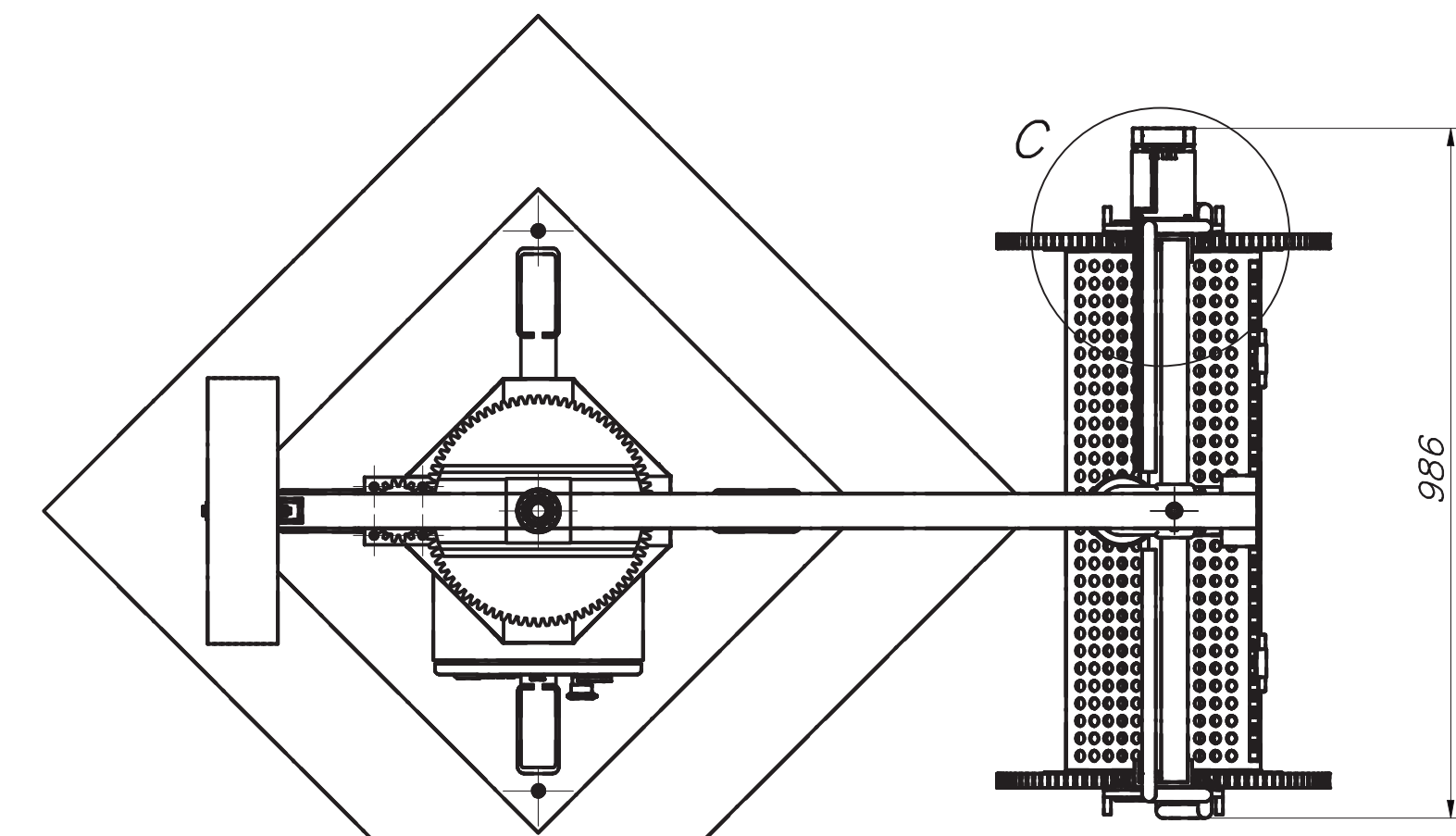
8. ANEXO 8: PLANOS MECÁNICOS DE ENSAMBLE Y DESPIECE DEL SISTEMA

A partir de la siguiente página, se visualizarán los planos mecánicos del sistema mecatrónico diseñado.

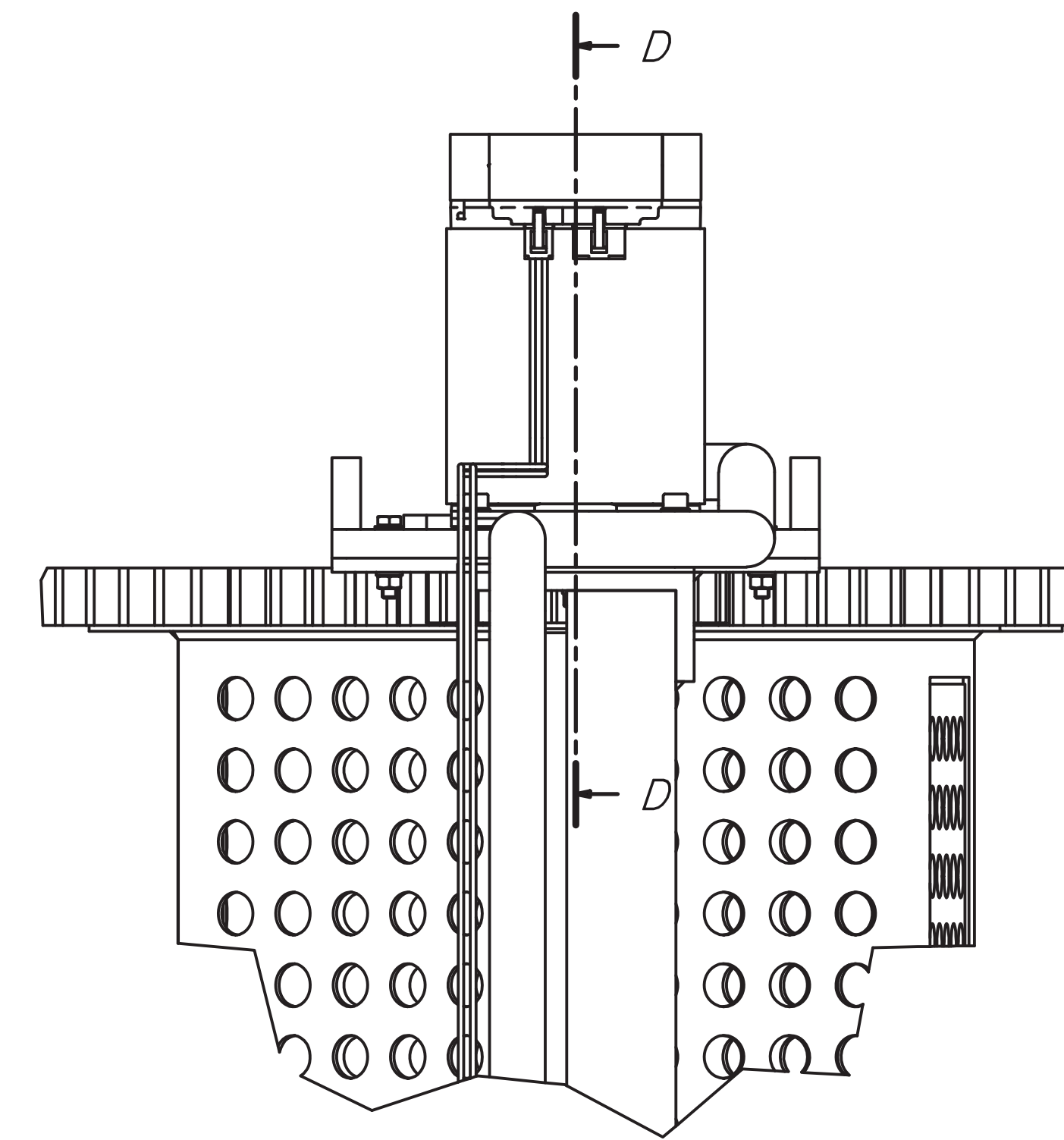




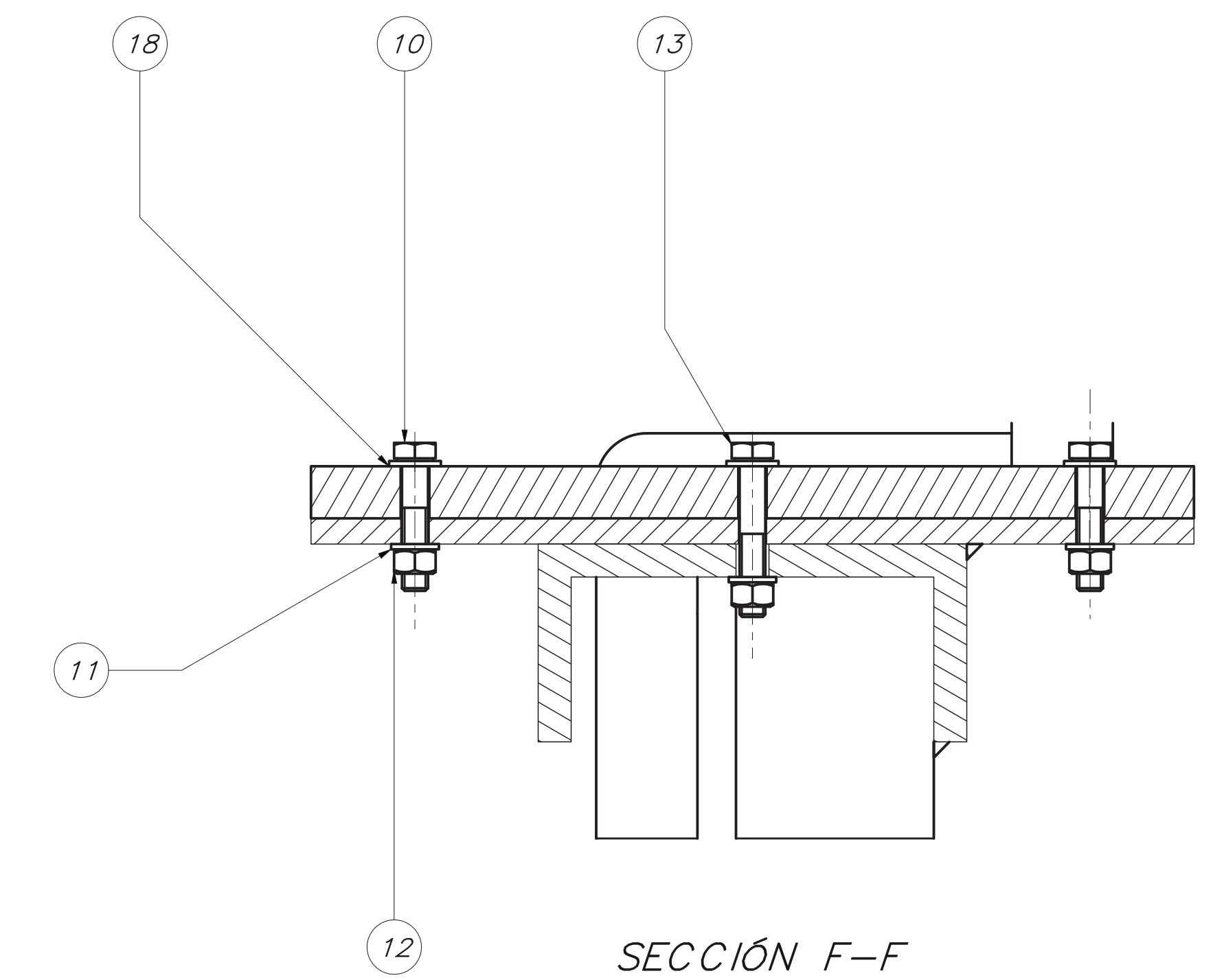
DETALLE E
ESCALA 1 : 1



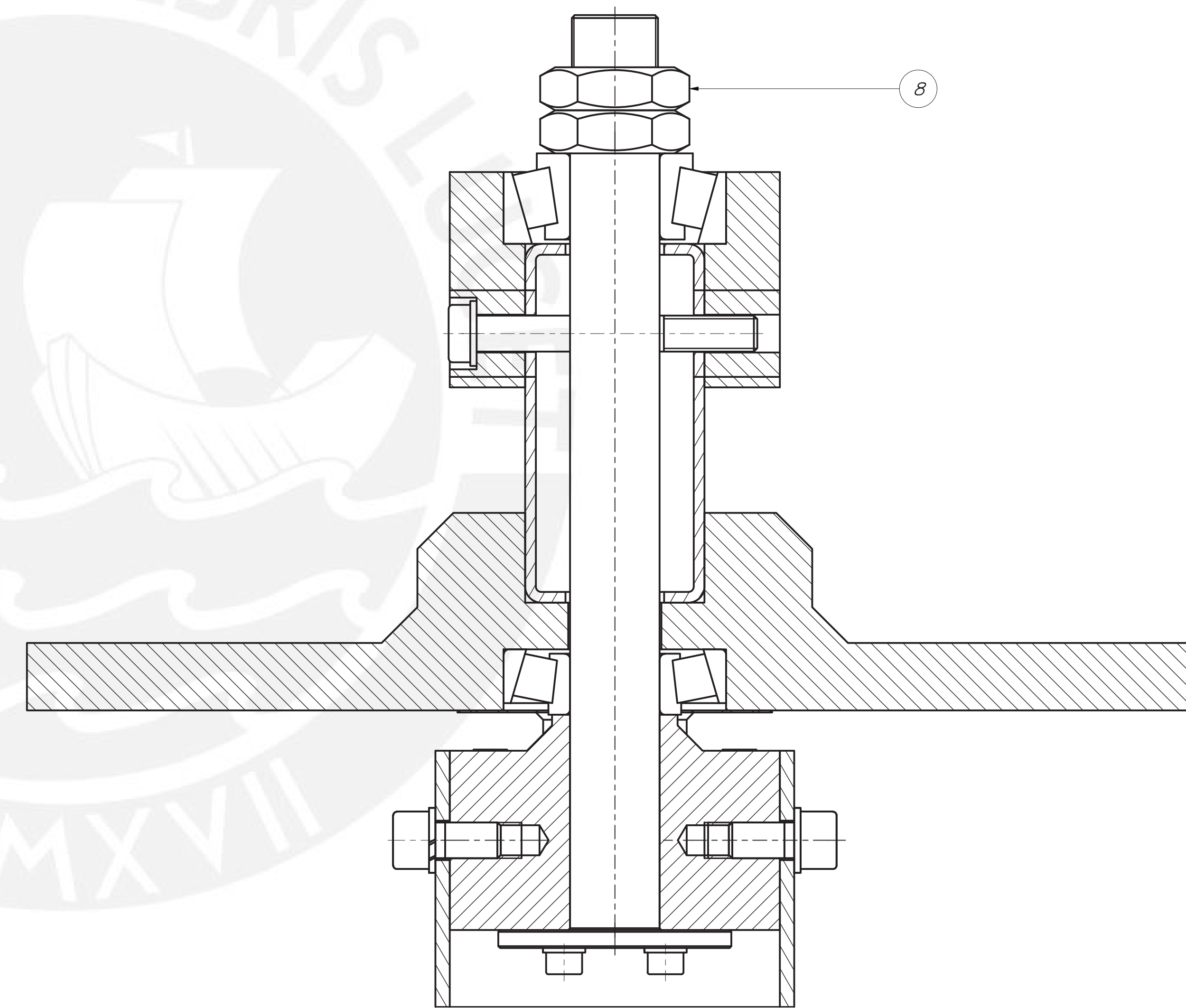
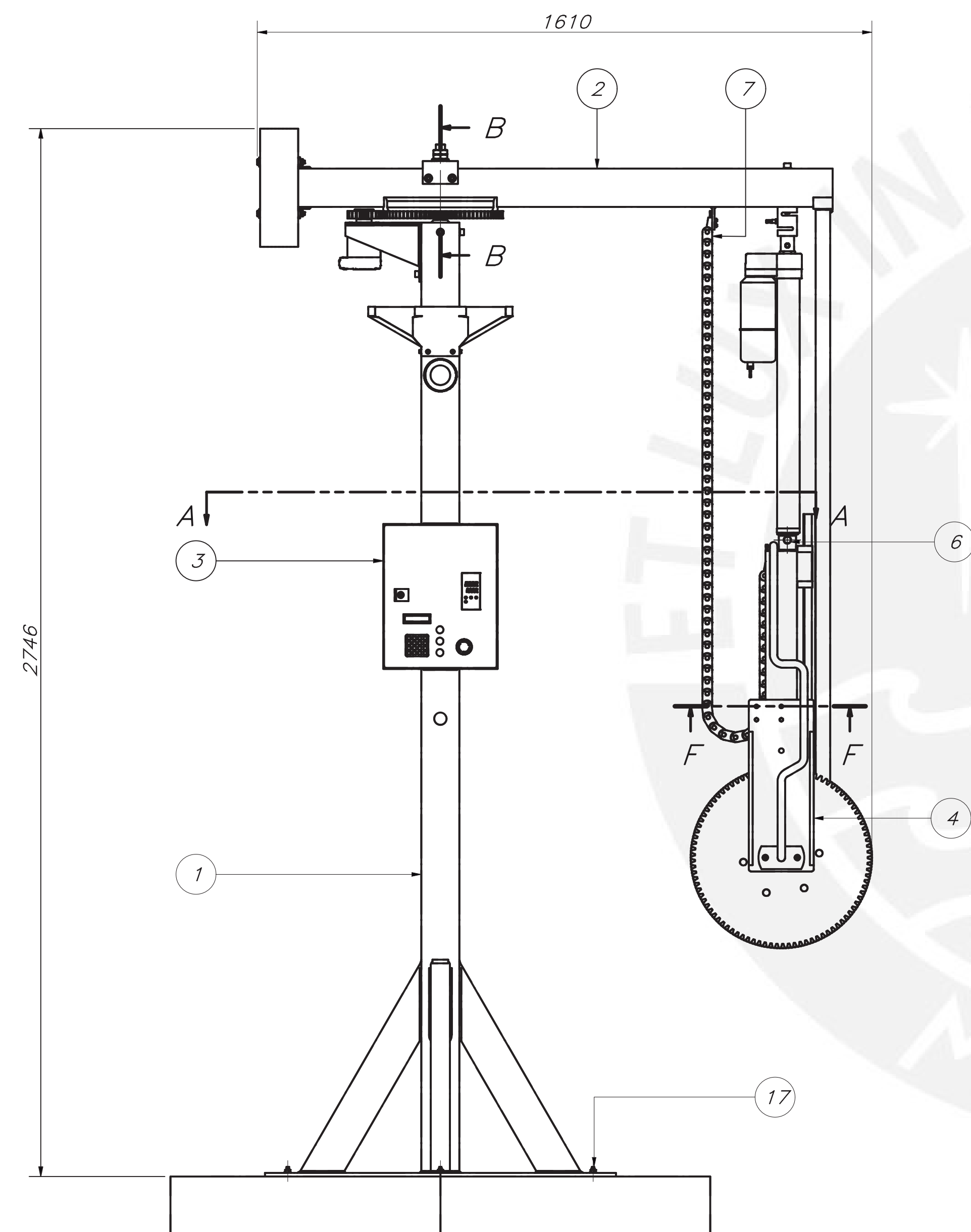
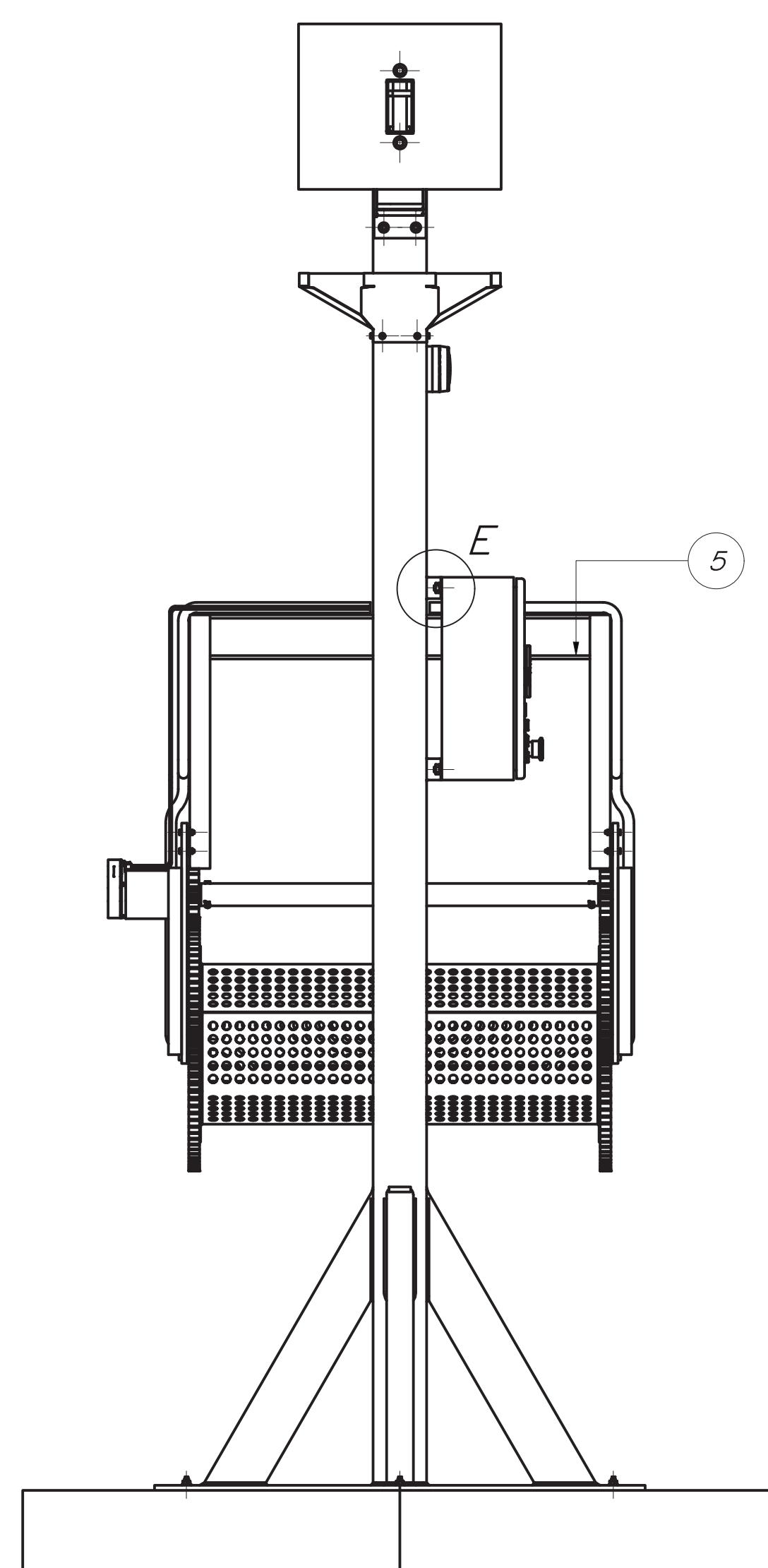
VISTA A
ESCALA 1 : 10



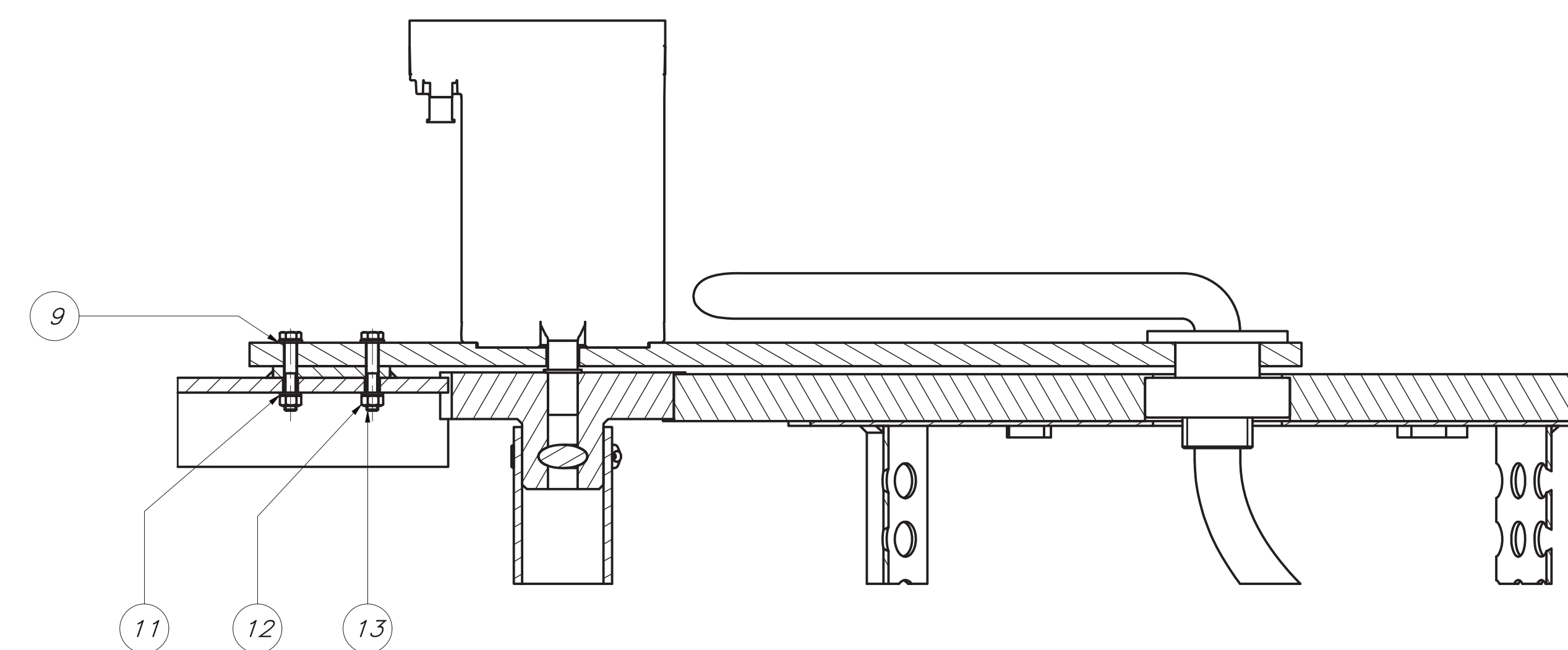
DETALLE C
ESCALA 1 : 2



SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 1



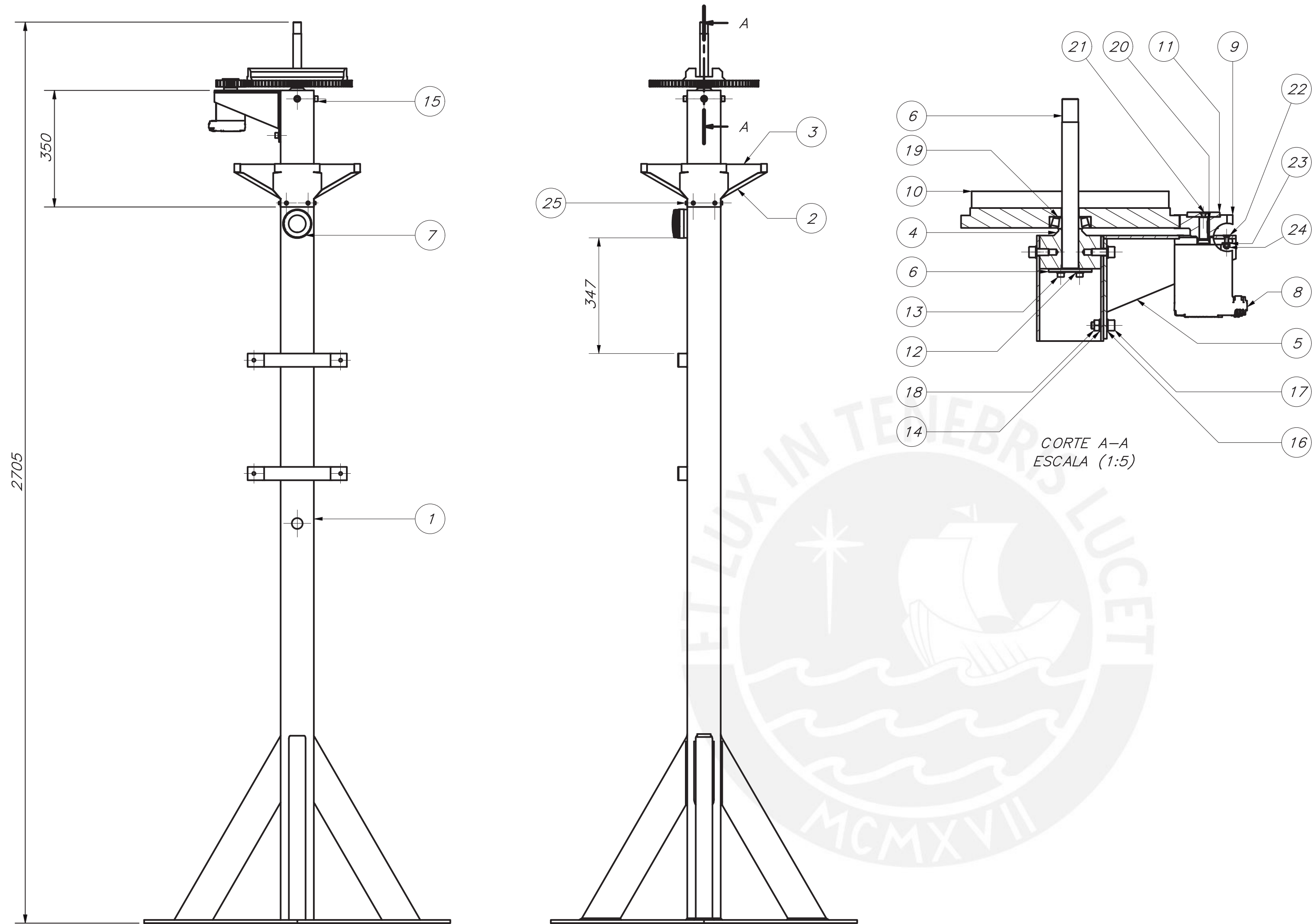
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 2

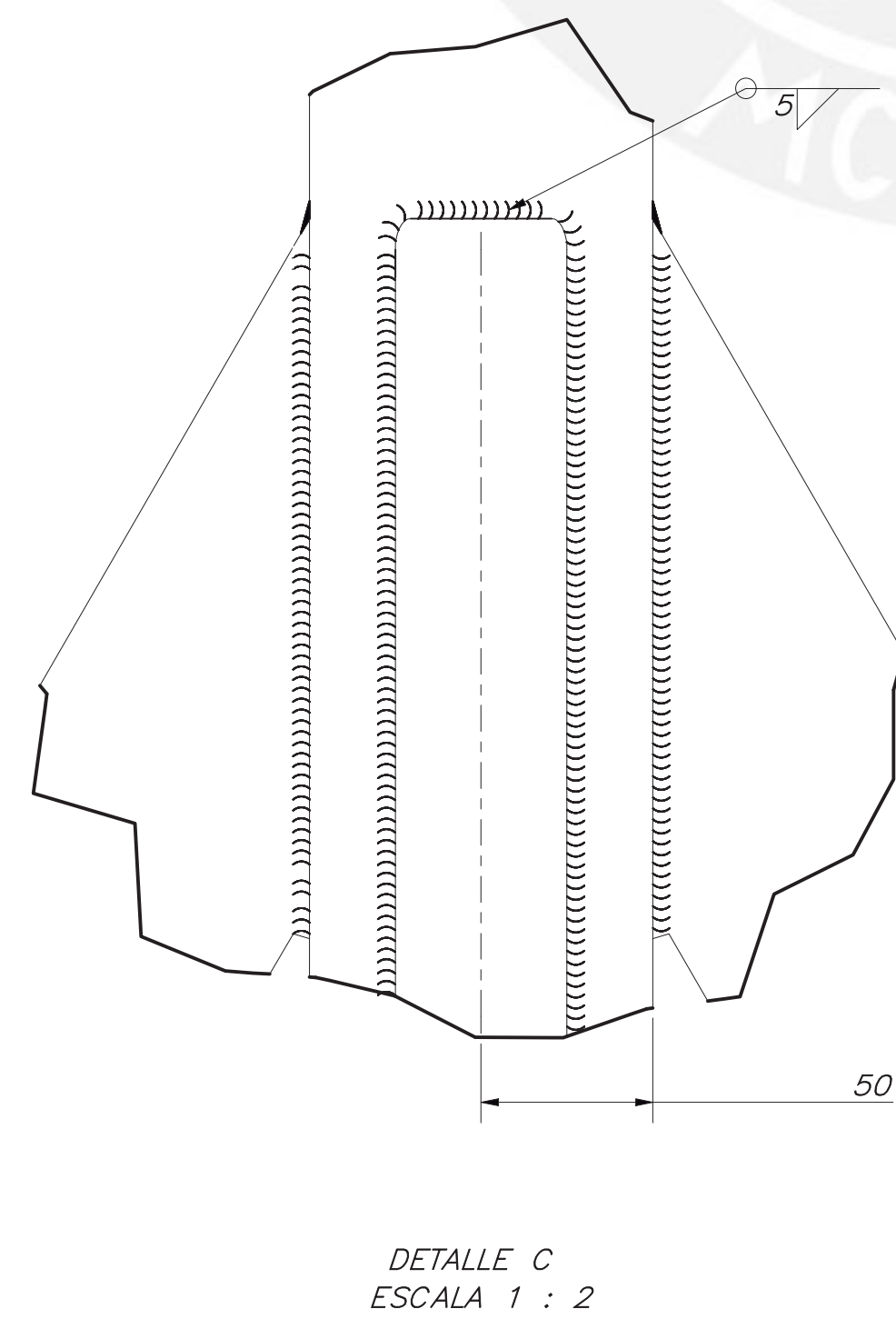
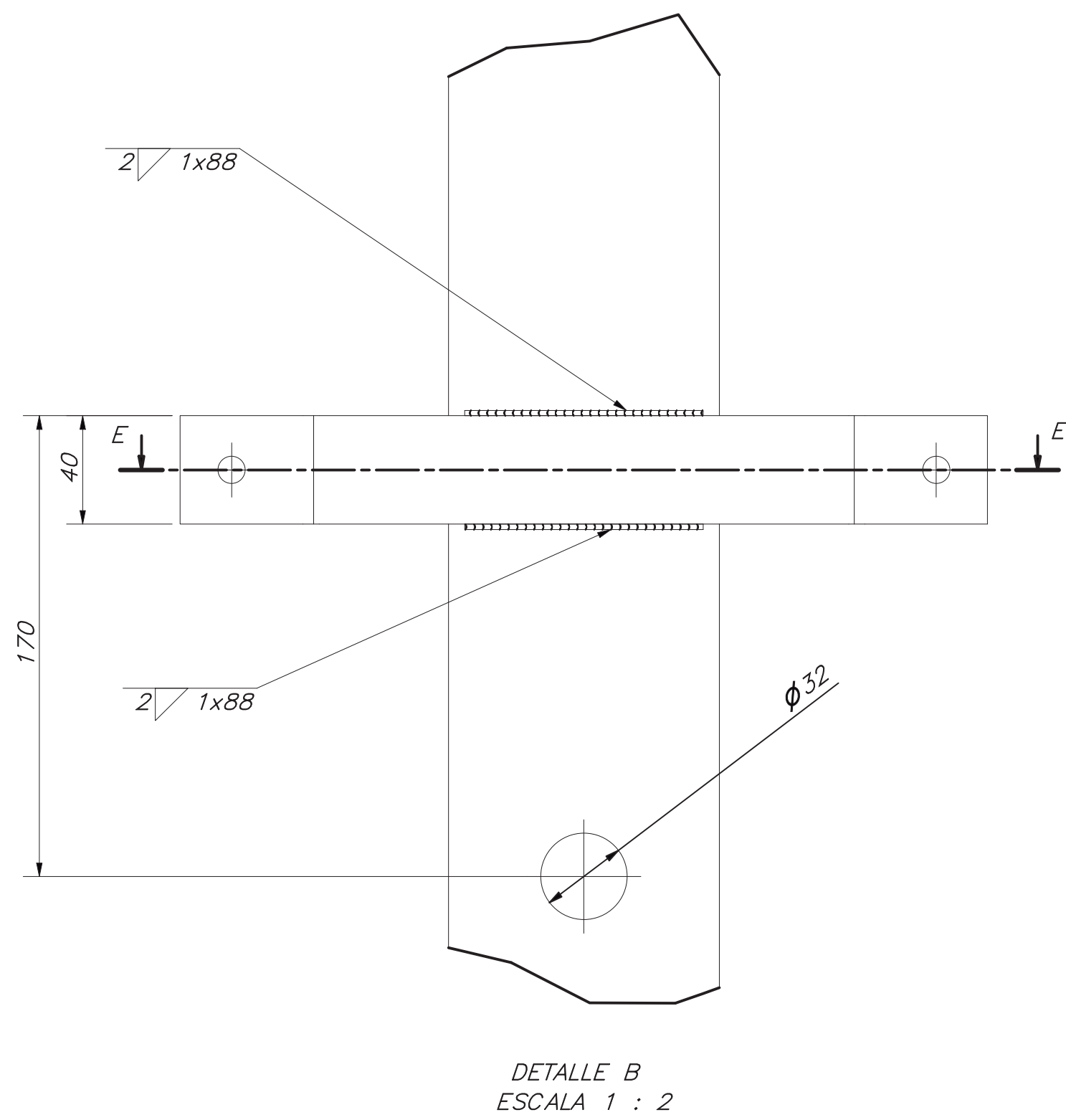
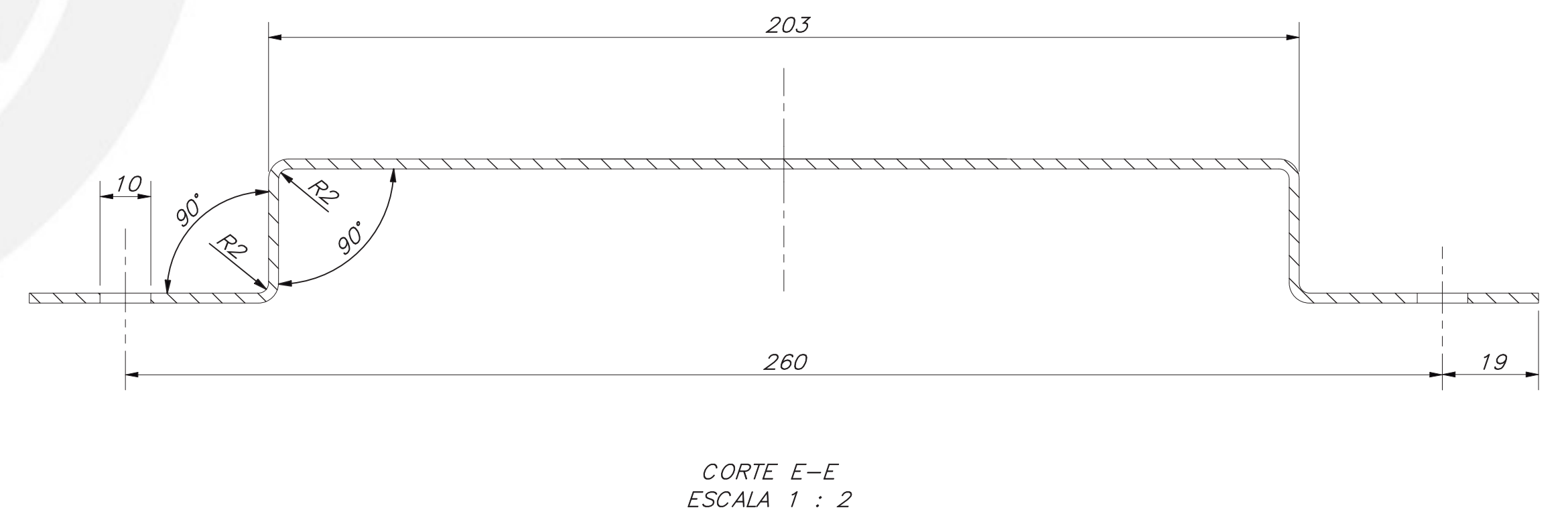
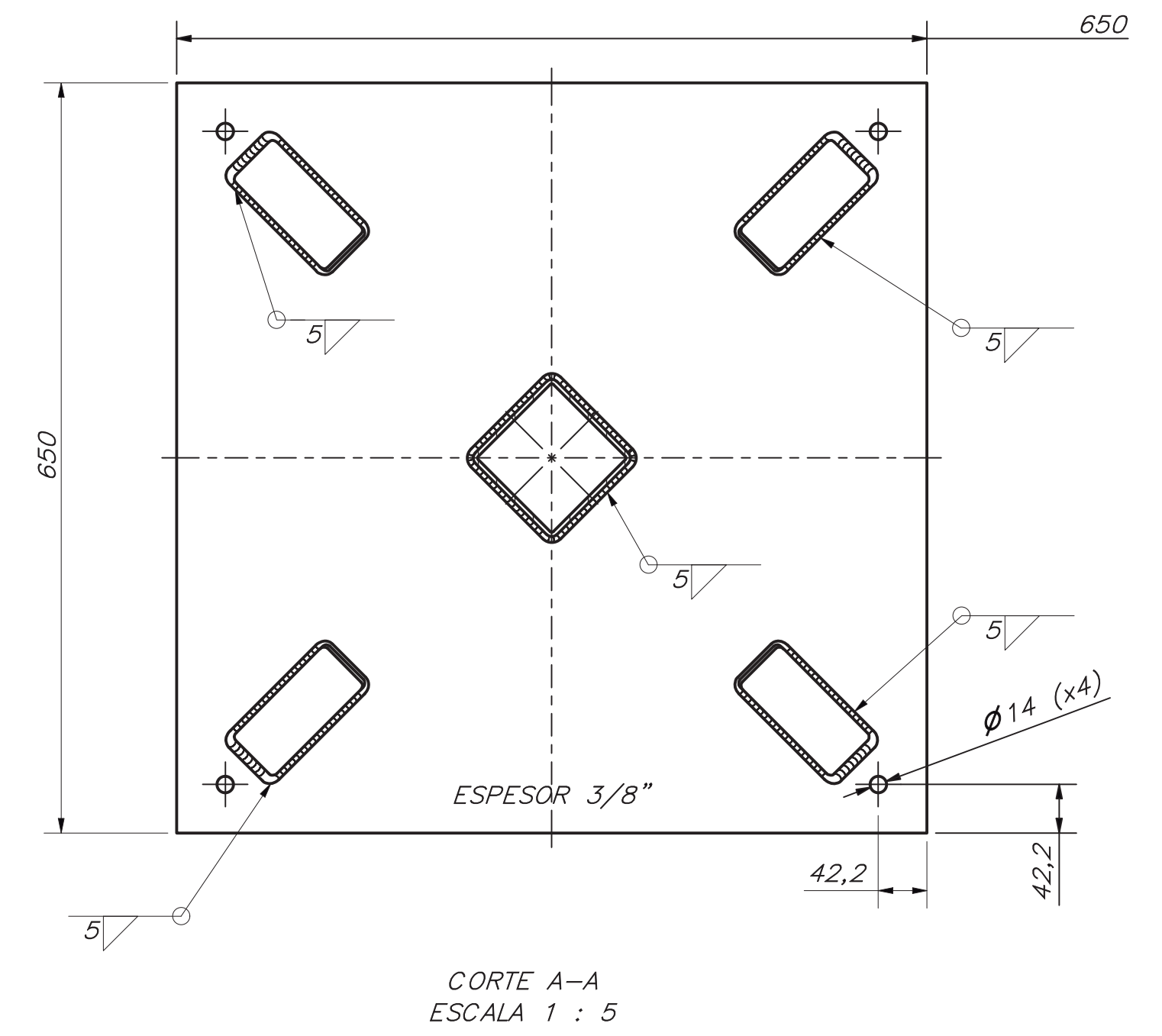
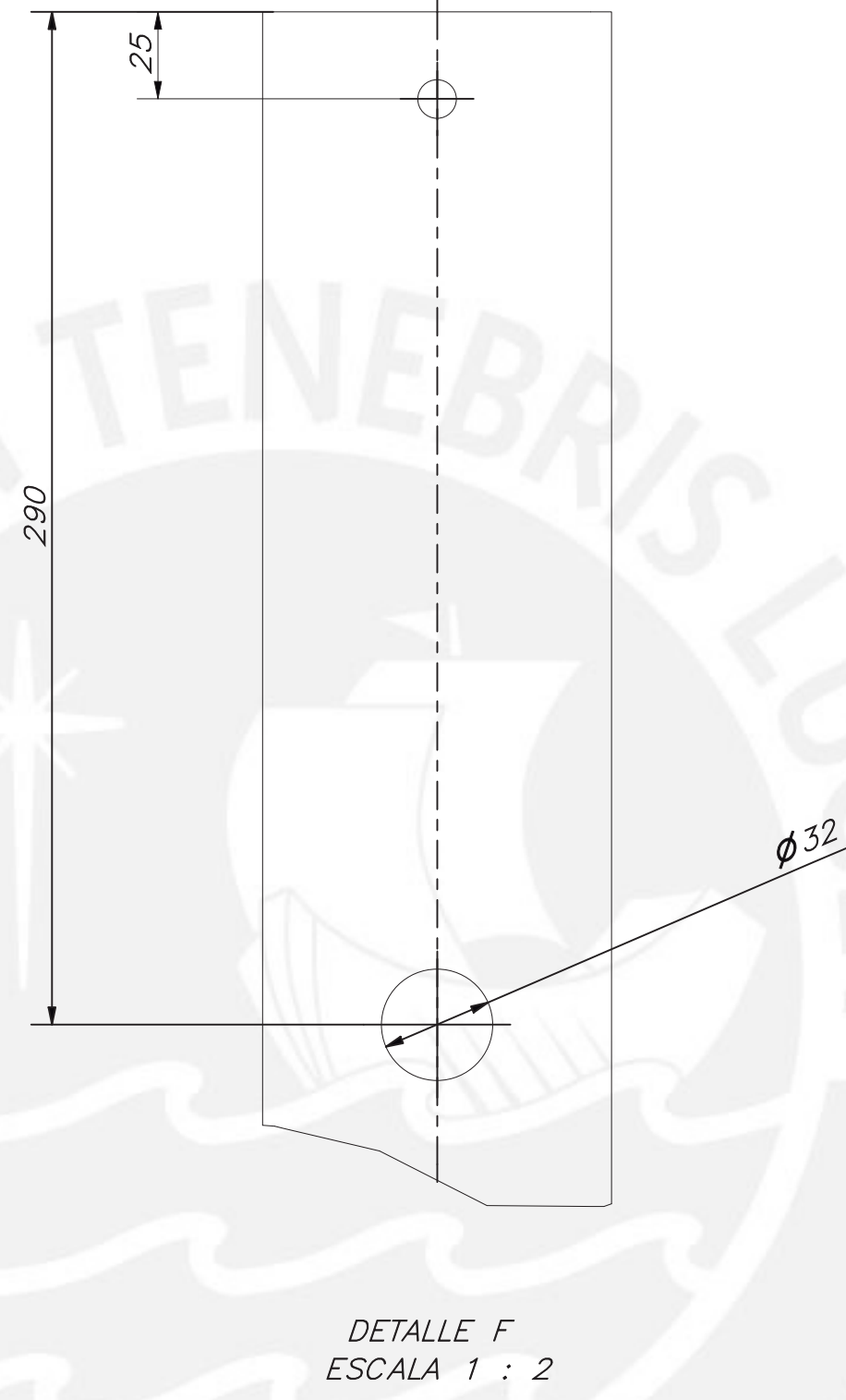
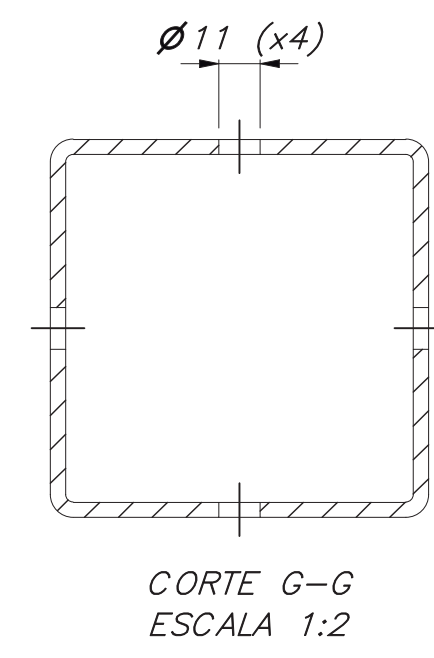
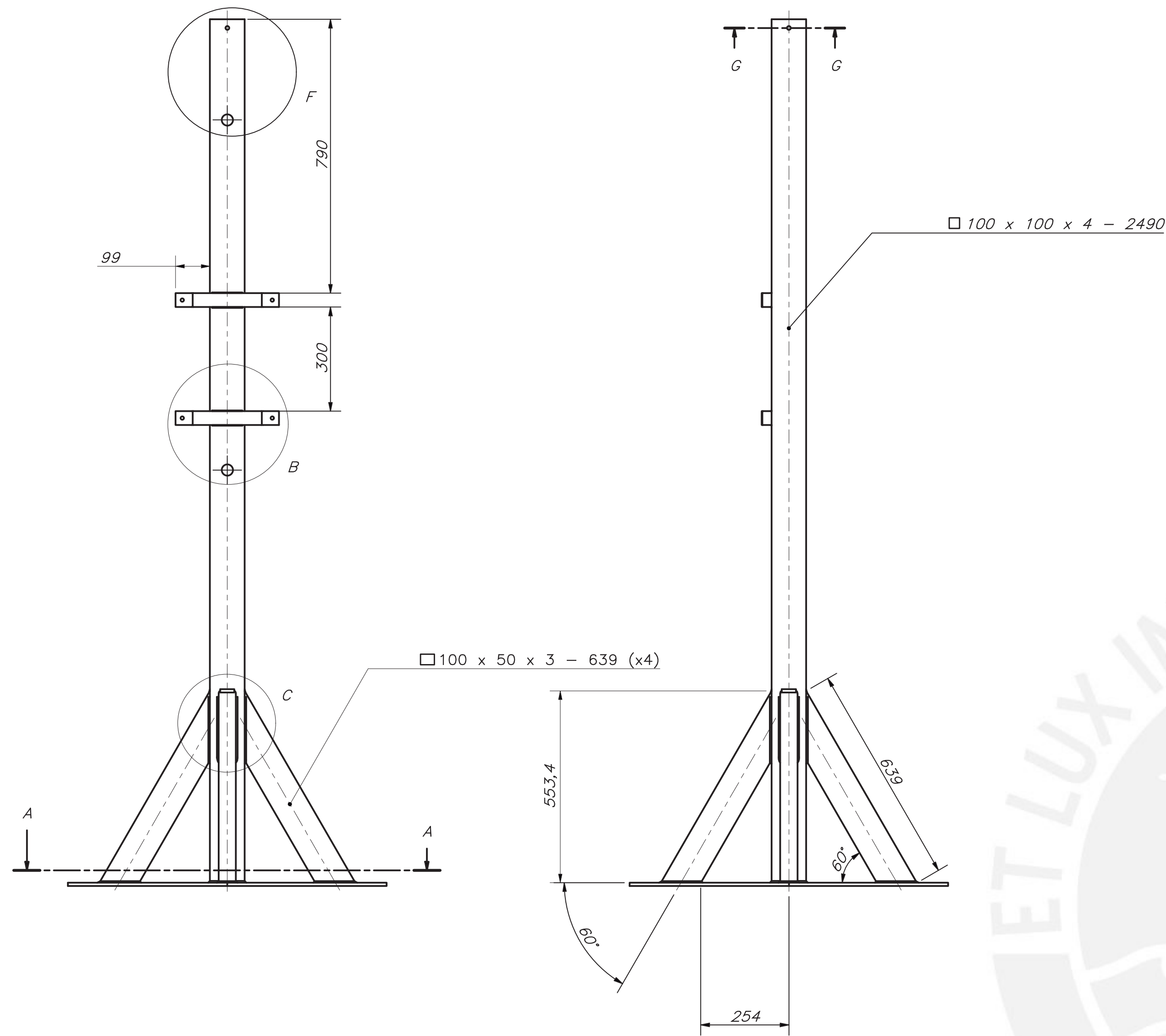
REF.	CANT.	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
19	4	ARANDELA PLANA 10	DIN EN ISO 7091	
18	6	ARANDELA PLANA - 5	DIN EN ISO 7091	
17	4	PERNO DE ANCLAJE M8 X 160	FAZ II	FISCHER
16	4	TUERCA HEXAGONAL - M10	ISO 4032, SS 440C	
15	4	ARANDELA DE PRESIÓN A10	DIN 128	
14	4	TORNILLO HEXAGONAL M10 X 20	ISO 4017	
13	4	TORNILLO HEXAGONAL M5 X 30	DIN 24014, SS 440C	
12	12	TUERCA HEXAGONAL M5	ISO 4032, SS 440C	
11	12	ARANDELA DE PRESIÓN A5	DIN 128	
10	8	TORNILLO HEXAGONAL M5 X 25	DIN 24014, SS 440C	
9	6	ARANDELA PLANA SS X 10	DIN 988	
8	2	TUERCA HEXAGONAL M24 X 1,5	DIN 439, 8.8	
7	59	ENERGY CHAIN LINK 30,5 X 16	ABS	IGUS
6	1	ARANDELA PLANA - 12 X 55	ISO 2341	
5	1	CARRILLO MOVIL VERTICAL		4 - A2
4	1	MECANISMO TAMBOR		5 - A1
3	1	CAJA DE CONTROL		7 - A2
2	1	VIGA COLUMNA MOVIL		3 - A1
1	1	COLUMNA BASE		2 - A1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN	ENSAMBLE GENERAL	ESCALA
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	1:5
		FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 1 - A0



