

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Diseño de una prensa electrohidráulica para extracción de manteca de cacao

INGE-3105

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Cristopher Eliux Villegas Triviño

Deivid Javier vives Vargas

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

A Dios, por haberme cuidado y guiado en cada paso de mi vida hasta este momento, y en quien deposito mi bienestar y mi futuro.

A mis padres, Mildret y Javier, por confiar siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional en todas las circunstancias.

A mis hermanas, Daniela y Dayra, por enseñarme a apreciar la vida y las situaciones desde otro punto de vista.

A mis abuelos, Gladys Marilú Huesper y Segundo, por creer en mí y en mi futuro más que nadie, y por ser una fuente constante de motivación y fortaleza.

Y a mi perrito Oso, que ya no está con nosotros, pero cuyo recuerdo y compañía vivirán siempre en mi corazón y continuarán motivándome a seguir adelante.

**Deivid Vives**

## **Dedicatoria**

---

El presente proyecto lo dedico a mis padres, por su apoyo incondicional, su esfuerzo constante y los valores que me han inculcado a lo largo de toda mi vida educativa. Gracias por acompañarme en cada etapa, por creer en mí incluso en los momentos difíciles y por ser el pilar fundamental que hizo posible alcanzar esta meta.

**Cristopher Villegas**

## Agradecimientos

---

A todas las personas que estuvieron presentes cuando más las necesité, brindándome su apoyo y acompañamiento a lo largo de este proceso.

A mi familia, por su apoyo constante e incondicional, y a mis amigos, quienes siempre supieron tenderme la mano en los momentos necesarios.

A todos aquellos que oraron por mi bienestar y éxito, mi sincero agradecimiento.

De manera especial, agradezco a cada uno de los ingenieros que formaron parte de mi desarrollo profesional, y al Dr. Quilambaqui, así como a los ingenieros Martínez y Martínez, por guiarnos de manera excelente durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

**Deivid Vives**

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento a la educación adventista, por los valores y las enseñanzas recibidas durante mi adolescencia; a la Iglesia Adventista, por los consejos y principios que guiaron mi vida académica; y al Club Jassiel, por contribuir a la formación de un carácter de superación y por ser un ejemplo para sus adolescentes.

**Cristopher Villegas**

## Declaración Expresa

---

Nosotros Cristopher Eliux Villegas Triviño y Deivid Javier Vives Vargas acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 13 de octubre del 2025.



Cristopher Eliux Villegas

Triviño



Deivid Javier Vives

Vargas

## **Evaluadores**

---

---

**Miguel Ángel Quilambaqui Jara, Ph.D.**

Profesor de Materia

---

**Ernesto Rolando Martínez Lozano, MSc.**

Tutor de proyecto

## Resumen

Se presenta el diseño de una prensa electrohidráulica de alta carga para separar la fase grasa del licor de cacao mediante compresión controlada, con capacidad objetivo de 100 kg/h. El trabajo define parámetros de operación, selecciona el subsistema hidráulico-eléctrico y verifica la integridad mecánica del conjunto. La metodología incluyó modelado CAD 3D, cálculo de fuerza a una presión de diseño de 35 MPa (350 bar), dimensionamiento de caudal y potencia, y verificación estructural mediante simulación por elementos finitos. Se empleó acero inoxidable AISI 304 en las superficies en contacto con el producto y acero AISI 1018 en elementos estructurales, y se utilizaron catálogos y proformas para el análisis económico por partidas. El diseño opera por lotes de 20 kg con un ciclo de 12 min, logrando una fuerza nominal de prensado de aproximadamente 2,56 MN, un caudal requerido del orden de 34 L/min y la selección de un motor de 25 kW. La simulación estructural arrojó desplazamientos globales del orden de 0,98 mm, con concentraciones locales asociadas a contactos y transiciones geométricas. El costeo consolidó un valor “puesto en operación” de USD 6.200 para la fabricación local del prototipo con abastecimiento mixto (estructura y conjunto de proceso fabricados localmente, complementados con cilindro y componentes comerciales), frente a USD 8.349,45 para la alternativa de importación de un equipo equivalente “puesto en planta”. Se concluye que la solución propuesta es técnicamente viable y que el criterio de implementación se sustenta en equilibrar inversión, control sanitario, riesgo de abastecimiento y mantenibilidad.

