

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Diseño de una máquina prensadora automatizada de
ladrillos ecológicos con interlocking**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Harry Eros Ramirez Ocaña

ASESOR:

Jhon Manuel Portella Delgado

Lima, Marzo, 2024

Informe de Similitud

Yo, Jhon Manuel Portella Delgado, docente de la Facultad de ciencias e ingeniería de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PRENSADORA AUTOMATIZADA DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON INTERLOCKING DE 25 X 12.5 X 7 CM,

del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

HARRY EROS RAMIREZ OCAÑA,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 7%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 26/02/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

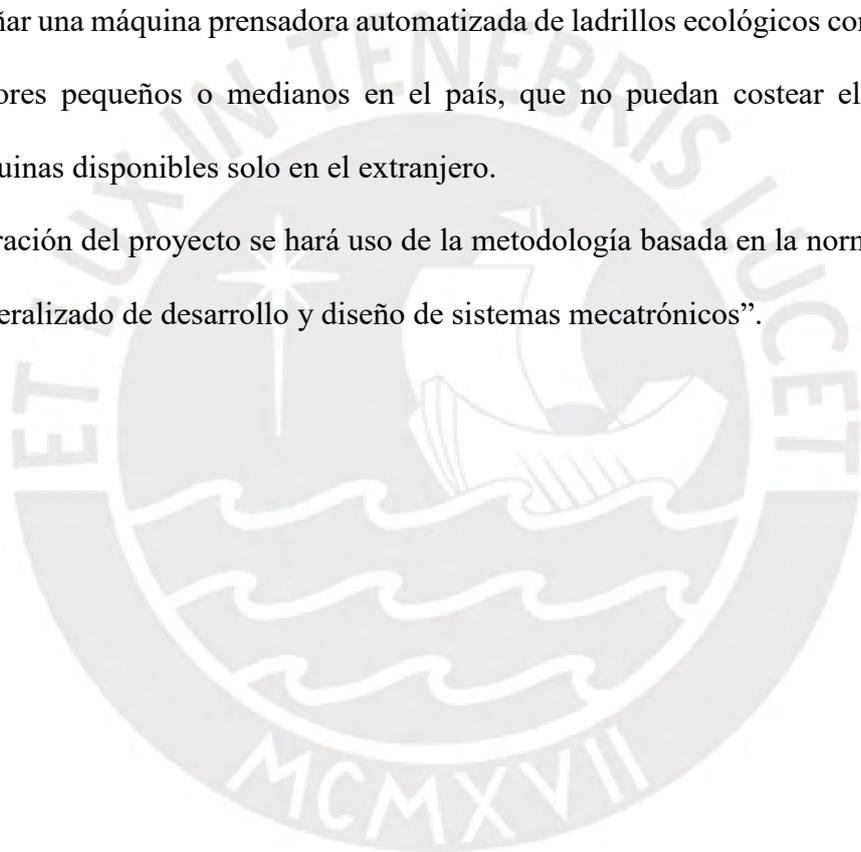
Lugar y fecha: Lima, 09/03/2024

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Portella Delgado Jhon Manuel	
<u>Paterno Materno, Nombre1 Nombre 2</u>	
DNI:47099341	Firma
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2778-686X	

Resumen

Los ladrillos ecológicos son utilizados hoy en día como una alternativa a los ladrillos convencionales, la diferencia es que estos son fabricados mediante presión en vez de cocción, por ello reciben el nombre de ecológicos. Los ladrillos son creados con una combinación de tierra, cemento y agua, la cual es luego prensada en una cámara la cual le da forma que la propiedad del interlocking (o forma tipo ‘lego’), para una fijación más sencilla; además, poseen mejor resistencia térmica que los ladrillos convencionales. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una máquina prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con interlocking para productores pequeños o medianos en el país, que no puedan costear el importar las costosas máquinas disponibles solo en el extranjero.

Para la elaboración del proyecto se hará uso de la metodología basada en la normal VDI 2221 “Proceso generalizado de desarrollo y diseño de sistemas mecatrónicos”.



Índice

Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
Introducción	1
Capítulo 1: Antecedentes	3
1.1 Problemática.....	3
1.2 Propuesta de solución.....	5
1.2.1 Objetivos	5
1.2.2 Alcance	5
1.3 Metodología	6
1.4 Estado del arte	7
Capítulo 2: Diseño conceptual	13
2.1 Lista de exigencias	13
2.2 Estructura de funciones	16
2.3 Matriz morfológica	26
2.4 Conceptos de solución	30
2.5 Evaluación técnica-económica.....	36
Capítulo 3: Desarrollo de la máquina prensadora de ladrillos con interlocking	39
3.1 Diseño integrado	39
3.1.1 Diagrama de operaciones.....	40
3.1.2 Arquitectura de hardware.....	41
3.1.3 Selección de materiales	42
3.2 Subsistema de soporte.....	43
3.2.1 Cálculos mecánicos.....	43
3.2.2 Simulaciones.....	46
3.3 Diseño de interfaz de usuario	49
3.3.1 Selección de componentes	50
3.4 Subsistema de llenado de molde.....	53
3.4.1 Cálculos mecánicos	54
3.4.2 Selección de actuadores	56
3.4.3 Selección de sensores	57
3.5 Subsistema de presando de molde	59
3.5.1 Cálculos mecánicos	61
3.5.2 Selección de actuadores	61
3.5.3 Selección de sensores	63
3.6 Subsistema de potencia hidráulica	64
3.6.1 Selección de bomba hidráulica	65
3.6.2 Selección de tanque de aceite	69
3.6.3 Selección de motor	70
3.6.4 Válvula eléctrica	71
3.6.5 Acople bomba-motor	72
3.7 Diseño de automatización	73
3.7.1 Diagrama de flujo	75
3.7.2 Variables a monitorear	76
3.7.3 Estrategia de automatización	76
3.7.4 Selección del controlador.....	79
3.8 Selección de fuente de energía.....	80
3.9 Circuitos eléctricos y electrónicos	81
3.9.1 Diagramas de circuitos eléctricos de potencia	81
3.9.2 Diagramas de circuitos eléctricos y electrónicos para la Automatización y control.....	82
3.10 Costos	83
3.11 Planos mecánicos	86
Conclusiones	87
Bibliografía	88
Anexos	94

Índice de figuras

Figura 1-1: Ladrillo con “interlocking” o tipo lego.....	4
Figura 1-2 a 1-6 (De izquierda a derecha). Proceso de fabricación de un ladrillo ecológico.....	9
Figura 1-7. Diferentes tipos de uniones acampanadas.	10
Figura 1-8. Acople Rígido.	11
Figura 1-9. Acople Flexible.	11
Figura 1-10. Unión tipo cruceta.	12
Figura 2-1. Black box del sistema.	17
Figura 2-2. Estructura de funciones.	25
Figura 2-3. Concepto de solución 1.....	31
Figura 2-4. Vista perfil del concepto de solución 1.	32
Figura 2-5. Concepto de solución 2.	33
Figura 2-6. Vista perfil del concepto de solución 2.	34
Figura 2-7. Concepto de solución 3.	35
Figura 2-8. Vista perfil del concepto de solución 3.	36
Figura 2-9. Diagrama de evaluación técnica-económica.	38
Figura 3-1. Vista isométrica de la máquina prensadora de ladrillo.....	39
Figura 3-2. Diagrama de operaciones.....	40
Figura 3-3. Arquitectura de hardware.....	41
Figura 3-4. Vista superior de la base con cilindros.	44
Figura 3-5. Vista superior de la base con cilindros	44
Figuras 3-6. Extracto del libro de fórmulas para el cálculo del espesor de una placa	44
Figura 3-7. Resultados de simulación de base, de izquierda a derecha: esfuerzos totales, deformación total y factor de seguridad	47
Figura 3-8. Resultado de simulación de tornillos de fijación, factor de seguridad	48
Figura 3-9. Vista frontal de la interfaz de usuario	49
Figura 3-10. Vista lateral del subsistema de llenado de molde	53
Figura 3-11. DCL de la tolva y el recipiente de llenado de molde	54
Figura 3-12. Vista lateral del subsistema de prensado de molde	59
Figuras 3-13, 3-14 y 3-15. Vista superior del molde base, vista isométrica del molde inferior y vista isométrica del molde superior del ladrillo; de izquierda a derecha respectivamente	60
Figura 3-16. Diseño del circuito hidráulico	64
Fig. 3-17, 3-18 y 3-19. Fase 1,2 y 3: Posición inicial de la máquina, llenado de molde y retiro del recipiente de llenado luego de terminado el llenado del molde; de izquierda a derecha respectivamente	65
Fig. 3-20, 3-21 y 3-22. Fase 4,5 y 6: Presando del molde con mezcla, formación de los ladrillos y expulsión de los ladrillos; de izquierda a derecha respectivamente	65
Figura 3-23. Dimensiones de UPH del catálogo Fluidtek	69
Figura 3-24. Diagrama de flujo del programa principal	75
Figura 3-25. Diagrama de flujo de función “Llenar molde”	77
Figura 3-26. Diagrama de flujo de función “Prensar molde”	78
Figura 3-27. Diagrama de circuitos electrónicos de potencia	81
Figura 3-28. Diagrama de circuitos electrónicos	82

Índice de tablas

Tabla 2-1. Matriz morfológica – Parte 1.	26
Tabla 2-2. Matriz morfológica – Parte 2.	27
Tabla 2-3. Matriz morfológica – Parte 3.	28
Tabla 2-4. Matriz morfológica – Parte 4.	29
Tabla 2-5. Leyenda de flechas para los conceptos de solución.	30
Tabla 2-6. Evaluación técnica-económica – Parte 1.	36
Tabla 2-7. Evaluación técnica-económica – Parte 2.	37
Tabla 3-1. Comparación de aceros.	42
Tabla 3-2. Comparación de aceros inoxidables.	42
Tabla 3-3. Comparación de HMI.	50
Tabla 3-4. Comparación de balizas electrónicas	51
Tabla 3-5. Comparación de relays	52
Tabla 3-6. Catálogo de cilindros hidráulicos de doble efecto Fluidtek	56
Tabla 3-7. Comparación de sensores de presencia capacitivos	57
Tabla 3-8. Comparación de sensores de presencia inductivos	58
Tabla 3-9. Catálogo de cilindros hidráulicos de doble efecto Fluidtek	62
Tabla 3-10. Comparación de presostatos	63
Tabla 3-11. Catálogo de bombas Cassapa	67
Tabla 3-12. Comparación entre motores eléctricos	71
Tabla 3-13. Especificaciones hidráulicas y eléctricas de las válvulas direccionales tipo WE ...SO407	72
Tabla 3-14. Factores de servicio según la marca de acoples Lovejoy	73
Tabla 3-15. Tabla de selección de acoples tipo cruceta Lovejoy	73
Tabla 3-16. Descripción de las variables del diagrama de flujo	74
Tabla 3-17. Variables a monitorear en el sistema	76
Tabla 3-18. Cantidad de variables de entrada y salida	79
Tabla 3-19. Comparación de PLC	79
Tabla 3-20. Consumo energético de los componentes del sistema	80
Tabla 3-21. Comparación de fuentes de energía	81
Tabla 3-22. Costos de diseño de la máquina.	83
Tabla 3-23. Costos de componentes, sensores y actuadores. Parte 1.	83
Tabla 3-24. Costos de componentes, sensores y actuadores. Parte 2.	84
Tabla 3-25. Costo de materiales.	84
Tabla 3-26. Costos totales.	85
Tabla 3-27. Lista de planos mecánicos.	86

Introducción

Las máquinas automatizadas de ladrillos ecológicos fabrican ladrillos mediante presión en vez de cocción, por ello reciben el nombre de ladrillos ecológicos. Sin embargo, estas máquinas no se encuentran disponibles en el país y deben ser importadas por grandes precios, lo cual provoca que los productos opten por máquinas manuales que son más económicas. Además, esto reduce limita la producción de ladrillos ecológicos, lo cual la hace menos eficiente que la de los convencionales, causando así que se prefieran estos por sobre los ecológicos, contribuyendo a la contaminación del medio ambiente por los residuos producidos por su fabricación. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una máquina prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con “interlocking” o enclavamiento (el cual es un encaje macho – hembra) que pueda competir con la producción de los ladrillos convencionales, para productores pequeños o medianos que no puedan costear la importación de las máquinas del extranjero.

La presándola automatizada propuesta utiliza presión hidráulica para formar los ladrillos, la fuente de alimentación será energía trifásica de 220V; además, posee 2 estaciones, una que ejecuta todo el proceso de prensado y una estación de interfaz de usuario, en la cual se encuentra el panel de control desde el cual se podrán monitorear la cantidad de ladrillos fabricados, además, en esta se encuentran los botones de encendido y parada de emergencia para su fácil ubicación y utilización.

Esta será capaz de fabricar 3800 ladrillos por día de trabajo (8 horas), no requerirá de operarios entrenados para su funcionamiento, funcionará dentro de instalaciones aisladas de los efectos ambientales y contará con un sistema de control que permitirá su uso sin necesidad de intervención humana, a excepción del ingreso de material y el retiro de los ladrillos al final de cada ciclo.

La información del proyecto está dividida en capítulos. El primer capítulo contiene la investigación previa de la problemática, así como del estado de la tecnología para poder brindar una solución más completa tomando en cuenta las máquinas actualmente en el mercado. El segundo capítulo se realiza el diseño conceptual de la máquina: se elabora una lista de exigencias, una black box y una estructura de funciones para la máquina. Además, se realiza matriz morfológica que posteriormente se utilizó para crear 3 conceptos de solución que fueron evaluados mediante criterios técnicos y económicos para elegir la más adecuada. En el tercer capítulo se presenta el diseño de la máquina, así como los cálculos y simulaciones necesarios para asegurar su correcto funcionamiento, así como la selección de sensores y actuadores necesarios. Además, se presenta el diagrama de flujo del programa principal y los subprogramas que utilizará la máquina; y por último se presentan los costos de la máquina, estos divididos en costos de diseño, sensores, materiales y manufactura.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo realizado, así como recomendaciones para trabajos futuros.

Capítulo 1: Antecedentes

En este capítulo se centra en la investigación previa para la realización de este proyecto, la problemática que se escogió, la propuesta de solución que planteó, los objetivos y metodología del proyecto. Así como una también una investigación de las tecnologías actuales relacionadas con el proyecto.

1.1. Problemática

La contaminación del aire es uno de los riesgos medio ambientales más grandes a la salud (como se cita en Fundación Gas Natural Fenosa, 2018), una de las principales fuentes de contaminantes es el consumo de combustibles fósiles, de uso doméstico o industrial (Romero, M., & Diego, F., & Álvarez, M., 2006). Según un estudio realizado por el Programa Regional de Aire Limpio en 2009, la mayor cantidad de contaminantes se generan durante la etapa de cocción del ladrillo, siendo los más relevantes: el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO).

Un estudio realizado por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) en Arequipa, en el 2003, la industria ladrillera fue la mayor fuente de contaminantes estacionarios, aportando un 40% del total (como se cita en Programa Regional Aire Limpio, 2009); además, en el 2004 en Cusco, el CONAM encontró que la industria de las ladrilleras y tejerías aportaban el 31.4% el total del CO emitido (como se cita en Programa Regional Aire Limpio, 2009).

Ante la contaminación que genera la producción de los ladrillos convencionales existe la opción de los ladrillos ecológicos, estos ladrillos son fabricados a base de diversos materiales, siendo algunos materiales reciclados (como el plástico); a diferencia de los comunes, son fabricados por presión y no por cocción, por lo cual no emiten los contaminantes que normalmente se emiten en el proceso de cocción. Una de sus principales ventajas es que son fabricados con “interlocking” o “enclavamiento”, el cual es un encaje hembra-macho que facilita mucho su colocación, reduce la cantidad de mortero necesaria entre los ladrillos y los

ductos que dejan el encaje perfecto entre los bloques facilita instalaciones eléctricas, de agua, etc. (Chuquimia, L., 2015). Como se muestra en la figura 1-1 los ladrillos tienen un encaje que facilita su apilamiento como piezas de lego, por lo cual también reciben el nombre de ladrillos tipo lego. Además, son más ligeros, tiene mejor aislamiento térmico, y, en la mayoría de los casos, son más económicos que los ladrillos convencionales (Buitrago, E., 2014).



Figura 1-1: Ladrillo con “interlocking” o tipo lego. (Ying Feng, s.f.).

En países vecinos, como Brasil, se encuentran a la venta máquinas de ladrillos ecológicos automatizadas (como la MMKCGK1-10), lo cual hace que sea más fácil adquirirlas y por ende que la producción de ladrillos sea mayor en comparación de la nuestra, la cual, además de ser baja en comparación a la de otros países, también es muy baja en comparación a la de ladrillos convencionales, siendo que la mayoría de ladrillos ecológicos se fabrican en máquinas manuales. Un claro ejemplo de esto es que, en agosto del 2017 en la provincia de Huancayo, región Junín, funcionarios de la municipalidad regional de El Tambo presentaron ladrillos ecológicos antisísmicos fabricados a base de envases de plástico, hasta esa fecha se producían 150 ladrillos al día lo cual se traduce a 4500 ladrillos al mes (Andina: Agencia Peruana de Noticias, 2017). Esta cifra es baja en comparación a la cantidad que puede producir una ladrillera artesanal, siendo unos 16000-20000 ladrillos al mes (Programa Regional Aire Limpio, 2009). Se requiere acelerar su producción; sin embargo, las máquinas automáticas productoras de ladrillos ecológicos son difíciles de adquirir para pequeños productores debido a su elevado precio y a que no se encuentran disponibles en el mercado local.

1.2 Propuesta de solución

Se propone el diseño de una máquina automatizada prensadora de ladrillos ecológicos con interlocking de 25 x 12,5 x 7 cm, que cuente con una interfaz de usuario, sea capaz de monitorear la cantidad de ladrillos fabricados y que sea de bajo presupuesto.

1.2.1 Objetivos

Objetivo General

- Diseñar una prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con enclavamiento, cuyas dimensiones sean de 25 x 12,5 x 7 cm (Estas son las dimensiones comerciales de los ladrillos).

Objetivos Específicos

- Investigar una problemática actual que sea de interés como base para el diseño de una solución utilizando los conceptos aprendidos a lo largo del curso.
- Investigar el mercado actual para crear un estado del arte que sirva como referencia para el diseño de la prensadora.
- Diseñar un sistema mecánico que sirva como base para sostener la prensadora en un lugar fijo, impidiendo que esta se mueva.
- Diseñar un diagrama de flujo para una interfaz de usuario que controle y muestre los datos necesarios para el proceso de fabricación de los ladrillos (La cantidad de ladrillos a fabricar, el estado del proceso, etc).
- Diseñar un subsistema eléctrico/electrónico que integre los sensores, actuadores y el controlador, para el proceso de presando del ladrillo, desde el ingreso de material hasta su salida de la prensadora.
- Diseñar de un molde de acero para el conformado de ladrillos con interlocking de 25 x 12,5 x 7 cm.

- Diseñar un sistema mecatrónico para el prensado de los ladrillos, que no requiera ayuda de los operarios para ninguna parte del proceso, a excepción del ingreso de material y el retiro de los ladrillos.

1.2.2 Alcance

- Se diseñará una máquina prensadora automatizada de ladrillos ecológicos con interlocking de 25 x 12.5 x 7 cm con una capacidad de 2 ladrillos por ciclo de prensado; sin embargo, no se realizará su implementación.
- El diseño mecánico abarcará el diseño total y por subsistemas, los cálculos necesarios, las simulaciones, la selección de materiales y la realización de los planos de ensamblaje y despiece de la máquina propuesta; los cuales serán revisados por el asesor a cargo.
- La prensadora podrá fabricar 2800 ladrillos diarios (8 horas), para poder competir con la producción de otras máquinas similares.
- La prensadora podrá ser utilizada por 2 operarios sin experiencia, en un ambiente controlado protegido de los efectos del clima.
- El público objetivo serán los pequeños y medianos empresarios que deseen producir ladrillos ecológicos de manera competitiva sin tener que exportar máquinas del extranjero.

1.3 Metodología

Para la elaboración del proyecto se requerirá de una investigación preliminar del mercado actual, para obtener referencias acerca de los requerimientos que deberá cumplir la prensadora; en base a esta se deberá crear una lista de exigencias para asegurar que la máquina diseñada sea competitiva. Luego, se deberá crear una estructura de funciones para ordenar qué entradas y salidas tendrá cada proceso del sistema a diseñar; posteriormente se desarrollará una matriz morfológica para elegir qué componente se utilizará para cada proceso.

Luego, se pasará a elaborar posibles soluciones y elegir la más óptima con base a la lista de exigencias; finalmente se procederá al diseño de la prensadora, el cual abarca los cálculos necesarios, la selección de componentes, el diseño de plano, etc. Para realizar esto, se hará uso de la metodología enseñada en el curso “Metodología del Diseño mecatrónico”, la cual es la norma VDI 2221 “Proceso generalizado de desarrollo y diseño de sistemas mecatrónicos”. Las diferentes etapas de esta metodología se encuentran listadas y detalladas en el Anexo A:

1.4 Estado del arte

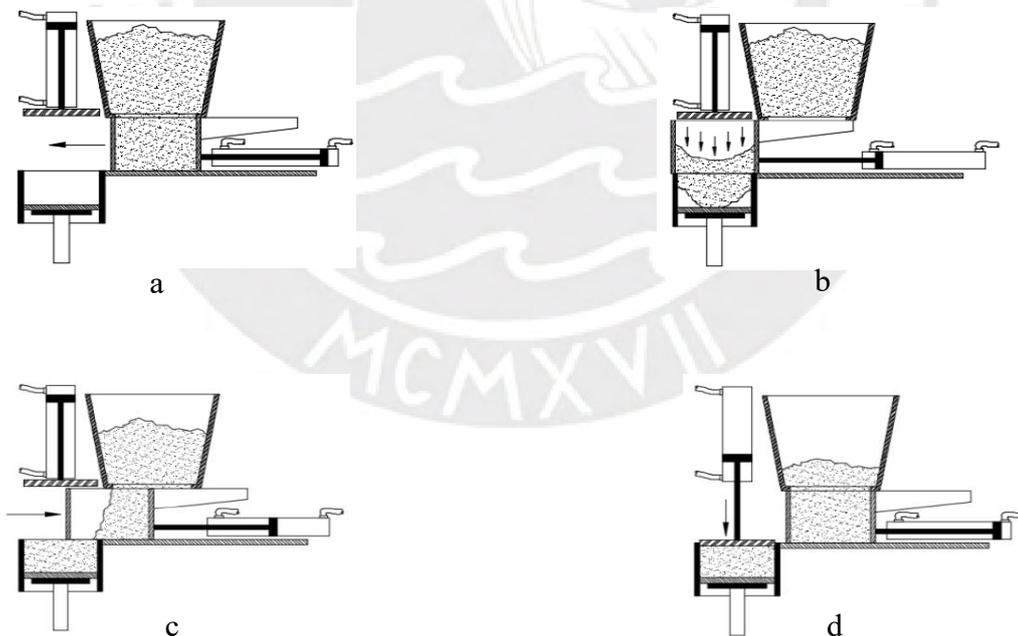
En la presente sección, se presenta el proceso de fabricación de los ladrillos ecológicos comerciales desde la preparación de la mezcla hasta el proceso de prensado, para un mayor entendimiento de este y que así se pueda elaborar una máquina que cumpla correctamente con lo que se requiere. Además, se presenta un estudio acerca de los prensadora comerciales existentes en el mercado, patentes y tesis. Así como sensores, actuadores, controladores e interfaces de usuario aplicables a este proyecto, con el fin de tener una referencia previa para poder hacer una buena selección de componentes en las etapas posteriores.

1.4.1 Proceso de fabricación de ladrillos ecológicos

Los ladrillos ecológicos más comunes son fabricados a base de tierra y cemento, la elaboración de la mezcla se realiza con los siguientes materiales: tierra, arena, cemento, cal (Óxido de calcio) y agua; siendo la tierra, el cemento y el agua los componentes indispensables de todo ladrillo; otro factor importante en la fabricación, es que la mezcla no debe llevar demasiada agua, solo debe estar ligeramente húmeda sin quedar como lodo (Julían Zonni, 2019). La proporción de cada material depende del tipo de ladrillo que se desee fabricar; pero, el proceso de prensado es el mismo para todos.

Para convertir la mezcla en un ladrillo, esta es prensada en máquinas manuales o automáticas. El principio de prensado es el mismo en ambos casos, con variaciones en algunos pasos intermedios debido a la diferente naturaleza de ambos tipos de máquina.

El proceso empieza llenando la tolva de la máquina con la mezcla anteriormente preparada (Figura 1-2), la cual luego es dosificada en el molde mediante un recipiente dispensador de mezcla (Figura 1-3), el cual se mueve hacia el molde y luego regresa retirando cualquier exceso de mezcla del molde (Figura 1-4). Luego este molde es presionado con una presión de 6 toneladas (Figura 1-5). Una vez comprimido el ladrillo, se expulsa del molde y es retirado por los operarios teniendo cuidado de no romperlo debido a que es frágil porque el cemento aún no se ha secado por completo, por lo cual es necesario dejarlos secar en un lugar apropiado. En las figuras 1-2 a 1-6 se muestra el proceso de fabricación de un ladrillo en una máquina automatizada.



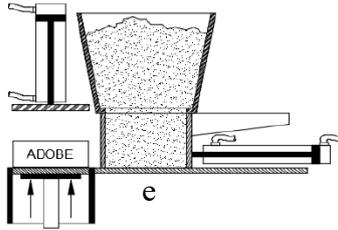


Figura 1-2 (a) a 1-6 (e) (De izquierda a derecha). Proceso de fabricación de un ladrillo ecológico. (Javier, J., 2013).

1.4.2 Prensadoras comerciales

Para poder brindar una opción que no se quede atrás a los productos existentes y tener una noción de los métodos y tecnologías utilizados en el presado de ladrillos, se realizó una investigación acerca de los productos en el mercado, esta se encuentra de manera detalla en el Anexo A.

1.4.3 Patentes

Se realizó una investigación de patentes registradas acerca de máquinas de fabricación de ladrillos a base de moldeo por compresión, esta se encuentra en el Anexo A.

1.4.4 Tesis y artículos científicos

Se buscaron investigaciones y trabajos científicos realizados por investigadores acerca de máquinas para la fabricación de ladrillos mediante compresión, estos se pueden encontrar en el Anexo A.

1.4.5 Sensores

Estos se encargarán de medir los diferentes datos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina. Se requerirán de presencia y de presión, los detalles acerca de estos se encuentran en el Anexo A.

1.4.6 Actuadores y mecanismos

En esta sección se encuentran todos los actuadores y mecanismos que se requerirán para realizar el proceso de presado, desde llevar la mezcla al molde, hasta retirar los ladrillos terminados y llevarlos hasta la salida de la máquina. Entre ellos podemos encontrar actuadores lineales, manifold hidráulicos, bombas de desplazamiento positivo y unidades de presión hidráulica. Los detalles de estos se encuentran en el Anexo A.

1.4.7 Controladores

El controlador es la parte más importante del sistema, pues es el “cerebro” que controla todos los sensores y actuadores de cada subsistema. Este controlador conectará todos los componentes y le enviará órdenes cuando sea requerido. Se realizó una comparativa entre 3 posibles candidatos, los detalles de esta se encuentran en el Anexo A

1.4.8 Acoples acampanados

Son un tipo de acoples muy utilizados en sistemas de agua potable o no potable, además de en conexiones para tuberías de gas natural, petróleo líquido, aire, aceite y combustible. Están diseñados para sistema de alta presión, proporcionan un sellado hermético a la presión, ofreciendo un alto grado de confiabilidad. Son comúnmente utilizados en tuberías de aluminio, cobre, latón y acero soldado (BrassCraft, 2015). En la figura 1-7 se observan diferentes tipos de uniones acampanadas utilizadas en la industria.



Figura 1-7. Diferentes tipos de uniones acampanadas. (BrassCraft, 2015)

1.4.9 Acoples Rígidos

Los acoples rígidos (Figura 1-8) están diseñados de tal forma que impiden totalmente el movimiento relativo entre los ejes que une. Estos acoples son usados en equipos donde la alineación precisa de los ejes puede lograrse. Los acoples rígidos deben ser usados solo cuando la alineación de los ejes puede ser mantenida no solo en el momento del montaje sino también cuando la máquina se pone en funcionamiento (Ruiz, J., 2010).

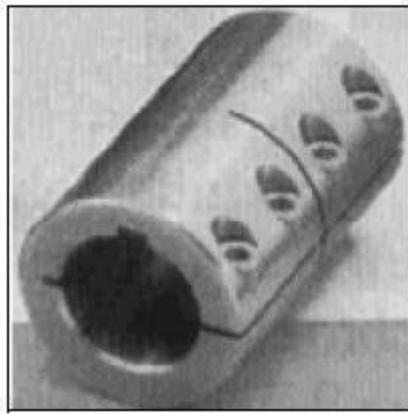


Figura 1-8. Acople Rígido. (Ruiz, J., 2010).

1.4.10 Acoples Flexibles

Estos acoples son lo opuesto a los rígidos, son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, permitiendo cierta desalineación axial, radial o angular. Estos se clasifican dependiendo del método que utiliza para absorber la desalineación, siendo sus tipos: Acoplamiento de elementos deslizantes, acoplamiento de elementos flexionantes, combinación de acoplamiento deslizantes y flexionantes (Ruiz, J., 2010). La figura 1-9 muestra un acople de eje flexible de fuelle.



Figura 1-9. Acople Flexible. (Ruiz, J., 2010).

1.4.10.1 Unión tipo cruceta

Es un tipo de unión flexible, mostrado en la figura 1-10, que es utilizada comúnmente en los sistemas de transmisión de los vehículos, debido a que estos proporcionan una suave transmisión de potencia entre los componentes que une. En los vehículos son necesarias debido a los cambios de ángulo que ocurren en la barra de transmisión con los cambios de altura del vehículo y por el ligero desalineamiento causado por el desgaste de los componentes y las tolerancias de producción.



Figura 1-10. Unión tipo cruceta. (Rodamientos Smilovic, s.f.).

Capítulo 2: Diseño conceptual

Este capítulo se centra en el diseño de la máquina, desde la elaboración de una lista de exigencias, una estructura de funciones y una matriz morfológica, hasta el desarrollo y elección de un concepto de solución óptimo.

2.1 Lista de exigencias

Para el proyecto se definen cierta cantidad de exigencias a cumplir para asegurar que este será de utilidad para el cliente y que la máquina podrá cumplir con su objetivo principal de fabricar ladrillos ecológicos con interlocking. Los requerimientos fueron listados en una lista (Anexo), además serán mencionados a continuación.

- **Función principal:** La máquina fabricará mediante moldeo por presión, hasta 2 ladrillos ecológicos con interlocking con dimensiones de 25 x 12,5 x 7 cm.
- **Materia:** Entrará a la máquina la mezcla base para la fabricación del ladrillo, la cual será ingresada manualmente; de la máquina saldrán 2 ladrillos compactados por ciclo (350 ladrillos/ hora).
- **Geometría:** Las dimensiones de la máquina deben ser adecuadas para poder albergar todos los sensores y actuadores necesarios para el proceso. Además, la tolva de almacenamiento debe estar a una altura ergonómica para los operarios, para que puedan proveer de material a la máquina. Por esto la estación principal, la cual se ejecutará el proceso de prensado, no debería exceder las dimensiones de 1.5 x 1.5 x 1.8 m.
- **Material:** Se requiere el uso de materiales resistentes a presiones de 15kg/cm² para el molde y la base, ya que es la presión que se utiliza para el moldeo. Además, deben ser materiales resistentes a la humedad, ya que la mezcla para los ladrillos contiene un porcentaje de agua. Adicionalmente se requiere el uso de materiales elásticos para absorber las vibraciones que pueden ser producidos por la máquina y no afecten negativamente la estructura.

- **Condiciones de trabajo:** El sistema trabajará recibiendo una mezcla de materiales previamente preparada a elección del cliente dependiendo del tipo de ladrillo que quiere producir, pudiendo ser algunos de estos materiales: arcilla, tierra, cemento, etc. Los ladrillos fabricados deberán ser retirados manualmente por un operario. El sistema trabajará en un espacio cerrado, protegido de las condiciones ambientales externas.
- **Energía:** Se utilizará energía eléctrica trifásica de 220VAC.
- **Uso:** El sistema deberá poder ser utilizado por operaciones sin enteramiento especial, tan solo con una noción del proceso de fabricación en general. La interfaz que se diseñará deberá ser fácil de entender e intuitiva, para facilitar su uso; solo se deberá ingresar el número de ladrillos que se desea fabricar y presionar el botón de inicio para que la máquina empiece el proceso, el cual terminará de manera automática cuando se fabriquen los ladrillos requeridos.
- **Software:** Se utilizará un software fácil de utilizar, que sea compatible con una gran cantidad de sensores y actuadores, y de código abierto.
- **Variables controladas:** Se tendrá un control y monitoreo constante de la cantidad de ladrillos que se fabrican será monitoreada para ser mostrada al usuario.
- **Señales:**

Se ingresarán las siguientes señales:

- Señal de activación.
- Señal de inicio de proceso.
- Señal de parada de emergencia.
- Cantidad de ladrillos a fabricar.

Se obtendrán las siguientes señales:

- Señal de visual y sonora de inicio de proceso.
- Señal visual de encendido.

- Señal de visual funcionamiento.
 - Señal de visual y sonora de fin de proceso.
 - Señal de visual de cantidad de ladrillos producidos.
 - Señal de visual y sonora de error.
- **Fabricación:** Las piezas del sistema deberán ser sencillas y de fácil fabricación en talleres mecánicos locales. Los sensores y actuadores utilizados deberán poder ser adquiridos en el mercado nacional para evitar los costos de importación, además de los tiempos de espera del envío.
 - **Montaje:** La máquina deberá ser parcialmente desmontable, solo para fines de mantenimiento.
 - **Costos:** La máquina deberá ser rentable, teniendo un costo accesible para los pequeños y medianos productores.
 - **Transporte:** El sistema deberá ser transportado por maquina debido a su peso y dimensiones, ya que es una máquina estacionaria, no será de fácil transporte.
 - **Mantenimiento:** El mantenimiento preventivo deberá ser realizado por algún operario calificado de la empresa del cliente.
 - **Control de calidad:** Los cilindros utilizados en la máquina no deberán tener pérdidas repentinas de presión. El grado de protección IP de los componentes que estén en contacto con el ambiente deberá ser mínimo de IP 5%, debido a que la mezcla de los ladrillos puede interferir con los componentes. La producción deberá ser de un mínimo de 350 ladrillos por hora (2800 ladrillos por día de trabajo/8hrs.).
 - **Seguridad:**
 - No se dejarán bordes cortantes en la estructura de la máquina (todos serán debidamente pulidos).

- El circuito eléctrico estará debidamente aislado y señalizado para evitar descargas eléctricas a los operarios.
- La máquina contará con un botón de parada de emergencia, el cual detendrá todo el funcionamiento de ser necesario.
- La máquina contará con indicadores de presión, los cuales mostrarán la presión en el sistema hidráulico para asegurarse que esta sea la correcta.
- La máquina emitirá un sonido y señal lumínica si se detecta algún error durante el proceso.
- La máquina emitirá un sonido y señal lumínica al iniciar el proceso de fabricación para que los operarios sepan que deben alejarse.

2.2 Estructura de funciones

La estructura de funciones engloba todas las funciones que se realizarán en el sistema, así como sus respectivas entradas y salidas. Para su elaboración, primero se crea una caja negra (black box), en donde se enlistan las entradas y salidas externas del sistema, sin tomar variables ni proceso internos. Luego se crea un diagrama donde se muestran todas las funciones del sistema y las respectivas conexiones entre ellas, para entender el funcionamiento de la máquina.

2.2.1 Black Box

En la figura 2-1 se presenta la caja negra elaborada para el proyecto, en donde se pueden apreciar todas sus entradas de materia (flechas huecas), energía (flechas negras) e información (flechas negras punteadas).



Figura 2-1. Black box del sistema

A continuación, se explicarán las entradas y salidas del sistema.

2.2.1.1 Energía

Entrada:

- **Energía eléctrica:** Será energía eléctrica de 220VAC.

Salida:

- **Energía mecánica:** Energía que se presenta en forma de vibraciones cuando las diferentes partes del sistema se muevan.
- **Energía térmica:** Calor que se liberará debido a la fricción de algunos componentes entre ellos.
- **Energía sonora:** Esta será creada por el sistema durante todo el proceso, desde el inicio de la máquina, hasta el final; esta energía será creada por los componentes en funcionamiento, así como para avisar al usuario acerca del estado de la máquina durante el proceso.

2.2.1.2 Materia

Entrada:

- **Mezcla para la elaboración del ladrillo:** La mezcla que será almacenada en la máquina y posteriormente prensada para elaborar el ladrillo.
- **Molde limpio:** Es el molde limpio de la máquina, antes de iniciado el proceso de fabricación.
- **Aceite:** Es el fluido que se utilizará en el sistema de presión del sistema.

Salida

- **Ladrillos compactados:** Son los ladrillos fabricados por la máquina una vez terminado el proceso.
- **Mezcla restante:** Es la mezcla que sobra en la máquina debido a que el proceso terminó antes de poder ser utilizada.
- **Molde sucio:** Es el molde de la máquina con material residual del proceso de fabricación de los ladrillos.

2.2.1.3 Información

Entrada:

- **Presión del botón de activación:** Es la señal que activará el sistema y hará que se muestre la interfaz de usuario para ajustar la máquina antes del proceso.
- **Presión del botón de inicio del proceso:** Es la señal que será enviada por el operario para iniciar el proceso de fabricación.
- **Presión del botón de parada de emergencia:** Es una señal que será enviada por el operario en caso haya algún tipo de emergencia en la cual se requiera detener inmediatamente la máquina.

- **Ingreso de cantidad de ladrillos a fabricar:** Es el número de ladrillos que se desea fabricar con la máquina, la máquina se detendrá una vez completado el número de ladrillos o si se presenta algún error.

Salida:

- **Señal visual de encendido:** Es una señal luminosa que se mostrará en la interfaz para avisar al operario que el sistema está energizado.
- **Señal visual y sonora de inicio de proceso:** Son señales que serán generadas al mismo tiempo cuando el operario inicie el proceso de fabricación de la máquina, la visual será mostrada en la interfaz mientras que la sonora será generada por otro componente.
- **Señal visual de estado del proceso:** Es una señal que será mostrada en la interfaz, la cual mostrará si es que la máquina se encuentra trabajando sin problemas, además de mostrar la cantidad de ladrillos totales que se desea fabricar y el porcentaje de ladrillos fabricados hasta el momento.
- **Señal visual y sonora de fin de proceso:** Son señales que se generarán una vez la máquina haya terminado de fabricar el último ladrillo, la visual será mostrada en la interfaz mientras que la sonora será generada por otro componente.
- **Señal visual de ladrillos producidos:** Señal que se mostrará en la interfaz en todo momento durante el proceso para que se sepa la cantidad de ladrillos producidos.
- **Señal visual y sonora de error:** Señales que se generarán si es que el proceso de fabricación presentó algún fallo, ya sea por pérdida de presión del sistema, u otro error en alguna parte del proceso.
- **Señal visual de presión en el sistema:** Señal visual que informará al operario de la cantidad de presión en el sistema de presando de la máquina, medida en Mpa.

2.2.2 Lista de funciones

Para el presente proyecto se decidió utilizar la siguiente clasificación de subsistemas para facilitar la clasificación de las funciones:

- Subsistema de materia
- Subsistema de actuación
- Subsistema de medición
- Subsistema de energía
- Subsistema de control y monitoreo
- Subsistema de interacción con el usuario

A continuación, se enlistarán y explicarán cada una de las funciones de cada subsistema.

2.2.2.1 Subsistema de materia

- **Almacenar aceite:** Almacena el aceite que ingresa al sistema para ser utilizado durante el proceso de fabricación de los ladrillos.
- **Bombear aceite al sistema:** Se utilizará un mecanismo que permita proveer de aceite a todo el sistema.
- **Presionar el molde:** Un mecanismo presionará el molde con la mezcla para compactar el ladrillo.
- **Expulsar los ladrillos:** Se tendrá un mecanismo que expulsará los ladrillos del molde una vez se hayan compactado.
- **Empujar los ladrillos a la salida de la máquina:** Un mecanismo llevará los ladrillos compactados a la salida de la máquina para que sean recogidos por un operario.
- **Almacenar mezcla:** Almacena la mezcla base para la elaboración de los ladrillos.
- **Dispensar mezcla para el molde:** El mecanismo dispensará una parte de la mezcla almacenada para llenar el molde del ladrillo.

- **Llenar el molde con la mezcla:** La mezcla previamente dispensada será llevada al molde para llenarlo.
- **Retirar exceso de mezcla del molde:** La mezcla sobrante que pueda quedar en el molde será retirada para asegurar que no se desperdicie material.

2.2.2.2 Subsistema de actuación

- **Accionar mecanismo de bombeo de aceite:** Actuador que permite el bombeo de aceite a todas las partes de la máquina que lo necesiten.
- **Accionar mecanismo de llenado de molde:** Actuador que permitirá mover la mezcla al molde del ladrillo, este cumplirá además las funciones de retirar el exceso de mezcla del molde y empujar los ladrillos hacia la salida de la máquina.
- **Accionar el mecanismo de prensado del ladrillo:** Actuador que permitirá ejercer la presión necesaria al molde con la mezcla para compactar los ladrillos.
- **Accionar mecanismo de expulsión de ladrillos:** Actuador que permitirá expulsar los ladrillos del molde, una vez compactados.
- **Accionar mecanismo de dispensación de mezcla:** Actuador que permite dispensar una parte de la mezcla para el molde.

2.2.2.3 Subsistema de medición

- **Medir presión de aceite en el sistema:** Sensor que se encargará de medir la presión en tiempo real del aceite en el sistema para saber si está en los niveles correctos.
- **Registrar cantidad de ladrillos fabricados:** Sensor que se encargará de registrar si un ladrillo ha sido fabricado y aumentará un contador interno para calcular la cantidad de ladrillos fabricados hasta el momento.
- **Medir posición del mecanismo de llenado de moldes:** Sensor que medirá la posición del mecanismo de llenado del molde, para saber en qué parte de la fabricación se encuentra la máquina.

- **Verificar prensado:** Sensor que se encargará de medir si el sistema presando ha terminado el presando de los ladrillos, para poder coordinar el resto del proceso con los demás actuadores.

2.2.2.4 Subsistema de energía

- **Activar el suministro de energía:** Componente que se encarga de permitir el flujo de energía por el sistema.
- **Acondicionar energía para el controlador:** Componente que se encarga de convertir la energía eléctrica al voltaje requerido por el controlador.
- **Acondicionar energía para la interfaz:** Componente que se encarga de convertir la energía eléctrica al voltaje requerido por la interfaz.
- **Acondicionar energía para los sensores:** Componente que se encarga de convertir la energía eléctrica al voltaje requerido por los sensores.
- **Acondicionar energía para los actuadores:** Componente que se encarga de convertir la energía eléctrica al voltaje requerido por los actuadores.

2.2.2.5 Subsistema de control y monitoreo

- **Monitorear estado del proceso:** Recibirá la información del sensor de la señal de emergencia, la cantidad de ladrillos fabricados y la que se desea fabricar. Luego de procesar esta información enviará las señales necesarias a la interfaz para mostrar esta información.
- **Monitorear cantidad de ladrillos fabricados:** Recibe la señal del sensor que registra cada vez que un ladrillo es fabricado y manda esta información a la interfaz para ser mostrada al operario.
- **Controlar dispensación de la mezcla:** Recibe la información de la posición del mecanismo del llenado del molde y la cantidad de ladrillos a fabricar. Este envía una señal al actuador que dispensa la mezcla.

- **Controlar presado de los ladrillos:** Recibe información de la posición del mecanismo de llenado del molde para luego enviar una señal al actuador que presiona el molde cuando existe mezcla en el molde que requiera ser compactada.
- **Controlar expulsión de ladrillos:** Recibe información del estado del sistema de prensado para enviar una señal al actuador que expulsa los ladrillos una vez hayan sido completamente compactados.

2.2.2.6 Subsistema de interacción con el usuario

- **Registrar encendido del sistema:** Botón On/Off con el cual se encenderá o apagará el sistema, y a su vez la interfaz de usuario.
- **Registrar inicio del proceso:** Se mostrará un botón en la interfaz, que al ser presionado dará inicio al proceso con los parámetros especificados.
- **Registrar parada de emergencia:** Un botón que al ser presionado detendrá el sistema completamente independientemente del estado en el que esté.
- **Registrar cantidad de ladrillos a fabricar:** En la interfaz se mostrará un espacio en donde se ingresará la cantidad de ladrillos que se desea fabricar antes de iniciar el proceso.
- **Mostrar estado del proceso:** Se mostrará en la interfaz el porcentaje de ladrillos fabricados según la cantidad deseada.
- **Mostrar cantidad de ladrillos fabricados:** En la interfaz se mostrará la cantidad de ladrillos fabricados hasta el momento.
- **Mostrar señal visual de inicio del proceso:** Se mostrará una señal que indicará que el proceso ha comenzado para informar al operario.
- **Mostrar señal sonora de inicio del proceso:** Se generará una señal sonora para alertar al operario del inicio del proceso por si no llega a ver la señal visual.

- **Mostrar señal visual de fin del proceso:** Se mostrará una señal que indicará que el proceso ha finalizado.
- **Mostrar señal sonora de fin del proceso:** Se generará una señal sonora para alertar al operario de que el proceso ha finalizado por si no llega a ver la señal visual.
- **Mostrar señal visual de error:** Se mostrará una señal que indicará que hubo un fallo en el proceso y se requiere asistencia de un operario.
- **Mostrar señal sonora de error:** Se generará una señal sonora para alertar al operario de que se requiere una asistencia inmediata por si no ha notado la señal visual.

A continuación, en la figura 2-2, se muestra la estructura global de funciones elaborada para este proyecto.



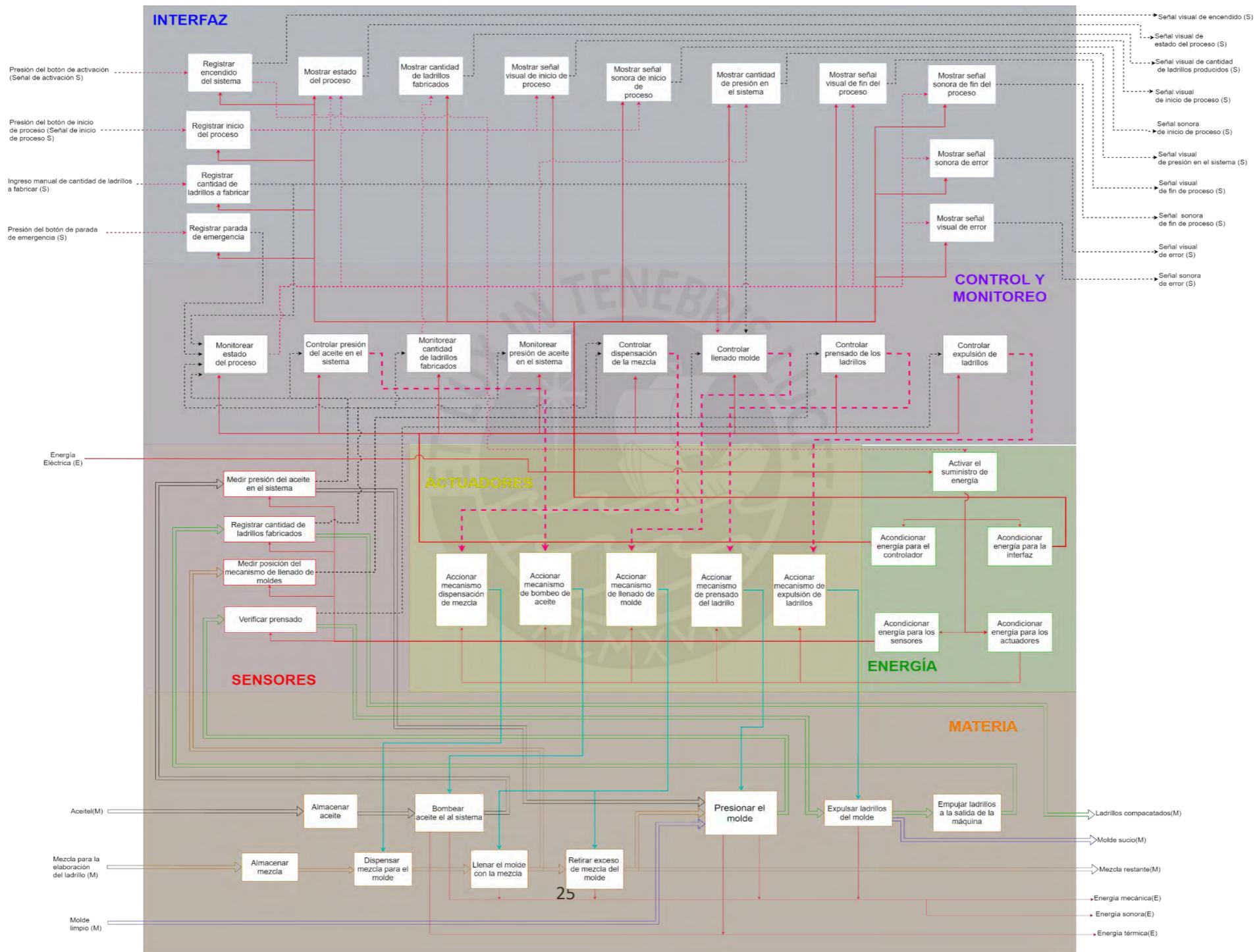


Figura 2-2: Estructura de funciones

2.3 Matriz Morfológica

Tabla 2-1. Matriz morfológica – Parte 1.

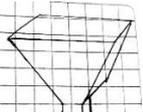
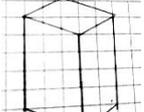
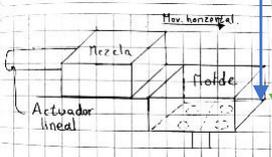
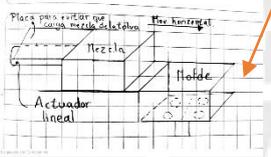
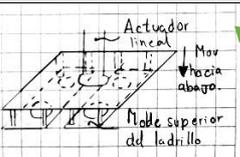
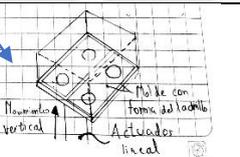
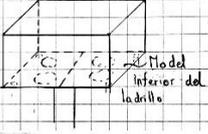
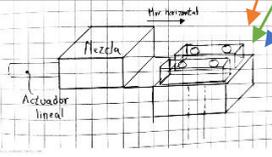
Subsistema	Función Parcial	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Subsistema de materia	Almacenar aceite	 Tanque de aceite hidráulico	 Unidad de potencia hidráulica	
	Almacenar mezcla	 Tolva cilíndrica	 Tolva piramidal	 Tolva rectangular
	Bompear aceite al sistema	 Bomba de desp. Positivo de engranajes	 Bomba de desp. Positivo de pistón	 Bomba de desp. Positivo de paletas
	Dispensar mezcla para el molde	 Compuerta	 Compuerta tipo mariposa	Se dispensa por gravedad sin ninguna compuerta
	Llenar el molde con la mezcla	 Recipiente de mezcla unido a un actuador lineal	 Recipiente de mezcla con placa unido a un actuador lineal	
	Presionar el molde	 Prensa superior con molde del ladrillo	 Prensa inferior con molde del ladrillo	
	Expulsar ladrillos del molde	 Placa inferior con molde del ladrillo	 Prensa inferior con molde del ladrillo	
	Empujar ladrillos a la salida de la máquina	 Recipiente de mezcla unido a un actuador lineal		

Tabla 2-2. Matriz morfológica – Parte 2.

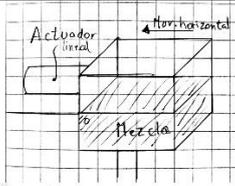
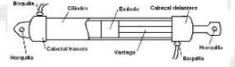
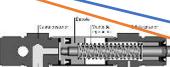
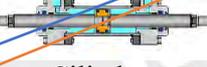
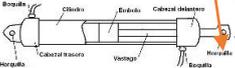
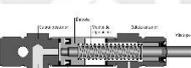
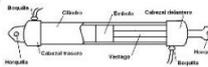
Subsistema	Función Parcial	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Subsistema de materia	Retirar el exceso de mezcla del molde	 <p>Recipiente de mezcla unido a un actuador lineal</p>		
	Accionar mecanismo de bombeo de aceite	 <p>Motor AC trifásico</p>	 <p>Motor AC Monofásico</p>	
Subsistema de actuación	Accionar mecanismo de llenado de molde	 <p>Cilindro hidráulico</p>	 <p>Cilindro neumático</p>	 <p>Actuador lineal eléctrico</p>
	Accionar mecanismo de presando de ladrillo	 <p>Cilindro hidráulico simple efecto</p>	 <p>Cilindro hidráulico doble efecto</p>	
	Accionar mecanismo de expulsión de ladrillos	 <p>Cilindro hidráulico</p>	 <p>Cilindro neumático</p>	 <p>Actuador lineal eléctrico</p>
	Accionar mecanismo de dispensación de mezcla	 <p>Motor DC</p>	<p>Fuerza de gravedad</p>	 <p>Cilindro hidráulico</p>
	Activar suministro de energía	<p>Manual (Interruptor automático)</p>	<p>Automático (Relé)</p>	
Subsistema de energía	Acondicionar energía para controlador/ actuadores/ sensores/interfaz	 <p>Fuente conmutada</p>	 <p>Fuente lineal</p>	

Tabla 2-3. Matriz morfológica – Parte 3.

Subsistema	Función Parcial	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Subsistema de medición	Medir presión de aceite en el sistema	 Sensor de presión capacitivo	 Sensor de presión con tecnología de galgas	
	Registrar cantidad de ladrillos fabricados	 Sensor de presencia capacitivo	 Sensor de presencia ultrasónico	 Sensor de presencia infrarrojo
	Medir posición del mecanismo de llenado de moldes	 Sensor de presencia capacitivo	 Sensor de presencia ultrasónico	 Sensor de presencia infrarrojo
	Verificar prensado	 Switch de contacto	 Sensor magneto inductivo dentro del cilindro hidráulico	
Subsistema de control y monitoreo	Monitorear estado del proceso/ cantidad de ladrillos fabricados/ presión de aceite en el sistema			
	Controlar presión de aceite en el sistema/ dispensación de la mezcla/ llenado de molde/ prensado de los ladrillos/ expulsión de ladrillos	 Microcontrolador	 Sistema embebido	 PLC

Tabla 2-4. Matriz morfológica – Parte 4.

Subsistema	Función Parcial	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Subsistema de interacción con el usuario	Indicar encendido del sistema	 Pulsador	 Interruptor On/Off	
	Indicar inicio del proceso	 Pulsador	 HMI	
	Indicar cantidad de ladrillos a fabricar	 HMI	 Teclado matricial	
	Indicar parada de emergencia	 Botón tipo hongo	 Pulsador	
	Mostrar estado del proceso/ cantidad de ladrillos fabricados/ cantidad de presión en el sistema/	 HMI	 Pantalla LCD	
	Mostrar señal visual de inicio del proceso/ señal visual de fin de proceso/ señal visual de error	 HMI	 Pantalla LCD	 Baliza electrónica
	Mostrar señal sonora de inicio de proceso/ señal sonora de fin de proceso/ señal sonora de fin de error	 Sirena electrónica	 Baliza con sirena	

2.2 Conceptos de solución

Se bosqueja un modelo para solución planteada con las combinaciones hechas en la matriz morfológica, en la tabla 2-5 se muestra la leyenda de colores por cada concepto de solución. Estos conceptos de solución serán explicados con ayuda del bosquejo hecho, para luego ser evaluados con el fin de encontrar el concepto óptimo.