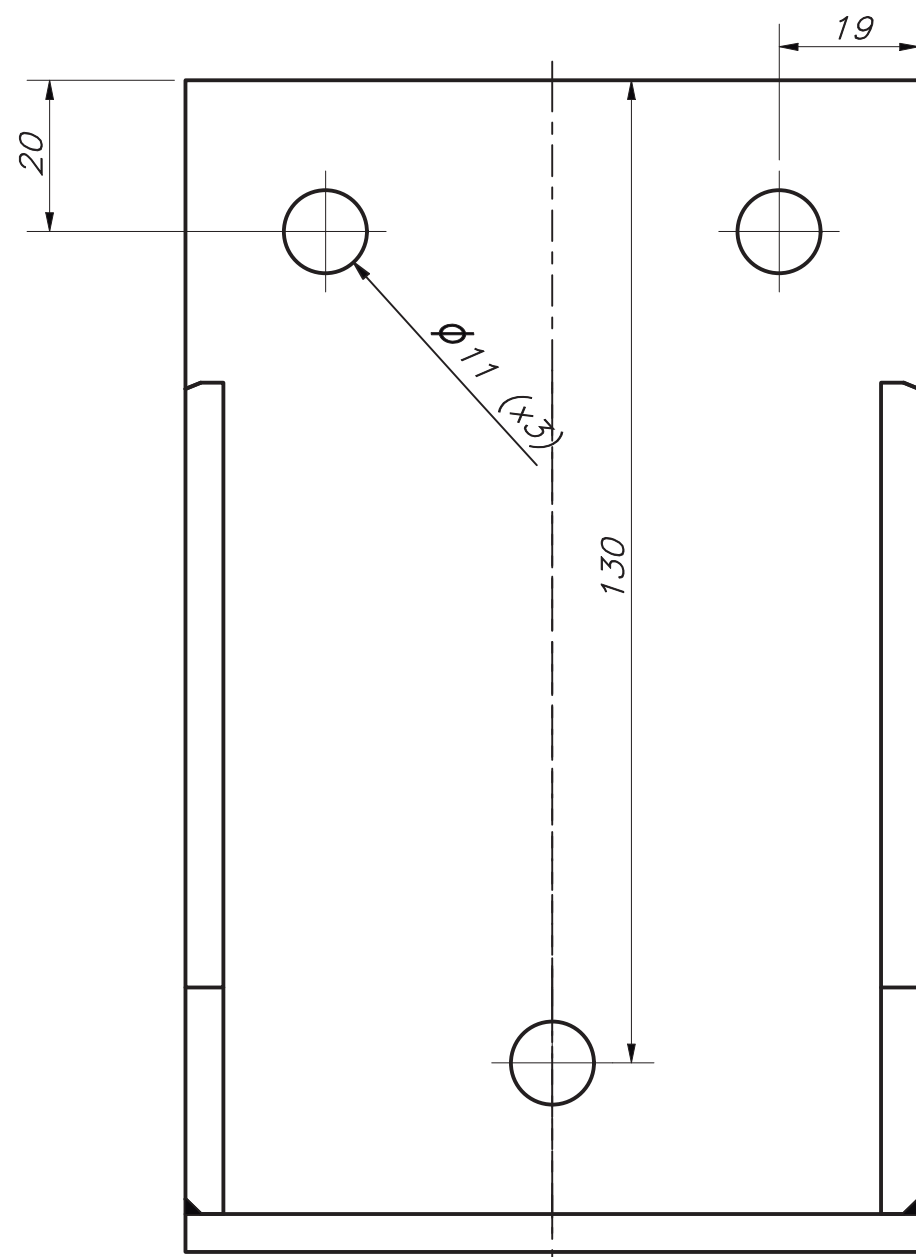
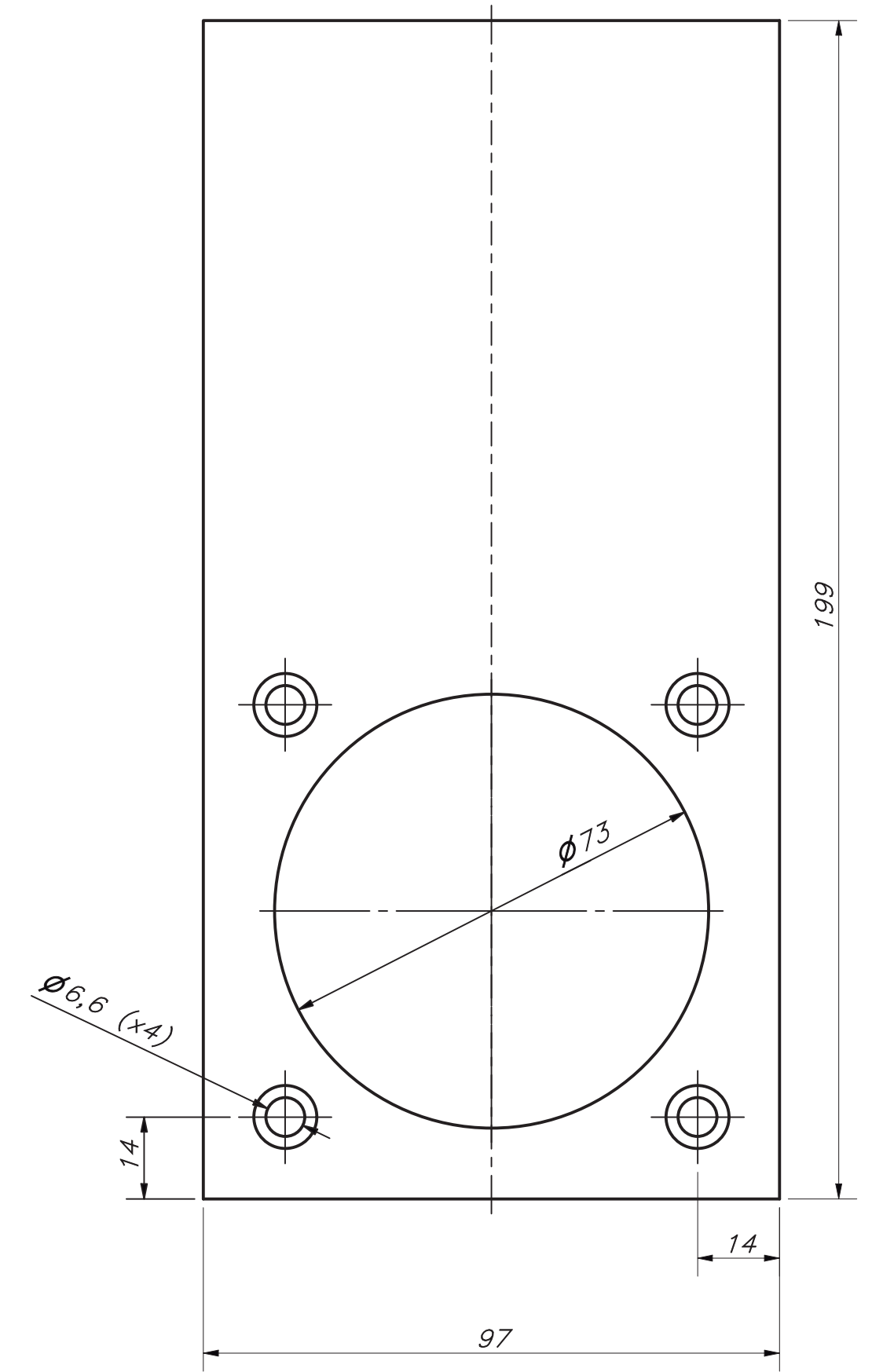
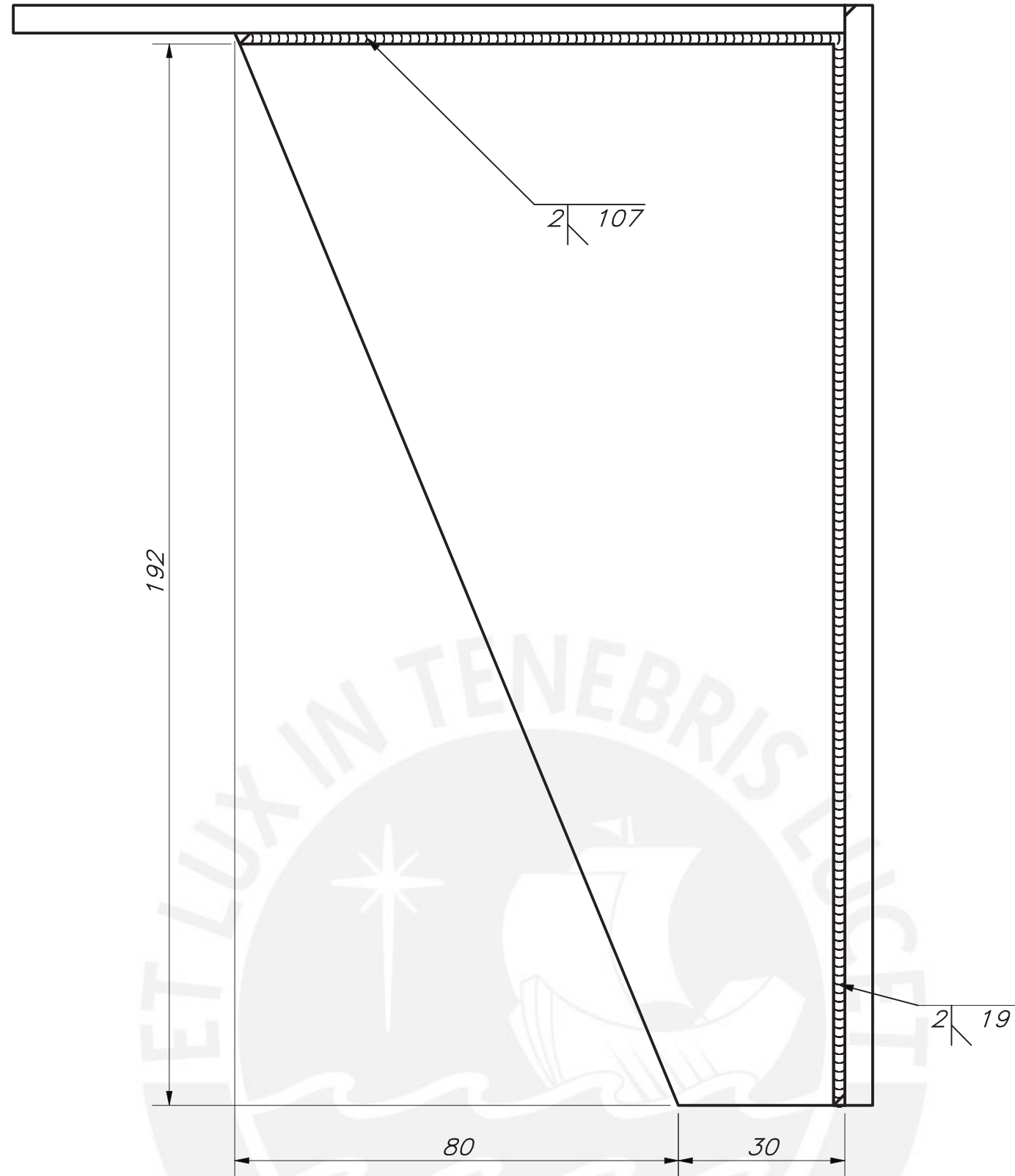
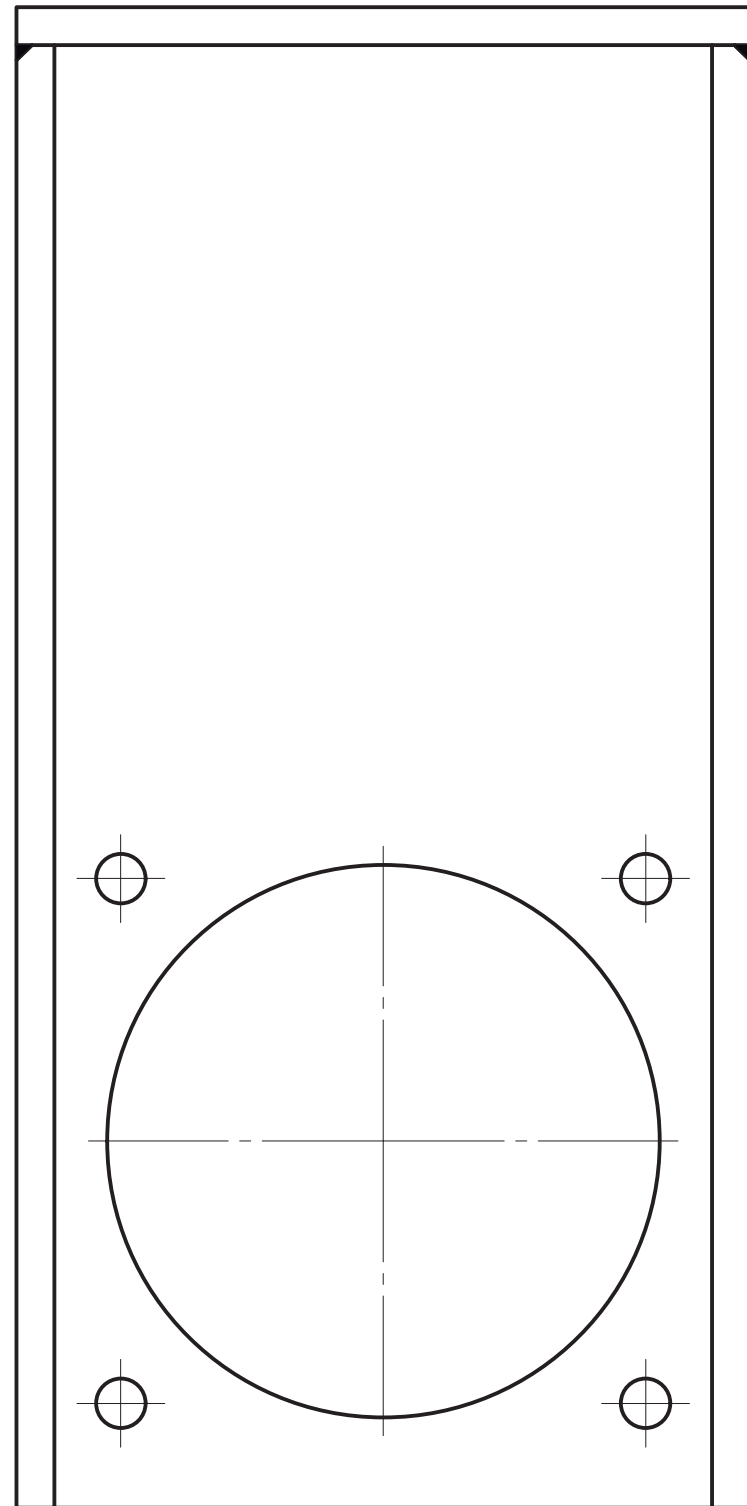
25	8	TORNILLO HEXAGONAL #12-24 x 1/2	ANSI.B18.6.4	
24	4	TUERCA HEXAGONAL- M5	ISO 4034	
23	4	ARANDELA DE PRESIÓN - A5	DIN 128	
22	4	TORNILLO AVELLANADO - M5 x 20	ISO 10642	
21	1	TORNILLO AVELLANADO - M5x16	DIN 7991	
20	1	CHAVETA - A 5 x 5 x 20	DIN 6885-1	
19	1	RODAMIENTO DE BOLAS - 25x62x18.25	DIN 720	SKF 30305
18	2	TUERCA HEXAGONAL - M10	ISO 4032, SS 440C	
17	3	TORNILLO SOCKET - M10 x 25	ISO 4762, SS 440C	
16	2	ARANDELA PLANA - 10	ISO 7092	
15	6	TORNILLO SOCKET - M10 x 20	ISO 4762, SS 440C	
14	9	ARANDELA DE PRESIÓN - A10	DIN 128	
13	4	TORNILLO SOCKET - M6 x 16	ISO 4762, SS 440C	
12	4	ARANDELA DE PRESIÓN - A6	DIN 128	
11	1	TAPA RETENCIÓN PIÑÓN	AISI 1045	2.9 - A3
10	1	RUEDA DENTADA PRINCIPAL	AISI 1045	2.6 - A3
9	1	PIÑÓN PRINCIPAL	AISI 1045	2.5 - A3
8	1	CPM-SDSK-3432S-RLN		CLEARPATH
7	1	BALIZA ROJA		
6	1	EJE COLUMNA BASE	AISI 1045	2.4 - A3
5	1	SOPORTE MOTOR COLUMNA BASE		2.2 - A3
4	1	SOPORTE INTERNO EJE COLUMNA BASE	AISI 1045	2.3 - A3
3	4	SECCIÓN COMO UNION	A1008	2.8 - A3
2	4	SECCIÓN COMO ANCLA	A1008	2.7 - A3
1	1	ESTRUCTURA COLUMNA		2.1 - A2

REF	CANT	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA				
MÉTODO DE PROYECCIÓN		SUB ENSAMBLE COLUMNA BASE		ESCALA 1:10
20120478		ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO		FECHA: 2021.06.22
				LÁMINA: 2 - A2



ACABADO SUPERFICIAL 6.3
 TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m
 MATERIAL ASTM A500

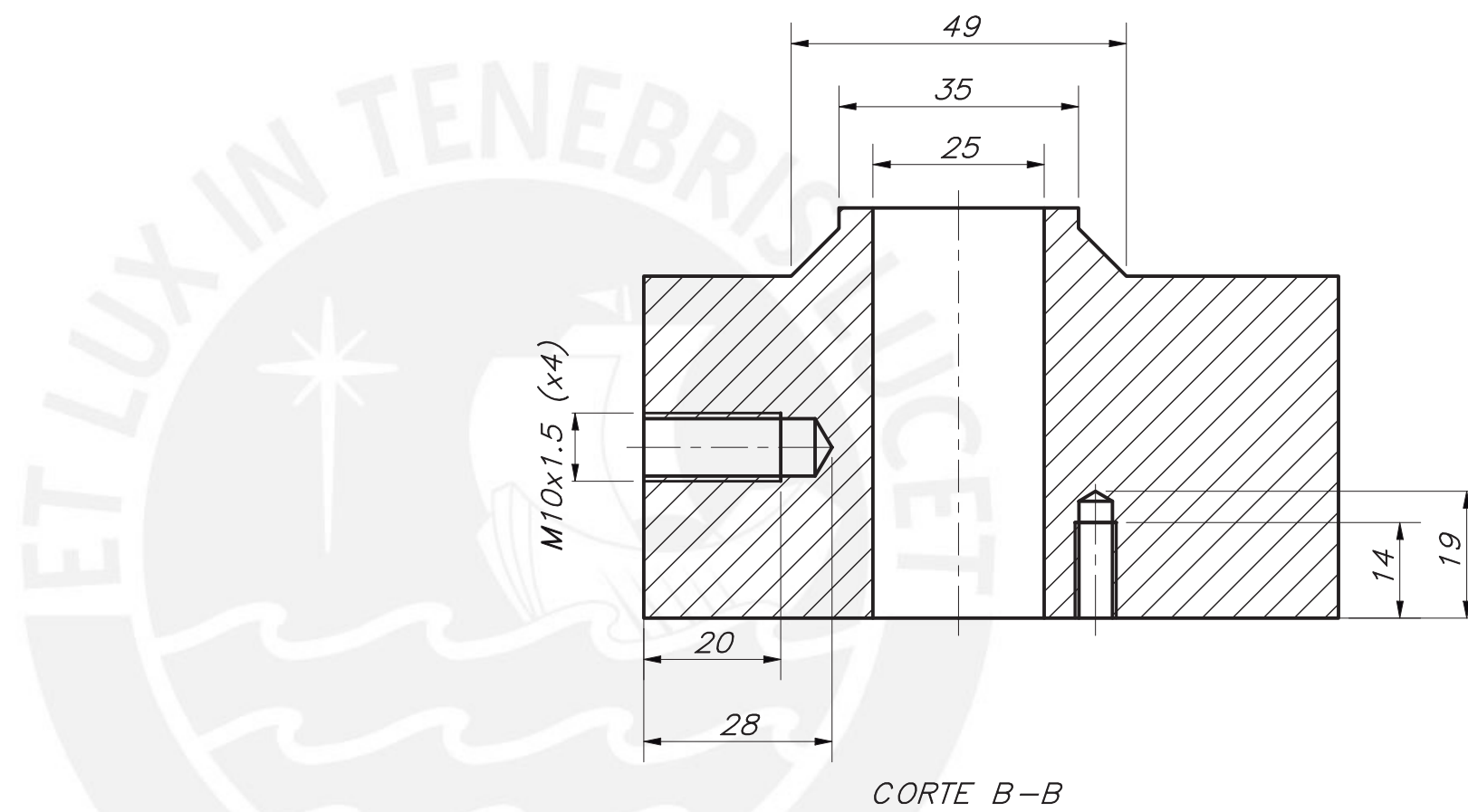
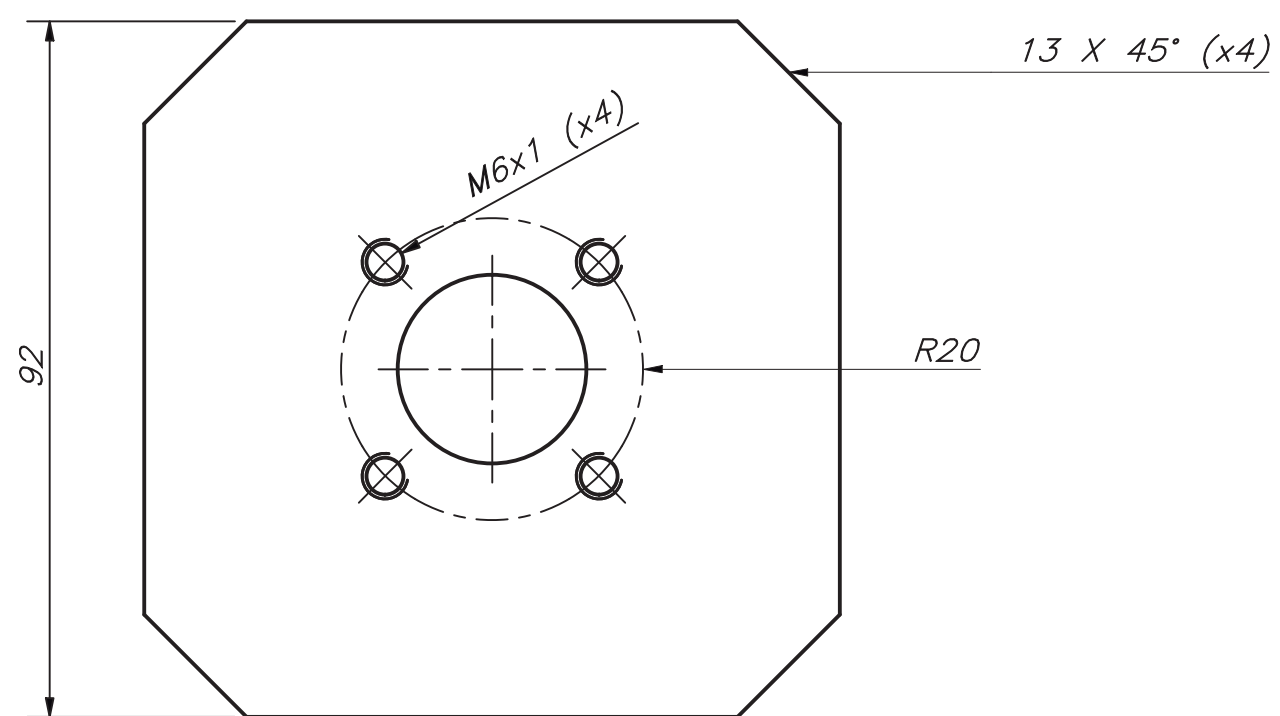
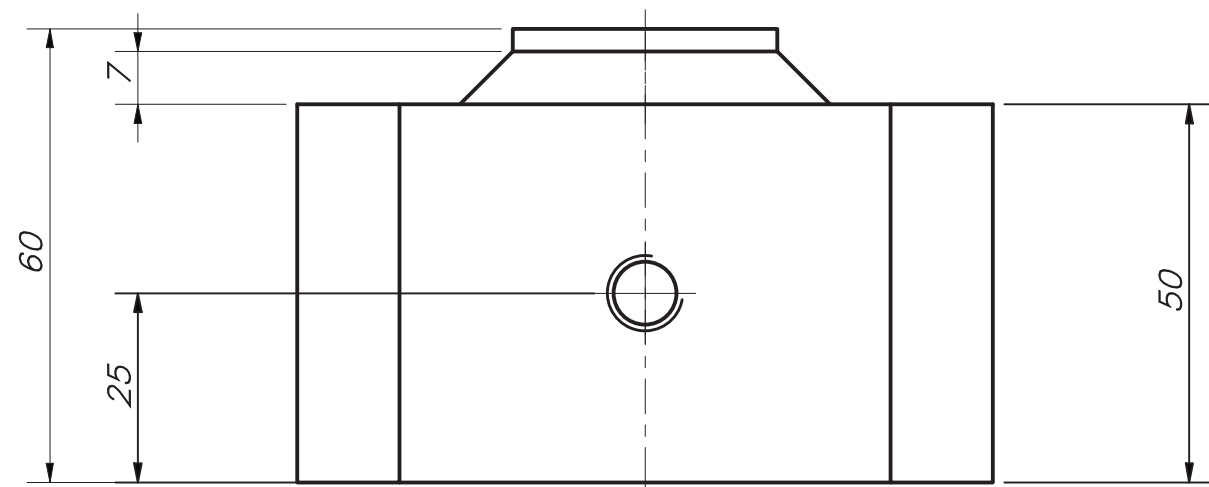
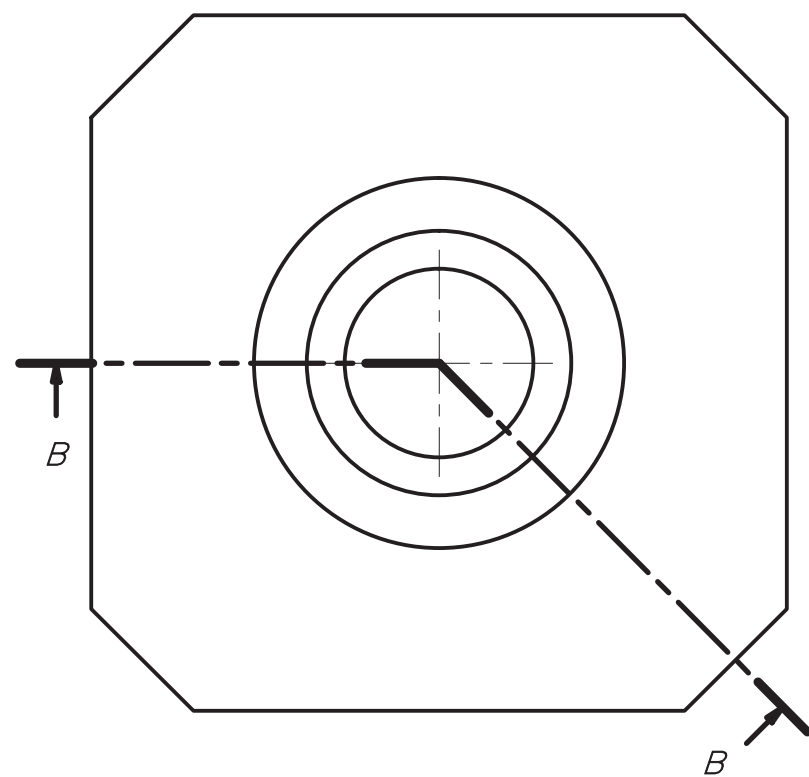
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESTRUCTURA COLUMNA	ESCALA 1:10
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 2.1 - A1



NOTA:
TODAS LAS PIEZAS ESTAN FABRICADAS DE
PLANCHA DE ACERO DE 5 mm DE ESPESOR

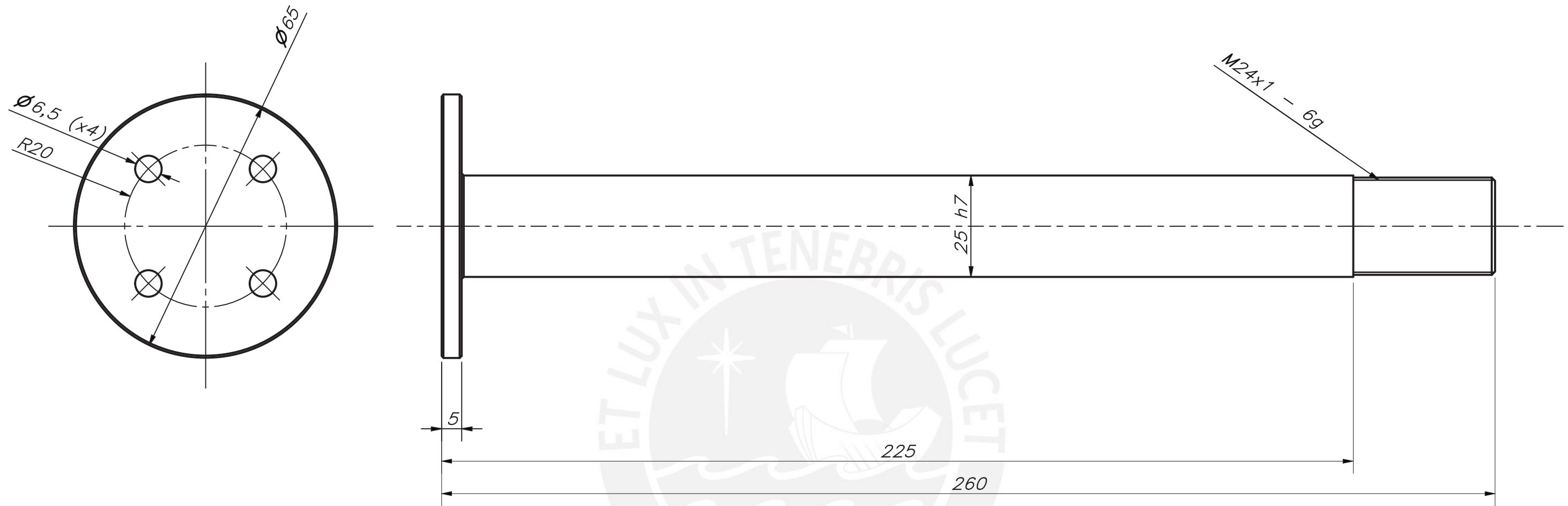
ACABADO SUPERFICIAL 6.3 TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL ASTM A53

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	SOPORTE MOTOR COLUMNA BASE	ESCALA 1:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 2.2 - A2



ACABADO SUPERFICIAL $\frac{10}{\sqrt{}}$ TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL AISI 1020

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SOPORTE INTERNO EJE COLUMNA CENTRAL	ESCALA 1:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 2.3 - A2



CHAFLANES 0.5 mm X 45°

ACABADO SUPERFICIAL



TOLERANCIA GENERAL

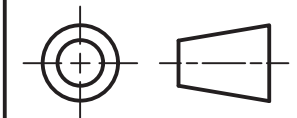
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AISI 1045

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ESCALA

EJE VERTICAL

1:1

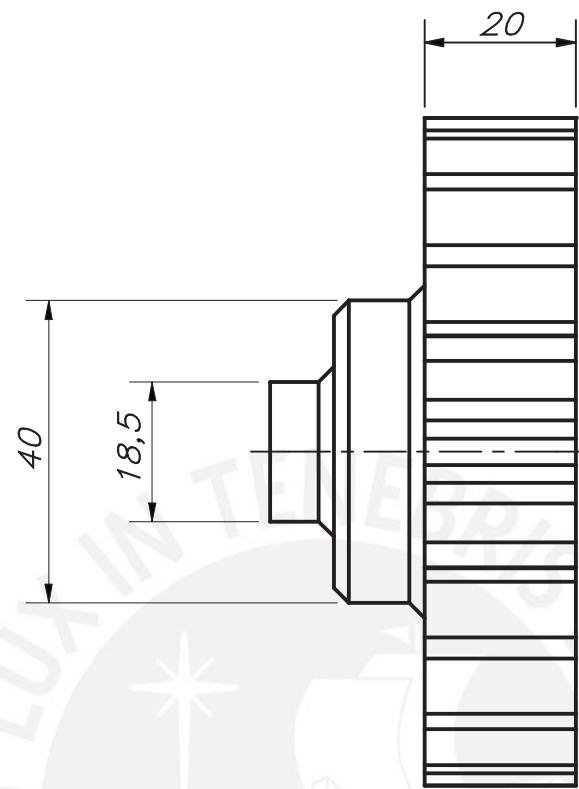
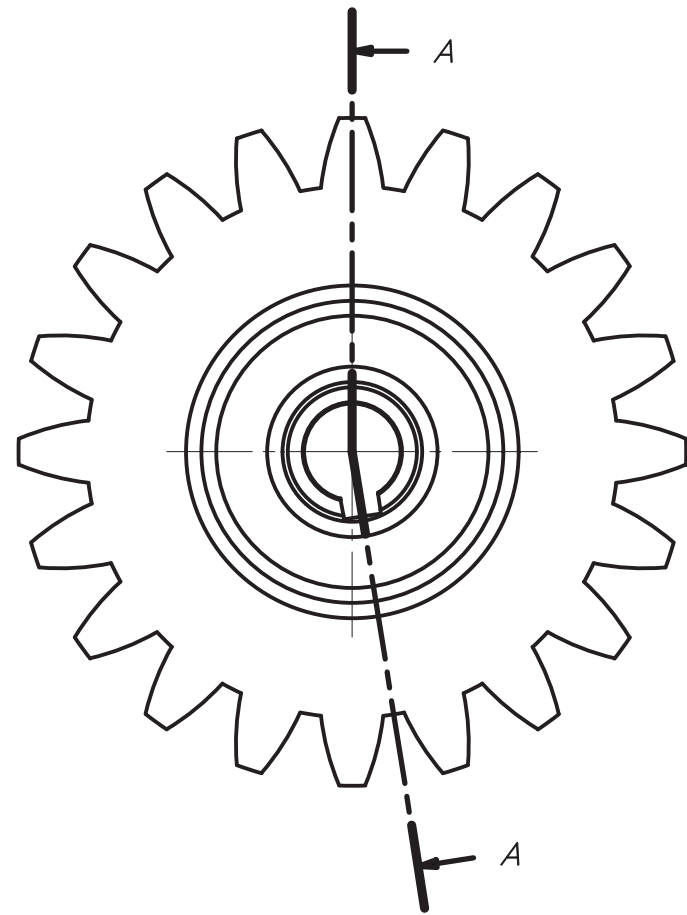
20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

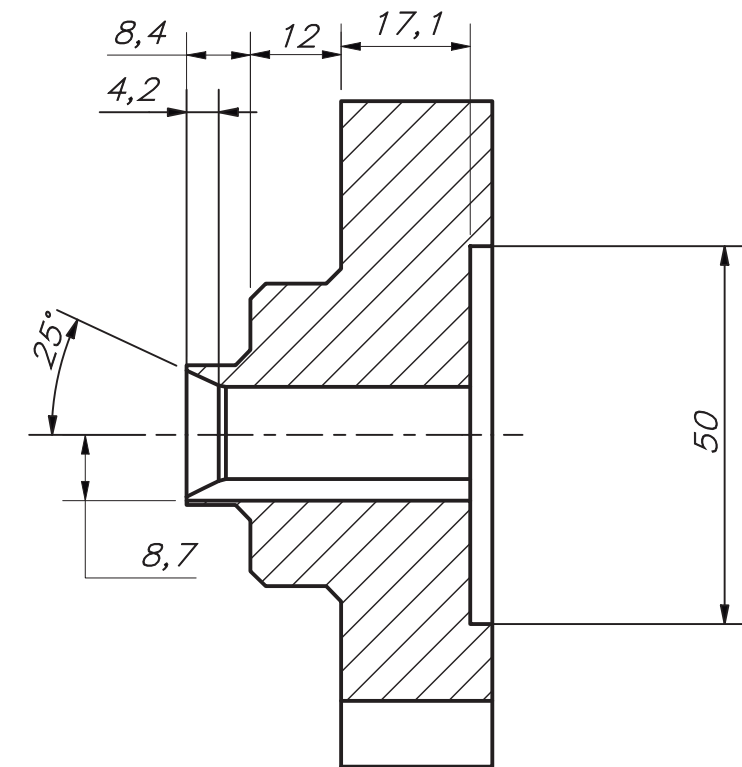
FECHA:
2021.06.22

25 h7	25.00	24.98
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

LÁMINA:
2.4 - A3



CHAFLANES 2 mm X 45°



CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL



TOLERANCIA GENERAL

SEGÚN ISO 2768-m

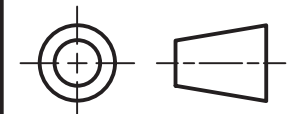
MATERIAL

AIISI 1045

MÓDULO	m_n	4
NÚMERO DE DIENTES	Z	20
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	β	0
DIRECCIÓN DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	-	0
DESPLAZAMIENTO DE LA HERRAMIENTA	x	0
ÁNGULO DE LA HERRAMIENTA	α	17.5
DATOS DEL TALLADO		