**Palabras Clave:** Elementos finitos, Costeo por partidas, Alta presión, Acero inoxidable, Mantenibilidad.

## ***Abstract***

*This work presents the design of a high-load electrohydraulic press to separate the fat phase from cocoa liquor through controlled compression, with a target capacity of 100 kg/h. The study defines operating parameters, selects the hydraulic–electric power subsystem, and verifies the mechanical integrity of the assembly. The methodology included 3D CAD modeling, pressing-force calculation using a design pressure of 35 MPa (350 bar), flow rate and power sizing, and structural verification through finite element analysis. AISI 304 stainless steel was used for all product-contact surfaces, while AISI 1018 steel was used for structural members; catalogs and supplier quotations were used for the itemized cost assessment. The press operates in 20 kg batches with a 12 min cycle, achieving a nominal pressing force of approximately 2.56 MN, a required flow rate on the order of 34 L/min, and the selection of a 25 kW electric motor. Structural simulation yielded global displacements on the order of 0.98 mm, with local stress concentrations associated with contact regions and geometric transitions. The consolidated cost estimate resulted in an “operational-ready” value of USD 6,200 for the locally built prototype with a mixed supply strategy (locally manufactured frame and process assembly, complemented by an imported hydraulic cylinder and commercial components), compared to USD 8,349.45 for importing an equivalent press “delivered and installed” in plant. The proposed solution is technically feasible, and the implementation criterion is based on balancing investment, sanitary control, supply risk, and maintainability.*

*Keywords: Finite element analysis, Line-item costing, High-pressure hydraulics, Food-grade stainless steel, Maintainability.*

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	I
Abstract .....	II
Abreviaturas .....	VII
Simbología .....	VIII
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS .....	XII
Capítulo 1 .....	1
1.1 Introducción .....	2
1.2 Descripción del problema .....	3
1.3 Justificación del problema .....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo general .....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Marco teórico .....	6
1.5.1 Generalidades del proceso de extracción de manteca de cacao.....	6
1.5.2 Principios de funcionamiento de una prensa hidráulica .....	12
1.5.3 Sistema electrohidráulico aplicado a prensas .....	13
1.5.4 Normativas técnicas aplicables.....	14
Capítulo 2.....	2
2. Metodología. ....	16
2.1. Enfoque metodológico del diseño.....	16
2.2. Requerimientos funcionales y restricciones de diseño .....	16
2.2.1. Función principal del equipo .....	16
2.2.2. Capacidad de procesamiento y modo de operación.....	17
2.2.3. Condiciones de presión de operación .....	17
2.2.4. Condiciones térmicas del proceso .....	18
2.2.5. Requerimientos de control y automatización .....	18

2.2.6. Restricciones de diseño .....	18
2.3. Flujograma del proceso de diseño.....	19
2.4. Parámetros base para el dimensionamiento .....	20
2.5. Análisis de alternativas de diseño .....	21
2.5.1. Alternativas de configuración global de la prensa .....	21
2.5.2. Alternativas del sistema de prensado .....	22
2.5.3. Criterios de evaluación y selección .....	24
2.6. Diseño geométrico y volumétrico de la cámara de extracción .....	28
2.6.1. Cálculo del volumen de la cámara.....	28
2.7. Diseño resistente del vaso de extracción .....	29
2.7.1. Modelo de cálculo por teoría de pared delgada.....	29
2.7.2. Espesor por teoría de pared delgada.....	29
2.7.3. Verificación por teoría de pared gruesa (Lamé).....	29
2.7.4. Comprobación de un tubo comercial 12" cédula 80 en AISI 304.....	30
2.7.5. Solución con camisa de refuerzo de 15 mm en AISI 304 .....	31
2.7.6. Cálculo de la tensión circunferencial y factor de seguridad.....	32
2.8. Diseño del conjunto vástago – Placa Pistón .....	32
2.8.1. Área efectiva y fuerza máxima de prensado.....	32
2.8.2. Dimensionamiento del vástago (acero al carbono).....	33
2.8.3. Diseño de la placa pistón por flexión global .....	34
2.8.4. Verificación local por contacto directo vástago–placa.....	34
2.9. Dimensionamiento del sistema hidráulico .....	35
2.9.1. Carrera del pistón.....	36
2.9.2. Volumen de aceite requerido y caudal de la bomba.....	37
2.9.3. Potencia hidráulica y eléctrica.....	38
2.10. Cálculo estructural de la prensa .....	39
2.10.1. Altura final del conjunto de extracción .....	39
2.10.2. Altura del cilindro hidráulico y altura libre .....	39