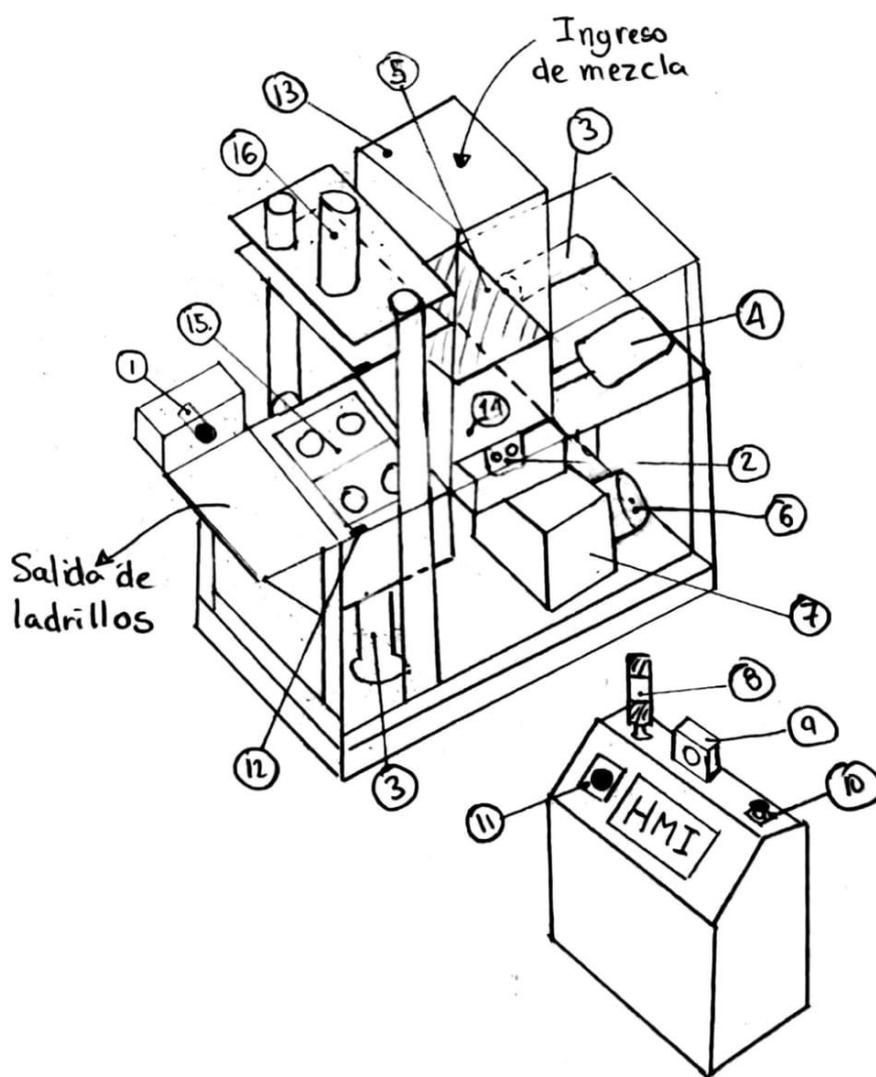
Tabla 2-5. Leyenda de flechas para los conceptos de solución.

Leyenda	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Flecha			

2.2.1 Concepto 1

El primer concepto de solución (figura 2-3) presenta un mecanismo de presando mediante una prensa inferior. La tolva del material es una tolva rectangular por la cual entra la mezcla lista, la cual es luego dispensada mediante una compuerta accionada por un cilindro hidráulico. Esta cae en el recipiente dispensador de mezcla que llenará el molde del ladrillo mediante un actuador lineal eléctrico. Una vez lleno el molde el recipiente dispensador regresará a su posición y, al mismo tiempo se llevará consigo cualquier residuo de mezcla que pueda quedar en el molde, una vez se confirme que el recipiente regresó, mediante el uso de un sensor de distancia infrarrojo, se procede al presando. Primero la parte superior del molde baja mediante la acción de actuador lineal eléctrico hasta sellar el molde, seguidamente la parte inferior empieza el presando mediante un cilindro hidráulico de simple efecto. Terminado el presado, la parte superior se eleva y el cilindro inferior levanta los ladrillos fuera del molde, esto será registrado mediante los switch de contacto ubicados en la parte superior e inferior del molde; estos ladrillos serán llevados a la salida de máquina empujados por el recipiente dispensador de mezcla al momento que se mueva para llenar el molde una vez más. En la salida de la máquina serán registrados los ladrillos fabricados mediante un sensor de distancia capacitivo.

La interfaz de usuario se compone de una baliza y sirena electrónica, que generarán las señales sonoras de inicio/fin de proceso, así como la señal en caso de emergencia. Además, cuenta con un HMI desde el cual se podrán ingresar los datos necesarios, además de poder monitorear la presión del sistema medida mediante un sensor de presión capacitivo. Por último, se cuenta con 2 botones en la interfaz, un pulsador para el encendido de la máquina, así como con un botón de parada de emergencia.



Leyenda de globos:

1. Sensor de presencia capacitivo
2. Sensor de presencia infrarrojo.
3. Cilindro hidráulico simple efecto
4. Actuador lineal eléctrico
5. Compuerta
6. Motor AC trifásico
7. Unidad de potencia hidráulica
8. Baliza electrónica
9. Sirena electrónica
10. Botón de emergencia
11. Botón de encendido
12. Switch de contacto
13. Tolva
14. Recipiente dispensador de mezcla
15. Molde del ladrillo

Figura 2-3. Concepto de solución 1

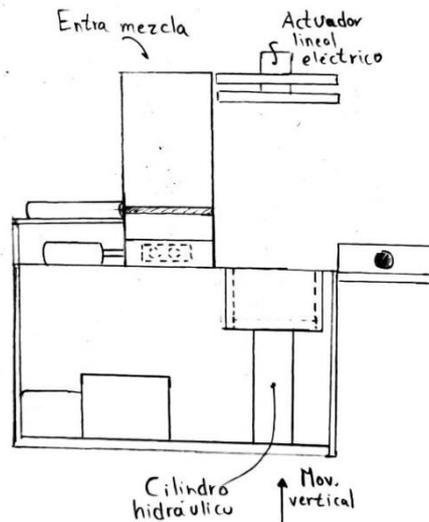


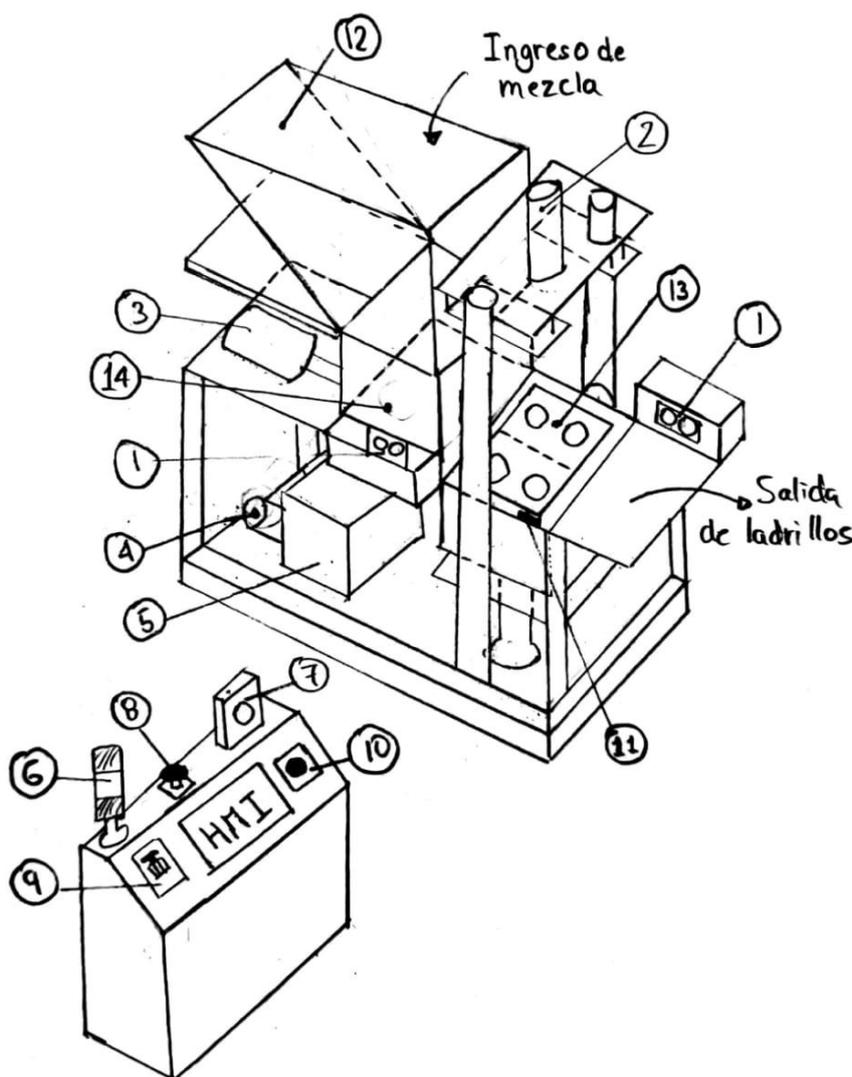
Figura 2-4. Vista perfil del concepto de solución 1 (Se omitió el dibujo de las columnas que sostiene la parte superior del molde para mejor visibilidad)

2.2.2 Concepto 2

El segundo concepto de solución (figura 2-5) presenta un presado superior. La tolva tiene una parte inclinada, similar a una piramidal para que sea más sencillo ingresar la mezcla, a diferencia del concepto 1, este no presenta una compuerta pues la dispensación se realiza mediante la fuerza de gravedad. El recipiente dispensador de la mezcla tiene una placa trasera alargada que bloqueará la caída de mezcla una vez se mueva para llenar el molde, este movimiento mediante un actuador lineal eléctrico. Al igual que el concepto 1 cuando el recipiente regrese a su lugar removerá cualquier exceso de mezcla, y este regreso será registrado por un sensor de distancia ultrasónico. Luego, se realiza el presado con el molde superior, esta presiona el inferior y una vez termina, empieza su ascenso hacia su posición inicial, al mismo tiempo y mediante unos ganchos que tendrá a los costados, (mejor ilustrados en la figura 2-6) los cuales se engancharán con la base inferior del molde, harán que los ladrillos fabricados sean expulsados de la máquina, para posteriormente se llevado hacia la salida mediante el recipiente dispensador de mezcla, el cual tendrá a los extremos unas varillas que empujarán los ganchos y harán que la base inferior del molde vuelva a su posición inicial,

dejando así lista la máquina para el siguiente presado. Este concepto posee un sensor de distancia ultrasónico a la salida de la máquina que registrará la cantidad de ladrillos fabricados.

La interfaz de usuario se compone de una baliza y sirena electrónica, que generarán las señales sonoras de inicio/fin de proceso, así como la señal en caso de emergencia. Además, cuenta con un HMI desde el cual se podrán ingresar los datos necesarios, además de poder monitorear la presión del sistema medida mediante un sensor de presión capacitivo. Este modelo posee un interruptor automático para activar o desactivar el flujo de corriente hacia la máquina, además de poseer un botón de encendido y uno de parada de emergencia.



Leyenda de globos:

1. Sensor de presencia ultrasónico
2. Cilindro hidráulico simple efecto
3. Actuador lineal eléctrico
4. Motor AC trifásico
5. Unidad de potencia hidráulica
6. Baliza electrónica
7. Sirena electrónica
8. Botón de emergencia
9. Interruptor automático
10. Botón de encendido
11. Switch de contacto
12. Tolva
13. Molde del ladrillo
14. Recipiente dispensador de mezcla

Figura 2-5. Concepto de solución 2.

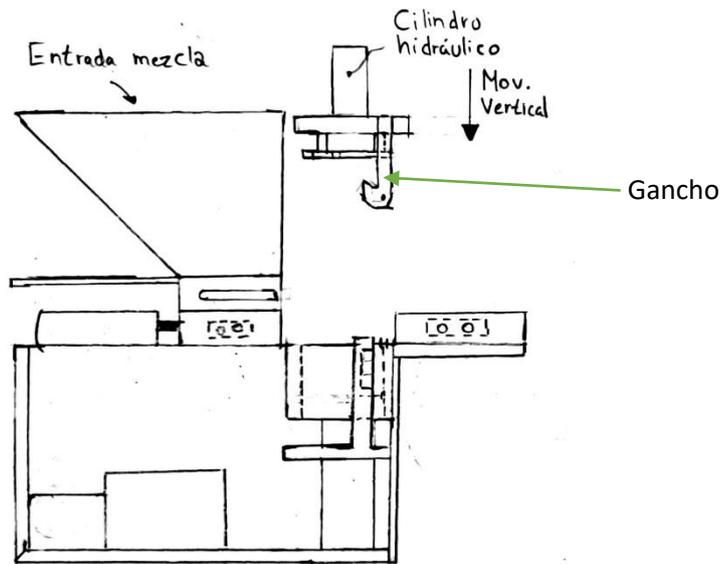


Figura 2-6. Vista perfil del concepto de solución 2 (Se omitió el dibujo de las columnas que sostiene la parte superior del molde para mejor visibilidad)

2.2.3 Concepto 3

El concepto de solución 3 (figura 2-7) posee una tolva cilíndrica por donde se ingresa la mezcla, esta luego es dispensada mediante una compuerta accionada por un motor DC. El recipiente dispensador de mezcla llena el molde mediante la acción de un cilindro hidráulico y, una vez se comprueba que regresó a su posición inicial mediante un sensor de distancia capacitivo, se procede al presado. Este presado se realiza simultáneamente por el molde superior e inferior mediante los cilindros hidráulicos, el estado del presado será medido mediante un sensor magneto inductivo dentro de los cilindros hidráulicos y, una vez terminado, los ladrillos terminados serán expulsados del molde empujados por la parte inferior del molde. Estos ladrillos terminados serán llevados a la salida de la máquina empujados por el recipiente dispensador de mezcla, cuando este se mueva para llenar el molde una vez más; en la salida se encontrará un sensor de distancia capacitivo que registrará la cantidad de ladrillos fabricados.

La interfaz de usuario se compone de una baliza con sirena, la cual se encargará de generar las señales sonoras de inicio/fin de proceso, así como la señal en caso de emergencia. Además, cuenta con un HMI desde el cual se podrán ingresar los datos necesarios, además de poder monitorear la presión del sistema medida mediante un sensor de presión con tecnología de galgas. Este modelo posee un interruptor automático para activar o desactivar el flujo de corriente hacia la máquina, además de poseer un botón de encendido, un botón para iniciar el proceso de fabricación y uno de parada de emergencia.

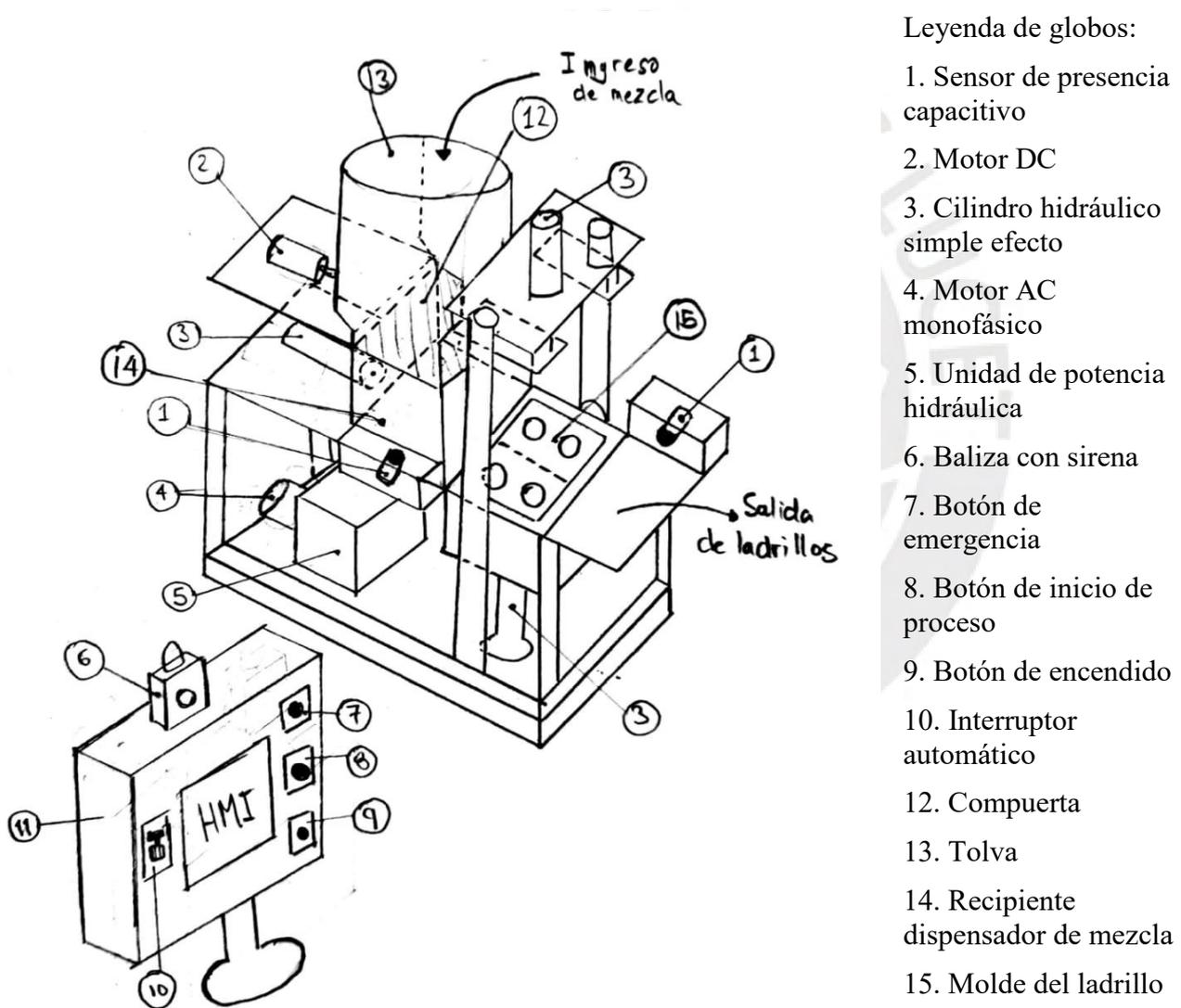


Figura 2-7. Concepto de solución 3.

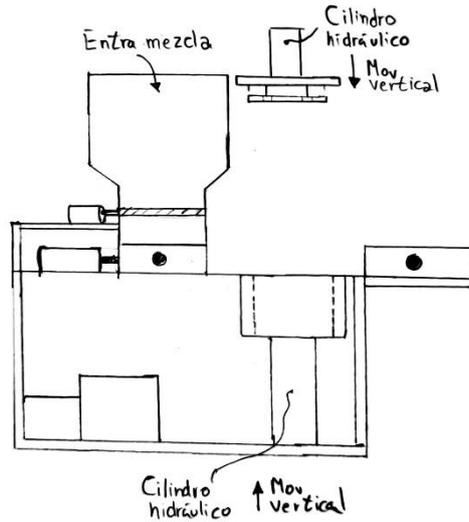


Figura 2-8. Vista perfil del concepto de solución 3 (Se omitió el dibujo de las columnas que sostiene la parte superior del molde para mejor visibilidad)

2.3 Evaluación técnica-económica

Se realiza una evaluación técnico-económica de todos los conceptos para elegir el mejor. En las tablas 2-6 y 2-7 se muestran los conceptos utilizados para la evaluación, además a cada criterio se le asignó un peso (entre 1 y 4) el cual multiplica el puntaje obtenido por cada concepto en ese criterio (entre 1 y 4).

Tabla 2-6. Evaluación técnica-económica – Parte 1

Técnicos		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
Criterio	g	P	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg
Velocidad de prensado	4	3	12	3	12	2	8	4	16
Facilidad de uso	3	3	9	3	9	3	9	4	12
Seguridad	3	3	9	3	9	3	9	4	12
Complejidad mecánica	3	2	6	3	9	1	3	4	12
Eficiencia	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Facilidad de programación	2	2	4	3	6	2	4	4	8
Suma		16	49	18	54	13	39	24	72
Promedio		0.67	0.68	0.75	0.75	0.54	0.54	1	1

Tabla 2-7. Evaluación técnica-económica – Parte 2

Económicos		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
Criterio	g	P	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg
Costo de los materiales	4	2	8	3	12	1	4	4	16
Cantidad de piezas	2	3	6	3	6	2	4	4	8
Facilidad de adquisición de los materiales	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Facilidad del mantenimiento	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Facilidad de montaje	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Facilidad de fabricación de las partes	3	3	9	2	6	2	6	4	12
Suma		17	47	17	48	12	32	24	68
Promedio		0.71	0.69	0.71	0.71	0.50	0.47	1	1

Luego de esta evaluación, se ponen los resultados en una gráfica donde se observará cada resultado en comparación con la solución ideal. En la imagen 2-9 el eje X representa lo económico y el eje Y lo técnico. Se observa de esto que es el **concepto 2** el que muestra mejores resultados, este se encuentra un poco por encima de la recta y, además, está más a la derecha que todos los demás.

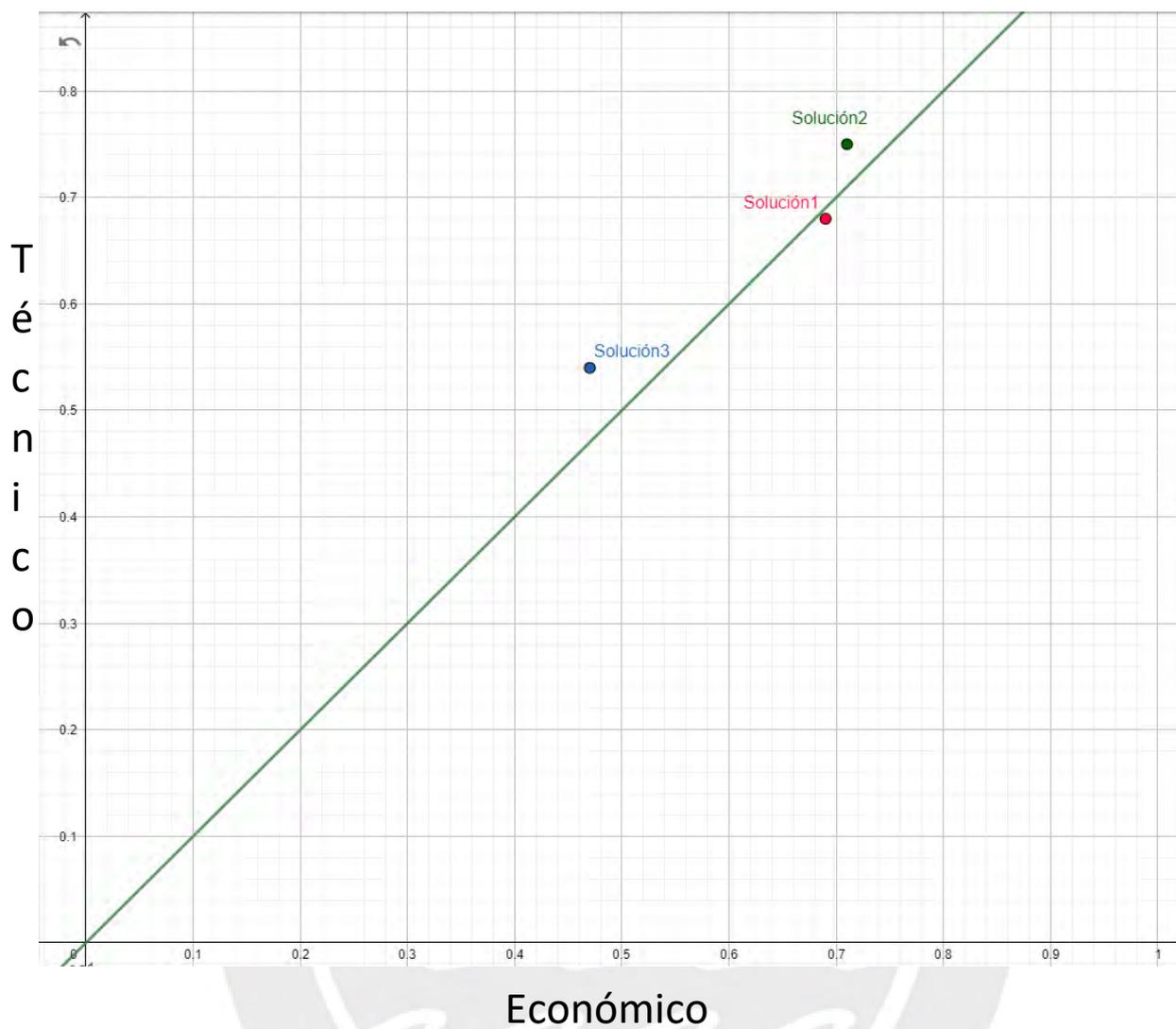


Figura 2-9. Diagrama de evaluación técnica-económica

Capítulo 3: Desarrollo de la máquina prensadora de ladrillos

En este capítulo se aborda el diseño mecánico de la máquina; se inicia mostrando el diseño integrado, luego, se definen los materiales de fabricación del sistema; posteriormente se divide el sistema en subsistemas, en los cuales se hacen los cálculos requeridos por cada uno y se eligen sus componentes; además, se realiza un diagrama de flujo para la automatización, el cual es seguido por la estrategia de automatización. Finalmente se escogen los últimos componentes, como el controlador y la fuente de energía, para luego realizar el cálculo de los costos, así como mostrar los planos electrónicos y una lista de los planos mecánicos realizados.

3.1 Diseño integrado

En la figura 3-1 se puede apreciar la máquina en su totalidad. El diseño se distribuye en subsistemas, los cuales serán explicados con detalle más adelante, estos son:

1. Subsistema de interfaz con el usuario
2. Subsistema de soporte
3. Subsistema de llenado de molde
4. Subsistema de prensado de molde
5. Subsistema de potencia hidráulica

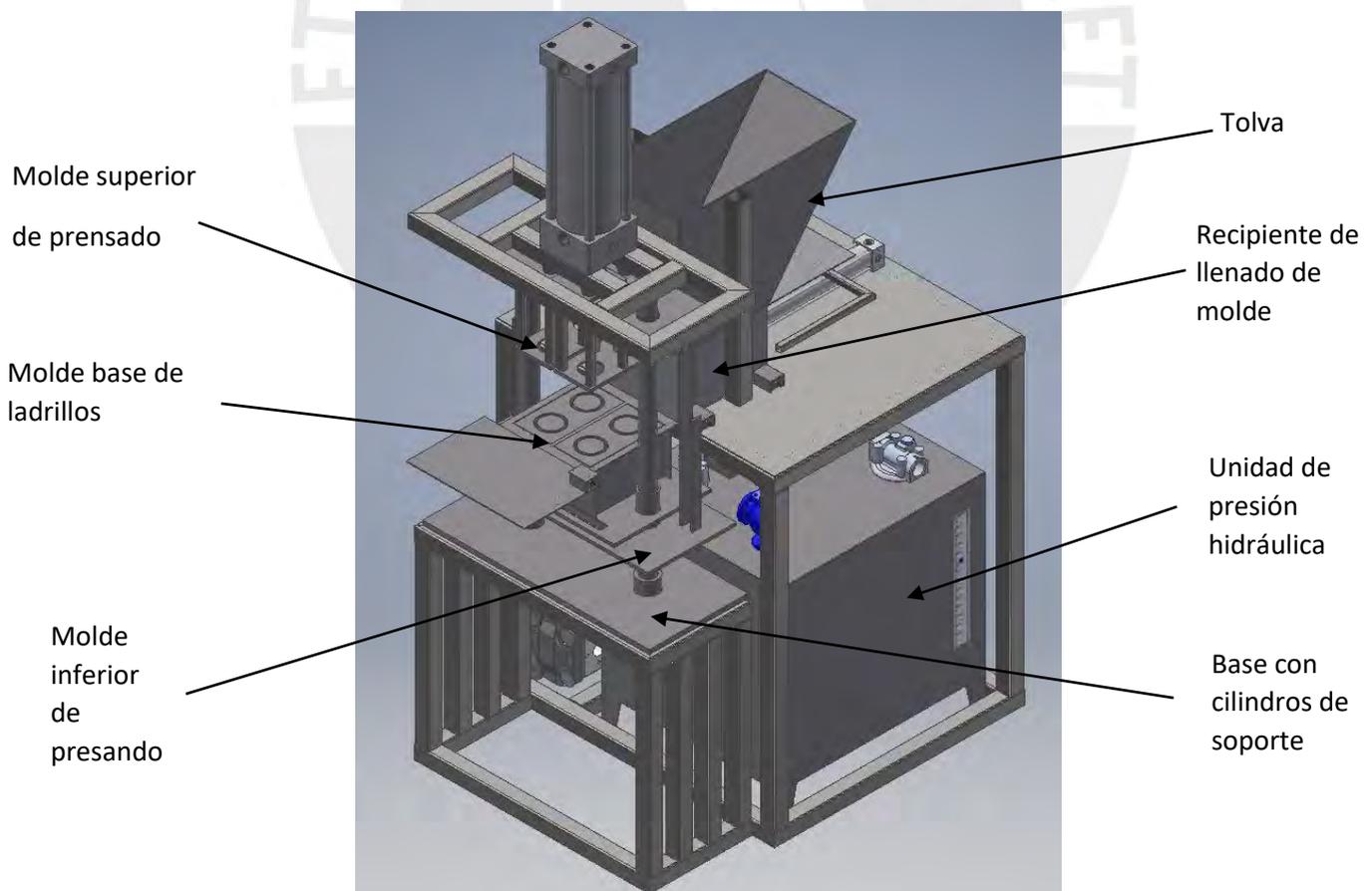


Figura 3-1. Vista isométrica de la máquina prensadora de ladrillos.

3.1.1 Diagrama de operaciones

Para operar la máquina el operario deberá encender la máquina, suministrar la materia prima para los ladrillos, esto será mientras dure el proceso de fabricación, posteriormente deberá ingresar la cantidad de ladrillos a fabricar en la interfaz y presionar el botón de inicio. Cada vez que finalice un ciclo, saldrán ladrillos a la salida de la máquina los cuales deberán ser retirados por el operario; una señal de fin de proceso será emitida cuando la máquina haya terminado de fabricar todos los ladrillos, luego de esto el operario deberá apagar la máquina y limpiar cualquier materia residual que haya podido quedar producto del proceso de fabricación. Adicionalmente, existe una alarma de emergencia, la cual indicará de algún problema, al escuchar esta señal el operario deberá detener la máquina y reparar la falla. Todo el proceso se puede apreciar en la figura 3-2.

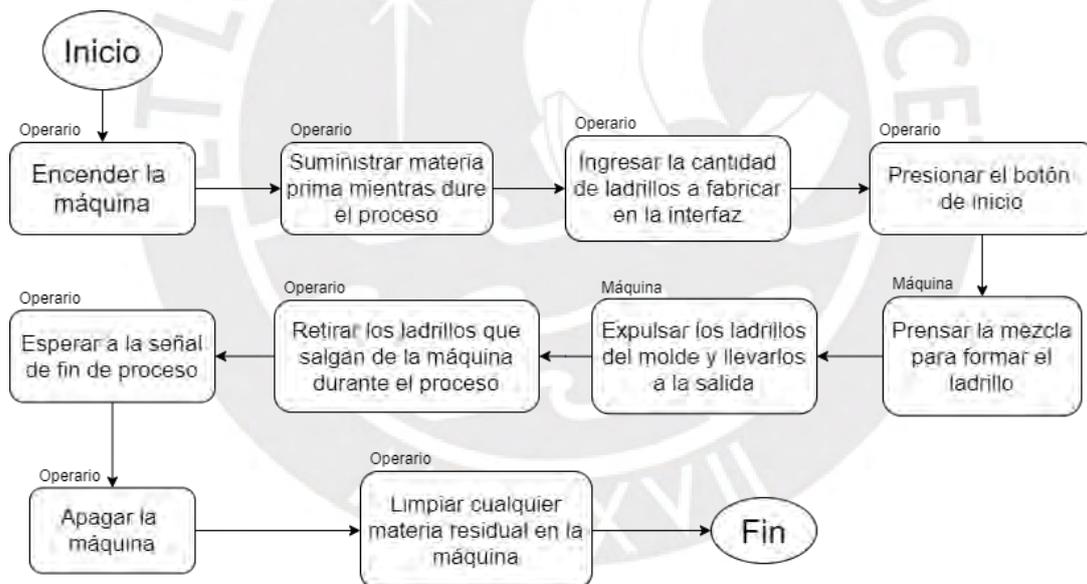


Figura 3-2. Diagrama de operaciones

3.1.2 Arquitectura de Hardware

En la figura 3-3 se muestra cómo interactúan los componentes del sistema. En nuestro caso, el sistema energía directamente de una conexión a 220VAC la cual es utilizada por el controlador y otros componentes. La energía además es acondicionada por una fuente de 24VDC para los componentes que no utilizan 220VAC (como la interfaz, las válvulas y los sensores de proximidad). El controlador PLC se conecta directamente con la interfaz HMI, además de recibir las señales de los sensores de proximidad y el presostato, para poder mandar instrucciones a las válvulas y a la baliza cuando sea necesario.

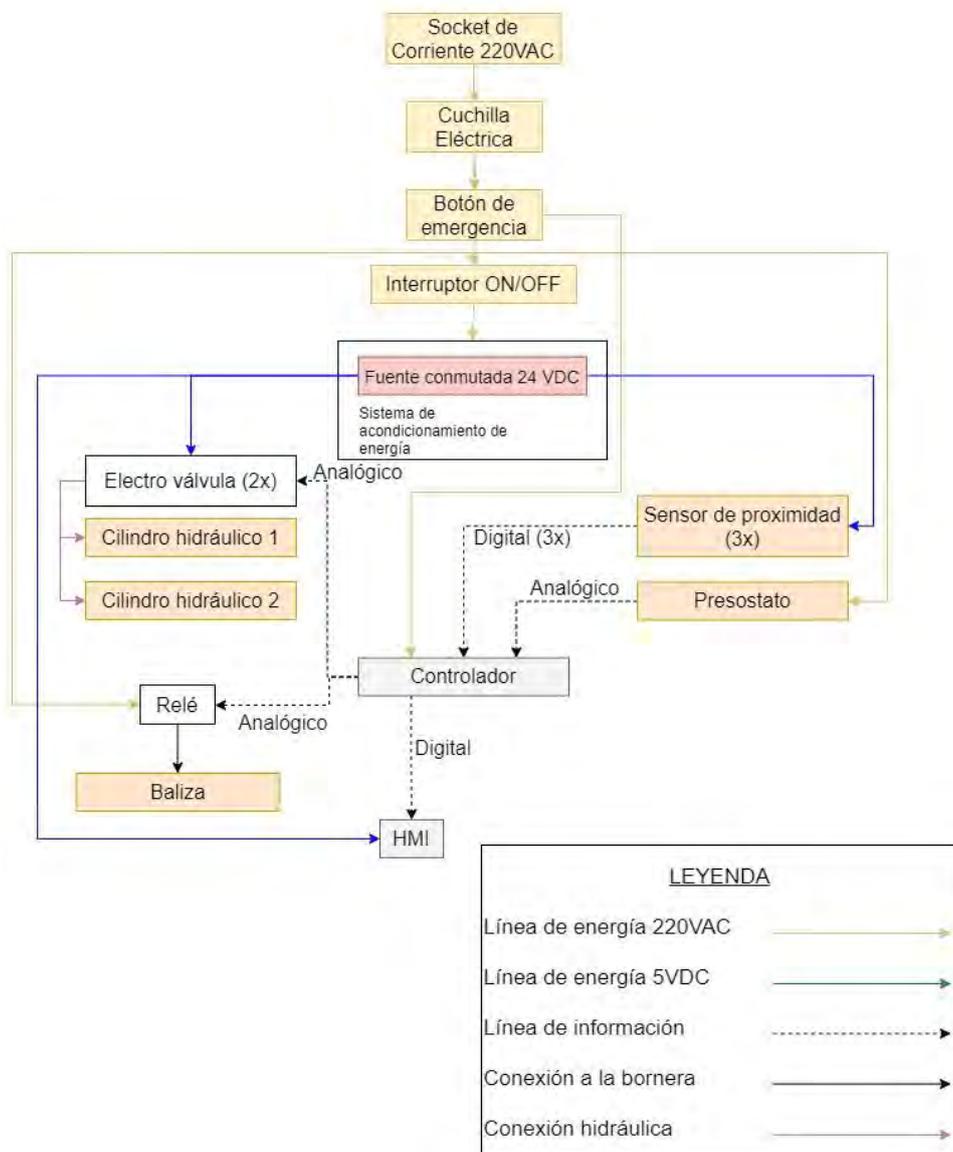


Figura 3-3. Arquitectura de hardware.

3.1.3 Selección de materiales y procesos de fabricación

El sistema requerirá una estructura fuerte y resistente a las vibraciones mecánicas provocadas por la bomba que se utilizará, así como resistencia a la presión ejercida cuando se realice el prensado de los ladrillos. Adicionalmente, debido a que la mezcla de los ladrillos presenta un porcentaje de agua, se requerirá un material resistente a la corrosión para las partes que hagan contacto con la mezcla.

En la tabla 3-1 se comparan los diferentes materiales

Tabla 3-1. Comparación de aceros.

	Acero	Acero inoxidable
Densidad aprox.(g/cm3)	7.85	8.00
Resistencia a los esfuerzos	Alta	Alta
Resistencia a la corrosión	Baja	Alta
Soldabilidad	Alta	Alta
Precio	Medio	Alto

Se decide usar acero inoxidable debido a que partes del sistema siempre estarán en contacto con la mezcla, y otras partes podrían ser expuestas a la humedad de manera involuntaria.

Ahora se procederá a comparar, en la tabla 3-2, diferentes tipos de aceros inoxidables.

Tabla 3-2. Comparación de aceros inoxidables.

	A430	A304	Dúplex
Resistencia a los esfuerzos	Alta	Alta	Muy Alta
Resistencia a la corrosión	Media	Alta	Alta
Soldabilidad	Media	Muy Alta	Alta
Magnético	Sí	No	Sí
Precio	Medio	Alto	Muy Alto

Se decide el uso del A430 debido a que su precio es el más bajo, además de tener la suficiente resistencia a la corrosión para el proyecto.

3.2 Subsistema de soporte

Este subsistema es el encargado de soportar el peso de todas las partes de la prensadora, además de la fuerza que se ejercerá durante el proceso de prensado, de manera que el sistema se mantenga firme y con deformaciones mínimas no permanentes.

3.2.1 Cálculos mecánicos

Para el correcto funcionamiento del subsistema se deben realizar primero los cálculos correspondientes, cuyos resultados serán de suma importancia para la correcta selección de materiales y componentes, además de garantizar la seguridad del sistema entero.

3.2.1.1 Espesor de la plancha de soporte

Como se mostró en el diseño integrado se tiene una base que soportará la fuerza ejercida durante el presando, la está compuesta de una plancha con cilindros, para asegurar que el espesor de esta plancha sea correcto se procede a hacer un cálculo tentativo de este espesor, de la siguiente manera.

Primero se toma una presión de referencia para prensar los ladrillos, la cual será 15 kg/cm^2 (Se tomó como referencia la presión que utilizan otras máquinas comerciales). Esta debe aplicarse uniformemente sobre 2 ladrillos de $25 \times 12.5 \text{ cm}$ de área (cada uno).

$$A_t = 625 \text{ cm}^2$$

Se calcula entonces la fuerza requerida:

$$F = \text{área} \times \text{presión} = 625 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ kg/cm}^2 = 9375 \text{ kg} = 93750 \text{ [N]}$$

Esta es la fuerza que se estará aplicando sobre la base. En la figura 3-4 se hace una aproximación a cómo se está aplicando esta fuerza sobre la placa.

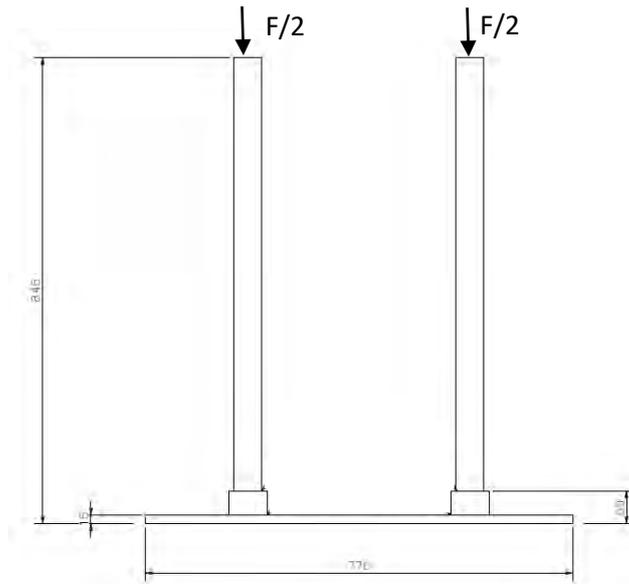


Figura 3-4. Vista superior de la base con cilindros.

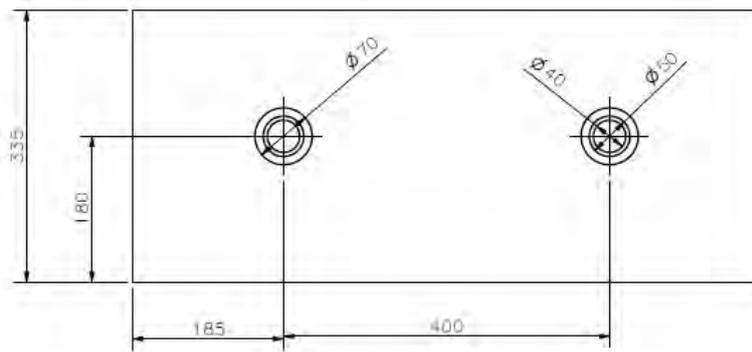


Figura 3-5. Vista superior de la base con cilindros.

Se asume que la fuerza se distribuye uniformemente entre ambos perfiles circulares y llega a la placa, entonces se utiliza los datos mostrados en la figura.

$$\frac{w_{\max}}{h} = \delta \frac{q}{E} \left(\frac{c}{h} \right)^4 \quad (51)$$

$$\sigma_{\max} = \beta q \left(\frac{c}{h} \right)^2 \quad (52)$$

donde: c lado menor de la placa.

h espesor.

σ tensión máxima.

E módulo de elasticidad.

ν módulo de Poisson.

q carga transversal uniforme por unidad de área.

w_{\max} desplazamiento transversal máximo de la placa.

Tabla 6: Pequeñas deflexiones: $w_{max} < 0,5 h$ (módulo de Poisson $\nu = 0,3$)

Relación de lados $\alpha = \frac{\text{lado menor}}{\text{lado mayor}}$

Forma	Apoyo	Caso	$1/\delta$	$1/\beta_c$	$1/\beta_e$
●	Articulado	1	23	3,232	////
	Empotrado	2	93,77	8,205	5,333
●	Articulado	3	$7 + 6,5 \alpha + 9,5 \alpha^4$	$1,332 + 1,9 \alpha^{2,2}$	////
	Empotrado	4	$35,2 + 58,6 \alpha^3$	$4 + 4,2 \alpha^3$	$2 + 3,33 \alpha^3$
■	Articulado	5	$7 + 15,7 \alpha^3$	$1,33 + 2,2 \alpha^{2,8}$	////
	Empotrado	6	$35,2 (1 + \alpha^4)$	$4 (1 + \alpha^4)$	$2 (1 + \alpha^4)$
	Cortos apoyados Largos empotrados	7	$35,2 + 10,8 \alpha^4$	$4 + \alpha^5$	$2 + 0,4 \alpha^5$
	Cortos empotrados Largos apoyados	8	$7 + 41 \alpha^{3,5}$	$\alpha < 0,8 \rightarrow 1,3 + 5,61 \alpha^{2,2}$ $\alpha \geq 0,8 \rightarrow 3 + 2 \alpha^3$	$1,33 + 1,1 \alpha^{3,6}$

Figuras 3-6. Extracto del libro de fórmulas para el cálculo del espesor de una placa. (J. Massa, J. Giro, A.

Guidici, 2015)

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma_{max} = \beta \cdot q \cdot \left(\frac{c}{h}\right)^2$$

Despejando "h":

$$h^2 = \frac{\beta \cdot q \cdot c^2}{\sigma_{max}}$$

Reemplazando los siguientes datos, obtenidos de la figura 3-5:

$$c = 335\text{mm}, \sigma_{max} = 450 \text{ Mpa (acero inoxidable)}, 1/\beta = 3.232, \nu = 0.3 \text{ y}$$

$$q = 93750 / (70 \times 770) = 1.73 \text{ N/mm}^2$$

Se obtiene:

$$\sigma_{max} = h^2 > \frac{0.3094 \times 1.73 \times 335^2}{450} = 134.211$$

Entonces

$$\underline{h > 11.58 \text{ mm}}$$

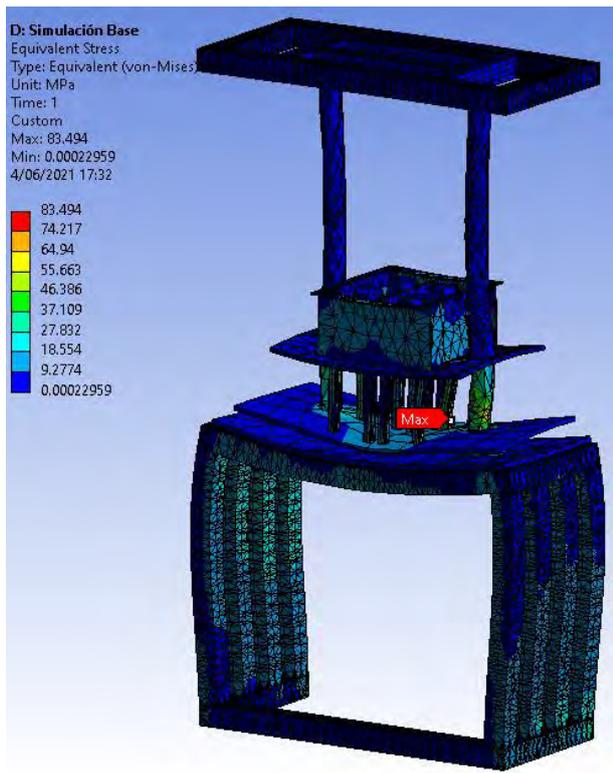
Entonces el espesor de la placa a utilizar debe ser mayor a 11.58, por lo cual se seleccionó una placa de 15mm de espesor para mayor seguridad.

3.2.2 Simulaciones

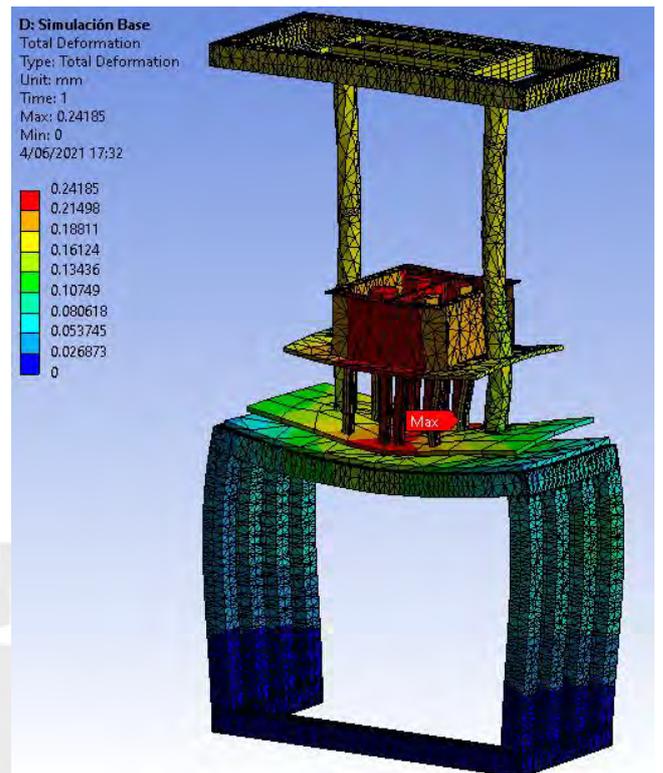
Para las demás pruebas estructurales se utiliza el software de simulación ANSYS. Primero se simula la resistencia de la base inferior al molde de los ladrillos, para asegurar que esta resistirá la presión ejercida durante el prensado.

En la figura 3-7 se observan los resultados de la simulación (esfuerzos, deformación y factor de seguridad) de la base, para una presión de 15kg/cm^2 aplicados en el molde inferior del ladrillo.

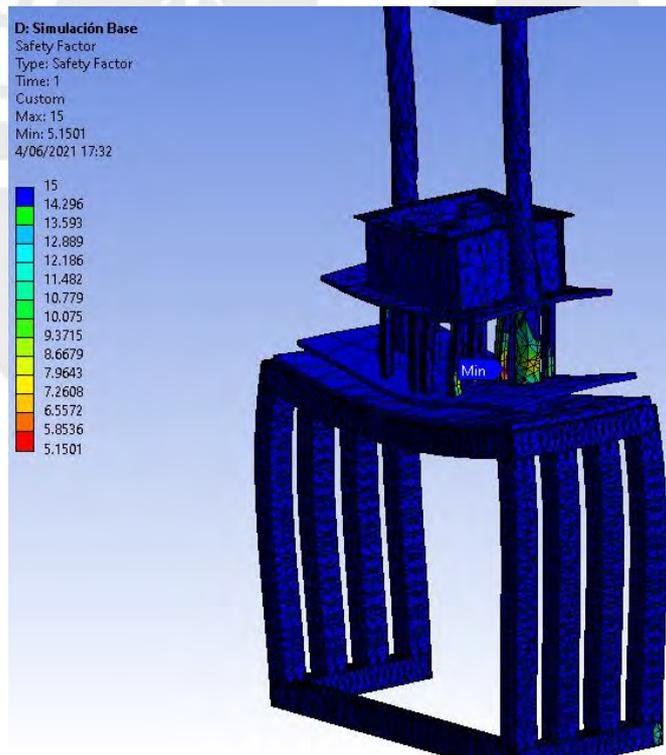




a



b



c

Figura 3-7. Resultados de simulación de base, de izquierda a derecha: esfuerzos totales (a), deformación total (b) y factor de seguridad (c).

De los resultados se puede observar que el máximo esfuerzo de trabajo es de 83.5 Mpa, la máxima deformación es de 0.2mm y el mínimo factor de seguridad es de 5; los cuales son parámetros seguros para la operación de la máquina sin que falle.

Adicionalmente se realiza una simulación para los tornillos que fijarán el cilindro de prensado, para asegurarse que resistirán al momento de prensar los ladrillos, cuyos resultados se observan en la figura 3-8.

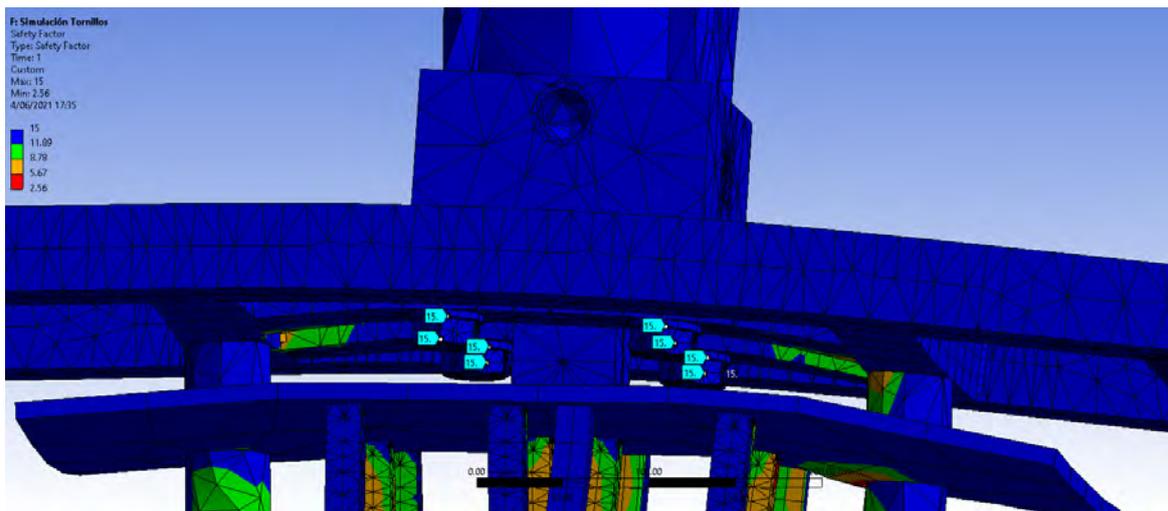


Figura 3-8. Resultado de simulación de tornillos de fijación, factor de seguridad.

Como se puede observar, el factor de seguridad de los tornillos, así como la base alrededor es de 15, si bien el valor real puede variar, se puede afirmar que los tornillos no fallarán en la máquina real mientras esté en operación.

3.3 Diseño de interfaz de usuario

En la interfaz del usuario, mostrado en la figura 3-9, se mostrarán e ingresaran datos en un HMI, además se contará con una baliza que mostrará el estado del proceso, una sirena electrónica que alertará de cualquier problema en la máquina, así como 2 botones, uno de emergencia y otro que encendido de la máquina.

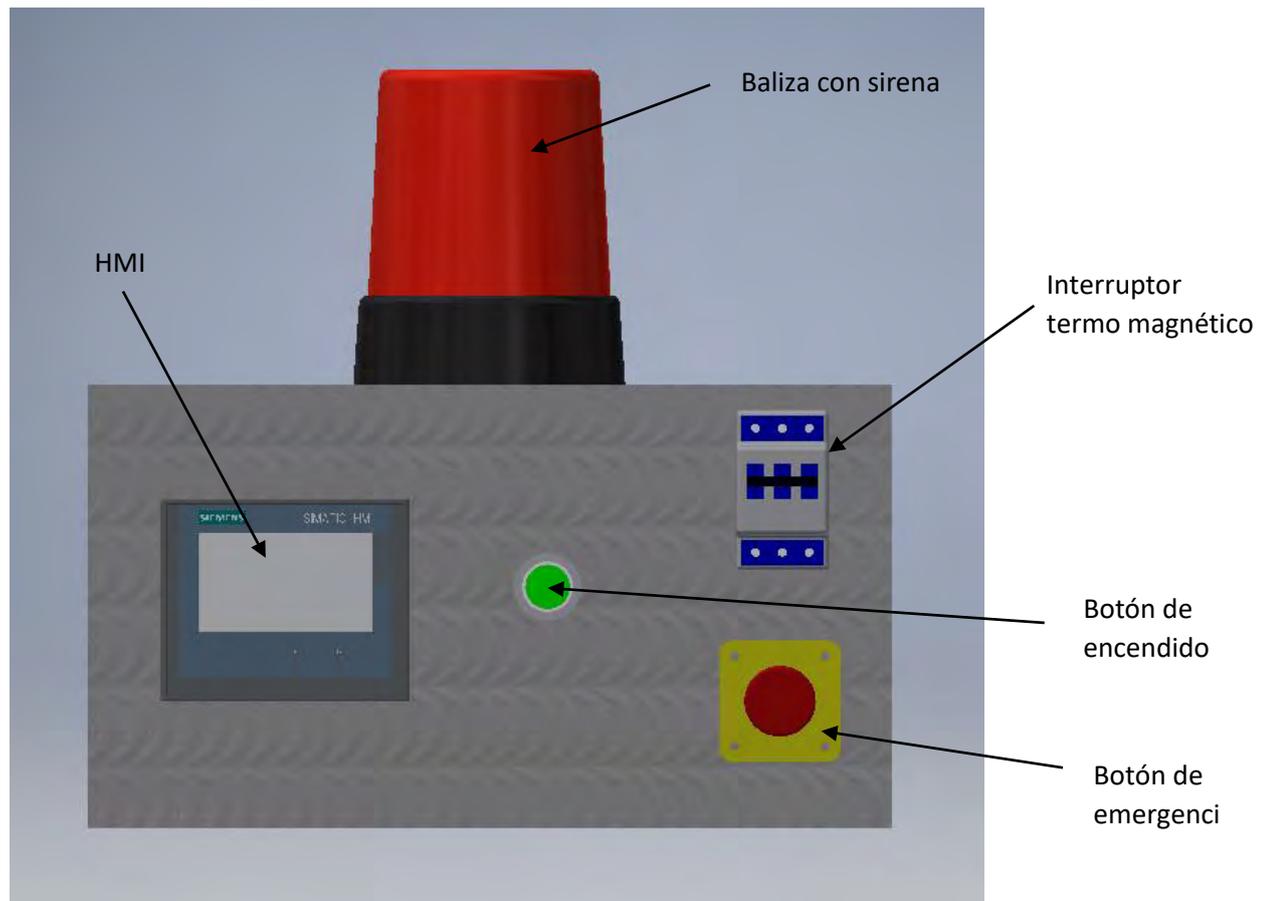


Figura 3-9. Vista frontal de la interfaz de usuario.