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ESCALA

PIÑÓN PRINCIPAL

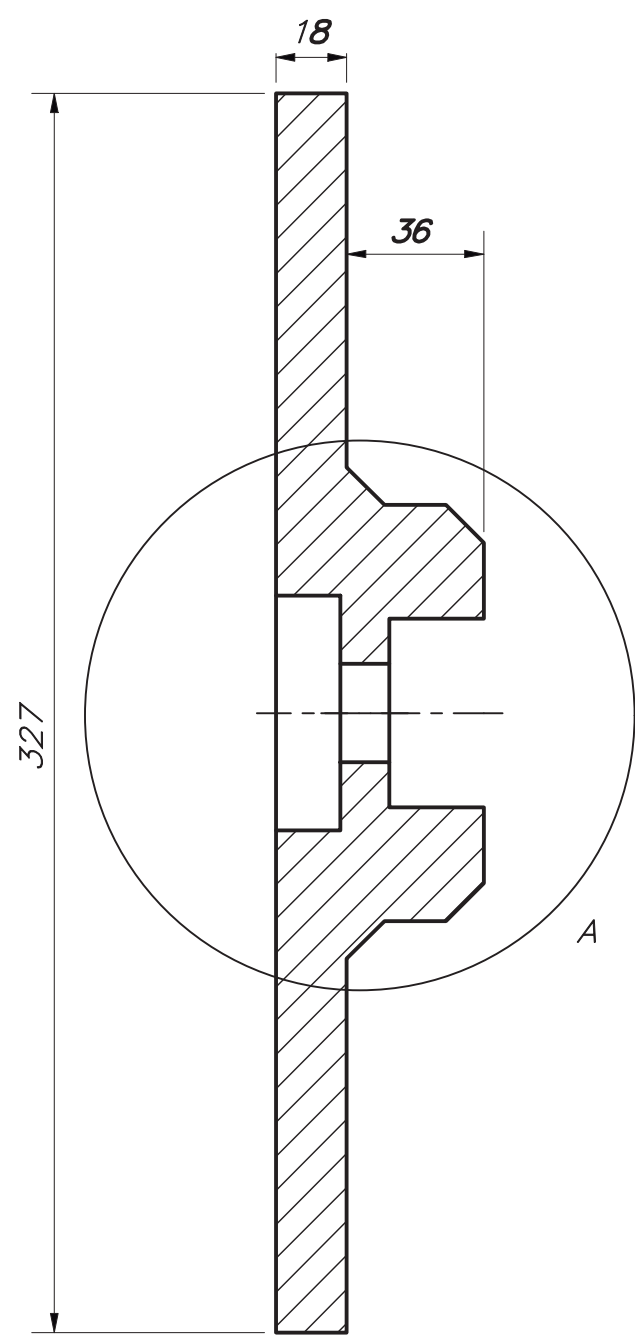
1:1

20120478

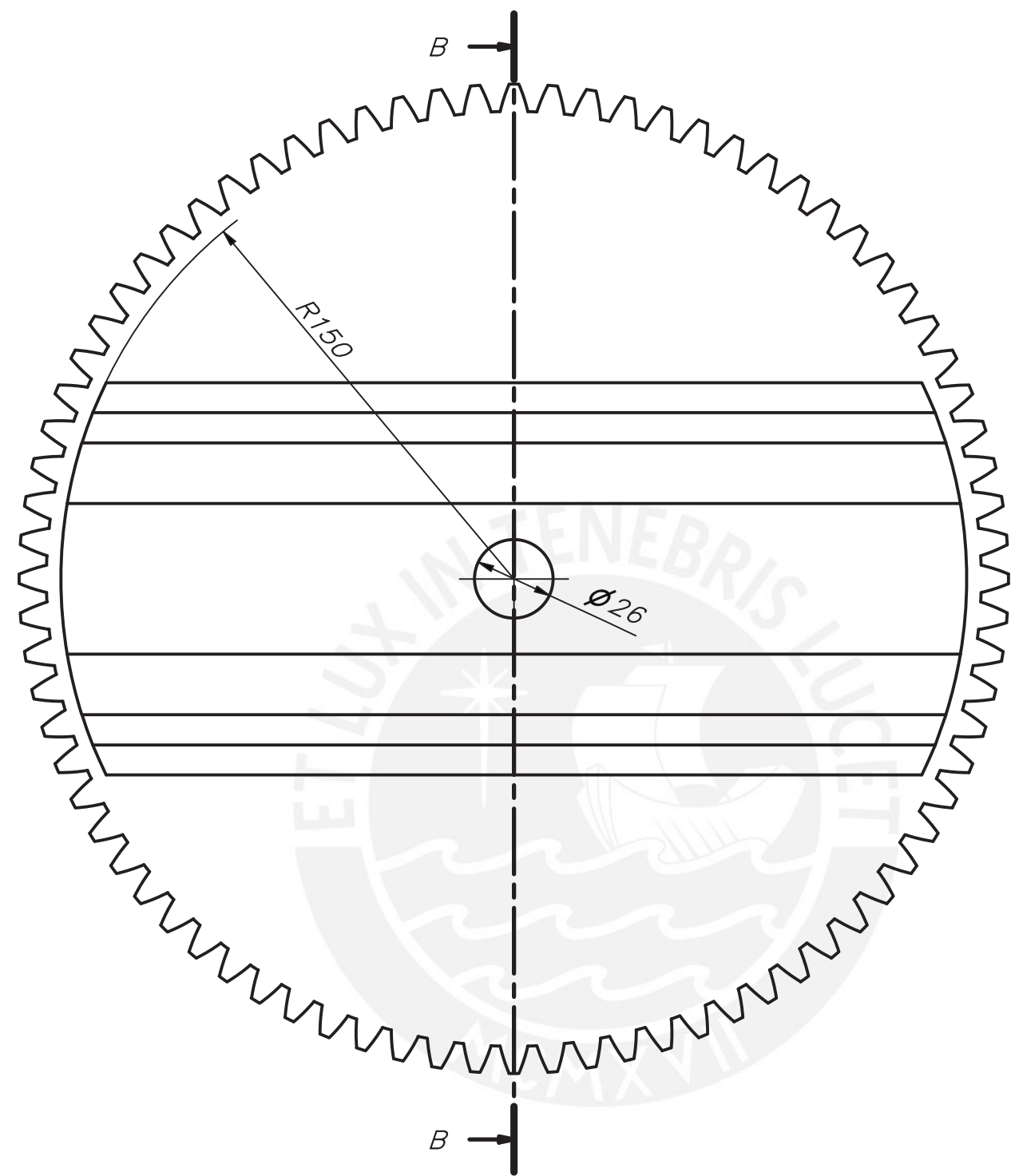
ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

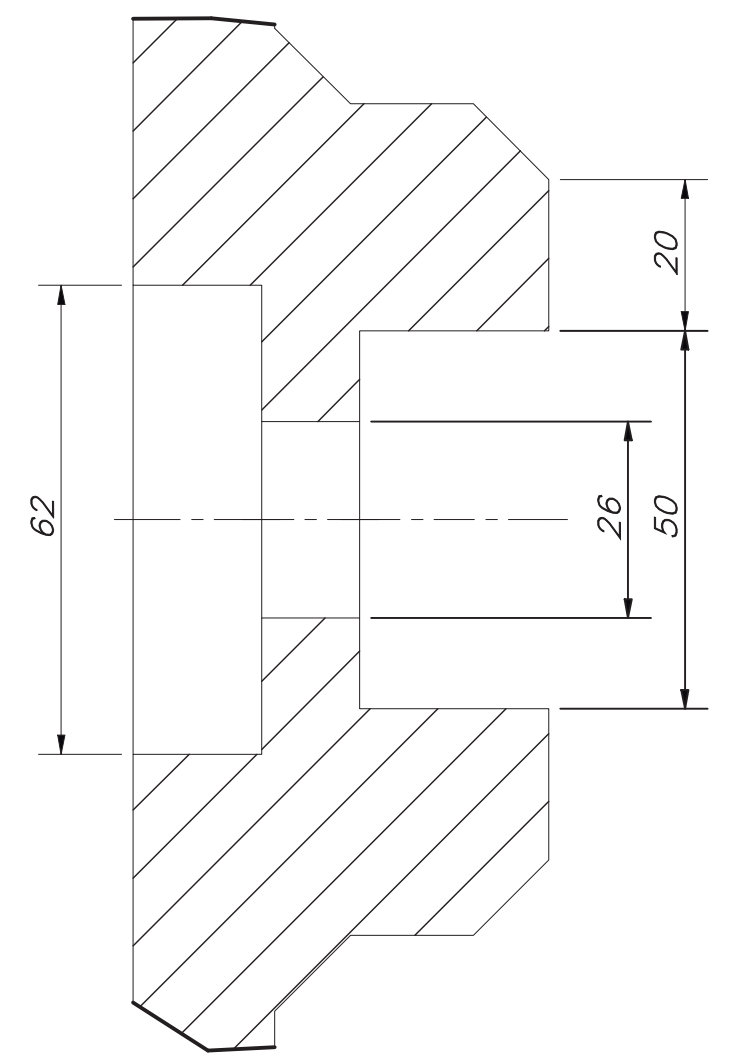
LÁMINA:
2.5 - A3



CORTE B-B



CHAFLANES 10mm X 45°



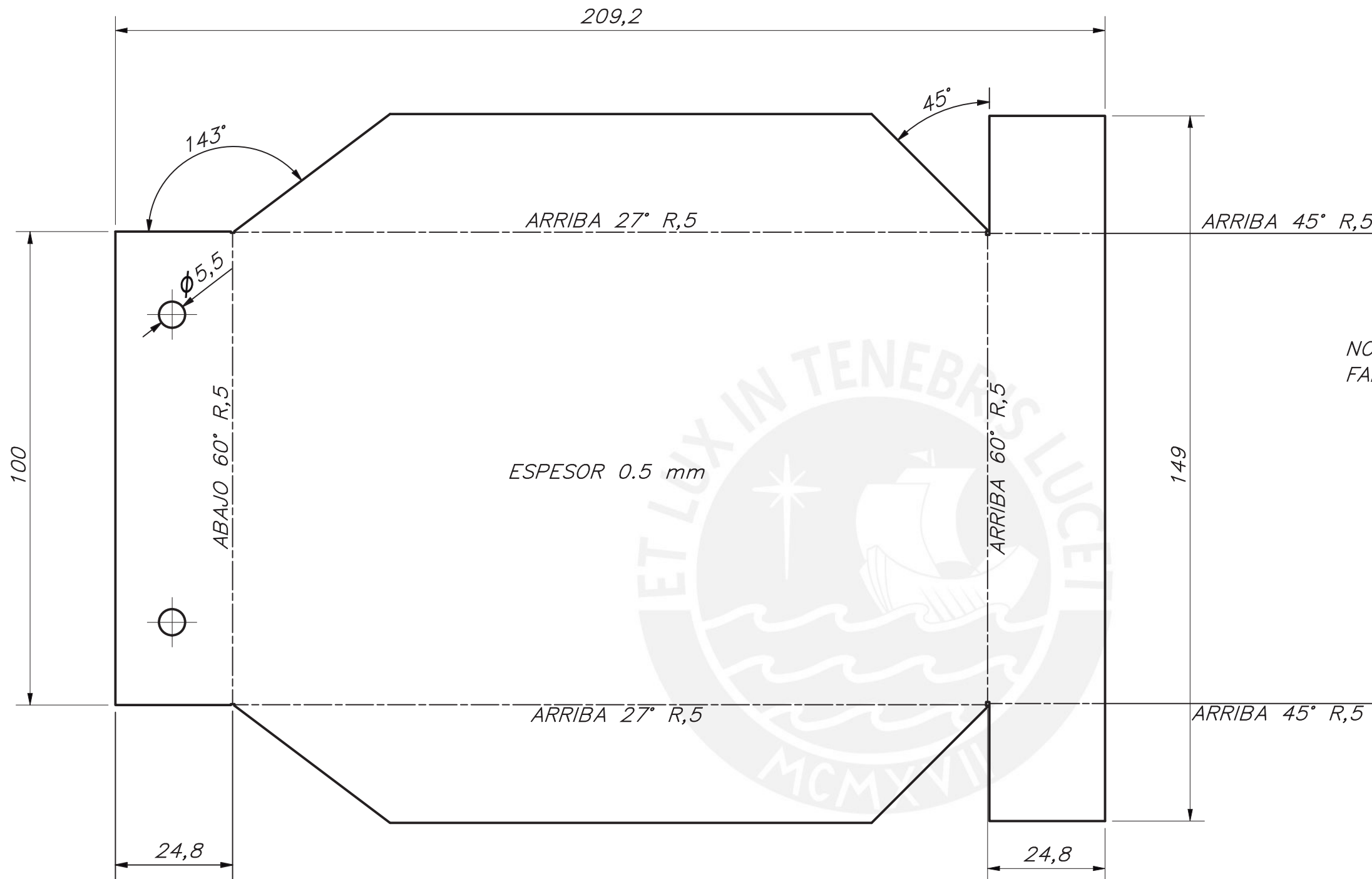
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 $\frac{10}{\sqrt{\quad}}$ SEGÚN ISO 2768-m AISI 1045

MÓDULO	m_n	4
NÚMERO DE DIENTES	Z	80
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	β	0
DIRECCIÓN DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	-	0
DESPLAZAMIENTO DE LA HERRAMIENTA	x	0
ÁNGULO DE LA HERRAMIENTA	α	17.5

DATOS DEL TALLADO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	RUEDA DENTADA PRINCIPAL	ESCALA
		1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 2.6 - A3



NOTA:
FABRICAR 4 PIEZAS.

ACABADO SUPERFICIAL



TOLERANCIA GENERAL

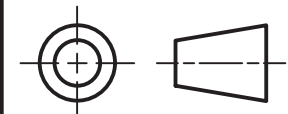
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

ASTM A1008

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



SECCIÓN CONO ANCLA

ESCALA

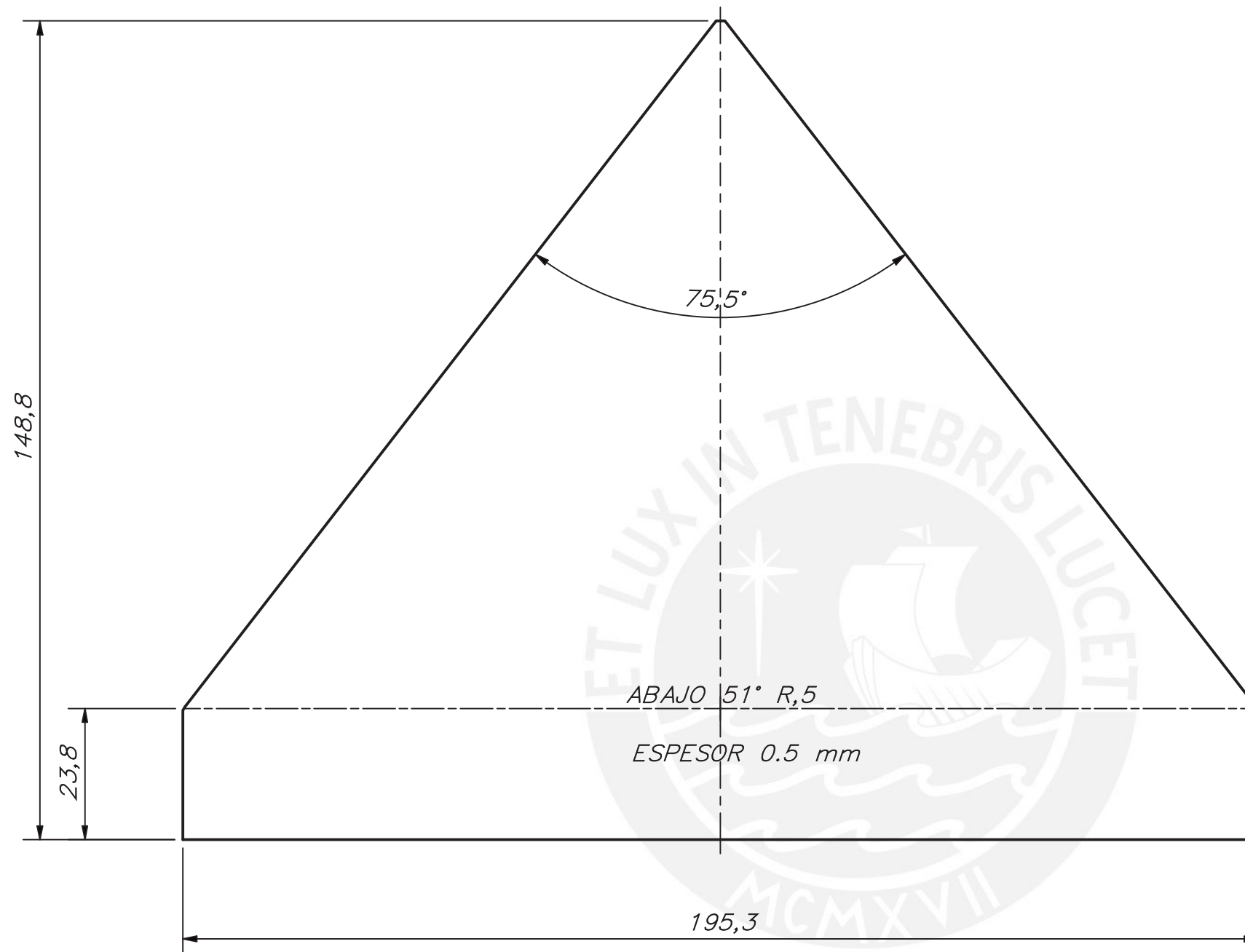
1:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
2.7 – A3



NOTA:
FABRICAR 4 PIEZAS

ACABADO SUPERFICIAL

6.3/

TOLERANCIA GENERAL

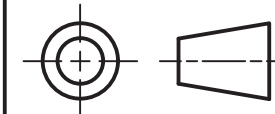
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

ASTM A1008

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



SECCIÓN CONO UNIÓN

ESCALA

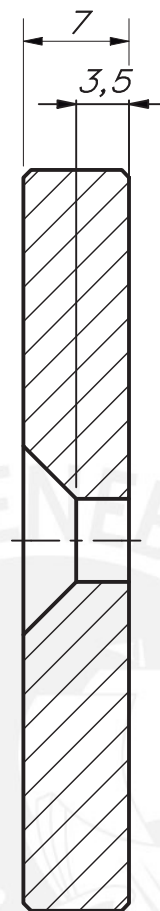
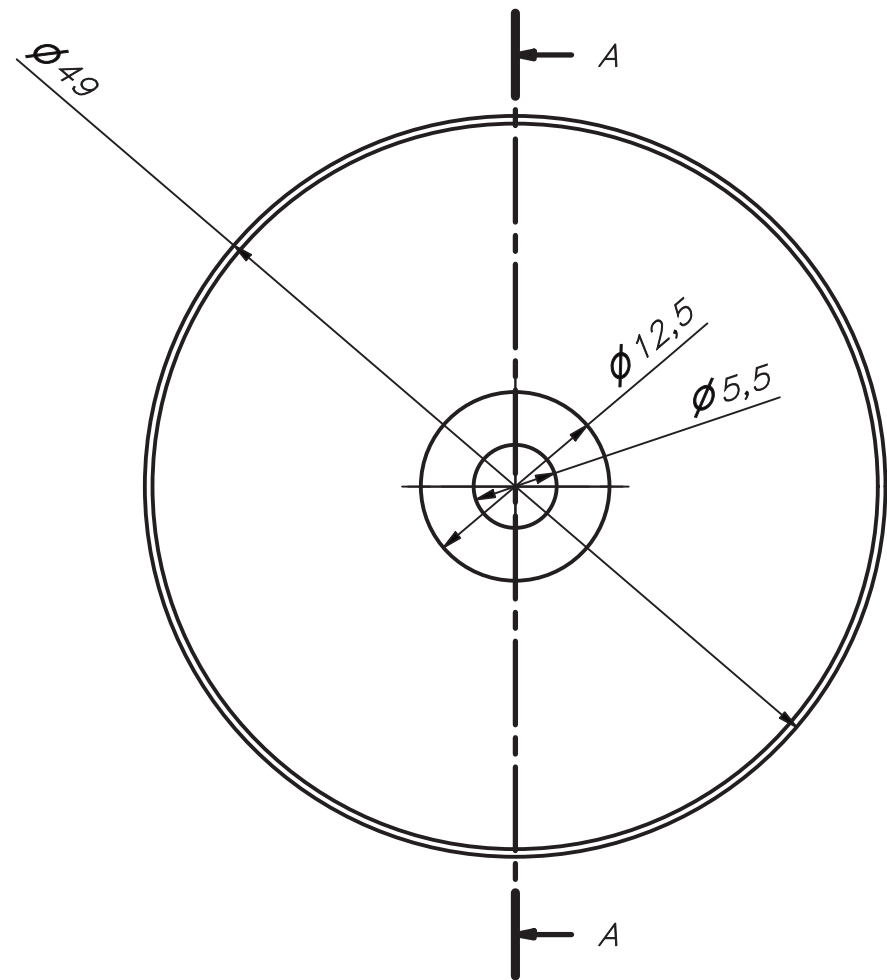
1:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
2.8 – A3



CORTE A-A

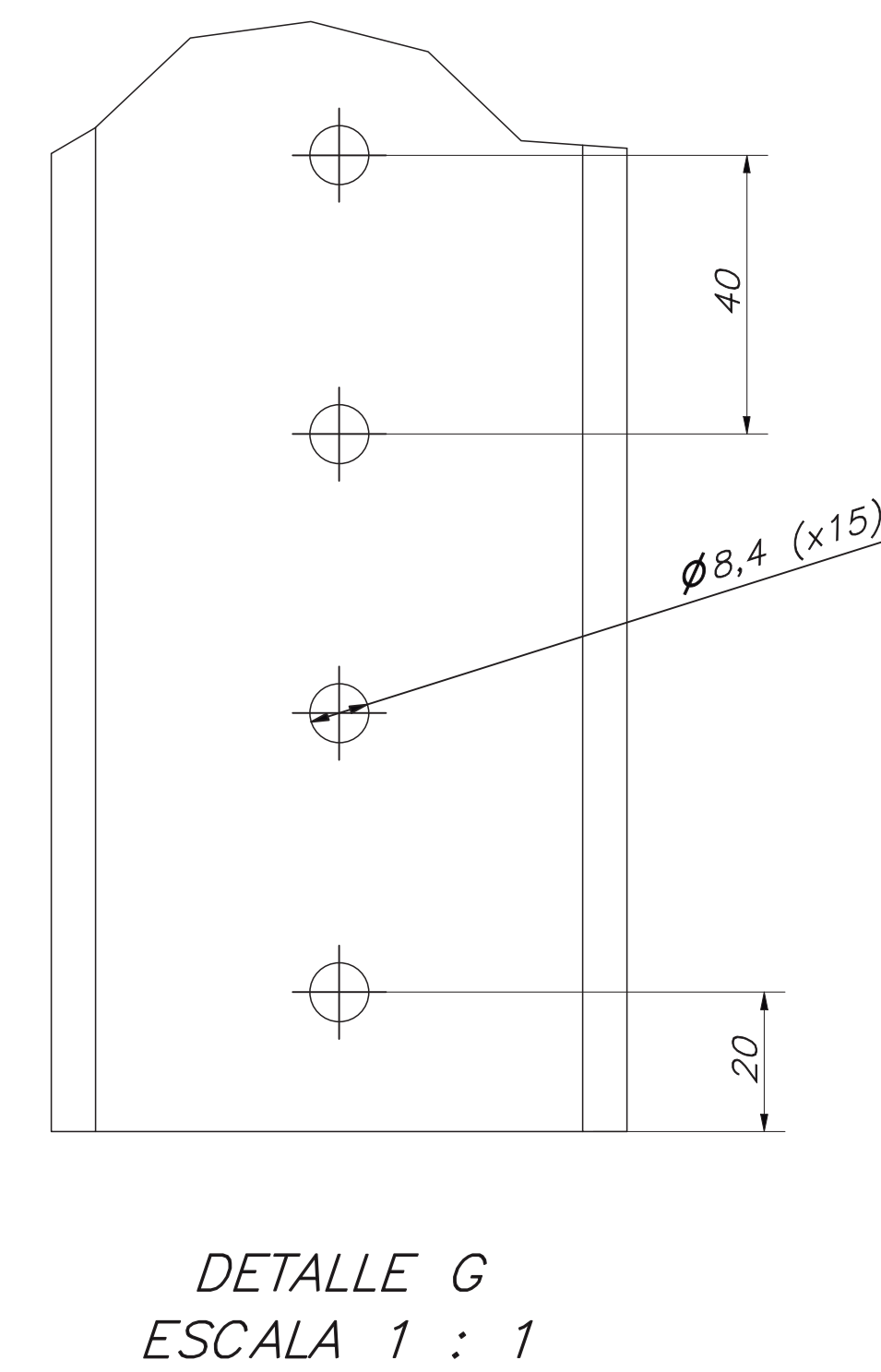
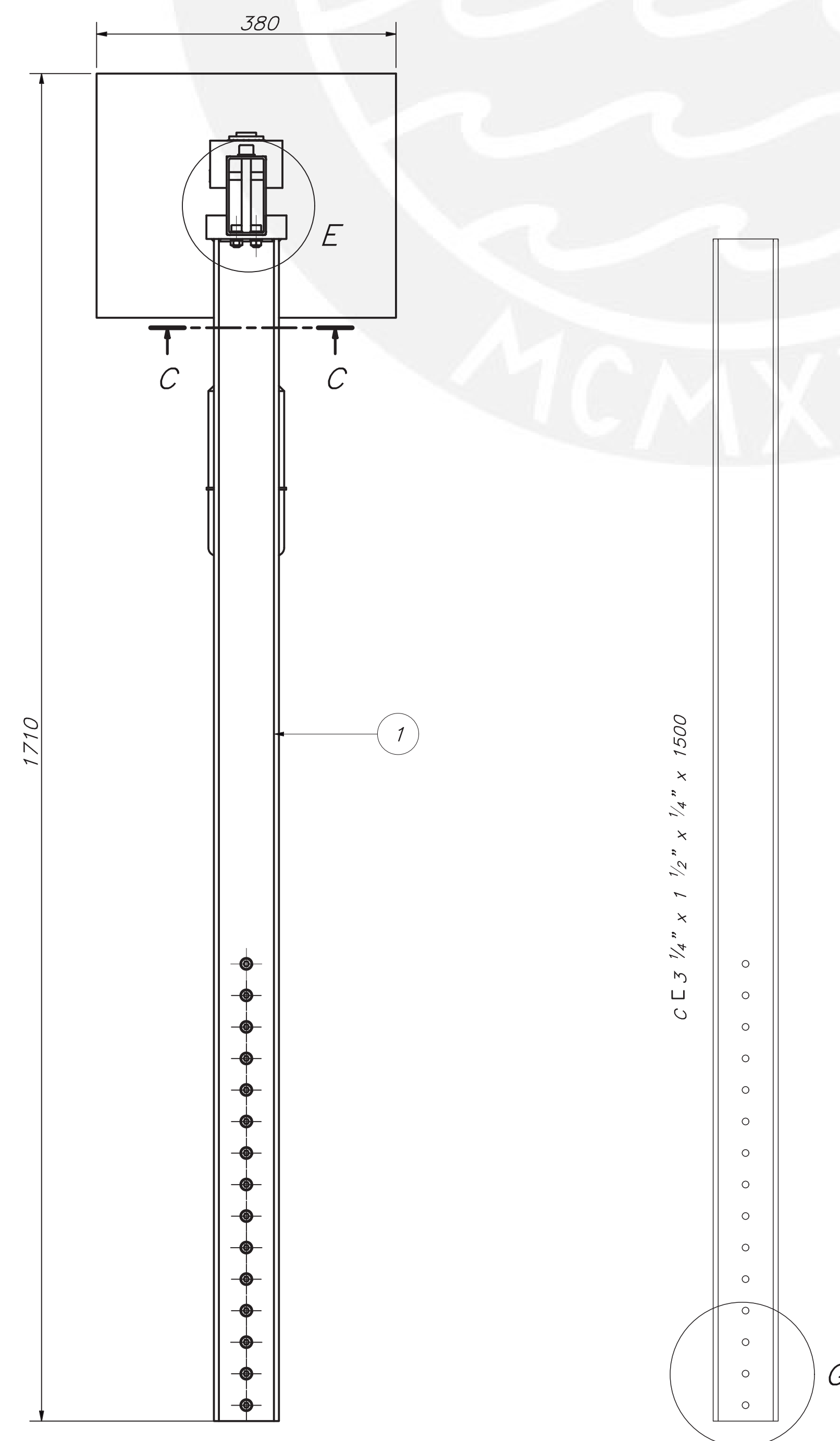
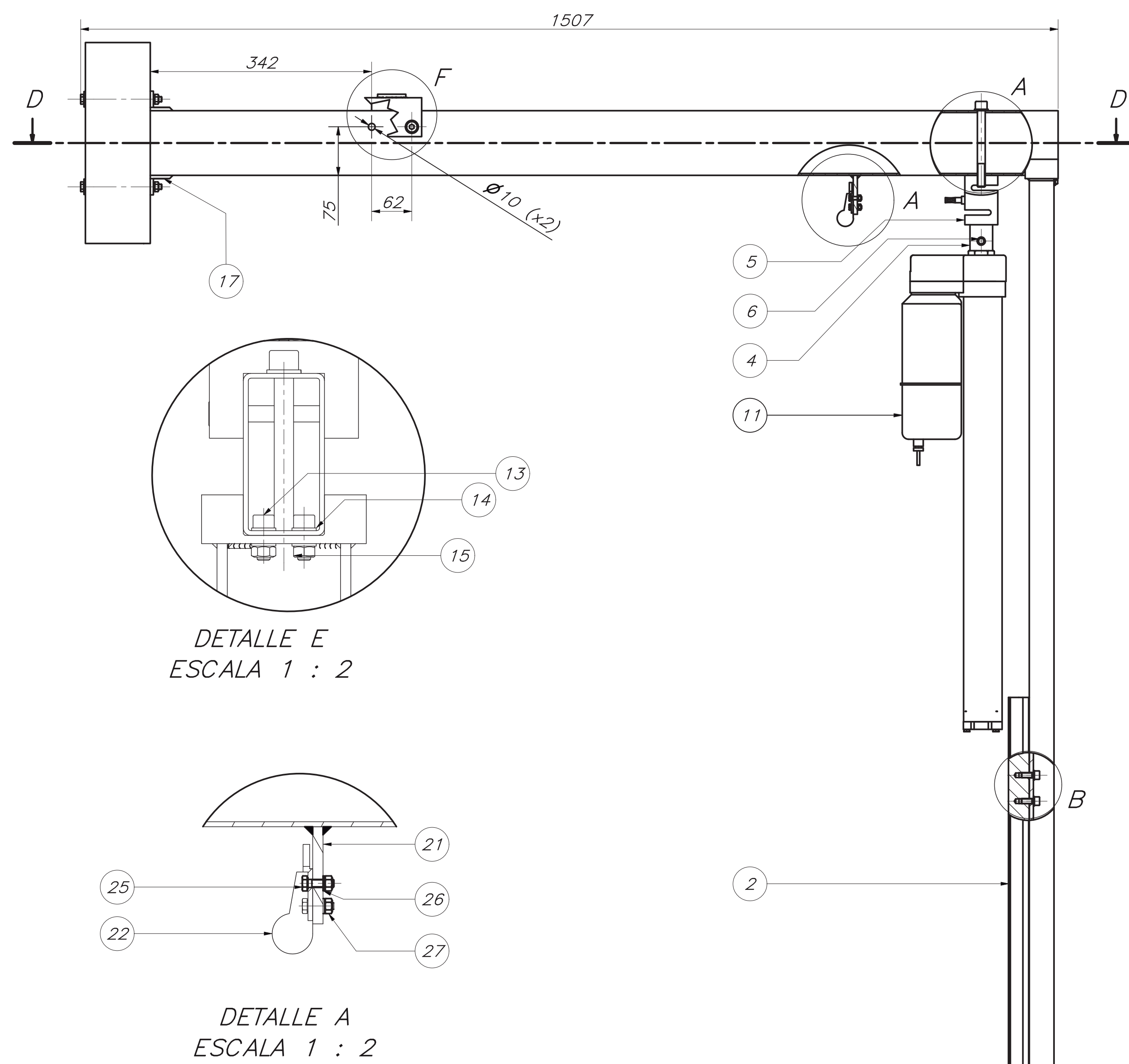
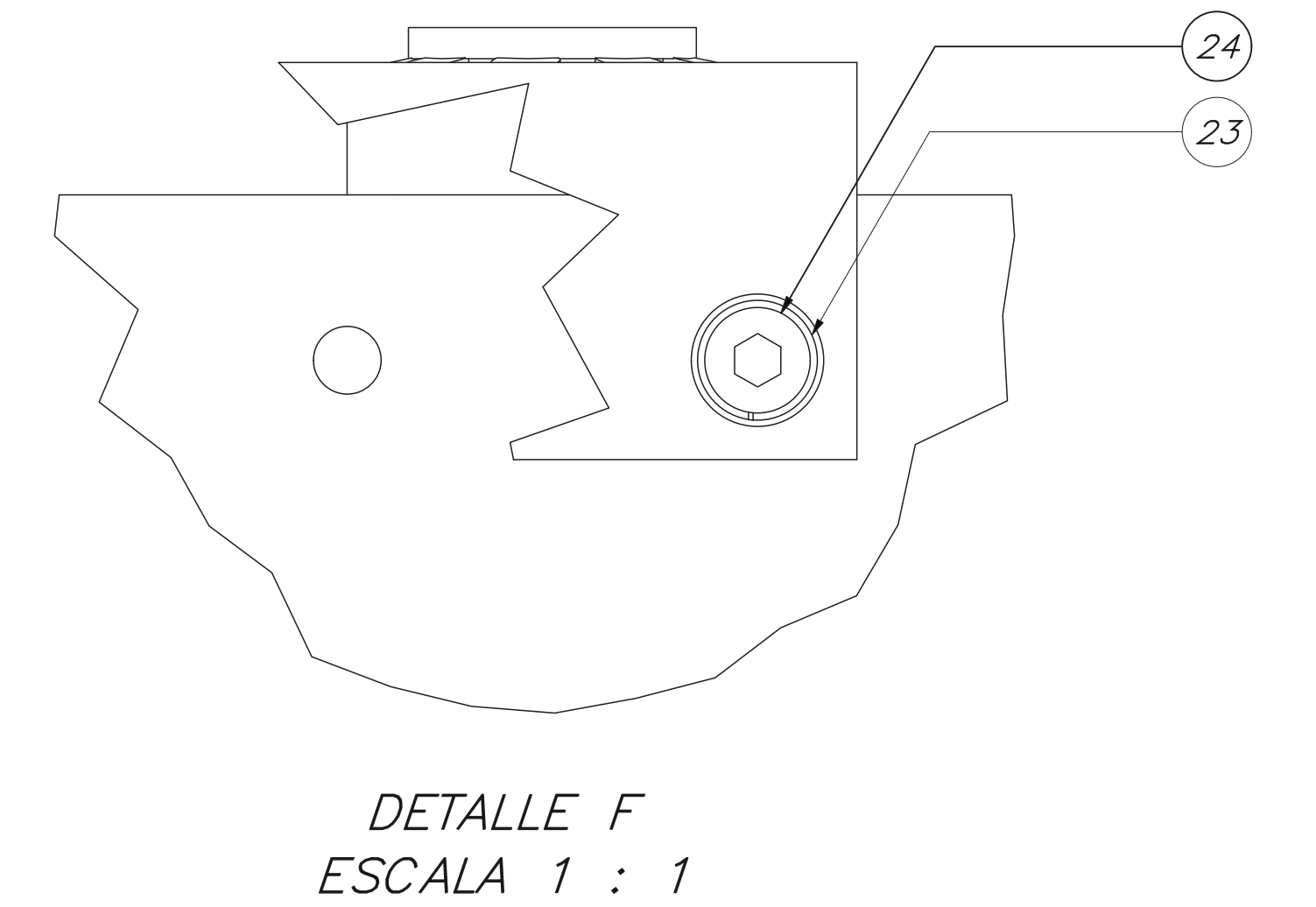
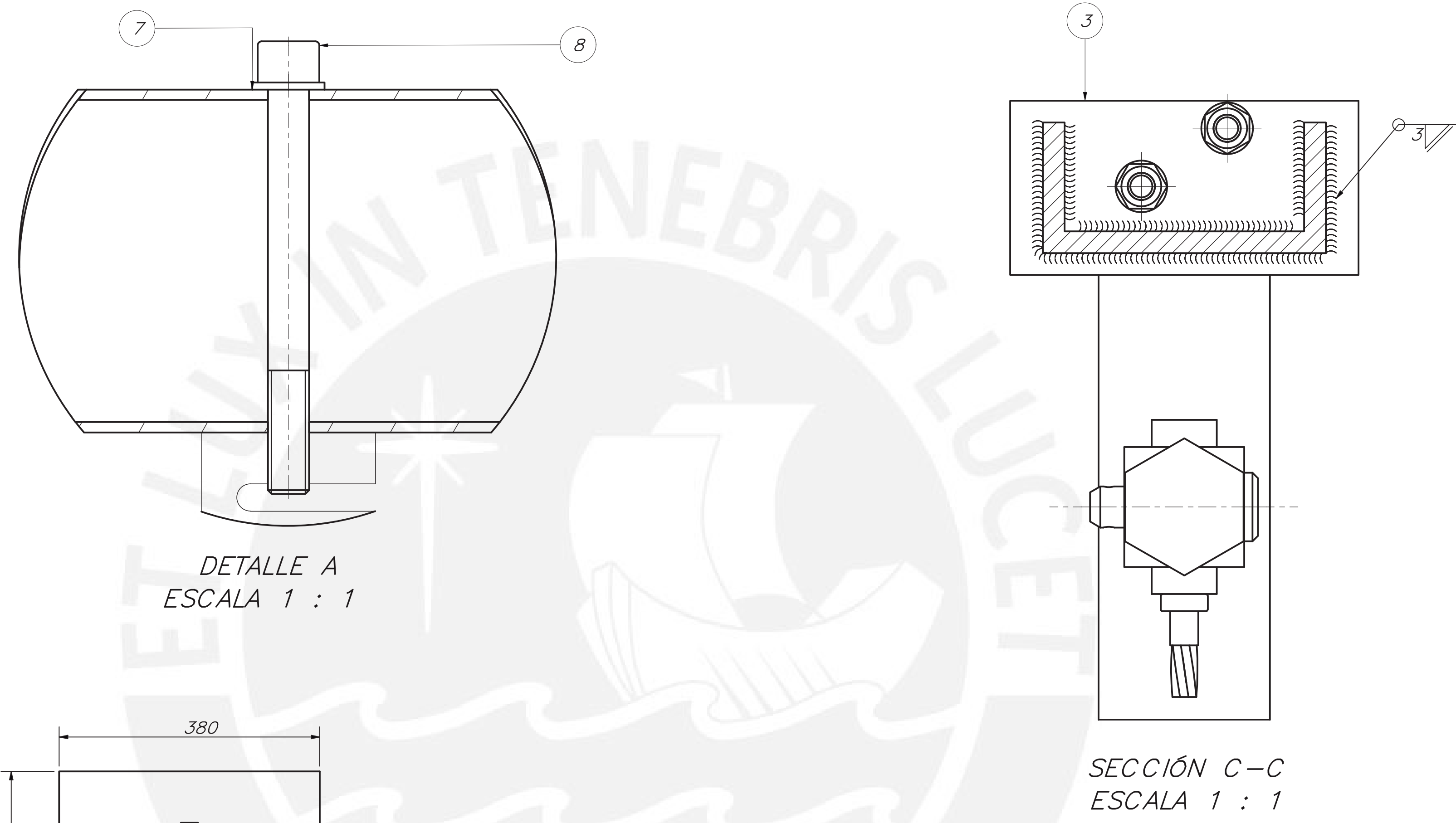
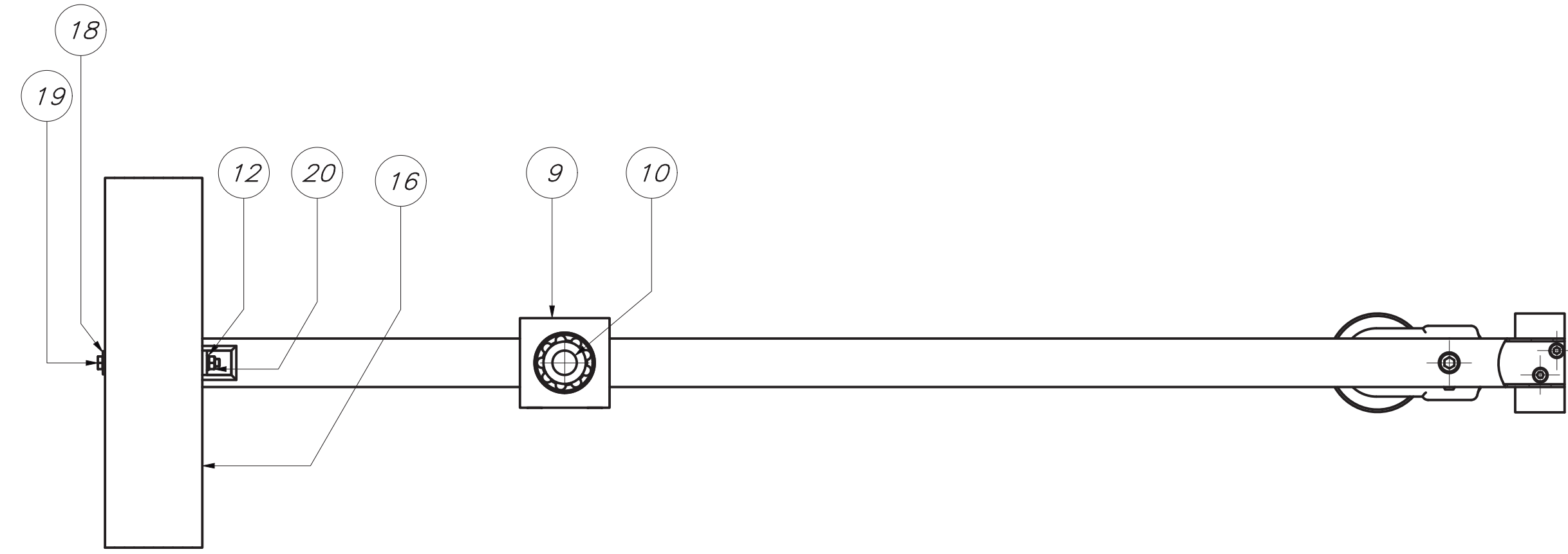
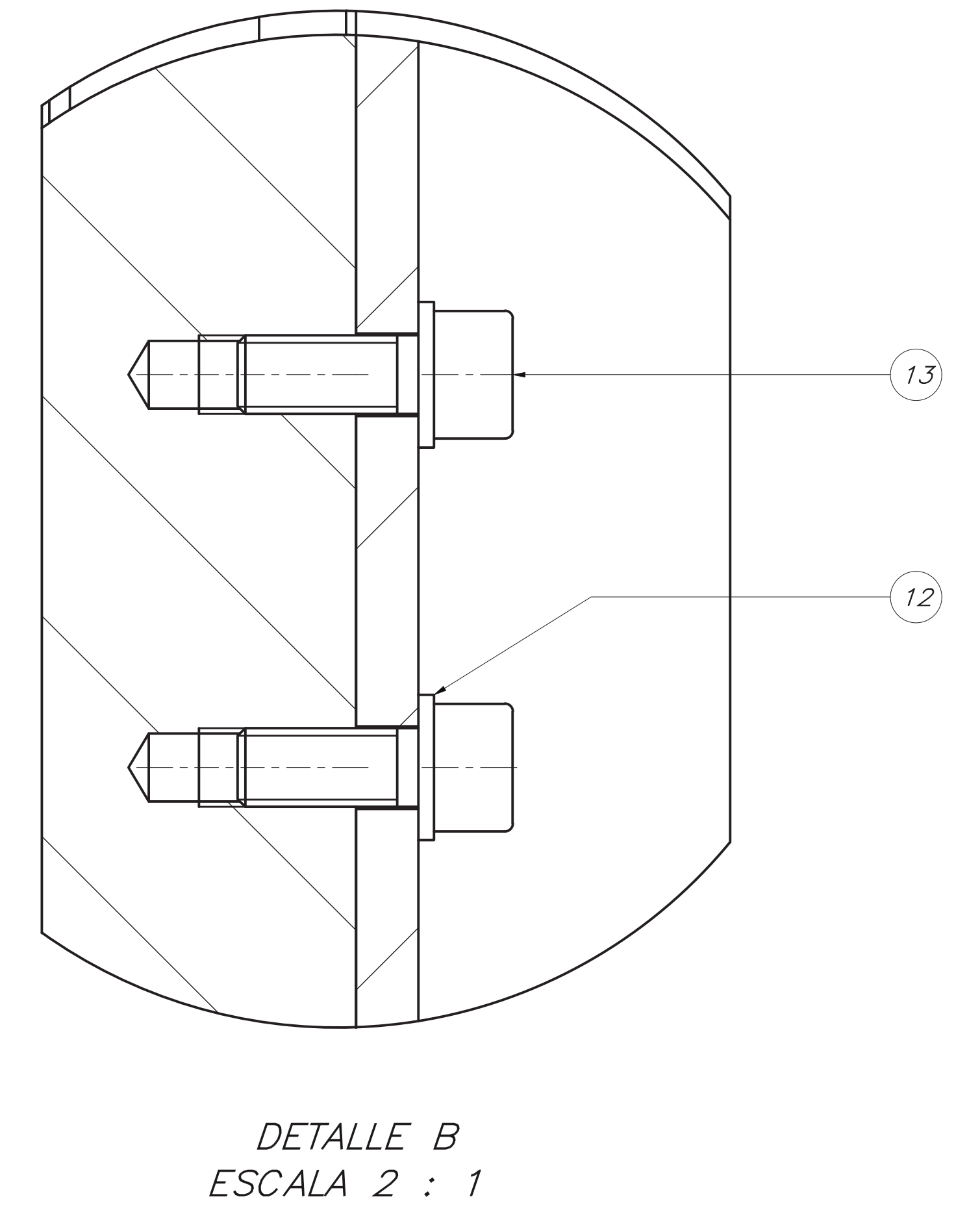
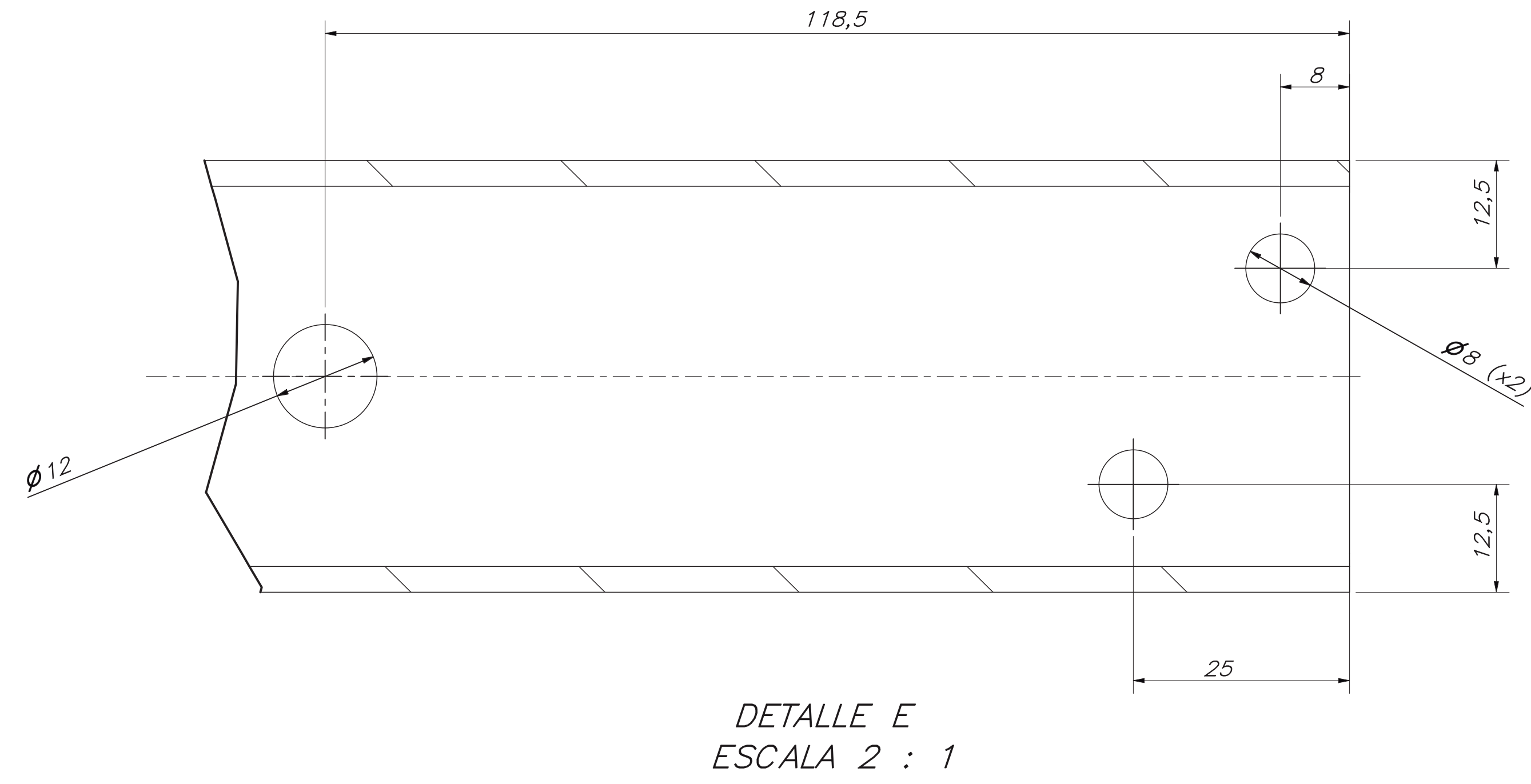
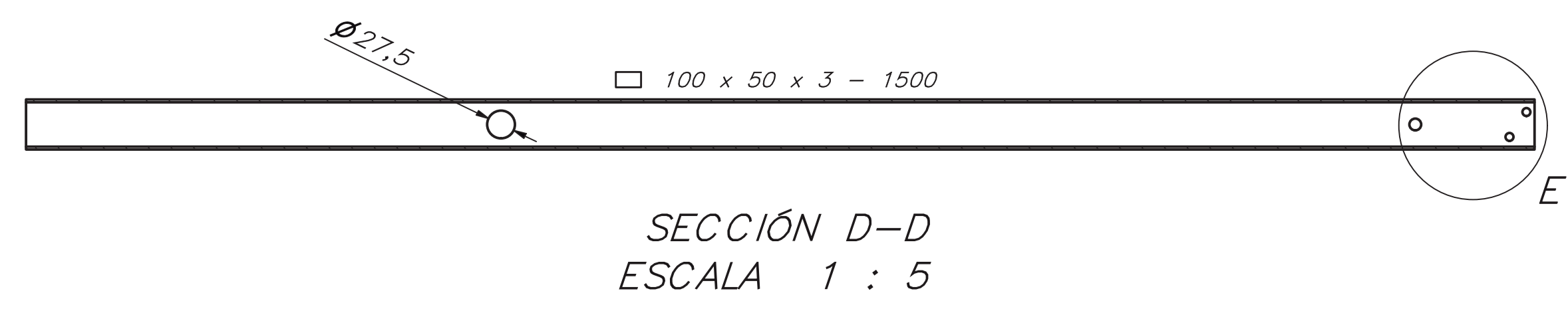
CHAFLANES 0.5 x 45°