2.10.3. Separación entre barras y bandeja de recolección .....	39
2.10.4. Verificación de barras por tensión axial .....	40
2.10.5. Verificación frente a pandeo .....	40
2.10.6. Base inferior y tapa superior por flexión .....	41
Capítulo 3 .....	42
3. Resultados y análisis .....	43
3.1. Requerimientos funcionales y restricciones de diseño .....	43
3.1.1. Diseño CAD 3D de la prensa .....	43
3.1.2. Lista de materiales y componentes requeridos (BOM) .....	44
3.1.3. Parámetros operativos y dimensionales consolidados.....	45
3.2. Simulación y verificación estructural .....	46
3.2.1. Análisis del factor de seguridad.....	47
3.2.2 Análisis de esfuerzos equivalentes (von Mises).....	48
3.2.3 Análisis de desplazamientos totales .....	49
3.2.4 Análisis de deformación equivalente.....	50
3.2.5 Análisis de presión de contacto .....	51
3.3 Análisis hidráulico y validación de presión .....	53
3.3.1 Resultados de dimensionamiento del sistema hidráulico .....	53
3.4 Selección y especificaciones de componentes .....	54
3.4.1 Selección del sistema hidráulico de potencia y control.....	55
3.5 Análisis económico y estrategia de abastecimiento de componentes .....	56
3.5.1 Metodología de estimación económica y criterios de costeo .....	56
3.5.2 Parámetros de costo base: materiales, procesos y logística.....	57
3.5.3 Costos de fabricación local del conjunto estructural y partes de proceso .....	58
3.5.4 Costos de componentes comerciales (hidráulicos y eléctricos).....	59
3.5.5 Consolidación del costo de fabricación local puesto en operación .....	60
3.5.6 Alternativa de importación: Costo de un equipo equivalente desde China.....	61
3.5.7 Estrategia de abastecimiento y criterio de decisión.....	62

Capítulo 4.....	65
4. Conclusiones y recomendaciones .....	66
4.1 Conclusiones .....	66
4.2 Recomendaciones .....	67
REFERENCIAS.....	69
APÉNDICES.....	73

## Abreviaturas

AISI	American Iron and Steel Institute (designación de aceros)
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	ASTM International (estándares de materiales y ensayos)
BOM	Bill of Materials (lista de materiales)
BPVC	Boiler and Pressure Vessel Code (Código ASME)
CAD	Computer-Aided Design (diseño asistido por computadora)
CIF	Cost, Insurance and Freight (Incoterm)
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FOB	Free On Board (Incoterm)
FS	Factor de seguridad
FODINFA	Fondo de Desarrollo para la Infancia (Ecuador)
ICCO	International Cocoa Organization
ISO	International Organization for Standardization
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MIG	Metal Inert Gas (soldadura GMAW/MIG)
NPS	Nominal Pipe Size (diámetro nominal de tubería)
PLC	Programmable Logic Controller (controlador lógico programable)
SAE	Society of Automotive Engineers (designación de aceros)
Sch	Schedule (cédula de tubería)
TIG	Tungsten Inert Gas (soldadura GTAW/TIG)
USD	United States Dollar (dólar estadounidense)

## Simbología

A	Área (sección transversal o área efectiva del pistón)
a	Aceleración
D	Diámetro (pistón/cámara)
d	Diámetro (secundario: perno, eje, tubería)
E	Módulo de elasticidad (Young)
F	Fuerza (prensado, reacción)
FS	Factor de seguridad
g	Aceleración de la gravedad
H	Altura (geométrica)
I	Momento de inercia (segundo momento de área)
k	Rigidez (constante elástica)
L	Longitud
m	Masa
m_lote	Masa por lote de licor de cacao
M	Momento flector
n	Número de ciclos por hora / cantidad
p	Presión (de trabajo/diseño)
P	Potencia
P_m	Potencia del motor eléctrico
Q	Caudal volumétrico (bomba)
R	Radio
S	Carrera del pistón
$\sigma$	Esfuerzo normal
$\sigma_{vM}$	Esfuerzo equivalente de von Mises

$\tau$	Esfuerzo cortante
$t$	Tiempo
$t_{\text{ciclo}}$	Tiempo total de ciclo
$T$	Temperatura
$u$	Desplazamiento (simulación/FEA)
$V$	Volumen
$v$	Velocidad
$W$	Peso (fuerza por gravedad)
$\varepsilon$	Deformación unitaria
$\varepsilon_{\text{eq}}$	Deformación equivalente
$\eta$	Eficiencia (hidráulica, mecánica o global)
$\rho$	Densidad