3.3.1 Selección de componentes

En este apartado se elaborarán tablas de comparación entre diferentes opciones para los componentes necesarios en este subsistema, estas facilitarán la selección del componente más adecuado para cada tarea.

3.3.1.1 Interfaz humano máquina (HMI)

En esta se visualizará la información del sistema, la cantidad de ladrillos producidos, además se utilizará para ingresar los datos necesarios, así como para interactuar con el sistema cuando esto sea necesario. Es por ello que los criterios para su selección (tabla 3-3) serán el tamaño de su pantalla, para asegurar su visibilidad; el contar con botones o pantalla táctil para el ingreso de datos; su precio, el cual debe ser el mínimo posible; adicionalmente se requiere que no requiera importación para facilitar su obtención.

Tabla 3-3. Comparación de HMI.

	Requisitos	HMI Ktp400	DISPLAY LCD 7" TÁCTIL	7 pulgadas pantalla táctil TFT LCD HDMI
				
Fabricante	-	Siemens	Raspberry	OSOYOO
Tamaño de la pantalla	Mayor o igual a 4"	4"	7"	7"
Voltaje de alimentación	5 o 24VDC	24VDC	5VDC	5VDC
Resolución	-	-	800x480 pixeles	1024x600 pixeles
¿Importación?	No	No	No	Sí
Precio	Menor	S/. 1700.00 (Viene en conjunto con un PLC compatible)	S/. 550.00	S/. 357.06 (Incluye gastos de importación)

Entre las opciones se opta por el HMI de la marca siemens debido a que este además de cumplir con los requisitos, es un HMI compatible con el controlador a utilizar lo cual facilita su implementación.

3.3.1.2 Baliza electrónica

Se utilizará una baliza con sonido para alertar al usuario cuando exista alguna emergencia en el sistema y así recibir atención inmediata. Los criterios para su selección (tabla 3-4) serán: su voltaje de operación, el cual debe ser 24VDC o 220VAC; su precio, el cual deberá ser el menor posible; además deberá estar disponible localmente para facilitar su obtención.

Tabla 3-4. Comparación de balizas electrónicas.

	Requisitos	LTE-5103J	Yus Fa02	GL-13R-220V
				
Fabricante	-		Opalux	Opalux
Potencia de sonido	-	90db	No especifica	115db
Voltaje de alimentación	220VAC o 24VDC	110VAC	12VDC	220VAC
Corriente de consumo	-	No especifica	No especifica	150mA
¿Importación?	No	Sí	No	No
Precio	Menor	S/. 256.73 (Incluye gastos de importación)	S/. 17.00	S/. 50.00

Se escoge la baliza GL-13R-220V debido a que cumple las condiciones de voltaje de alimentación, además de estar disponible en el mercado local, tener una buena potencia de sonido y un precio relativamente bajo.

3.3.1.2 Módulo relé

Debido a que la baliza no debe estar encendida todo el tiempo, se requiere un relé que controle cuando esta está encendida o apagada. Esta debe poder soportar el voltaje (220VAC) y corriente de la baliza (150ma), debe tener un voltaje de operación de 24VDC, además debe estar disponible en el mercado local y su precio debe ser el menor posible. Se realiza entonces una comparación en la tabla 3-5.

Tabla 3-5. Comparación de relays.

	Requisitos	MOD-RELAY-1CH-5V	MOD-RELAY-2CH-5V	REL-SSR-40DA
				
Fabricante	-	Songle	Songle	Genérico
Voltaje de carga (Max)	>220VAC	250VAC	250VAC	280VAC
Corriente de carga (Max)	>150mA	10A	10A	2A (Con disipador hasta 16A)
Voltaje de alimentación	24VDC	5VDC	5VDC	3 a 32VDC
Número de canales	>1	1	2	1
¿Importación?	No	No	No	No
Precio	Menor	S/. 6.00	S/. 12.00	S/. 28.00

Se escoge el relé GL-13R-220V, ya que este cumple con todos los requisitos, siendo este uno que puede variar su voltaje de operación en un rango que incluye 24VDC lo cual es requerido por el controlador a utilizar.

3.4 Subsistema de llenado de molde

En este subsistema, tal como se observa en la figura 3-10, se encuentran una tolva donde se depositará la mezcla del ladrillo, un recipiente que llevará esta mezcla al molde del ladrillo, 2 sensores de presencia inductivos que se encargarán de verificar que el proceso de llenado se haya completado de manera exitosa, un sensor de presencia capacitivo que se encargará de registrar los ladrillos que salgan de la prensadora, un cilindro hidráulico de doble efecto que será el que moverá el recipiente hacia el molde y por último una base en la que todo estos componentes serán montados.

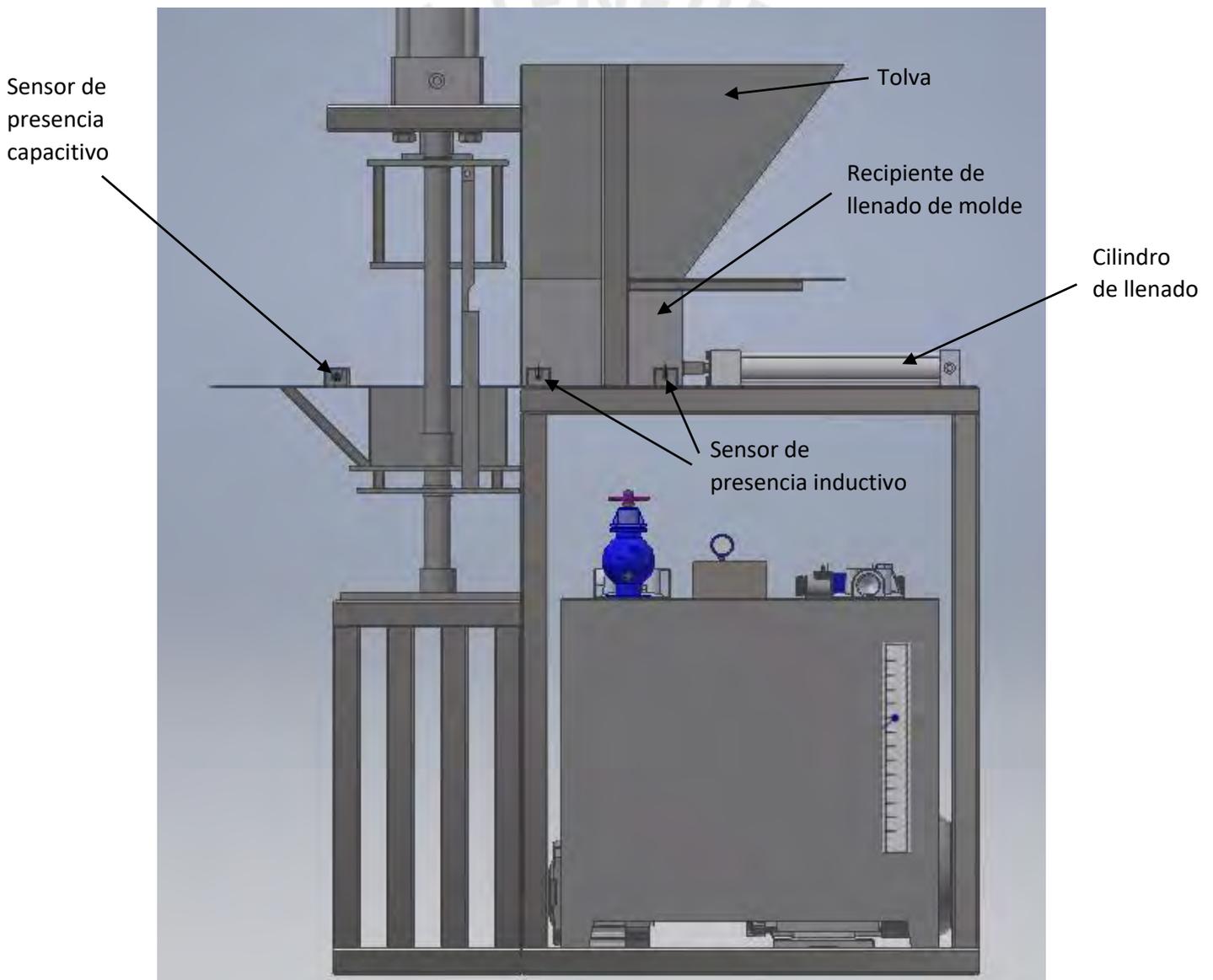


Figura 3-10. Vista lateral del subsistema de llenado de molde.

3.4.1 Cálculos mecánicos

Para la correcta selección de los actuadores se requiere realizar cálculos previos para obtener las fuerzas que estos deberán ejercer durante todas las etapas del proceso de llenado de molde.

3.4.1.1 Cilindro de llenado de molde

Para estos cálculos se utilizan las medidas aproximadas iniciales del recipiente almacenador de mezcla, así como las medidas del molde para la compactación del ladrillo. Además, se toma un valor aproximado para la densidad de la mezcla para los ladrillos (al no contar con referencias específicas ni con medios para probar su densidad experimentalmente) este valor es 1200 kg/m^3 .

Primero se realiza un DCL en la figura 3-11 para identificar las fuerzas que debe vencer el cilindro hidráulico para poder mover el recipiente con la mezcla que irá al molde.

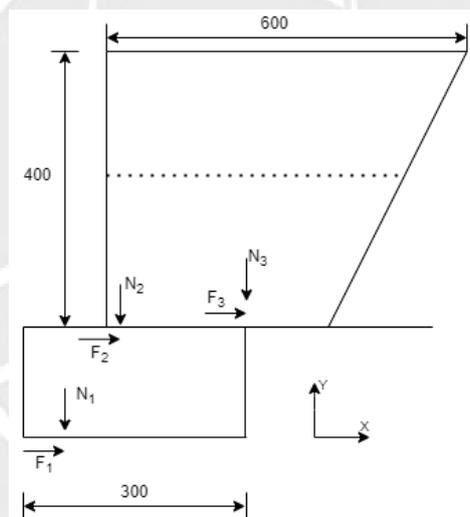


Figura 3-11. DCL de la tolva y el recipiente de llenado de molde.

Se calcula el volumen total de mezcla que podrá ingresar en la tolva de ser llenada por completo el cual es:

Volumen total de mezcla = Volumen parte rectangular + Volumen parte triangular =

$$L_r \times A_r \times A_{nr} + \frac{(L_t \times A_t \times A_{nt})}{2} \dots (1)$$

Dónde:

Lr: Largo de parte rectangular

Ar: Altura de parte rectangular

Anr: Ancho de parte rectangular

Lt: Largo de parte triangular

At: Altura de parte triangular

Ant: Ancho de parte triangular

Reemplazando los datos en la ecuación (1) se obtiene:

$$400 \times 300 \times 300 + \frac{300 \times 400 \times 300}{2} = 54000000 \text{ mm}^3 = \mathbf{0.054 \text{ m}^3}$$

El peso de esta mezcla entonces será:

$$\text{Peso} = \text{Volumen} \times \text{Densidad} = 0.054 \text{ m}^3 \times 1200 \text{ kg/m}^3 = 64.8 \text{ kg} = \mathbf{648 \text{ [N]}}$$

Luego se calculan las fuerzas de reacción utilizando los valores de coeficiente de rozamiento entre el acero-tierra = 0.5 y el tierra-tierra = 0.8.

$$F_3 = \mu_{\text{tierra-tierra}} \times N_3 = 0.8 \times 648 = 518.4 \text{ [N]}$$

$$F_1 = F_2 = \mu_{\text{acero-tierra}} \times N_1 = 0.5 \times 648 = 324 \text{ [N]}$$

Entonces sumando las 3 fuerzas se obtiene la fuerza total

$$F_{\text{total}} = F_1 + F_2 + F_3 = 1166.4 \text{ [N]}$$

Para evitar obstrucciones se utiliza un factor de seguridad para la fuerza de 1.5, entonces la fuerza que se utiliza para el cálculo del émbolo es de 1749.6 [N]. Para el cálculo de área del émbolo requerido para esta tarea se toman en cuenta la norma ISO 6020, la cual establece la presión segura para el trabajo con cilindros hidráulicos a 160 bar, por seguridad se trabajará con una presión de 120 bar.

Entonces a 120 bar, el área del émbolo requerida es:

$$\text{Área del émbolo} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} \dots (2)$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene:

$$1749.6 \text{ [N]} / 120 \text{ [bar]} = 145.8 \text{ mm}^2 = \mathbf{1.45 \text{ cm}^2}$$

3.4.2 Selección de actuadores

Con los resultados obtenidos de los cálculos mecánicos previos, se seleccionarán los actuadores apropiados para las fuerzas que se requiere ejercer durante el proceso.

3.4.2.1 Cilindro hidráulico

Se busca en el catálogo de Fluidtek, tabla 3-6 un cilindro que cumpla con las especificaciones requeridas, es decir, con un área de 1.45 cm² y una carrera de mínimo 30 cm.

Magnitudes Características

Embolo Ø (mm)	Vástago Ø (mm)	Conexión	Área de embolo (cm ²)	Área anular (cm ²)	Long. De amortiguación (mm)	Numero Base		Tipo de sujecion									
						Amortiguación en ambos lados	Sin amortiguación	Del cilindro					Del vástago				
								Ejecución básica	Sujecion con patillas	Pivote intermedio	Pivote esférico	Brida posterior	Brida anterior	Pivote posterior	Ejecución básica	Horquilla	Rotula
40	20	G3/8	12,57	9,42	35	44801	44824	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
40	25	G3/8	12,57	7,67	-	-	44825	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62

Tabla 3-6. Catálogo de cilindros hidráulicos de doble efecto Fluidtek. (Fluidtek, s/f)

Se elige un cilindro con un diámetro de émbolo de 40mm y un área de émbolo de 12.57 cm².

Con estos datos se realiza ahora un cálculo de pandeo del cilindro, con el diámetro más pequeño.

Primero se calcula el radio de giro:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\pi * \frac{d^4}{16}}{\pi * \frac{d^2}{2}}} = \frac{d}{2\sqrt{2}} = \frac{20}{2\sqrt{2}} = 7.07 \text{ mm}$$

Con este se calcula la esbeltez del cilindro:

$$\lambda = \frac{L_p}{i} = 0.7 * \frac{L_p}{i} = \frac{0.7 * 300}{7.07} = 29.70$$

Entonces se puede decir que no se producirá pandeo.

3.4.3 Selección de sensores

Para la selección de los sensores se realizarán comparaciones mediante tablas con las diferentes opciones en el mercado, seleccionando aquellos que mejor se ajusten a las tareas que realizarán.

3.4.3.1 Sensor de presencia capacitivo

Este sensor se utilizará para poder monitorear la cantidad de ladrillos producidos por el sistema, este sensor se colocará en la salida de la máquina para registrar cada vez que un ladrillo salga de la misma, facilitando así el registro de producción. Los requisitos (tabla 3-7) para estos sensores son que tengan un rango de medición corto (solo se requiere que detecte la presencia de los ladrillos), debe tener un voltaje de alimentación de 24 VDC (debido a que el controlador a utilizar así lo requerirá), así como está disponible en el país.

Tabla 3-7. Comparación de sensores de presencia capacitivos.

	Requisitos	LJC18A3-H-Z/BX	LJC30A3-H-Z/BX
			
Fabricante	-	HWE	HWE
Rango de medición	-	5mm	10mm
Voltaje de alimentación	24V	6 a 36VDC	6 a 36VDC
Corriente de consumo	-	20mA	20mA
¿Importación?	No	No	No
Precio	Menor	S/. 40.00	S/. 50.00

Se selecciona el sensor LJC18A3-H-Z/BX debido a que cumple con los requisitos para esta tarea, además, es el más barato entre todas las opciones y está disponible en el Perú.

3.4.3.2 Sensor de presencia inductivo

Este se utilizará para poder comprobar que el proceso de llenado del molde se haya completado de manera correcta, comprobando si es que el actuador hidráulico cumplió con su ciclo completo. Por lo cual se requerirá comprar 2 sensores para esta tarea, y se aprovecha el hecho de que el recipiente es metálico para utilizar sensores inductivos. Para estos se requerirá un voltaje de alimentación de 24VDC, un rango de medición bajo (ya que solo se registrará la presencia o ausencia del recipiente) y que esté disponible en el país. Esta comparación se realiza en la tabla 3-8.

Tabla 3-8. Comparación de sensores de presencia inductivos.

	Requisitos	LJ12A3-4-Z/BY	LJ18A3-5-Z/AX
			
Fabricante	-	HWE	HWE
Rango de medición	-	4mm	5mm
Voltaje de alimentación	24V	6 a 36VDC	6 a 36VDC
Corriente de consumo	-	300mA	300mA
¿Importación?	No	No	No
Precio	Menor	S/. 25.00	S/. 40.00

Se selecciona el sensor LJC18A3-H-Z/BX debido a que cumple con los requisitos para esta tarea, además, es el más barato entre todas las opciones y está disponible en el Perú.

3.5 Subsistema de presando de molde

En este subsistema (figura 3-12) se encuentra el molde que dará forma al ladrillo, este se compone de 3 partes, un molde superior, un molde inferior y un molde base, que le dará forma de ladrillo a la mezcla, mientras los 2 primeros le darán sus patrones para el interlocking. Además, en los moldes superior e inferior se encuentran las partes superior e inferior de un sistema de gancho que servirá para que extraer los ladrillos del molde una vez terminado el sistema. Por último, se encuentra un cilindro hidráulico de doble efecto que servirá para presionar la mezcla con el molde superior hacia el inferior y formar el ladrillo.

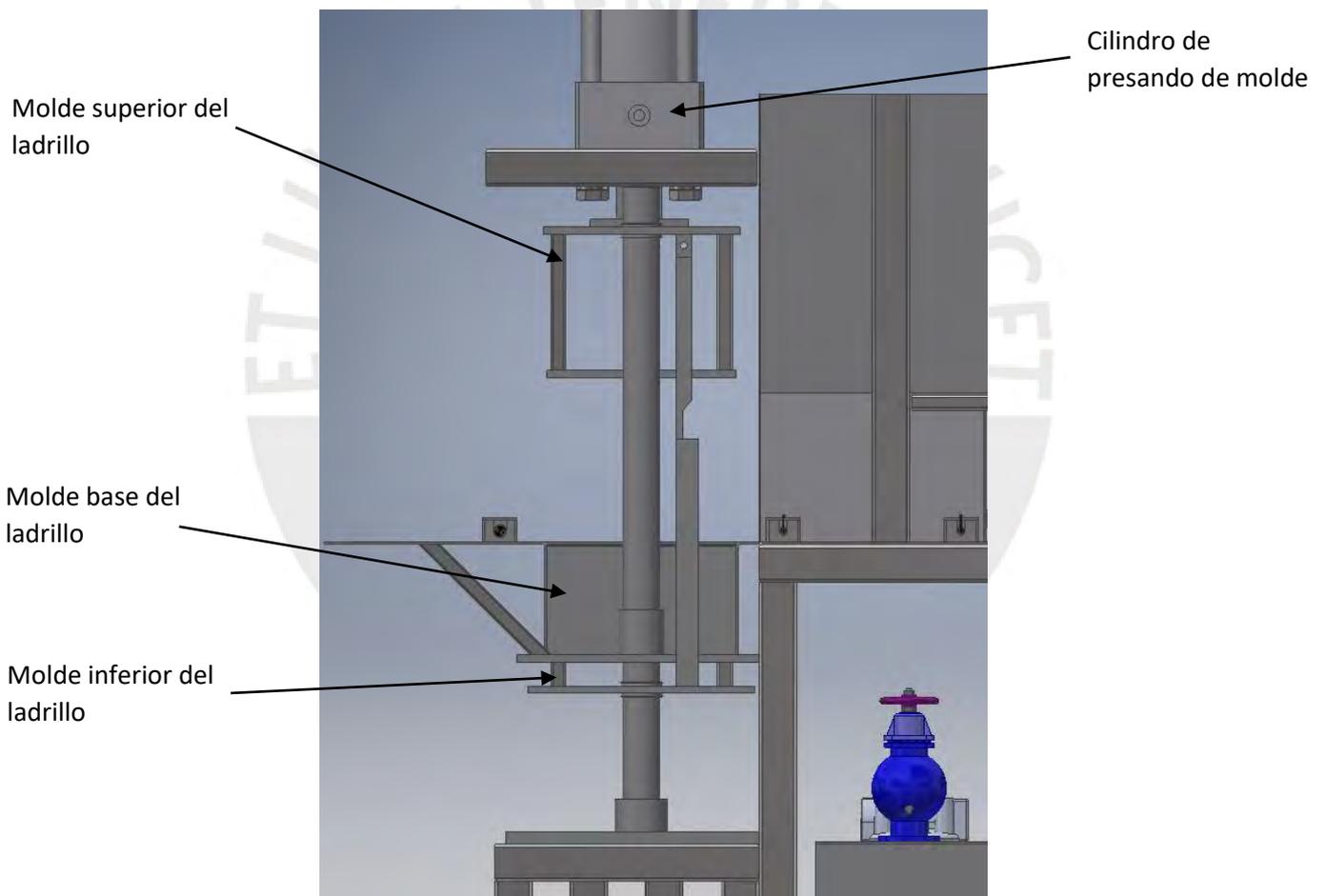
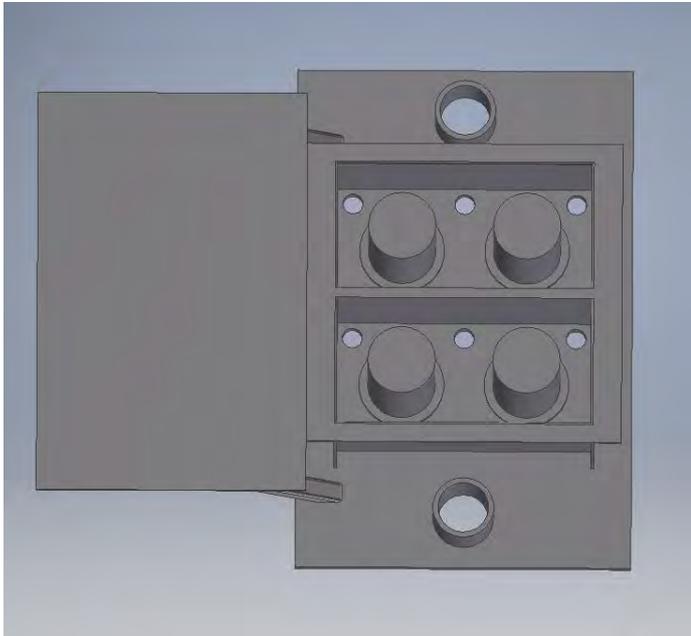
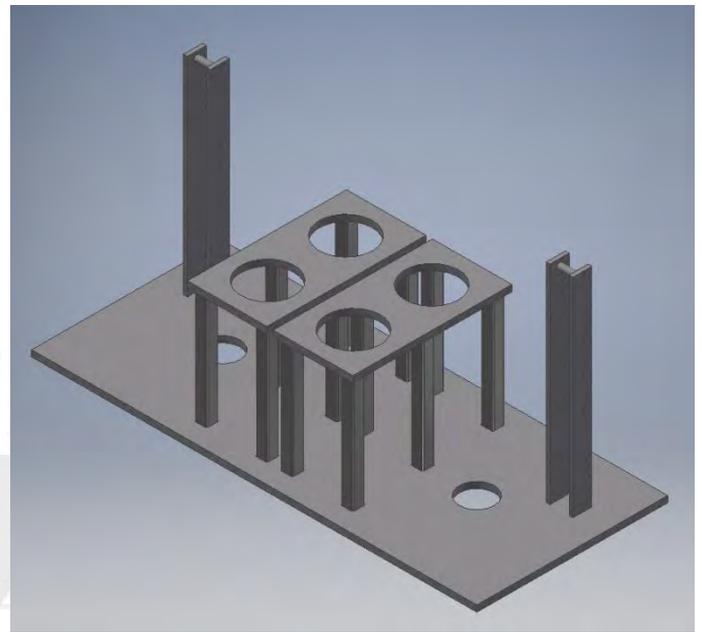


Figura 3-12. Vista lateral del subsistema de presado de molde.

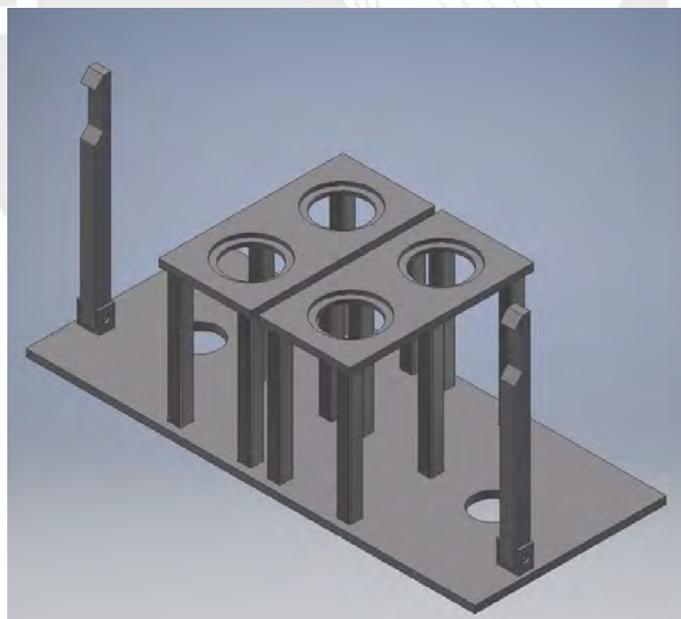
A continuación, se presentan unas vistas de las 3 partes del molde para mejorar la visibilidad de los detalles de cada uno.



A



B



C

Figuras 3-13 (A), 3-14 (B) y 3-15 (C). Vista superior del molde base, vista isométrica del molde inferior y vista isométrica del molde superior del ladrillo; de izquierda a derecha respectivamente.

3.5.1 Cálculos mecánicos

Para la correcta selección del actuador se realizarán primero unos cálculos previos para determinar la fuerza que este necesitará ejercer sobre el molde para compactarlos correctamente.

3.5.1.1 Cilindro de presando de molde

Para estos cálculos primero se toma una presión de referencia para prensar los ladrillos, la cual será 15 kg/cm² (Se tomó como referencia la presión que utilizan otras máquinas comerciales). Esta debe aplicarse uniformemente sobre 2 ladrillos de 25x12.5cm de área (cada uno).

$$A_t = 625 \text{ cm}^2$$

Se calcula entonces la fuerza requerida:

$$F = \text{área} \times \text{presión} = 625 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ kg/cm}^2 = 9375 \text{ kg} = 93750 \text{ [N]}$$

Para el cálculo de área del émbolo requerido para esta tarea se toman en cuenta la norma ISO 6020, la cual establece la presión segura para el trabajo con cilindros hidráulicos a 160 bar, por seguridad se trabajará con una presión de 120 bar.

Entonces a 120 bar, el área del émbolo requerida es:

$$\text{Área del émbolo} = \text{Fuerza/Presión} \dots (3)$$

Reemplazando se en la ecuación (3) se obtiene:

$$\frac{93750 \text{ [N]}}{120 \text{ [bar]}} = 7812.5 \text{ mm}^2 = \underline{\underline{78.13 \text{ cm}^2}}$$

Se requerirá un cilindro con un área de émbolo mayor a 78.13 cm² y con una carrera mayor a 35 cm aproximadamente.

3.5.2 Selección de cilindro hidráulico

Se busca en el catálogo de Fluidtek, tabla 3-9, un cilindro que cumpla con las especificaciones requeridas.

Embolo Ø (mm)	Vástago Ø (mm)	Conexión	Área de embolo (cm²)	Área anular (cm²)	Long. De amortiguación (mm)	Numero Base		Tipo de sujeción									
						Amortiguación en ambos lados	Sin amortiguación	Del cilindro							Del vástago		
								Ejecución básica	Sujeción con patitas	Pivote intermedio	Pivote esférico	Brida posterior	Brida anterior	Pivote posterior	Ejecución básica	Horquilla	Rotula
40	20	G3/8	12,57	9,42	35	44801	44824	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
40	25	G3/8	12,57	7,67	-	-	44825	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
50	20	G1/2	19,63	16,48	40	44802	44826	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
50	25	G1/2	19,63	14,73	40	44803	44827	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
50	32	G1/2	19,63	11,59	-	-	44828	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
63	25	G1/2	31,17	26,27	40	44804	44829	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
63	32	G1/2	31,17	23,13	40	44805	44830	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
63	40	G1/2	31,17	16,60	-	-	44831	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
80	32	G3/4	50,27	42,27	40	44806	44832	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
80	40	G3/4	50,27	37,70	45	44807	44833	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
80	50	G3/4	50,27	30,64	45	44808	44834	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
100	40	G3/4	78,54	65,97	45	44809	44835	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
100	50	G3/4	78,54	58,90	48	44810	44836	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
100	63	G3/4	78,54	47,37	48	44811	44837	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
125	50	G1	122,52	102,89	48	44812	44838	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62
125	63	G1	122,52	91,55	50	44813	44839	50	51	52	53	54	55	56	60	61	62

Tabla 3-9. Catálogo de cilindros hidráulicos de doble efecto Fluidtek. (Fluidtek, s/f)

Se selecciona un cilindro con un área de émbolo de 122.52 cm² y un diámetro de vástago de 63 mm.

Con estos datos se realiza ahora un cálculo de pandeo del cilindro, con el diámetro más pequeño.

Primero se calcula el radio de giro:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\pi * \frac{d^4}{16}}{\pi * \frac{d^2}{2}}} = \frac{d}{2\sqrt{2}} = \frac{63}{2\sqrt{2}} = 22.27 \text{ mm}$$

Con este se calcula la esbeltez del cilindro:

$$\lambda = \frac{L_p}{i} = 0.7 * \frac{L_p}{i} = \frac{0.7 * 350}{22.27} = 10.99$$

Entonces se puede decir que no se producirá pandeo.

Adicionalmente, ya que este cilindro será el encargado de prensar el ladrillo, se realiza un cálculo de fluencia para encontrar el factor de seguridad:

Se calcula el esfuerzo equivalente:

$$\sigma_{eq} = \frac{\text{Fuerza}}{\pi * \frac{d^2}{2}} = \frac{93.75 \text{ kN}}{\pi * \frac{(63 \text{ mm})^2}{2}} = \frac{0.015 \text{ kN}}{\text{mm}^2} = 15 \text{ Mpa}$$

Debido a que el cilindro está hecho de acero inoxidable X20Cr13, su límite de fluencia es de 550Mpa, por lo tanto, el factor de seguridad resulta:

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{eq}} = \frac{550}{15} = 36.67$$

Con factor de seguridad mayor a 30, se puede decir que el cilindro no fallará.

3.5.2 Selección de sensores

Se realizarán tablas comparativas entre las opciones disponibles para cada sensor, lo cual facilitará la selección del más apropiado para las tareas a realizar.

3.5.2.1 Presostato

Este se utilizará para comprobar que el cilindro de prensado haya culminado su recorrido y su función, utilizando el hecho de que cuando llegue a su final de recorrido la presión dentro del cilindro cambiará. Este presostato deberá entonces tener un rango de presión de funcionamiento que incluya 12 bar, además debe estar disponible en el mercado local y su precio debe ser el menor posible. En la tabla 3-10 se realiza la comparación de los posibles presostatos.

Tabla 3-10. Comparación de presostatos.

	Requisitos	MBC 5100	KPI 36
			
Fabricante	-	Danfoss	Danfoss
Voltaje	24VDC	220VAC/24VDC	220VAC/24VDC
Presión de trabajo	12bar	50 a 400 bar	4 a 12 bar
Diferencial de presostato	-	15 a 50 bar	0.5 a 1.6 bar
Grado de protección IP	30	65	30
¿Importación?	No	No	No
Precio	Menor	S/. 1070.25	S/. 300.00

Se selecciona el presostato KPI 36 debido a que cumple con los requisitos, tiene un diferencial más pequeño por lo cual es más sensible a los cambios de presión, además, es el más barato entre las opciones.

3.6 Subsistema de potencia hidráulica

Este subsistema está representado en el siguiente circuito hidráulico, mostrado en la figura 3-16. Los elementos que se resaltan en este son: 2 cilindros de doble efecto, para el llenado del molde, y el presando del molde para formar el ladrillo; 2 válvulas 4/3 eléctricas que servirán para accionar ambos cilindros; un motor y una bomba; un limitador de presión a 120 bar (que es la presión a la que se decidió trabajar) y un presostato que será utilizado para verificar que el cilindro de presando del molde haya completado su ciclo de manera correcta.

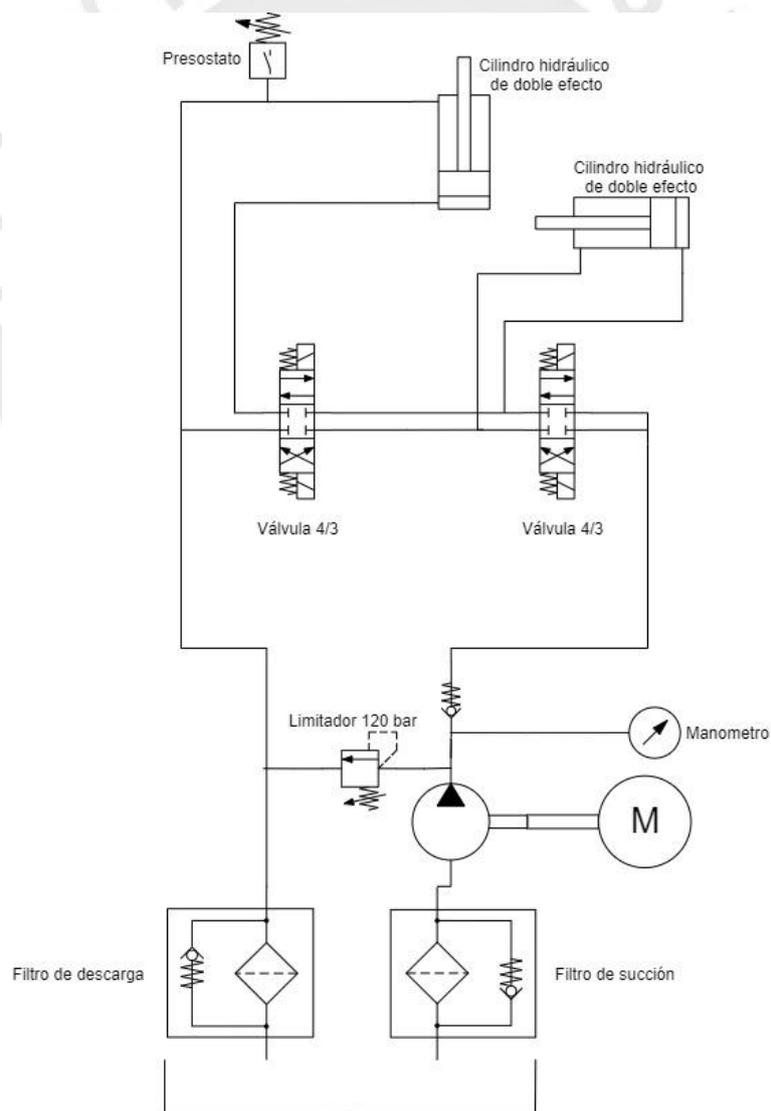


Figura 3-16. Diseño del circuito hidráulico.

A continuación, se procederá a seleccionar sus elementos.

3.6.1 Selección de bomba hidráulica

Para calcular el caudal requerido por la bomba primero se calculan las velocidades a las que se deben mover los cilindros hidráulicos.

El ciclo completo de la máquina se ilustra en las figuras 3-17 a 3-22.

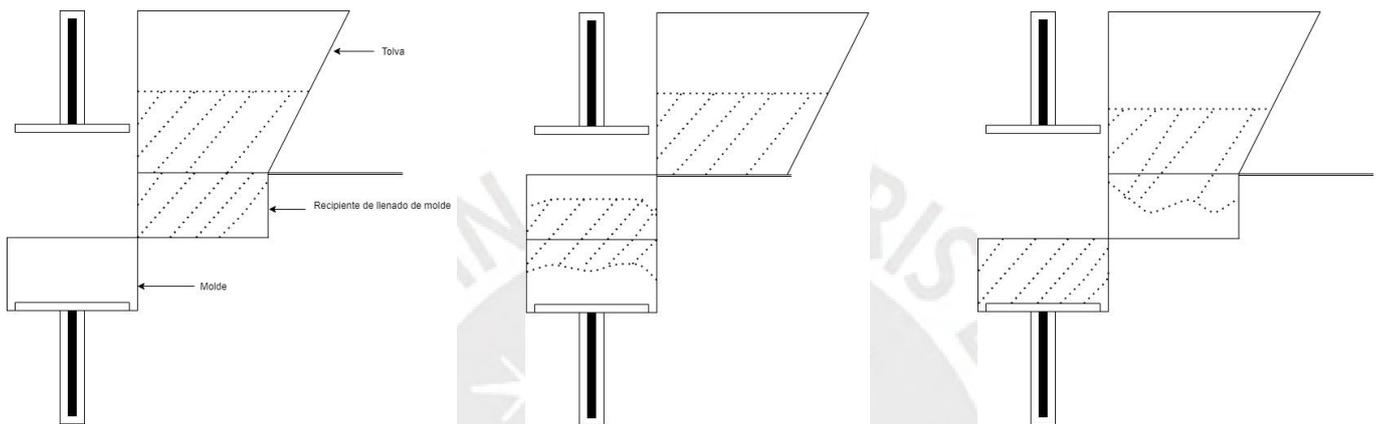


Fig. 3-17, 3-18 y 3-19. Fase 1,2 y 3: Posición inicial de la máquina, llenado de molde y retiro del recipiente de llenado luego de terminado el llenado del molde; de izquierda a derecha respectivamente.

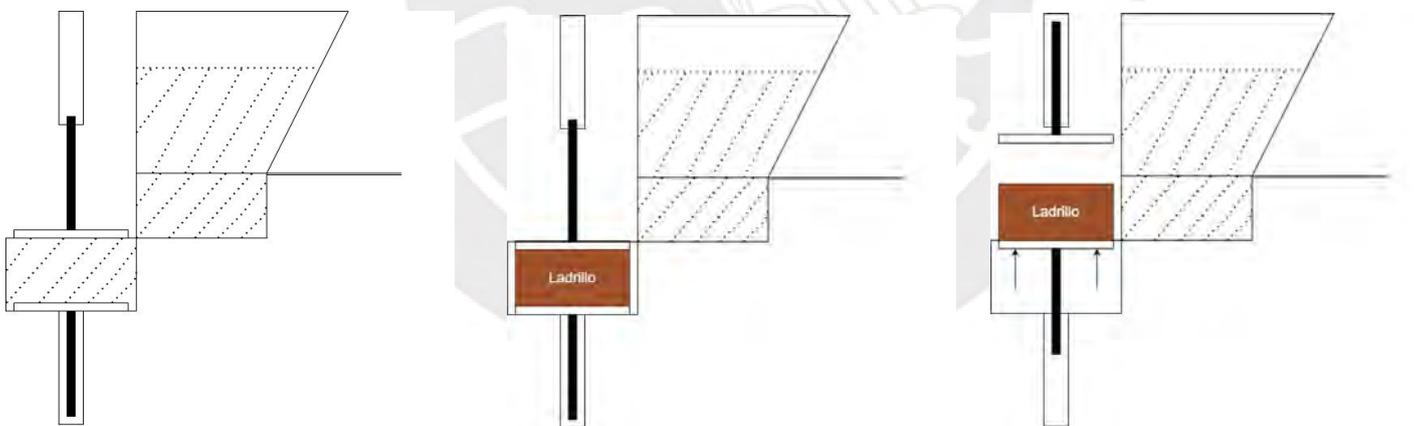


Fig. 3-20, 3-21 y 3-22. Fase 4,5 y 6: Presando del molde con mezcla, formación de los ladrillos y expulsión de los ladrillos; de izquierda a derecha respectivamente.

Asumiendo desplazamientos de 30 y 35cm, para llenado de molde y presando respectivamente, se tiene un desplazamiento total de 1.3m.

Utilizando el dato de la producción de ladrillos deseada 350lad/h y tomando en cuenta que se producen 2 ladrillos por ciclo, se calcula la cantidad de tiempo por ciclo mínima.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{3600 \text{ segundos}}{175 \text{ ciclos}} = \underline{\underline{20.57 \text{ seg/ciclo}}}$$

Entonces la velocidad mínima de los cilindros es:

$$\text{Velocidad mín.} = \frac{1.3 \text{ metros}}{20.57 \text{ segundos}} = 0.063 \text{ m/s} = \underline{\underline{3.79 \text{ m/min}}}$$

Con esta información se puede calcular el caudal necesario para la bomba.

Para el cilindro de compactación:

Caudal requerido:

$$Q = v \times \text{Área} = 3.79 \text{ m/min} \times 122.52 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ (factor de conversión)}$$

$$Q = \underline{\underline{46435.08 \text{ cm}^3/\text{min}}}$$

$$Q = v \times \text{Área} = 3.79 \text{ m/min} \times 91.55 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ (factor de conversión)}$$

$$Q = \underline{\underline{34697.45 \text{ cm}^3/\text{min}}}$$

Se utiliza el caudal calculado para el área mayor del cilindro pues esta será la parte de menor velocidad y por ende esta debe ser la que cumpla con la velocidad requerida.

Desplazamiento volumétrico requerido:

Q = caudal requerido

n = rpm del motor utilizado (Se asumen 1800 rpm para un motor eléctrico)

η = Eficiencia de la bomba (Se asume 90%)

$$V_{cc} = (Q/n)/\eta = \frac{46435.08 \text{ cm}^3/\text{min}}{1800 \text{ rpm} \times 0.90} = \underline{\underline{28.66 \text{ cm}^3/\text{rev}}}$$

Para el cilindro de llenado de molde:

Caudal requerido:

$$Q = v \times \text{Área} = 3.79 \text{ m/min} \times 12.57 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ (factor de conversión)}$$

$$Q = \underline{\underline{4764.03 \text{ cm}^3/\text{min}}}$$

$$Q = v \times \text{Área} = 3.79 \text{ m/min} \times 9.42 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ (factor de conversión)}$$

$$Q = 3570.18 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Se utiliza el caudal calculado para el área mayor del cilindro pues esta será la parte de menor velocidad y por ende esta debe ser la que cumpla con la velocidad requerida.

Desplazamiento volumétrico requerido:

Q = caudal requerido

n = rpm del motor utilizado (Se asumen 1800 rpm para un motor eléctrico)

η = Eficiencia de la bomba (Se asume 90%)

$$V_{cc} = (Q/n)/\eta = \frac{4764.03 \text{ cm}^3/\text{min}}{1800 \text{ rpm} \times 0.90} = \underline{\underline{2.94 \text{ cm}^3/\text{rev}}}$$

Sumando ambos valores se obtiene: $28.68 + 2.94 = 31.62 \text{ cm}^3/\text{rev}$

Con este valor se busca en el catálogo de bombas Cassapa, tabla 3-11, una bomba que pueda cumplir con el desplazamiento requerido.

Series	Pump type PLP Motor type PLM	Displacement cm ³ /rev (in ³ /rev)	Max. pressure			Max. speed	Min. speed min ⁻¹
			P ₁	P ₂	P ₃		
POLARIS 10	PL. 10•1	1,07 (0.07)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL. 10•1,5	1,60 (0.10)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL. 10•2	2,13 (0.13)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL. 10•2,5	2,67 (0.16)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL. 10•3,15	3,34 (0.20)	260 (3770)	280 (4060)	290 (4205)	4000	650
	PL. 10•4	4,27 (0.26)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	4000	650
	PL. 10•5	5,34 (0.33)	250 (3625)	270 (3915)	280 (4060)	4000	650
	PL. 10•5,8	6,20 (0.38)	230 (3335)	250 (3625)	260 (3770)	3500	650
	PL. 10•6,3	6,67 (0.41)	230 (3335)	250 (3625)	260 (3770)	3500	650
	PL. 10•8	8,51 (0.52)	180 (2610)	200 (2900)	210 (3045)	3500	650
PL. 10•10	10,67 (0.65)	140 (2030)	160 (2320)	170 (2465)	3500	650	
POLARIS 20	PL. 20•4	4,95 (0.30)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL. 20•6,3	6,61 (0.40)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL. 20•7,2	7,29 (0.44)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	4000	600
	PL. 20•8	8,26 (0.50)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL. 20•9	9,17 (0.56)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL. 20•10,5	10,9 (0.66)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL. 20•11,2	11,23 (0.69)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	600
	PL. 20•14	14,53 (0.89)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3500	500
	PL. 20•16	16,85 (1.03)	250 (3625)	280 (4060)	300 (4350)	3000	500
	PL. 20•19	19,09 (1.16)	200 (2900)	220 (3190)	3480 (240)	3000	500
	PL. 20•20	21,14 (1.29)	200 (2900)	220 (3190)	3480 (240)	3000	500
	PL. 20•24,5	24,84 (1.52)	170 (2465)	190 (2755)	210 (3045)	2500	500
	PL. 20•25	26,42 (1.61)	170 (2465)	190 (2755)	210 (3045)	2500	500
	PL. 20•27,8	28,21 (1.72)	130 (1885)	150 (2175)	170 (2465)	2000	500
	PL. 20•31,5	33,03 (2.01)	130 (1885)	150 (2175)	170 (2465)	2000	500

Tabla 3-11. Catálogo de bombas Cassapa. (Cassapa, s/f).

Se escoge la bomba PL.20-31,5 la cual cuenta con un desplazamiento de 33.03cm³/rev y una velocidad máxima de 2000 rpm.

Ahora que se posee el caudal real de la bomba a utilizar, se pueden calcular la velocidad de movimiento real de ambos cilindros, así como el tiempo que tardarán en realizar un ciclo de trabajo.

Cilindro de compactación

Velocidad:

$$V_{cc} = \frac{Q \times n}{\text{Área}} = \frac{33.03 \text{ cm}^3/\text{rev} \times 1800 \text{ rpm}}{122.52 \text{ cm}^2}$$
$$= 485.26 \text{ cm/min} = 4.85 \text{ m/min} = \mathbf{0.081 \text{ m/seg}}$$

Tiempo de trabajo:

$$\frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}} = \frac{0.35 \text{ m}}{0.081 \text{ m/seg}} = 4.32 \text{ seg}$$

Cilindro de llenado de molde

Velocidad:

$$V_{cc} = \frac{Q \times n}{\text{Área}} = \frac{33.03 \text{ cm}^3/\text{rev} \times 1800 \text{ rpm}}{12.57 \text{ cm}^2}$$
$$= 4729.83 \text{ cm/min} = 47.29 \text{ m/min} = \mathbf{0.788 \text{ m/seg}}$$

Tiempo de trabajo:

$$\frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}} = \frac{0.30 \text{ m}}{0.685 \text{ m/seg}} = 0.38 \text{ seg}$$

Entonces un ciclo completo de trabajo se calcularía de la siguiente manera, tomando los tiempos redondeados a 4.5 seg y 0.5 seg, así como considerando un tiempo extra de descanso de 5 seg en todo el proceso (entre la espera entre cada parte del proceso).

$$\text{Tiempo total} = 4.5 \times 2 + 0.5 \times 2 + 5 = \mathbf{15 \text{ seg}}$$

El cual se traduce en una producción de 480 ladrillos/h que es más que suficiente según la producción mínima de 350/h que se había establecido en un inicio.

3.6.2 Selección del tanque de aceite

Ahora se requiere calcular la capacidad de la unidad de presión hidráulica a utilizar, para ello se utilizará la siguiente fórmula: $V = k \times Q$

Dónde:

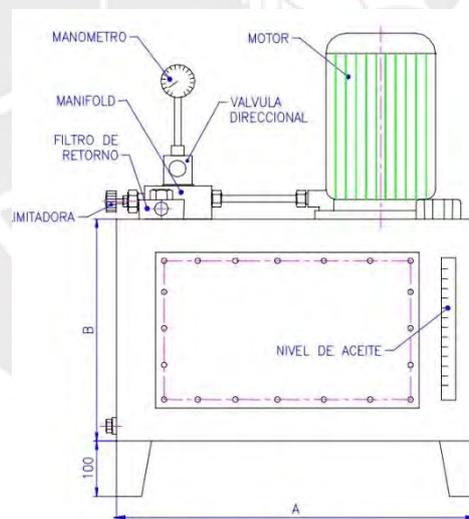
V: Volumen del tanque de aceite Q = Caudal de la bomba k = Tiempo de reposo del aceite

Asumiendo un $k = 3$ min:

$$V = 3 \text{ min} \times [33.03 \text{ cm}^3/\text{rev} \times 1800 \text{ rpm}] = 178308 \text{ cm}^3 = \mathbf{178.3 \text{ lt}}$$

Se agrega un 10% de capacidad extra por seguridad: $178.3 \times 1.1 = \mathbf{196.3 \text{ lt}}$

Entonces se escoge un tanque de 200 lt del catálogo de Fluidtek, figura 3-23.



Capacidad (Litros)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
50	500	350	350
80	600	400	400
125	600	500	500
160	700	520	520
200	700	600	600
250	700	700	600
320	800	800	600

Figura 3-23. Dimensiones de UPH del catálogo Fluidtek. (Fluidtek, s/f).

3.6.3 Selección del motor

Se decide usar un motor eléctrico para evitar la contaminación causada por un motor diésel. Para elegir el motor primero se debe calcular la potencia que este debe proporcionar, y para ello se utiliza las presiones reales de los cilindros, las cuales se calculan de la siguiente manera:

Cilindro de compresión:

$$P_{\text{real}} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} = \frac{93750 \text{ N}}{122.52 \text{ cm}^2} = \underline{\underline{76.52 \text{ bar}}}$$

Cilindro de llenado de molde:

$$P_{\text{real}} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} = \frac{1749.6 \text{ N}}{12.57 \text{ cm}^2} = \underline{\underline{13.9 \text{ bar}}}$$

Debido a que ambos cilindros no trabajarán al mismo tiempo, solo se utiliza el cilindro con el mayor requerimiento en el cálculo de la potencia requerida, para este se asume una eficiencia de la bomba de 90% y la eficiencia de la transmisión entre la bomba y el motor también se asume 90%.

$$P = \frac{P_{\text{real}} \times V_{\text{cc}} \times n}{600 \times \eta} = \frac{76.52 \text{ bar} \times 33.03 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \times 1800 \text{ rpm}}{600 \times 0.9 \times 0.9} = 9.36 \text{ kW} = \underline{\underline{12.6 \text{ HP}}}$$

Entonces se debe seleccionar un motor con una potencia mayor a 12.6 HP. Se buscan opciones de motores con 15 HP y 1800 rpm. Estos son comparados en la tabla 3-12.

Tabla 3-12. Comparación entre motores eléctricos

	Requisitos	MS132L3-4	BME1030783
			
Fabricante	-	Glong	Marathon
Voltaje	220VAC	220VAC	220VAC
RPM	1800	1800	1800
Potencia	>12.6HP	15HP	15HP
Número de polos	-	4	No especifica
Diámetro del eje	-	38 mm	No especifica
¿Importación?	No	No	No
Precio	Menor	S/. 1624.00	S/. 2460.00

En este caso se selecciona el motor de la marca Glong pues cumple con las características necesarias, además de ser el más económico entre las opciones.

3.6.4 Válvula eléctrica

Esta válvula se utilizará en el circuito hidráulico, para accionarlo los cilindros, éstos necesitarán una presión de operación máxima de 12 bar para poder ser integradas al circuito, además de contar con un voltaje de operación de 220VAC o 24VDC.

Entonces se observa en el catálogo de válvulas direccionales solenoides de tipo WE ...SO407 de Rexorth (tabla 3-13), las especificaciones de sus productos.

hidráulicos			
Presión de servicio máxima	- conexiones A, B, P	bar [psi]	315 [4569]
	- conexión T	bar [psi]	210 [3050]
			Para símbolos A y B se debe usar la conexión T como conexión de fugas cuando la presión de servicio supera la presión admisible del tanque.
Caudal máximo		l/min [US gpm]	60 [15.8]
Sección de caudal (posición de conmutación 0)	- símbolo pistón Q	mm ²	aprox. 6 % de la sección nominal
	- símbolo pistón W	mm ²	aprox. 3 % de la sección nominal
Fluido hidráulico ¹⁾	Aceite mineral (HL, HLP) según DIN 51524 ²⁾ ; fluidos hidráulicos rápidamente biodegradables según VDMA 24568 (ver también RS 90221); HETG (aceite de colza) ²⁾ ; HEPG (poliglicoles) ³⁾ ; HEES (ésteres sintéticos) ³⁾ ; otros fluidos a pedido		
Rango de temperatura del fluido hidráulico		°C [°F]	-30 hasta +80 [-22 hasta +176] (juntas NBR) -15 hasta +80 [-4 hasta +176] (juntas FKM)
Rango de viscosidad		mm ² /s [SUS]	2,8 hasta 500 [35 hasta 2320]
Grado máximo admisible de suciedad del fluido hidráulico clase de pureza según ISO 4406 (c)	Clase 20/18/15 ⁴⁾		

eléctricos

Tipo de tensión		Continua	
Tensiones disponibles	V	24	
Tolerancia de tensión (tensión nominal)	%	±10	
Consumo de potencia	W	8	
Tiempo de conexión (ED)	%	100	
Tiempo de conmutación según ISO 6403 ⁵⁾	- CONEXIÓN	ms	25 hasta 45
	- DESCONEXIÓN	ms	10 hasta 25
Frecuencia de conmutación máxima	1/h	7200	
Temperatura máxima de bobina ⁶⁾	°C [°F]	110 [383]	
Tipo de protección según DIN EN 60529		IP 65 con conector montado y bloqueado	

Tabla 3-13. Especificaciones hidráulicas y eléctricas de las válvulas direccionales tipo WE ...SO407. (Rexorth, s/f).

Como se puede observar, estas operan a 24VDC y soportan una presión de hasta 315/210 bar, por lo cual pueden ser usadas en este proyecto.

3.6.5 Acople motor bomba

Se requerirá un acople para conectar el motor y la bomba, el cual se selecciona en base al torque de trabajo:

$$\text{Torque de trabajo} = \frac{\text{Potencia} \times 9550}{\text{Velocidad de rotación}} \dots (4)$$

Reemplazando en la ecuación (4) se obtiene:

$$\text{Torque de trabajo} = \frac{11.2kW \times 9550}{1800 \text{ rpm}} = 59.42 \text{ N.m}$$

Según la tabla, tabla 3-14, el factor de servicio entre una bomba de engranajes y un motor eléctrico es de 1.25.

$$\text{Torque} = \text{Torque de trabajo} \times FS = 59.42 \times 1.25 = 74.27 \text{ N.m}$$

Entonces se busca un acople que pueda soportar **74.27 N.m** de torque.

	Service Factors				
	Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & En- gines w/4 or more Cyl*	Reciprocating Engines*	
				1-Cyl	2-Cyl
Beater, Pulper, Jordans, Dresses	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Calenders, Dryers, Washers, Thickener	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Converting Machines, Conveyors	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Printing Presses	1.50	1.75	1.50	1.7	1.3
Pug Mill	1.75	2.00	1.75	2.0	1.6
Pumps					
Centrifugal	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Gear, Rotary, Vane	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Reciprocating:					
1-Cyl. Single or Double Acting	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
2-Cyl. Single Acting ...	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
2-Cyl. Double Acting	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
3 or more Cyl.	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8

Tabla 3-14. Factores de servicio según la marca de acoples Lovejoy. (Lovejoy, 2017).

Entonces con estos datos obtenidos se busca un acople que cumpla los requisitos en el catálogo de acoples flexibles tipo cruceta de Lovejoy (tabla 3-15).