ACABADO SUPERFICIAL
2.5/

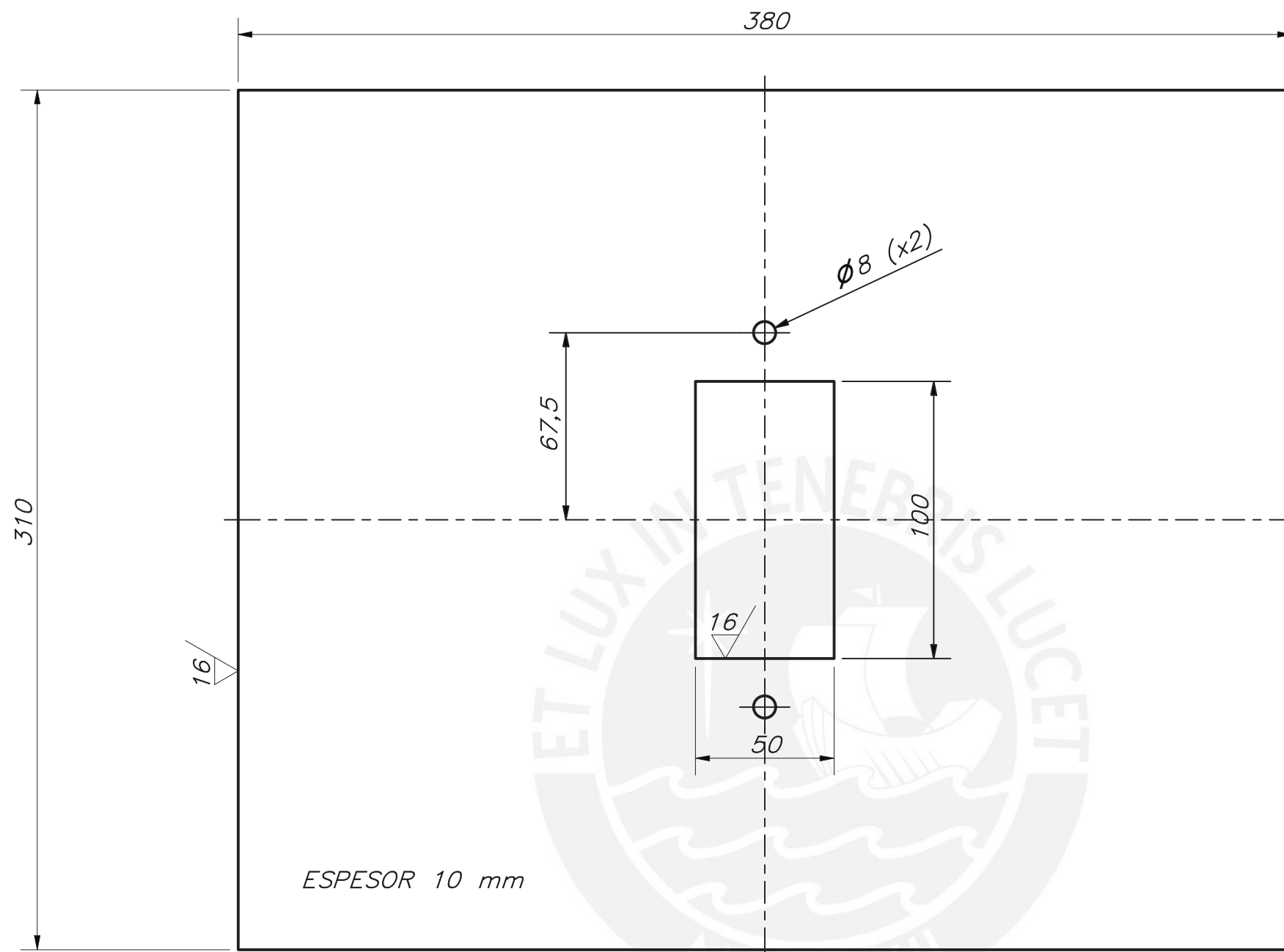
TOLERANCIA GENERAL
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL
AISI 1045

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TAPA RETENCIÓN PIÑÓN	ESCALA 2:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 2.9 – A3



27	2	TUERCA HEXAGONAL - M5	ISO 4032, SS 440C	
26	2	ARANDELA DE PRESIÓN - A5	DIN 128	
25	2	TORNILLO SOCKET - M5 x 16	ISO 4017	
24	2	TORNILLO SOCKET - M10 x 80	DIN 7984	
23	2	ARANDELA DE PRESIÓN - A10	DIN 128	
22	1	ESLABÓN INICIAL		IGUS
21	1	ANCLA VIGA	ASTM A36	3.4 - A3
20	2	TUERCA HEXAGONAL - M8	DIN 934	
19	2	TORNILLO SOCKET - M8 x 120	DIN 961	
18	2	ARANDELA PLANA - 8.4	DIN 9021	
17	2	TOPE CONTRAPESO		3.3 - A3
16	10	PLACA CONTRAPESO	ASTM A36	3.2 - A3
15	2	TUERCA HEXAGONAL M8	ISO 4032, 8.8	
14	4	TORNILLO SOCKET M8	ISO 7092, 8.8	
13	17	TORNILLO SOCKET M8 x 20	ISO 4762, 8.8	
12	17	ARANDELA DE PRESIÓN - A8	DIN 128, 10.2	
11	1	PISTÓN ELÉCTRICO 12V - 50 Kg - 0.5 m		THOMSON LA14
10	1	RODILLO CÓNICO 30 X 60 X 20	DIN 720	SKF 32305 J2
9	1	BASE RODILLO VIGA	ASTM A36	3.6 - A3
8	1	TORNILLO SOCKET M12 x 120	ISO 4762, 8.8	
7	1	ARANDELA DE PRESIÓN - A12	DIN 128, 10.2	
6	1	PIN 12 x 45	ISO 2341, A36	
5	1	CÉLULA DE CARGA AXIAL 100KG		UtiliCell M610
4	1	ACOPLE ACTUADOR LOAD CELL	ASTM A36	3.5 - A3
3	1	SUJECCIÓN COLUMNA MOVIL	AA 6061 T6	3.7 - A3
2	1	RIEL PRISMÁTICO 600 mm	ASTM A36	THOMSON 522P35U
1	1	COLUMNA MOVIL	AA 6061 T6	3.8 - A3
REF	CANT	DENOMINACIÓN	DENOMINACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ				
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA				
MÉTODO DE PROYECCIÓN		SUB ENSAMBLE VIGA COLUMNA MOVIL		ESCALA 1:5
20120478		ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO		FECHA: 2021.06.22
				LÁMINA: 3 - A0



ESPESOR 10 mm

NOTA:
Fabricar 10 Piezas

ACABADO SUPERFICIAL

6.3

TOLERANCIA GENERAL

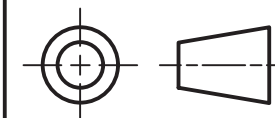
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

ASTM A36

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



PLACA CONTRAPESO

ESCALA

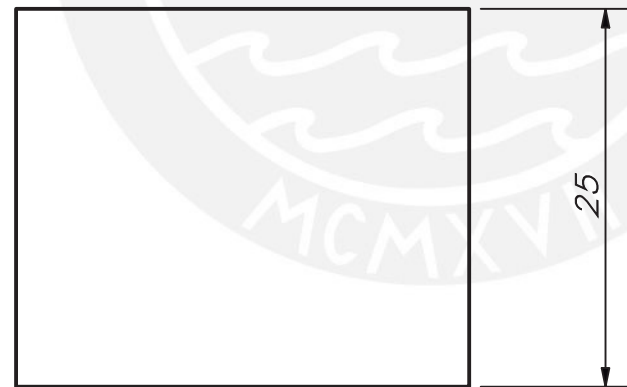
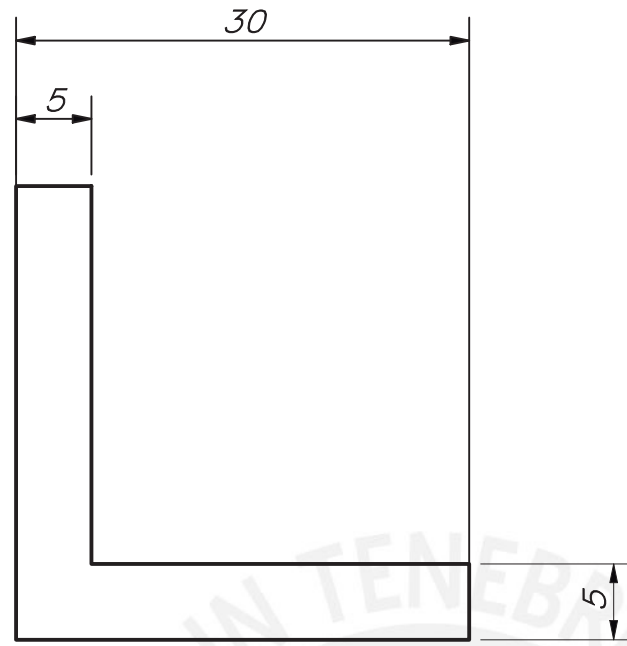
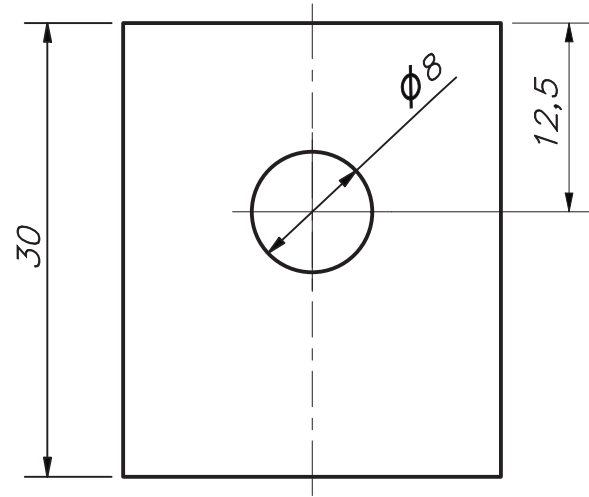
1:2

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
3.2 – A3



NOTA 1:
FABRICAR 2 PIEZAS

NOTA 2:
FABRICAR DE BLOQUE SOLIDO DE 30X30X30 mm

ACABADO SUPERFICIAL



TOLERANCIA GENERAL

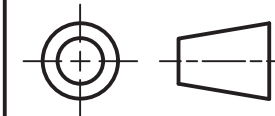
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AI SI 1020

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



TOPE CONTRAPESO

ESCALA

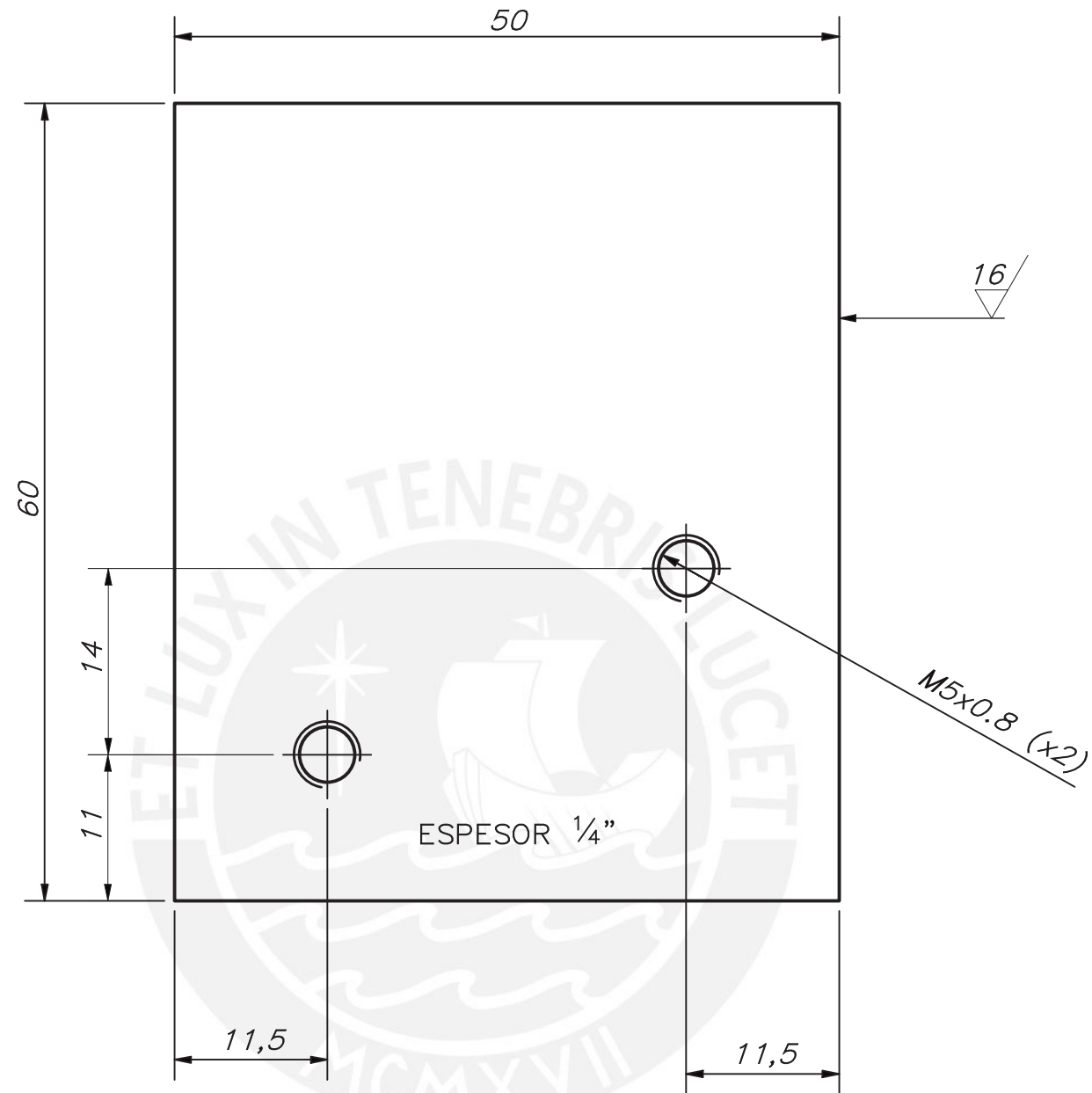
2:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
3.3 – A3



ACABADO SUPERFICIAL

16/ (6.3/)

TOLERANCIA GENERAL

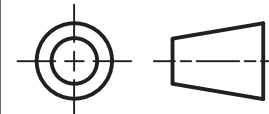
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

ASTM A36

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ANCLA VIGA CADENA

ESCALA

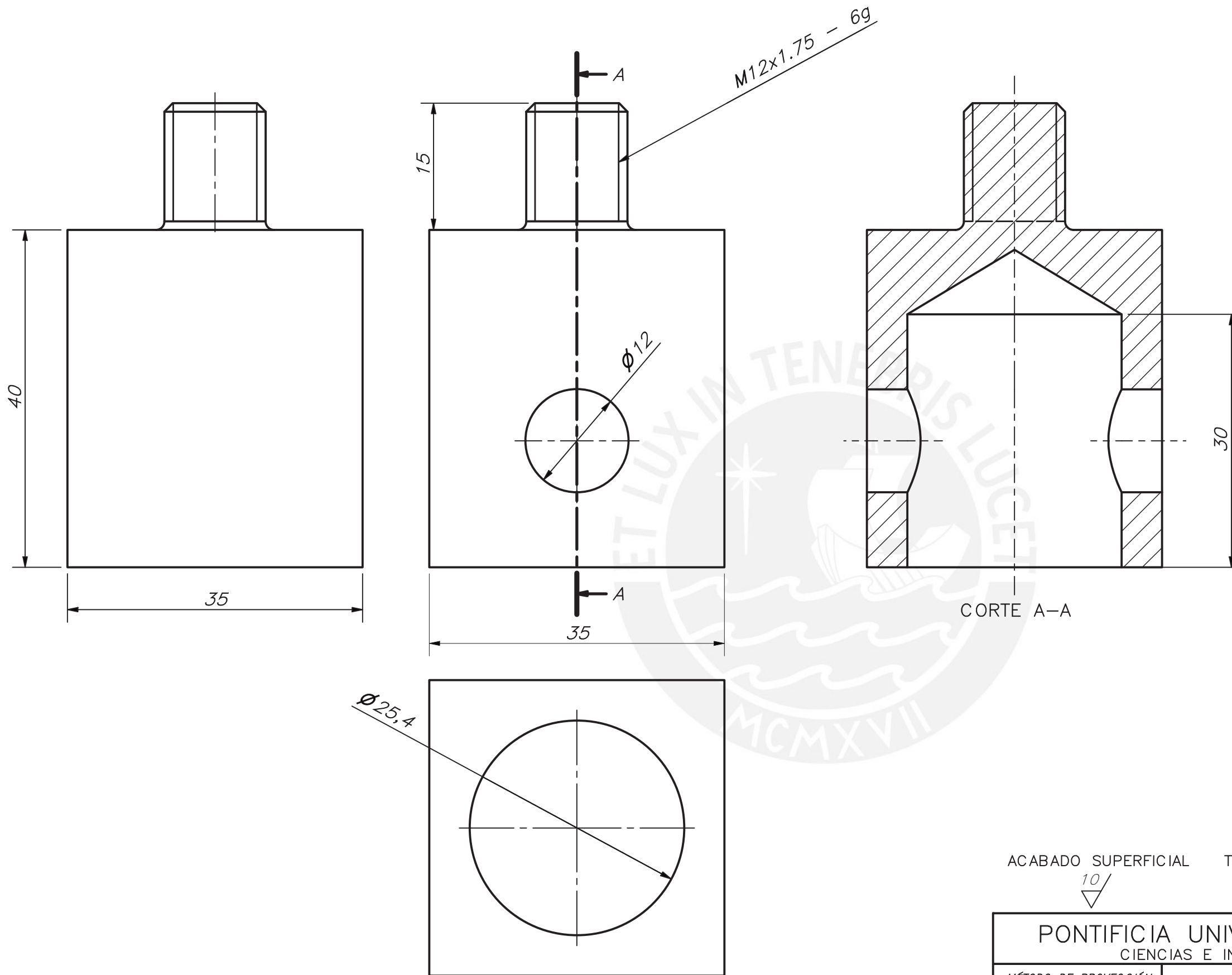
2:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

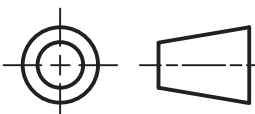
LÁMINA:
3.4 - A3

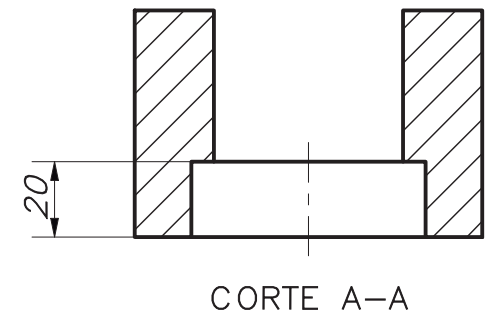
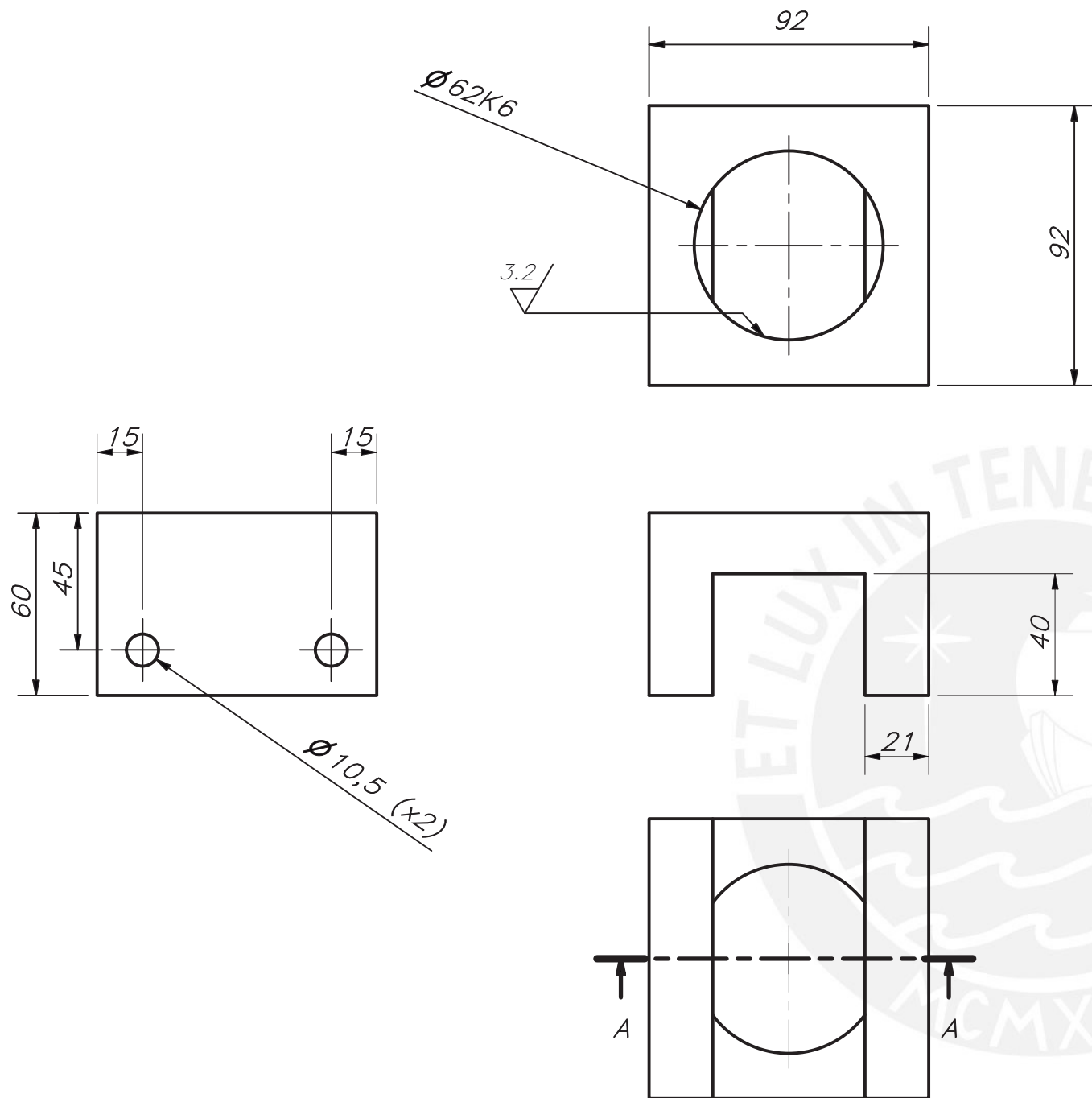


ACABADO SUPERFICIAL
 $\frac{10}{\nabla}$

TOLERANCIA GENERAL
 SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL
 AISI 1020

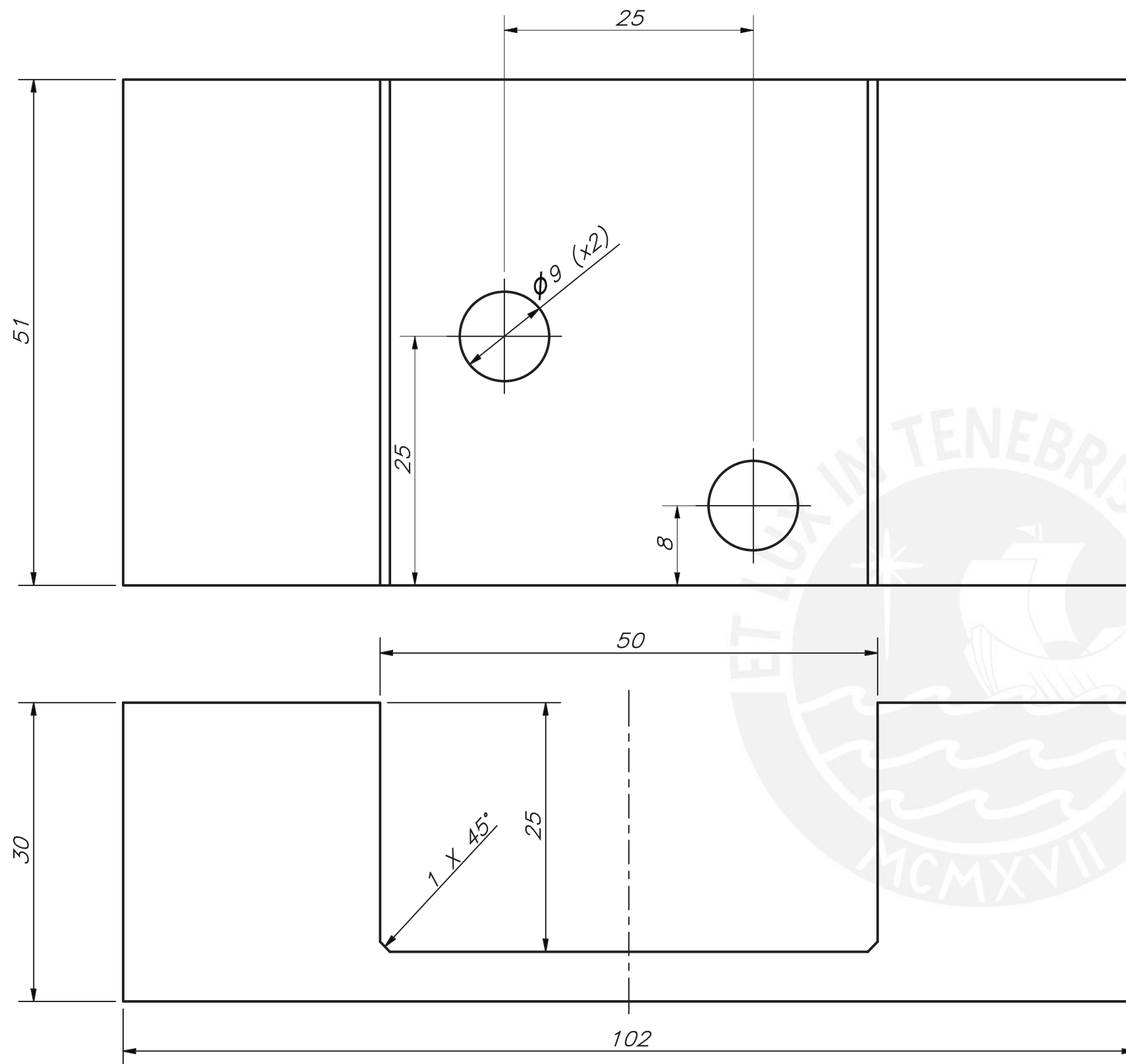
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ACOPLE ACTUADOR LOAD CELL	ESCALA 2:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 3.5 - A3



ACABADO SUPERFICIAL $\frac{10}{\sqrt{\quad}}$ TOLERANCIA GENERAL ISO 2768-m MATERIAL AISI 1020

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BASE RODAJE VIGA COLUMNA	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 3.6 – A3

62.000	62.004	61.985
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ACABADO SUPERFICIAL



TOLERANCIA GENERAL

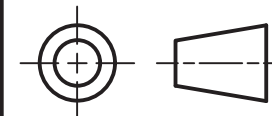
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



SUJECCIÓN COLUMNA
 MOVIL

ESCALA

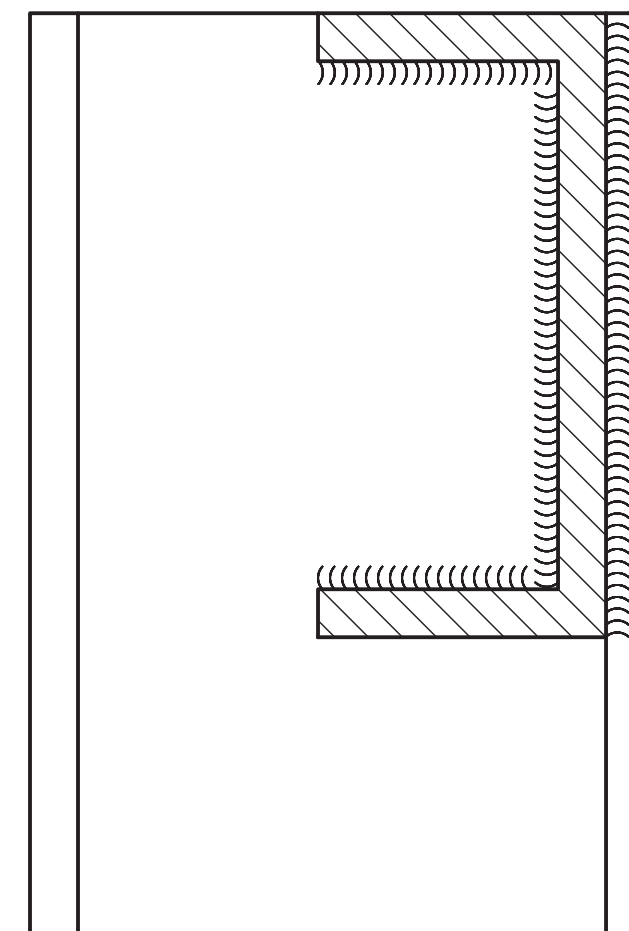
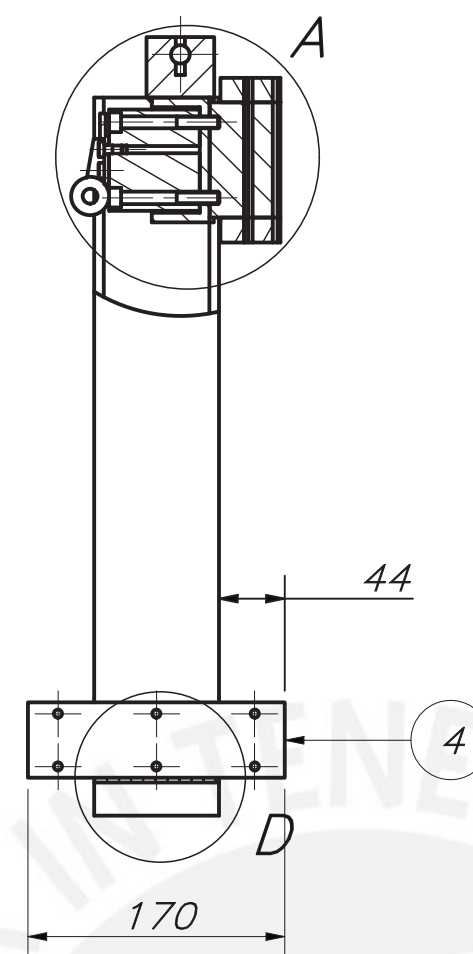
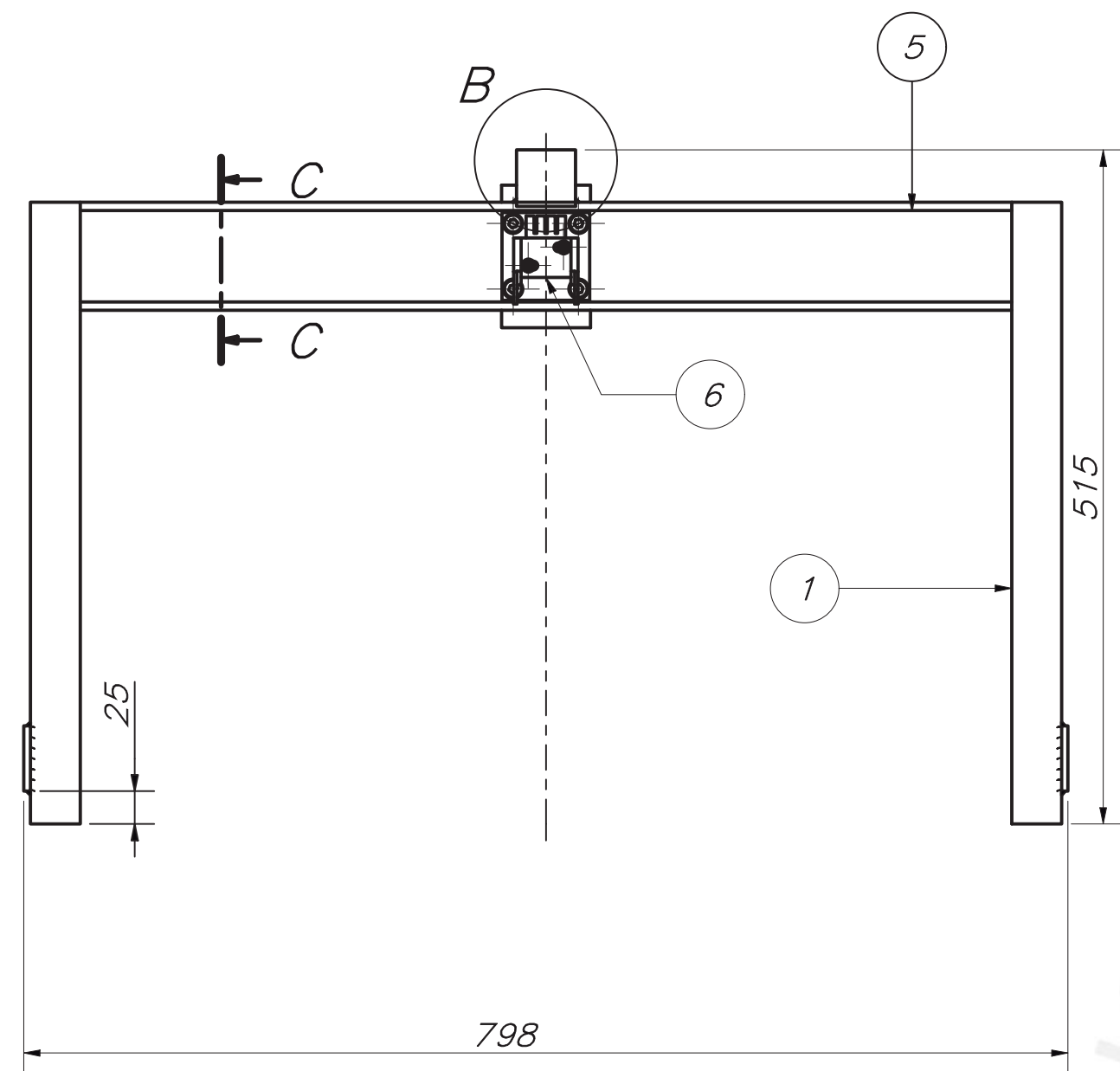
2:1

20120478

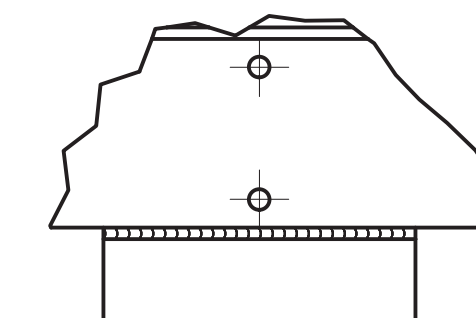
ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
 2021.06.22

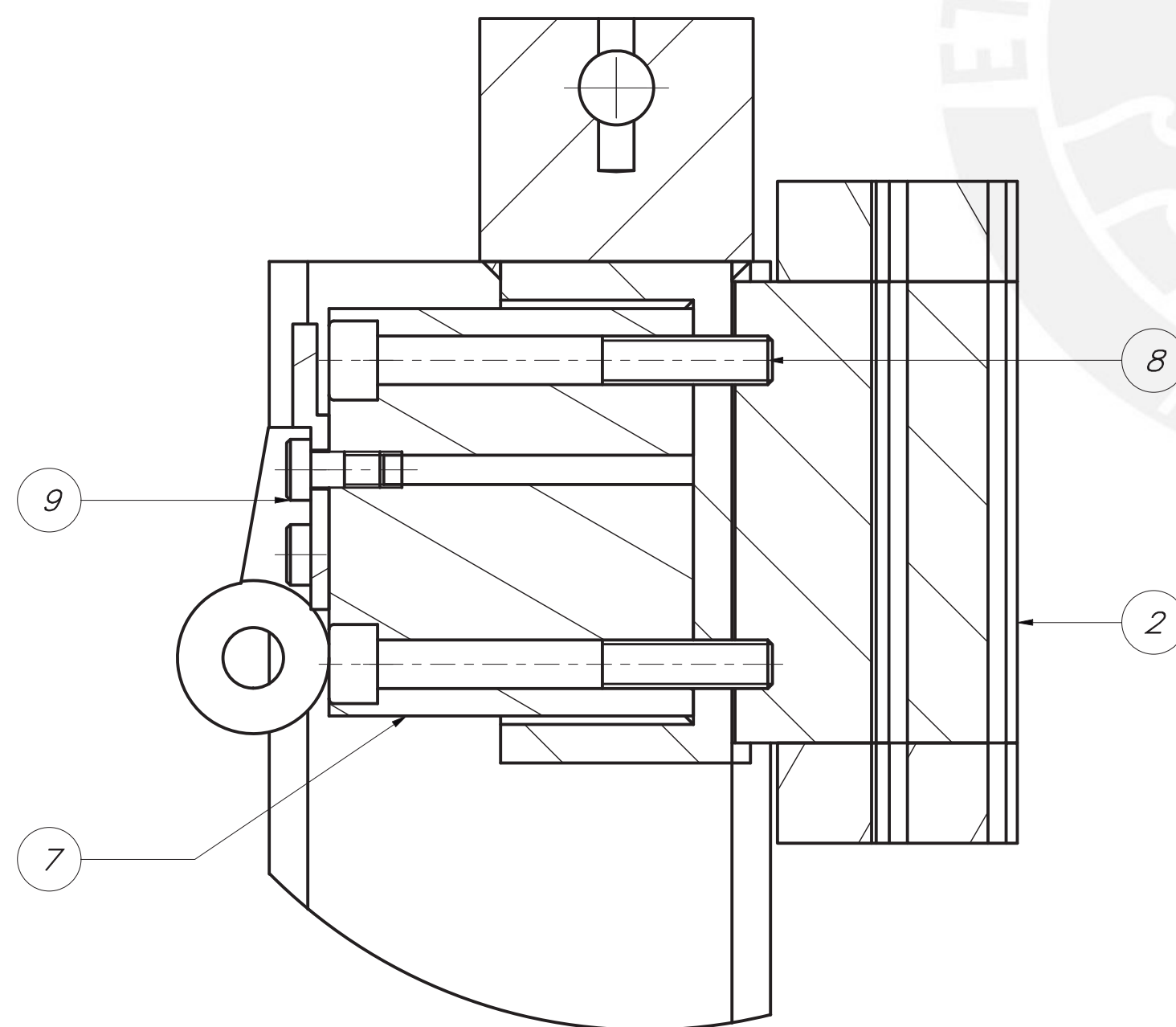
LÁMINA:
 3.7 – A3



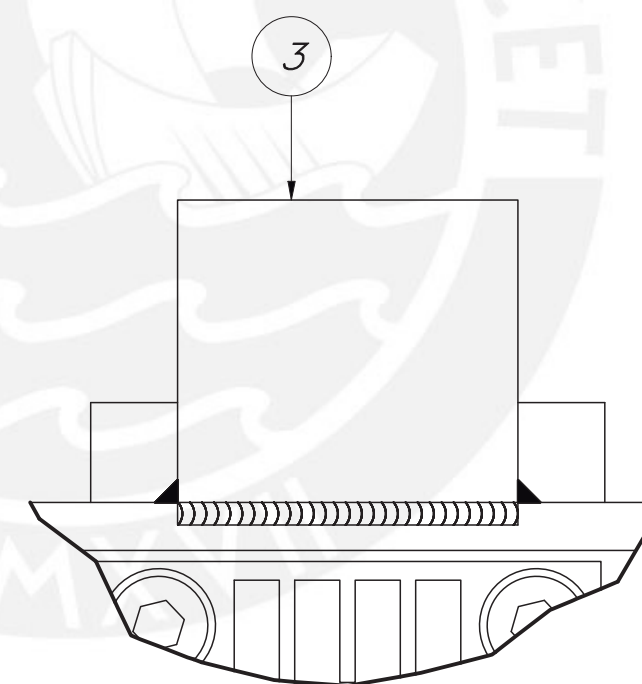
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 1