## Índice de figuras

Figura 1 Prensa Hidráulica.....	7
Figura 2 Prensa de Tornillo.....	8
Figura 3 Prensa en Caliente.....	9
Figura 4 Proceso de diseño de la prensa de cacao.....	19
Figura 5 Alternativa A: Prensa horizontal, con cámara dispuesta lateralmente y pistón avanzando en el eje horizontal. ....	21
Figura 6 Alternativa B: Prensa vertical, con cámara cilíndrica en posición vertical y pistón ascendiendo desde la parte inferior. ....	22
Figura 7 Alternativa C: Prensa vertical, con cámara cilíndrica en posición vertical y pistón descendente desde la parte superior. ....	22
Figura 8 Alternativa B1: cámara cilíndrica perforada + pistón plano inferior.....	23
Figura 9 Alternativa B2: cámara cilíndrica perforada + placa con canales de salida + placa filtrante independiente. ....	23
Figura 10 Alternativa B3: cámara con canales + pistón plano inferior perforado. ....	24
Figura 11 Representación tridimensional del diseño del modelo. ....	44
Figura 12 Simulación de factor de seguridad.....	48
Figura 13 Simulación de esfuerzos equivalentes .....	49
Figura 14 Simulación de desplazamientos totales.....	50
Figura 15 Simulación de deformación equivalente.....	51
Figura 16 Simulación de presión de contacto .....	52

## Índice de tablas

Tabla 1 Evaluación de alternativas para la configuración global de la prensa .....	25
Tabla 2 Evaluación de alternativas para el sistema de prensado.....	27
Tabla 3 Lista de materiales y componentes requeridos (BOM).....	45
Tabla 4 Parámetros principales de operación y dimensionamiento. ....	46
Tabla 5 Resultados de dimensionamiento del sistema hidráulico.....	54
Tabla 6 Componentes hidráulicos seleccionados y especificaciones mínimas.....	55
Tabla 7 Precios unitarios y parámetros base usados en el costeo .....	57
Tabla 8 Estimación de costo por pieza fabricada localmente (material + proceso + logística) ....	58
Tabla 9 Estimación de costos de componentes comerciales (mercado Ecuador / importación dirigida).....	60
Tabla 10 Presupuesto total estimado de fabricación local .....	61
Tabla 11 Desglose estimado de importación “puesto en planta” .....	62
Tabla 12 Comparación final de alternativas y criterio de selección .....	64

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Camisa
PLANO 2	Base tapa
PLANO 3	Columna 1
PLANO 4	Columna 2
PLANO 5	Base
PLANO 6	Tapa
PLANO 7	Soporte
PLANO 8	Cilindro hidráulico 1
PLANO 9	Cilindro hidráulico 2
PLANO 10	Cilindro hidráulico 3
PLANO 11	Cilindro hidráulico 4
PLANO 12	Tope tapa 1
PLANO 13	Tope tapa 2
PLANO 14	Manigueta
PLANO 15	Placa pistón
PLANO 16	Placa separador 1
PLANO 17	Placa separador 2
PLANO 18	Cámara perforada
PLANO 19	Prensa explosionada

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

La producción global del cacao se encuentra organizada en una cadena de valor, altamente coordinada, donde la capacidad de fijar condiciones comerciales, gestionar riesgos de precio y definir estándares de calidad suele concentrarse en actores con mayor poder de mercado, especialmente intermediarios transnacionales y segmentos industriales de gran escala. Esta estructura tiende a generar resultados distributivos asimétricos, ya que los productores primarios quedan expuestos a fluctuaciones de precios y restricciones de acceso a información, financiamiento y servicios técnicos, mientras que los márgenes y la captura de valor aumentan a medida que se avanza hacia actividades de transformación y comercialización internacional. En estudios recientes se evidencia una participación predominante de grandes traders en el comercio global, lo que refuerza condiciones de concentración y gobernanza que limitan la apropiación del valor agregado por parte de los eslabones agrícolas (Tuentner et al., 2020).

Sin embargo, Cedeño Coll & Dilas-Jiménez (2022) señalan que la gran mayoría (aprox. 86%) de las exportaciones ecuatorianas de cacao aún salen como grano sin procesar, y solo cerca de 14% como productos semi-industrializados (manteca, licor, polvo, chocolate, etc.). Esta baja proporción de valor agregado refleja un importante desafío para la industrialización y el fortalecimiento de la cadena productiva nacional.