Size	Maximum Bore		Spider Material							
	Inch	mm	SOX(NBR) Torque		Urethane Torque		Hytrel Torque		Bronze Torque	
			in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm
L035	.375	9	3.5	0.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
L/AL050	.625	16	26.3	3.0	39	4.5	50	5.6	50	5.6
L/AL070	.750	19	43.2	4.9	65	7.3	114	12.9	114	12.9
L/AL075	.875	22	90.0	10.2	135	15.3	227	25.6	227	25.6
L/AL090	1.000	25	144.0	16.3	216	24.4	401	45.3	401	45.3
L/AL095	1.125	28	194.0	21.9	291	32.9	561	63.4	561	63.4
L/AL099	1.188	30	318.0	35.9	477	53.9	792	89.5	792	89.5
L/AL100	1.375	35	417.0	47.1	626	70.7	1134	128.0	1134	128.0
L/AL110	1.625	42	792.0	89.5	1188	134.0	2268	256.0	2268	256.0
L150	1.875	48	1240.0	140.0	1860	210.0	3708	419.0	3706	419.0
AL150	1.875	48	1450.0	163.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
L190	2.125	55	1728.0	195.0	2592	293.0	4680	529.0	4680	529.0
L225	2.625	65	2340.0	264.0	3510	397.0	6228	704.0	6228	704.0
L276	2.875	73	4716.0	533.0	N/A	N/A	N/A	N/A	12500	1412.0

Tabla 3-15. Tabla de selección de acoples tipo cruceta Lovejoy (Lovejoy, s/f).

Se selecciona el acople L150 en material SOX, pues este cuenta con un torque máximo de 140 N.m, así como un diámetro máximo de ejes de 48mm.

3.7 Diseño de automatización

Para el funcionamiento del sistema sin intervención humana, se requiere de un diseño de automatización para poder controlar el proceso con unos datos iniciales utilizando variables internas para asegurar el correcto funcionamiento de cada etapa del proceso.

3.7.1 Diagrama de flujo

El funcionamiento del sistema es como el mostrado en la sección 3.6.1 de este documento, lo que se busca con el diseño de automatización es garantizar el cumplimiento de los ciclos de cada cilindro mediante la utilización de variables (`pos_recipiente_x` y `pos_prensa_x`) que representarán si es que cada cilindro ha cumplido con su recorrido o si se ha atascado. Además, se cuenta con variables que registrarán la cantidad de ladrillos a fabricar deseada y la cantidad de ladrillos fabricados actualmente. Para ello se enlistan las variables a utilizar en la tabla 3-16, además se presenta el diagrama de flujo general del sistema (figura 3-24).

Tabla 3-16. Descripción de las variables del diagrama de flujo.

Variable	Descripción
<code>cant_lad</code>	Variable que indica la cantidad de ladrillos que se desea fabricar, es ingresada manualmente por el usuario.
<code>lad_producidos</code>	Variable que indica la cantidad de ladrillos que se han producido hasta el momento.
<code>atasco</code>	Variable que indica si existe un atasco en alguno de los actuadores del sistema. Si es '1' hay atasco, si es '0' no hay atasco.
<code>detener</code>	Variable que indica si se desea detener el sistema. Si es '1', se detiene, si es '0' no se detiene.
<code>pos_recipiente</code>	Variable que indica si es que el recipiente que dispensa la mezcla se encuentra en su posición inicial. Si es '1' está en posición inicial, si es '0' no se encuentra.
<code>pos_recipiente_2</code>	Variable que indica si es que el recipiente que dispensa la mezcla se encuentra en su posición final. Si es '0' está en posición final, si es '1' no se encuentra en la posición final.
<code>valv_llenado</code>	Variable que indica el estado de la válvula del cilindro de llenado.
<code>salida_lad</code>	Variable que indica si es que existe un ladrillo en la salida del sistema. Si es '1' se encuentra un ladrillo en la salida, si es '0' no se encuentra nada.
<code>pos_prensa</code>	Variable que indica si es que la prensa se encuentra en su posición inicial. Si es '1', se encuentra en posición inicial, si es '0' no se encuentra en posición inicial.
<code>pos_prensa_2</code>	Variable que indica si es que la prensa se encuentra en su posición final. Si es '1' está en posición final, si es '0' no se encuentra en la posición final.
<code>valv_prensado</code>	Variable que indica el estado de la válvula del cilindro de prensado.
<code>continuar</code>	Variable que indica si es que se ha presionado el botón de continuar cuando se presenta un atasco o se finaliza el proceso. Si es '1', se presionó, si es '0' no se presionó.
<code>emergencia</code>	Variable que indica si es que existe una emergencia en el sistema.
<code>botón_emg</code>	Variable que indica si es que se ha presionado el botón de emergencia. Si es '1' se ha presionado, si es '0' no se presionó.

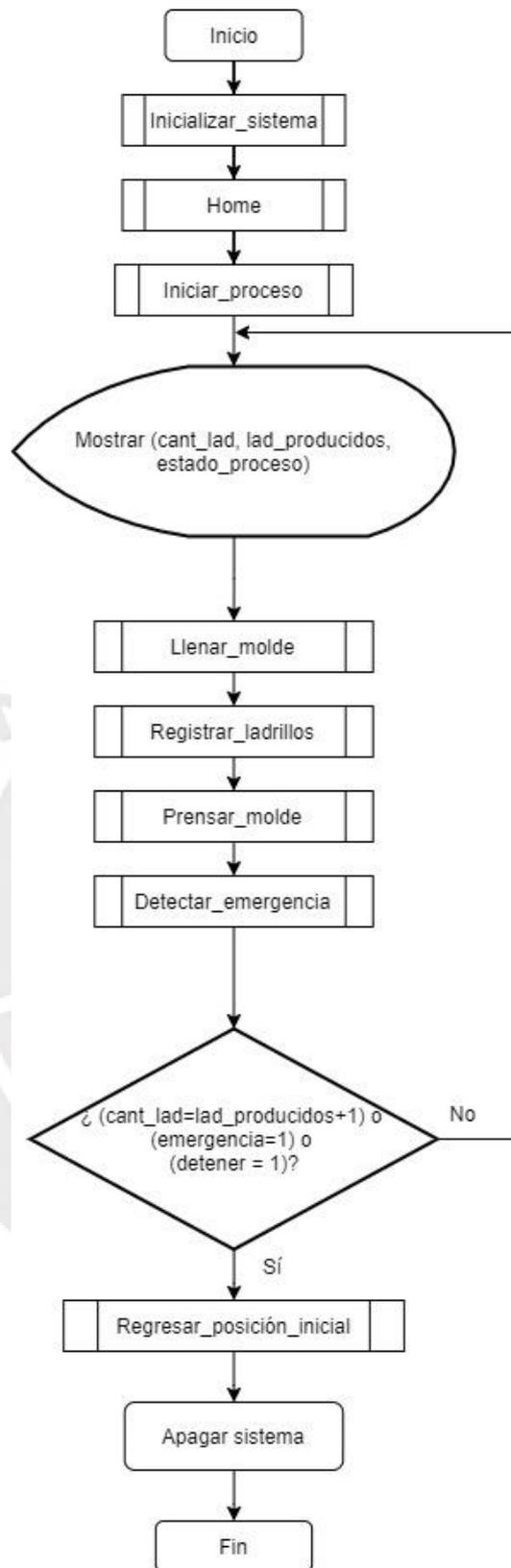


Figura 3-24. Diagrama de flujo del programa principal.

3.7.2 Variables a monitorear

En la tabla 3-17 se muestran las variables a monitorear.

Tabla 3-17. Variables a monitorear en el sistema.

Variable
Nivel de presión
Ladrillos producidos
Posición del actuador lineal
Posición del cilindro hidráulico
Estado del proceso

3.7.3 Estrategia de automatización

Este proceso de automatización no requiere de una estrategia de control, pues se utilizará un algoritmo de fuerza bruta para automatizar el proceso de trabajo, se comprobará que ambos cilindros cumplan con su tarea, además también se monitoreará si existe un atasco mediante los mismos sensores utilizando la siguiente lógica (figuras 3-25 y 3-26).

Diagrama de flujo de “Llenar molde”

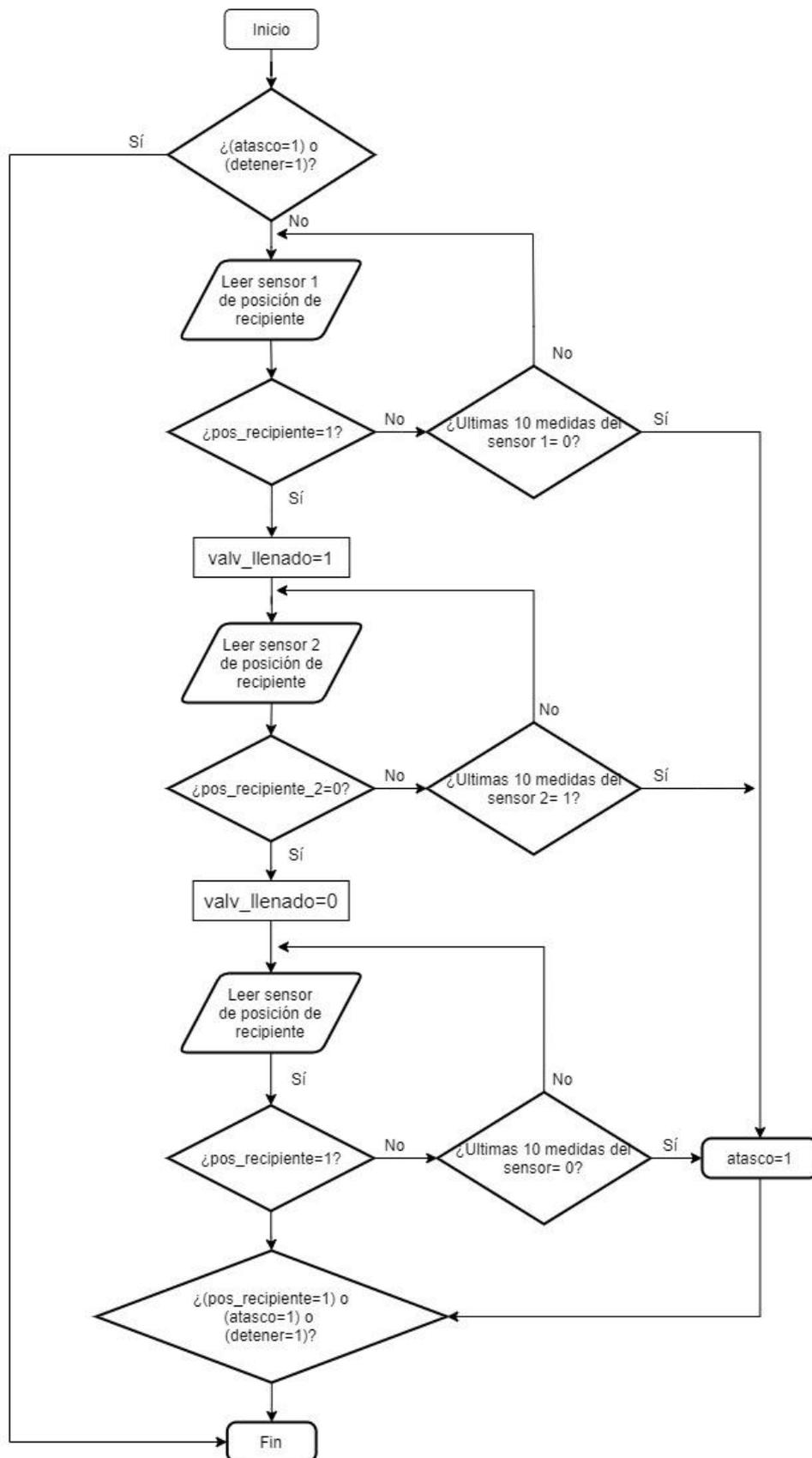


Figura 3-25. Diagrama de flujo de función “Llenar molde”.

Diagrama de flujo del “Prensar molde”

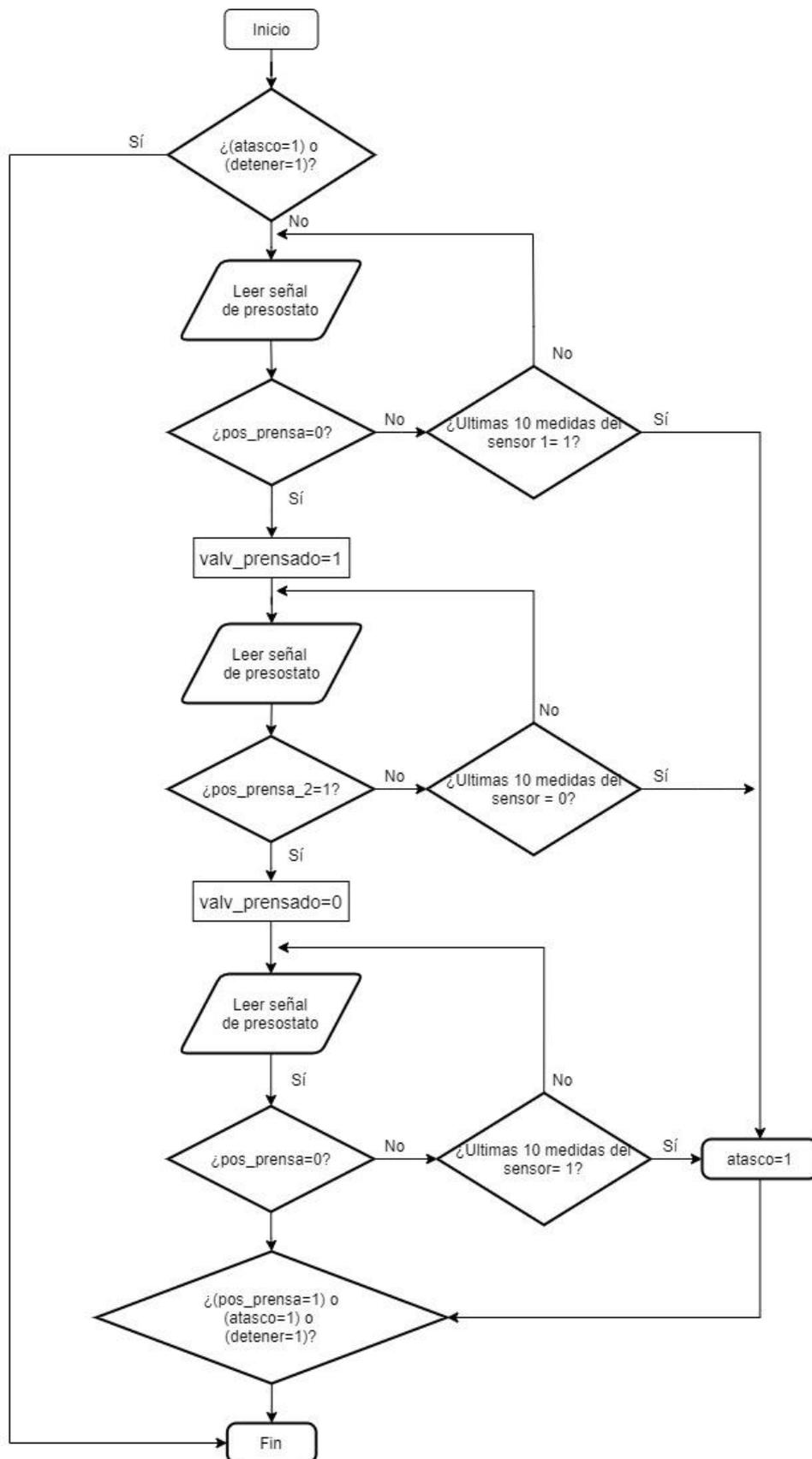


Figura 3-26. Diagrama de flujo de función “Prensar molde”.

3.1.4 Selección del controlador

Antes de elegir un controlador se requiere saber el número y el tipo de E/S que requerirá, por lo cual en la tabla 3-18 se muestran las variables de entrada y salida que se tomaron en cuenta para la elección de la cantidad mínima de terminales de E/S.

Tabla 3-18. Cantidad de variables de entrada y salida.

Componente	Cant.	Entrada o salida	Pines totales	Tipo
Sensor de distancia	3	Entrada	3	Digital
Presostato	1	Entrada	1	Digital
Electroválvula	2	Salida	2	Digital
Relé	1	Salida	1	Digital
HMI	1	Entrada/Salida	1	Ethernet

Para esta máquina se ha decidió utilizar un controlador lógico programable (PLC), debido a la aplicación industrial de la misma, tomando en cuenta la resistencia y robustez del PLC. Para la selección de este controlador se realiza la tabla 3-19, la cual toma en cuenta la cantidad de entradas y salidas que posee; el voltaje de alimentación; además de su precio y si está disponible en el Perú.

Tabla 3-19. Comparación de PLC.

	Requisitos	Siemens S7 1200	MicroLogix 1100
			
Fabricante	-	Siemens	MicroLogix
Código de CPU	-	1212c	-
Voltaje de operación	220VAC	220VAC	240VAC
Corriente de entrada	-	20A	40A
Número de salidas	Mínimo 3	6	6
Número de entradas digitales	Mínimo 4	8	10
Tipo de salidas	Relay	Relay	Relay
Puertos ethernet	Mínimo 1	1	1
Voltaje de entradas	24VDC	24VDC	24VDC
Número de entradas analógicas	-	2	2
¿Importación?	No	No	Sí

Precio	Menor	S/. 1700.00 (Viene en conjunto con un HMI compatible)	No especifica
--------	--------------	---	---------------

De las 2 opciones se escoge el PLC Siemens debido a que cumple con las necesidades, y la otra opción incluye un pequeño HMI en su carcasa, el cual no es necesario pues se utilizará un HMI externo. Además, este está disponible en Perú, y tiene un precio en conjunto con un HMI compatible de la misma marca.

3.8 Selección de fuente de energía

Debido a que en este proyecto se trabaja con una tensión de 220VAC se requerirá una fuente capaz de transformar esa tensión alterna en continua además de poder proveer con la cantidad de amperaje necesario para todos los componentes. Por ello se crea la tabla 3-20, donde se colocan todos los componentes que trabajan a tensiones diferente a 220VAC junto a sus respectivos consumos de corriente.

Tabla 3-20. Consumo energético de los componentes del sistema.

Componente	Cantidad	Consumo de corriente individual [A]	Voltaje de alimentación [V]	Potencia consumida [W]	Corriente total [A]	Potencia total [W]
Sensor de proximidad capacitivo	1	0.02	24	0.48	0.04	0.48
Sensor de proximidad inductivo	2	0.3	24	7.2	0.6	14.4
Electroválvula	2	0.33	24	8	0.66	16
Relé de Baliza	1	0.25	24	6	0.25	6
HMI	1	0.125	24	3	0.125	3
Suma					1.675	39.88

Con estos datos se procede a elegir una fuente de energía adecuada, utilizando la tabla 3-21.

Tabla 3-21. Comparación de fuentes de energía.

	Requisitos	PWR-FC-DC24V-5A	PWR-FC-DC24V-2A-WODE
			
Fabricante	-	-	-
Voltaje de operación	220VAC	110V - 264VAC	110V - 264VAC
Corriente de salida	>1.675A	5A	2.2A
Voltaje de salida	24VDC	24VDC	24VDC
Número de salidas	Mínimo 7	7	5
Potencia de salida	>39.88W	120W	50W
¿Importación?	No	No	No
Precio	Menor	S/. 55.00	S/. 45.00

Se escoge la fuente PWR-FC-DC24V-5A debido a que cumple con los requisitos especificados, si bien es más cara, esta cuenta con las suficientes salidas para conectar todos los componentes.

3.9 Circuitos eléctricos y electrónicos

3.9.1 Diagramas de circuitos eléctricos de potencia

La energía para el sistema se obtiene de la fuente eléctrica de 220VAC, esta se utilizará para alimentar el controlador y algunos actuadores del sistema; además, se utilizará una fuente de 24VDC para transformar la corriente alterna y así alimentar los componentes restantes, que no operan a 220VAC. Todo este circuito está representado en la figura 3-27.

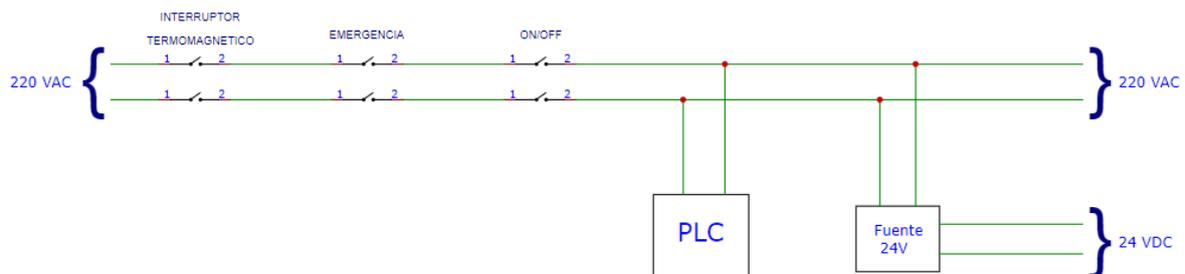


Figura 3-27. Diagrama de circuitos electrónicos de potencia.

3.9.2 Diagramas de circuitos eléctricos y electrónicos para la automatización y control

Todos los componentes están conectados al PLC Siemens, este se encargará de recibir las señales de los sensores y enviar los comandos adecuados a los actuadores en el momento adecuado. Todo el sistema es alimentado mediante 2 voltajes, unos de 220VAC y otro de 24VDC. Cada componente, así como las conexiones entre ellos y el controlador están indicadas en el diagrama. Las válvulas son controladas de manera directa por el PLC, así mismo, los sensores también están conectados de manera directa al PLC y este podrá recibir sus señales para poder accionar o detener los actuadores. Este circuito se ilustra en la figura 3-28.

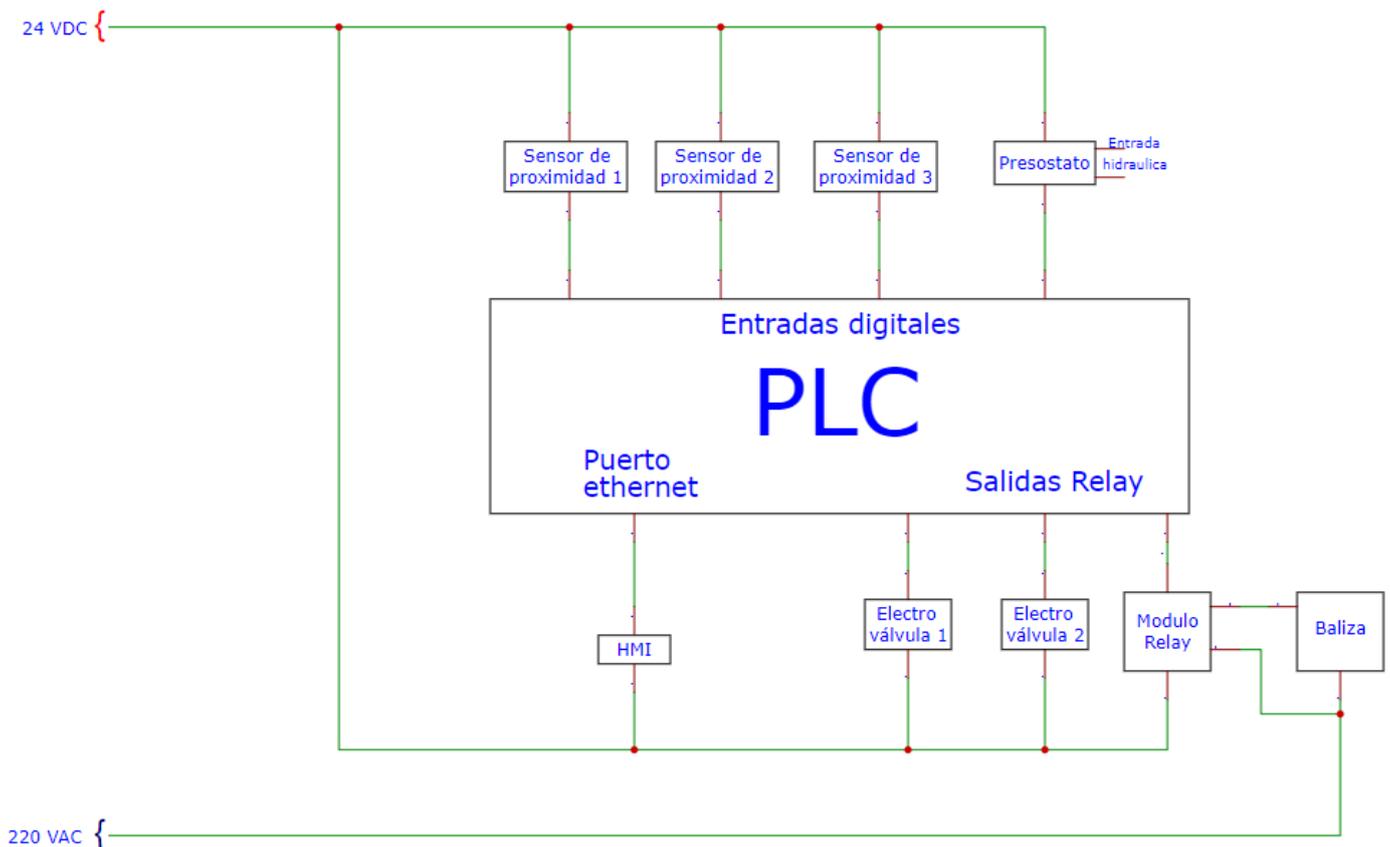


Figura 3-28. Diagrama de circuitos electrónicos.

3.10 Costos

En este apartado se calcularán los costos de la máquina, esto incluye, los costos de diseño, componentes electrónicos, materiales para fabricación, y los costos de manufactura.

3.10.1 Costo de diseño

Para los costos de diseño se considera lo siguiente:

Se establece un salario igual al de un ingeniero el cual es 3000 soles. La cantidad de horas que se trabaja a la semana son 48, lo cual equivale a 192 horas al mes. Con estos datos, se calcula un precio por hora de 15.625 soles. La cantidad de semanas que se trabajó en el proyecto fue de 22, tomando en cuenta la cantidad de semanas en las que se trabajó en el proyecto, en ambos cursos. La cantidad de horas promedio que se trabajó a la semana fue de 15 horas semanales, lo cual da un total de 330 horas.

Teniendo todo esto en cuenta, se calcula el costo de diseño (tabla 3-22).

Tabla 3-22. Costos de diseño de la máquina.

Costos de diseño			
Descripción	Horas invertidas totales	Costo (S/. /hora)	Total (S/.)
Investigación y diseño del proyecto	330	15.625	5,156.25

3.10.2 Costo de componentes

Se presentan la tabla 3-23 y 3-24, con los costos de todos los sensores y actuadores utilizados.

Tabla 3-23. Costos de componentes, sensores y actuadores. Parte 1.

Elemento	Cant.	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Fuente de energía			
Fuente PWR-FC-DC24V-5A	1	55.00	55.00
Subsistema de interfaz de usuario			
HMI Ktp400	1	1700.00	1700.00
Baliza GL-13R-220V	1	50.00	50.00
Relé REL-SSR-40DA	1	28.00	28.00
Subsistema de llenado de molde			
Sensor de presencia capacitivo LJC18A3-H-Z/BX	1	40.00	40.00
Sensor de presencia inductivo LJ12A3-4-Z/BY	2	25.00	50.00

Tabla 3-24. Costos de componentes, sensores y actuadores. Parte 2.

Elemento	Cant.	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Subsistema de prensado de molde			
Presostato KPI 36	1	300.00	300.00
Subsistema de potencia hidráulica			
Válvula Rexorth 4WE6	2	423.00	846.00
Motor eléctrico MS132L3-4	1	1624.00	1,624.00
Cilindro hidráulico 125x63x350	1	3500.00	3,500.00
Cilindro hidráulico 40x20x310	1	1400.00	1,400.00
Unidad de presión hidráulica	1	9500.00	9,500.00
Controlador			
PLC Siemens S7 1200	1	1200.00	1200.00
Total			20,293.00

3.10.3 Costo de materiales

Se presenta una lista (tabla 3-25) con los costos de todos los materiales necesarios para la fabricación.

Tabla 3-25. Costo de materiales.

Elemento	Unid.	Cant.	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
Plancha 3mm x 1.5m x 3m	Unid.	2	663.00	1326.00
Plancha ASTM A430 10mm x 1m x 6m	Unid.	1/3	2,644.16	881.39
Tubo cuadrado ASTM A430 50mm x 3mm x 6m	Unid.	4	60.00	240.00
Tubo cuadrado ASTM A430 20mm x 2mm x 6m	Unid.	1	58.00	58.00
Tubo circular ASTM A430 50mm x 5mm x 6m	Unid.	1/2	65.00	37.50
Barra cuadrada de acero 20mm x 2m	Unid.	1/2	250.00	125.00
Tornillo hexagonal M24 x 90mm	Unid.	4	5.00	20.00
Tornillo hexagonal M8 x 20mm	Unid.	4	4.00	16.00
Arandela plana M24	Unid.	4	2.00	8.00
Arandela plana M8	Unid.	4	1.50	6.00
Total				2717.89

3.10.4 Costo de fabricación

Para calcular el precio de fabricación de la máquina, se requiere saber el peso de la misma, puesto que los precios se basan en el peso del material a trabajar, tomando esto en cuenta primero se procede a calcular la masa total a trabajarse en la máquina. La masa del sistema se calculará tomando como referencia el volumen de cada pieza usando la información brindada por Inventor.

Según esta información el volumen total de la máquina (solo contando la estructura que será mecanizada) es de 35,242,435.056 mm³, utilizando la densidad del acero inoxidable A430 que es del 7.75g/cm³ se puede calcular la masa total de la siguiente manera:

$$M = V \times \rho = 35,242,435.056 \text{ mm}^3 \times 7.75\text{g/cm}^3 = 273.13 \text{ kg}$$

Ahora, y sabiendo que el precio de trabajar el acero inoxidable es de 10\$ por kg se puede calcular el costo total de fabricación de la máquina, de la siguiente manera:

$$\text{Precio} = \text{Costo} \times \text{Peso} = 10\$/\text{kg} \times 273.13 \text{ kg} = \underline{\underline{2731.3 \$}}$$

3.10.5 Costos Totales

Se procede a crear la tabla 3-26 con todos los costos parciales, para así poder obtener el precio total de la máquina.

Tabla 3-26. Costos totales.

Tipo de costo	Subtotal (S/.)
Costo de diseño	5,156.25
Costo de componentes	20,293.00
Costo de materiales	2,717.89
Costo de fabricación	10,638.41
Total	38,805.55

Tomando el valor del dólar americano como 3.9 nuevos soles, el precio de manufactura de la máquina prensadora de ladrillos es de \$9,950.14 lo cual la coloca por debajo de su competidor más cercano la MMKCGK1-10 en Brasil, la cual tiene un precio de \$12900.

3.11 Planos mecánicos

A continuación, se presentan una lista (tabla 3-27) de los planos realizados para la máquina, los cuales se encuentran disponibles en el documento “Anexo Planos”.

Tabla 3-27. Lista de planos mecánicos.

N°	Nombre	CODIGO	Tamaño
1	PRENSADORA DE LADRILLOS	P_001_A1	A1
2	SUBSISTEMA DE SOPORTE	P_002_A1	A1
3	SUSBSISTEMA DE LLENADO	P_002_A1	A1
4	INTERFAZ DE USUARIO	P_004_A2	A2
5	CAJON DE LLENADO DE MOLDE	P_005_A1	A1
6	TOLVA	P_006_A2	A2
7	BASE	P_007_A1	A1
8	BASE 2	P_008_A2	A2
9	MOLDE	P_009_A2	A2
10	BASE DE PRENSADO	P_010_A1	A1
11	PARTE SUPERIOR DE PRENSADO	P_011_A1	A1
12	BASE CON CILINDROS	P_012_A2	A2
13	MOLDE CON SALIDA DE LADRILLOS	P_013_A2	A2
14	CONJUNTO BASE-TOLVA	P_014_A0	A0
15	CONJUNTO BASE-MOLDE-SOPORTE	P_015_A2	A2
16	CAJA CON SENSOR INDCUTIVO	P_016_A2	A2
17	TAPA DE CAJA SENSOR INDUCTIVO	P_017_A2	A2
18	CAJA DE SENSOR CAPACITIVO	P_018_A2	A2
19	TAPA DE CAJA SENSOR CAPACITIVO	P_019_A2	A2
20	BRIDA DE CILINDRO DE PRENSADO	P_020_A3	A3
21	BRIDA DE CILINDRO DE LLENADO	P_021_A2	A2

Conclusiones

- Gracias a la investigación del mercado actual se concluye que las opciones existentes de máquinas prensadoras automáticas, que pueden prensar desde 1 a 4 ladrillos por ciclo según el modelo, están listadas a precios mayores a los \$4000 (USD), además requieren ser importadas del extranjero pues ninguna se encuentra disponible localmente.
- Se concluye gracias a las simulaciones y los cálculos mecánicos, que la base diseñada para sostener la máquina es lo suficientemente resistente como para trabajar a presiones mayores a 80 MPa, asimismo permitirá el uso de la tecnología hidráulica y electrónica necesaria para el proceso de prensado de los ladrillos.
- Se concluye a través de los cálculos y comparaciones realizadas, que la energía hidráulica es la más adecuada para realizar el prensado de los ladrillos, tomando en cuenta la producción de 350 ladrillos/hora establecida en la lista de requerimientos.
- Se concluye en base a los diagramas de flujo y selección de componentes que la interfaz de usuario permitirá el correcto funcionamiento del sistema según la producción deseada, ingresada por los operarios.
- A través de los diagramas de flujo, arquitectura de hardware y los cálculos eléctricos, se puede concluir que el subsistema electrónico diseñado permite el correcto funcionamiento del proceso de prensado, puesto que los componentes electrónicos seleccionados proveen la información y energía eléctrica necesaria para el mismo.
- Los cálculos y simulaciones realizadas a lo largo de la investigación permiten concluir que el sistema mecatrónico diseñado permitirá cumplir con el objetivo de prensar ladrillos sin necesidad de intervención de un operario, a excepción del ingreso de material y el retiro de los ladrillos; teniendo, además la posibilidad de ser introducida a un precio competitivo en el mercado actual.

Bibliografía

- Fundación Gas Natural Fenosa (2018). *La calidad del aire en las ciudades: Un reto mundial*. Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-retomundial.pdf>
- Romero Placeres, Manuel, & Diego Olite, Francisca, & Álvarez Toste, Mireya (2006). *La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud*, *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2),1-14. Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>
- Programa Regional Aire Limpio (2009). *DETRÁS DE LOS LADRILLOS: una experiencia para la gestión del sector informal*. Recuperado el 12 de abril del 2020 de: https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/Caso_de_estudio._Detras_de_los_ladrillos.pdf
- Chuquimia, L. (2015). *Manual de albañilería para la construcción con bloques ecológicos*. Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <https://www.kioscoverde.bo/wp-content/uploads/2016/11/Manual-Construcci%C3%B3n-con-bloques-ecol%C3%B3gicos-2016.pdf>
- Buitrago, E. (2014). *Fábrica de ladrillos ecológicos del meta Falamet*. Recuperado el 15 de abril del 2020 de:
- Andina: Agencia Peruana de Noticias (2017). *Junín: presentan ladrillos ecológicos antisísmicos fabricados a base de residuos sólidos*. Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <https://andina.pe/agencia/noticia-junin-presentan-ladrillos-ecologicos-antisismicos-fabricados-a-base-residuos-solidos-677371.aspx>
- Ladrillos ecológicos: Hacerlos tú mismo nunca fue tan fácil (s.f). *¿Qué son los ladrillos ecológicos?* Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <http://www.ladrillosecologicos.com/paginas/faq/ladrilloseco.html>
- Sánchez, J. (s.f.). *Ladrillos ecológicos, ventajas y desventajas*. Recuperado el 15 de abril del 2020 de: <https://www.enbuenasmanos.com/ladrillos-ecologicos>
- Julián Zonni. (2019, enero 3). *Instructivo para la fabricación de Ladrillos Ecológicos*. [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=YgKIQcHPN_s
- Grupo Morbeck. *Máquina de ladrillos ecológicos*. Recuperado de: <http://www.grupomorbeck.com/site/es/inicio/160-maquina-de-ladrillos-ecologicos.html>
- Ying Feng. *ECO2700 Interlocking Soil Brick Machine*. Recuperado de: <http://m.yfbrickmachine.com/detail-171-eco2700interlockingsoilbrickmachine#para>
- ShiYue. *LY4-10 Clay brick machine*. Recuperado de: http://shiyuemachine.com/Block_Machine/2017/1013/171.html
- 周开洪 (2006). *Brick press for environment-friendly brick*. Recuperado de: <https://patents.google.com/patent/CN201020788Y/en?q=press+mold+brick+machine&oq=press+mold+brick+machine>

- 박용수 (2005). *Automatic Machine For Manufacturing Yellow Earth Blocks With Various Deformations And Process to Manufacture Yellow Earth Blocks With Said Automatic Machine*. Recuperado de:
<https://patents.google.com/patent/KR100691422B1/en?q=press+mold+brick+machine&oq=press+mold+brick+machine>
- 秦 申 二 (2011). *Brick molding device and molding equipment*. Recuperado de:
<https://patents.google.com/patent/CN202517544U/en?q=press+mold+brick+machine&oq=press+mold+brick+machine&page=1>
- Javier, J. (2013). *Diseño de una mini planta móvil para la fabricación de 100 adobes por hora*. Recuperado de:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13867>
- S. Wu, W. Zhou, J. Ke and H. Yan (2016). *Design and application of hydraulic pressure system for new fly ash brick*. 2016 IEEE International Conference on Aircraft Utility Systems (AUS), pp. 895-899. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7748181>
- Arredondo, C., Luna del Risco, M., Villegas, S., Gonzáles, M., Arrieta, C., Cuatindioy, J., ... Quintero, F. (2019). *A novel energy-efficient machine to compress inorganic residues in eco-bricks as a sustainable construction strategy for low-cost housing*. 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, pp. 1-6. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8760797>
- Pontificia Universidad Católica Del Perú (2019). *Guía: Faja transportadora y sensores de presencia*. Material del curso: Laboratorio de sensores y actuadores, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- PROMOTEC. *Sensor de distancia infrarrojos*. Recuperado de:
<https://www.promotec.net/sensores-distancia-infrarrojos/>
- ETOOLS (2016). *Cómo funciona el sensor ultrasónico hc-sr04*. Recuperado de:
<https://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/01/como-funciona-el-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>
- HBM. *Definición de un sensor de presión*. Recuperado de:
<https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>
- Thyracont Vacuum Instruments. *SENSOR DE PRESIÓN DE VACÍO / DE CERÁMICA / CAPACITIVO / ANALÓGICO*. Recuperado de:
<https://www.directindustry.es/prod/thyracont-vacuum-instruments-gmbh/product-39352-556507.html>
- CLOUDTEC. *Presostato*. Recuperado de: <https://cloudtec.pe/blog/automatizacion-industrial/sensores/sensor-de-presion/que-es-un-presostato/>
- EcuRed. *Cilindro hidráulico*. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Cilindro_hidráulico
- WIKIFAB. *Cilindros Neumáticos*. Recuperado de:
http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros_Neumáticos

- Pontificia Universidad Católica Del Perú (2019). *Guía: Sensores de distancia y actuador lineal*. Material del curso: Laboratorio de sensores y actuadores, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ASHM, Aceros y Sistemas Hidráulicos de México (2014). *¿Qué Son las Unidades de Potencia Hidráulica y Cómo Funcionan?* Recuperado de <http://www.ashm.mx/blog/que-son-las-unidades-de-potencia-hidraulica-y-como-funcionan/>
- Bombas de agua. *Bombas de desplazamiento positivo (2019)*. Recuperado de <https://bombasdeagua.tech/desplazamiento-positivo/>
- Manifold. Recuperado de <https://www.oocities.org/ebingenieria/webeb/manifold/3.htm>
- Inoxpa. *Manifold* de válvulas. Recuperado de https://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Equips/Manifold/F TMF_ES.pdf
- Báuda Electrónica. *Microcontrolador PIC16F676*. [Imagen] Recuperado de <https://www.baudaelectronica.com.br/microcontrolador-pic16f676.html>
- David, P. (2009). *Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos*. Recuperado de https://www.academia.edu/16523506/Info_Sistemas_Embebidos
- Arrow. *Arduino Uno Rev3 (SMD)*. [Imagen] Recuperado de <https://www.arrow.com/es-mx/products/a000073/arduino-corporation>
- RS. *CPU para PLC Siemens S7-1200 Digital, Relé, Memoria 4 MB, Ethernet, Programa 75 kB, 24 Puertos E/S*. [Imagen] Recuperado de <https://es.rs-online.com/web/p/cpus-para-automatas-programables/8624477/>
- Pontificia Universidad Católica Del Perú (2019). *Guía: INTRODUCCIÓN AL PLC S7- 1200 Y HMI KPT600*. Material del curso: Laboratorio de sensores y actuadores, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- BrassCraft. (2015, marzo 31). *Cómo Instalar un Acople Acampanado*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yF1CW4LlxqA>
- Ruiz, J. (2010). *Balaceo por acoplamiento. Mecánica: Capítulo 2: Acoplamientos rígidos*. Recuperado de <http://www.mailxmail.com/curso-balanceo-acoplamiento-mecanica/acoplamientos-rigidos>
- Ruiz, J. (2010). *Balaceo por acoplamiento. Mecánica: Capítulo 3: Acoplamientos Flexibles*. Recuperado de <http://www.mailxmail.com/curso-balanceo-acoplamiento-mecanica/acoplamientos-flexibles>
- Jung Process Systems. *Bombas de desplazamiento positivo*. Recuperado de <https://www.jung-process-systems.de/es/glosario/bombas-de-desplazamiento-positivo.html>
- Rodamientos Smilovic. *Crucetas: Una parte vital del vehículo*. Recuperado de <https://www.smilovic.cl/web/index.php/crucetas>
- Automation 24 (s.f.). *SIMATIC Basic Panel Siemens KTP400 Basic PN - 6AV2123-2DB03-*

0AX0. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://www.automation24.biz/simatic-basic-panel-siemens-ktp400-basic-pn-6av2123-2db03-0ax0>

Mercado Libre (s.f.). *Kit Siemens S7 1200 Cpu 1212 Ac/dc/rly + Hmi Ktp400*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441849835-kit-siemens-s7-1200-cpu-1212-acdcrlly-hmi-ktp400-_JM

Naylamp Mechatronics (s.f.). *DISPLAY LCD 7" TÁCTIL RASPBERRY PI (DSI) – OFICIAL*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/raspberry-pi/317-display-lcd-7-tactil-raspberry-pi-dsi-oficial.html>

Amazon (s.f.). *Pantalla táctil de 7 pulgadas + soporte Acylic TFT LCD pantalla HDMI 1024x 600 sin conductor para Raspberry Pi, ordenador, caja de TV, DVR, dispositivo de juego*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/pulgadas-controlador-Raspberry-computadora-dispositivo/dp/B088K655CM?th=1>

Amazon (s.f.). *LTE-5103J - Sirena de luz estroboscópica LED con alarma de sonido intermitente industrial con zumbador de 90 dB AC110 V-120 V*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/LTE-5103J-estroboscópica-intermitente-industrial-zumbador/dp/B06XSJNQCX>

Mercado Libre (s.f.). *Luz Estroboscópica C/sonido Económico Yus Fa02 - No Opalux*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432241835-luz-estroboscópica-csonido-economico-yus-fa02-no-opalux-_JM#position=19&type=item&tracking_id=c0adfacc-6c34-4ff8-a5e0-8723d6dbadb8

Mercado Libre (s.f.). *Circulina Industrial 220 Vac Opalux Color Roja Con Sonido*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-439158909-circulina-industrial-220-vac-opalux-color-roja-con-sonido-_JM#position=9&type=item&tracking_id=c0adfacc-6c34-4ff8-a5e0-8723d6dbadb8

Naylamp Mechatronics (s.f.). *MÓDULO RELAY 1CH 5VDC*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/drivers/297-modulo-relay-1-canal-5vdc.html>

Naylamp Mechatronics (s.f.). *MÓDULO RELAY 2CH 5VDC*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>

Naylamp Mechatronics (s.f.). *RELAY ESTADO SÓLIDO SSR-40 DA*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/drivers/425-relay-ssr-40da.html>

J. Massa, J. Giro, A. Guidici (2015). Compendio de Cálculo estructural II. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: http://www.cat.calc_est_2_im.efn.uncor.edu/wp-content/uploads/2013/10/Cap-04_PLACAS_65-a-86_v9.pdf

Fluidtek (s.f.). *Cilindros Hidráulicos Amortiguados y sin amortiguación*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://pdfslide.net/documents/fluidtek-cilindro-hidraulico.html>

Naylamp Mechatronics (s.f.). *SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO LJC18A3-H-Z/BX*

- (NPN). Recuperado el 10 de mayo de 2021 de:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/296-sensor-de-proximidad-capacitivo-ljc18a3-h-zbx-npn.html>
- Naylamp Mechatronics (s.f.). *SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO LJC30A3-H-Z/BX (NPN)*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/295-sensor-de-proximidad-capacitivo-ljc30a3-h-zbx-npn.html>
- Naylamp Mechatronics (s.f.). *SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO LJ12A3-4-Z/BY (PNP-NO)*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/589-sensor-de-proximidad-inductivo-lj12a3-4-zby-pnp.html>
- Naylamp Mechatronics (s.f.). *SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO LJ18A3-5-Z/AX (NPN-NC)*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/403-sensor-de-proximidad-inductivo-lj18a3-5-zax-npn.html>
- Cloudtec (s.f.). *060-500366 - Presostato KPI 36, 4 a 12bar*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://cloudtec.pe/presostato-danfoss-kpi-kp/89-060-500366.html>
- Cloudtec (s.f.). *061B510266 - Presostato MBC 5100, 50 a 400 bar*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://cloudtec.pe/presostato-danfoss-mbc-5100/109-061B510266.html>
- Cassapa (s.f.). *HYDRAULIC GEAR PUMPS AND MOTORS*.
- Fluidtek (s.f.). *Unidad de presión hidráulica*.
- Mercado Libre (s.f.). *Motores Electricos 15hp Trifasico 4 Polos 1750rpm Glong Alco*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-421661226-motores-electricos-15hp-trifasico-4-polos-1750rpm-glong-alco-_JM#position=1&type=item&tracking_id=e19a8161-a69b-414e-8bf5-36a4ad3ab466
- Edipesa (s.f.). *MARATHON Motor Eléctrico 15HP 1800 RPM Trifásico*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://www.edipesa.com.pe/tienda/motores/motor-electrico-15hp-1800-rpm-trifasico-1-detalle>
- Rexoth (s.f.). *Válvula direccional 4/3, 4/2 y 3/2 1/12 vías con solenoides de continua en baño de aceite*. Recuperado el 1 de junio de 2021 de: <https://www.roydisa.es/wp-content/uploads/2012/12/rexroth-catálogo-electroválvulas-ng6.pdf>
- Lovejoy (2017). *Jaw Type Couplings*. Recuperado el 30 de enero de 2023 de:
<https://www.lovejoy-inc.com/wp-content/uploads/2017/11/Jaw2010catalog.pdf>
- Siemens (s.f.). *SIMATIC S7-1200, CPU 1212C*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de:
https://media.automation24.com/datasheet/nl/6ES72121BE400XB0_en.pdf
- Rockwell Automation (s.f.). *Sistemas de controlador lógico programable MicroLogix 1100*.

Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/micro-and-nano-controllers/micrologix-family/micrologix-1100-controllers.html>

Naylamp Mechatronics (s.f.). *FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA AC/DC 120W 24V 5A*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching/829-fuente-de-alimentacion-conmutada-acdc-120w-24v-5a.html>

Naylamp Mechatronics (s.f.). *FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA AC/DC 50W 24V 2.2A WODE*. Recuperado el 10 de mayo de 2021 de: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching/795-fuente-de-alimentacion-conmutada-acdc-50w-24v-2a-wode.html>





ANEXOS

A. Metodología

- **Planeamiento del producto:** Etapa donde se investiga la problemática, con el fin de definir una propuesta de solución y el alcance de la misma.
- **Estado del arte:** Se investiga acerca de los diferentes productos comerciales, tesis/artículos científicos, patentes, etc., que cumplan total o parcialmente las funciones de la máquina a diseñar.
- **Lista de exigencias:** Se crea una lista en donde se colocarán las funciones que realizará la máquina, así como el alcance de cada una de estas, especificando sus capacidades.
- **Estructura de funciones:** Se elabora un gráfico donde se especifican las entradas y salidas de cada sistema del proyecto.
- **Matriz morfológica:** Se elige un componente, tecnología, mecanismo, etc., que cumpla con la tarea a realizar por cada función de la estructura de funciones.
- **Conceptos de solución:** Utilizando la matriz morfológica, se forman diferentes combinaciones para elaborar conceptos de solución.
- **Evaluación de los conceptos de solución:** Se evalúan los diferentes conceptos de solución utilizando criterios técnicos y económicos.
- **Bosquejo del concepto de solución óptimo:** Una vez determinado el mejor concepto de solución con la evaluación anterior, se procederá a elaborar un bosquejo del mismo, en donde se pueda apreciar cada componente correctamente ubicado y probando que pueda realizar su tarea.
- **Diseño preliminar:** Se realizan los cálculos preliminares, la selección de componentes y estrategias de control, se elabora la lógica de control y el modelado 3D.
- **Proyecto definitivo:** Se determinan los materiales definitivos del sistema, se elaboran planos mecánicos, eléctricos/electrónicos, simulaciones del sistema y se evalúan costos.

B. Estado del arte

Máquinas comerciales

Máquina de ladrillos ecológicos MMKCGK1-10

La máquina del Grupo Morbeck (Figura B-1) es, según su página web, una fábrica completa de ladrillos ecológicos, pues incluye una faja transportadora para cargar la máquina del material a utilizar, una mezcladora y una trituradora pequeña. La máquina prensadora de ladrillos puede generar hasta 3000 piezas al día, teniendo un ciclo de trabajo de entre 10 y 15s, aplicando una fuerza de 6 toneladas. Su fuente de energía es un motor eléctrico o un motor diésel (a elección del usuario) con un poder de 5.5kW o 12 HP y genera presión hidráulica.



Figura B-1: Máquina de ladrillos ecológicos MMKCGK1-10.0. (Grupo Morbeck, s.f.).

Máquina de ladrillos de tierra con interlocking ECO 2700

La máquina producida por la empresa Ying Feng (Figura B-2) viene equipada con un módulo de auto alimentación, además puede producir muchos tipos de ladrillos de gran calidad y precisión. Puede producir hasta 2720 ladrillos al día, con ciclos de trabajo de entre 15 y 20s, aplicando una fuerza de hasta 22MPa. Su fuente de energía es un motor eléctrico o un motor diésel (a elección del usuario) con un poder de 4kW o 12 HP.



Figura B-2: Máquina de ladrillos de tierra con interlocking ECO 2700. (Ying Feng, s.f.).

Máquina de ladrillos de arcilla LY4-10

La empresa ShiYue ofrece una máquina (Figura B-3) que utiliza arcilla y cemento para producir ladrillos con “interlocking” (enclavamiento), es capaz de producir hasta 4 ladrillos por ciclo, además de poder producir diferentes tipos de ladrillos cambiando el molde de la máquina. Su producción máxima diaria es de 11520 piezas, con ciclos de entre 10 y 15s, aplicando una fuerza de hasta 16MPa. Su fuente de poder es un motor eléctrico de 11kW.



Figura B-3: Máquina de ladrillos de arcilla LY4-10. (ShiYue, s.f.).

Se elaboró la siguiente tabla B-1, donde se comparan las características de las 3 máquinas comerciales anteriormente citadas, tomando en cuenta características como, su país de origen, el tipo de motor, el tiempo por ciclo, las piezas por ciclo, la presión que ejercen y su precio. Gracias a esta tabla es posible obtener una producción diaria promedio, así como un precio promedio de las máquinas comerciales, los cuales serán necesarios para el diseño de la prensadora.

Tabla B-1. Comparación entre máquina de ladrillos comerciales.

Característica	MMKCGK1-10	ECO 2700	LY4-10
Fabricante	Grupo Morbeck	Ying Feng	ShiYue
Origen	Brasil	China	China
Tipo de material utilizado	Escoria, tierra, cemento u otras heces de construcción	Arcilla, tierra, cemento, etc.	Arcilla, tierra, lodo, concreto, cemento, ceniza, etc.
Tipo de motor	Diesel/Eléctrico	Diesel/Eléctrico	Eléctrico
Potencia	5.5kW/12HP	4kW/12HP	11kW
Tiempo por ciclo	10-15s	15-20s	10-15s
Piezas por ciclo	2	1	4
Producción diaria (8hrs.)	3000	2720	11520
Presión	6 ton.	18-22Mpa	16Mpa
Peso	850 kg	500 kg	1600 kg
Tipo de presión	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica
Precio (USD)	12 900	4000	No especifica

Patentes

Patente “Brick press for environment-friendly brick” CN201020788Y

En la patente se muestra una máquina de ladrillos ecológicos (Figura B-4) utilizada en la industria de la producción de ladrillos. La máquina está compuesta de una base mecánica, un bastidor de soporte, un mecanismo de transmisión, un mecanismo de presando, un mecanismo de alimentación y uno de salida. La transmisión se conecta con el mecanismo de presando, el mecanismo de alimentación está dispuesto en el extremo posterior del mecanismo de presión, el de salida está dispuesto en la parte delantera y el mecanismo de transmisión está compuesto por un motor, una caja de cambios y un sistema biela-manivela-embolo.

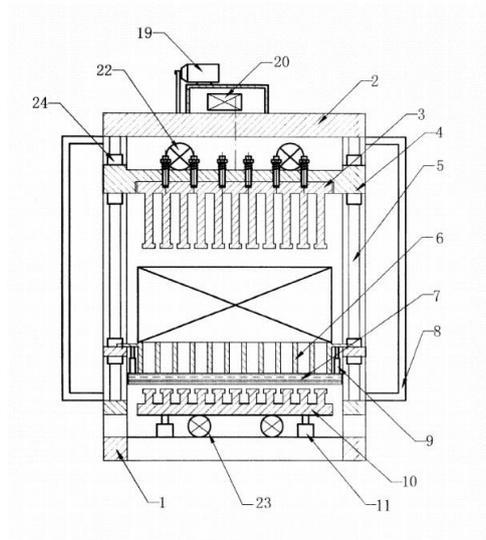
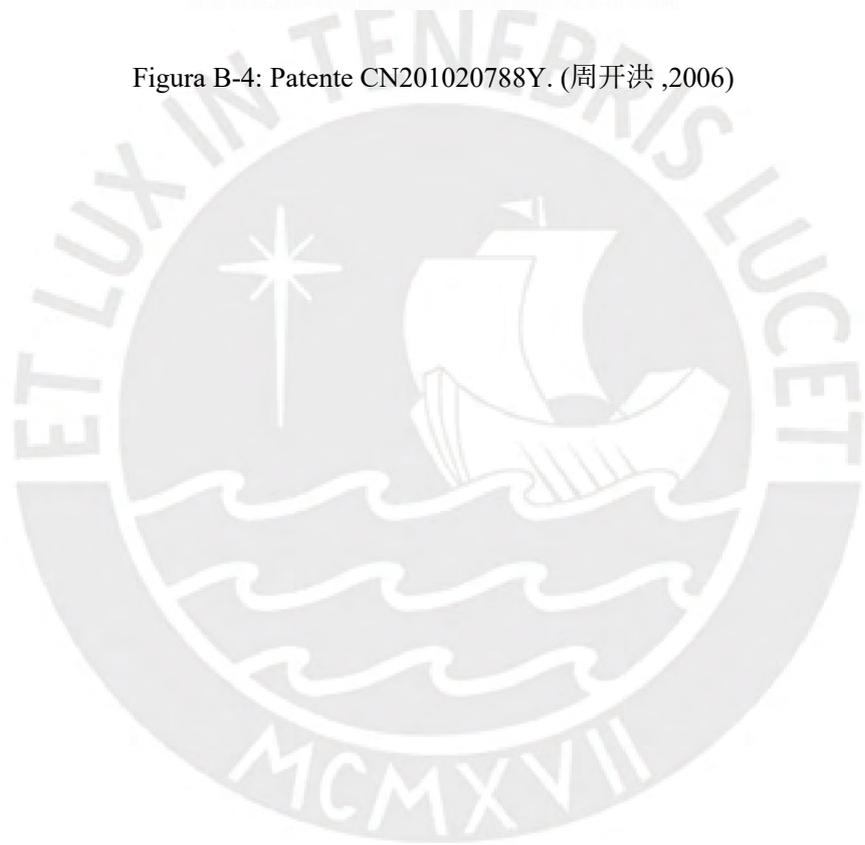


Figura B-4: Patente CN201020788Y. (周开洪, 2006)



Patente “Automatic Machine For Manufacturing Yellow Earth Blocks With Various Deformations And Process to Manufacture Yellow Earth Blocks With Said Automatic Machine” KR100691422B1

La presente patente se refiere a una máquina automática de fabricación de ladrillos de ocre (Figura B-5). A la máquina entra materia prima de ocre por una tolva, desde la cual pasa a un dispositivo de presurización operado con presión hidráulica donde se forma el ladrillo. La altura del ladrillo es determinada por ejes auxiliares situado en ambos lados del dispositivo de presurización.