DETALLE D
ESCALA 1 : 2



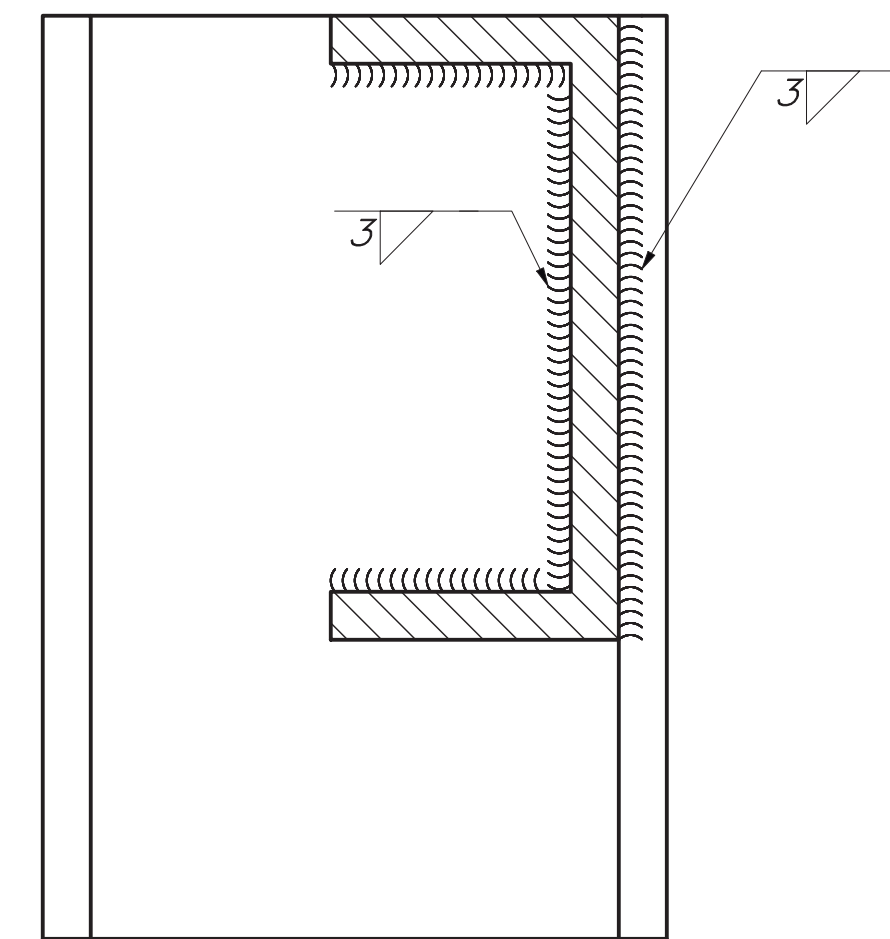
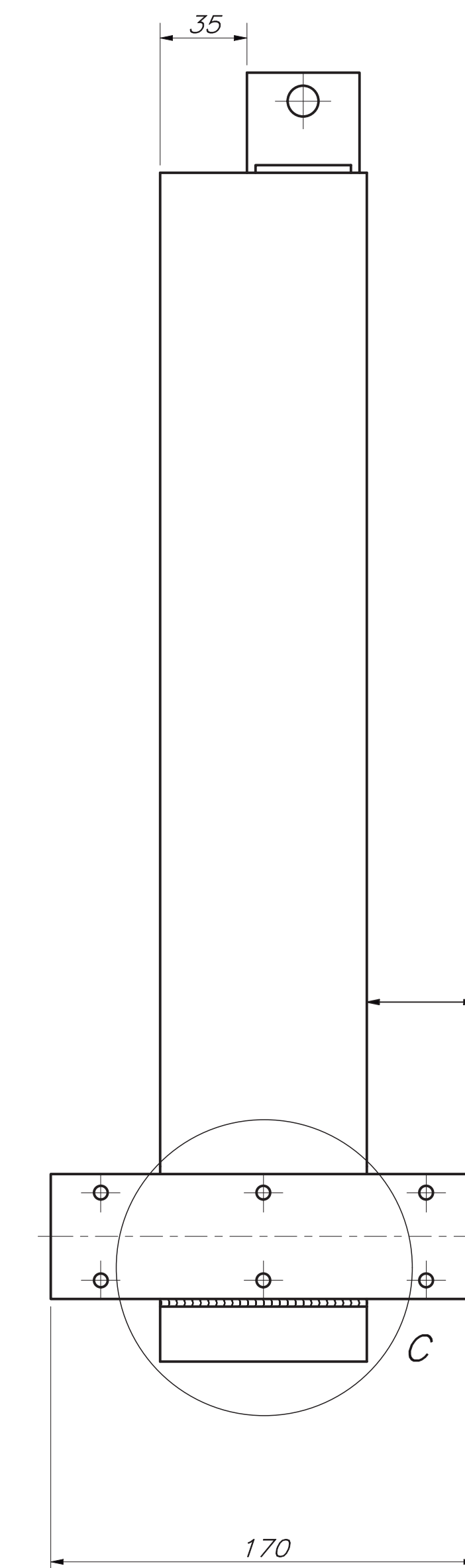
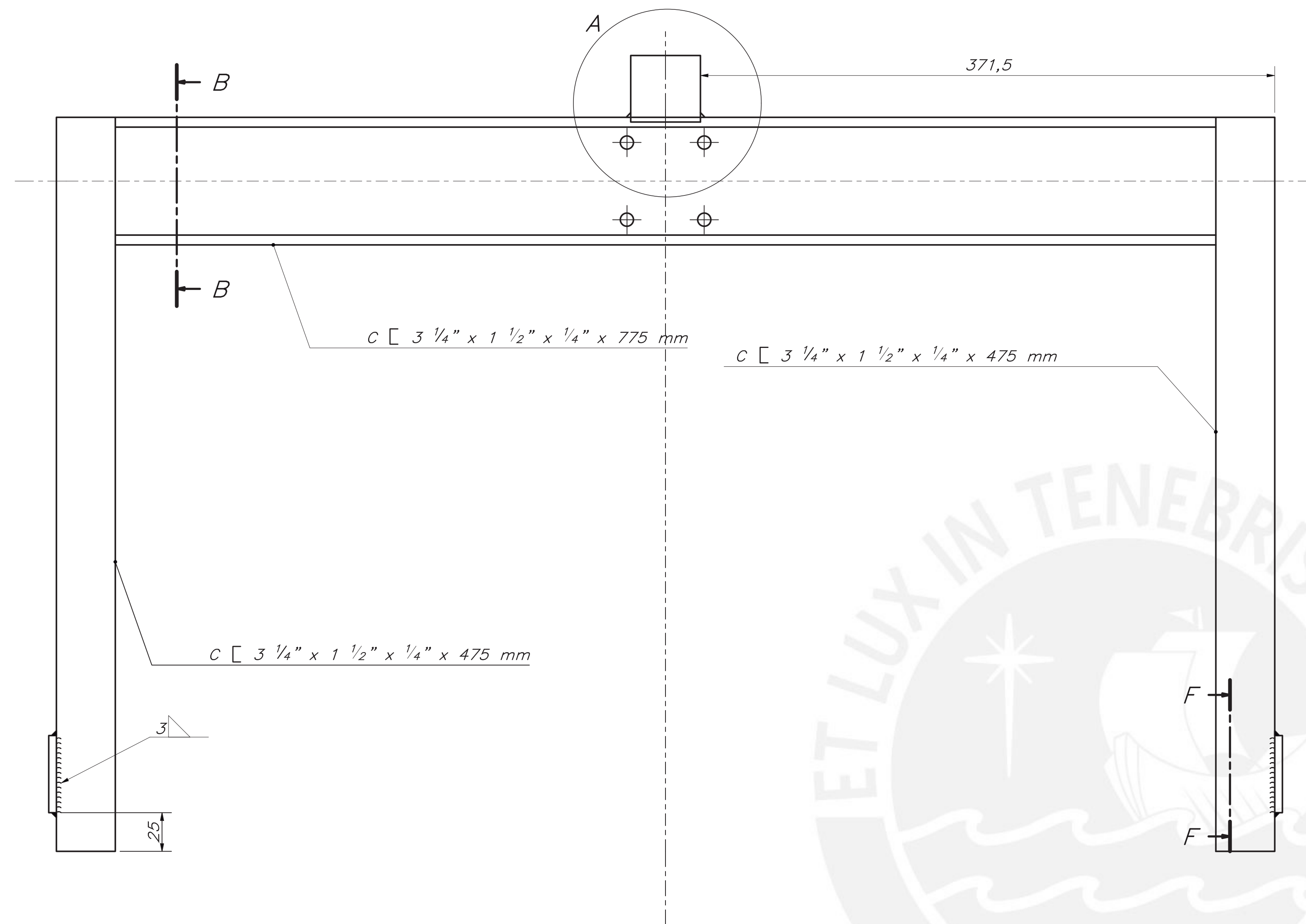
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



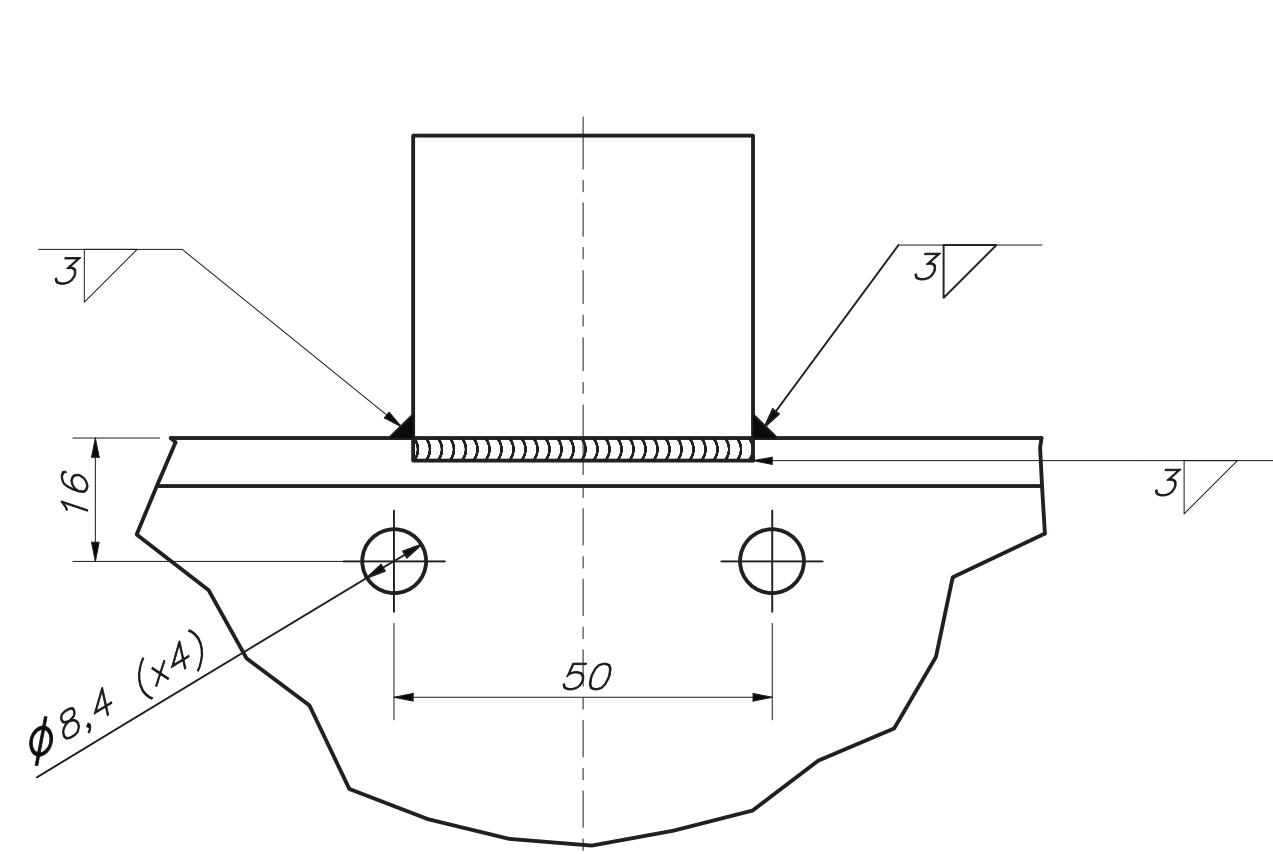
DETALLE B
ESCALA 1 : 1

9	2	TORNILLO SOCKET - M6 x 12	DIN 6912	
8	4	TORNILLO SOCKET - M8 x 65	ISO 4762, SS 440C	
7	1	ANCLAJE CADENA CARRUAJE	AA 6061	4.5 - A3
6	1	ESLABÓN INICIAL		IGUS
5	1	TRAVESAÑO	AA 6061 T6	4.2 - A3
4	2	SOPORTE COLUMNA LATERAL	AA 6061	4.4 - A3
3	1	ACOPLE ACTUADOR TRAVESAÑO	AA 6061 T6	4.3 - A3
2	1	CARRO RIEL PRISMÁTICO 512-35-C		THOMSON LINEAR
1	2	COLUMNA LATERAL	AA 6061 T6	4.1 - A3

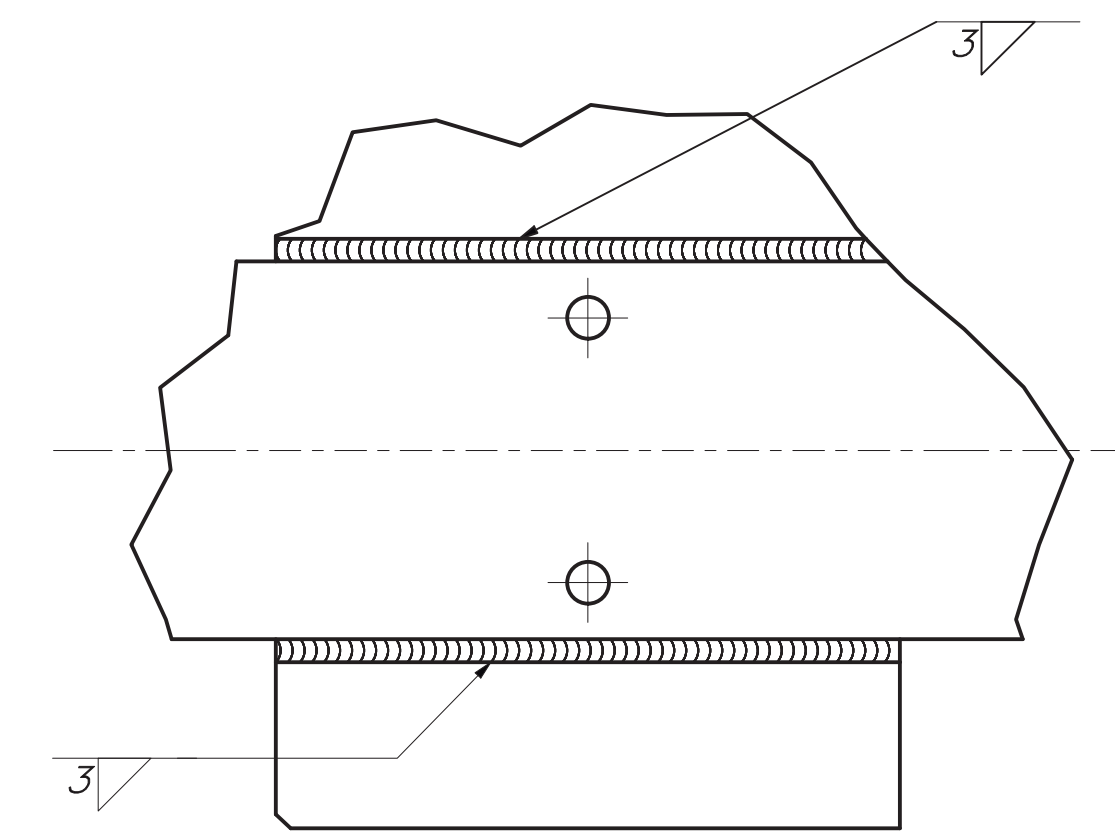
REF	CANT	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA				
MÉTODO DE PROYECCIÓN		SUB ENSAMBLE CARRO MOVIL VERTICAL		ESCALA 1:5
20120478		ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO		FECHA: 2021.06.22
				LÁMINA: 4 - A2



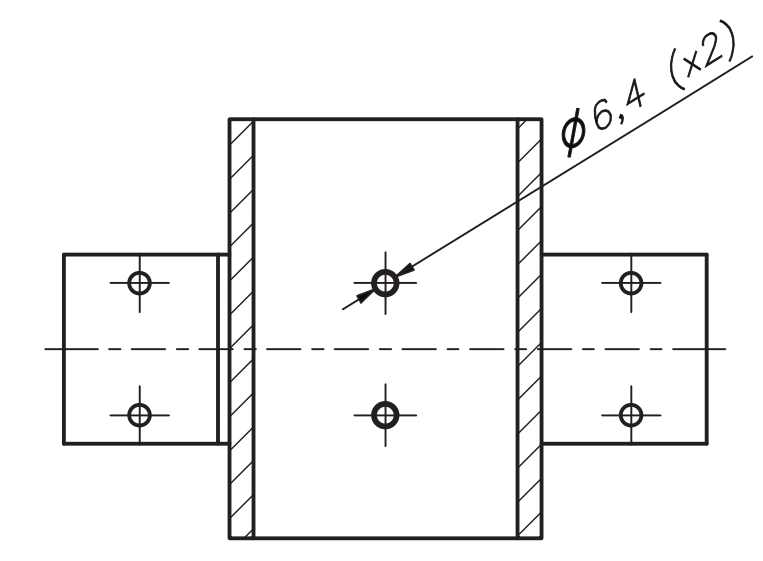
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



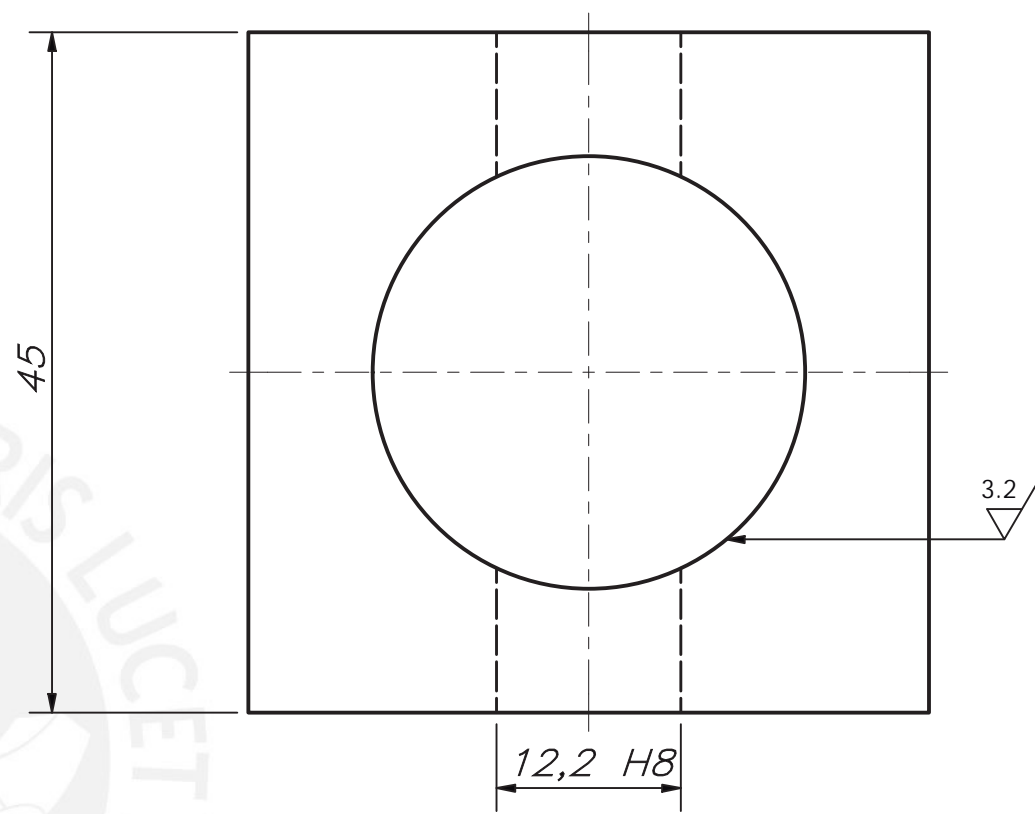
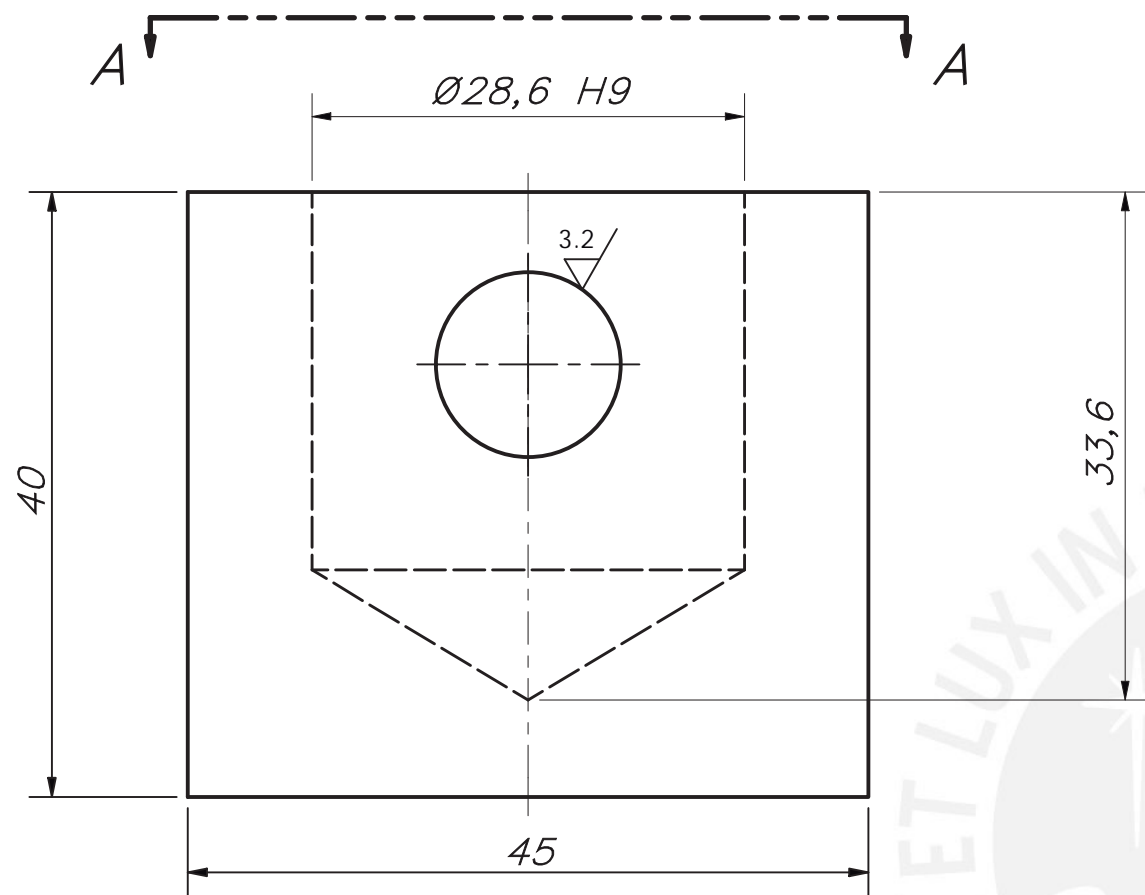
DETALLE C
ESCALA 1 : 1



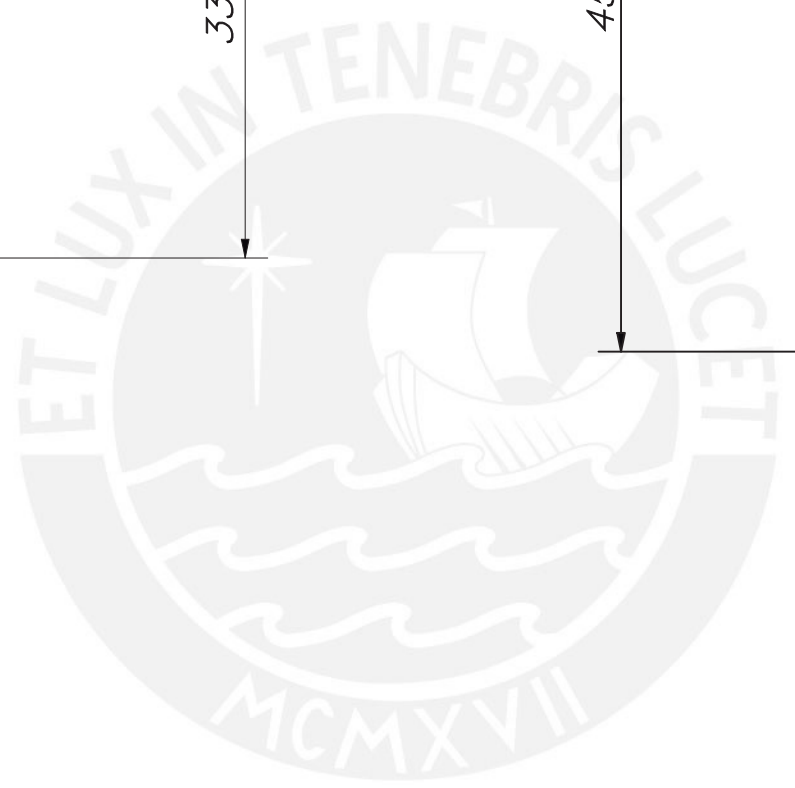
SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 2

NOTA:
TODAS LOS CORDONES DE SOLDADURA SON
REALIZADOS CON SOLDADURA TIG EN ALUMINIO

ACABADO SUPERFICIAL 6.3	TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m	MATERIAL AA 6061
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SOLDADURA CARRO MOVIL VERTICAL	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 4 - A1



VISTA A
2 : 1

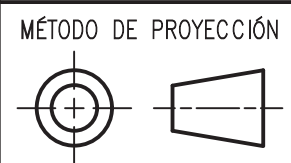


ACABADO SUPERFICIAL
10/ (3.2/)

TOLERANCIA GENERAL
ISO 2768 - m

MATERIAL
AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA



ACOPLE ACTUADOR
TRAVESAÑO

ESCALA
2:1

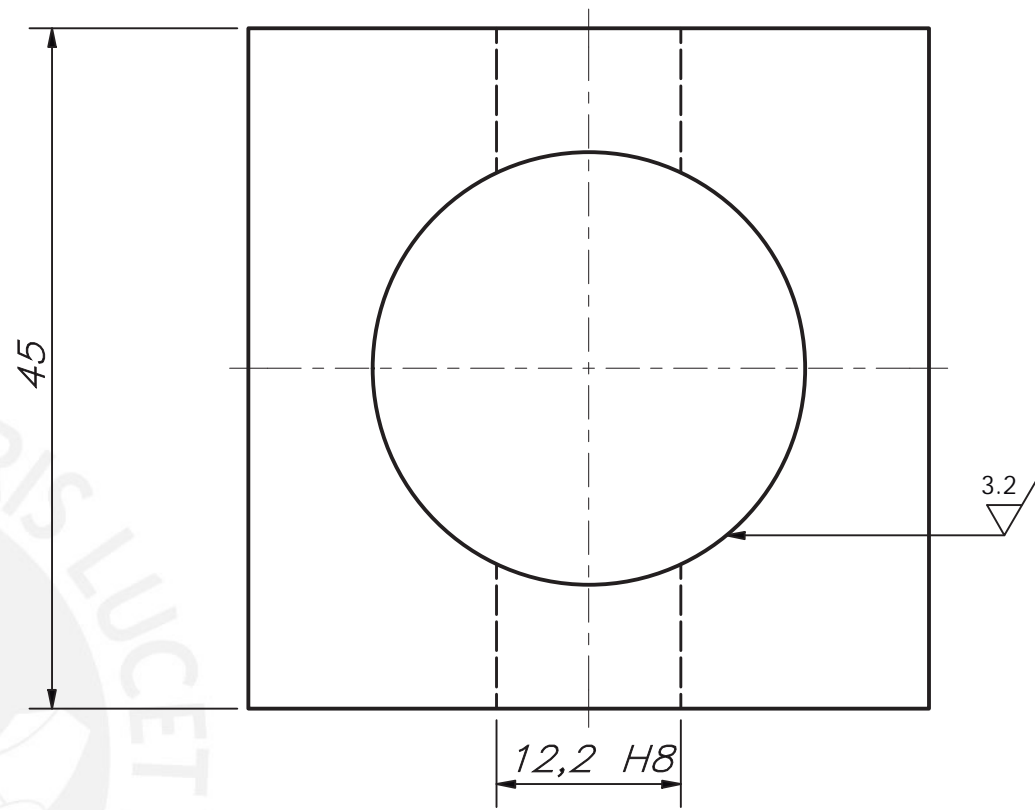
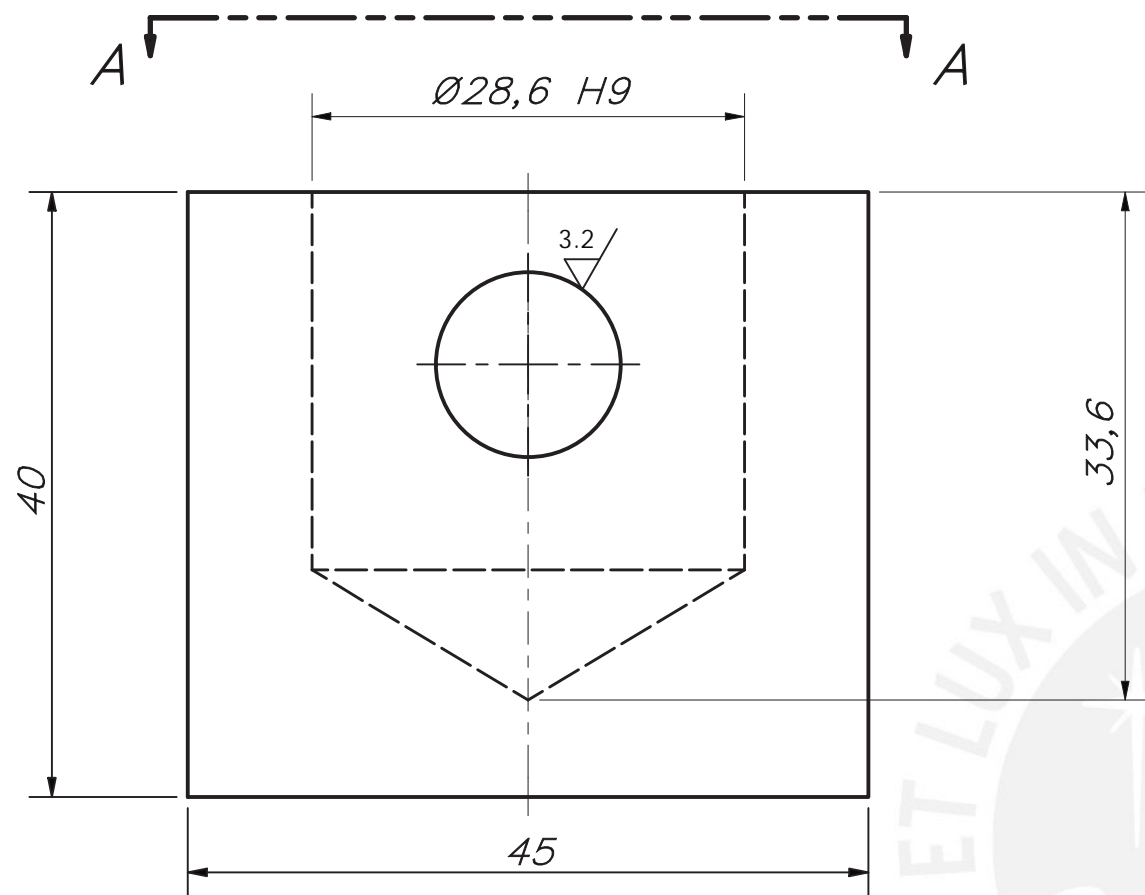
28.6	28.65	28.60
12.20	12.23	12.20
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

20120478

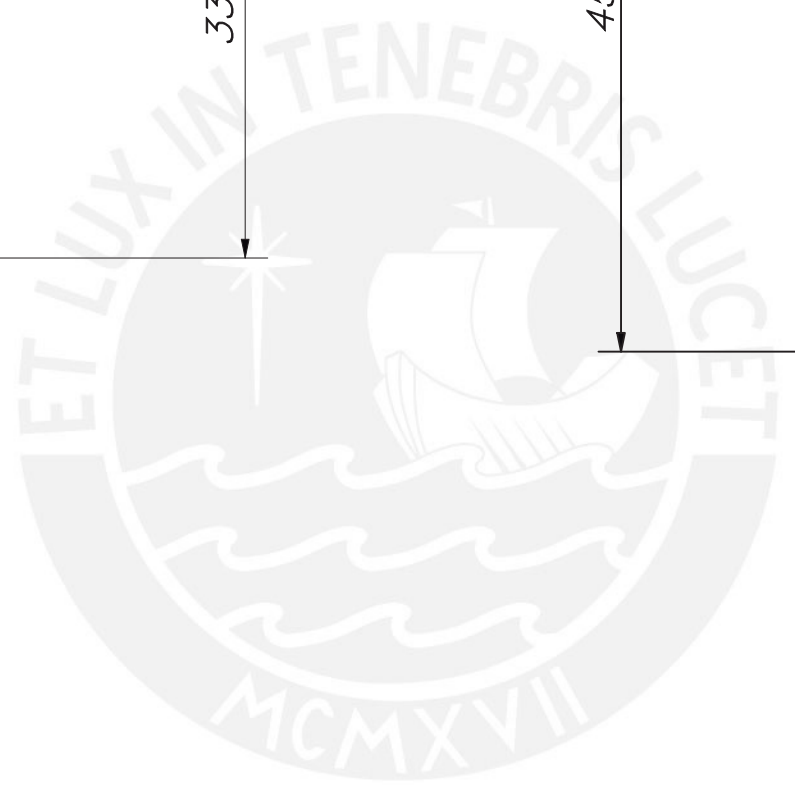
ULLOQUE BADARACO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
4.1 - A3



VISTA A
2 : 1

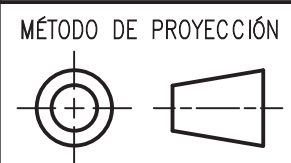


ACABADO SUPERFICIAL
10 / (3.2 /)

TOLERANCIA GENERAL
ISO 2768 - m

MATERIAL
AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA



ACOPLE ACTUADOR
TRAVESAÑO

ESCALA
2:1

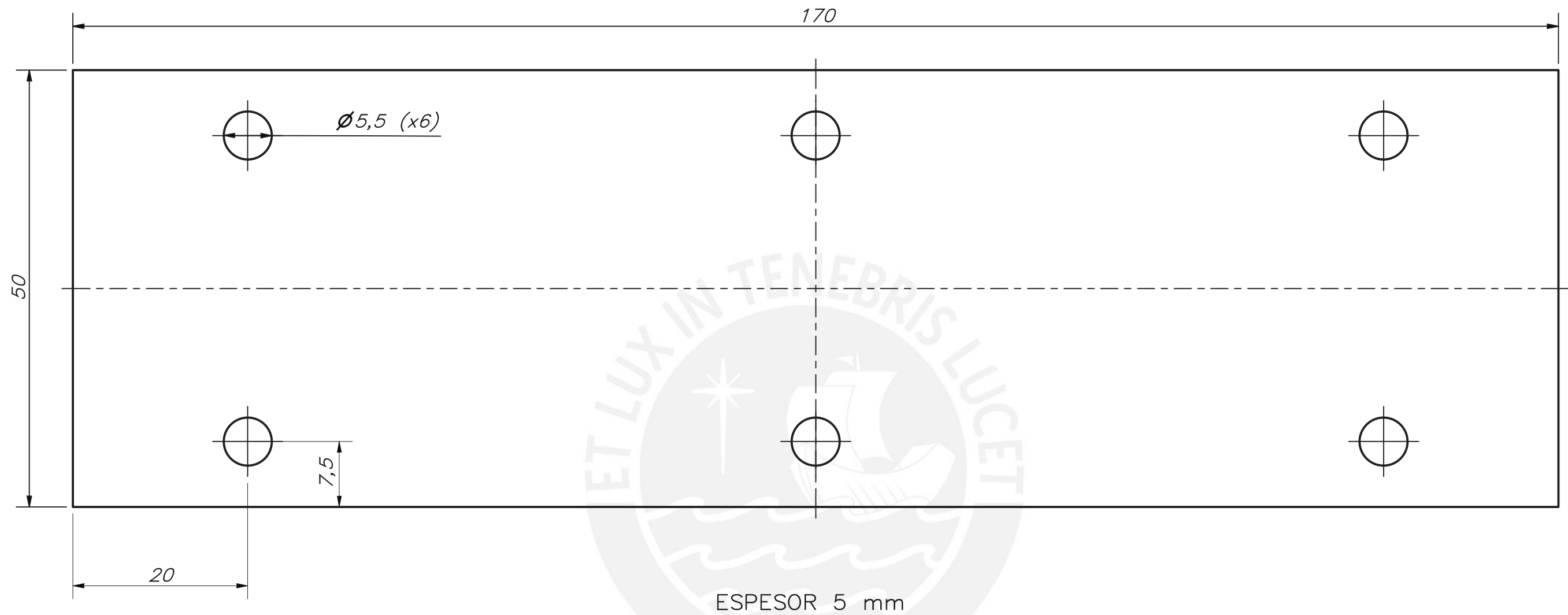
28.6	28.65	28.60
12.20	12.23	12.20
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA

20120478

ULLOQUE BADARACO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
4.3 - A3



ACABADO SUPERFICIAL

6.3/
▽

TOLERANCIA GENERAL

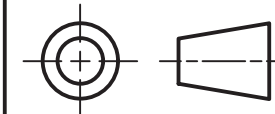
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



SOPORTE COLUMNA
LATERAL

ESCALA

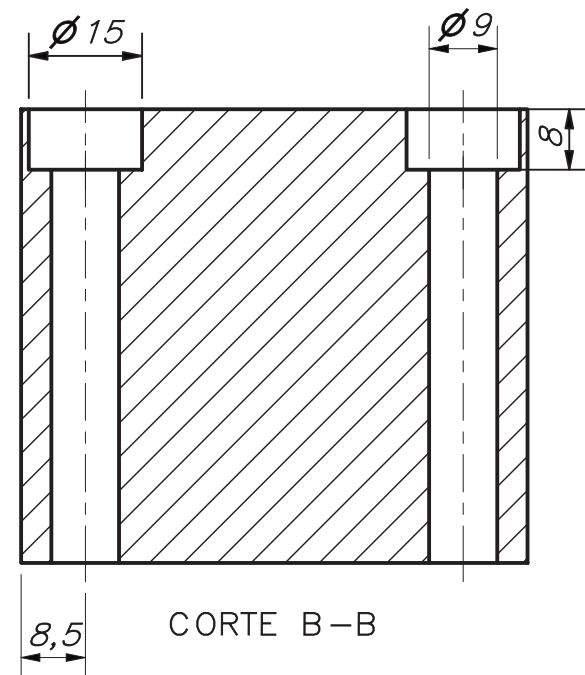
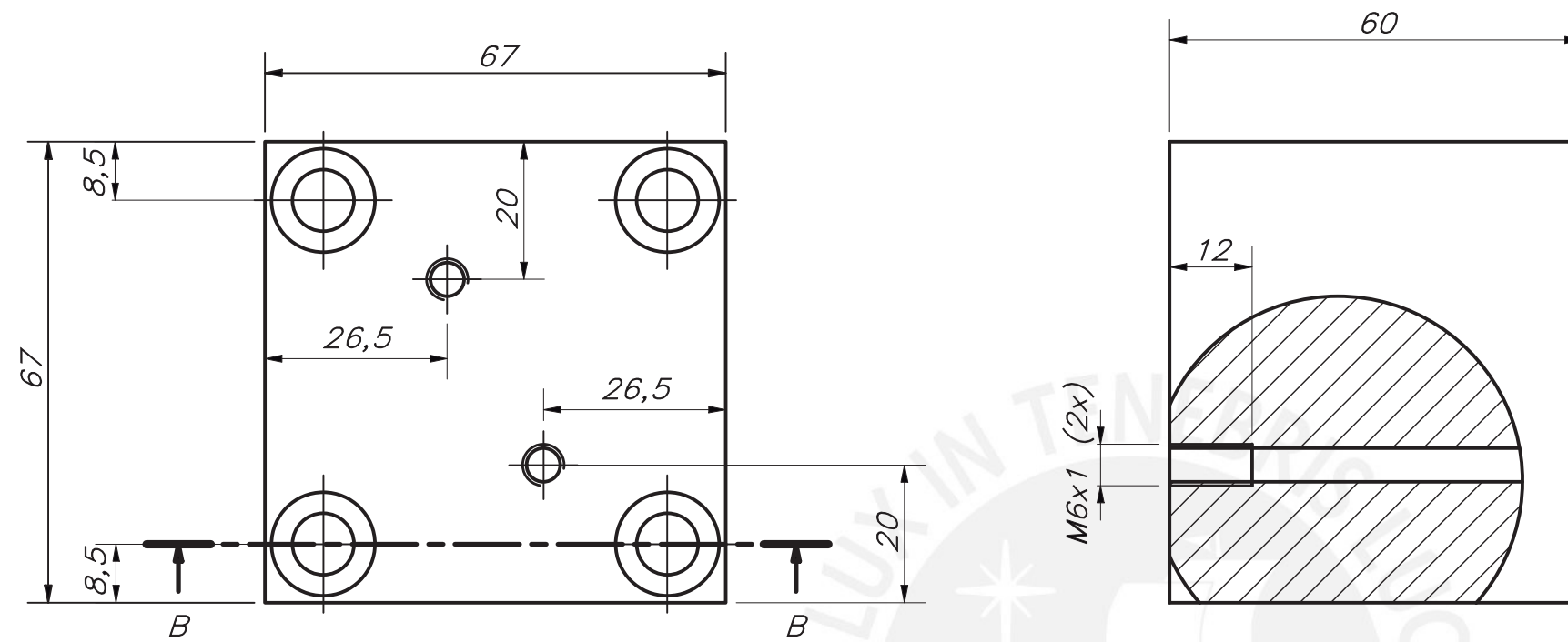
2:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
4.4 – A3



ACABADO SUPERFICIAL

$\frac{10}{\sqrt{}}$

TOLERANCIA GENERAL

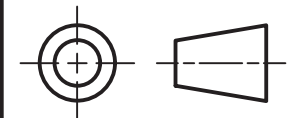
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ANCLAJE CADENA
CARRUAJE