En la actualidad, la manteca de cacao se extrae tradicionalmente por métodos mecánicos de prensado. En el proceso industrial clásico de fabricación de *cocoa powder* y manteca, se parte del licor de cacao (pasta de *nibs* molidos y calentados) que se somete a un prensado para separar la grasa. Históricamente, este prensado se realizaba con prensas hidráulicas verticales de alta presión (varias decenas de MPa), pero desde mediados del siglo XX se popularizó el uso de prensas de tornillo sinfín continuas para oleaginosas, debido a su mayor eficiencia (Vásquez Carrera et al., 2020).

El diseño de una prensa extractora de manteca de cacao de pequeña escala conlleva diversos retos de ingeniería. Dado que los equipos industriales especializados suelen ser de alto costo y poco accesibles para cooperativas locales, se han emprendido proyectos académicos para

desarrollar prototipos de menor capacidad adaptados a la realidad regional (Grass Plata & Vera Parra, 2023).

Incorporar procesos como la extracción de manteca de cacao en el país de origen (en lugar de exportar solamente materia prima) conlleva importantes beneficios. En términos económicos, añadir valor en origen permite a los productores y a la economía local capturar una porción mucho mayor de la cadena de valor del cacao. Actualmente, se estima que los cultivadores de cacao reciben solo alrededor del 11% (o menos) del precio final de un chocolate en el mercado, mientras que los dos eslabones finales de la cadena (procesadores y comercializadores en países consumidores) capturan hasta un 70% del valor (Ruiz, 2024).

## **1.2 Descripción del problema**

En Ecuador, la producción de cacao es una actividad de gran importancia socioeconómica, especialmente sustentada por pequeños agricultores. El país se ha posicionado como el tercer mayor productor mundial de cacao, y este cultivo constituye el cuarto pilar de la economía nacional. Para más de 150.000 familias ecuatorianas, el cacao representa su principal fuente de ingresos, y alrededor del 70% de los aproximadamente 397.000 productores son pequeños agricultores con fincas de menos de 5 hectáreas (Preferred by Nature, 2025).

En el contexto ecuatoriano, la estructura productiva está fuertemente asociada a unidades de pequeña escala que comercializan principalmente grano seco, con limitada incorporación sistemática de actividades de mayor valor agregado. La evidencia empírica sugiere que la mejora en ingresos no depende únicamente de la variedad comercializada, sino de la adopción efectiva de prácticas de poscosecha y control de calidad que permitan diferenciar el producto y acceder a mejores condiciones de precio. En este sentido, la transformación local y la disponibilidad de soluciones tecnológicas para procesamiento se convierten en factores determinantes para mejorar la participación de los productores y actores locales en la captura de valor (Villacis et al., 2022).

Pabón Andrade (2016) señala que actualmente más del 90% de las exportaciones de cacao ecuatoriano salen como grano bruto sin procesar, lo cual refleja que existen muy pocas iniciativas locales de procesamiento industrial o elaboración de derivados dentro del país.

Esta situación representa una problemática evidente para los pequeños productores de cacao, quienes al no agregar valor a su producto obtienen ingresos bajos y dependen casi por completo de los precios internacionales del grano. La limitada disponibilidad de tecnología, infraestructura y capacitación técnica impide que muchos transformen su producción en derivados semielaborados como pasta, licor o manteca de cacao o en productos finales, como el chocolate, que podrían aumentar significativamente el valor comercial de sus cosechas.

Estas limitaciones suelen explicarse por restricciones de inversión inicial, costos energéticos, falta de estandarización operativa, ausencia de personal técnico para mantenimiento y riesgos asociados a operación segura en condiciones industriales (Coggins et al., 2022). En paralelo, la literatura reciente destaca que los mecanismos de extensión y transferencia tecnológica, incluyendo herramientas digitales de asistencia técnica, pueden reducir brechas de información y fortalecer capacidades locales cuando se articulan con instituciones académicas y actores productivos (Kumar et al., 2023).

### **1.3 Justificación del problema**

En el contexto del cacao, la mayor captura de valor económico suele concentrarse en las etapas industriales posteriores (molienda, prensado, formulación y manufactura), mientras que los países productores permanecen expuestos a volatilidad de precios y a relaciones de mercado donde los márgenes se distribuyen de manera asimétrica entre actores. En particular, la evidencia reciente sobre gobernanza y formación de precios en la cadena global del cacao describe un rol dominante de intermediarios–procesadores (“grinder-traders”) en la transmisión de precios y en la estructuración contractual, lo cual limita la capacidad de los países productores para capturar valor mediante transformación local (Staritz et al., 2022).