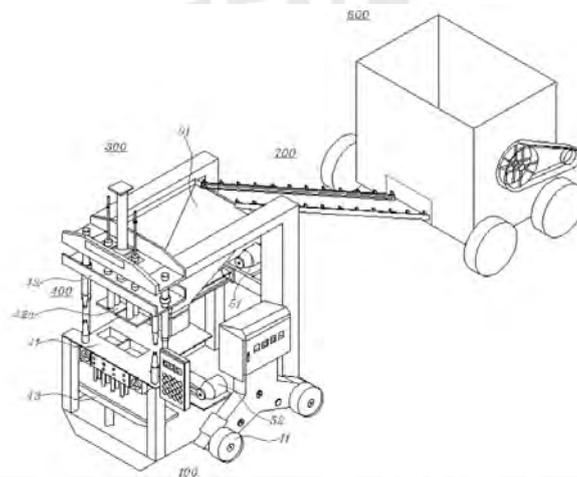


Figura B-5: Patente KR100691422B1. (박용수, 2005).

Patente “Brick molding device and molding equipment” CN202517544U

Se muestra un dispositivo de moldeo de ladrillos (Figura B-6). Este posee un dispositivo de presión de los moldes y un dispositivo de recepción del molde los cuales son movidos por la misma guía en un movimiento vertical. El dispositivo de recepción posee un área para acomodar los moldes, así como brazos de soporte a ambos lados. Según el diseño, solo un dispositivo de recepción de moldes se utiliza en la máquina, para poder coordinarse con la ranura y el hueco de posicionamiento del molde del ladrillo.

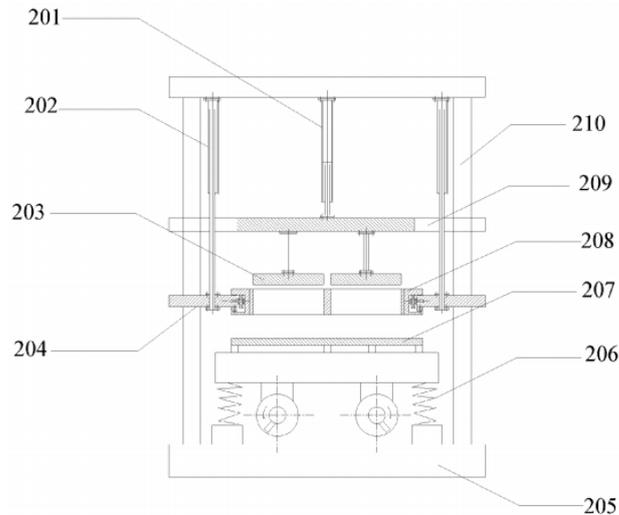


Figura B-6: Patente CN202517544U. (秦申二, 2011).

Tesis y artículos científicos

Tesis de pregrado titulada “DISEÑO DE UNA MINI PLANTA MÓVIL PARA LA FABRICACIÓN DE 100 ADOBES POR HORA” por Julio Javier Cortez

La tesis de Julio Javier presenta el problema de la baja producción de adobes de manera tradicional, aun siendo uno de los materiales más usado para la construcción en las zonas alto andinas del Perú. El autor diseña una mini planta móvil de fácil transporte, capaz de producir 100 adobes por hora. Para este fin diseña una máquina (Figura B-7) que utiliza cilindros hidráulicos para moldear el adobe en la forma y dimensiones deseadas para el bloque.

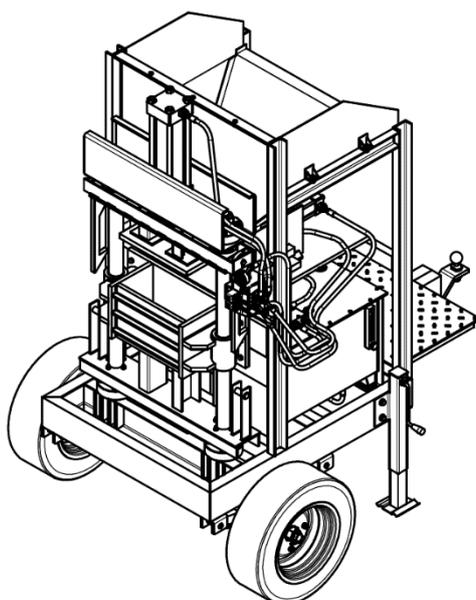


Figura B-7. Vista isométrica de la mini planta móvil diseñada en la tesis. (Javier, J., 2013).

El funcionamiento de la máquina es como se describe a continuación: Primero ingresa la materia prima a la cámara de compactación mediante un dosificador móvil que extrae el material desde la tolva. Una vez llenada se retira el recipiente y un cilindro hidráulico aplica la presión necesaria para darle forma al adobe. Por último, el cilindro compresor se retira, el adobe es elevado y expulsado para que un operario retire el bloque de forma manual.

Artículo titulado “Design and Application of Hydraulic Pressure System for New Fly Ash Brick”

En el artículo se presenta un sistema de presión hidráulica para producir ladrillos a partir de cenizas volantes. Para el moldeo de los ladrillos se utiliza un sistema de presión hidráulico, el cual aplica en los adobes presión estática, lo cual le ayuda a funcionar sin interrupciones y a producir ladrillos de mejor calidad.

Para iniciar el proceso la máquina alimenta el molde con las cenizas, el cual es luego presionado con el cilindro hidráulico hasta formar el ladrillo, luego se libera el ladrillo terminado. El diagrama de flujo se aprecia en la Figura B-8.

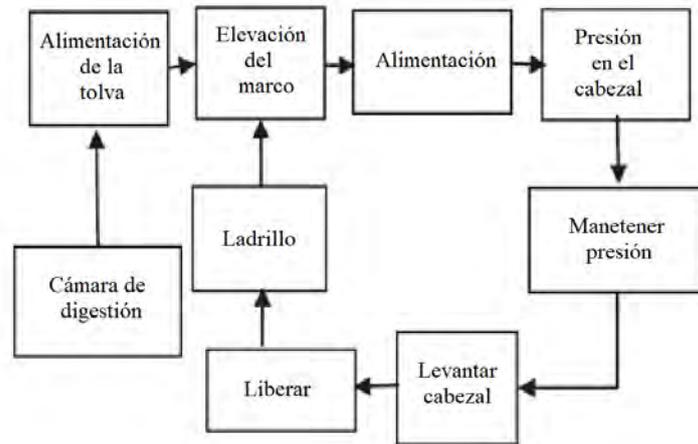


Figura B-8. Adaptado y traducido del diagrama de flujo del funcionamiento del sistema. (S. Wu, W. Zhou, J. Ke and H. Yan, 2016).

Sin embargo, debido a la inmensa presión requerida para el moldeo, para reducir el tamaño del cilindro principal se plantea en un inicio utilizar altas presiones, pero esto aumentaría el precio y reduciría la eficiencia. Para evitar esto se decide usar un cilindro de refuerzo (Figura B-9) para aumentar la presión del cilindro principal y poder aplicar la presión requerida.

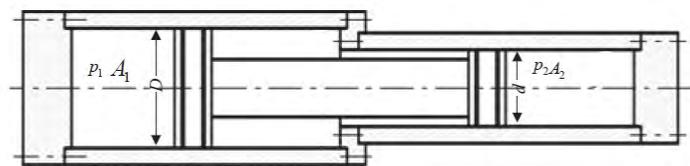


Figura B-9. Estructura del cilindro de refuerzo. (S. Wu, W. Zhou, J. Ke and H. Yan, 2016).

Artículo titulado “A novel energy-efficient machine to compress inorganic residues in eco-bricks as a sustainable construction strategy for low-cost housing”

El artículo describe una máquina compactadora de residuos de plásticos para la elaboración de un ladrillo ecológicos a base de botellas PET. La máquina (Figura B-10) tiene una estructura modular simple, el sistema que sostiene la botella es regulable al tamaño y diámetro de la botella a utilizar como base, posee un brazo con el cual se ejerce la fuerza de compresión para la elaboración del ladrillo y tiene cabezas expandibles intercambiables, las cuales son las que comprimen el plástico dentro de la botella. Además, como funciona con fuerza manual, elimina la necesidad de una fuente eléctrica lo cual hace estos ladrillos aún más ecológicos.

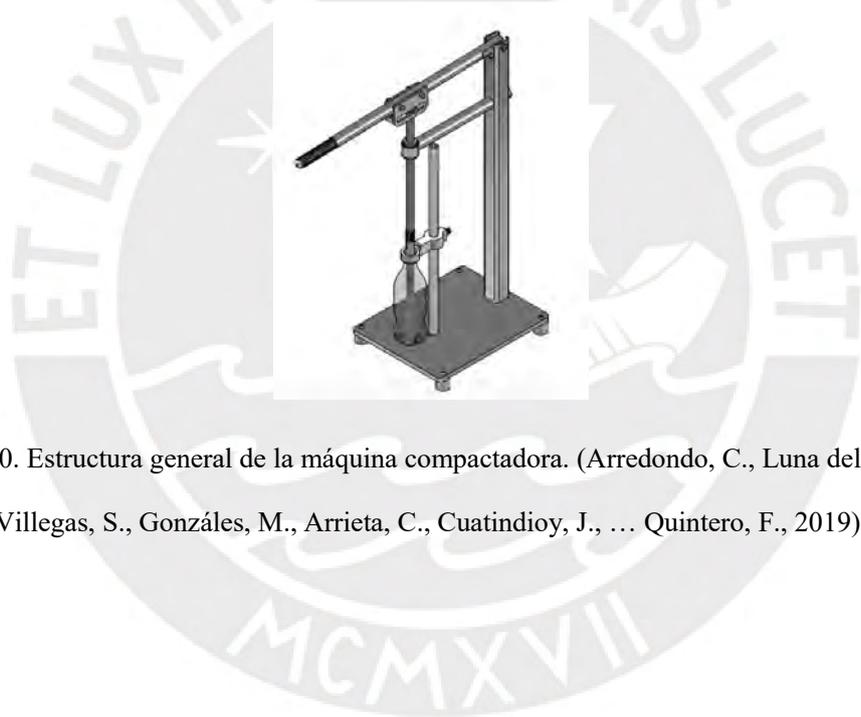


Figura B-10. Estructura general de la máquina compactadora. (Arredondo, C., Luna del Risco, M., Villegas, S., Gonzáles, M., Arrieta, C., Cuatindioy, J., ... Quintero, F., 2019).

Sensores de presencia

Este sensor se utilizará para medir la presencia de ladrillos a la salida de la máquina, lo cual aumentará el contador de ladrillos producidos hasta el momento, para poder tener un registro continuo.

Sensor de distancia capacitivo

Un sensor capacitivo (Figura B-11) está conformado por un capacitor, un oscilador, un detector, y un amplificador. El principio que utiliza para su funcionamiento se basa en el cambio de la capacitancia del circuito oscilador del sensor cuando un objeto se acerca al capacitor, el cual está formado por electrodos metálicos concéntricos. Este cambio produce una oscilación y entre más grande sea esta, más cercano está el objeto al sensor (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019).

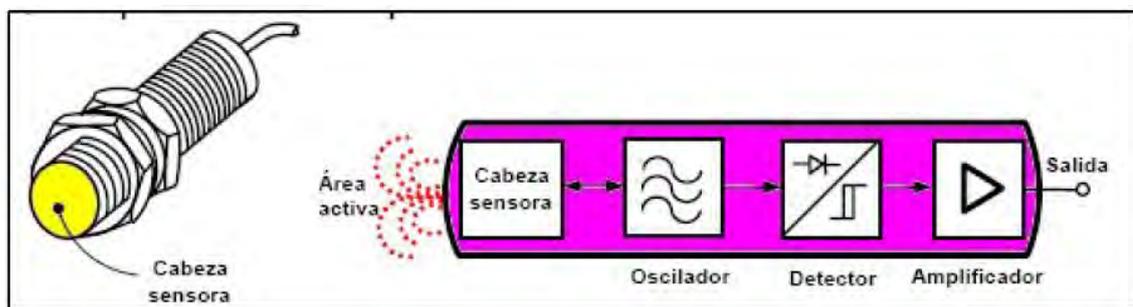


Figura 1-17. Estructura de un sensor capacitivo. (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019).

Sensor de distancia infrarrojo

Los sensores infrarrojos (Figura B-12) están compuestos por un emisor y receptor, el emisor envía un haz de luz que viaja en el aire, rebota en el objeto para luego regresar al receptor. Luego, con la información del tiempo que tardó el haz de luz en volver, se calcula la distancia al objeto medido.



Figura B-12. Sensor de distancia infrarrojo. (PROMOTEC, s.f.).

Sensor de distancia ultrasónico

Los sensores ultrasónicos (Figura B-13) tienen un funcionamiento similar a los infrarrojos, siendo la diferencia que estos utilizan una señal ultrasónica y miden el tiempo en que esta señal tarde en ir y venir hasta el objeto que se midió. Estos sensores pueden medir la distancia a objetos transparentes como vidrio, además no se ven afectados polvo o suciedad.



Figura B-13. Sensor de distancia ultrasónico. (ETOOLS, 2016).

En la tabla B-2 se presentan las características principales de los diferentes tipos de sensores de presencia, tomando en consideración aspectos como los objetos que detecta, la distancia máxima que puede detectar, su precisión y si es afectado por condiciones ambientales o de suciedad en el ambiente. De esta tabla se concluye que utilizar un sensor capacitivo o ultrasónico es la mejor opción debido a que estos no son afectados por el polvo ni por la iluminación, facilitando así su uso en condiciones normales de trabajo de la prensadora

Tabla B-2. Características de los diferentes sensores de distancia.

	Sensor capacitivo	Sensor infrarrojo	Sensor ultrasónico
Objetos que detecta	Depende de la constante dieléctrica	Objetos no transparentes y de color oscuro	Todo tipo de objetos
Distancia de detección	Corta	Media	Larga
Rango de medición	Medio	Medio	Alto
Precisión	Alta	Alta	Baja
¿Afectado por polvo o suciedad?	No	Sí	No
¿Afectado por la temperatura del ambiente?	No	No	Sí
¿Afectado por la iluminación del ambiente?	No	Sí	No

Sensores de presión

El sensor de presión se utilizará para verificar que la presión que llega a los cilindros es la adecuada para que estos apliquen la fuerza requerida para formar los ladrillos.

Sensor de presión capacitivo

Utilizan una cavidad de presión (Figura B-14) y una membrana para formar un condensador variable. Cuando se aplica presión la membrana se deforma, lo cual hace que la capacitancia varíe de manera proporcional y con esto se puede saber la presión aplicada (HBM, s.f.).



Figura B-14. Sensor de presión capacitivo. (Thyracont Vacuum Instruments, s.f.).

Sensor de presión con tecnología de galgas extensométricas

Estos sensores, mostrados en la figura B-15, tienen un elemento de detección de presión al que se adhieren las galgas metálicas. Este elemento de medición puede ser una membrana o un elemento del tipo tubular. La ventaja de este tipo de sensores es que pueden medir presiones muy elevadas, de hasta 15000 bar (HBM, s.f.).



Figura B-15. Sensor de con tecnología de galga extensométrica. (HBM, s.f.).

Presostato

Son dispositivos encargados de abrir o cerrar un circuito eléctrico en función a una presión definida. La presión se ajusta mediante un tornillo ubicado en la parte superior, y luego el presostato se enrosca en la tubería por donde pasa el fluido a medir. Cuando la presión del fluido iguala la del presostato los contactos internos se cierran y cuando la presión es muy baja, estos se abren (CLOUDTEC, s.f.). En la figura B-16 se aprecian las partes de un presostato.

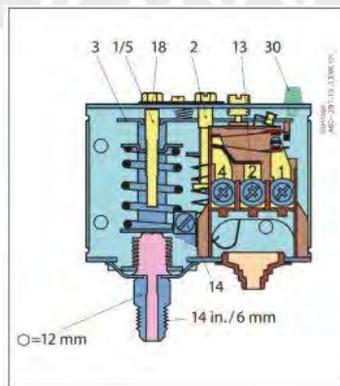


Figura B-16. Partes de un presostato. (CLOUDTEC, s.f.).

A continuación, en la tabla B-3 se presenta una comparación entre los 3 tipos de sensores de presión, resaltando características como, los rangos de presiones que detecta, su precisión y la estabilidad de las mediciones. De esta tabla se puede concluir que la mejor opción para utilizar en el diseño es un presostato, ya que este no solo puede medir las presiones, sino que también puede cortar el flujo de aceite de ser necesario.

Tabla B-3. Características de los diferentes sensores de presión.

	Sensor capacitivo	Sensor con tecnología de galgas extensométricas	Presostato
Presiones que detecta	Bajas	Altas	Medias
Función	Solo detección	Solo detección	Detección y abrir o cerrar un circuito
Precisión	Alta	Alta	Alta
¿Inestabilidad en las mediciones?	Sí	No	No
Característica adicional	Permite medir presiones muy bajas	Tiene un rigidez alta	No requiere de un componente adicional para abrir o cerrar algún circuito

Actuadores y mecanismos

Actuadores Lineales

Son mecanismos que transforman algún tipo de energía de entrada en energía mecánica, específicamente, energía de movimiento rectilíneo. Estos se utilizarán para aplicar presión sobre el molde del ladrillo, expulsar el ladrillo del molde, etc.

Cilindro hidráulico

Transforma la presión de un líquido en fuerza mecánica, a través del movimiento de un émbolo que tiene dentro del cilindro. Se utilizan para trabajos en los que se requiera aplicar grandes cantidades de fuerza. En la figura B-17 se aprecian las partes de estos cilindros.

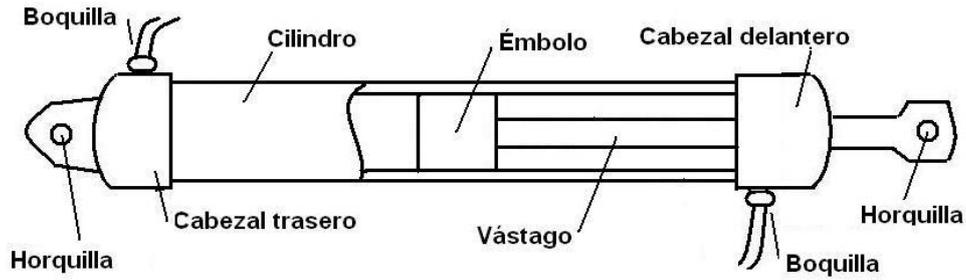


Figura B-17. Partes de un cilindro hidráulico. (EcuRed, s.f.).

Cilindro neumático

Transforma la presión del aire en movimiento mecánico a través de un émbolo. Debido a que utiliza aire, es más limpio que un cilindro hidráulico. Sin embargo, aplican menos fuerza que los hidráulicos. Sus principales partes se ven listadas en la figura B-18.

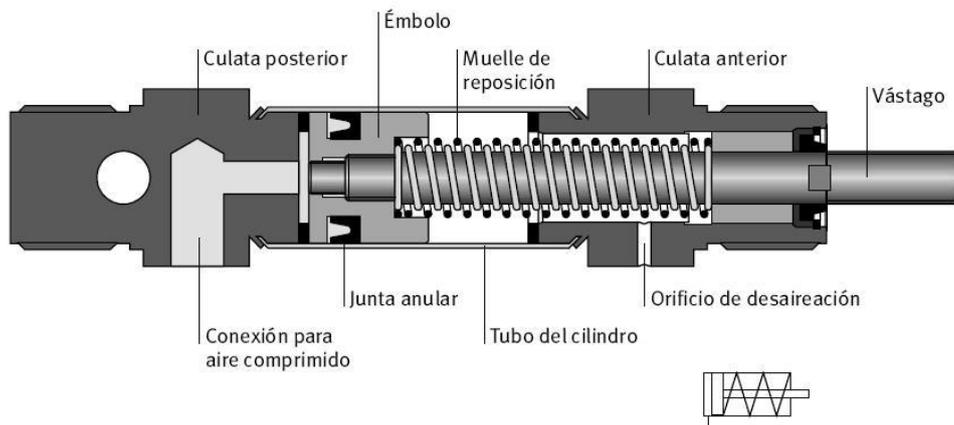


Figura B-18. Partes de un cilindro neumático. (WIKIFAB, s.f.).

Actuador lineal eléctrico

Su fuente de energía es la electricidad, funciona mediante un motor DC que tiene incorporado. En muchos casos estos se usan con un reductor debido a que poseen altas velocidades de revolución que poseen, las cuales le permiten el movimiento lineal mediante el uso de engranajes que mueven husillos o correas dentadas (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019). En la figura B-19 se observan los tipos de actuadores lineales.

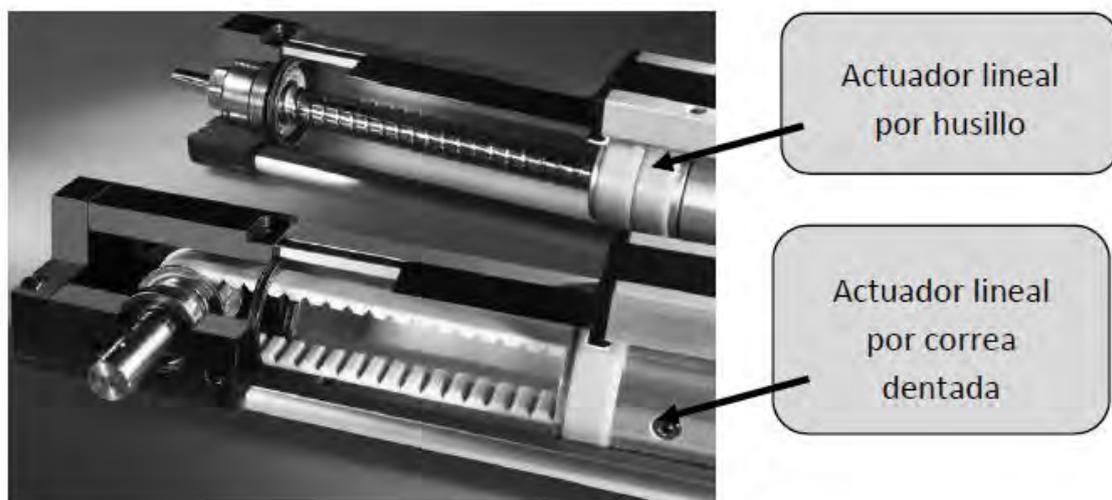


Figura B-19. Tipos de actuadores lineales. (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019).

En la tabla B-4 se presenta una comparación entre los diferentes tipos de actuadores, tomando en cuenta su velocidad, potencia, precisión, la dificultad de su mantenimiento, y su costo. De esta se puede concluir que para los trabajos que requieran más fuerza se puede utilizar la hidráulica, mientras que en tareas menores es preferible utilizar lo electrónico por su precio.

Tabla B-4. Características de los diferentes actuadores lineales. (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019).

	Hidráulico	Neumático	Eléctrico
Velocidad	Baja	Alta	Media
Potencia	Alta	Media	Baja
Precisión	Regular	Regular	Buena
Mantenimiento	Poco especializado	Poco especializado	Muy especializado
Costo	Alto	Medio	Medio

Unidades de Potencia hidráulica

Las unidades de potencia hidráulica (Figura B-20) son sistema hidráulico completos integrados en un solo dispositivo compacto. Son utilizados para abastecer de aceite un circuito hidráulico con una presión y caudal adecuados para realizar la tarea deseada (levantar, jalar, empujar, etc.). Las partes principales de una unidad de potencia hidráulica son: Un motor, una bomba hidráulica, válvulas de control hidráulico, un tanque y filtros.



Figura B-20. Unidad de potencia hidráulica. (Aceros y Sistemas Hidráulicos de México,2014)

Bombas de desplazamiento positivo

Son bombas (Figura B-21) que bombean un volumen definido de líquido independientemente de las revoluciones del motor, de manera prácticamente independiente de la presión. Su punto fuerte es el movimiento de medios de bombeo viscosos (Jung Process Systems, 2009). Como su nombre lo indica, estas bombas utilizan el principio de desplazamiento positivo, el cual consiste en que el movimiento de un líquido es causado por la disminución en el volumen de una cámara, que se encarga de crear succión y descarga, desplazando el agua con un elemento móvil. El espacio que ocupa el agua se llena y vacía repetitivamente con el objetivo de forzar, presionar y extraer el fluido a través de un movimiento mecánico. Debido a esto, son ideales para transportes de fluidos a alta presión (Bombas de agua, 2019)



Figura B-21. Bomba de desplazamiento positivo. (Bombas de agua, 2019).

Manifold Hidráulico

Es un bloque que posee integrado un circuito hidráulico, con sus respectivas válvulas y cumple una o varias funciones específicas. Esta configuración representa una gran ventaja contra el modelo clásico de válvulas y tuberías. Esto se debe a que el manifold es en sí mismo el cuerpo de las válvulas y al mismo tiempo es la tubería de conexión entre ellas, esto optimiza las pérdidas de carga y el espacio requerido. Otra ventaja que presenta es que un manifold aplicado en varias líneas permite limpiar un depósito mientras otro se carga o se descarga sin riesgo que los productos de ambas líneas se mezclen (Inoxpa, s.f.). La figura B-22 muestra un manifold de válvulas de la empresa Inoxpa.



Figura B-22. Bomba de válvulas. (Inoxpa, s.f.).

Controladores

1.4.7.1 Microcontrolador

Es un circuito integrado programable capaz de ejecutar órdenes grabadas en su memoria. Los microcontroladores (Figura B-23) incluyen dentro de ellos una unidad de procesamiento, una memoria y periféricos de entrada/salida.



Figura B-23. Microcontrolador. (Baú da Electrónica, s.f.)

1.4.7.2 Sistema Embebido

Es un sistema (Figura B-24) que incluye un microcontrolador montando en este. Además, poseen una memoria RAM, una ROM, y periféricos de entrada y salida. Estos sistemas poseen un entorno de programación, en su mayoría fácil de utilizar, que es diferente dependiendo del fabricante del sistema.



Figura B-24. Sistema Embebido. (Arrow, s.f.)

1.4.7.3 PLC

El controlador lógico programable (PLC por sus siglas en inglés) es una computadora digital utilizada para la automatización de la industria. El PLC puede trabajar en ambientes con temperaturas muy altas o bajas y es inmune a ruidos eléctricos. Está constituido por un CPU, una memoria RAM, una EPROM o EEPROM e interfaces de entrada/salida (Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2019).



Figura B-25. PLC. (RS, s.f.)

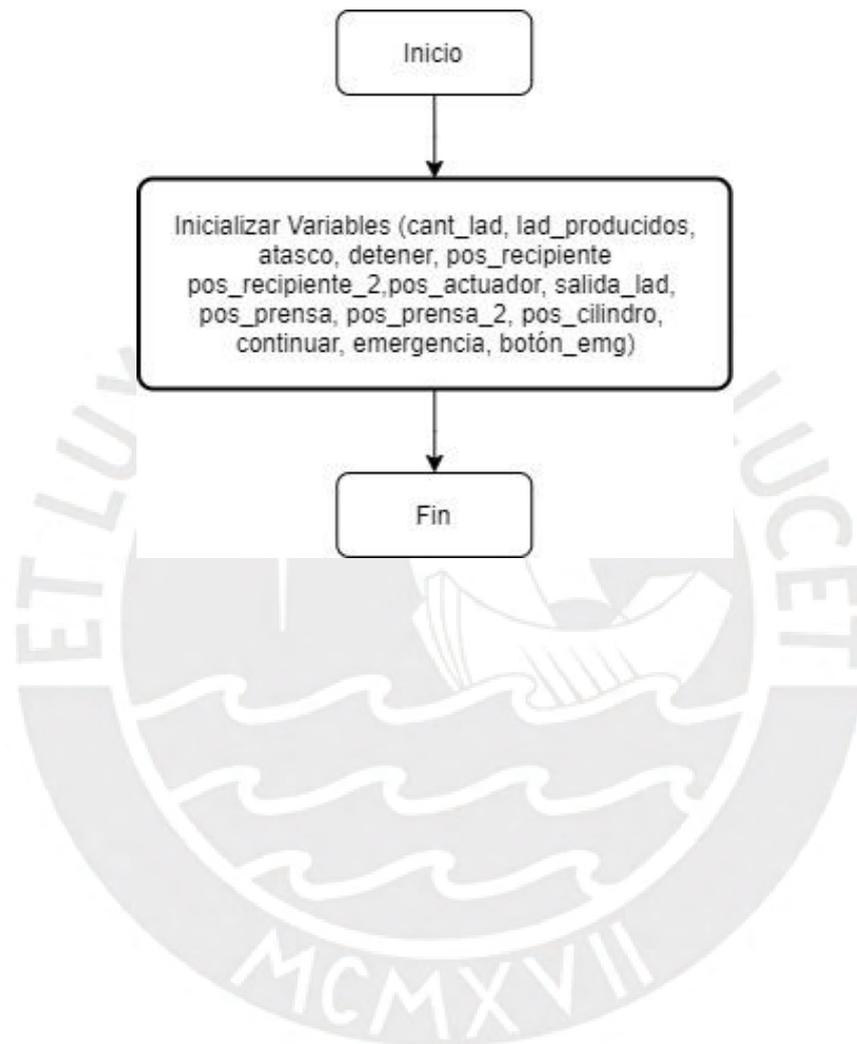
En la tabla B-5 se presentan una comparación de los controladores, tomando características como su lenguaje de programación, la dificultad de programación, el grado protección del circuito, su robustez y su voltaje de operación. De esta tabla se concluye que el PLC es el mejor sistema para máquinas industriales, pues cuenta con mayor protección incorporada.

Tabla B-5. Características de los diferentes controladores.

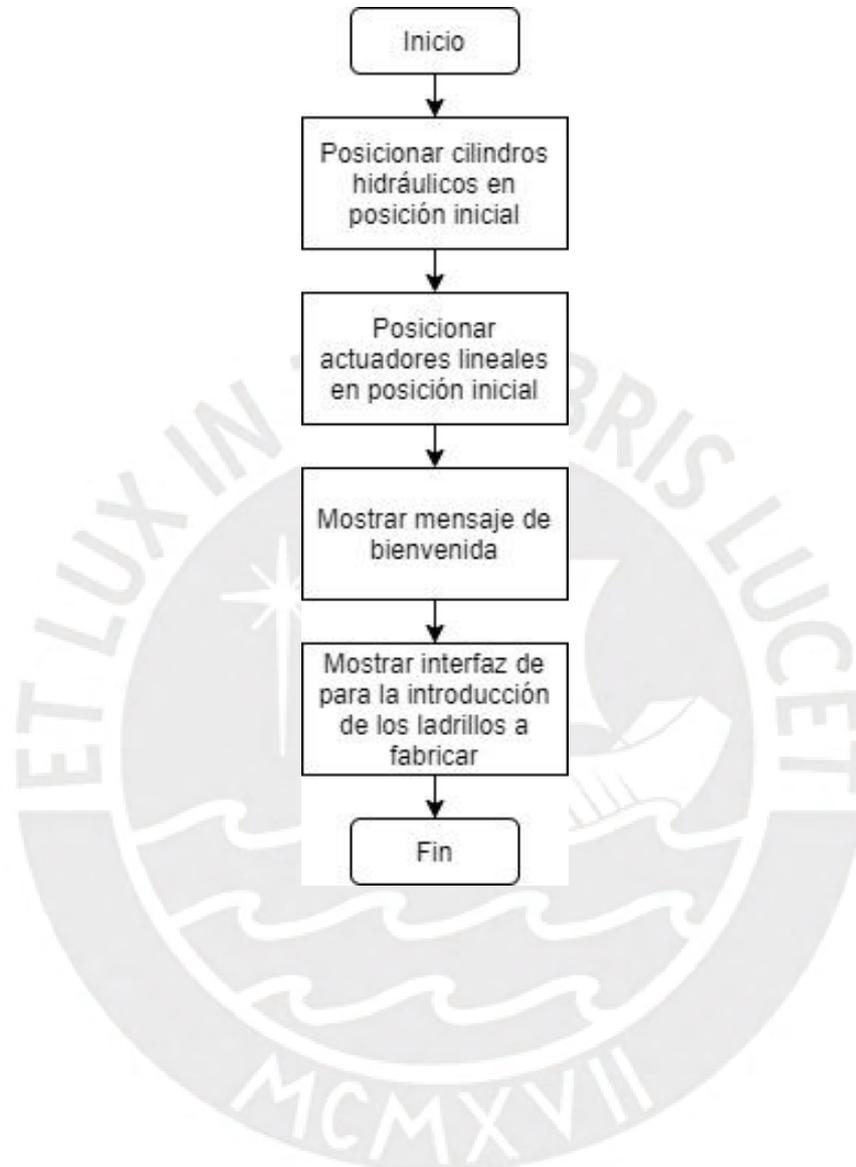
	Microcontrolador	Sistema embebido	PLC
Lenguaje utilizado	C	C/C++	Ladder/AWL/FUP
Dificultad de programación	Media	Baja	Alta
Tamaño	Pequeño	Mediano	Grande
Protección eléctrica del circuito	Ninguna	Baja	Alta
¿Incluye protección contra elementos externos?	No	No	Sí
¿Resiste grandes cambios de temperatura?	No	No	Sí
Voltaje de operación	5.5 VDC	5 a 12 VDC	220 VAC

C. Diagramas de flujo

Función “Inicializar_sistema”



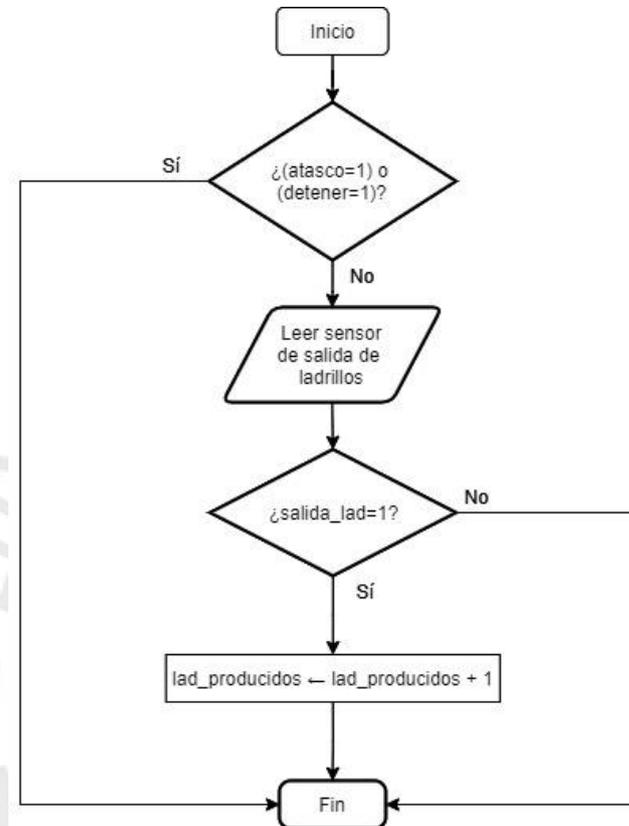
Función “Home”



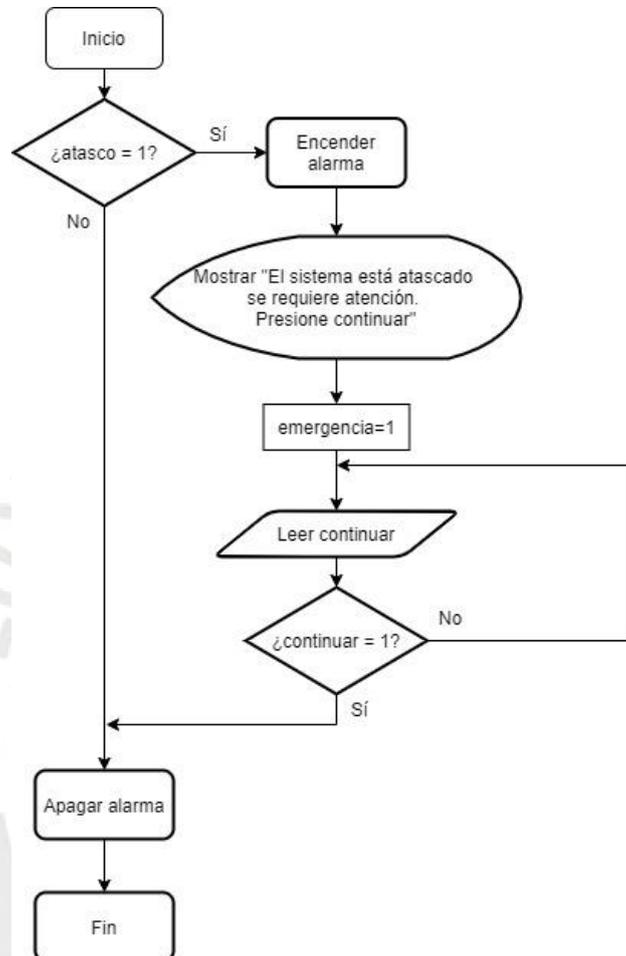
Función “Iniciar_proceso”



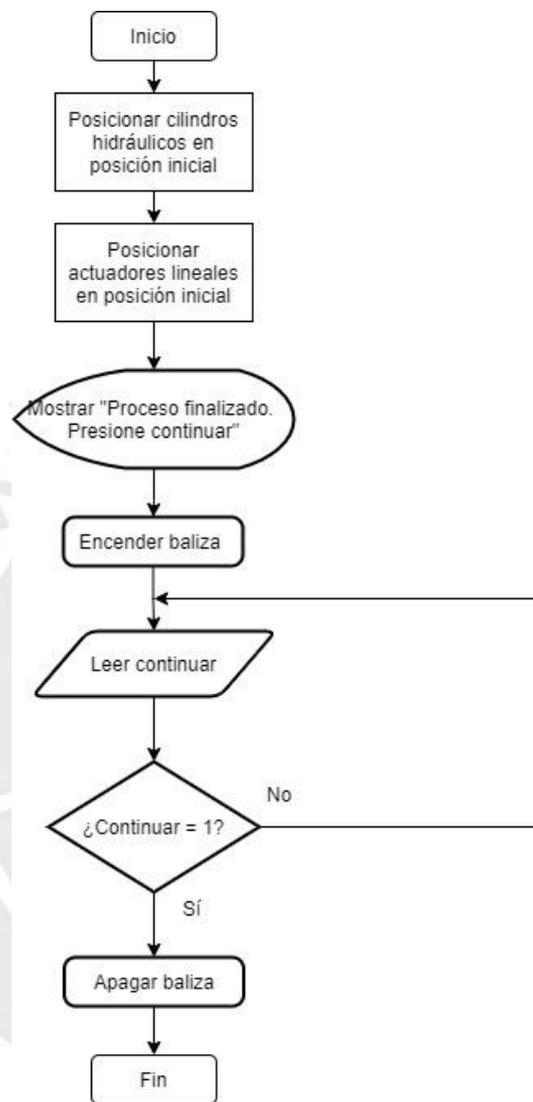
Función “Registrar ladrillo”



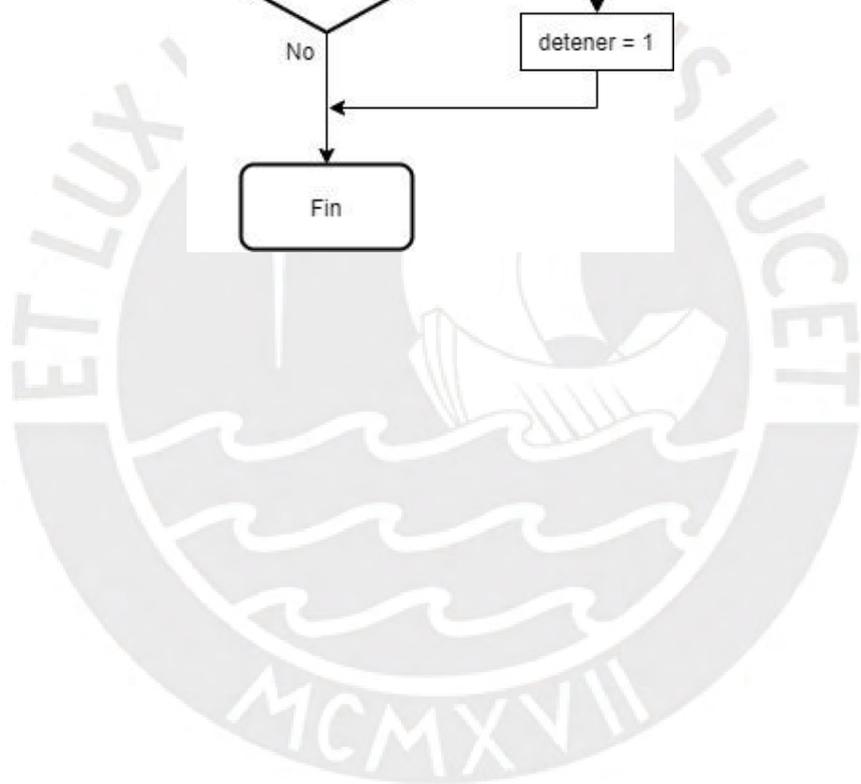
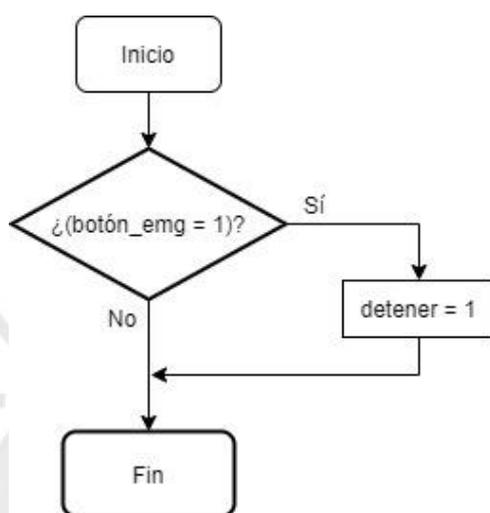
Función “Detectar emergencia”



Función “Regresar posición inicial”



Interrupción “Botón emergencia”



D. Precio de componentes

HMI y PLC



Nuevo

Kit Siemens S7 1200 Cpu 1212 Ac/dc/rly + Hmi Ktp400

S/ 1.700
en 12x S/ 141⁹⁷ sin interés
[Ver los medios de pago](#)

Envío gratis a todo el país
Callao, Callao
[Ver costos de envío](#)

¡Última disponible!

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Baliza eléctrica



Nuevo | 2 vendidos

Circulina Industrial 220 Vac Opalux Color Roja Con Sonido

S/ 59⁹⁹

Hasta 12 cuotas

[Más información](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Lima, Lima
[Ver costos de envío](#)

¡Última disponible!

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Relay

Inicio > Drivers > Relay estado sólido SSR-40 DA



RELAY ESTADO SÓLIDO SSR-40 DA



#ID: 425

El relay de estado sólido (SSR) permite controlar el encendido/apagado de equipos de corriente alterna como electrodomésticos. Puede ser activado con sistemas 5VDC como Arduino, PIC y también con sistemas de 3.3V, 12V y 24V DC.



S/ 28,00



Añadir Al Carrito

Código QR ~ Compartir ~

SKU: REL-SSR-40DA

A Lista De Deseos

Sensor de proximidad capacitivo

Inicio > Sensores > Proximidad > Sensor de proximidad capacitivo LJC18A3-H-Z/BX (NPN)



SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO LJC18A3-H-Z/BX (NPN)



#ID: 296

Sensor capacitivo te permite detectar objetos metálicos y no metálicos en un rango de hasta 10mm.



S/ 40,00



Añadir Al Carrito

Código QR ~ Compartir ~

SKU: SEN-CAP-LJC18A3-H-Z/BX

A Lista De Deseos

Sensor de proximidad inductivo

Inicio > Sensores > Proximidad > Sensor de proximidad inductivo LJ12A3-4-Z/BY (PNP-NO)



SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO LJ12A3-4-Z/BY (PNP-NO)



#ID: 589

Este sensor permite detectar la proximidad de objetos metálicos.



S/ 25,00



Añadir Al Carrito

Código QR Compartir

SKU: SEN-PROX-IND-12-PNP

A Lista De Deseos

Presostato

¡En oferta!



060-500366 - Presostato KPI 36, 4 a 12bar

Referencia 060-500366

✓ Disponible

300,00 PEN
Impuestos incluidos

KPI36 4 a 12bar



f

KPI presostato KPI36

Motor eléctrico



Nuevo | 7 vendidos

Motores Electricos 15hp Trifasico 4 Polos 1750rpm Glong Alco

S/ 1.650
en 12x S/ 137⁵⁰ sin interés
[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Lima, Lima
[Ver costos de envío](#)

¡Última disponible!

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida, recibe el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

12 meses de garantía de fábrica.

Válvula direccional eléctrica



4WE6J62/EG24N9K4 nuevo Rexroth 4WE6J6X/EG24N9K4
Válvula - ver título original

★★★★★ Sé el primero en [escribir una opinión](#).

Estado: **Nuevo**

Cantidad: Más de 10 disponibles
358 vendidos / [Ver votos](#)

USD90,00
Aproximadamente 73,85 EUR

[¡Cómpralo ya!](#)

[Añadir a la cesta](#)

[Hacer oferta](#)

[Añadir a la lista de seguimiento](#)

Satisfacción del comprador **100%** Más de 92% vendidos Cantidad limitada disponible

Envío: **USD20,00 (aprox. 16,41 EUR)** Expedited Shipping from China/Hong Kong/Taiwan to worldwide | [Ver detalles](#)
El envío internacional de artículos puede estar sujeto a trámites de aduana y tarifas adicionales.
Ubicación del artículo: Hong Kong, Hong Kong
Realiza envíos a: Todo el mundo [Ver exclusiones](#)

Entrega: Prevista entre el **lun. 21 jun.** y el **lun. 28 jun.**
El vendedor realiza el envío en un plazo de 4 días después de que [se haga efectivo el pago](#).
Ten en cuenta que los envíos internacionales sujetos a trámites aduaneros tardarán más en llegar.

Pagos:

Devoluciones: No se aceptan devoluciones | [Ver detalles](#)

Pasa el puntero del ratón sobre la imagen para ampliarla

[¿Quieres vender uno? Véndelo tú mismo](#)

Fuente de poder

Inicio > Fuentes y reguladores > Fuentes Switching > Fuente de alimentación conmutada AC/DC 120W 24V 5A



FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA AC/DC 120W 24V 5A



#ID: 829

Fuente 24V 5A ideal para proyectos de automatización industrial y doméstica



S/ 55,00



Añadir Al Carrito

Código QR Compartir

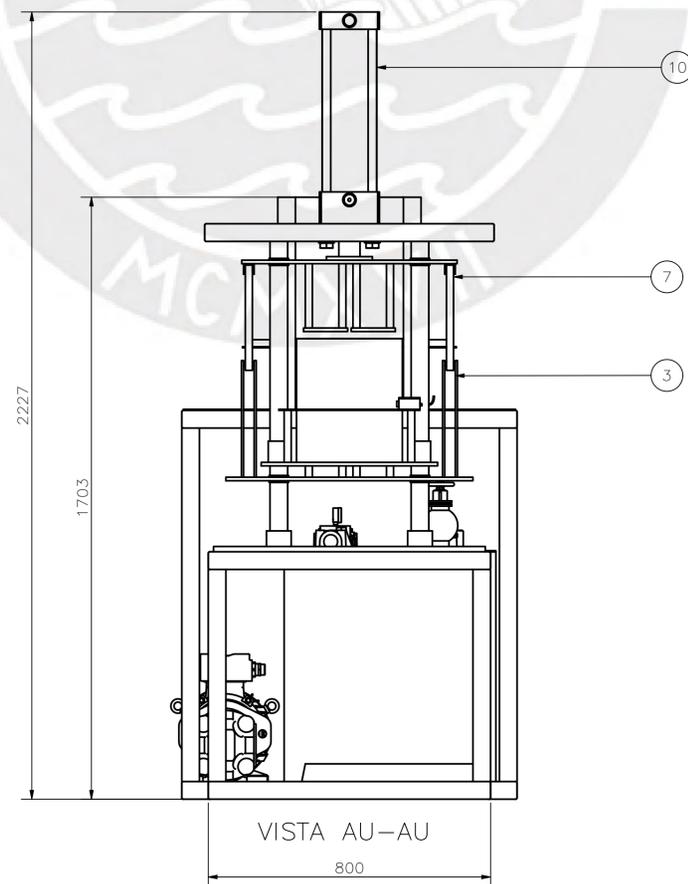
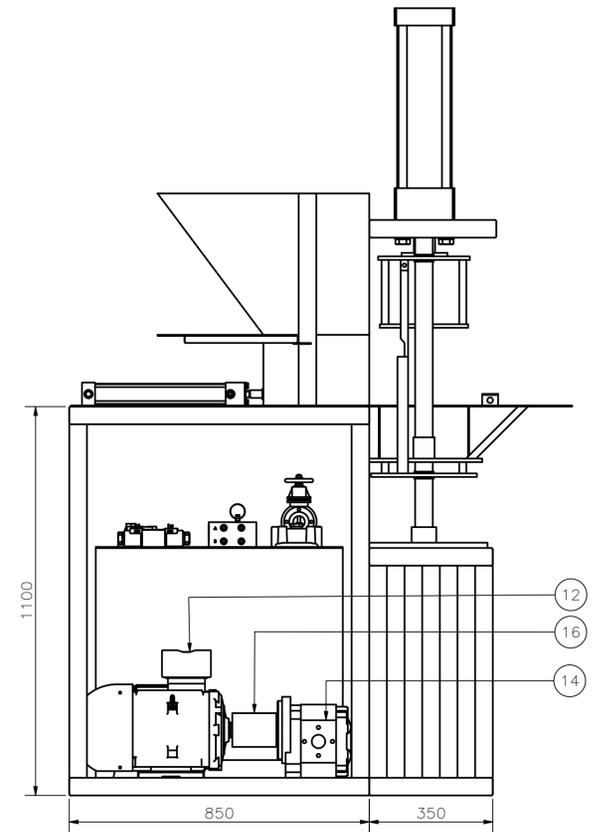
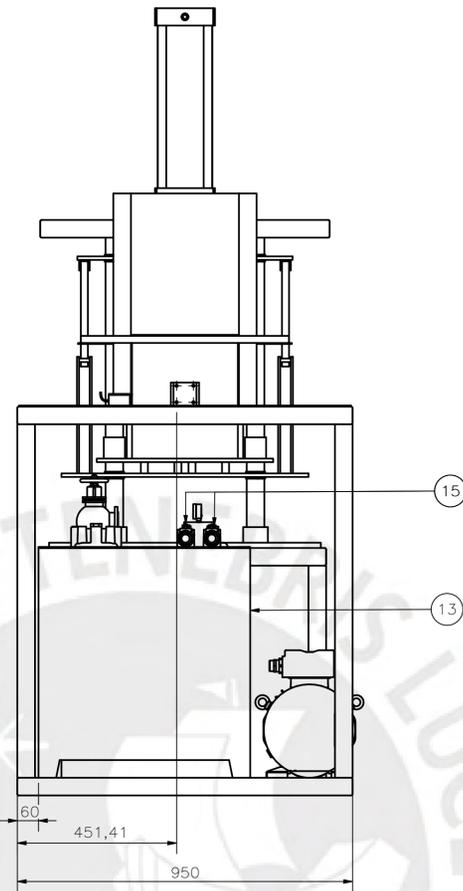
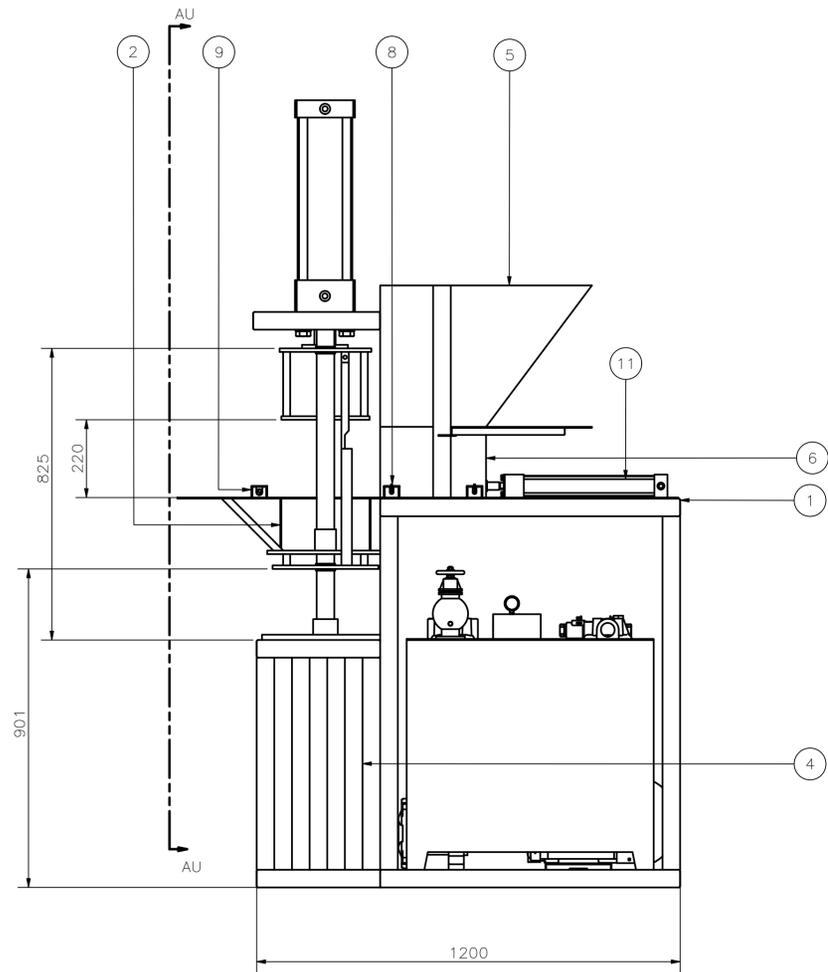
SKU: PWR-FC-DC24V-5A