ESCALA

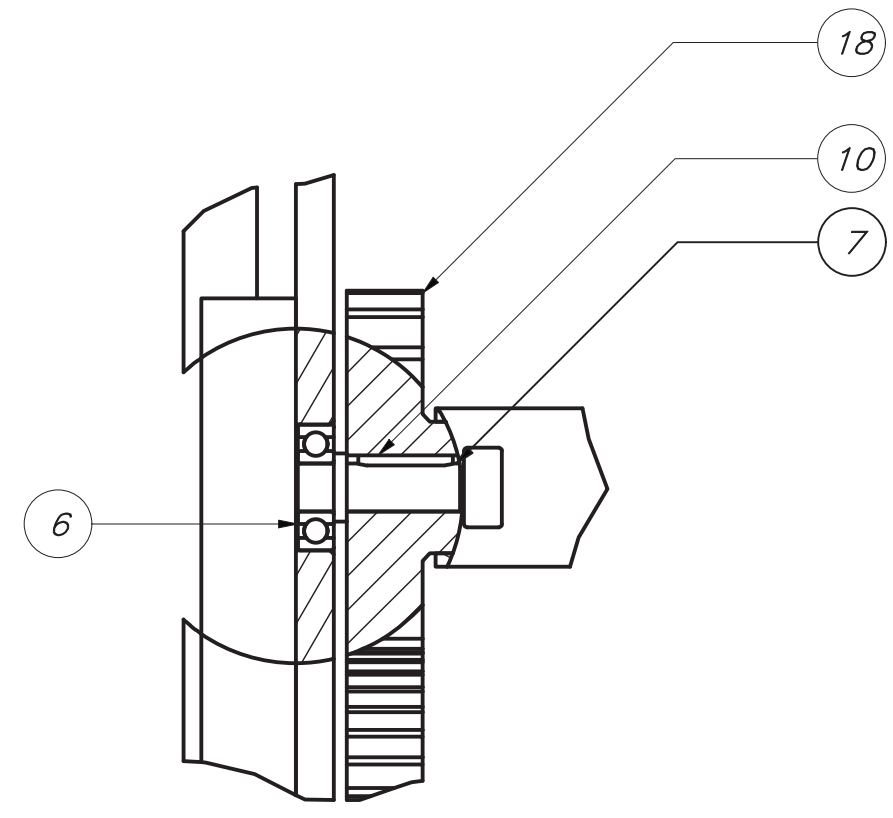
1:1

20120478

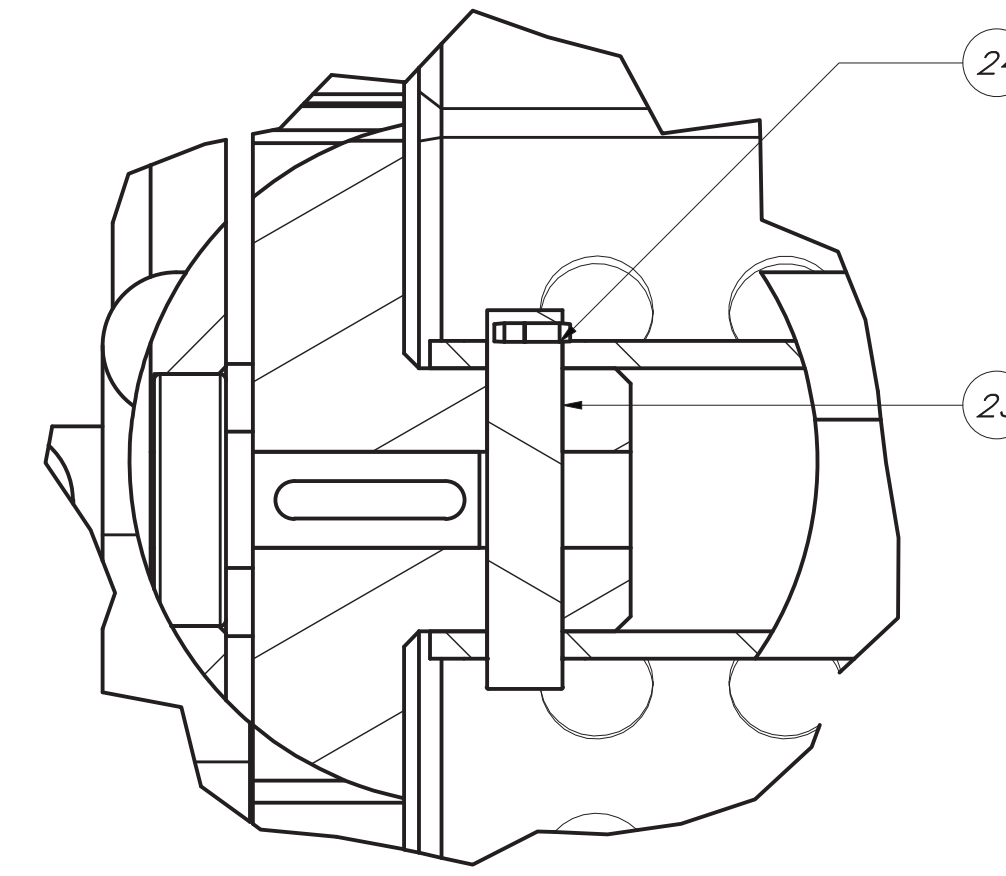
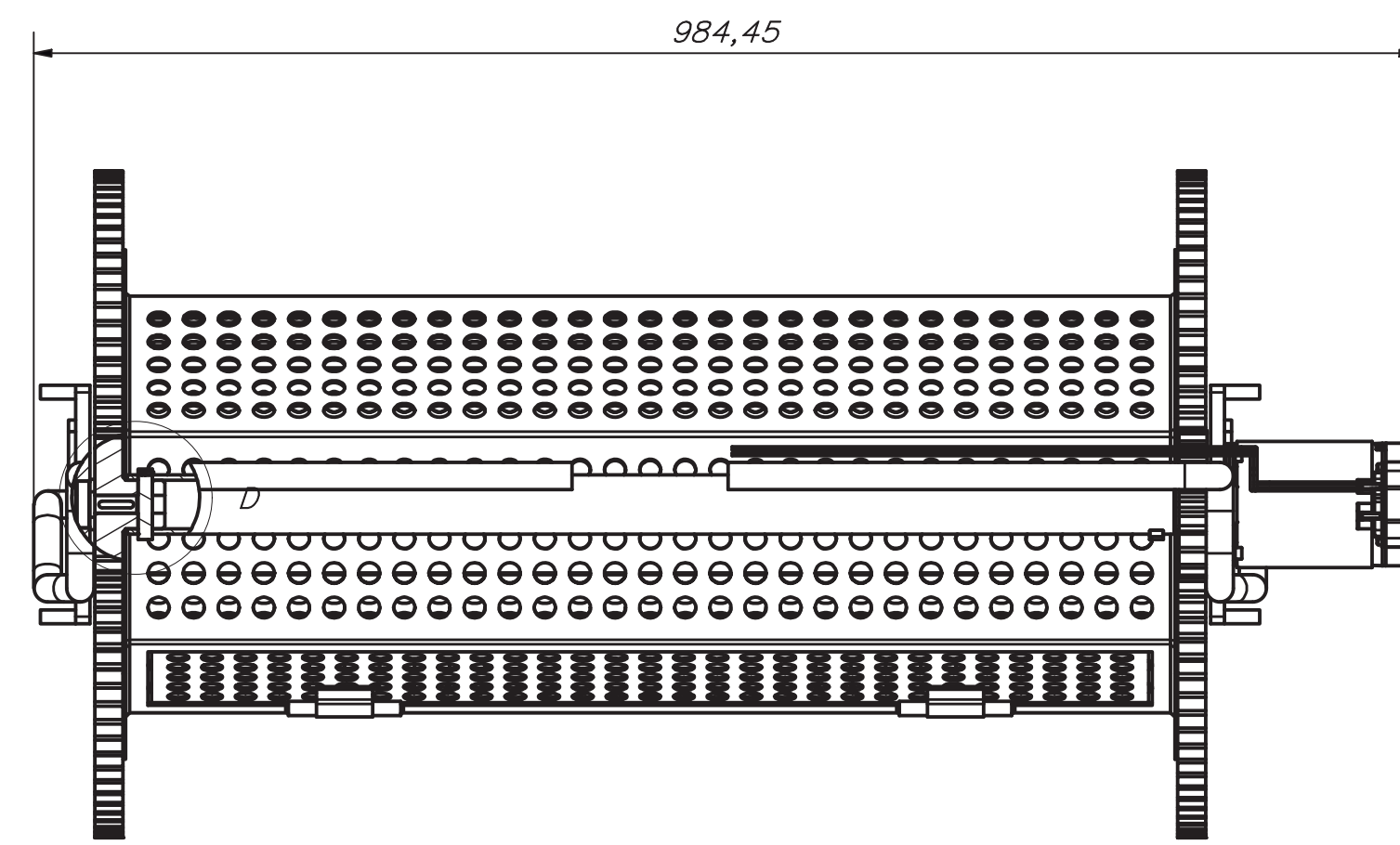
ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

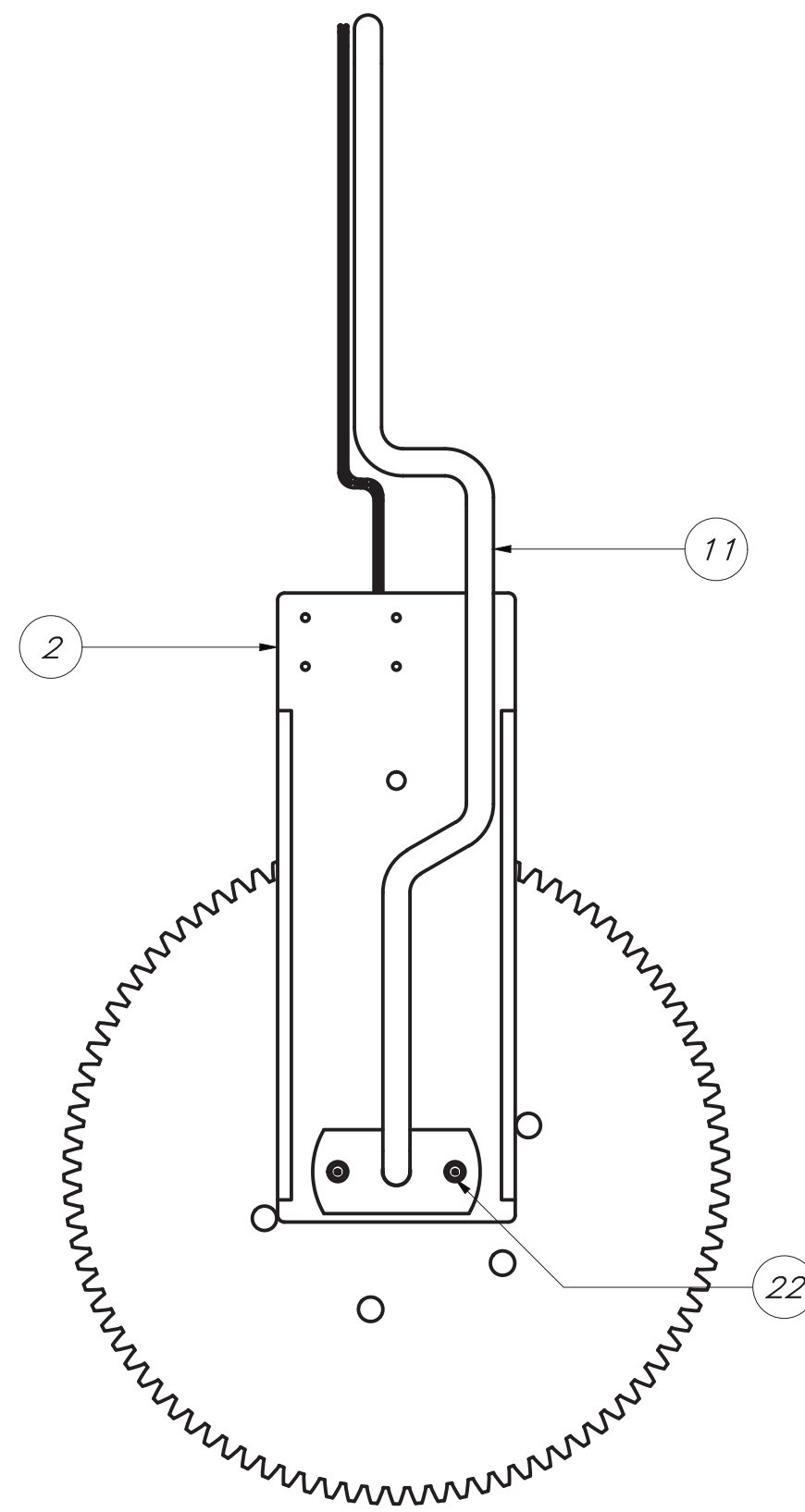
LÁMINA:
4.5 - A3



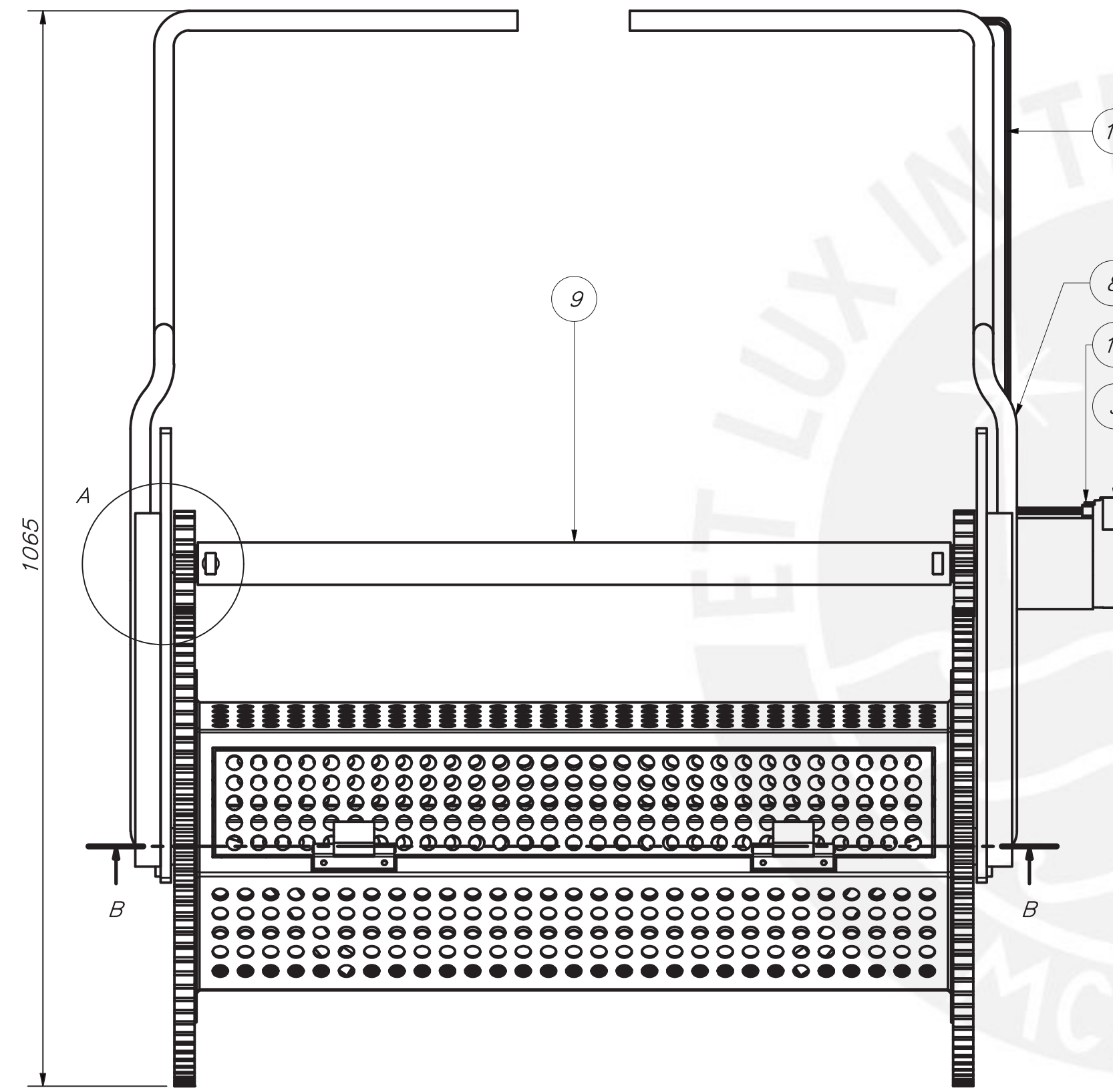
DETALLE A
ESCALA 1:2



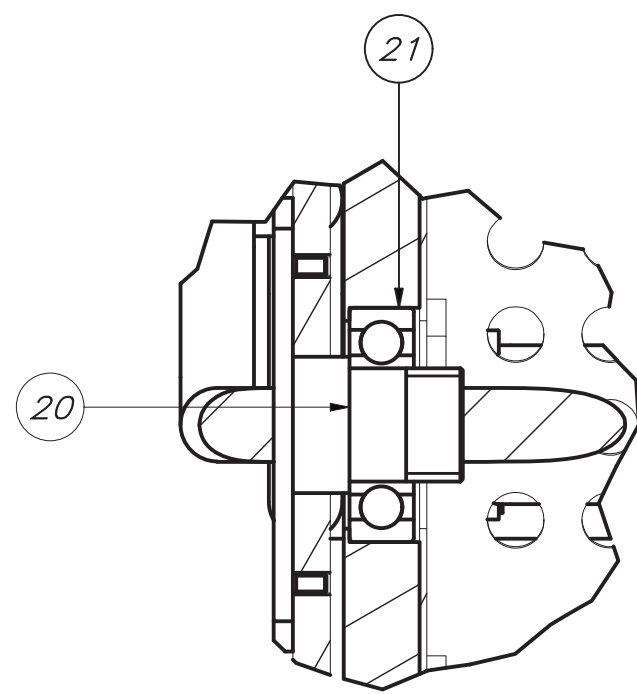
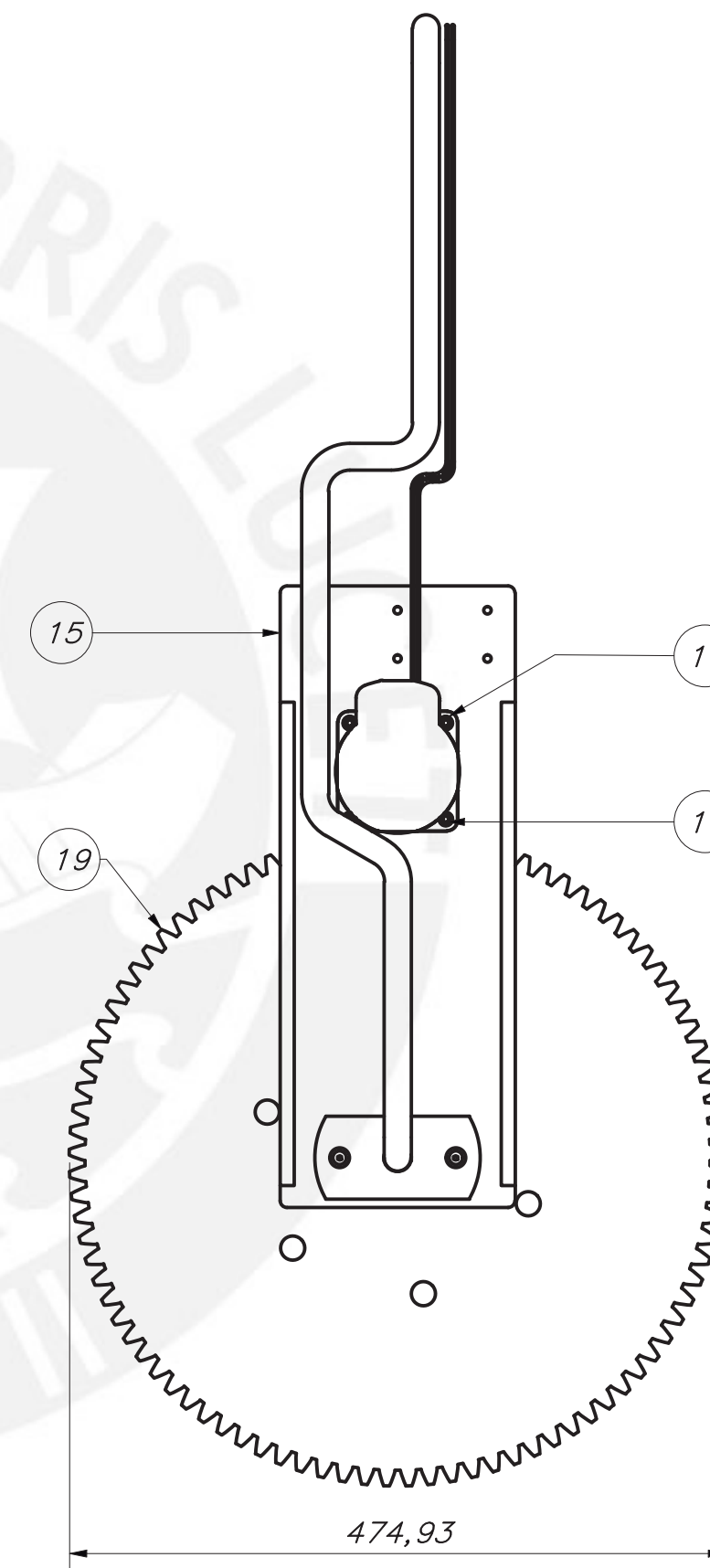
DETALLE D
ESCALA 1 : 1



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



CORTE B-B

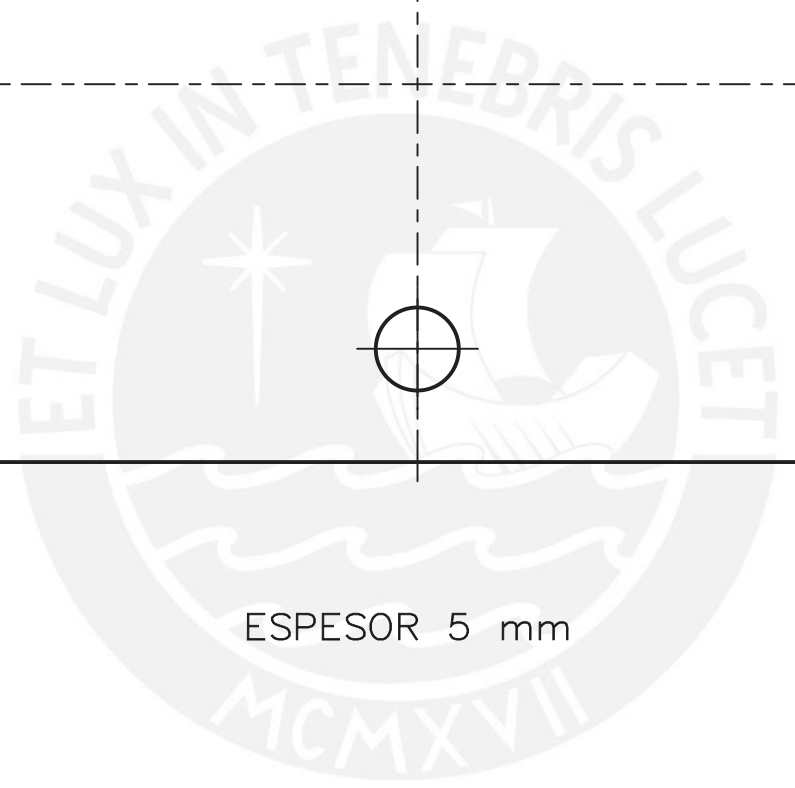
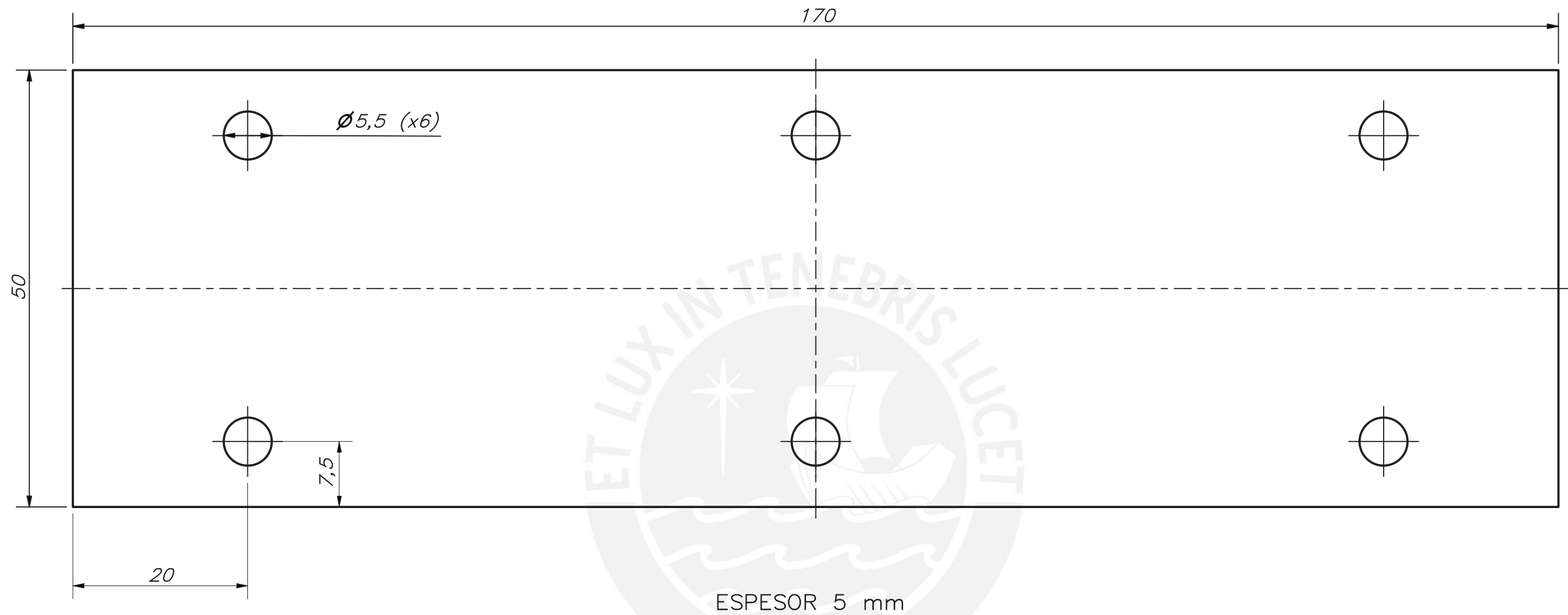


24	2	DIN EN ISO 1234 - 2.5x16		
23	2	PIN CONTRA EJE	ABS Plastic	5.6 - A3
22	4	ISO 10642 - M5x12	B.8	
21	2	RODAMIENTO DE BOLAS 62X25X17	SKF	SKF6305
20	2	EJE DE TAMBOR	PP	6.5 - A2
19	2	RUEDA TAMBOR	PP	6.1 - A3
18	2	PIÑÓN TAMBOR MOTOR	PP	5.5 - A3
17	4	TORNILLO SOCKET- M5 x 16	ISO 4762, SS 440C	
16	4	ARANDELA PLANA - 5	ISO 7090, SS	
15	1	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR	PP	5.1 - A3
14	1	CONECTOR DATOS CLEARPATH		CABLE-CTRL-MU120
13	1	CONECTOR 75V		
12	1	PIÑÓN TAMBOR MOTOR	PP	5.5 - A3
11	1	CABLE CATODO L/MOTOR		
10	1	CHAVETA - A 5 x 5 x 25	DIN 6885-1, AISI 1045	
9	1	CONTRA EJE TAMBOR	PVC	5.2 - A3
8	1	CABLE CATODO		
7	1	EJE SOPORTE	AISI 1045	5.4 - A3
6	1	RODAMIENTO DE BOLAS - BR1 1/2	BS 292	
5	1	ASME B18.27.2 NA4 - 1/2	ASME B18.27.2	
4	1	CHAVETA - A 5 x 5 x 14	DIN 6885-1, AISI 1045	
3	1	SERVOMOTOR 75V		SOSK-3432S-RLM
2	1	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR	PP	5.1 - A3
1	1	SUBENSAMBLE TAMBOR		6 - A2

REF	CANT	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
-----	------	--------------	------------------------------	---------------

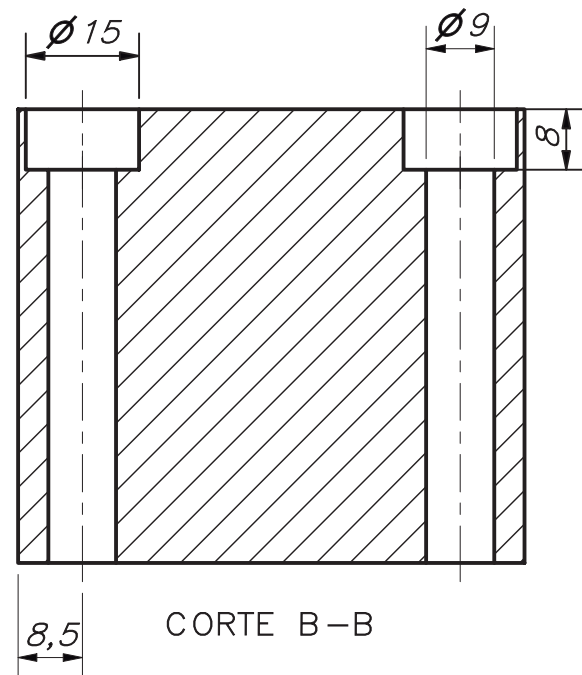
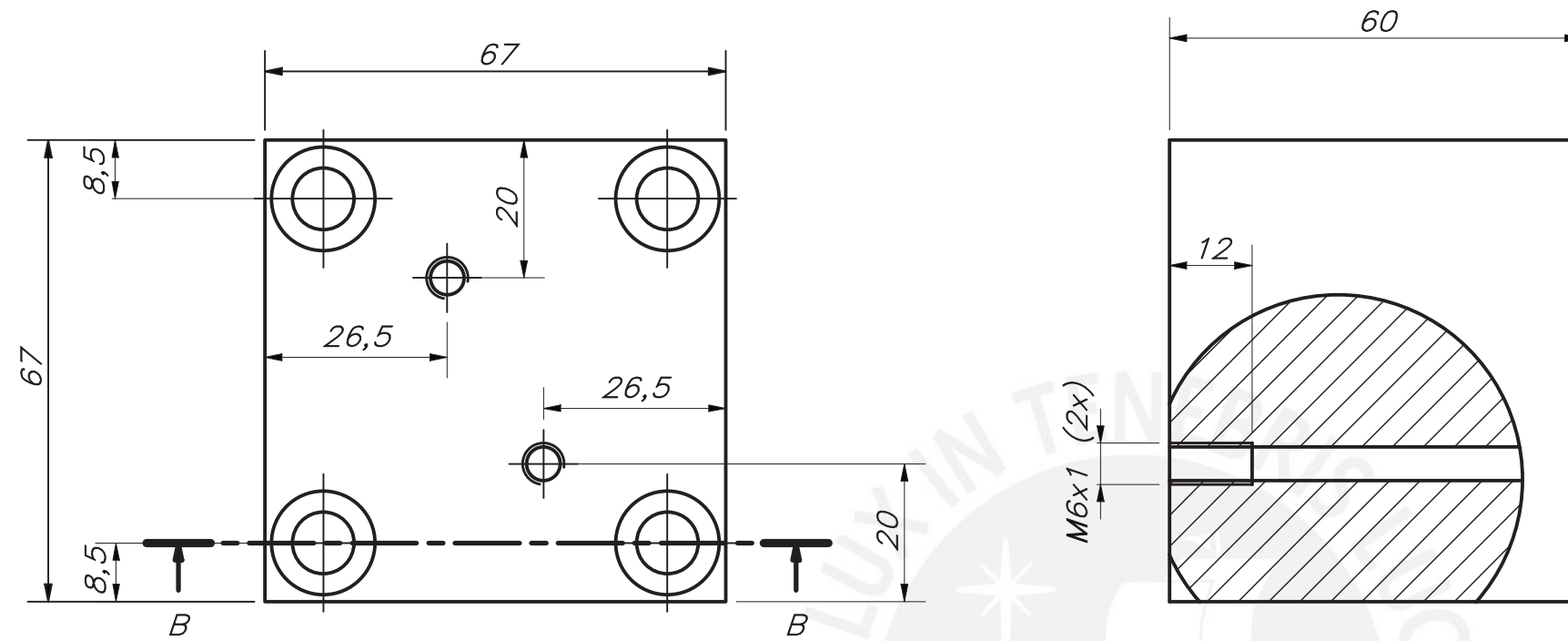
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN	SUB ENSAMBLE MECANISMO TAMBOR	ESCALA 1:5
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5 - A1



ACABADO SUPERFICIAL: 6.3/
 TOLERANCIA GENERAL: SEGÚN ISO 2768-m
 MATERIAL: AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SOPORTE COLUMNA LATERAL	ESCALA 2:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 4.4 – A3



ACABADO SUPERFICIAL

10/

TOLERANCIA GENERAL

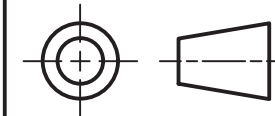
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

AA 6061

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ANCLAJE CADENA
CARRUAJE

ESCALA

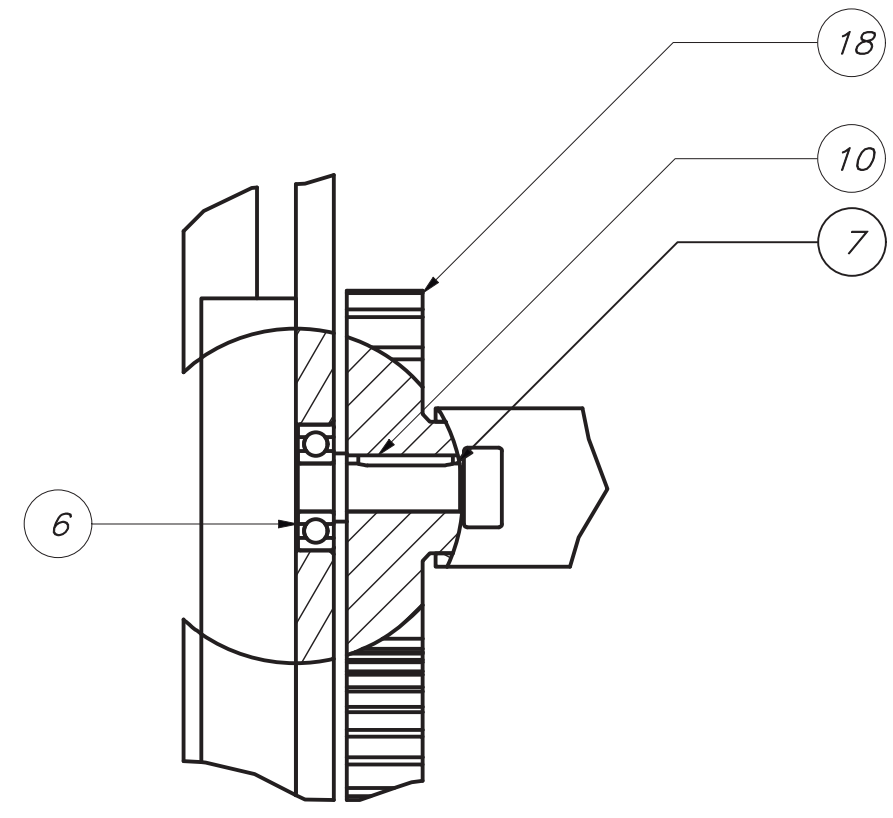
1:1

20120478

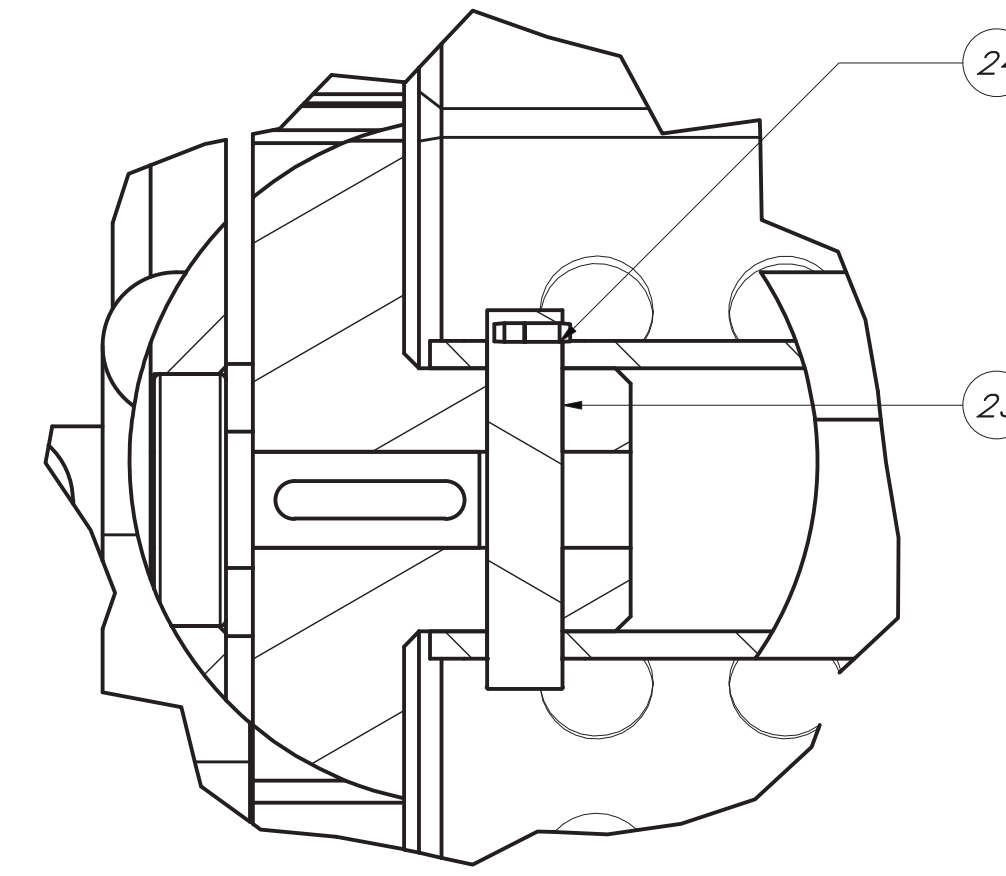
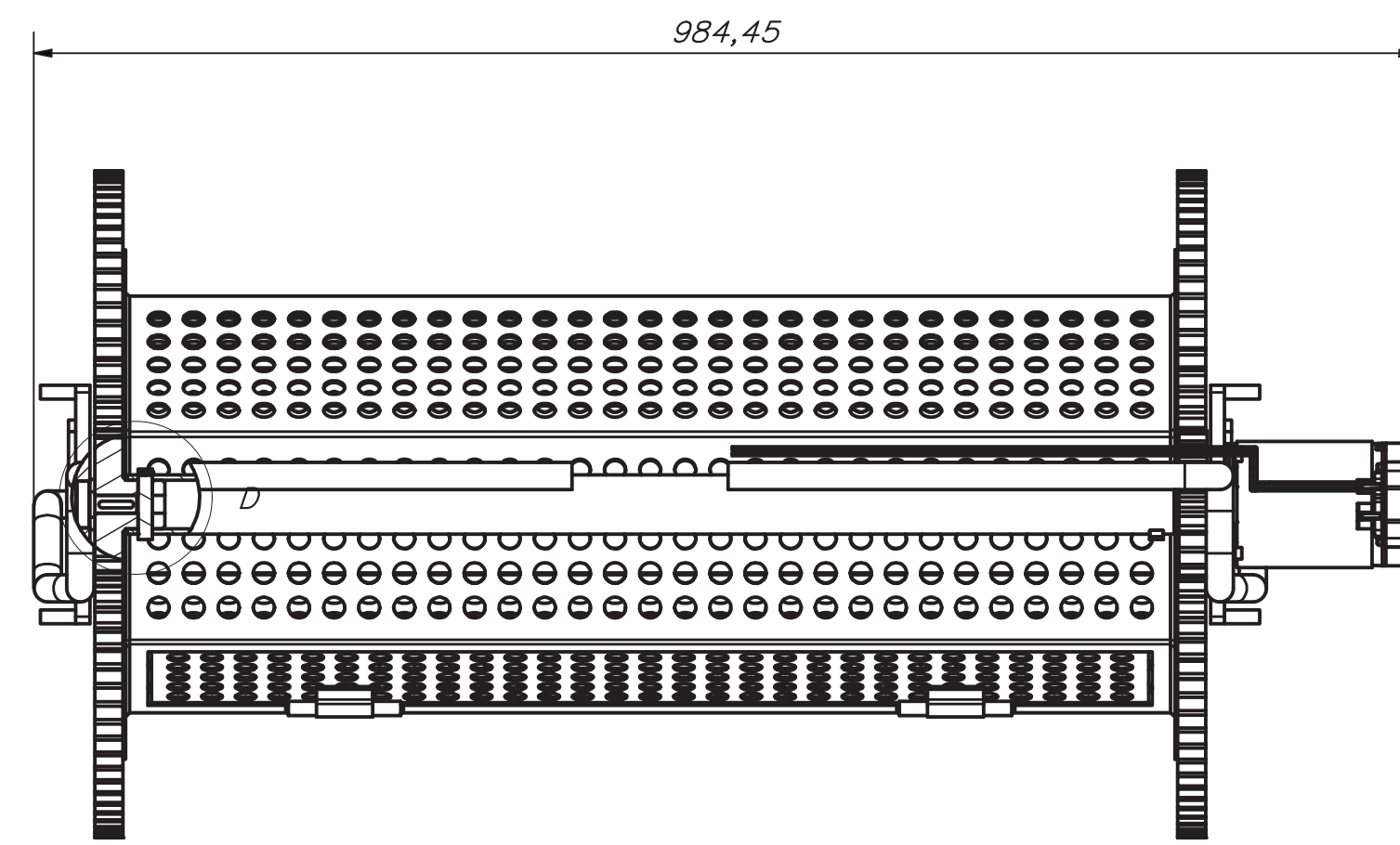
ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