Ecuador se posiciona como un actor relevante por su producción y exportación de cacao, y por su presencia en nichos de cacao fino/aromático. No obstante, incluso en cadenas de mayor diferenciación, donde la consolidación del mercado y los mecanismos internacionales de referencia de precio restringen el impacto de la diferenciación sobre la captura de valor en origen. Por ello, la generación de capacidades tecnológicas para transformar el cacao en derivados (como manteca) se considera una vía consistente con estrategias de escalamiento industrial y reducción de vulnerabilidad ante choques y restricciones logísticas, particularmente cuando se trata de fortalecer la resiliencia de productores y actores intermedios en cadenas exportadoras (Zambrano et al., 2024).

Bajo este marco, el desarrollo de una prensa electrohidráulica orientada a la extracción de manteca de cacao contribuye de forma directa a cerrar brechas tecnológicas en el eslabón de transformación primaria. El diseño de un equipo de prensado con capacidad de 100 kg/h responde a una necesidad práctica: habilitar el procesamiento local en escalas compatibles con emprendimientos y plantas pequeñas/medianas, incorporando criterios de seguridad, mantenibilidad y compatibilidad sanitaria (selección de aceros inoxidables en zonas de contacto y arquitectura de fácil limpieza). Adicionalmente, la solución propuesta genera un aporte ingenieril verificable al integrar dimensionamiento hidráulico, verificación estructural y criterios de selección de componentes, alineando el desempeño mecánico con requerimientos operativos de presión y temperatura característicos del prensado de licor de cacao.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Diseñar una prensa electrohidráulica para la extracción de manteca de cacao con capacidad de procesar 100 kg por hora.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

1. Determinar los parámetros de diseño y las condiciones de operación de la prensa electrohidráulica para alcanzar una capacidad de 100 kg por hora.
2. Seleccionar los componentes hidráulicos y eléctricos de la prensa electrohidráulica que garanticen la capacidad requerida y la eficiencia energética del sistema.
3. Analizar, mediante simulación, el comportamiento estructural de los elementos principales de la prensa.
4. Estimar el costo de fabricación de la prensa electrohidráulica y compararlos con la adquisición de un equipo equivalente en el exterior.

## **1.5 Marco teórico**

### ***1.5.1 Generalidades del proceso de extracción de manteca de cacao***

#### **1.5.1.1 Propiedades fisicoquímicas del cacao.**

Dentro de los granos de cacao secos, podemos destacar que tienen varios componentes funcionales entre los cuales podemos mencionar: proteínas, fibras, almidón, teobromina, entre otros; destacando la manteca de cacao, la cual su contenido representa la proporción más alta, encontrándose está entre el 45 y 55 % (Lin & Choong, 2022).

La manteca de cacao se caracteriza por un perfil de ácidos grasos bastante uniforme: el ácido oleico (monoinsaturado, C18:1) es mayoritario (37%), seguido del ácido esteárico (saturado, C18:0, 34%) y el ácido palmítico (saturado, C16:0, 25%); otros ácidos grasos como el linoleico (C18:2) aparecen en proporción muy baja (2%) (Álvarez Fernández et al., 2022).

La composición singular de ácidos grasos y la estructura triglicérido de la manteca de cacao determinan un rango de fusión muy estrecho, comprendido entre aproximadamente 32 °C y 35 °C. Este comportamiento térmico particular influye directamente en sus propiedades físicas durante el procesamiento del chocolate (Lin & Choong, 2022). Además, al ser un subproducto de gran valor en dicho proceso, la manteca de cacao facilita la dispersión y la fluidez del cacao en polvo, la

pasta, el azúcar y otros ingredientes, contribuyendo a la formación de una mezcla continua y homogénea (Vidhate & Singhal, 2013).

### **1.5.1.2 Métodos de extracción existentes**

Tradicionalmente, la obtención de manteca de cacao se realiza presionando la pasta o licor de cacao para separar la grasa del sólido (torta de cacao). Sin embargo, existen múltiples enfoques de extracción:

#### ***1.5.1.2.1 Prensado mecánico e hidráulico.***

Es el método más común a nivel industrial. Consiste en aplicar altas presiones (por ejemplo 30–60 MPa, mediante prensas hidráulicas) sobre la masa de cacao calentada moderadamente (50–100 °C) para “exprimir” la manteca. Típicamente se recupera alrededor del 50% del peso del cacao como manteca, dejando una torta con 10–20% de grasa residual (Galindo Pacherres & Galindo Pacherres, 2022).