A Lista De Deseos



E. Planos mecánicos





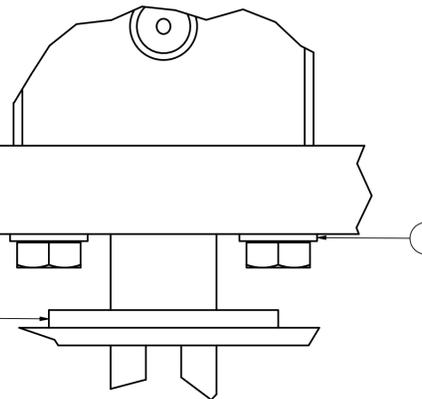
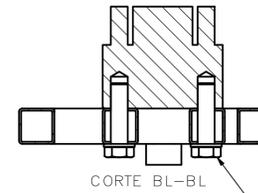
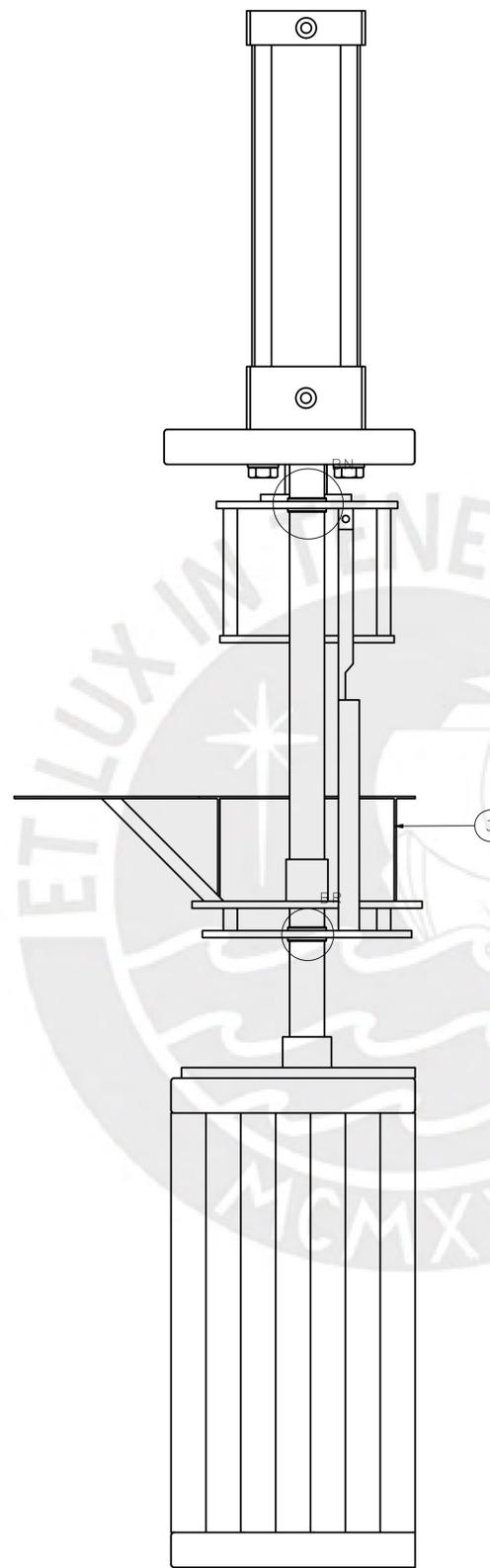
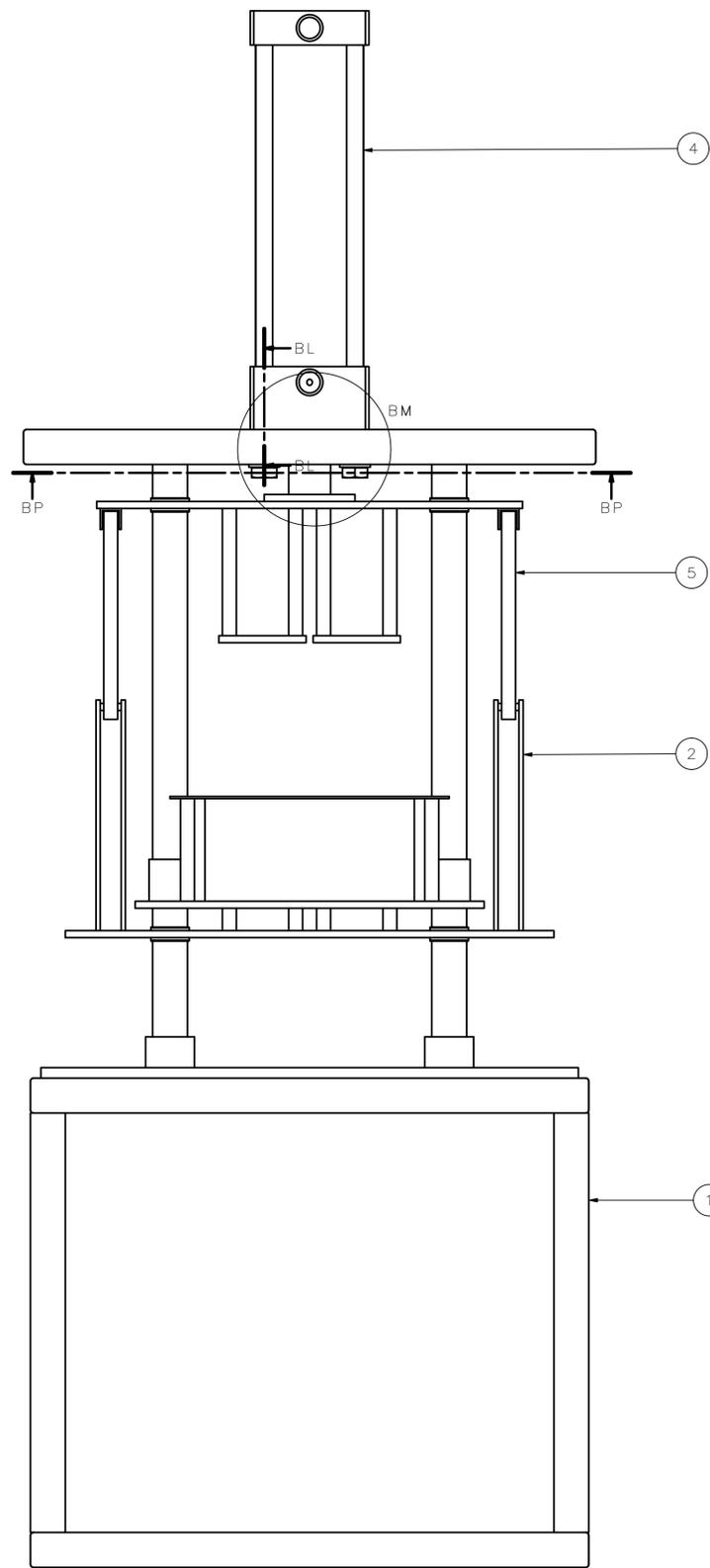
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
16	1	ACOPLE MOTOR BOMBA		SOX RUBBER	
15	2	VALVULA DIRECCIONAL 4/3		VARIOS	4WE6
14	1	BOMBA DE ENGRANAJES		VARIOS	PL.20-31,5
13	1	UNIDAD DE PRESIÓN HIDRÁULICA		VARIOS	
12	1	MOTOR ELÉCTRICO AC 15 HP		VARIOS	TRIFASICO 4 POLOS 1750 RPM
11	1	CILINDRO HIDRÁULICO DE LLENADO 40x20x310			
10	1	CILINDRO HIDRÁULICO DE PRESANDO 125x63x350			
9	1	RECIPIENTE CON SENSOR CAPACITIVO	ASTM A430		P_018_A2, P_019_A3
8	2	RECIPIENTE CON SENSOR INDUCTIVO	ASTM A430		P_016_A2, P_017_A2
7	1	PORTE SUPERIOR DE PRESANDO	ASTM A430		P_011_A1
6	1	CAJON DE LLENADO	ASTM A430		P_005_A1
5	1	TOLVA	ASTM A430		P_006_A2
4	1	BASE 2	ASTM A430		P_008_A2
3	1	BASE DE PRESANDO	ASTM A430		P_010_A1
2	1	MOLDE	ASTM A430		P_009_A2
1	1	BASE	ASTM A430		P_007_A1

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

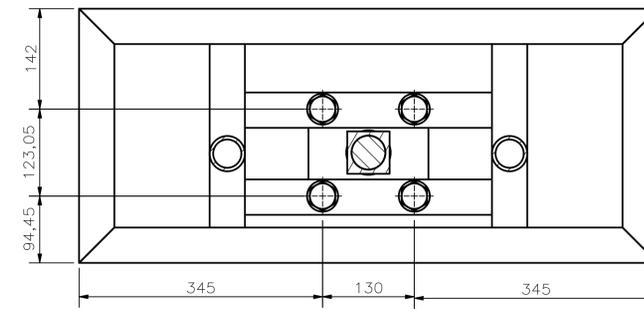
TRABAJO DE FIN CARRERA 2

METODO DE PROYECCIÓN: ESCALA: 1:10

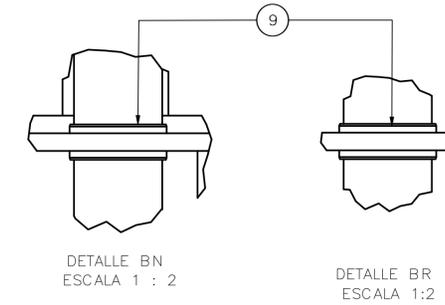
20162115 RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS FECHA: 2021.06.10
LÁMINA: P_001_A1



DETALLE BM
ESCALA 1:2

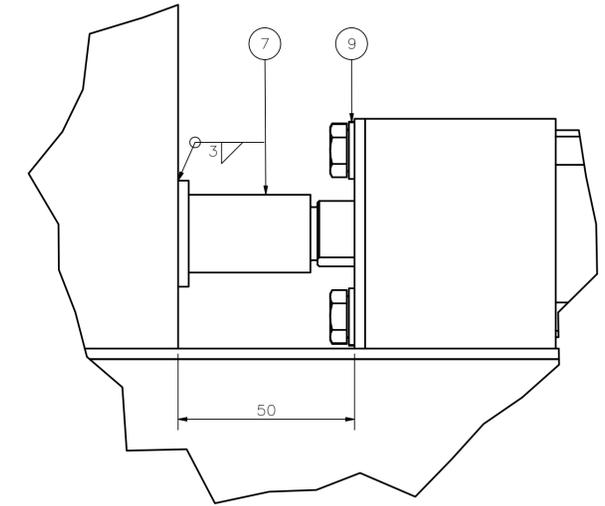
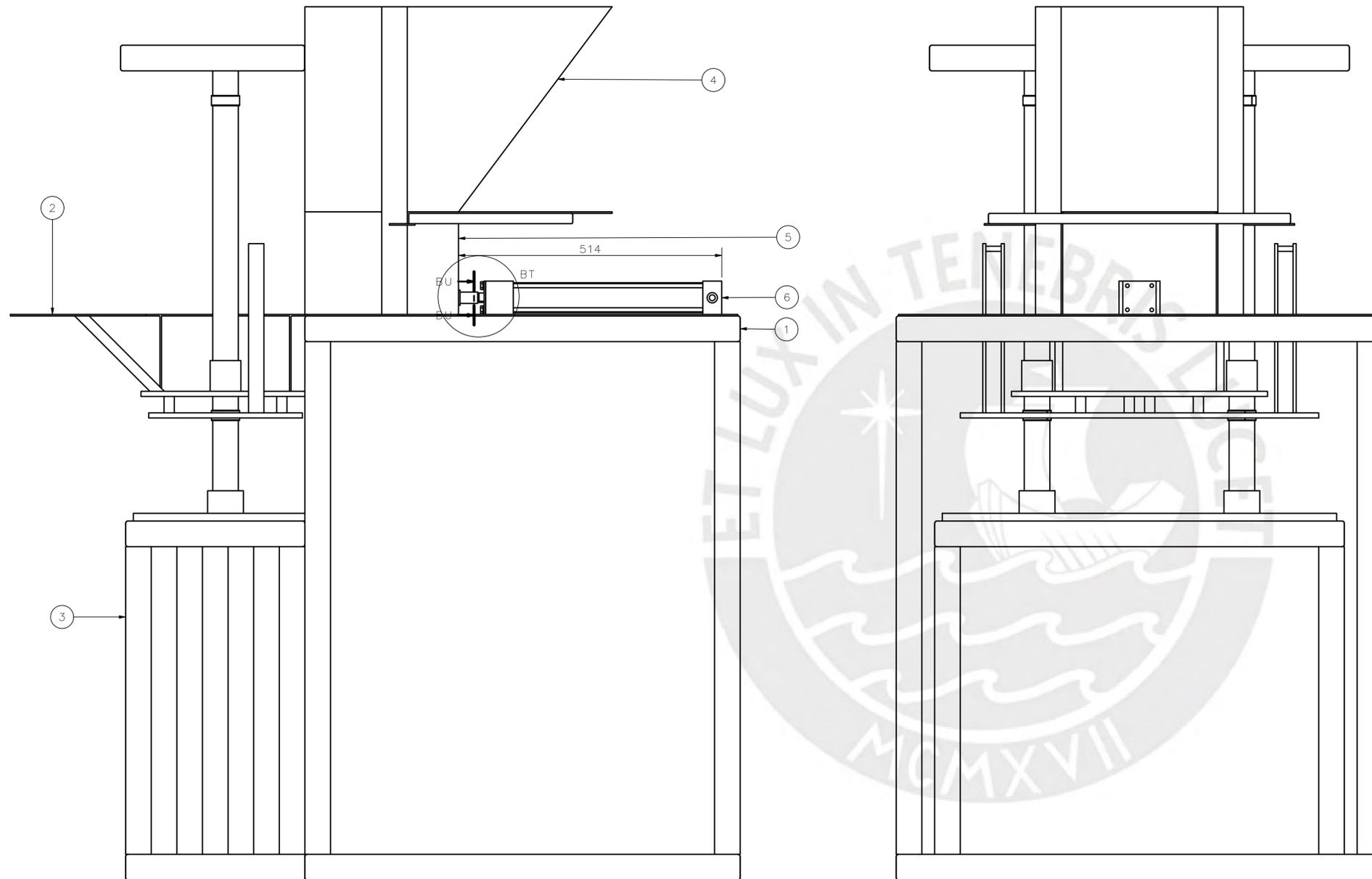


CORTE BP-BP

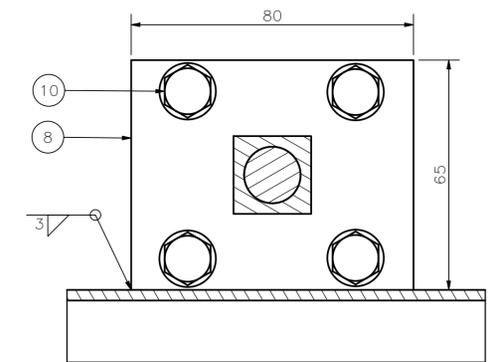


PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
9	4	COJINETE DE FRICCIÓN SKF		MATERIAL COMPUESTO DE PTFE	
8	1	BRIDA DE CILINDRO DE PRENSADO		ASTM A430	P_020_A3
7	4	TORNILLO HEXAGONAL M24 x 90	ISO 4017	Stainless Steel, 440C	
6	4	ARANDELA PLANA A24	ISO 7089	Stainless Steel	
5	1	PORTE SUPERIOR DE PRENSADO		ASTM A430	P_011_A1
4	1	CILINDRO HIDRAULICO DE PRENSADO 125x63x350			
3	1	MOLDE		ASTM A430	P_009_A2
2	2	BASE DE PRENSADO		ASTM A430	P_010_A1
1	1	BASE 2		ASTM A430	P_008_A2

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	SUBSISTEMA DE SOPORTE	ESCALA 1:5
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2023.07.21 LÁMINA: P_002_A1



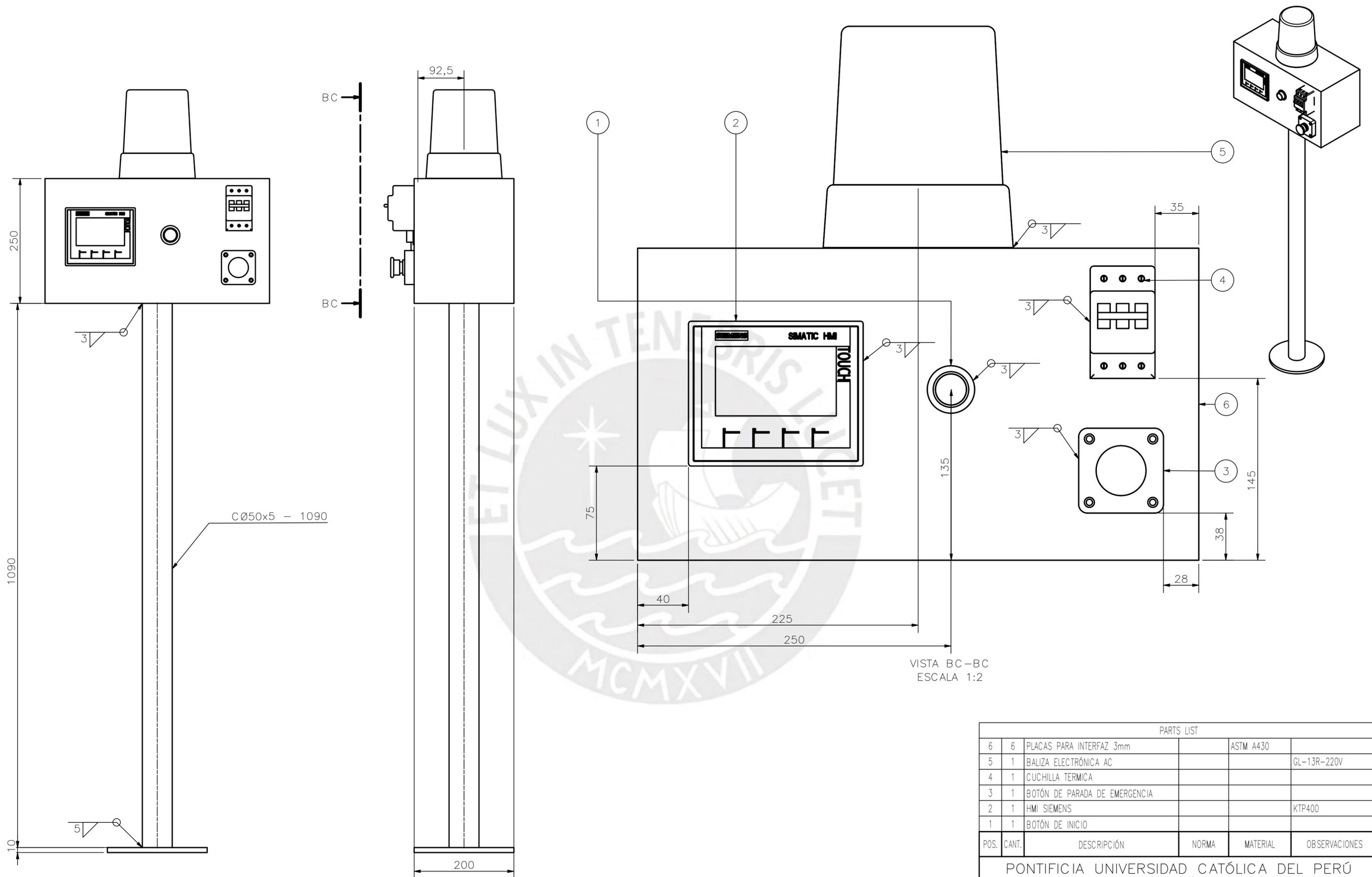
DETALLE BT
ESCALA 1 : 1



CORTE BU-BU
ESCALA 1 : 1

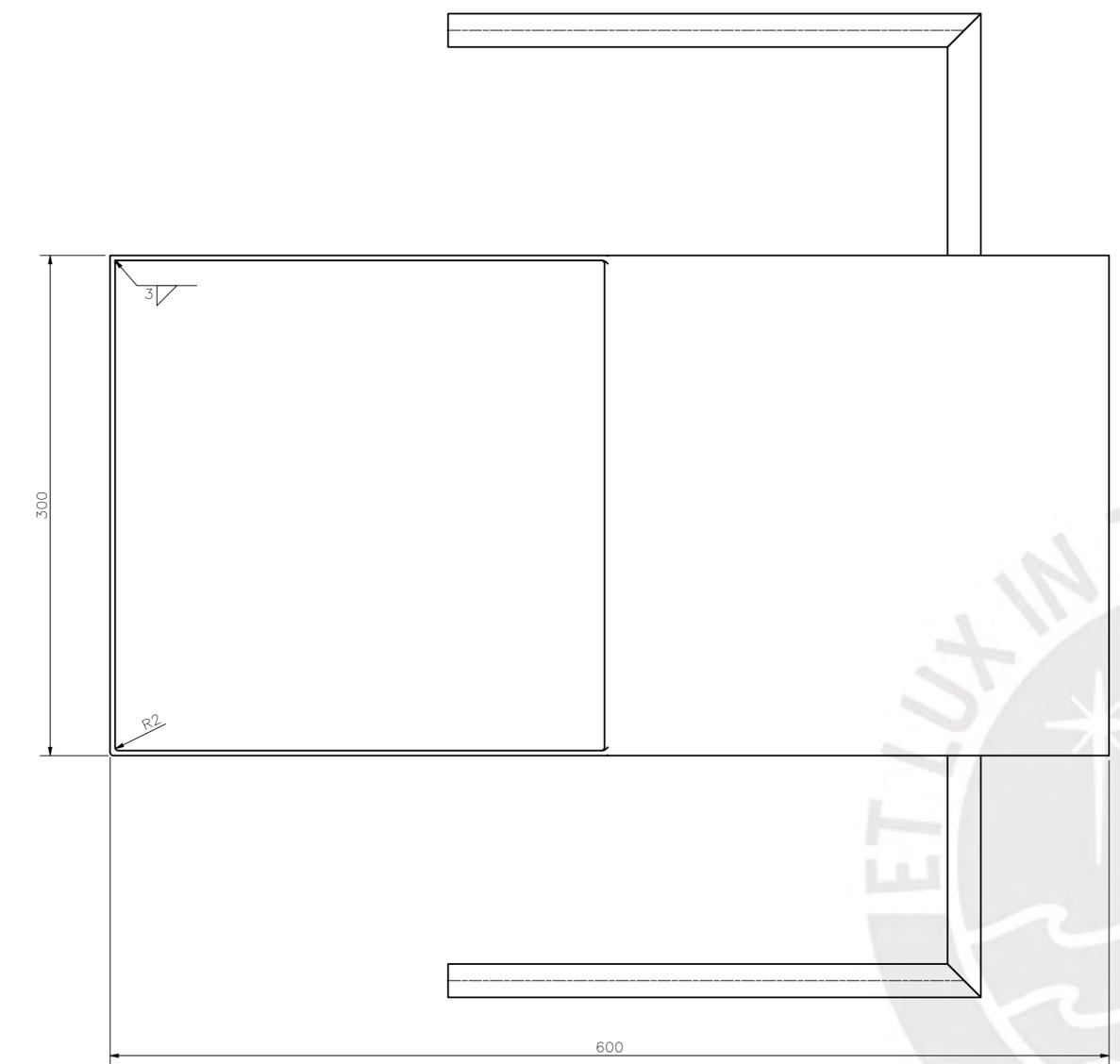
PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
10	4	TORNILLO HEXAGONAL M8 x 20	ISO 4017	Stainless Steel, 440C	
9	4	ARANDELA PLANA A8	ISO 7089	Stainless Steel	
8	1	PLANCHA PARA TORNILLOS DE CILINDRO		ASTM A430	
7	1	BRIDA DE CILINDRO DE LLENADO		ASTM A430	P_021_A2
6	1	CILINDRO HIDRAULICO DE LLENADO 40x20x310			
5	1	CAJON DE LLENADO		ASTM A430	P_005_A1
4	1	TOLVA		ASTM A430	P_006_A2
3	1	BASE 2		ASTM A430	P_008_A2
2	1	MOLDE		ASTM A430	P_009_A2
1	1	BASE		ASTM A430	P_007_A1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	SUBSISTEMA DE LLENADO	ESCALA 1:5
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2023.07.21 LÁMINA: P_003_A1

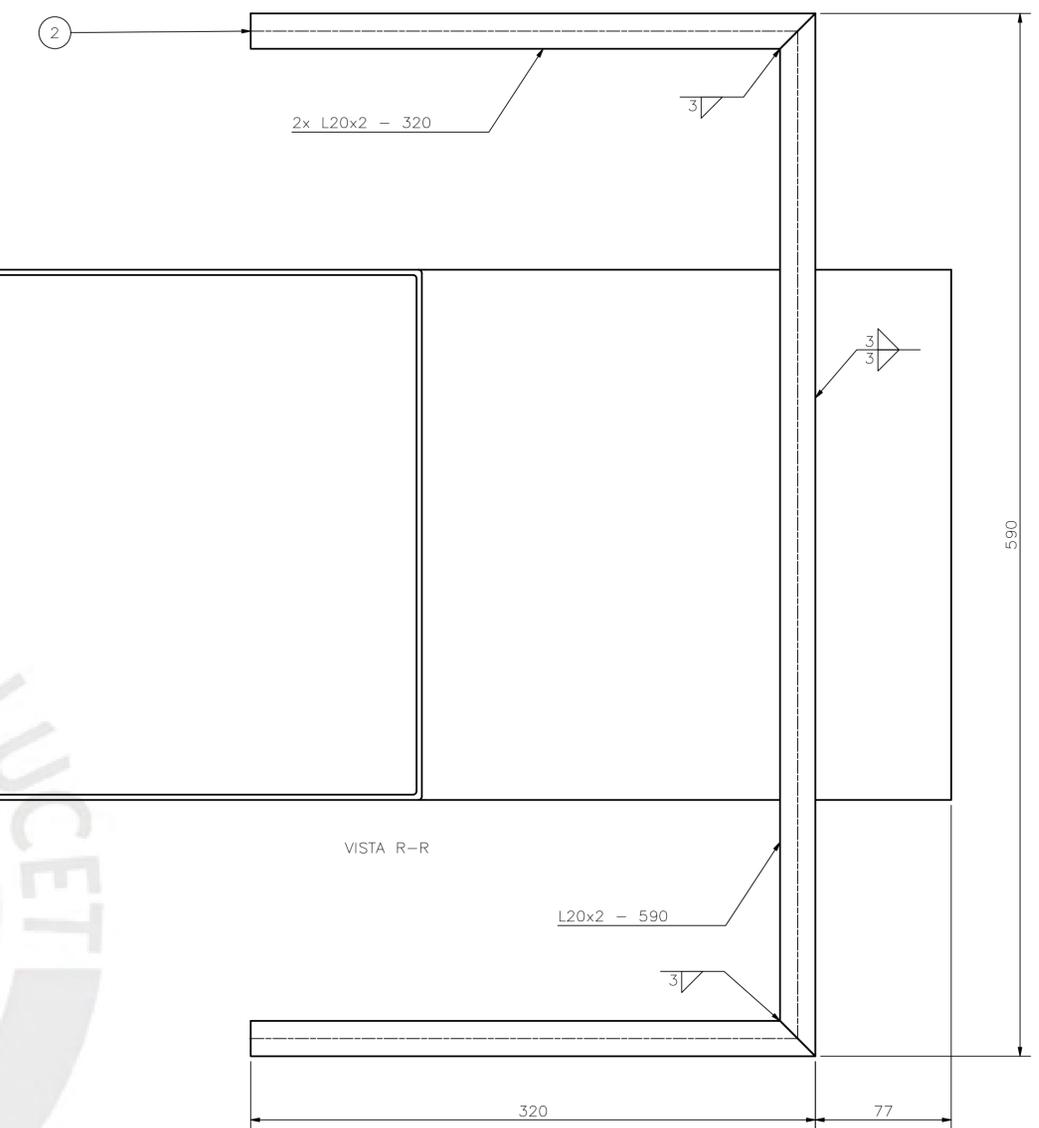
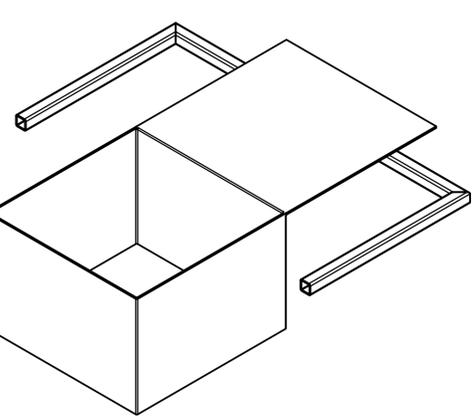
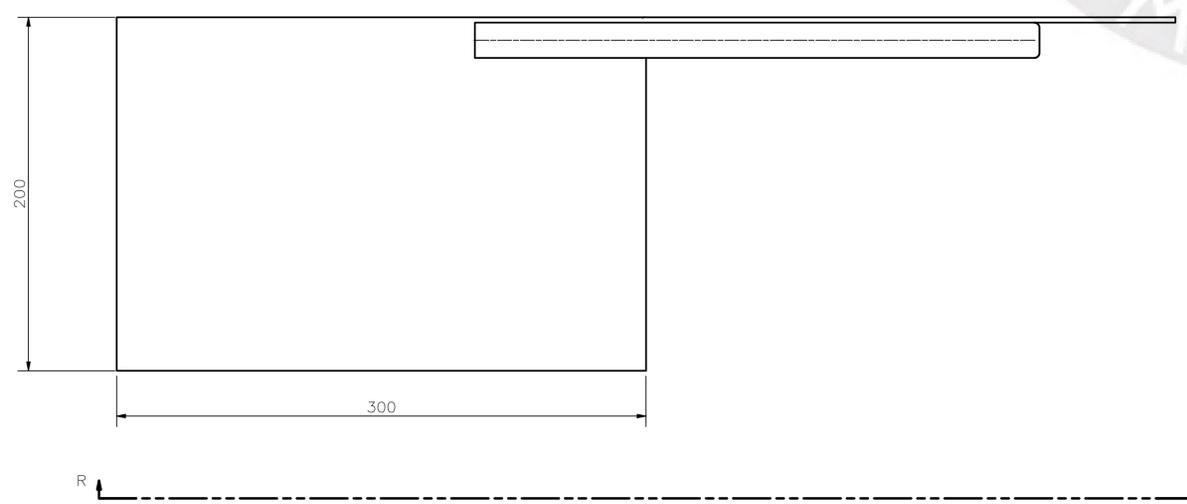


VISTA BC-BC
ESCALA 1:2

PARTS LIST					
6	6	PLACAS PARA INTERFAZ 3mm		ASTM A430	
5	1	BALIZA ELECTRÓNICA AC			GL-13R-220V
4	1	CUCHILLA TERMICA			
3	1	BOTÓN DE PARADA DE EMERGENCIA			
2	1	HMI SIEMENS			KTP400
1	1	BOTÓN DE INICIO			
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		INTERFAZ DE USUARIO			ESCALA
					1:5
20162115		RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS			FECHA: 2021.06.05
					LÁMINA: P_004_A2



ESPESOR 3mm

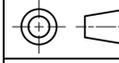


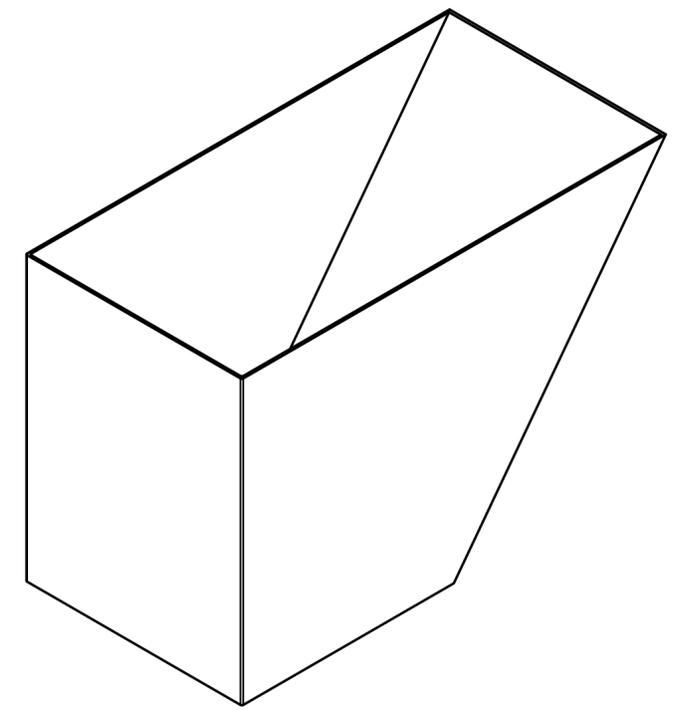
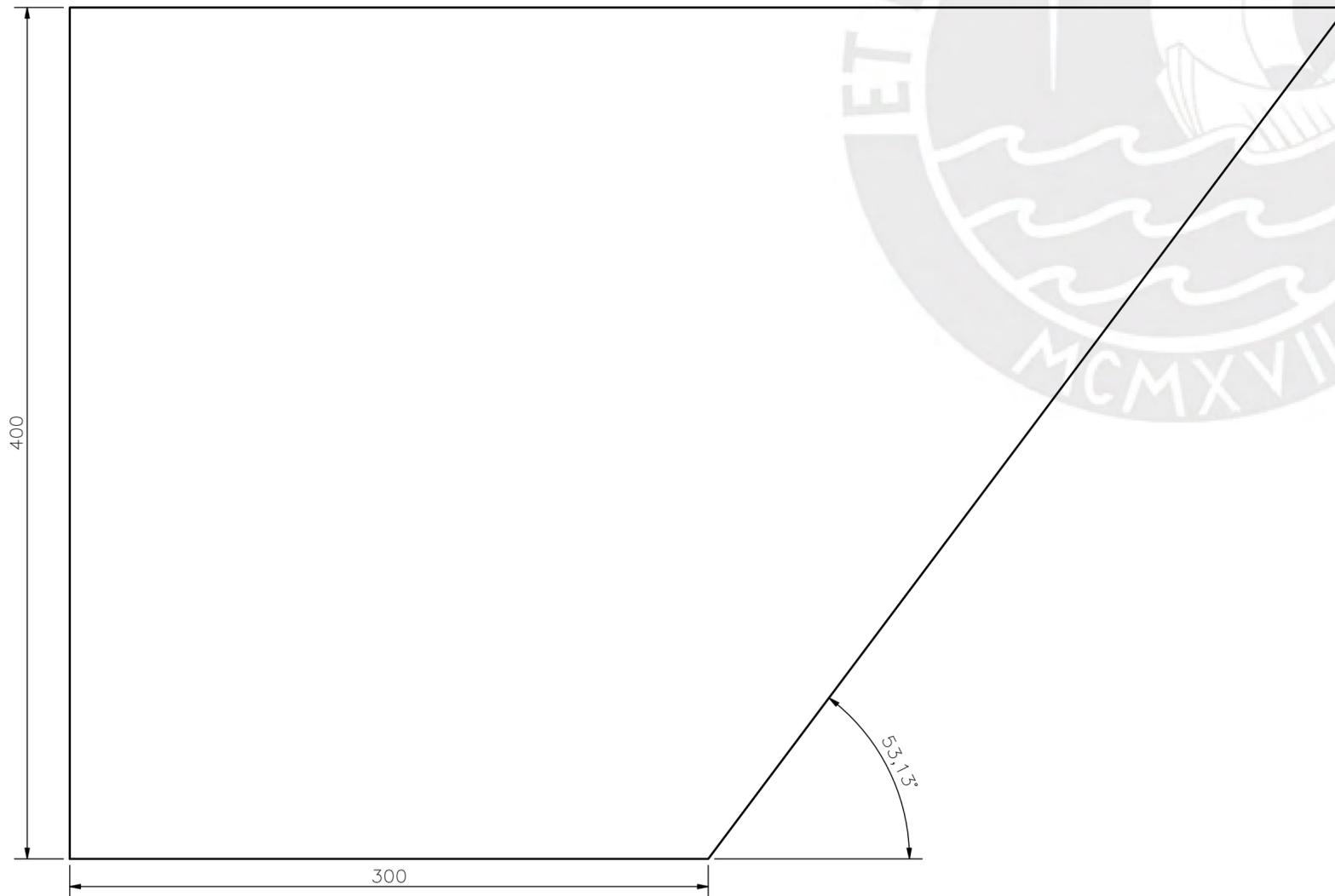
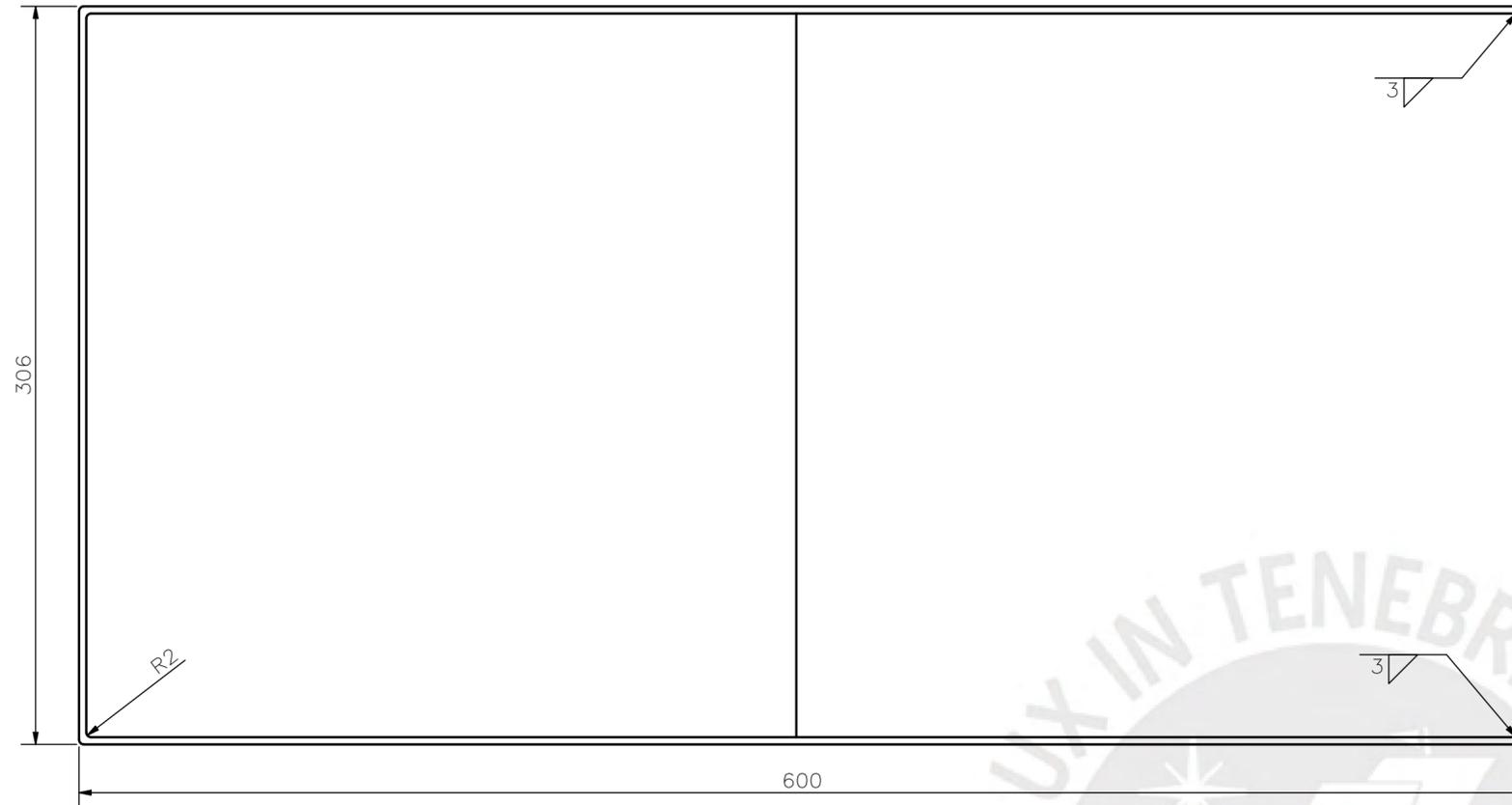
VISTA R-R

L20x2 - 590

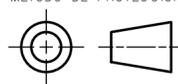
320

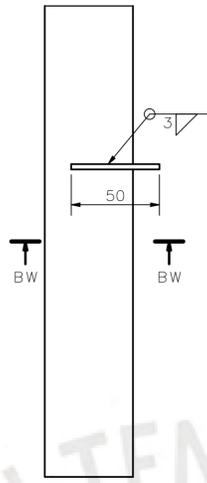
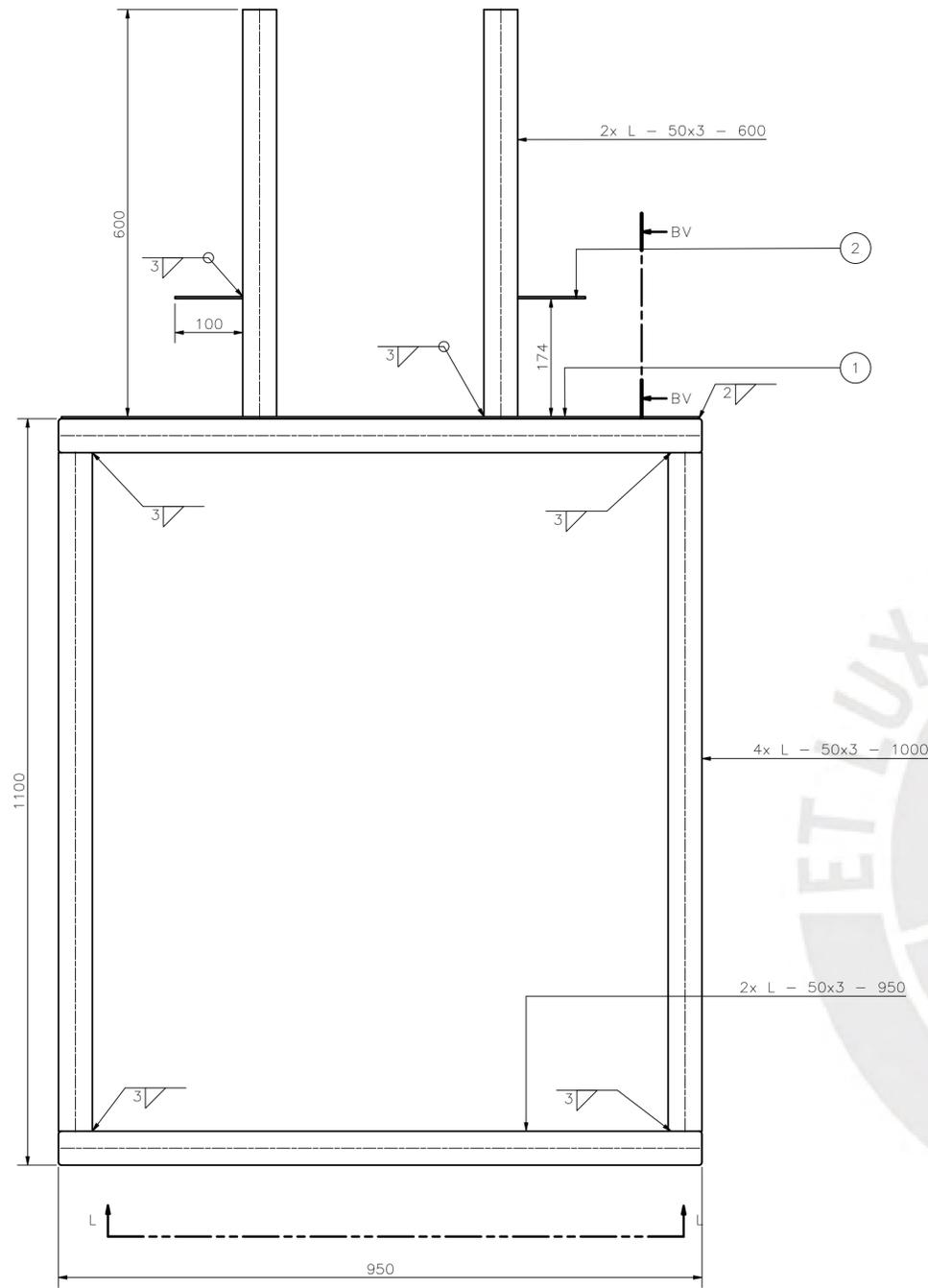
77

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	CAJON DE LLENADO DE MOLDE	ESCALA 1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.09
		LÁMINA: P_005_A1

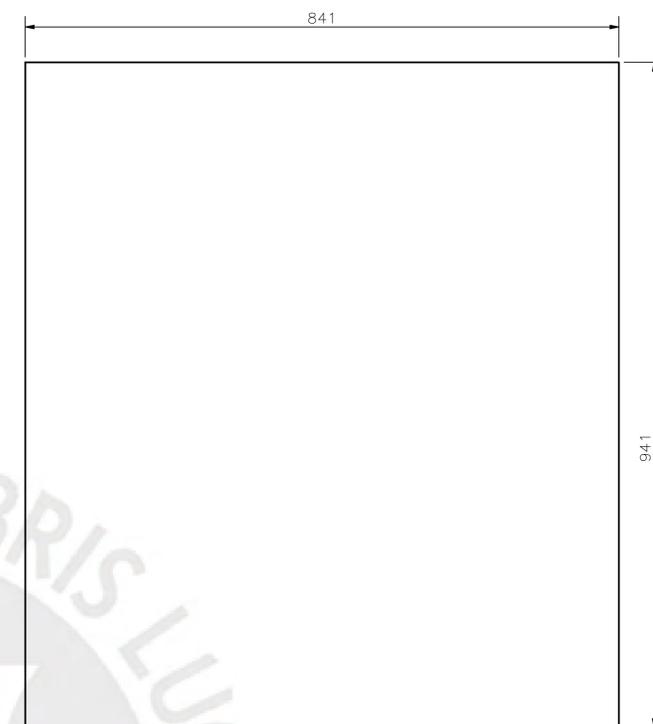


ESPESOR 3mm

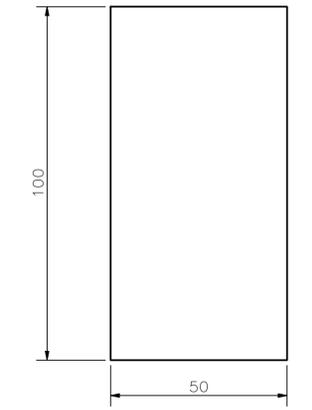
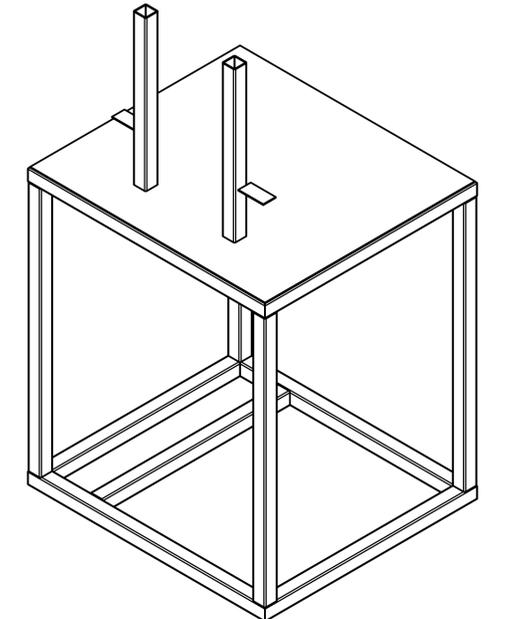
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TOLVA	ESCALA 1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.07
		LÁMINA: P_006_A2



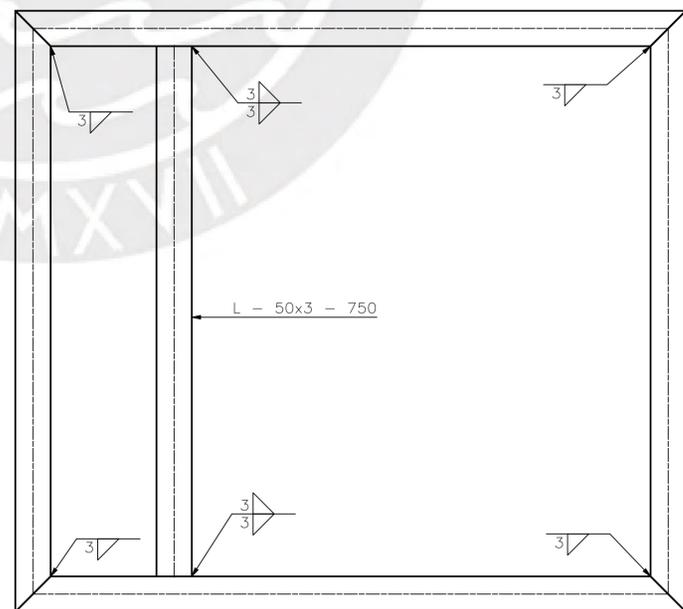
CORTE BV-BV
ESCALA 1:2



PLANCHA
ESPESOR 3mm

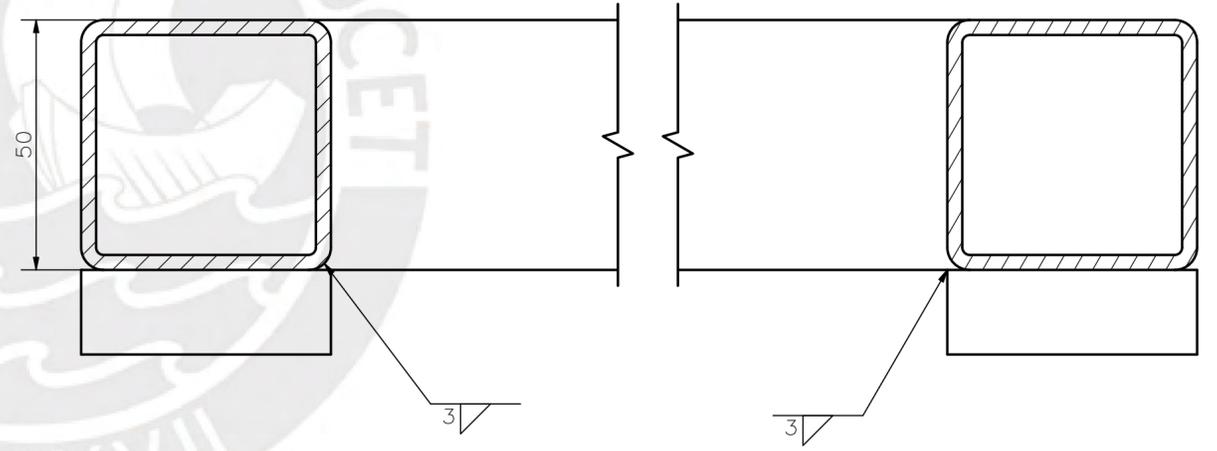
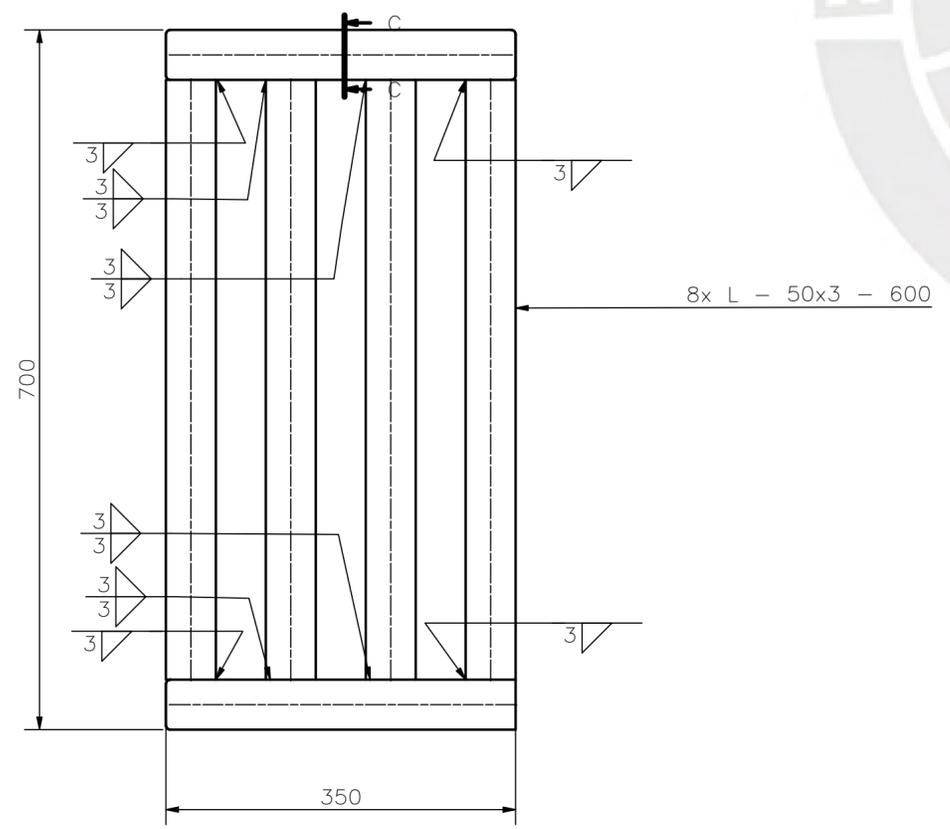
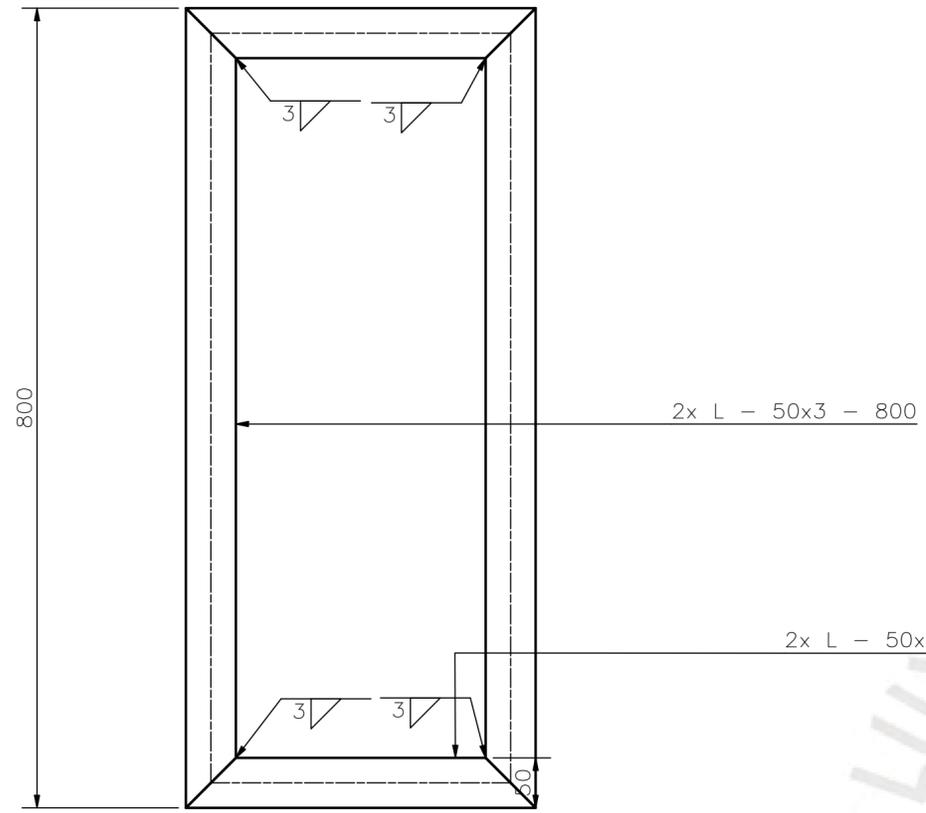
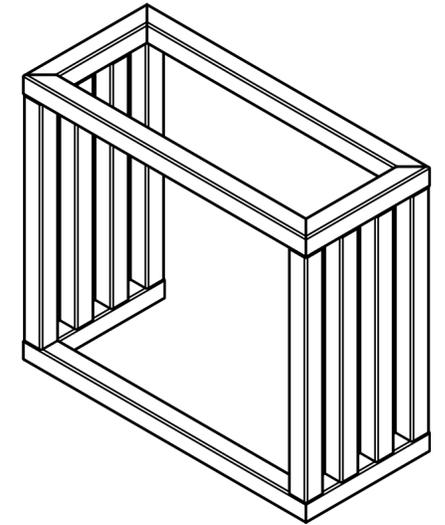