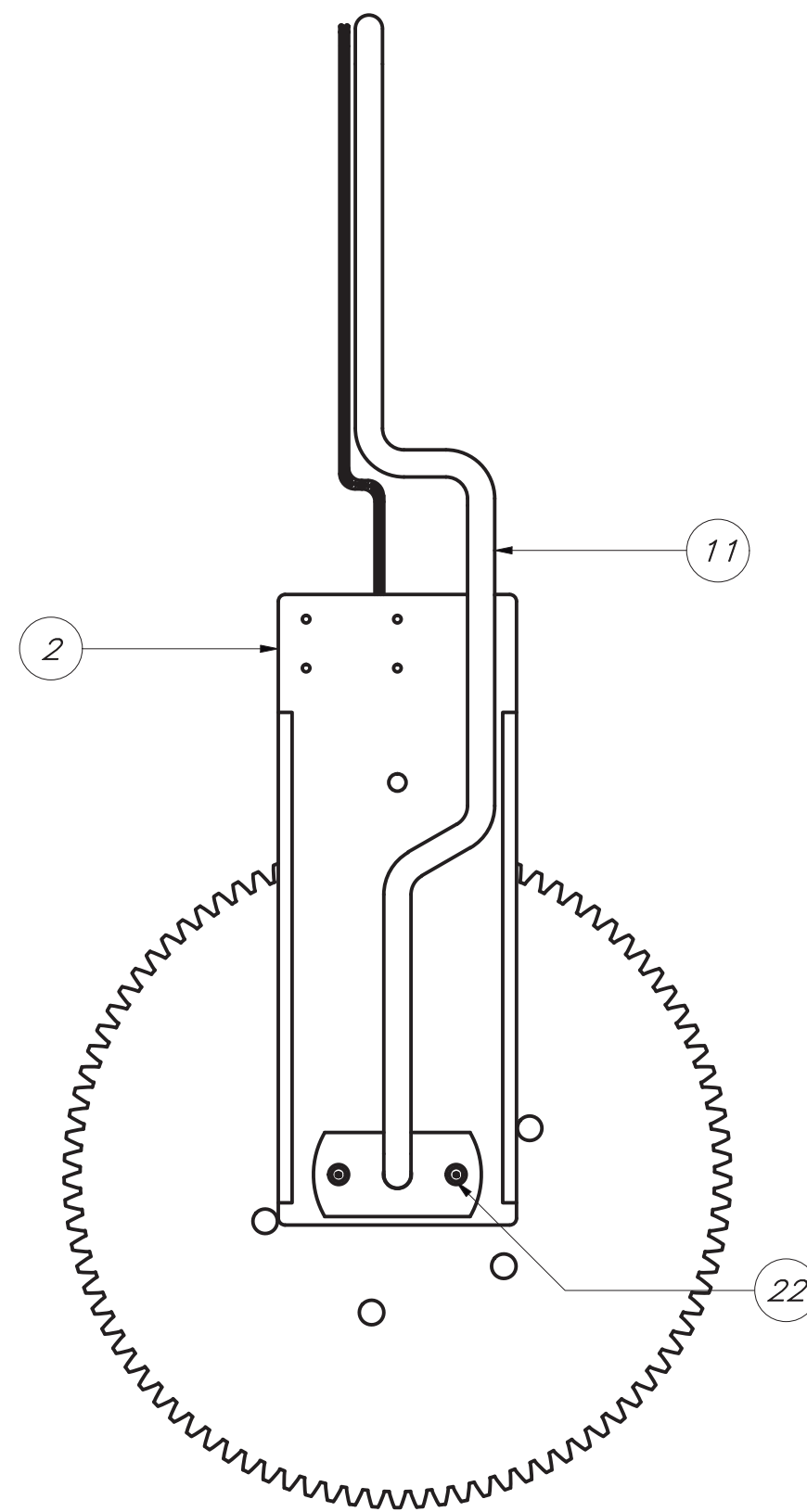
LÁMINA:
4.3 - A3



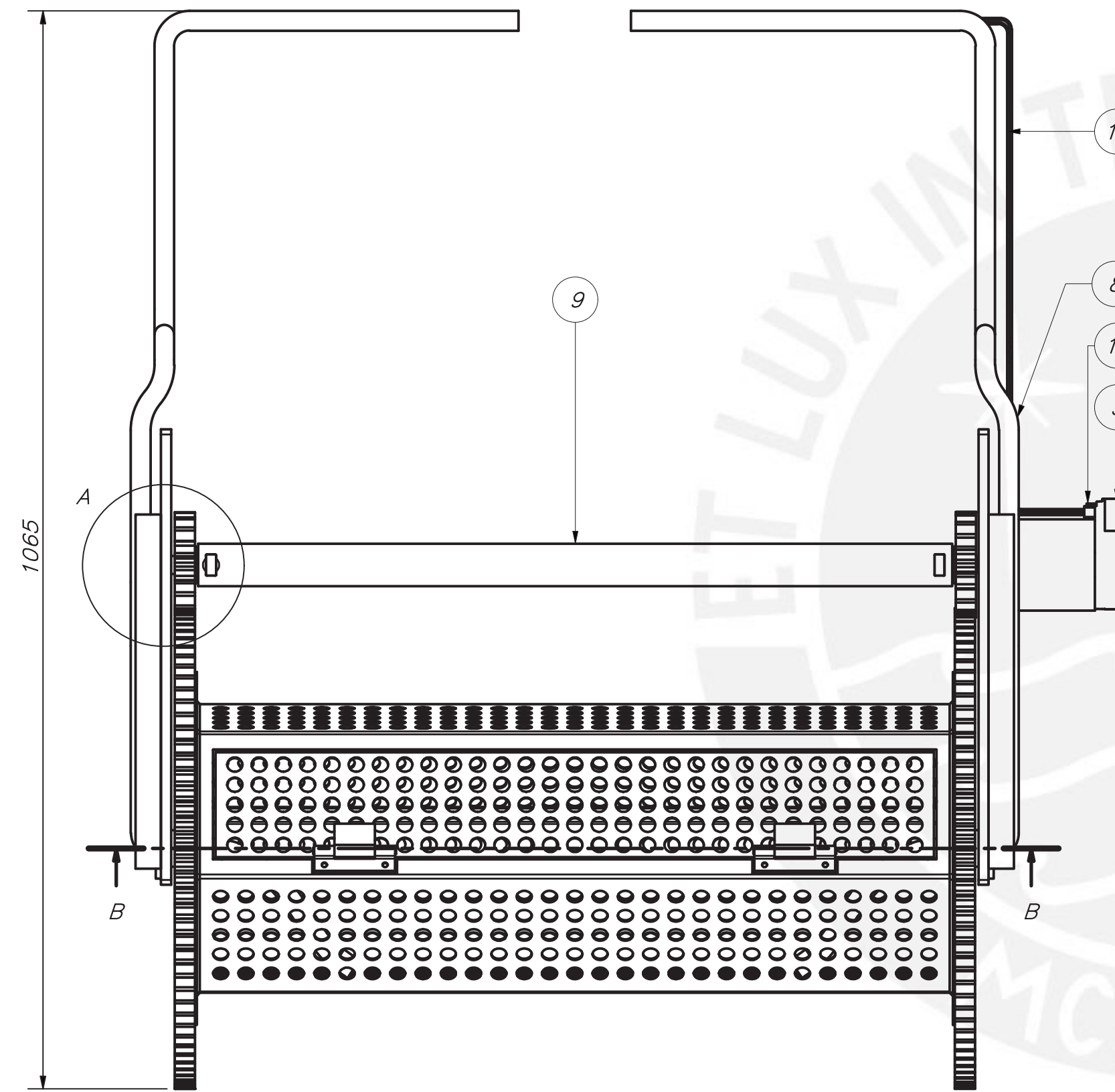
DETALLE A
ESCALA 1:2



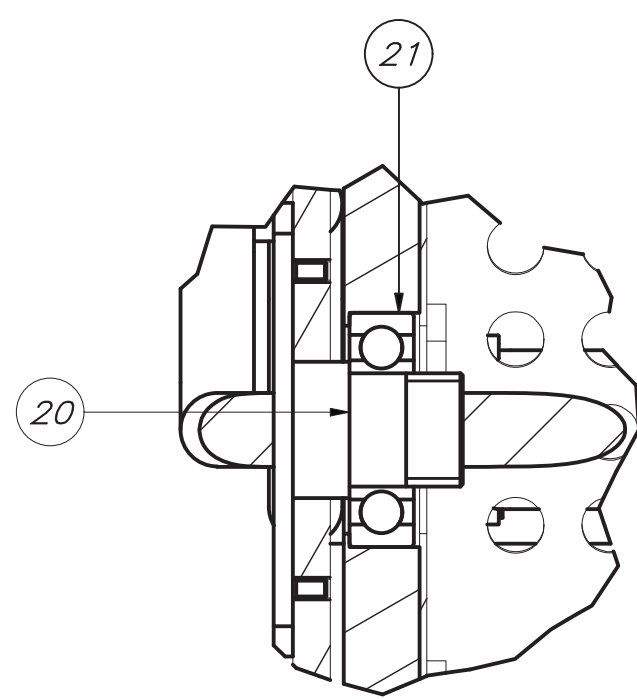
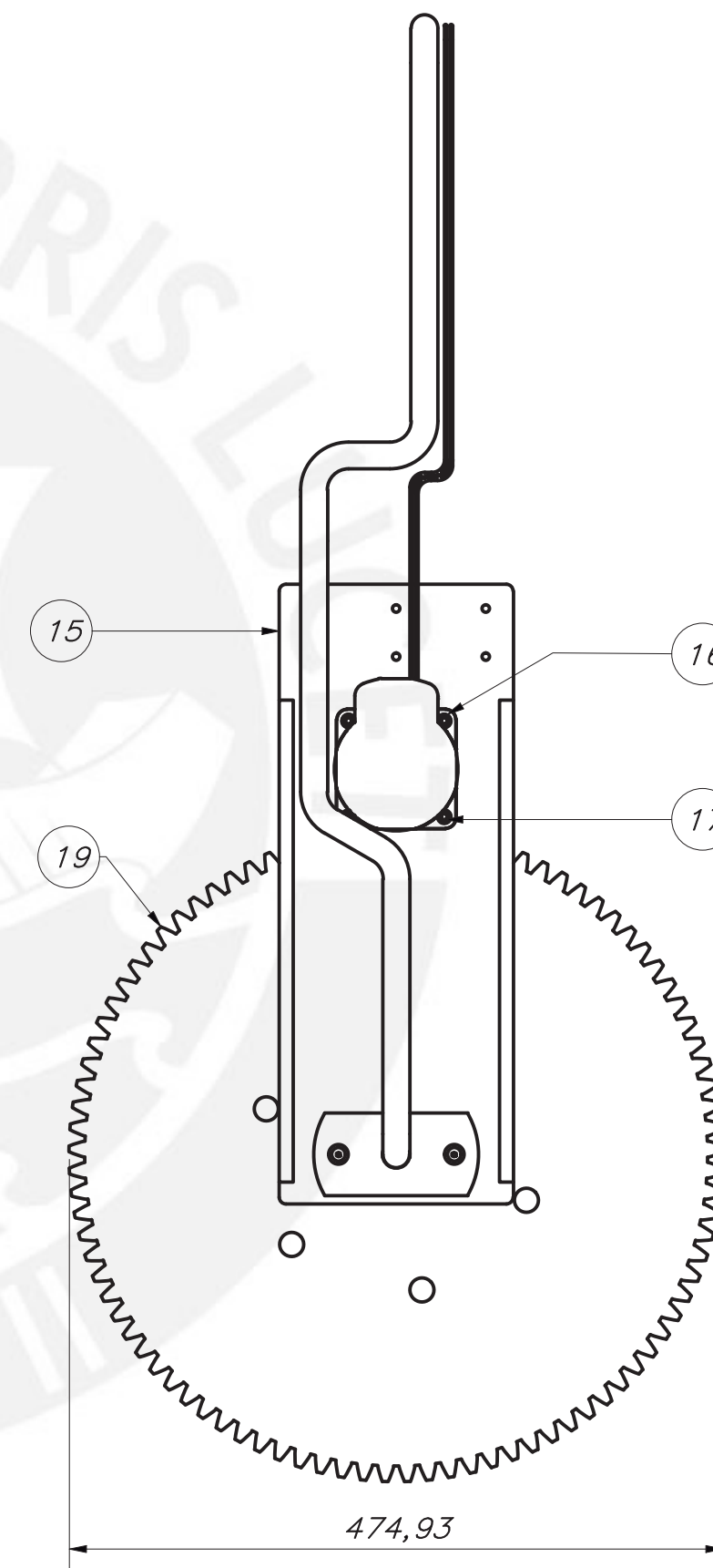
DETALLE D
ESCALA 1 : 1



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



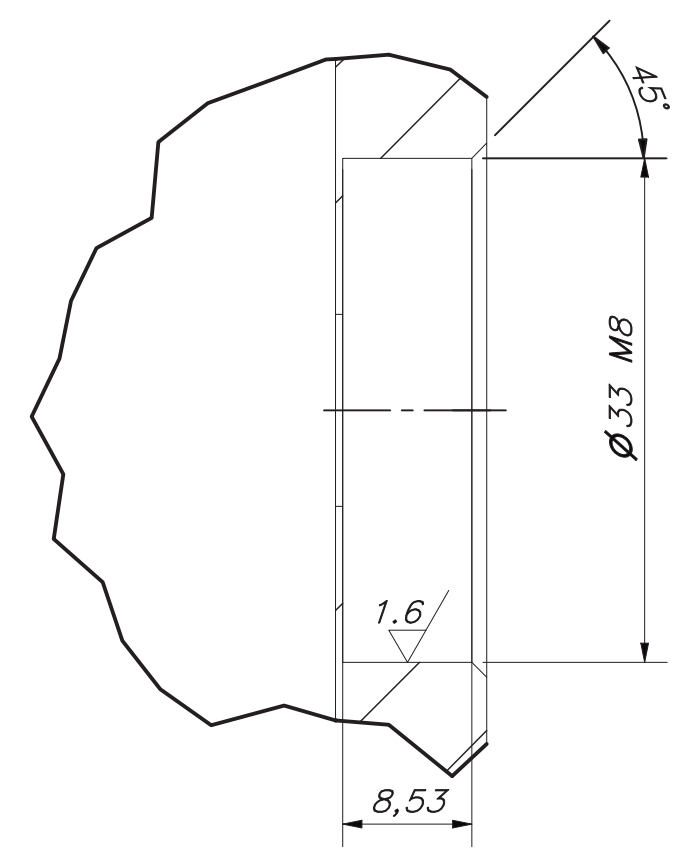
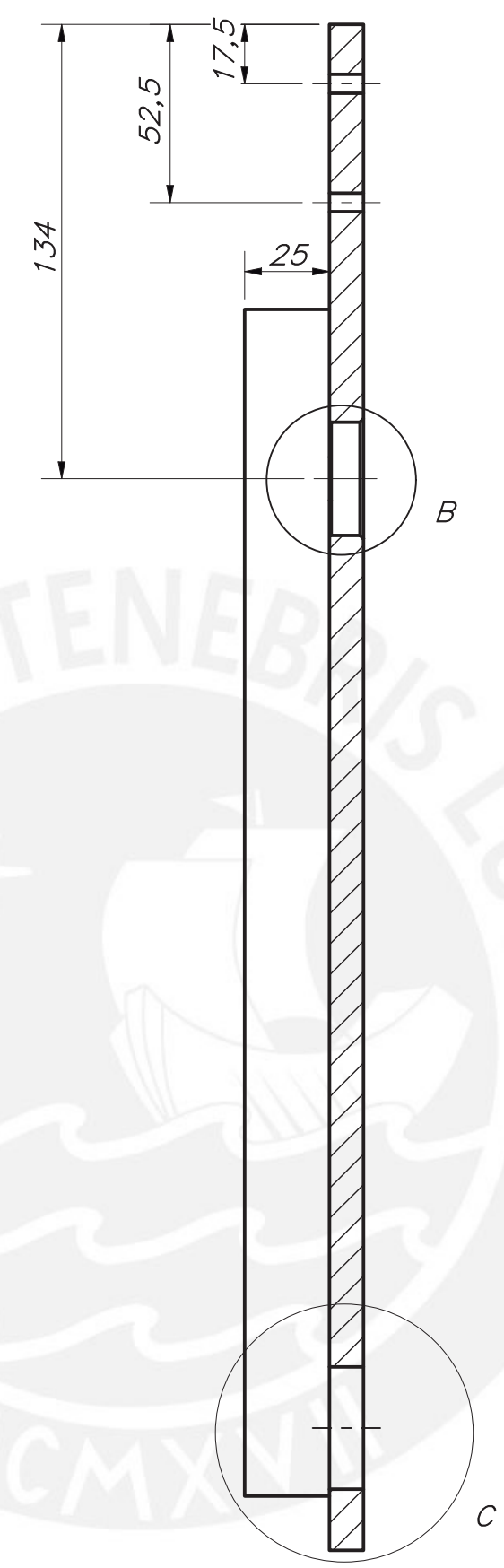
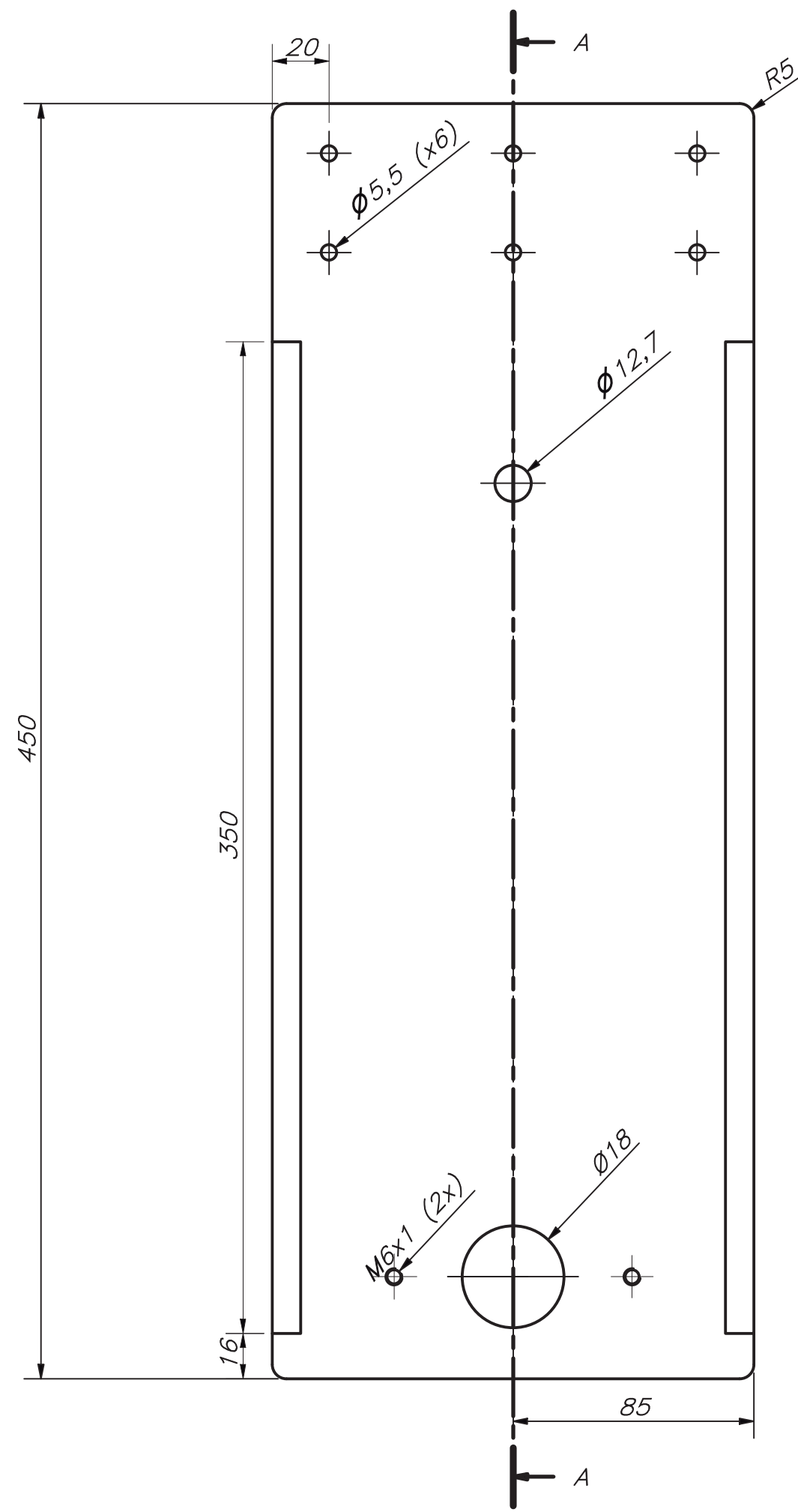
CORTE B-B



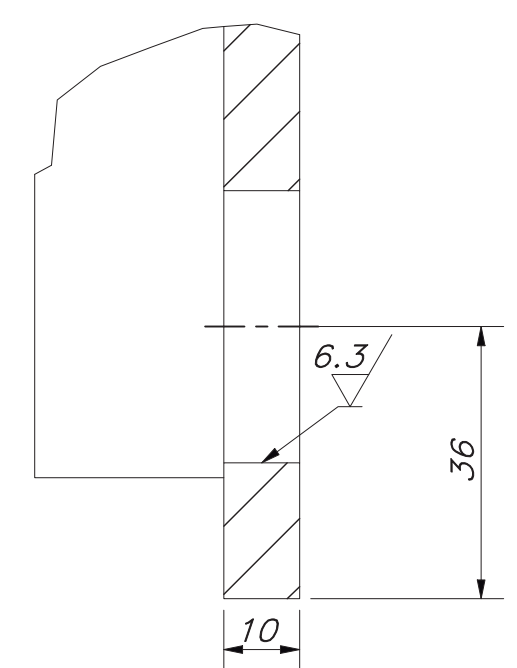
24	2	DIN EN ISO 1234 - 2.5x16		
23	2	PIN CONTRA EJE	ABS Plastic	5.6 - A3
22	4	ISO 10642 - M5x12	B.8	
21	2	RODAMIENTO DE BOLAS 62X25X17	SKF	SKF6305
20	2	EJE DE TAMBOR	PP	6.5 - A2
19	2	RUEDA TAMBOR	PP	6.1 - A3
18	2	PIÑÓN TAMBOR MOTOR	PP	5.5 - A3
17	4	TORNILLO SOCKET- M5 x 16	ISO 4762, SS 440C	
16	4	ARANDELA PLANA - 5	ISO 7090, SS	
15	1	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR	PP	5.1 - A3
14	1	CONECTOR DATOS CLEARPATH		CABLE-CTRL-MU120
13	1	CONECTOR 75V		
12	1	PIÑÓN TAMBOR MOTOR	PP	5.5 - A3
11	1	CABLE CATODO L/MOTOR		
10	1	CHAVETA - A 5 x 5 x 25	DIN 6885-1, AISI 1045	
9	1	CONTRA EJE TAMBOR	PVC	5.2 - A3
8	1	CABLE CATODO		
7	1	EJE SOPORTE	AISI 1045	5.4 - A3
6	1	RODAMIENTO DE BOLAS - BR1 1/2	BS 292	
5	1	ASME B18.27.2 NA4 - 1/2	ASME B18.27.2	
4	1	CHAVETA - A 5 x 5 x 14	DIN 6885-1, AISI 1045	
3	1	SERVOMOTOR 75V		SOSK-3432S-RLM
2	1	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR	PP	5.1 - A3
1	1	SUBENSAMBLE TAMBOR		6 - A2

REF	CANT	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN Y DATOS TÉCNICOS	OBSERVACIONES
-----	------	--------------	------------------------------	---------------

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA			
MÉTODO DE PROYECCIÓN	SUB ENSAMBLE MECANISMO TAMBOR		ESCALA 1:5
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO		FECHA: 2021.06.22
			LÁMINA: 5 - A1



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



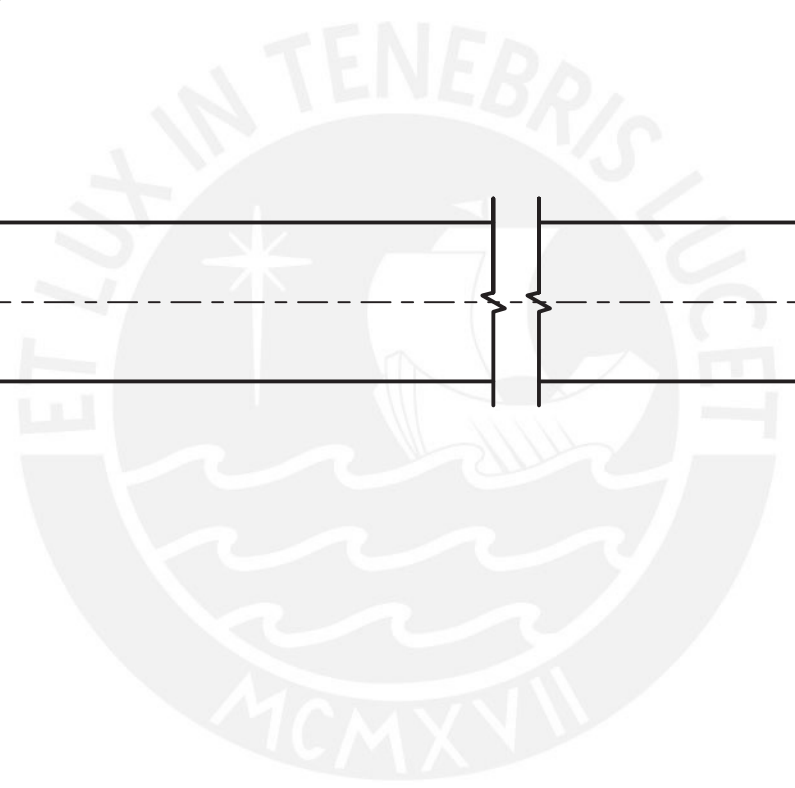
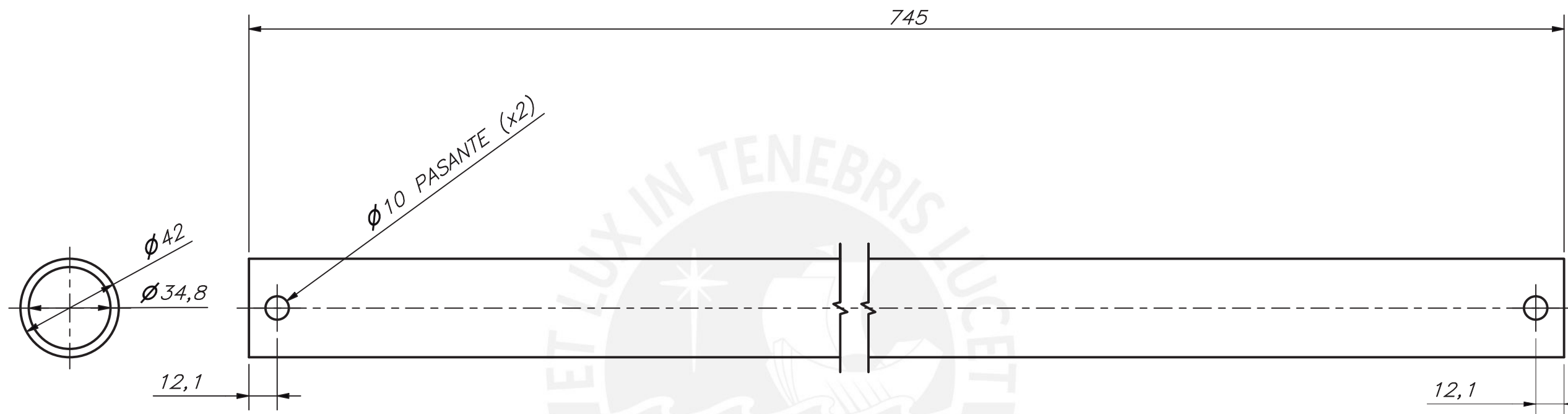
DETALLE C
ESCALA 1 : 1

CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 6.3 SEGÚN ISO 2768-m PP

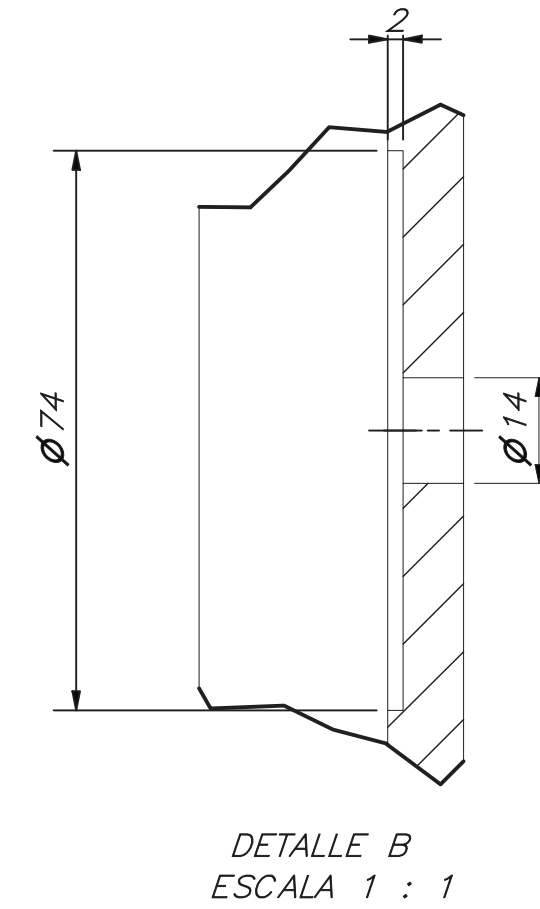
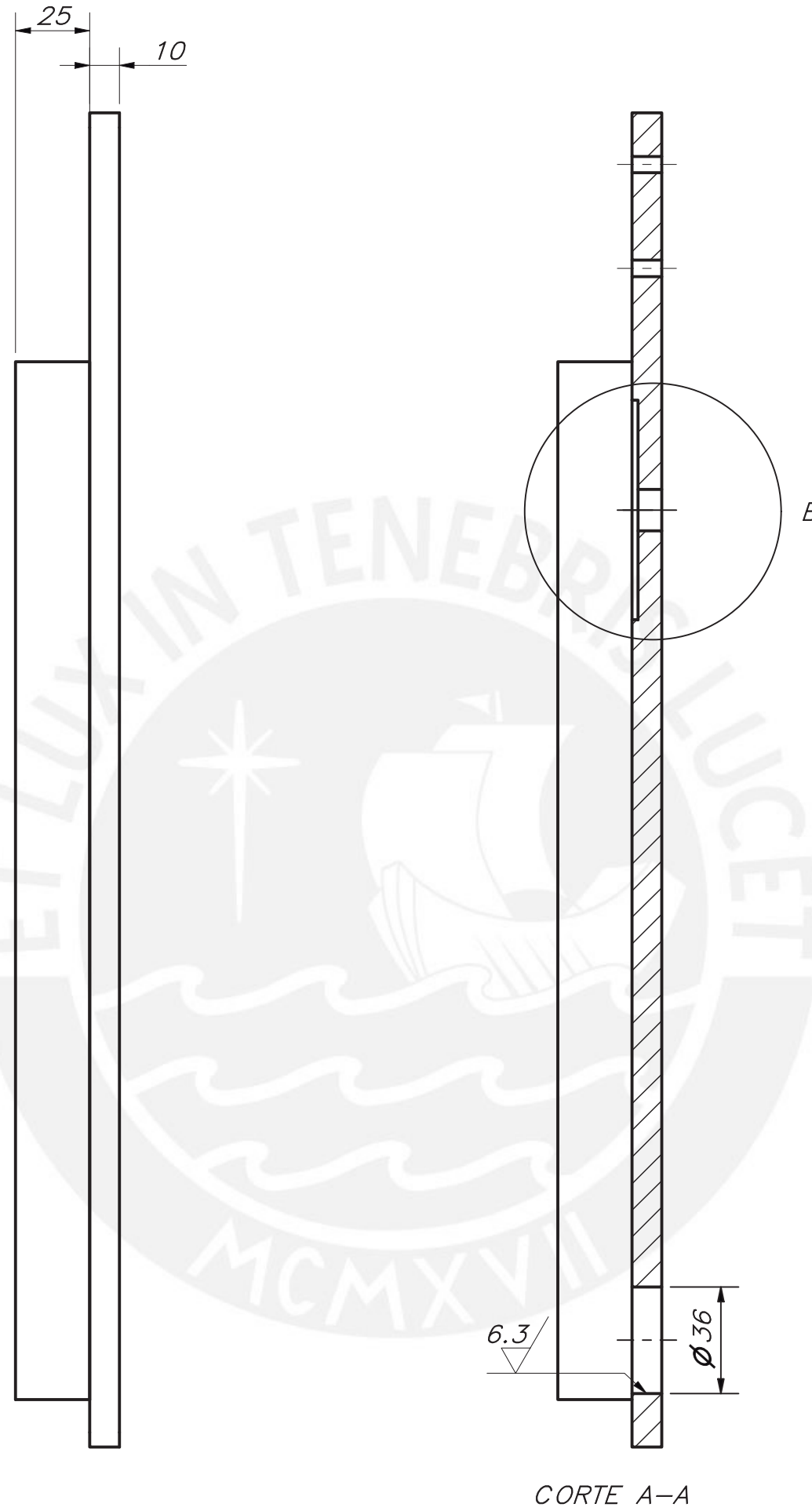
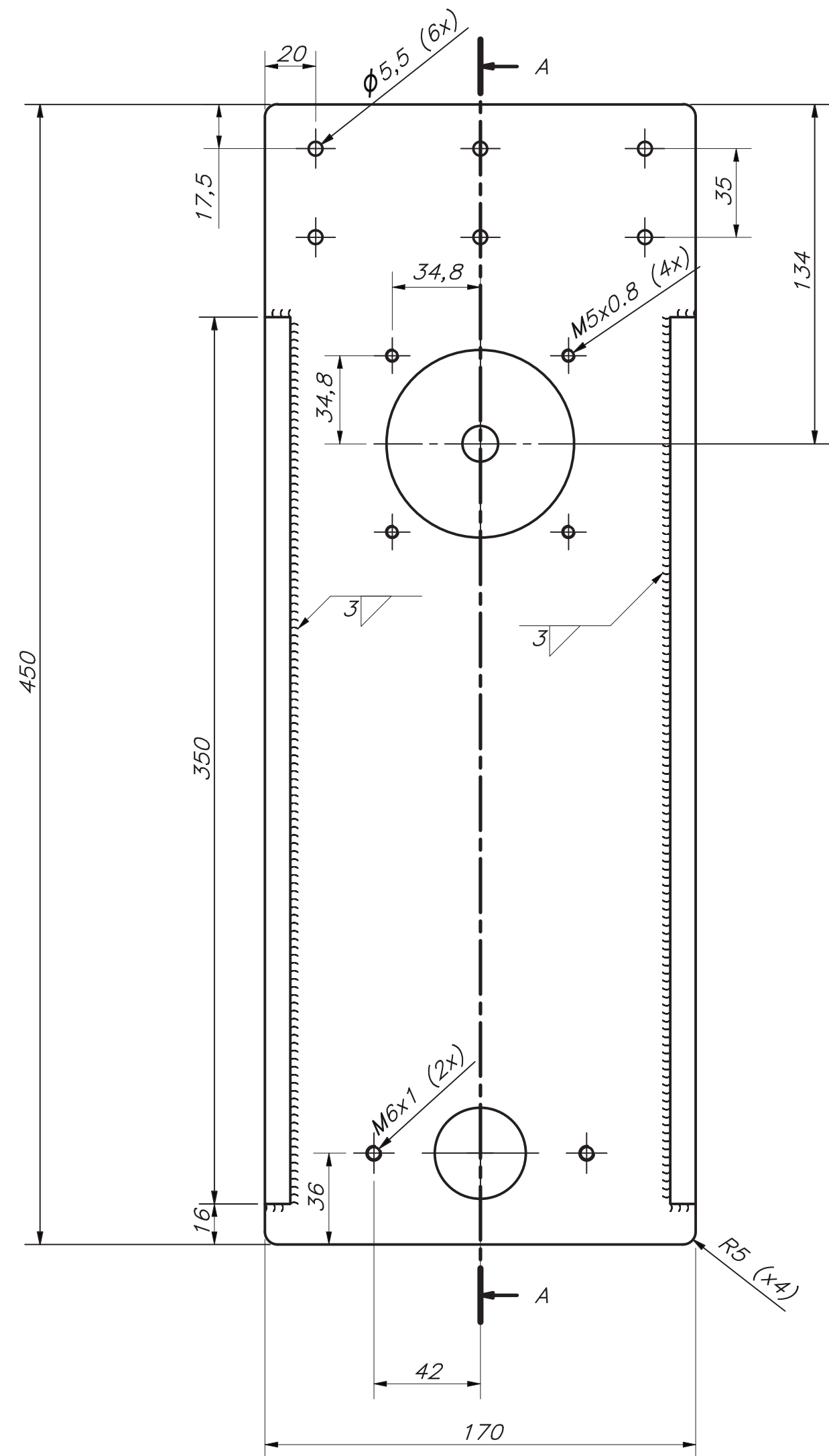
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.1 - A2

33.338	33.343	33.304
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA



ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 6.3/ TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 SEGÚN ISO 2768-m PVC

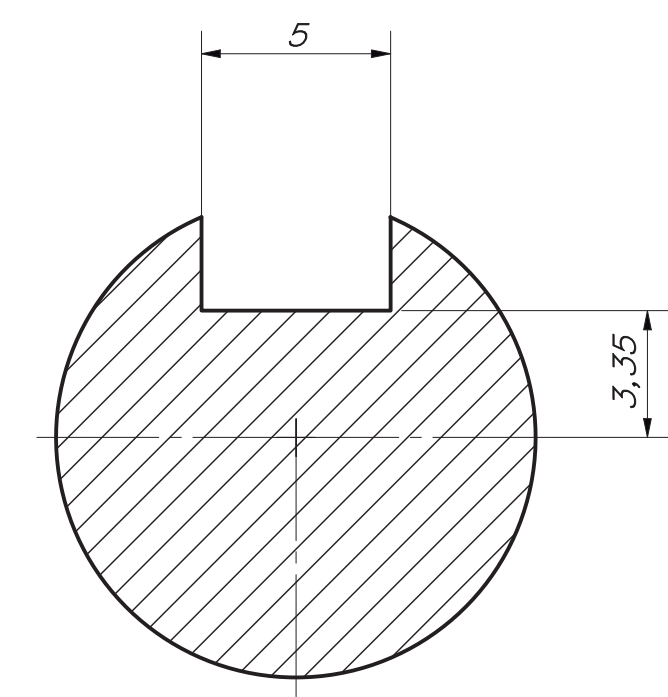
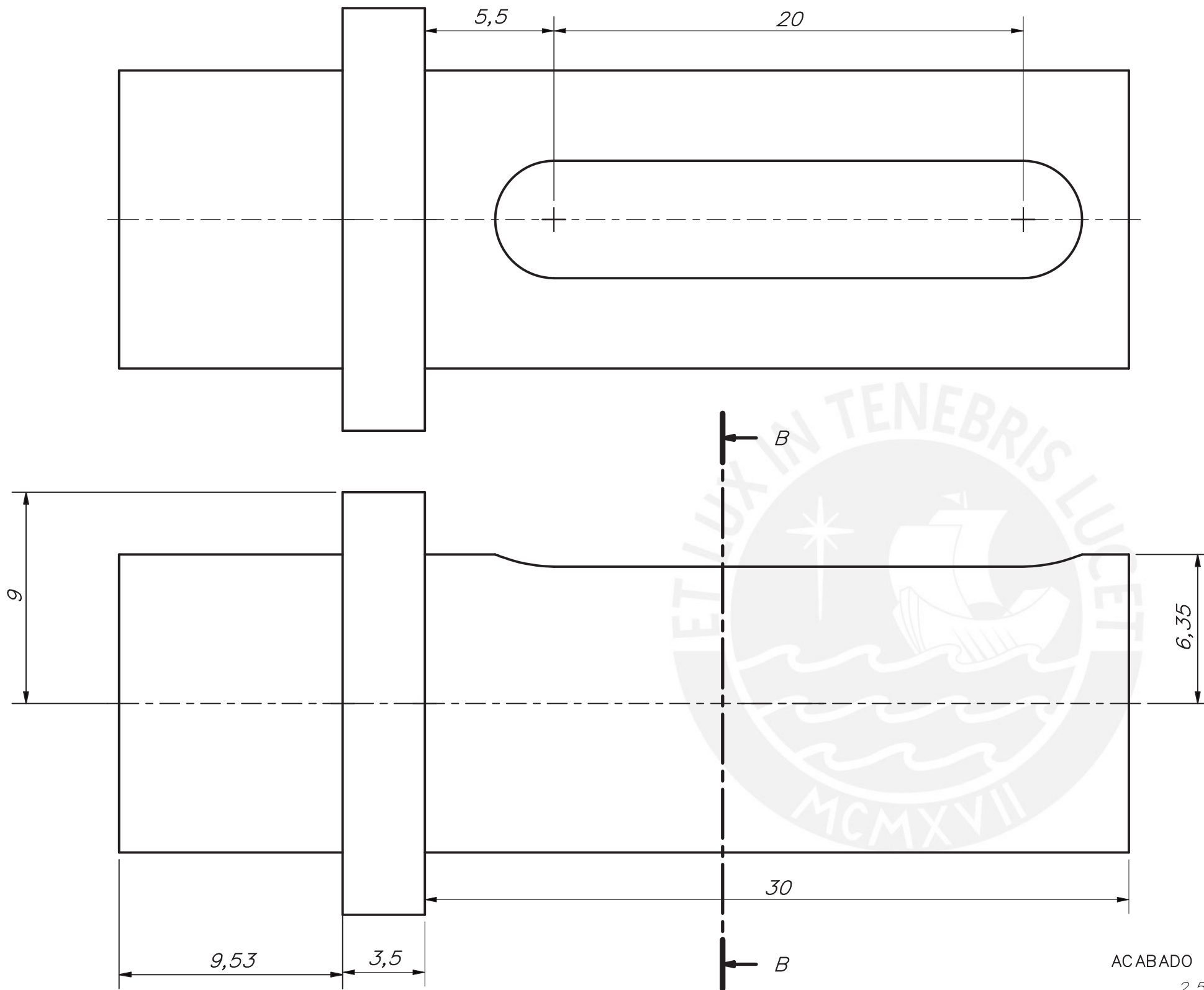
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CONTRA EJE TAMBOR	ESCALA
		1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.2 – A3



NOTA: CORDÓN DE SOLDADURA REALIZADO POR PROCESO DE DEPOSICIÓN DE PLÁSTICO (PP) FUNDIDO.