**Figura 1**

*Prensa Hidráulica*



#### ***1.5.1.2.2 Prensado por tornillo (expeller)***

El prensado por tornillo, también denominado prensado continuo tipo expeller, se basa en el transporte y compactación progresiva del material oleaginoso mediante un tornillo sinfín que gira dentro de una camisa perforada. A medida que el paso efectivo se reduce y aumenta la

resistencia a la salida, se generan zonas de compresión y cizalladura que rompen la matriz sólida y favorecen la liberación de la fase grasa. A diferencia de las prensas hidráulicas, en este sistema la fricción y el trabajo mecánico elevan la temperatura del producto durante la operación, aun cuando se pretenda trabajar en “modo frío”, lo cual puede ser beneficioso para la fluidez de la grasa, pero exige control térmico para evitar degradación de calidad en condiciones severas (Panzanini et al., 2024).

**Figura 2**

*Prensa de Tornillo*

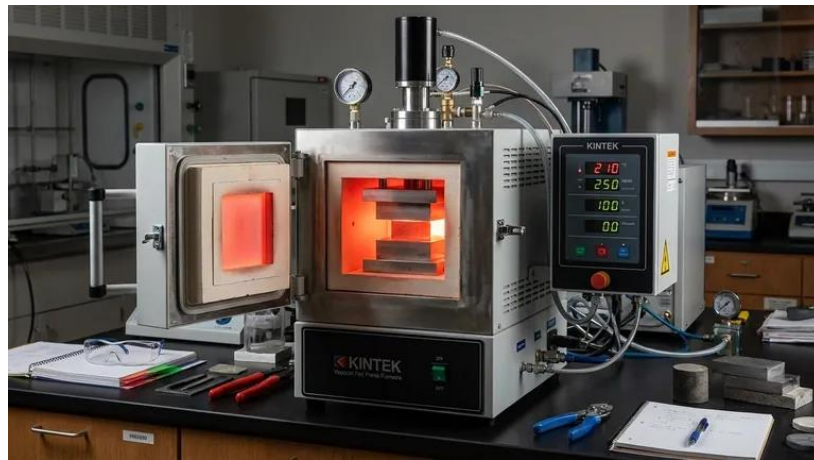


#### ***1.5.1.2.3 Prensado en caliente (asistido térmicamente)***

El prensado en caliente corresponde a un enfoque termo-mecánico en el que el material se acondiciona térmicamente antes y/o durante la compresión, con el objetivo de reducir la viscosidad de la fase lipídica y aumentar su movilidad a través del medio poroso que forma la torta. En la práctica, el calentamiento facilita el flujo de la grasa hacia los canales de drenaje, reduce pérdidas por retención capilar y puede estabilizar la operación al disminuir la resistencia al paso del fluido. Este principio es particularmente relevante en cacao, dado que la manteca debe mantenerse por encima de su rango de fusión para evitar solidificación durante la extracción y garantizar el drenaje continuo (Piravi-Vanak et al., 2024).

**Figura 3**

*Prensa en Caliente*



### **1.5.1.3 Volumen de producción de cacao y derivados**

Según la International Cocoa Organization (2025), la producción mundial de cacao en grano para el año cacaotero 2023/24 se estimó en 4,365 millones de toneladas, mientras que para 2024/25 se proyectó una recuperación hasta 4,698 millones de toneladas, reflejando un escenario de ajuste del mercado tras un periodo de oferta restringida.

En cuanto a derivados, la dinámica industrial suele aproximarse mediante las grindings (molienda/procesamiento), indicador directamente ligado a la generación de licor de cacao y, posteriormente, a la obtención de manteca y torta (base para cocoa powder) por prensado. La International Cocoa Organization estimó 4,810 millones de toneladas de grindings en 2023/24 y 4,602 millones de toneladas en 2024/25 (variación interanual de  $-4,3\%$ ). Este comportamiento se enmarca en un balance global que pasó de un déficit de 489 mil toneladas en 2023/24 a un superávit estimado de 49 mil toneladas en 2024/25, con stocks de cierre de 1,275 y 1,324 millones de toneladas, respectivamente, y grindings ratio que se incrementa de  $26,5\%$  a  $28,8\%$ , evidenciando una ligera recomposición de inventarios (Melo et al., 2022).