SOPORTE TUBO_CAJA
CORTE BW-BW

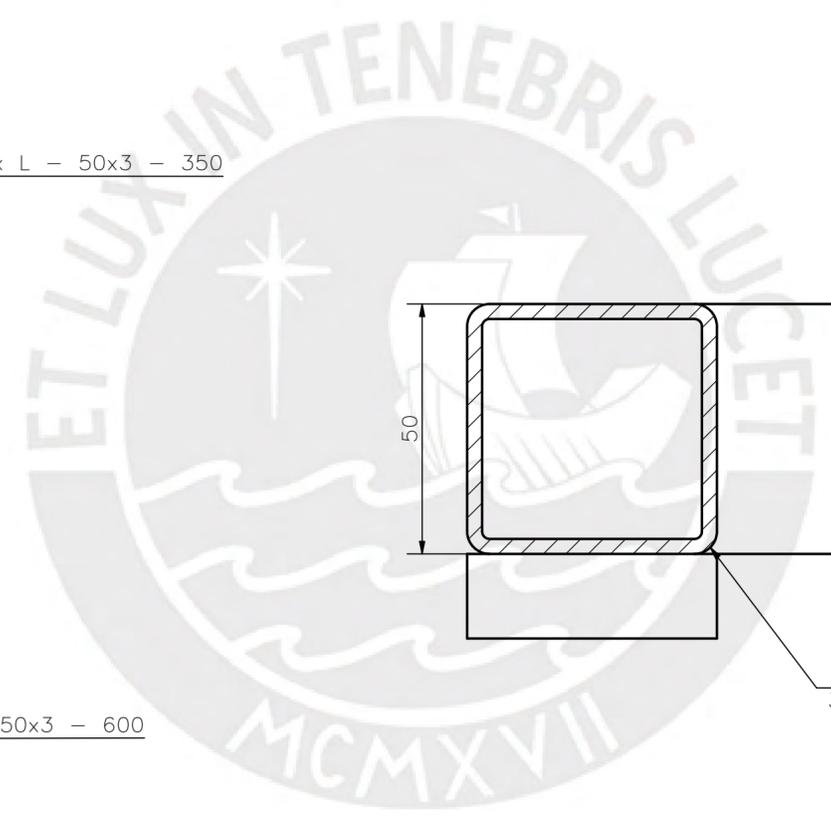


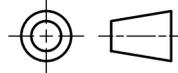
VISTA L-L

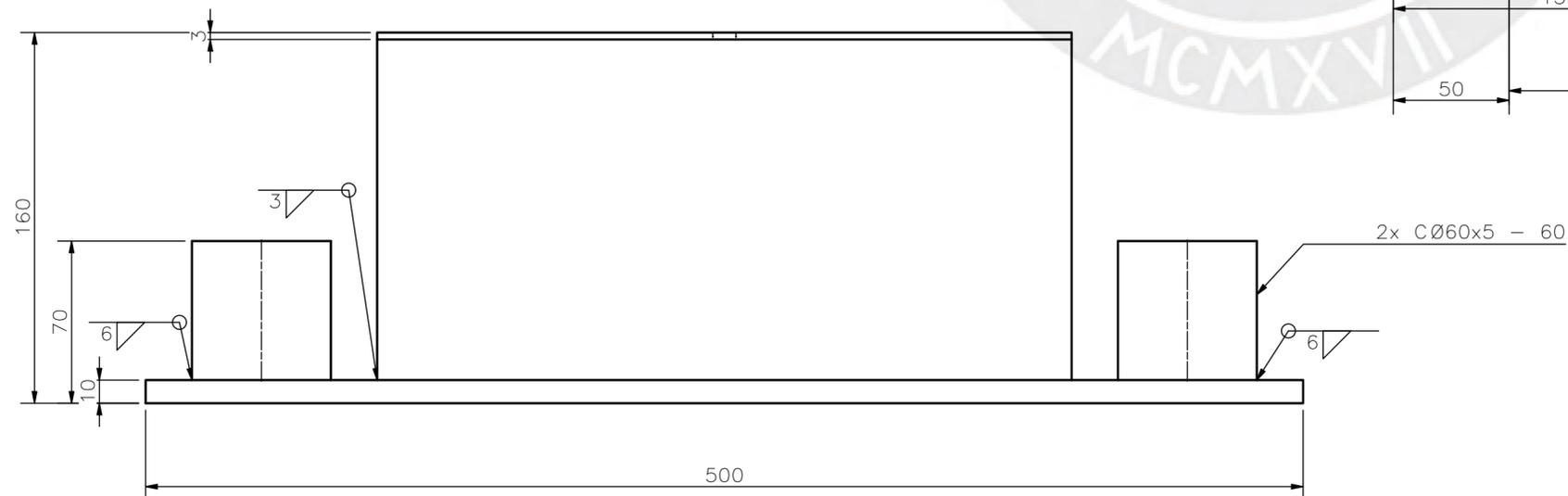
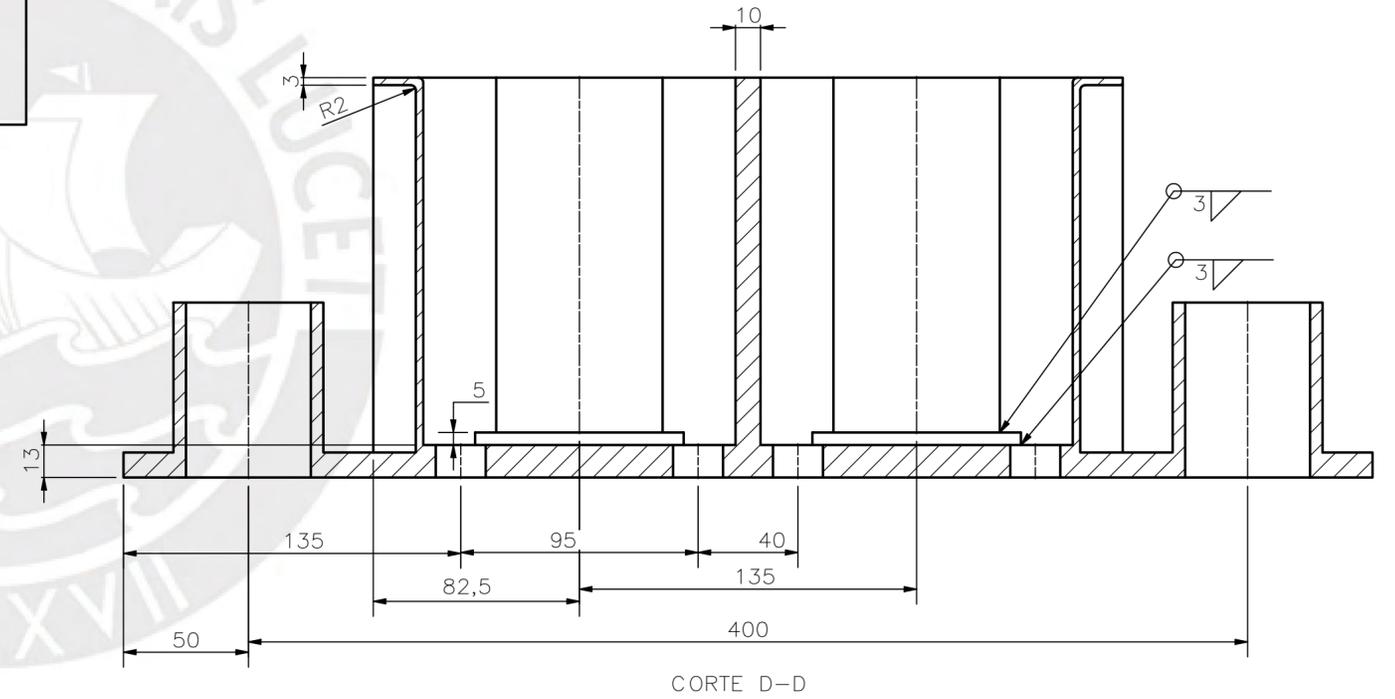
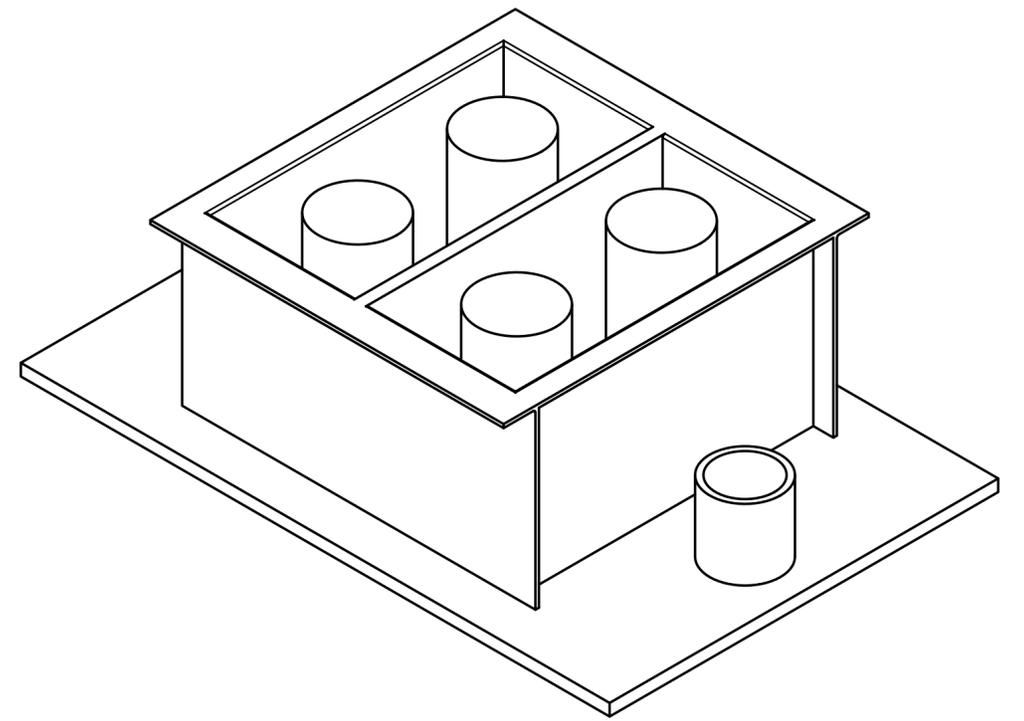
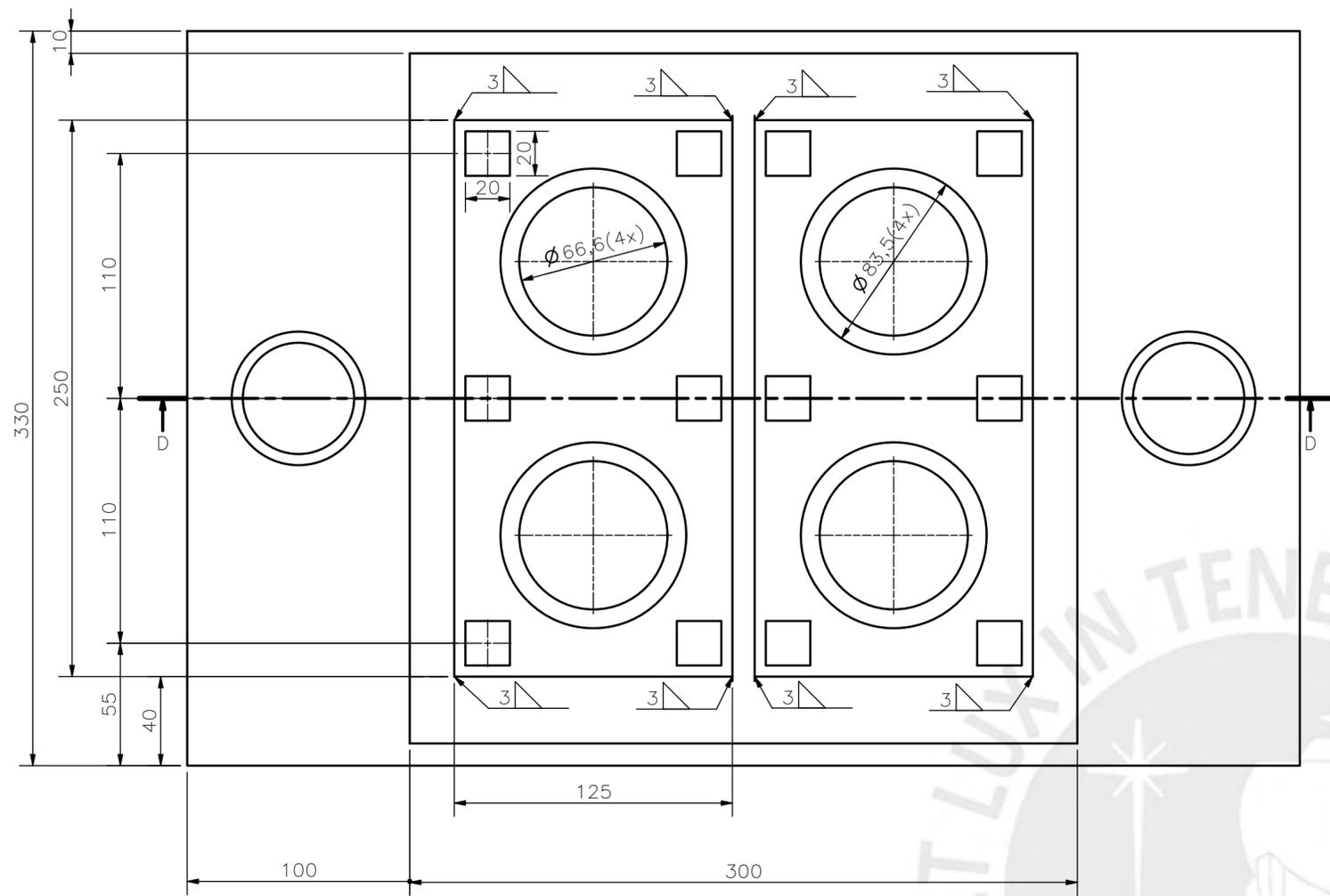
PARTS LIST			
2	2	SOPORTE TUBO_CAJA	ASTM A430
1	1	PLANCHA 3mm	ASTM A430
ACABADO SUPERFICIAL		TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA			
MÉTODO DE PROYECCIÓN	BASE		ESCALA 1:5
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS		FECHA: 2021.05.02 LÁMINA: P_007_A1

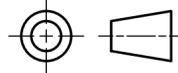


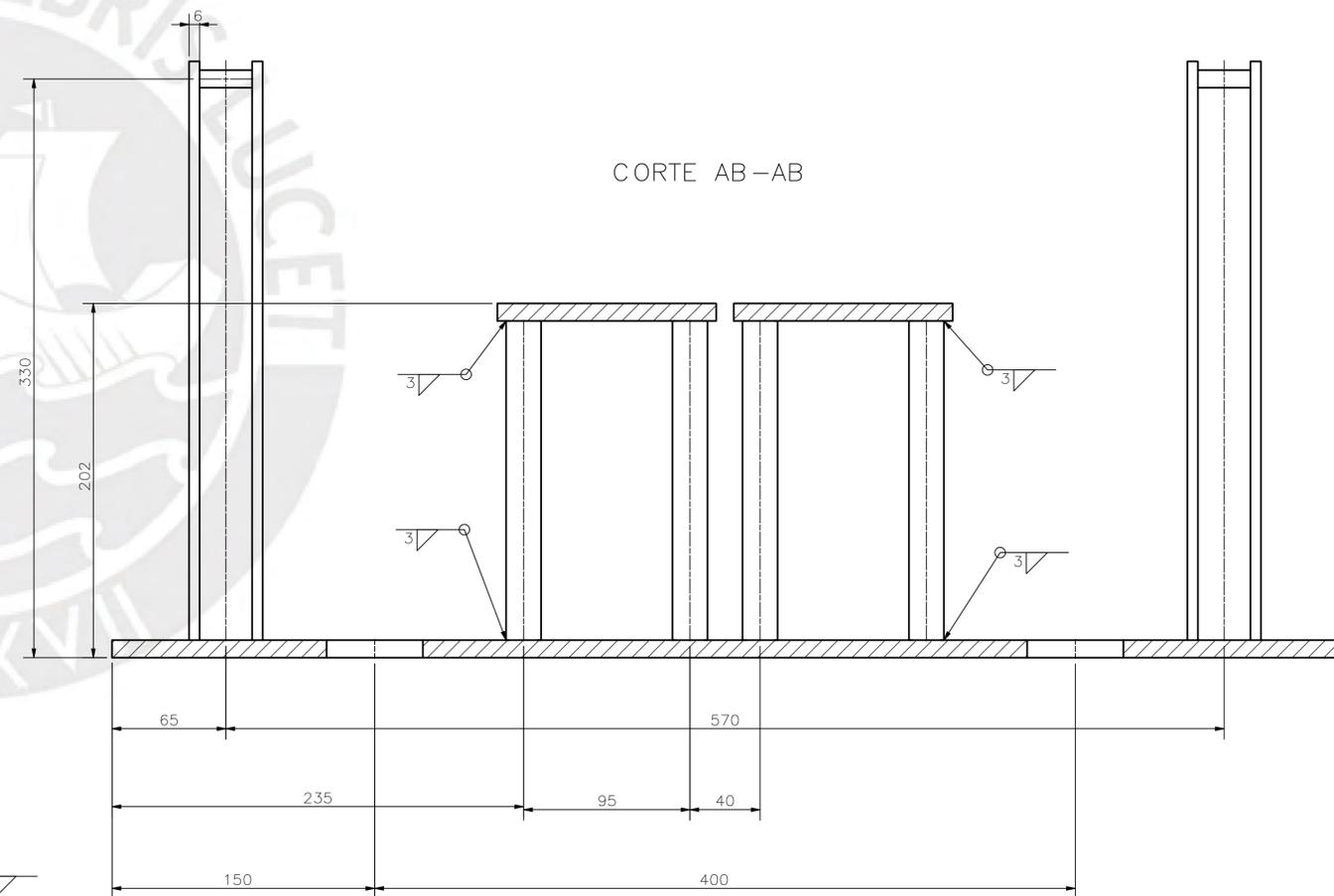
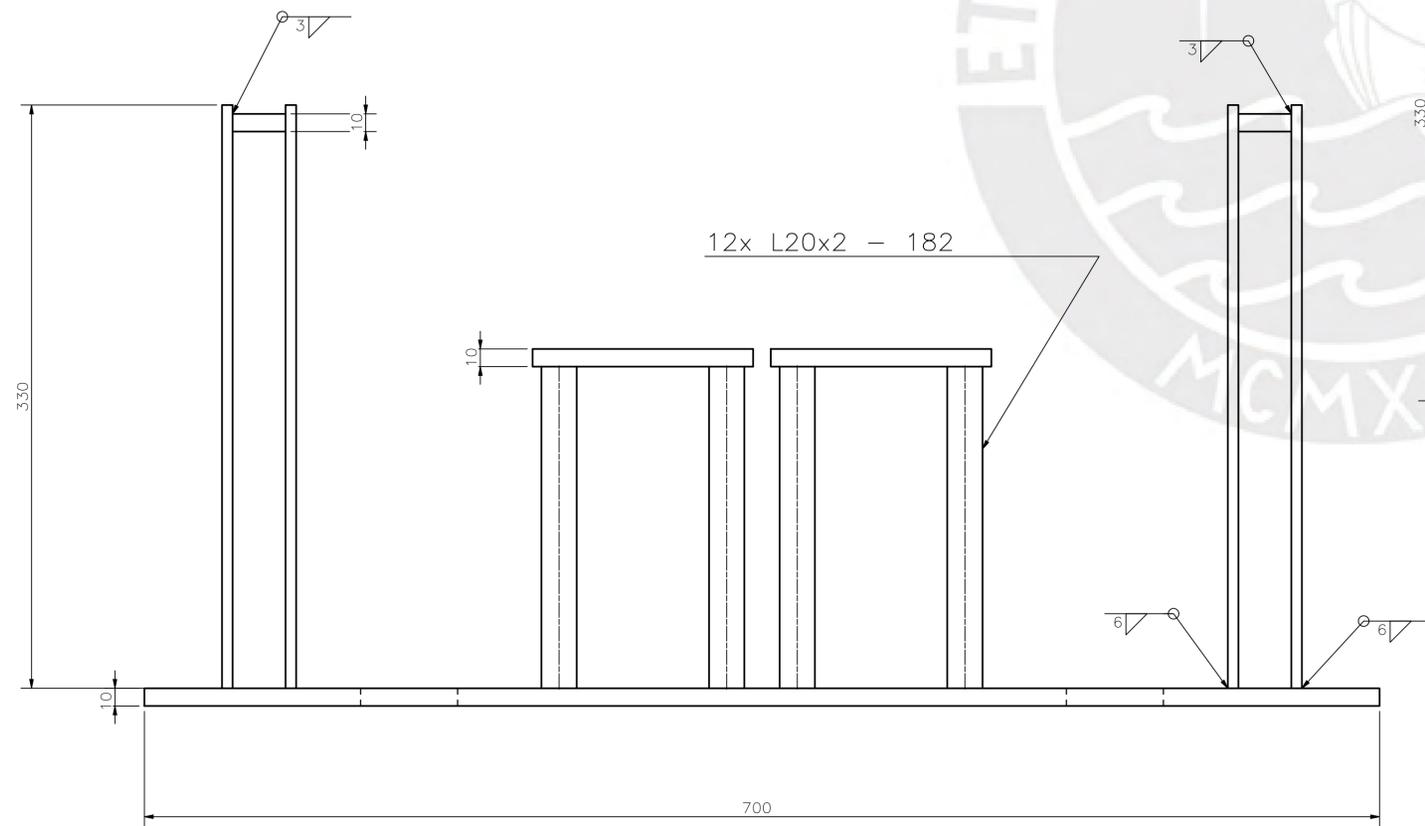
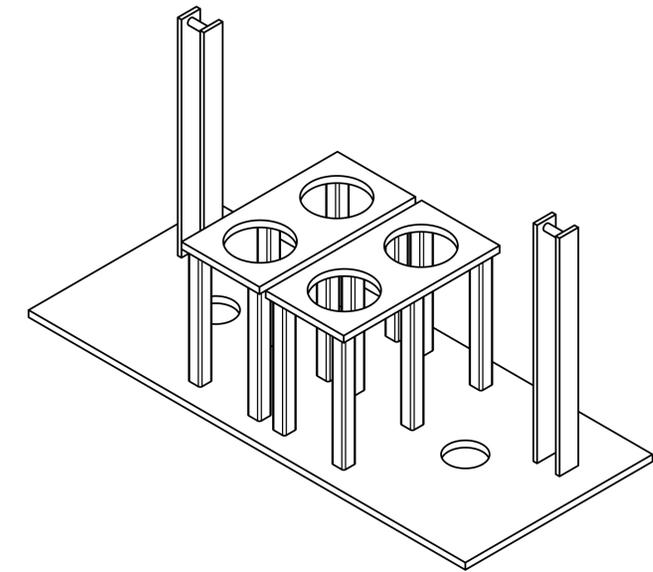
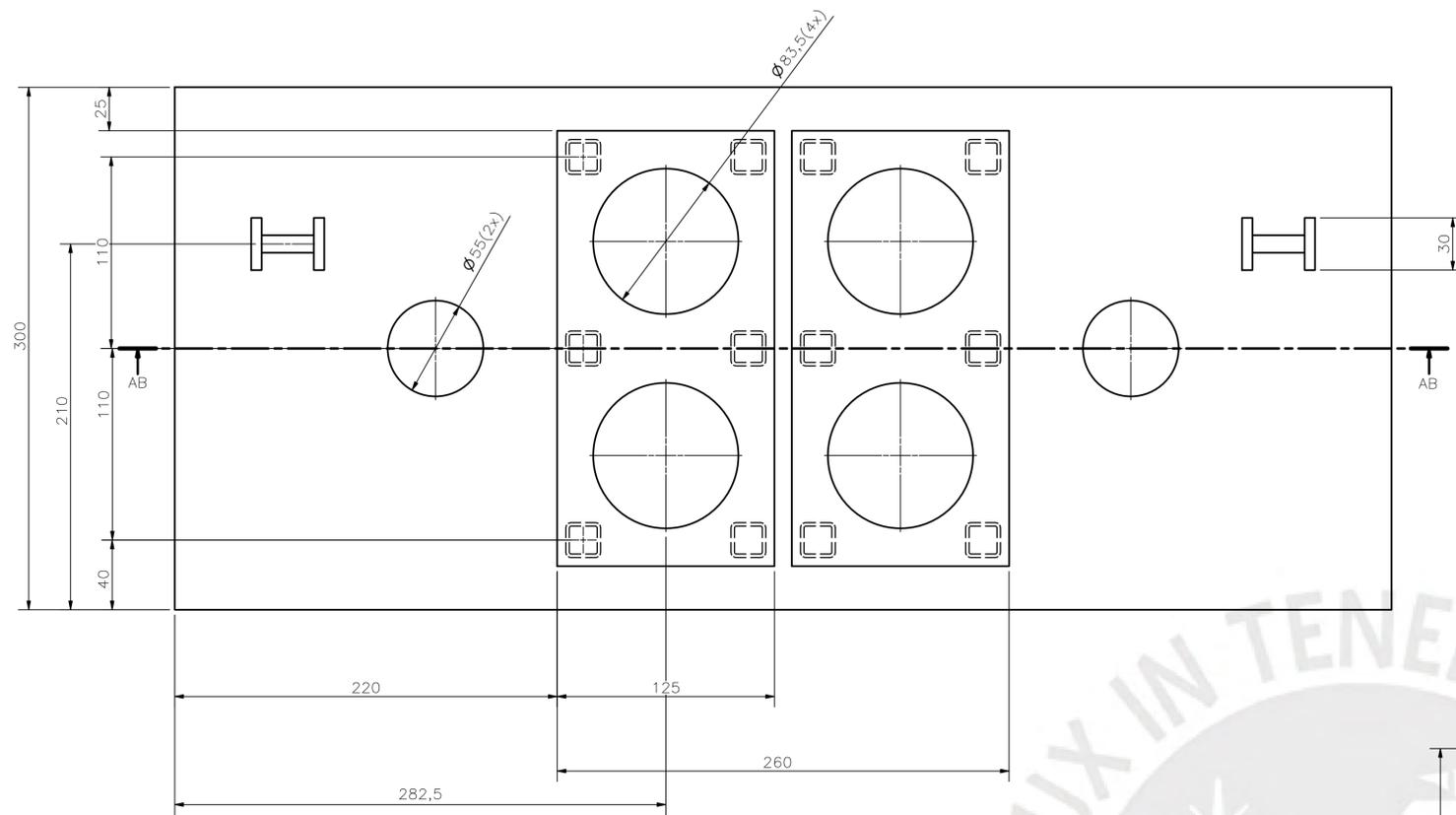
CORTE C-C
ESCALA 1:1



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BASE 2	ESCALA 1:5
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.02
		LÁMINA: P_008_A2

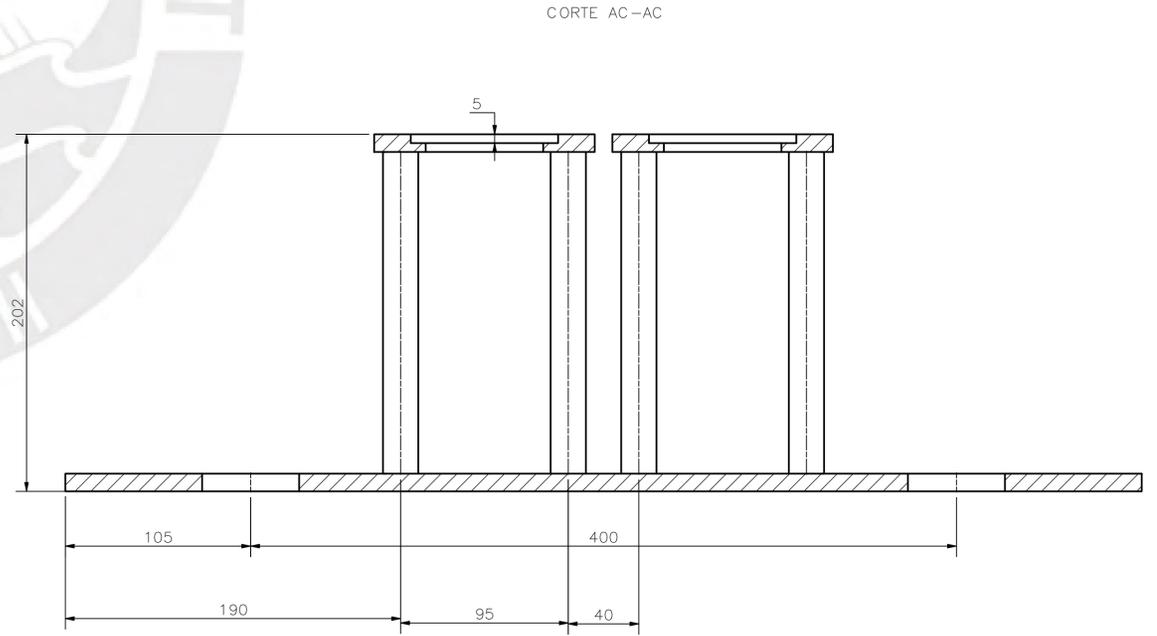
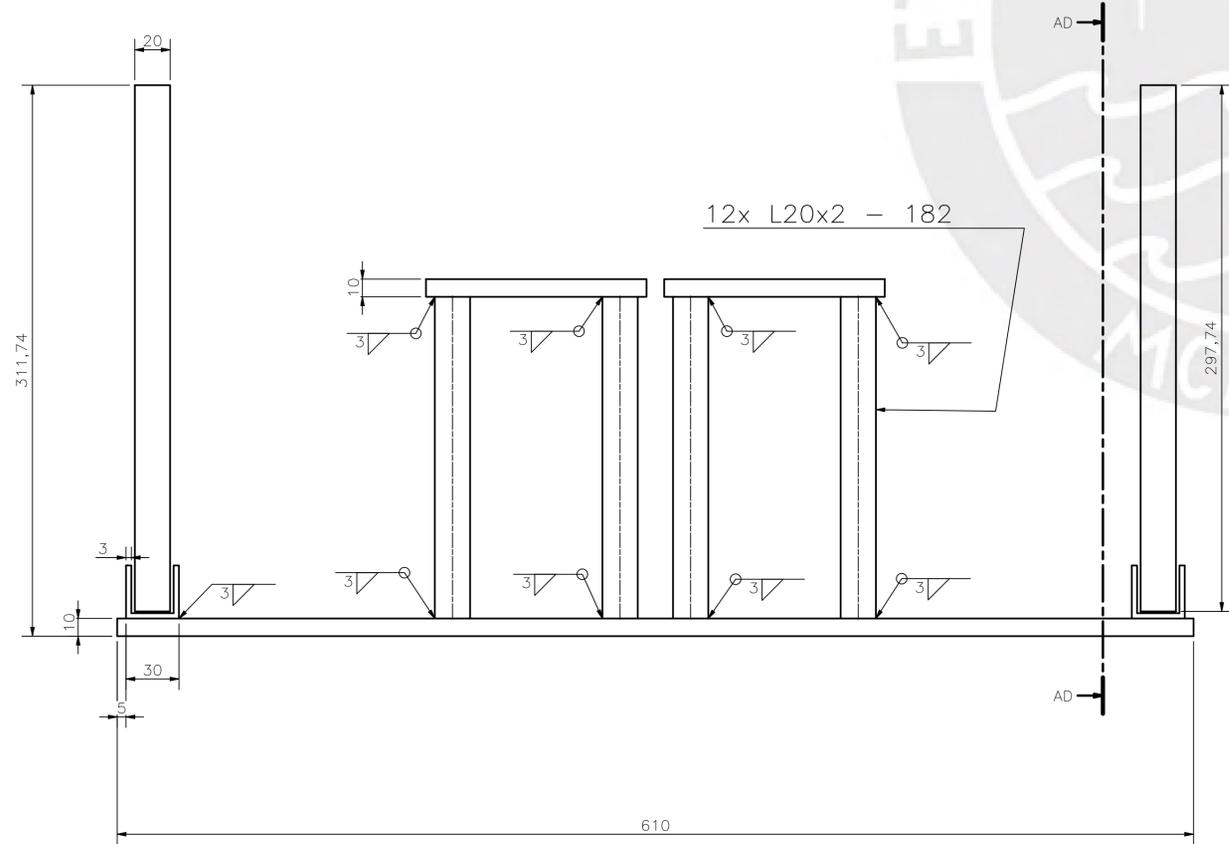
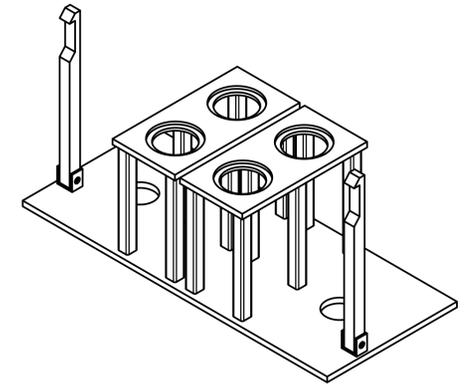
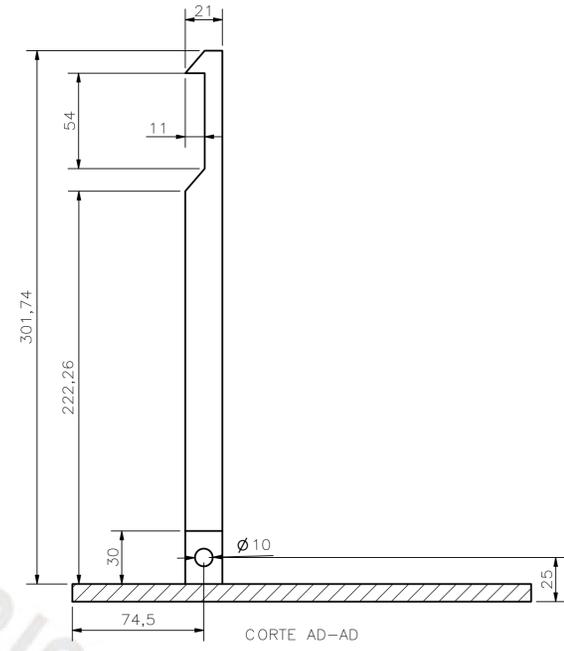
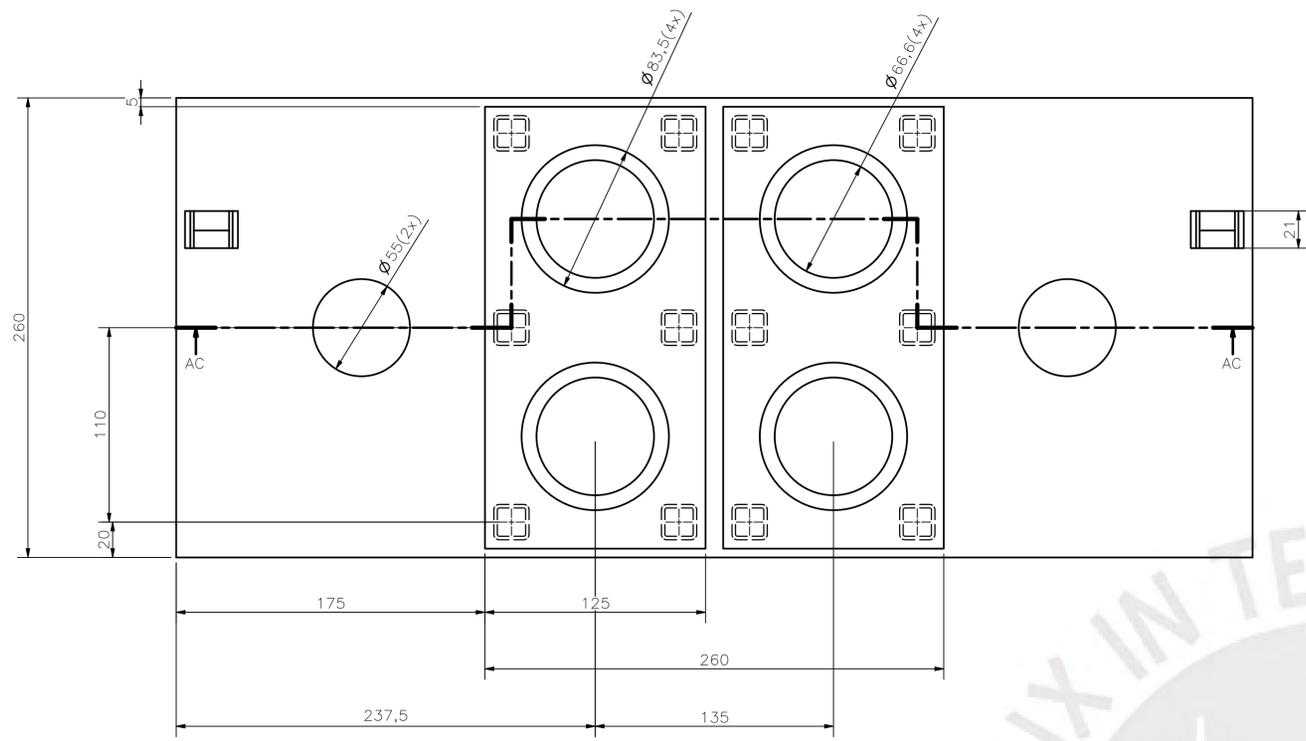


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	MOLDE	ESCALA 1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.02
		LÁMINA: P_009_A2

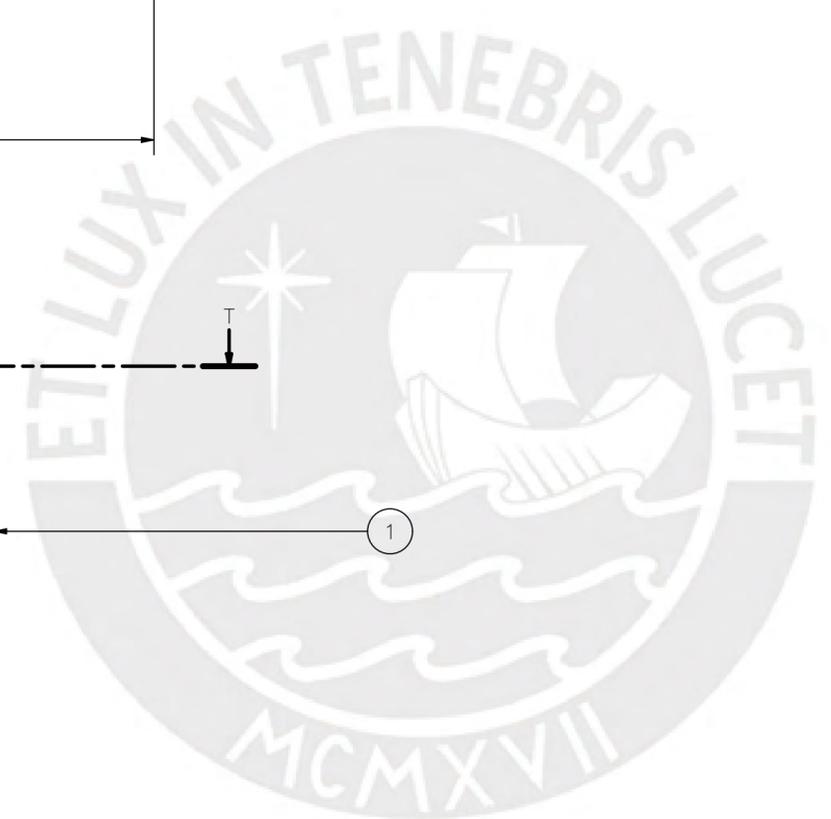
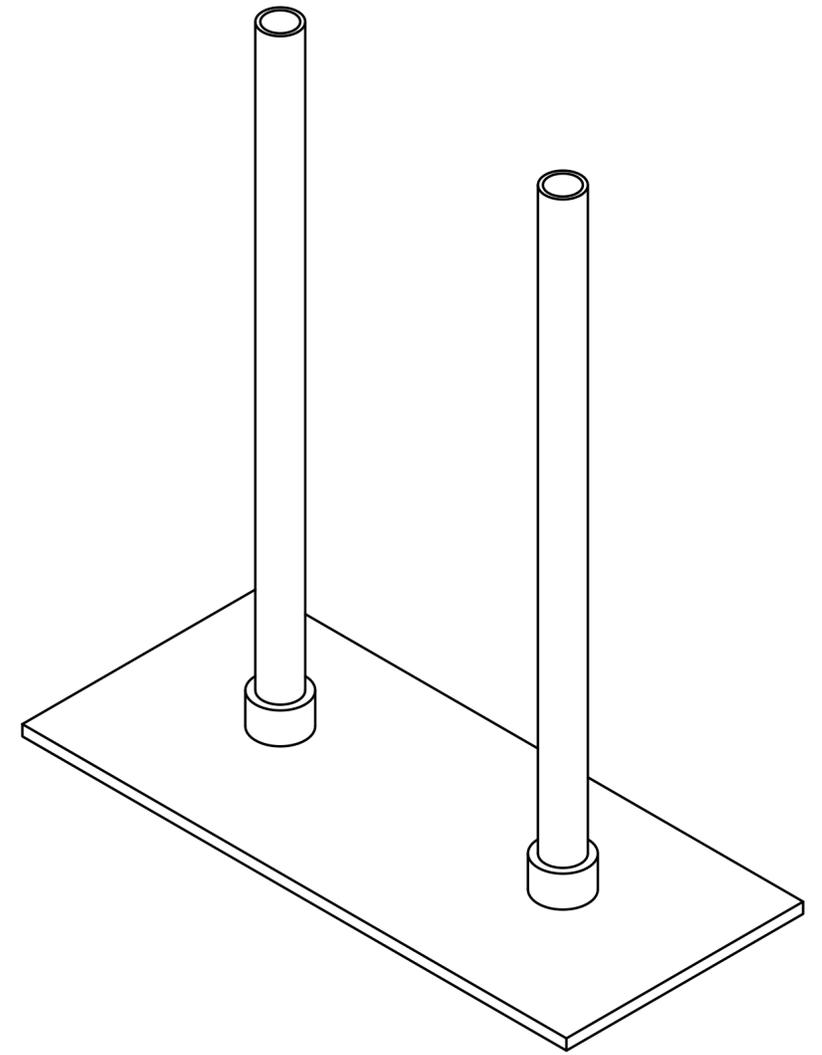
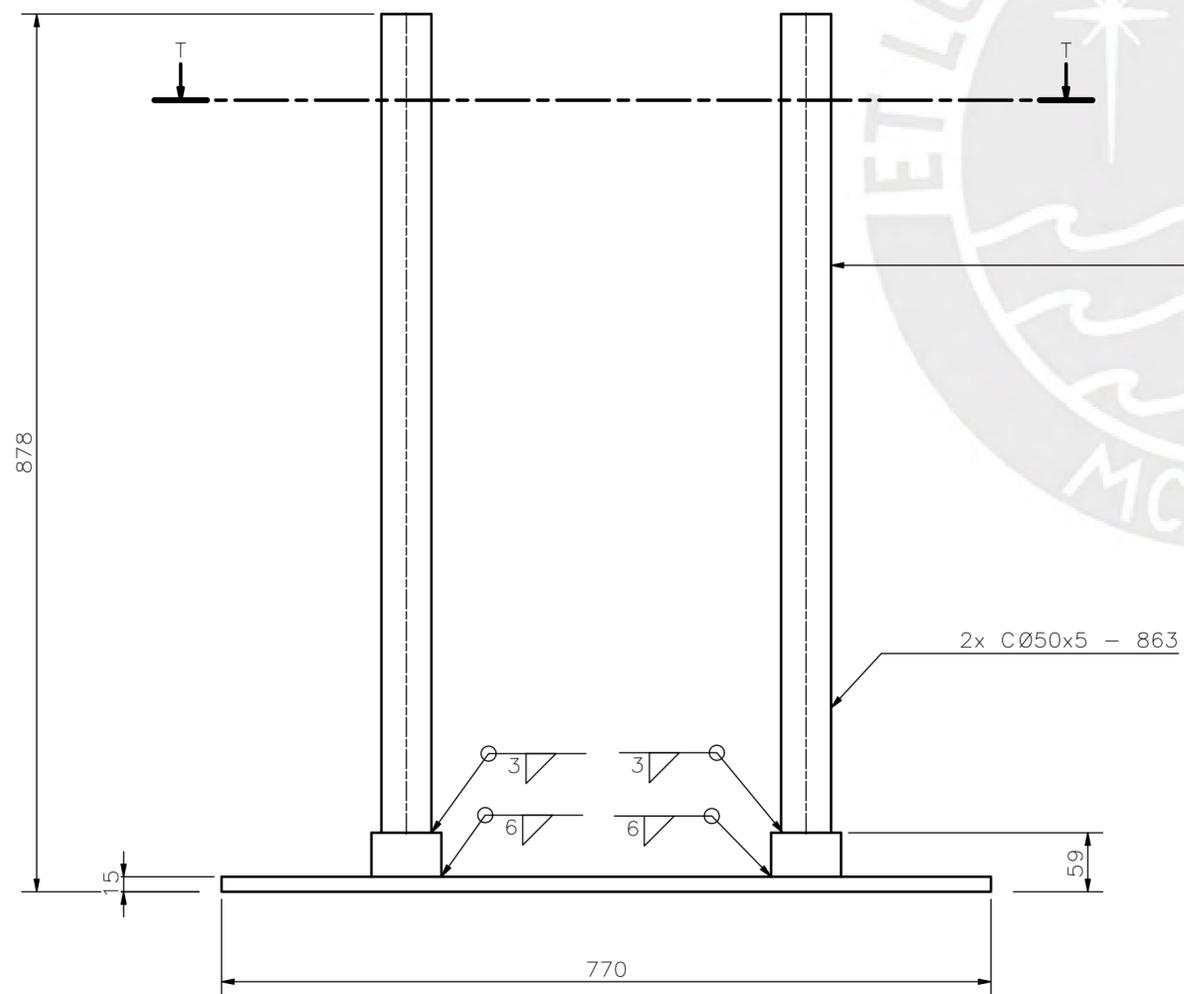
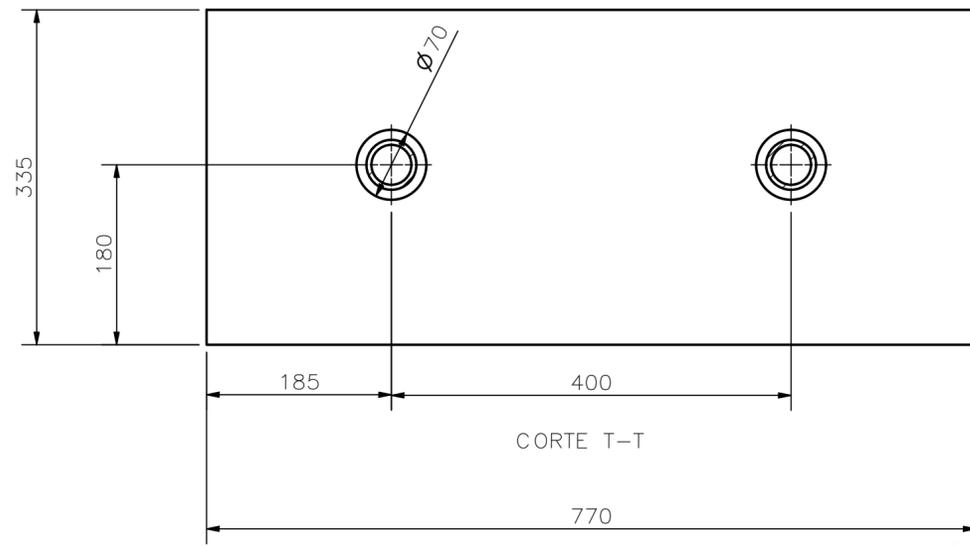


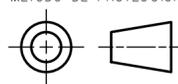
CORTE AB-AB

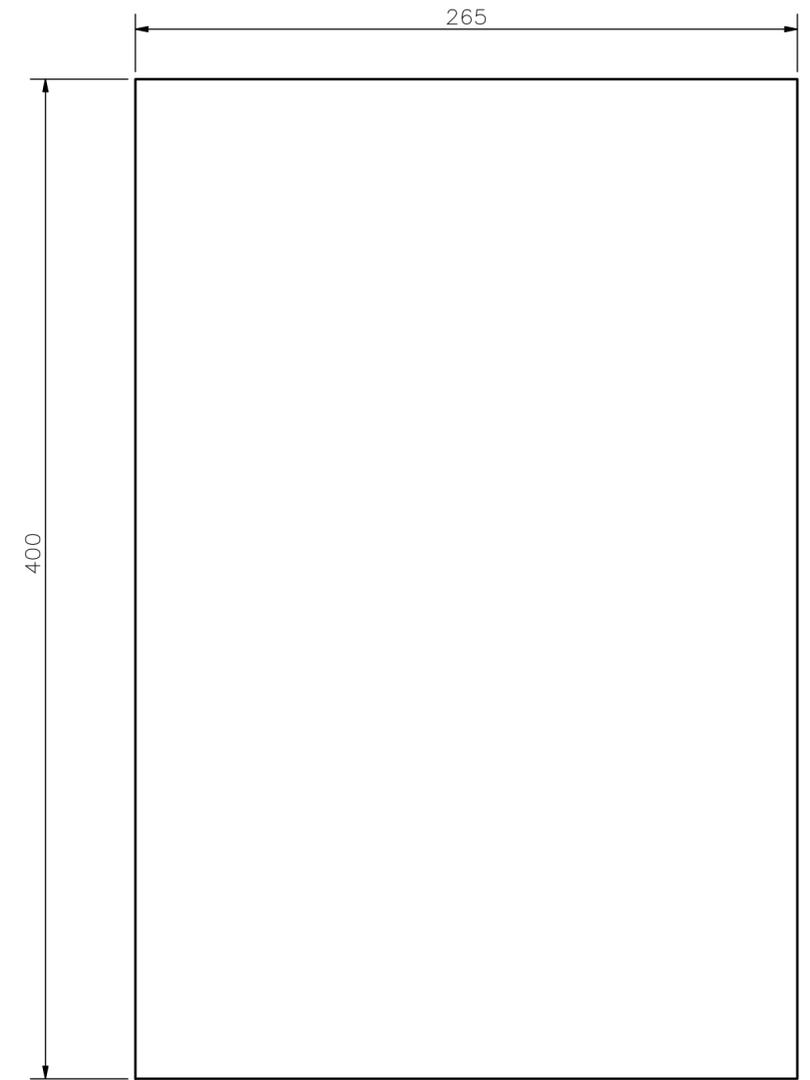
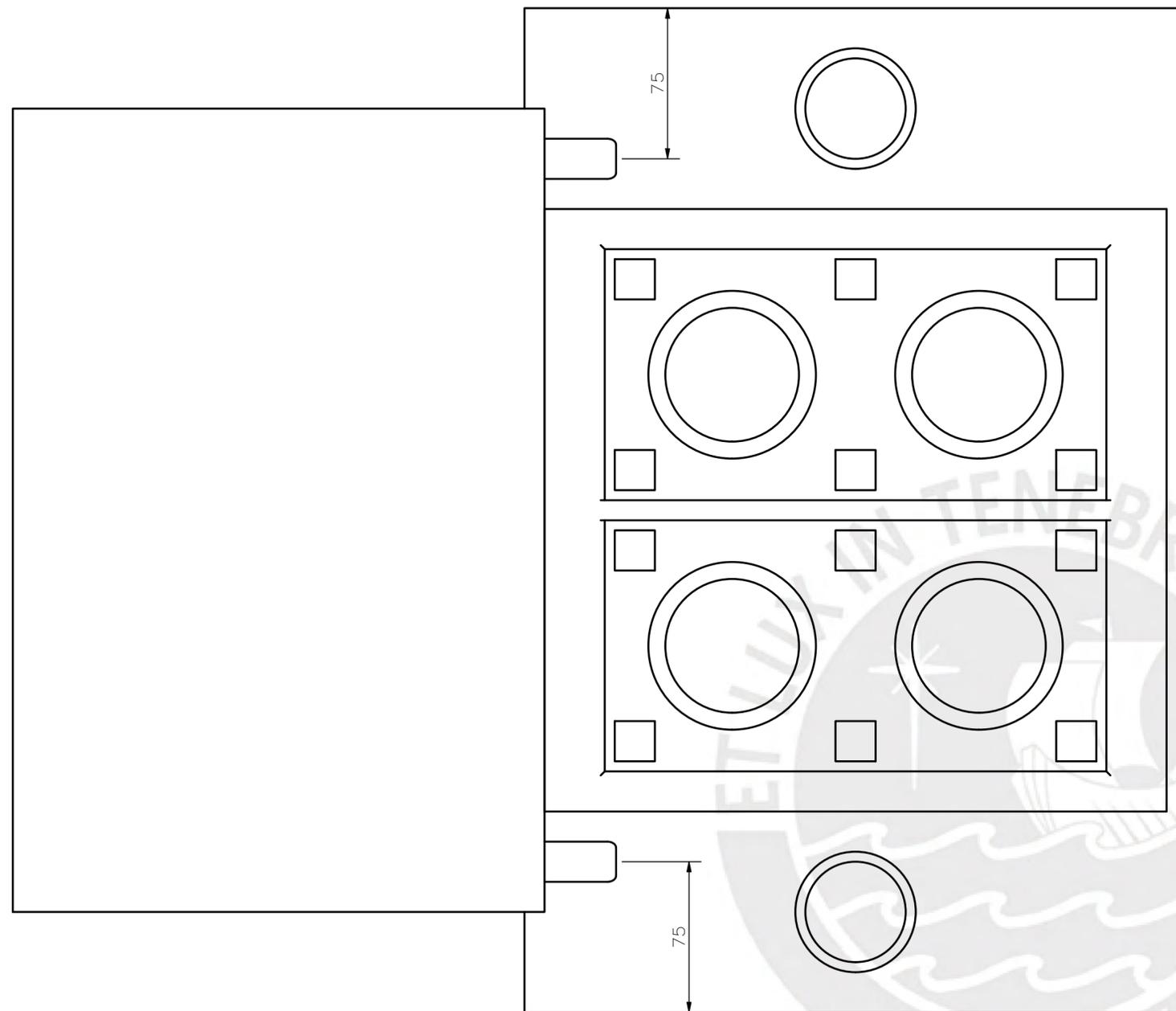
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	BASE DE PENSADO	ESCALA
		1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.23
		LÁMINA: P_010_A1



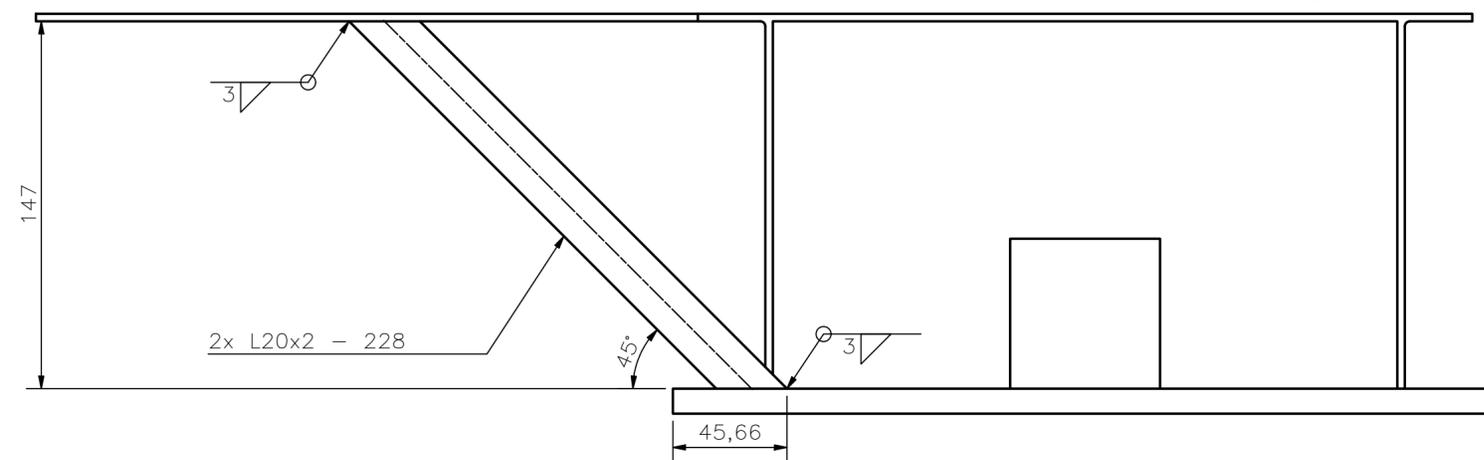
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PARTE SUPERIOR DE PRENSADO	ESCALA
		1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.26
		LÁMINA: P_011_A1