ACABADO SUPERFICIAL 6.3/ TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL PP

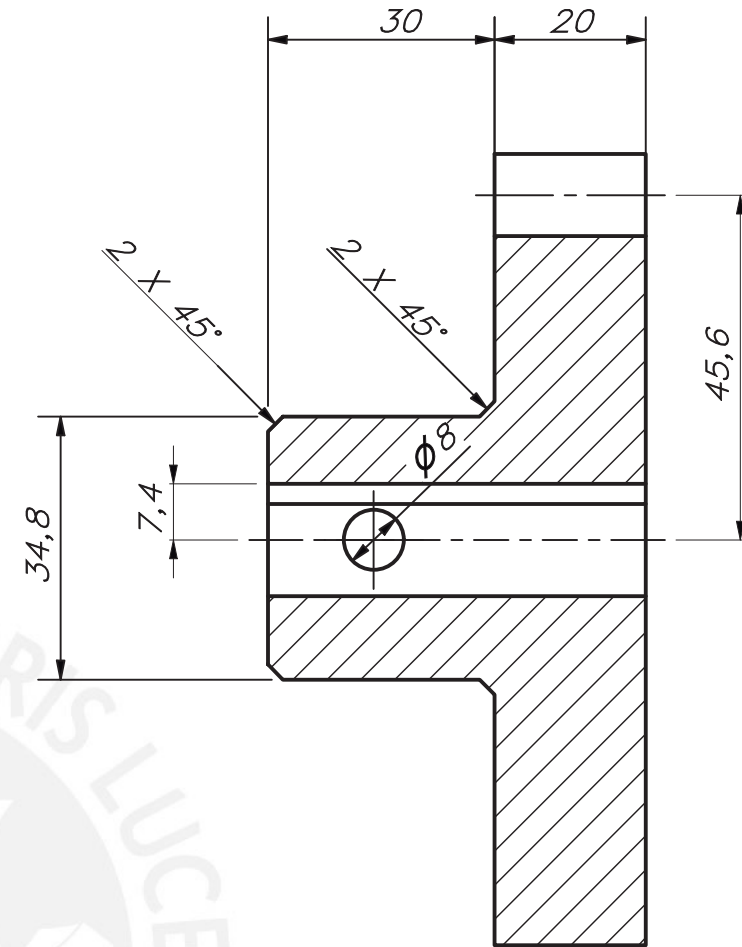
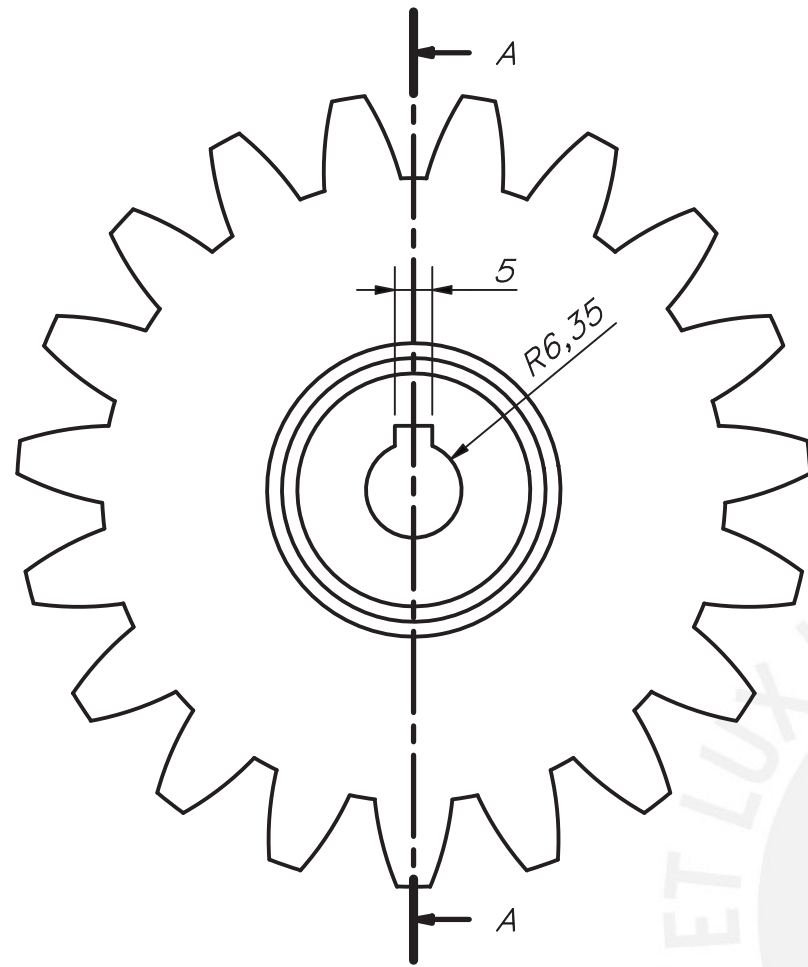
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SOPORTE VERTICAL EJE TAMBOR MOTOR	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.3 - A3



NOTA: CHAFLANES NO MENCIONADOS 0.5 mm

ACABADO SUPERFICIAL $2.5/\sqrt{\text{mm}}$ TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL AISI 1020

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	EJE SOPORTE	ESCALA 5:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.4 – A3



CORTE A-A

NOTA: CHAFLANES NO MENCIONADOS 1 mm

ACABADO SUPERFICIAL

TOLERANCIA GENERAL

MATERIAL

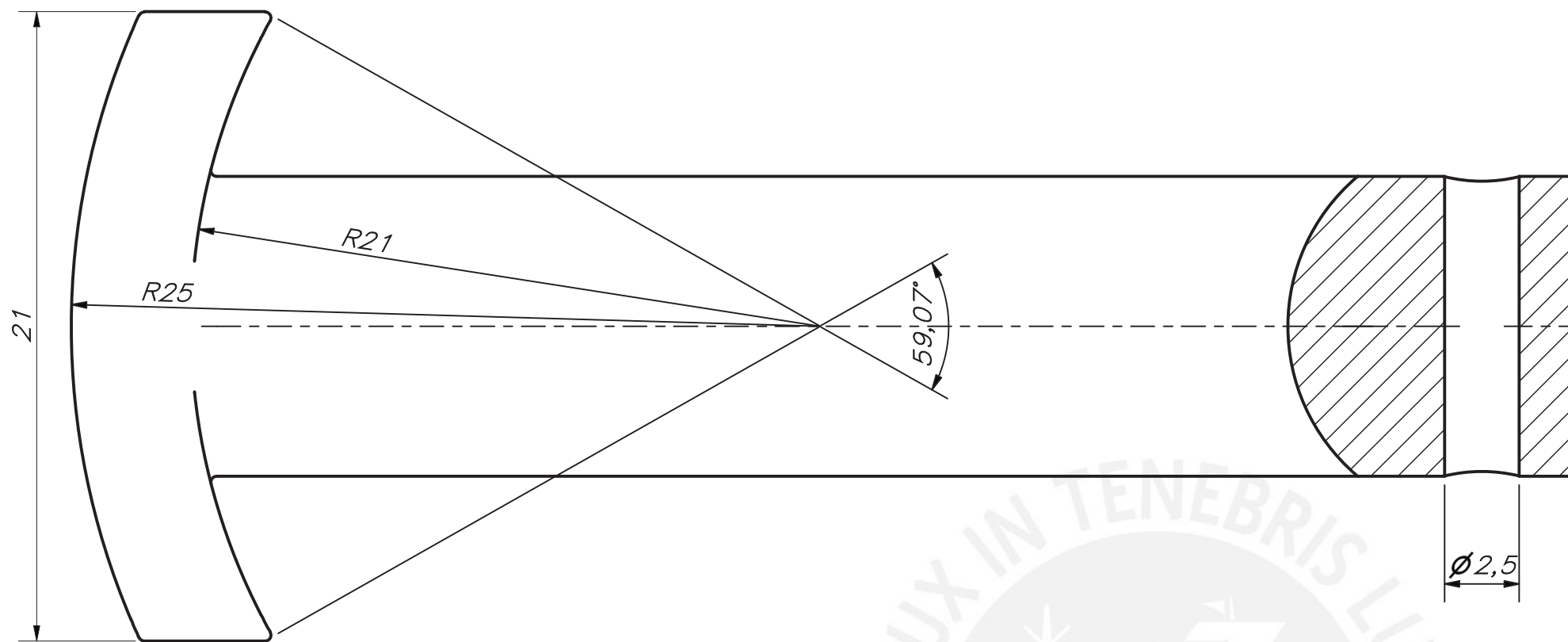


SEGÚN ISO 2768-m

PP

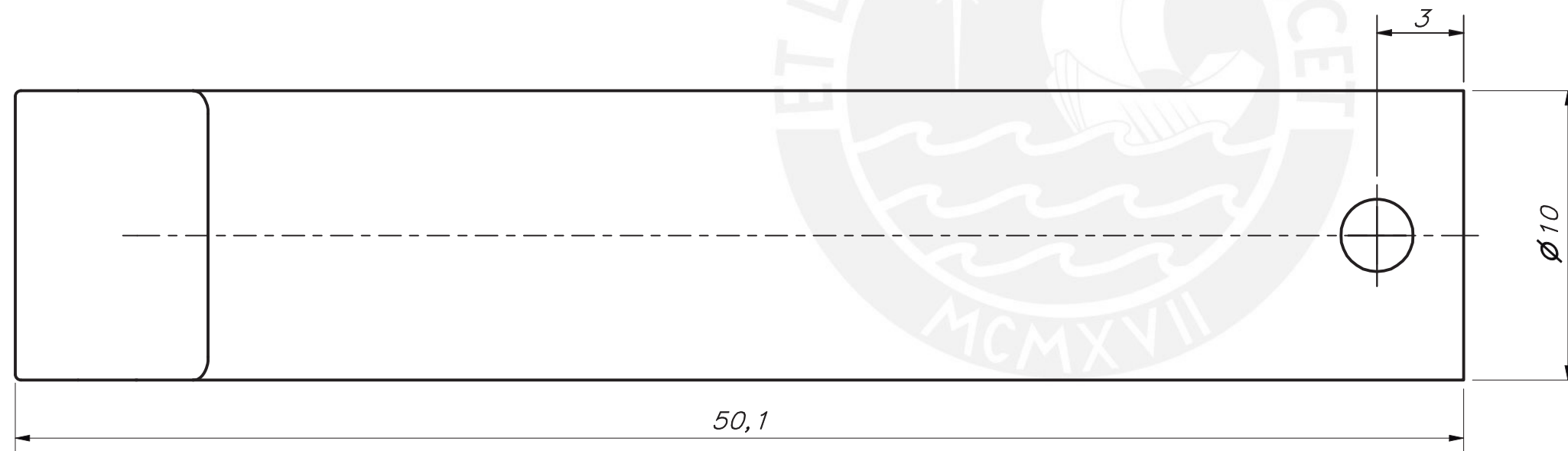
MÓDULO	m_n	5
NÚMERO DE DIENTES	Z	18
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	β	0
DIRECCIÓN DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	-	0
DESPLAZAMIENTO DE LA HERRAMIENTA	x	0
ÁNGULO DE LA HERRAMIENTA	α	20
DATOS DEL TALLADO		

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PIÑÓN TAMBOR	ESCALA
		1:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.5 - A3



REDONDEOS 0.4 mm

$\varnothing 2,5$



50,1

$\varnothing 10$

ACABADO SUPERFICIAL

100

TOLERANCIA GENERAL

SEGÚN ISO 2768-m

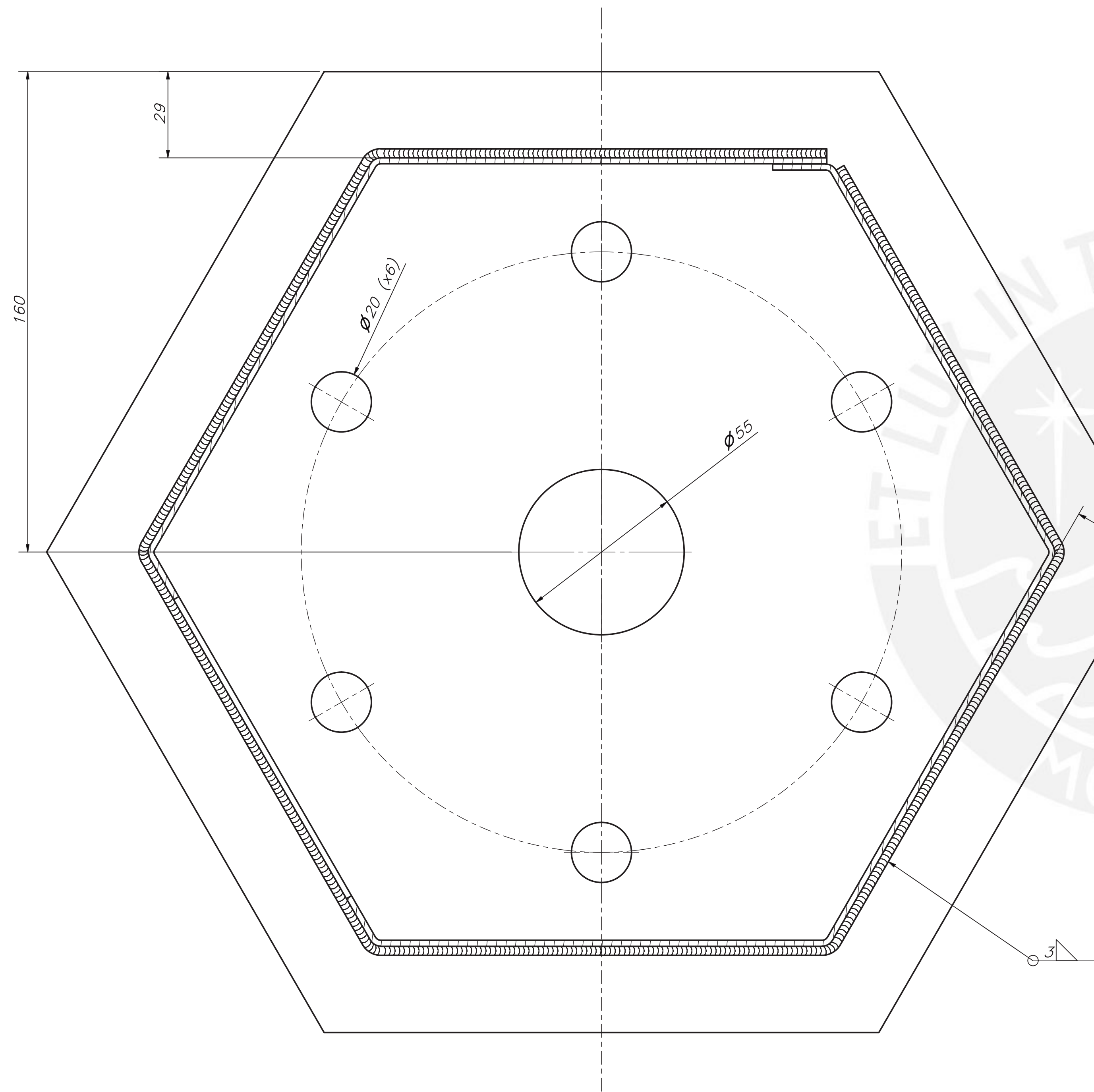
MATERIAL

ABS

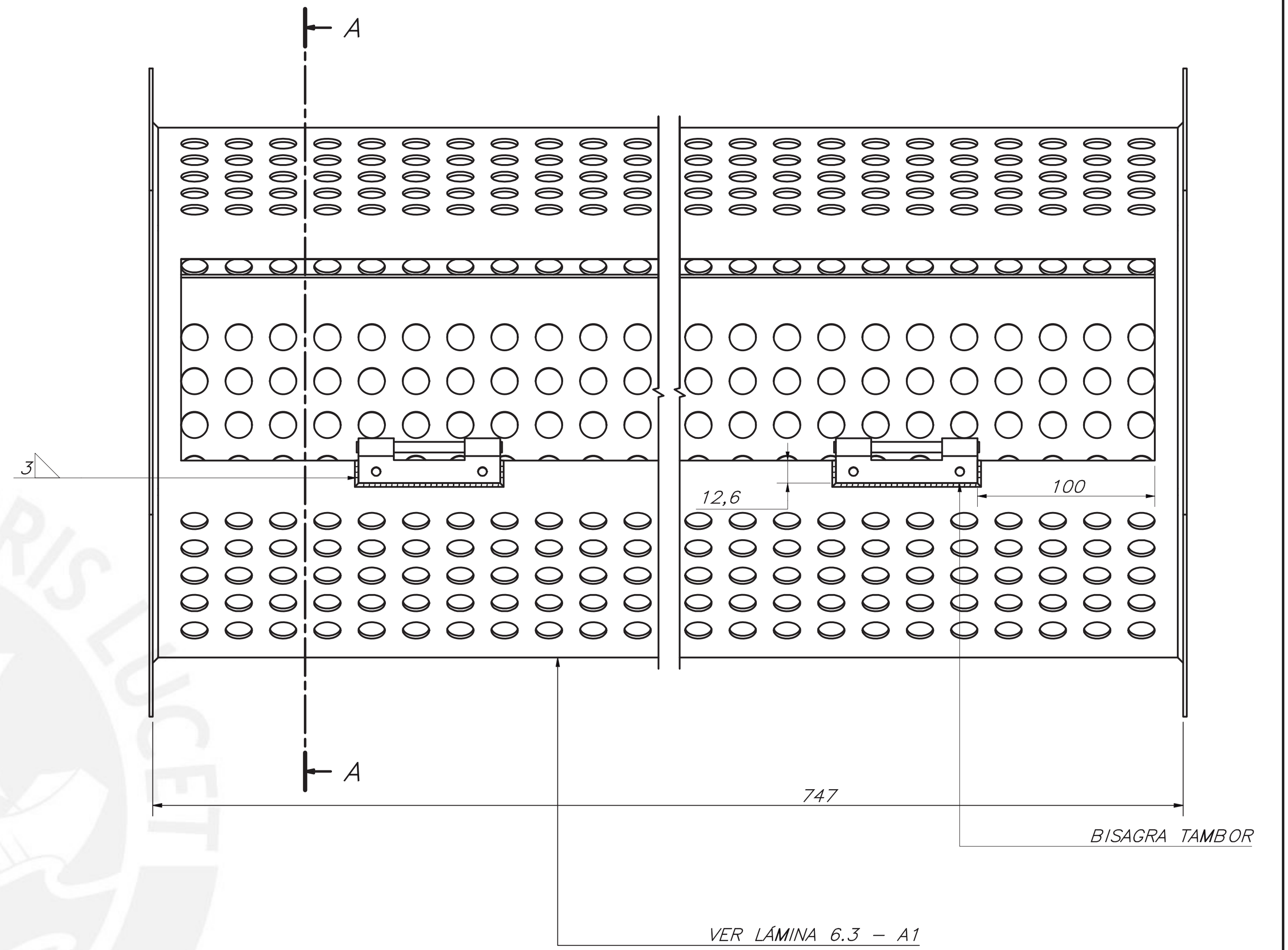
NOTA: FABRICACIÓN POR PROCESO FDM
 CON FILAMENTO DE 1.75 mm, ALTURA
 DE CAPA DE 0.1 mm, CON EL EJE XY
 DE LA IMPRESORA ALINEADO CON EL
 EJE LONGITUDINAL DE LA PIEZA Y CON
 BOQUILLA DE 0.4 mm DE DIÁMETRO.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN		ESCALA
	PIN CONTRA EJE	5:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 5.6 – A3



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



BISAGRA TAMBOR

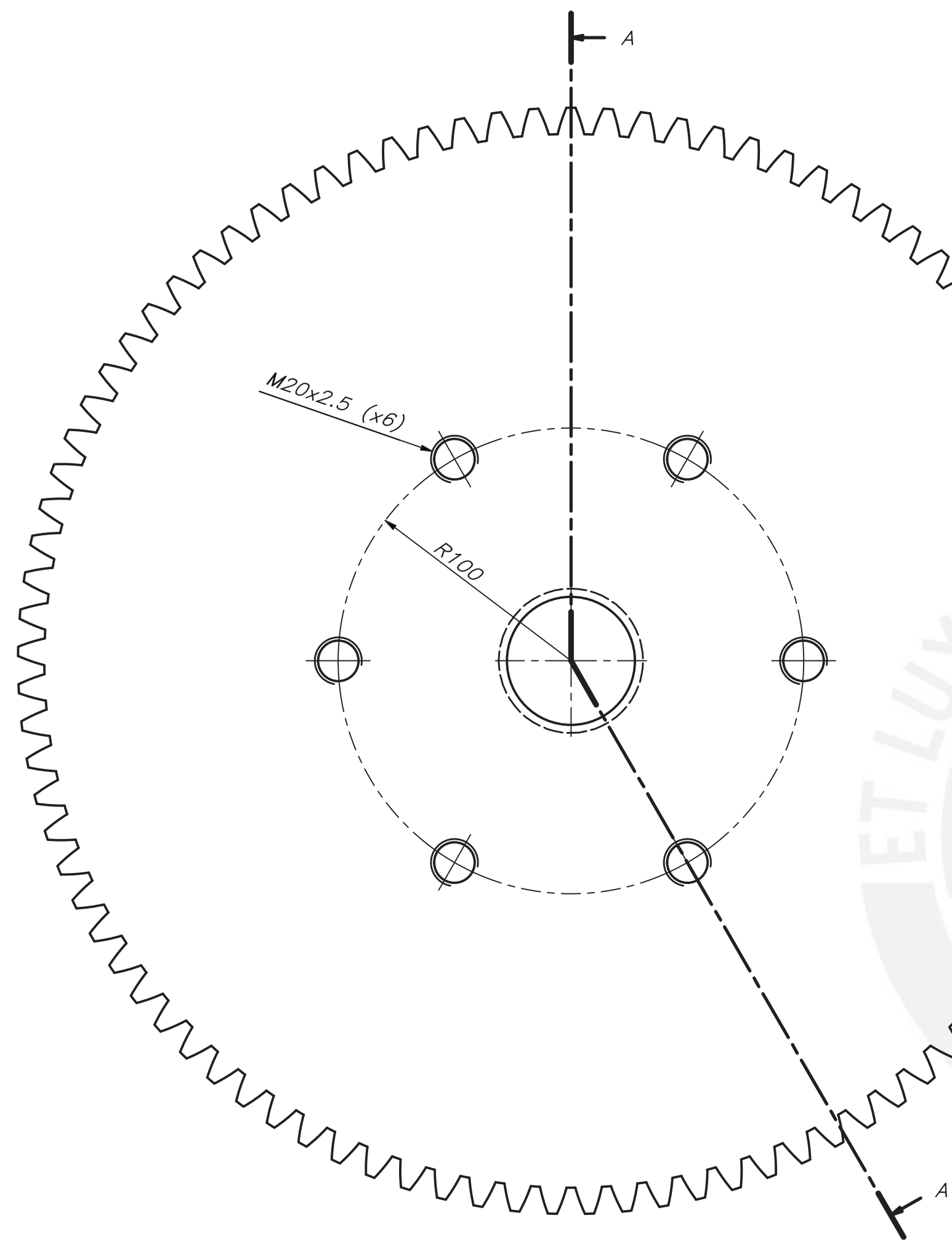
VER LÁMINA 6.3 - A1

NOTA 1:
TODAS LAS SOLDADURAS INDICADAS EN ESTE PLANO SE REALIZAN POR EL MÉTODO DE SOLDADURA POR AIRE CALIENTE

NOTA 2:
TODAS LAS PIEZAS ESTÁN FABRICADAS EN PLANCHA DE POLIPROPILENO DE 10 mm

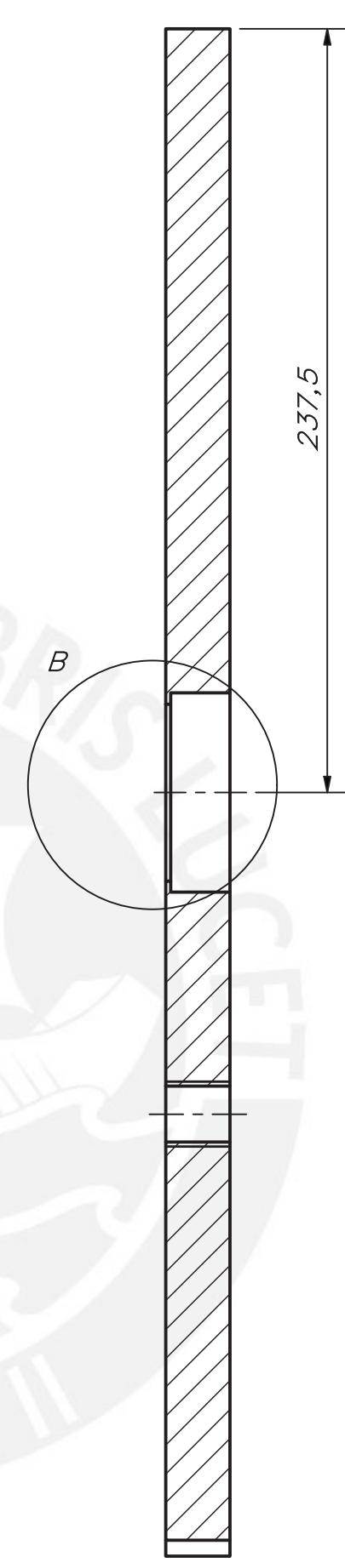
ACABADO SUPERFICIAL 6.3 TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	SUB ENSAMBLE TAMBOR	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 6 - A1



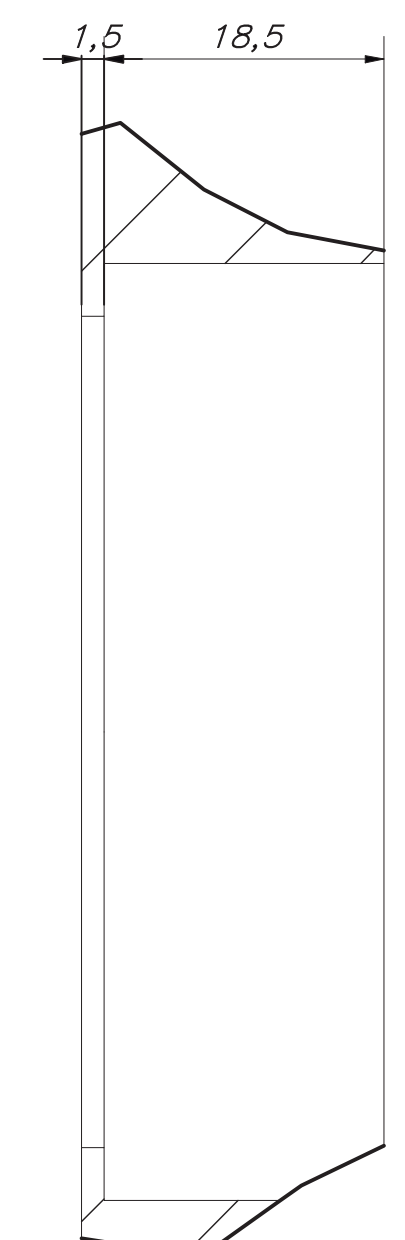
M20x2.5 (x6)

R100



237,5

CORTE A-A

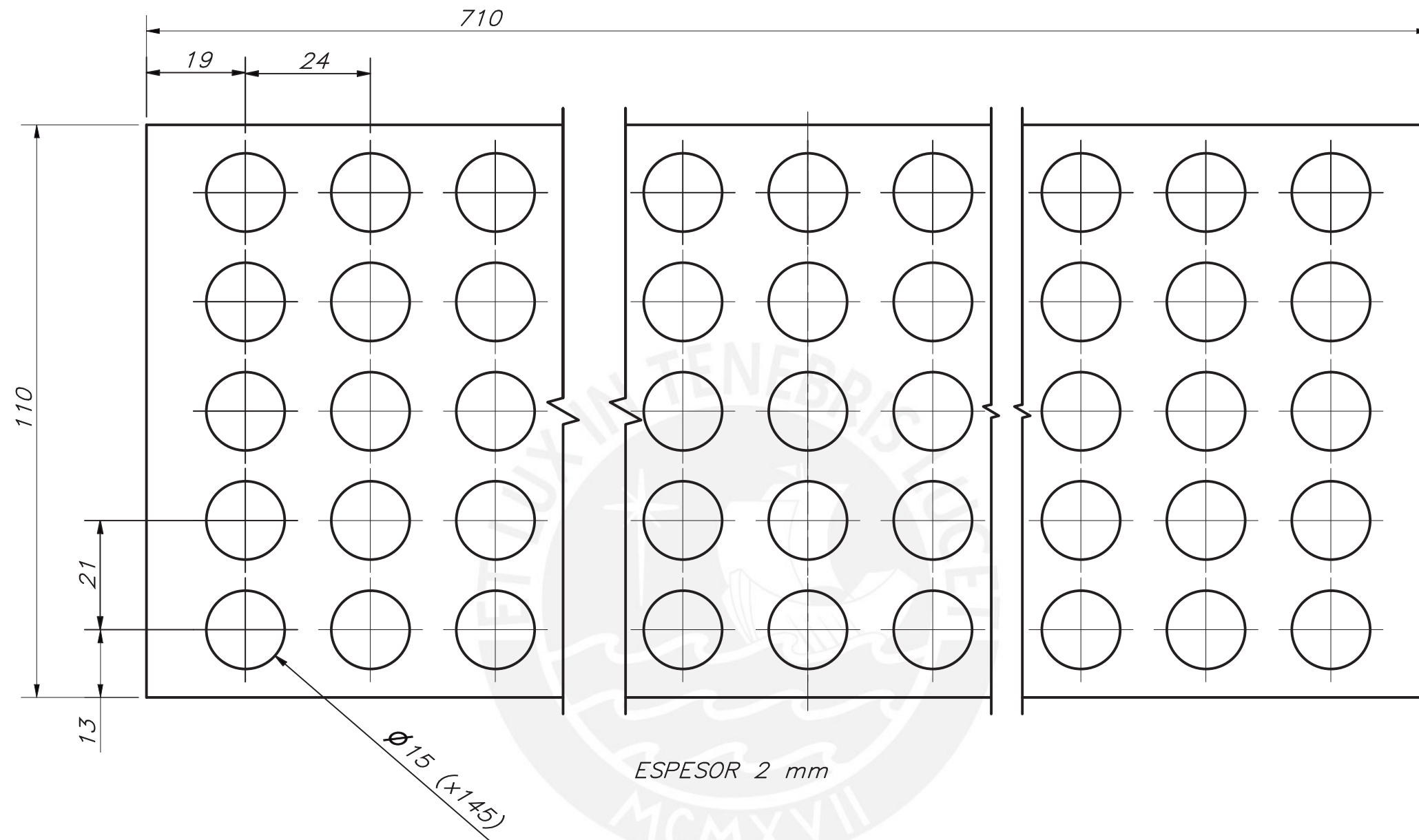


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

MÓDULO	m_n	5
NÚMERO DE DIENTES	Z	93
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	β	20
DIRECCIÓN DE INCLINACIÓN DE LOS DIENTES	-	0
DESPLAZAMIENTO DE LA HERRAMIENTA	x	0
ÁNGULO DE LA HERRAMIENTA	α	0
DATOS DEL TALLADO		

ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 $\sqrt{10}$ SEGÚN ISO 2768-m PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	RUEDA TAMBOR	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 6.1 - A2



ACABADO SUPERFICIAL

6.3/
▽

TOLERANCIA GENERAL

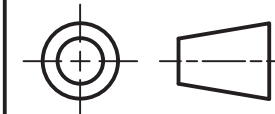
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



PUERTA TAMBOR

ESCALA

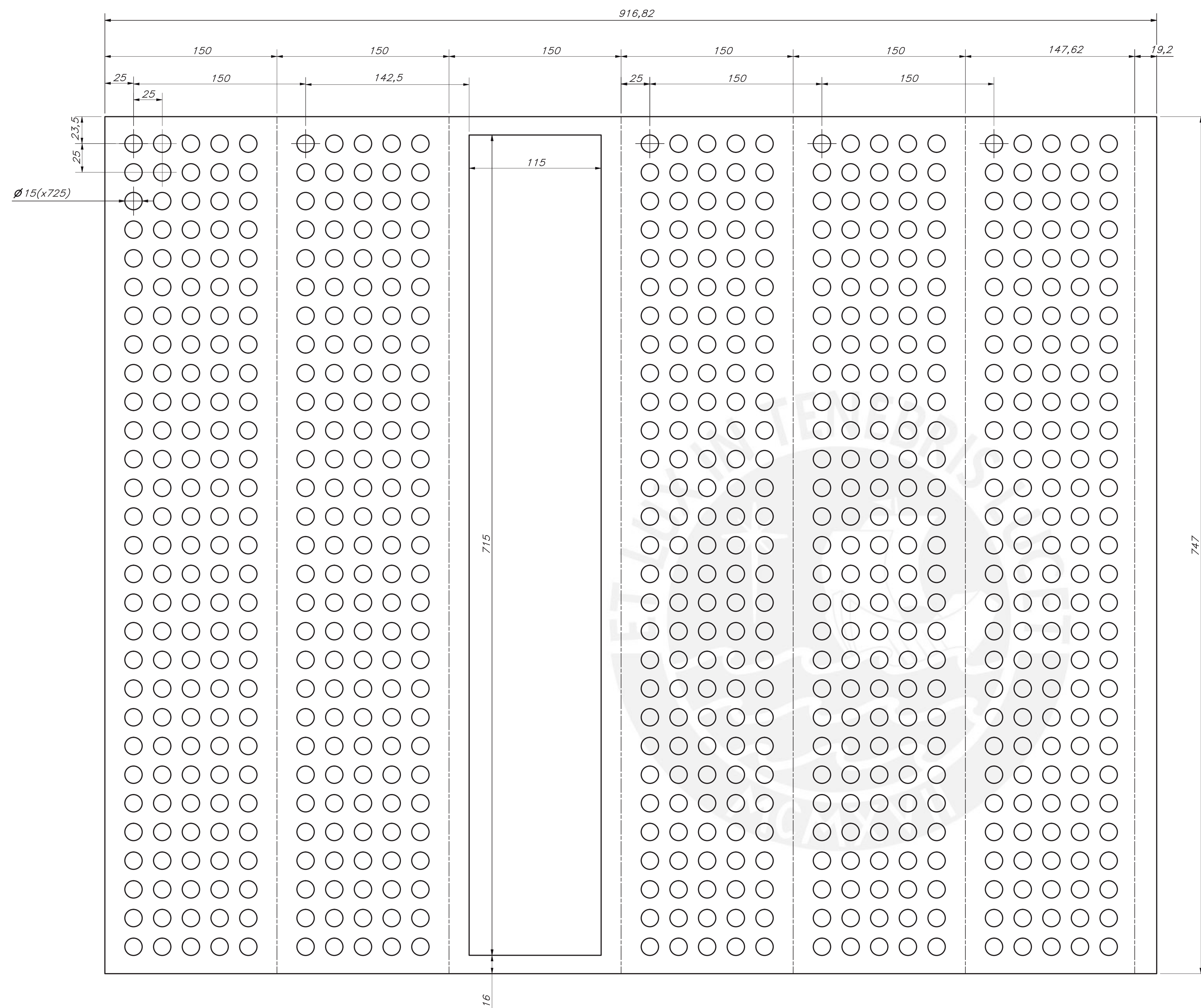
1:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
6.2 - A3

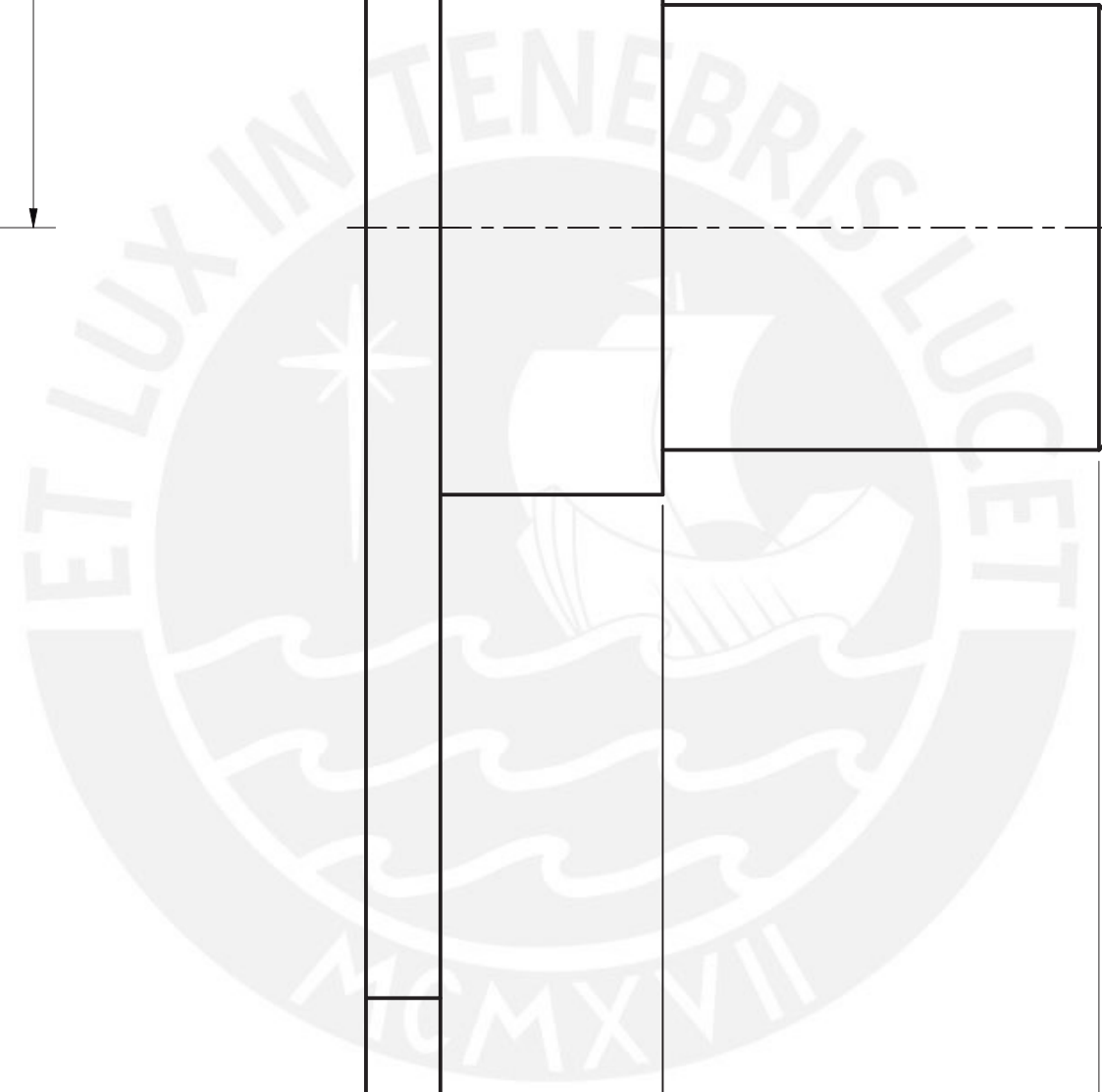
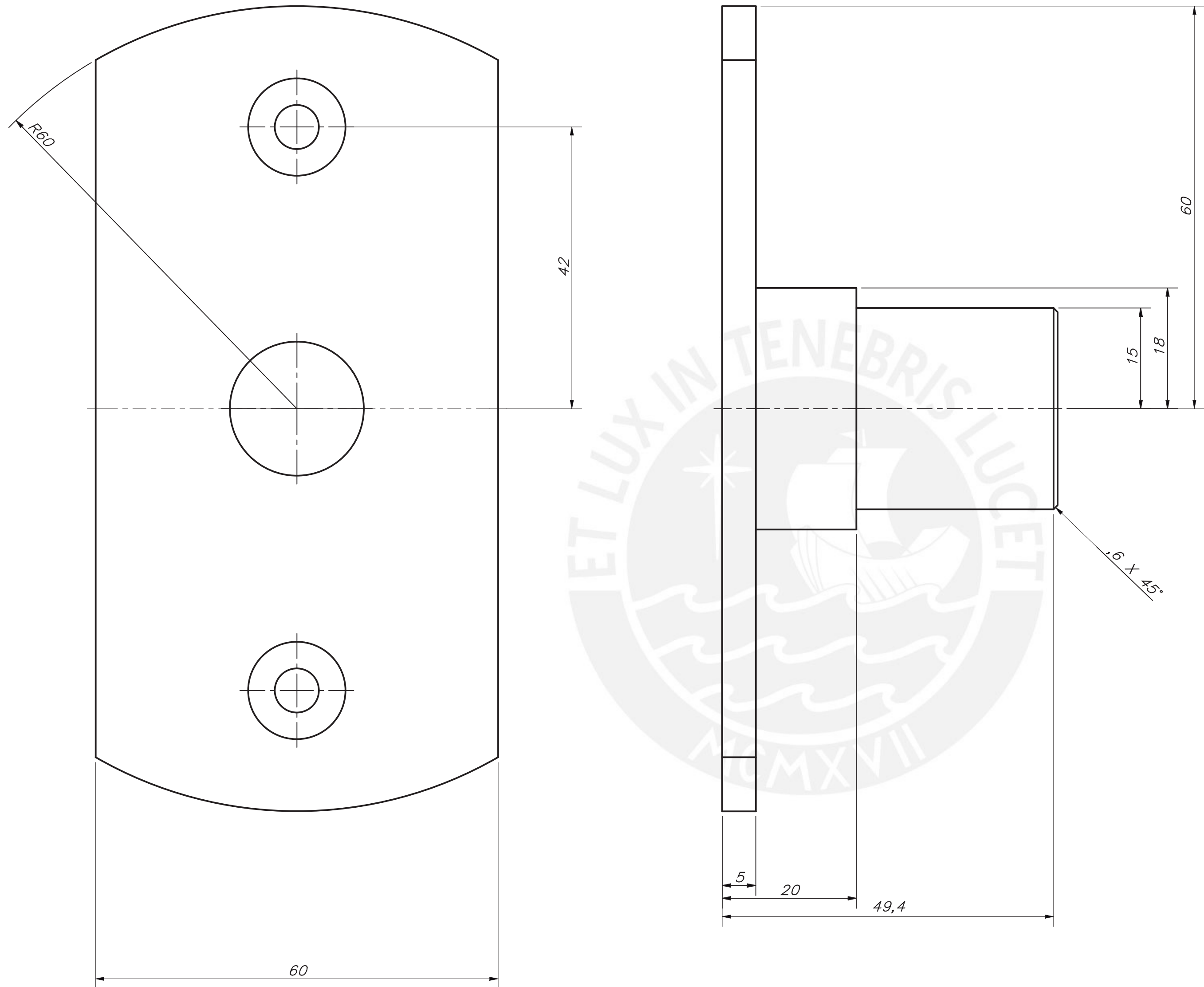


ESPESOR 2 mm

NOTA: SE RECOMIENDA REALIZAR LA PIEZA EN UNA MÁQUINA DE CORTE LÁSER.

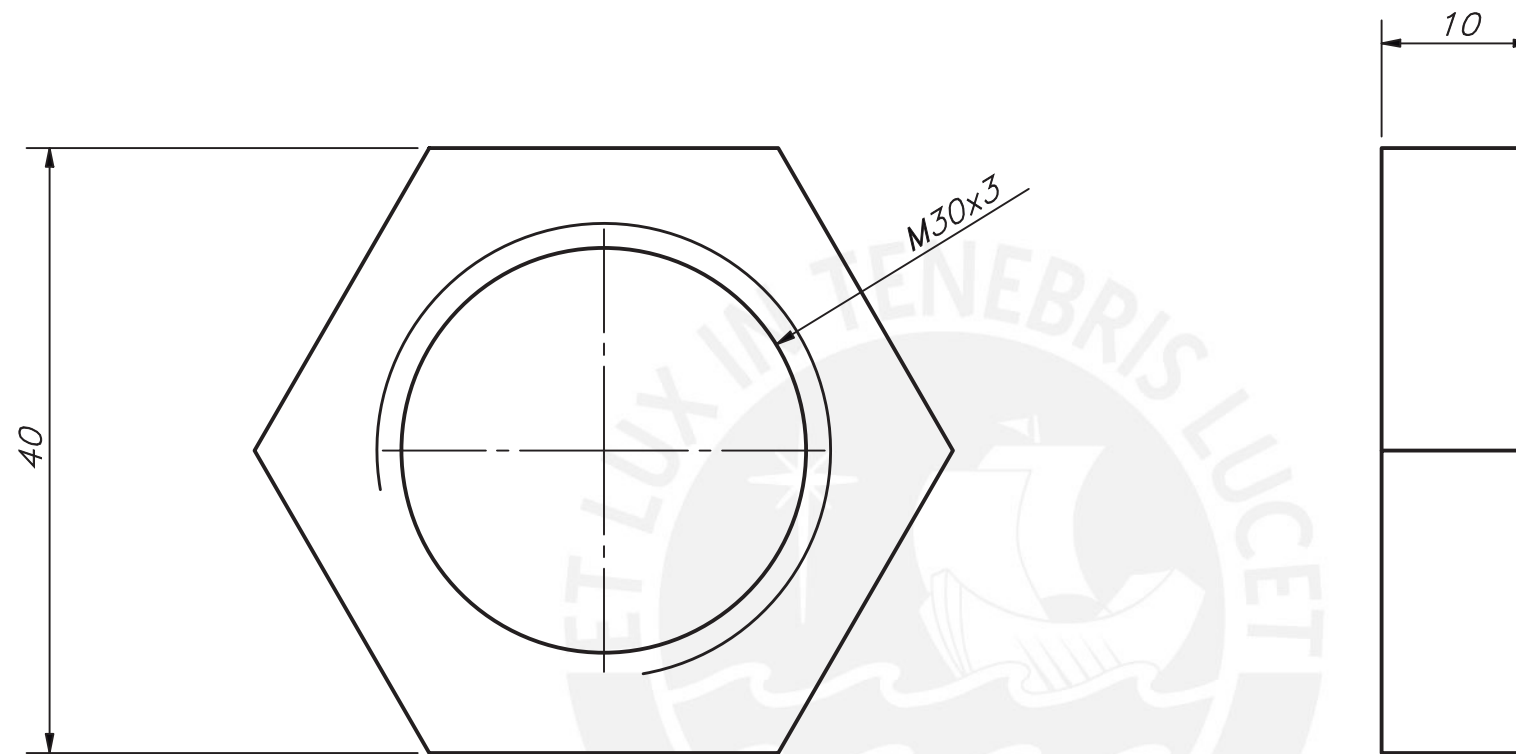
ACABADO SUPERFICIAL 6.3/ TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 2768-m MATERIAL PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PARED TAMBOR	ESCALA 1:2
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 6.3 - A1



ACABADO SUPERFICIAL TOLERANCIA GENERAL MATERIAL
 $\sqrt{10}$ SEGÚN ISO 2768-m PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	EJE TAMBOR	ESCALA 2:1
20120478	ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO	FECHA: 2021.06.22
		LÁMINA: 6.5 - A2



ACABADO SUPERFICIAL

10/

TOLERANCIA GENERAL

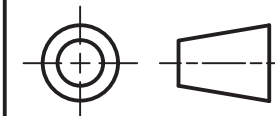
SEGÚN ISO 2768-m

MATERIAL

PP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN



TUERCA EJE TAMBOR

ESCALA

2:1

20120478

ULLOQUE BADARACCO, RODRIGO

FECHA:
2021.06.22

LÁMINA:
6.6 – A3

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] P. Amundsen. Estados Unidos Patente US2120478A, 1938.
- [2] C. Sierka, Industrial Zinc Plating Processes (Master's thesis), Indiana: Indiana University of Pennsylvania, 2015.
- [3] V. Cuzcano, Metodología de evaluación para definir el modelo de grúa torre/telescópica óptima para una edificación multifamiliar en Lima, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2014.
- [4] J. Nieto, Elementos de máquinas, Castilla - La Mancha: Universidad de Castilla - La Mancha, 2007.
- [5] K. Paulsen, Elementos de Máquinas 1: Fuerzas en elementos de transmisión de potencia, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [6] U. C. I. d. Madrid, «Material de clase de diseño mecánico - Transmisión de por correas (1era parte),» 25 Setiembre 2011. [En línea]. Available: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/diseño-mecanico-1/material_clase/ocw_correas1. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [7] N. A. -. LinMot, «LinMot: Guías lineales / Módulo lineal,» Grupo Sulzer, [En línea]. Available: <https://linmot.com/es/productos/guias-lineales-modulo-lineal/>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [8] H. Del Campo, «Polipastos: teoría y aplicaciones,» Gran Vertical, 2015. [En línea]. Available: http://www.granvertical.com/2015/05/23/98/#Tipos_de_polipastos. [Último acceso: 30 Junio 2020].
- [9] A. Duato, «Diseño mecánico: Sistema piñon-cremallera,» SEAS, Estudios Superiores Abiertos, 06 Agosto 2020. [En línea]. Available: https://www.seas.es/blog/diseño_mecanico/el-sistema-pinon-cremallera/. [Último acceso: 30 Junio 2020].
- [10] K. Paulsen, Elementos de Máquinas 1: Uniones entre eje y cubo, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [11] K. Paulsen, Elementos de Máquinas: Uniones soldadas, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [12] Rechner Sensors, «Sensor inductivo: Detección sin contacto de objetos de metal que se aproximan,» [En línea]. Available: https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-inductivo#C%C3%B3mo_funciona_un_sensor_inductivo. [Último acceso: 05 Agosto 2020].

- [13] Rechner Sensors, «Sensor capacitivo: Controles de presencia y mediciones de distancia en espacios reducidos,» [En línea]. Available: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-capacitivo>. [Último acceso: 01 Agosto 2020].
- [14] Naylamp Mechatronics, «Sensor de distancia infrarrojo SHARP GP2Y0A21,» [En línea]. Available: <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/203-sensor-de-distancia-infrarrojo-sharp-gp2y0a21.html>. [Último acceso: 02 Agosto 2020].
- [15] MOTOREX, «Motores eléctricos: Diferencias entre motores eléctricos de Corriente Continua y Corriente Alterna,» MOTOREX, 07 Octubre 2019. [En línea]. Available: <http://www.motorex.com.pe/blog/cual-es-la-diferencia-entre-los-motores-electricos-ca-y-cc/>. [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [16] MecatrónicaLATAM, «Motor paso a paso,» Mecatrónica , [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/motor/motores-electricos/motor-de-corriente-continua/motor-paso-a-paso/>. [Último acceso: 02 Agosto 2020].
- [17] InfoPLC, «Cuándo aplicar motores AC o DC,» 01 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/105388-aplicar-motores-ac-dc>. [Último acceso: 02 Agosto 2020].
- [18] DELTA, «Fuentes conmutadas "SMPS" (Switched Mode Power Supplies),» DELTAeu, [En línea]. Available: https://shopdelta.eu/fuentes-conmutadas-smps-switched-mode-power-supplies_l6_aid865.html. [Último acceso: 31 Julio 2020].
- [19] REGNER , «ACTUADORES: Todo lo que hay que saber,» REGNER, 19 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.regner.tech/articulos/todo-lo-que-hay-que-saber-sobre-actuadores/>. [Último acceso: 31 Julio 2020].
- [20] SDR - SanDoRobotics, «SanDoRobotics,» [En línea]. Available: <https://sandorobotics.com/producto/1645/>. [Último acceso: Agosto 05 2020].
- [21] OMEGA, [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>. [Último acceso: 31 Julio 2020].