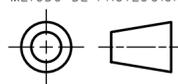


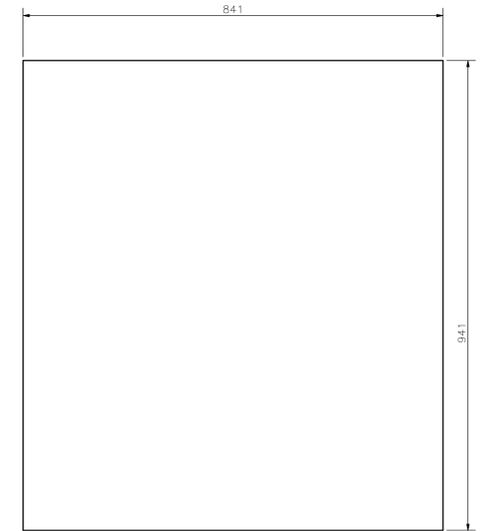
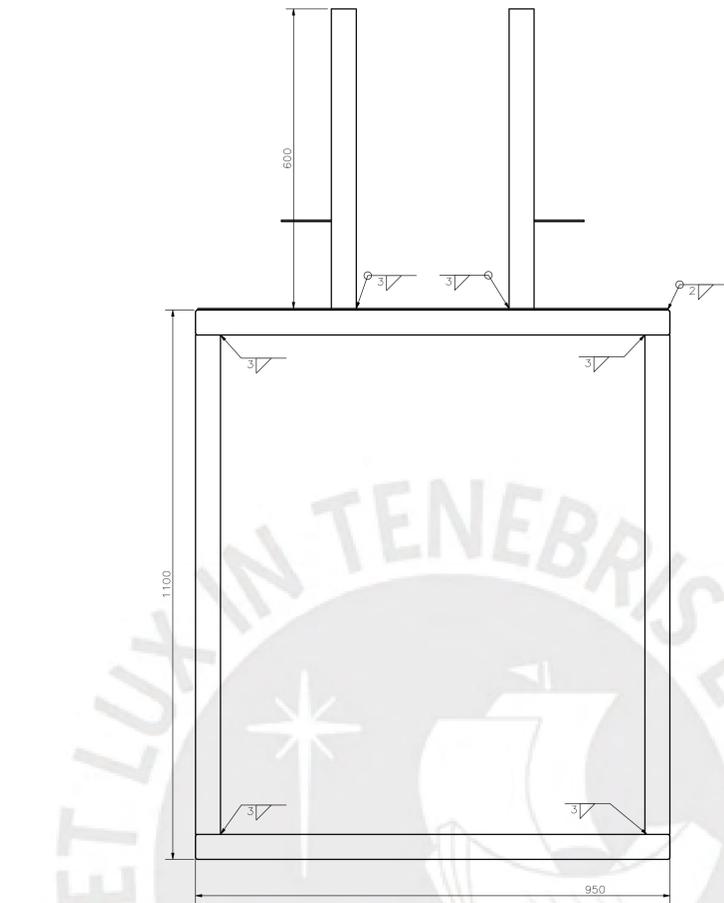
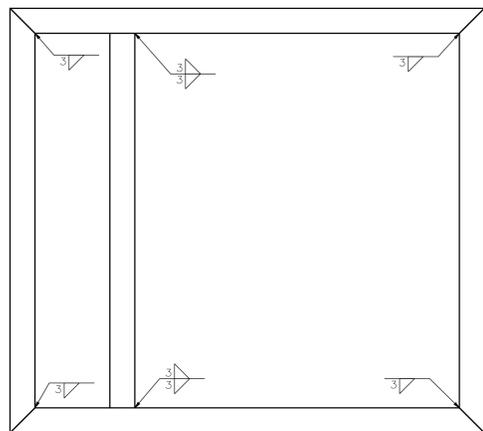
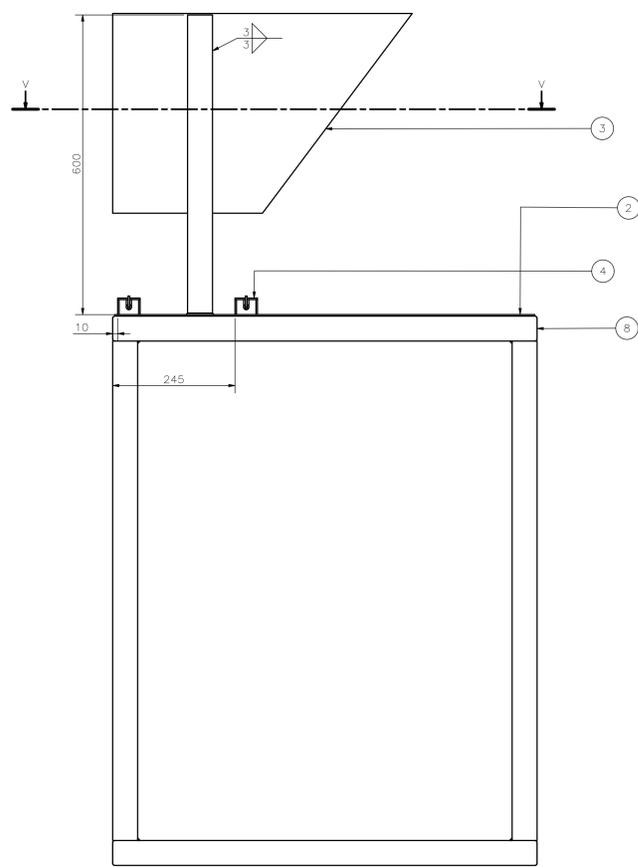
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BASE CON CILINDROS	ESCALA 1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.02
		LÁMINA: P_012_A2



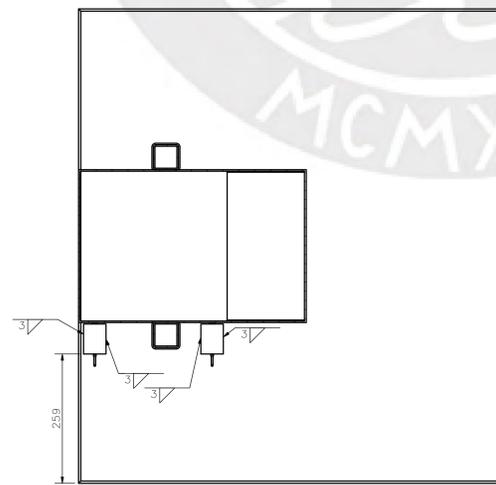
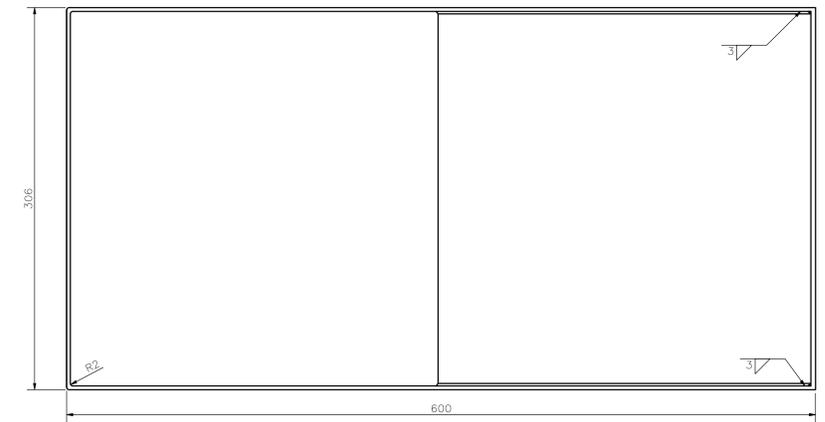
PLACA DE SALIDA
ESPESOR 3mm



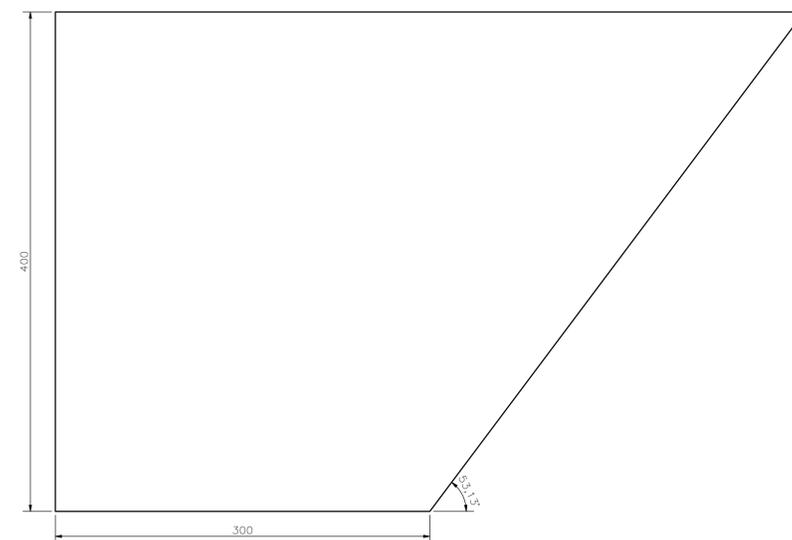
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	MOLDE CON SALIDA DE LADRILLOS	ESCALA 1:2
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.06
		LÁMINA: P_013_A2



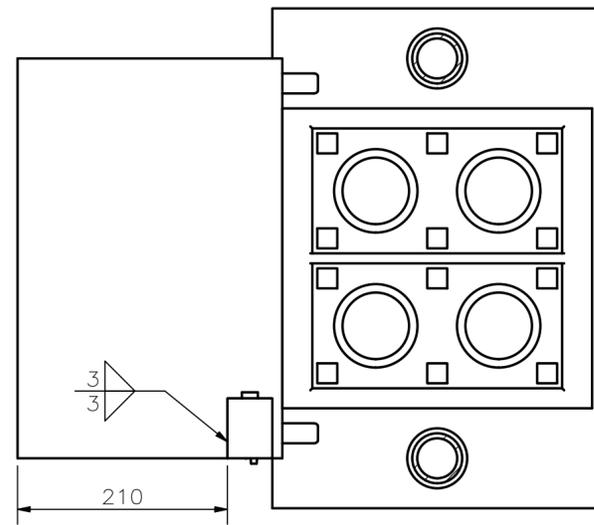
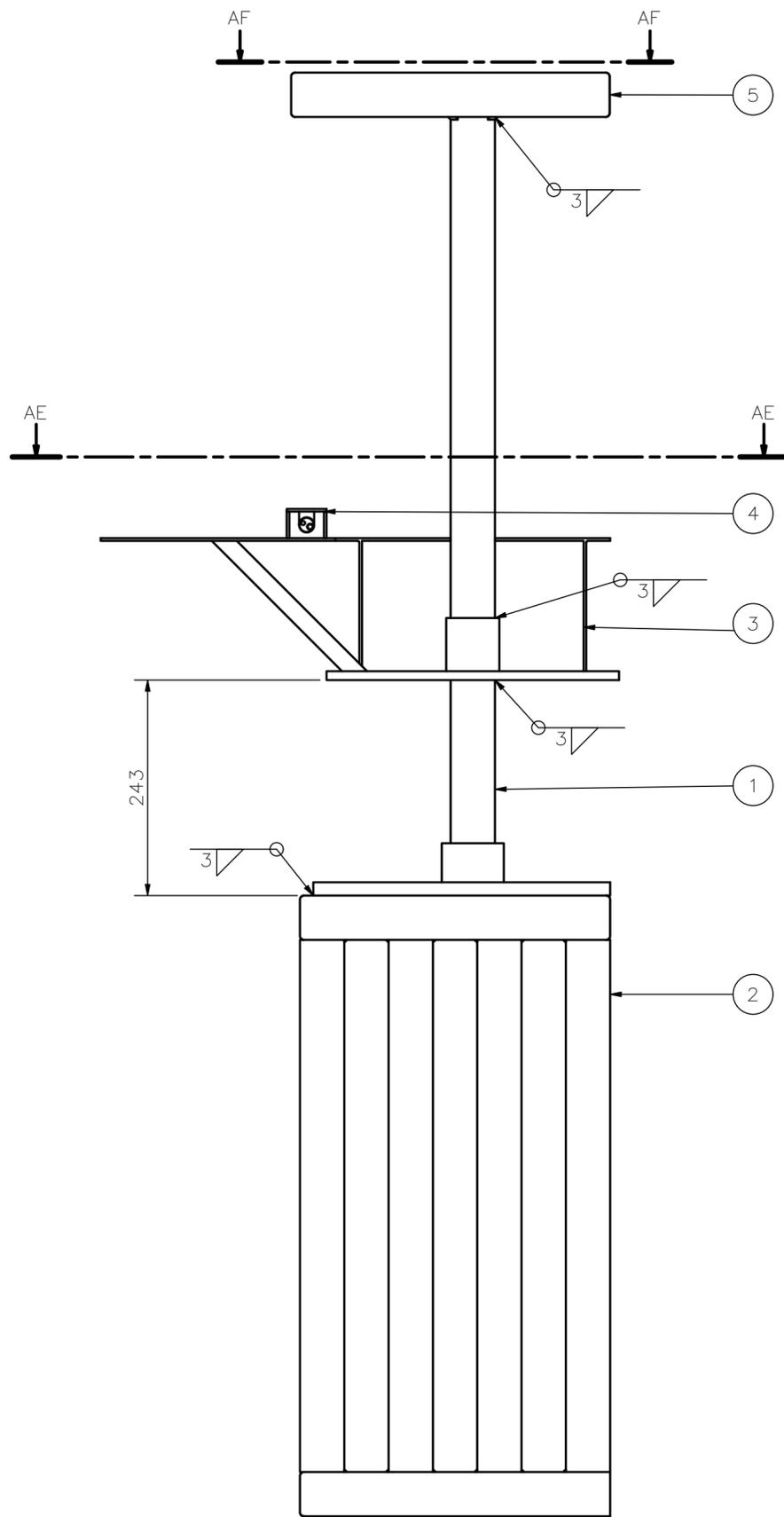
PLANCHA
ESPESOR 3mm



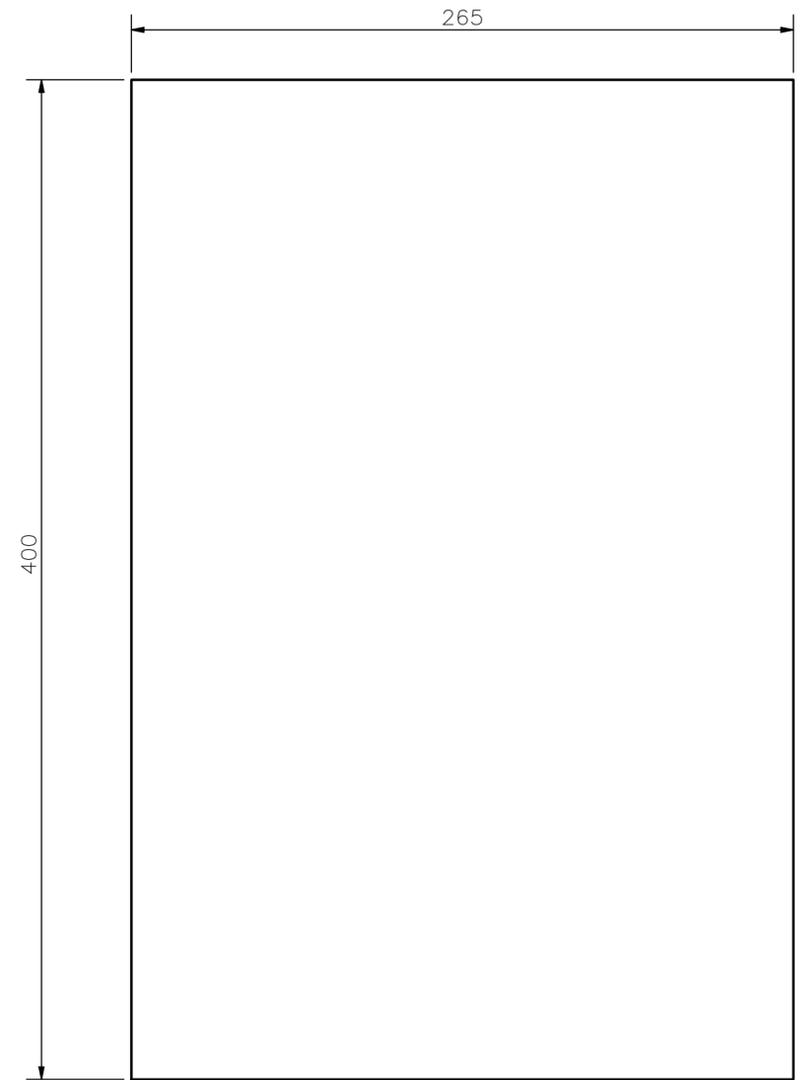
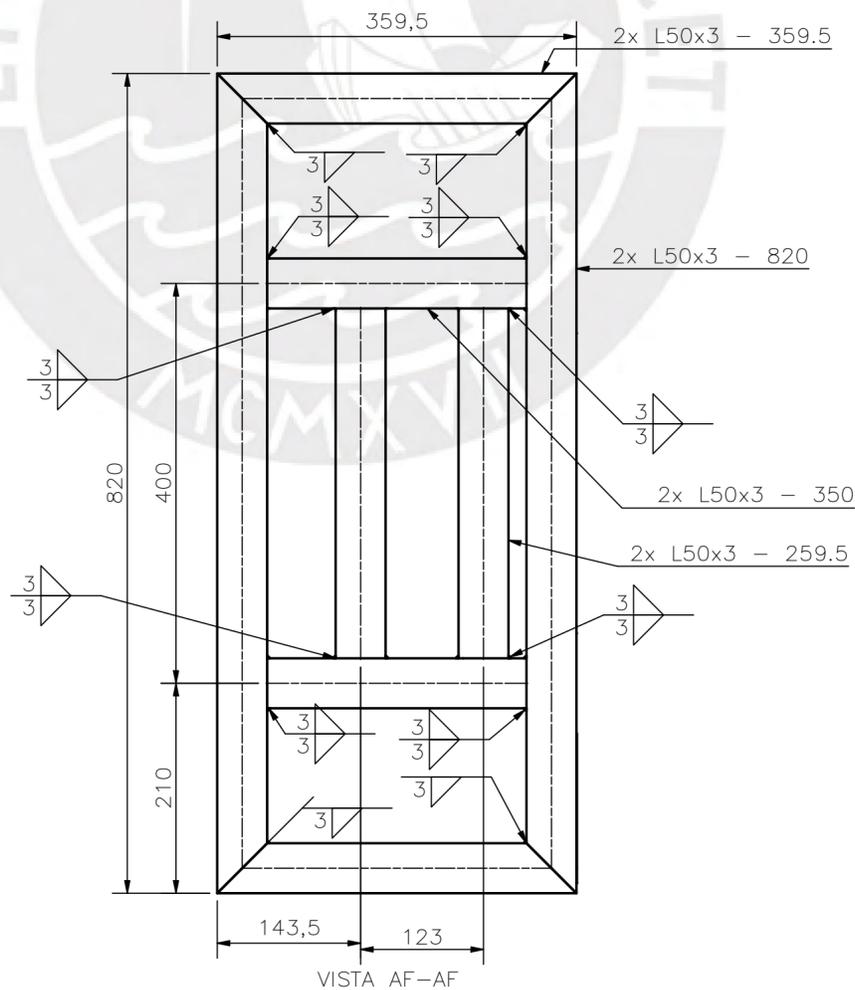
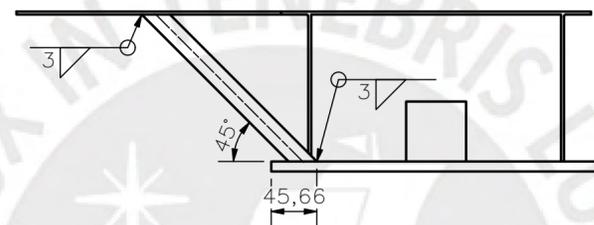
CORTE V-V



PARTS LIST					
4	2	RECIPIENTE CON SENSOR INDUCTIVO	ASTM A430	P_016_A2, P_017_A2	
3	1	TOLVA	ASTM A430	P_006_A2	
2	1	PLANCHA	ASTM A430		
1	1	BASE	ASTM A430	P_007_A1	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA — INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2		ESCALA	
		CONJUNTO BASE-TOLVA		1:5	
20162115		RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS		FECHA: F_2021_06_01	
				LÁMINA: P_014_A0	



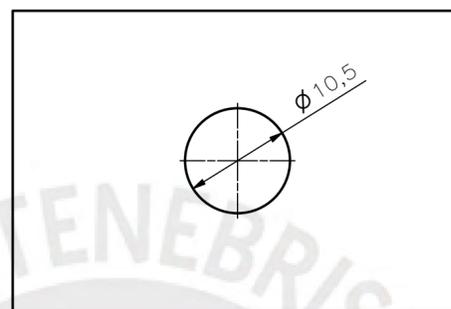
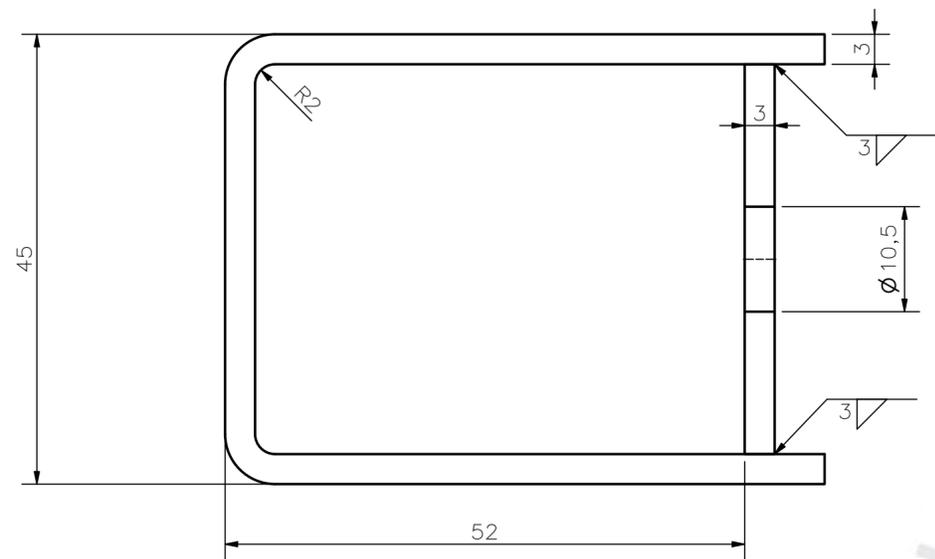
CORTE AE-AE



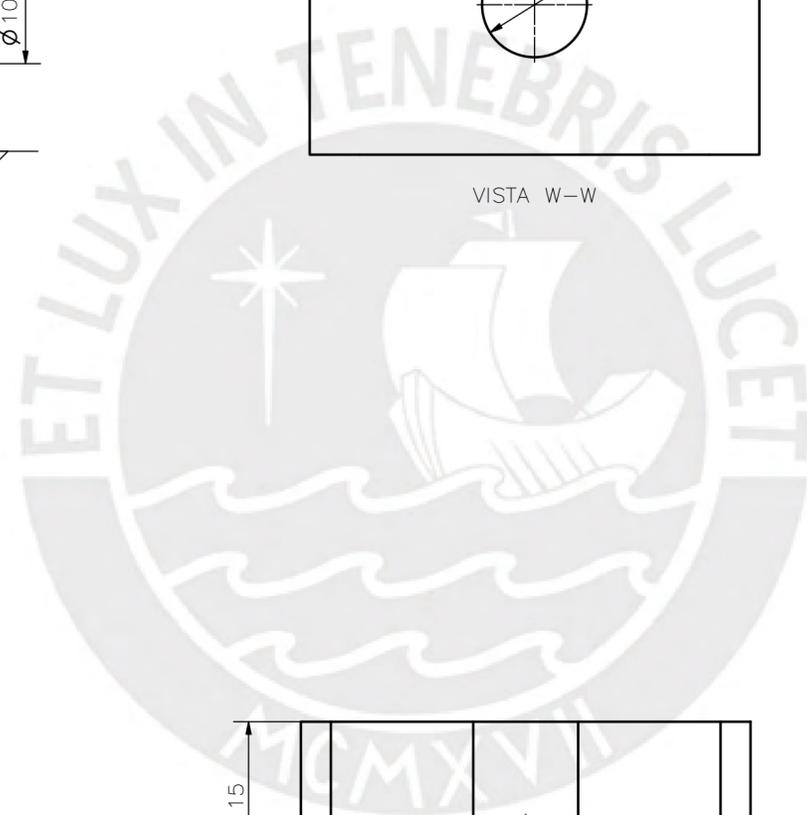
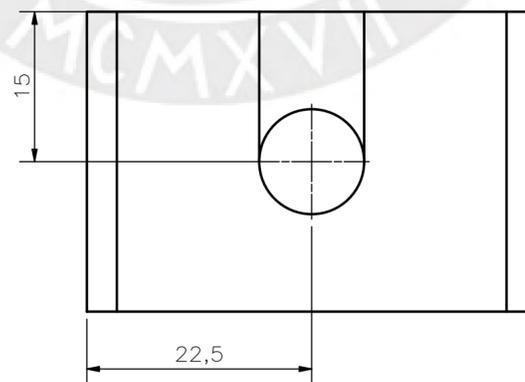
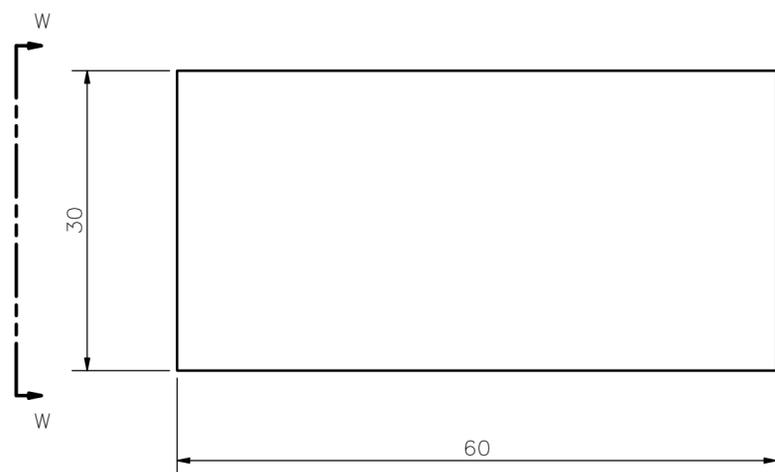
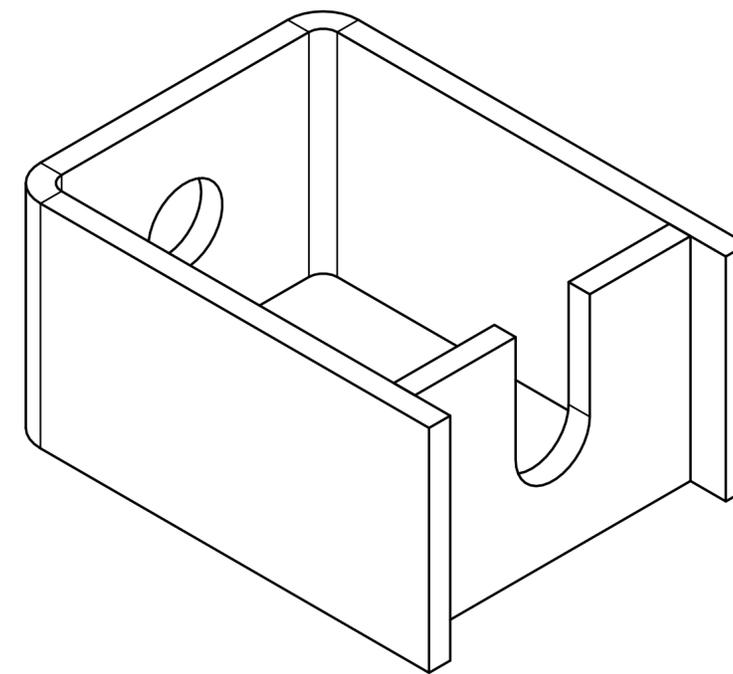
PLACA DE SALIDA
 ESPESOR 3mm
 ESCALA 1:2

PARTS LIST					
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
5	1	BASE SUPERIOR	ISO	ASTM A430	
4	1	RECIPIENTE CON SENSOR CAPACITIVO		ASTM A430	P_018_A2, P_019_A3
3	1	MOLDE		ASTM A430	P_009_A2
2	1	BASE 2		ASTM A430	P_008_A2
1	1	BASE DE PRENSADO		ASTM A430	P_010_A1

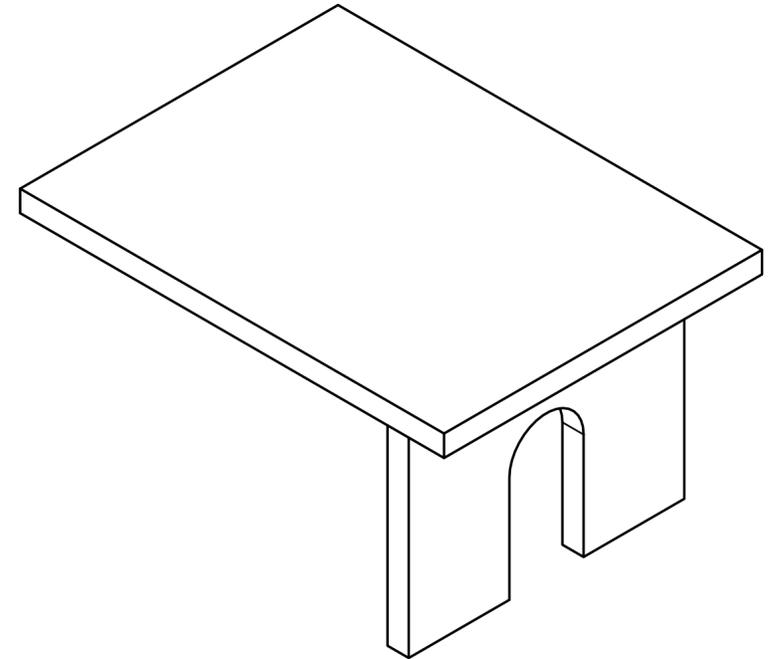
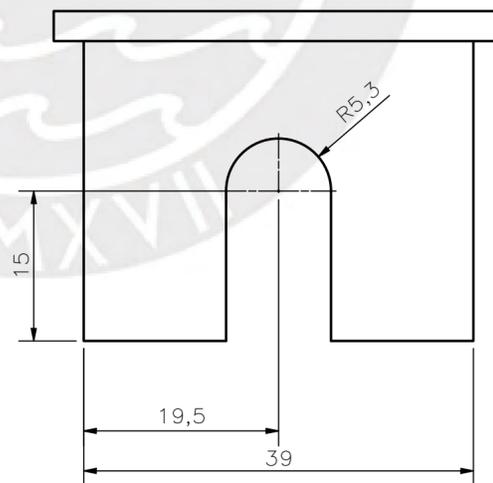
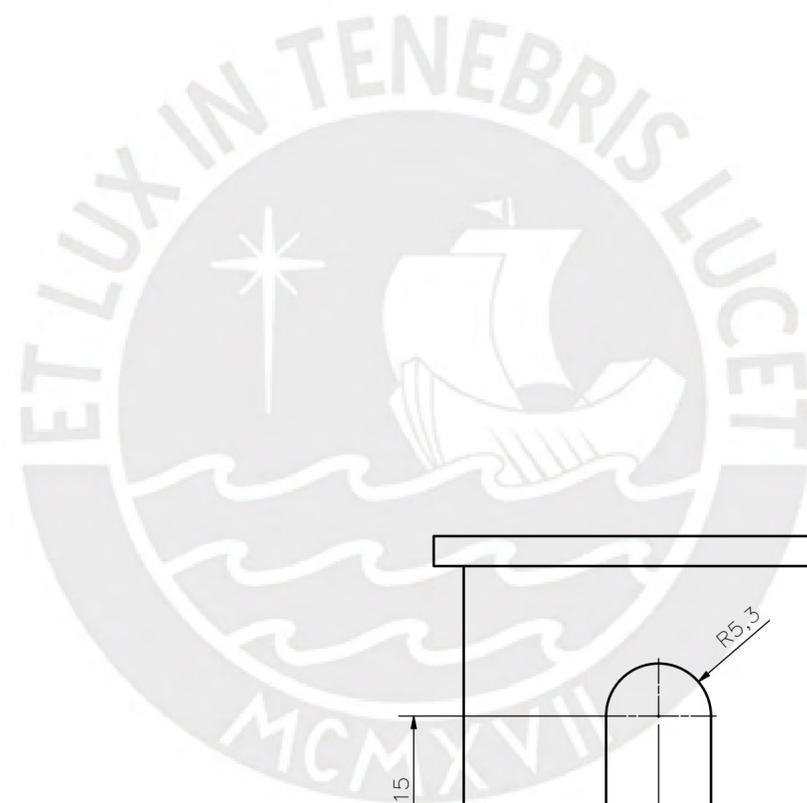
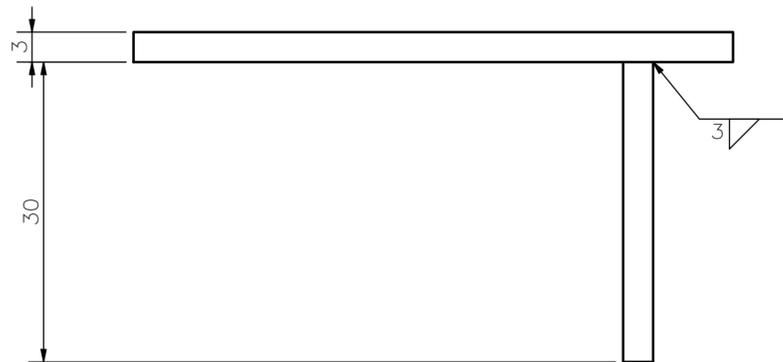
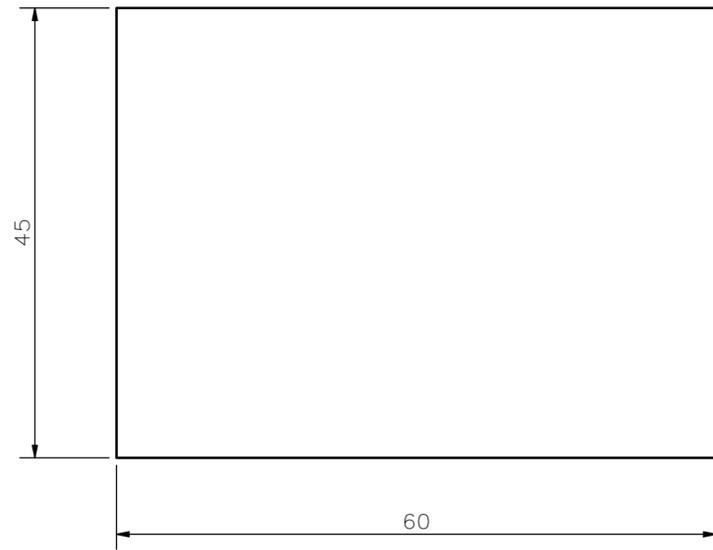
MÉTODO DE PROYECCIÓN		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		ESCALA
		CONJUNTO BASE-MOLDE-SOPORTE		1:5
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS		FECHA: 2021.05.30	LÁMINA: P_015_A2



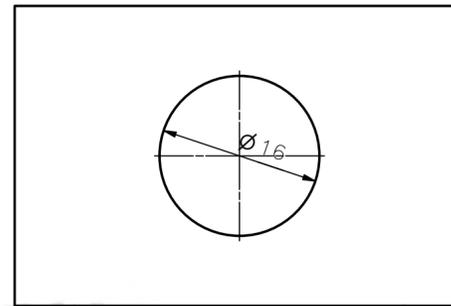
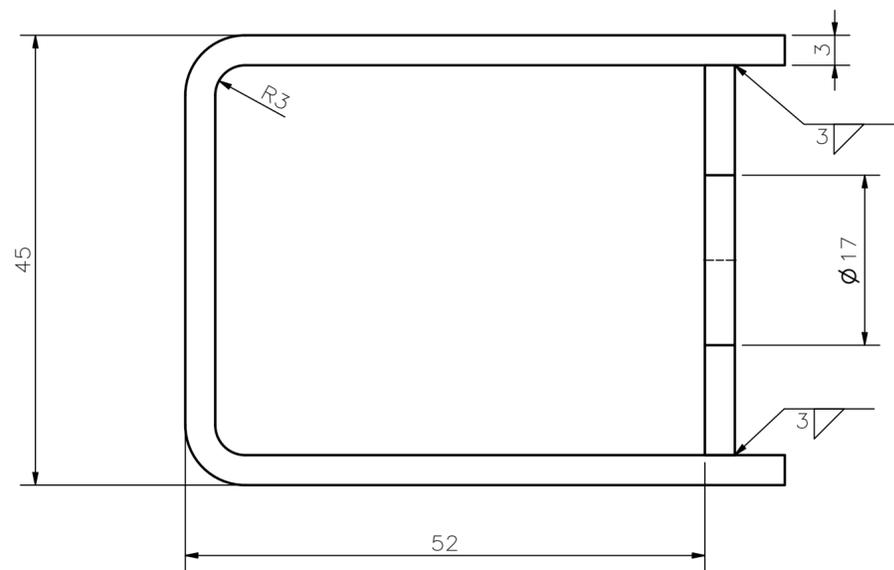
VISTA W-W



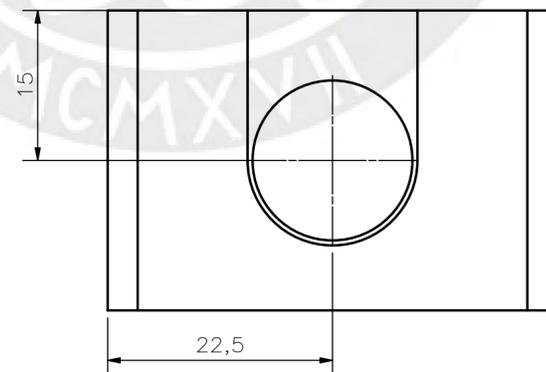
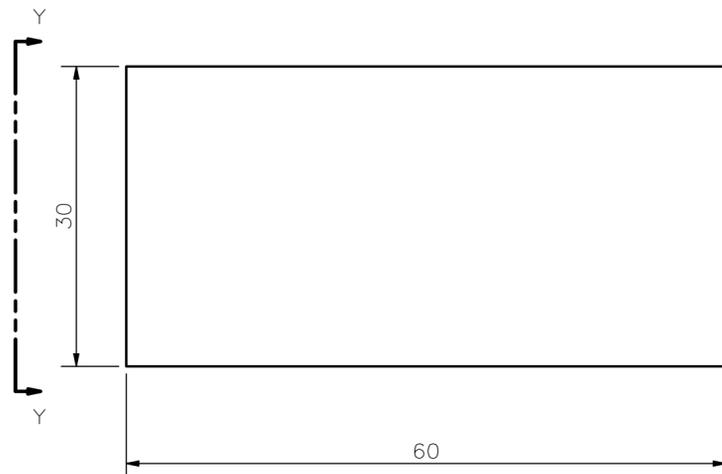
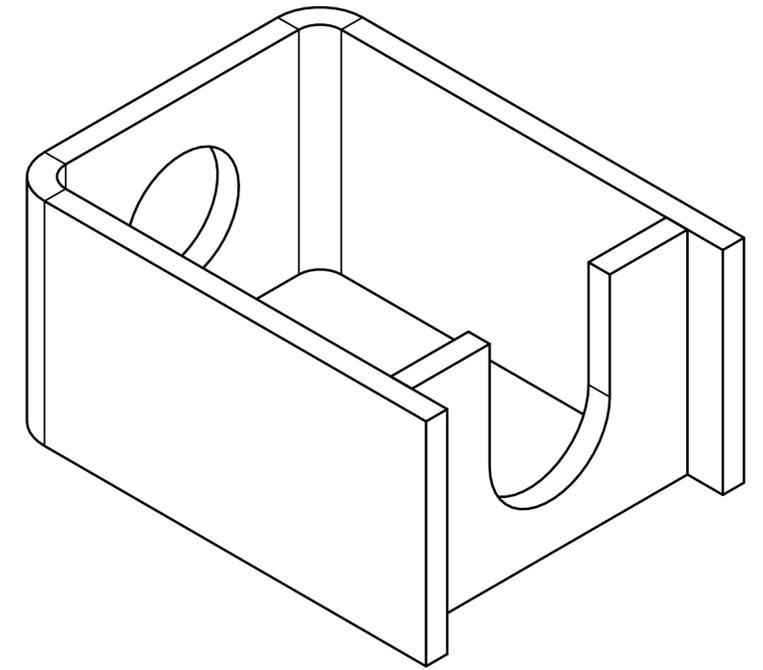
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	CAJA SENSOR INDUCTIVO	ESCALA 2:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.16
		LÁMINA: P_016_A2



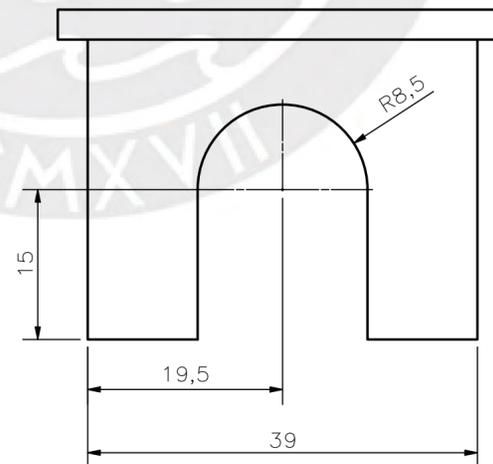
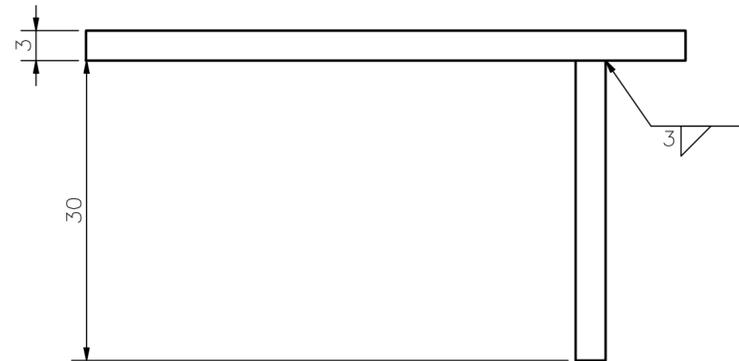
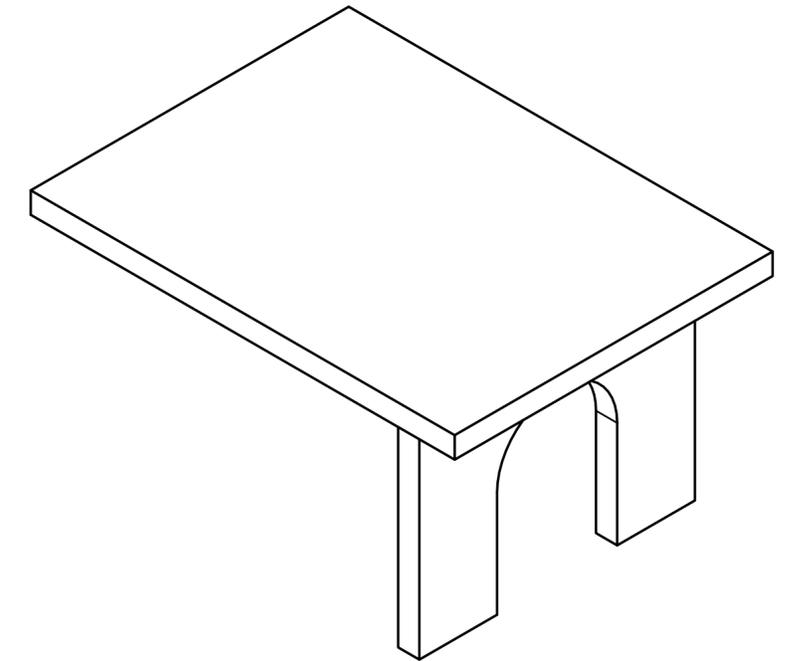
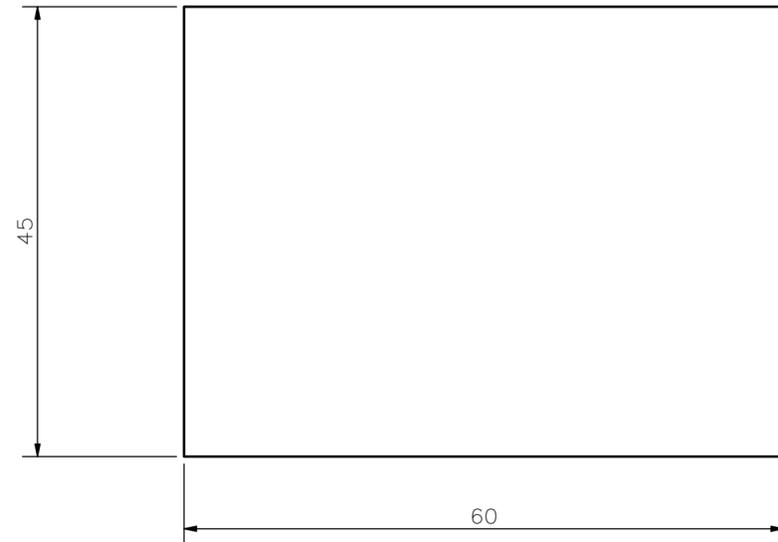
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA DE CAJA DE SENSOR INDUCTIVO	ESCALA
		2:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.16
		LÁMINA: P_017_A2



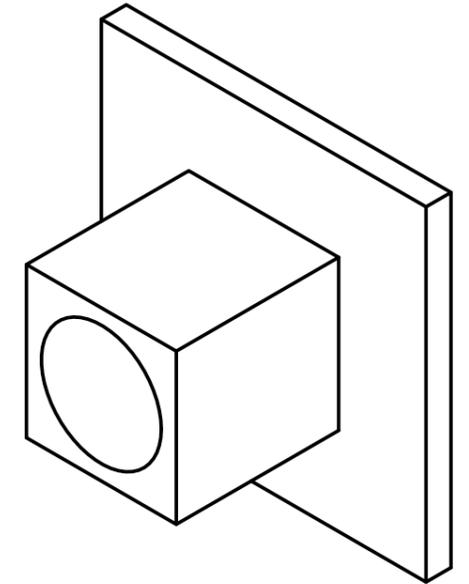
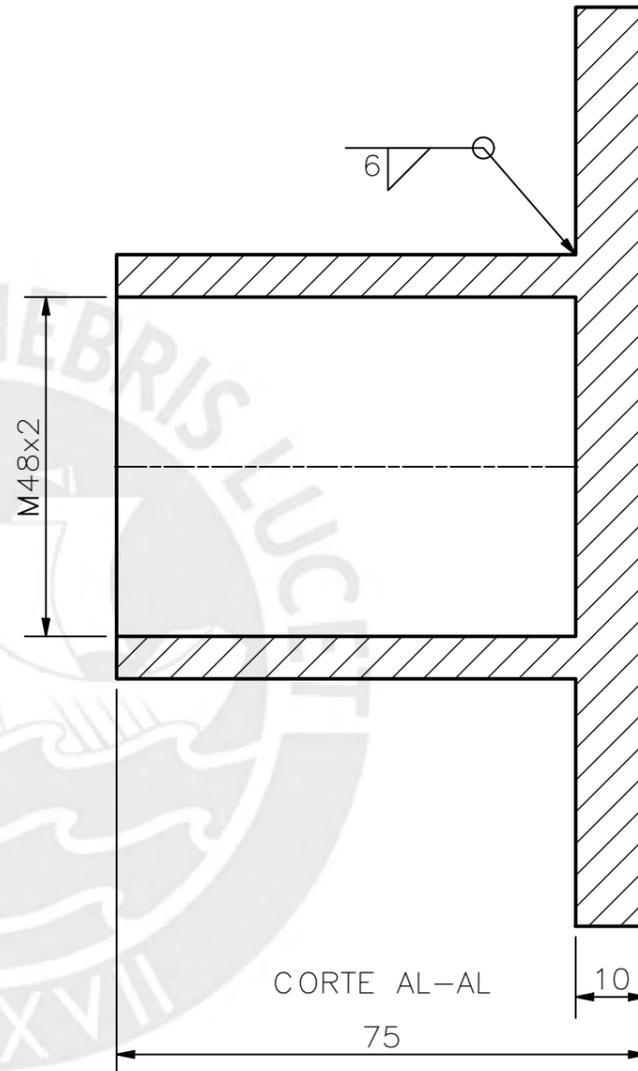
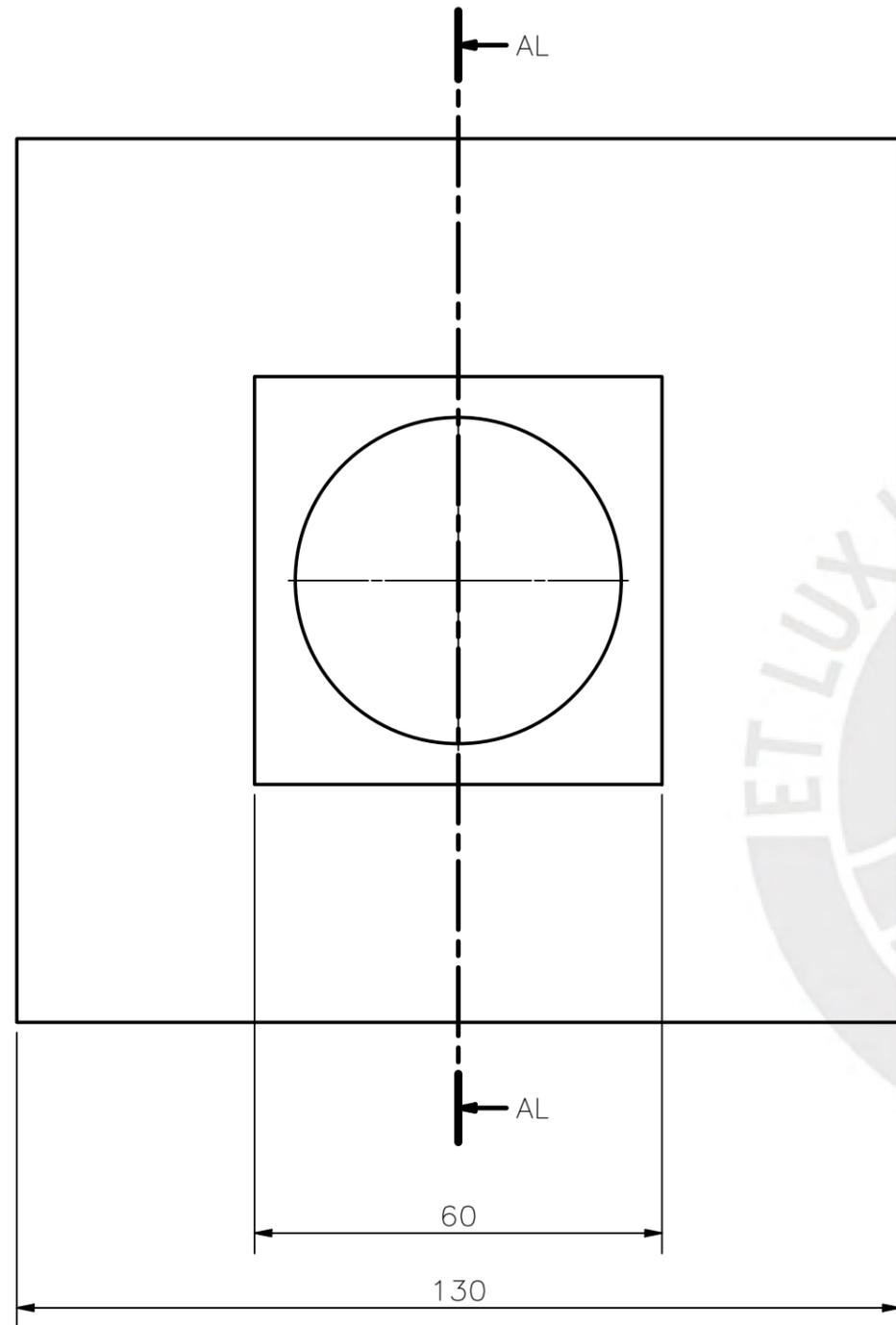
VISTA Y-Y

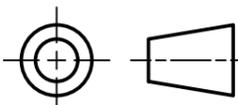


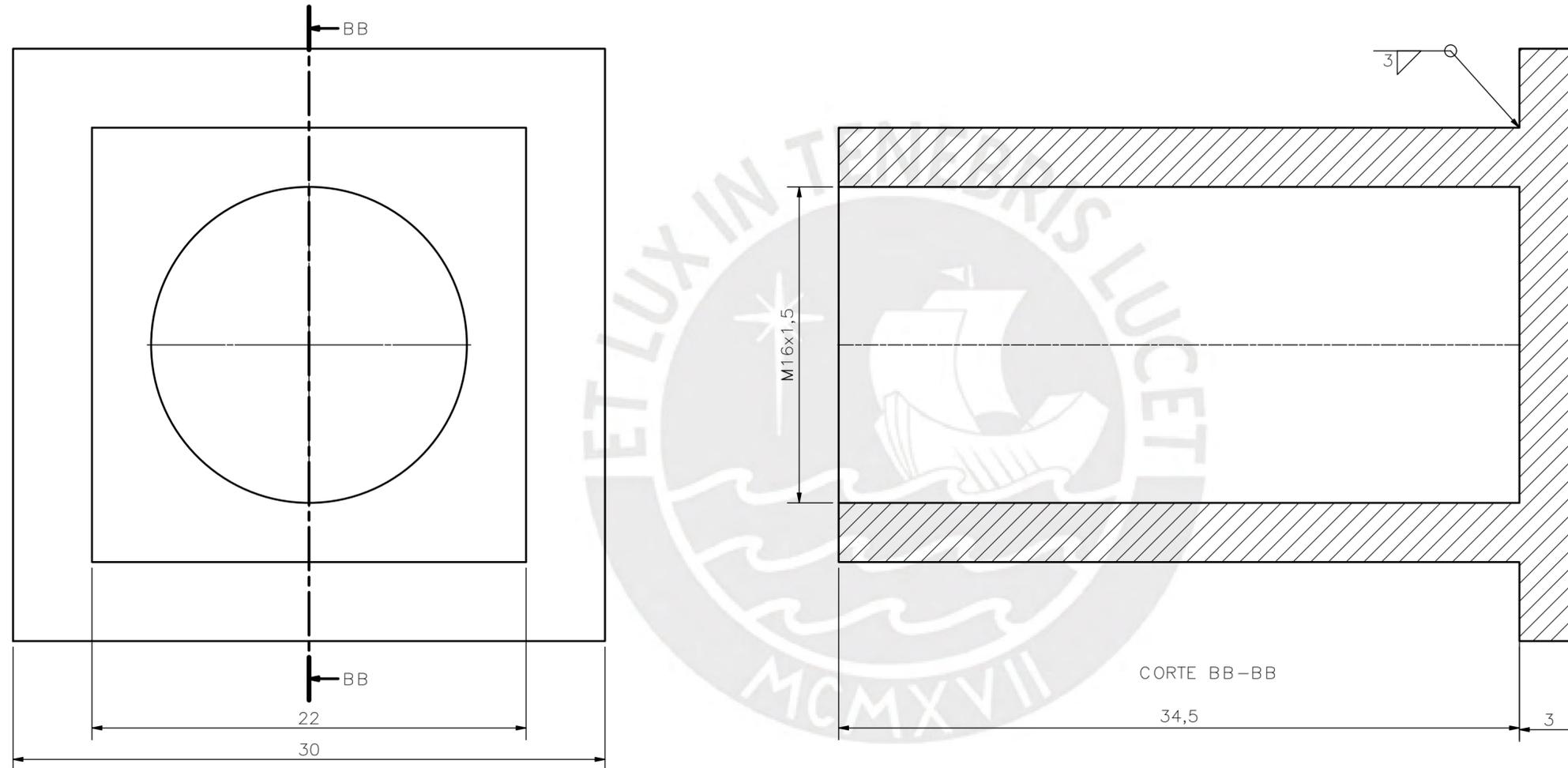
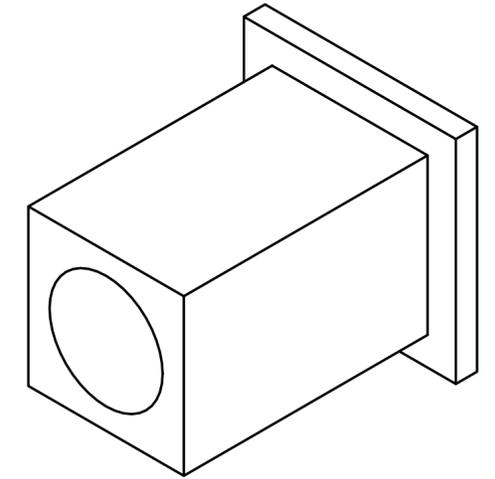
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	CAJA DE SENSOR CAPACITIVO	ESCALA 2:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.16
		LÁMINA: P_018_A2



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TAPA DE CAJA DE SENSOR CAPACITIVO	ESCALA 2:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.05.16
		LÁMINA: P_019_A2



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BRIDA DE CILINDRO DE PRENSADO	ESCALA 1:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.06.05
		LÁMINA: P_020_A3



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		ASTM A430
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	BRIDA DE CILINDRO DE LLENADO	ESCALA
		5:1
20162115	RAMIREZ OCAÑA, HARRY EROS	FECHA: 2021.06.05
		LÁMINA: P_021_A2