### **1.5.1.4 Destino y comercialización del producto final**

La cadena de valor del cacao se caracteriza por una marcada asimetría entre la producción dispersa y la concentración industrial. Se estima que entre 5 y 6 millones de agricultores en el

mundo cultivan cacao, alrededor del 90% de ellos son pequeños productores (pequeños propietarios) con fincas típicamente menores a 5 hectáreas. Este sector agrícola sustenta los medios de vida de casi 50 millones de personas en países en desarrollo (Bermúdez et al., 2022).

En contraste, las etapas de acopio, procesamiento e industrialización están dominadas por un número reducido de intermediarios y empresas multinacionales. Por ejemplo, solo tres grandes firmas comerciales (Olam, Cargill y Barry Callebaut) manejan en conjunto cerca del 40% del comercio mundial de cacao (Parra-Paitan et al., 2023).

Asimismo, Gaia Cacao B.V. (2021) destaca, cinco compañías concentran más de la mitad de la molienda y fabricación primaria de derivados del cacao. La industria del chocolate a nivel minorista también es oligopólica: corporaciones como Mars, Mondelēz, Nestlé, Hershey, Ferrero, Lindt, etc., controlan buena parte del mercado global de chocolates y confitería.

#### **1.5.1.5 Exportación y mercados internacionales**

Nuestro país, se mantiene entre los principales exportadores de cacao fino de aroma a nivel mundial, aportando cerca del 63 % del cacao fino certificado en el comercio global (International Cocoa Organization (ICCO), 2023).

En Ecuador, el cacao representa un rubro agrícola de importancia dentro de la canasta exportadora no petrolera y sostiene un número significativo de empleos directos e indirectos a lo largo de la cadena (Zambrano et al., 2024). Estudios recientes sobre la cadena cacaotera ecuatoriana documentan crecimiento sostenido de la producción y relevancia del país como exportador, además de destacar su papel dentro del mercado de cacao fino/aromático. No obstante, alrededor del 90 % del volumen exportado corresponde a cacao en grano sin procesar, lo que reduce significativamente la captación de valor agregado dentro del país (Cedeño Coll & Dilas-Jiménez, 2022).

Las tendencias internacionales muestran una creciente demanda por derivados de alta pureza como manteca, licor y polvo de cacao impulsada por las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, que buscan materias primas naturales y trazables (Mendoza et al., 2024). Esto abre oportunidades para que el Ecuador diversifique su oferta exportable y fortalezca su posicionamiento como proveedor de cacao premium procesado.

#### **1.5.1.6 Valor agregado y oportunidades industriales**

El desarrollo de la industria cacaotera ecuatoriana enfrenta el reto de pasar de la exportación de materia prima a la producción de derivados con alto valor agregado, tales como manteca, polvo y chocolate. El cacao procesado genera hasta tres veces más ingresos que el grano seco, por lo que su industrialización representa una estrategia clave para aumentar la rentabilidad rural (Ruiz, 2024). Además, el procesamiento local permite mantener el control sobre la calidad del cacao fino de aroma, preservar su trazabilidad y aprovechar la reputación internacional del producto ecuatoriano (Moreno-Miranda et al., 2020). Para los pequeños productores, la creación de microplantas o talleres equipados con tecnología apropiada, como prensas hidráulicas o electrohidráulicas, puede transformar su rol en la cadena de valor, generando empleo, autonomía económica y sostenibilidad. Estas oportunidades industriales también fortalecen la competitividad nacional y apoyan los Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados a producción responsable y crecimiento económico inclusivo (United Nations, s/f).

#### **1.5.1.7 Procesos de extracción mecánica e hidráulica**

La extracción de manteca de cacao puede realizarse por rutas con solventes o por expresión mecánica; para aplicaciones alimentarias, el prensado mecánico se reconoce como una alternativa industrial ampliamente utilizada al evitar etapas de recuperación de solvente y simplificar consideraciones de inocuidad, a costa de requerir equipos de alta fuerza y control térmico para mantener la manteca en estado fluido. Revisiones recientes sobre métodos de extracción de aceites señalan que, en general, la expresión mecánica exige un balance entre rendimiento, calidad del

producto y consumo energético, donde variables como temperatura y tiempo de prensado influyen de manera directa sobre el rendimiento y propiedades del extracto (Lavenburg et al., 2021)

La modernización de estos sistemas mediante accionamiento electrohidráulico que integra bombas eléctricas, válvulas de control y sensores de presión ha permitido optimizar el control del proceso, mejorar la uniformidad del producto y reducir el esfuerzo operativo (Grass Plata & Vera Parra, 2023). Estos avances tecnológicos hacen viable el diseño de prensas de mediana capacidad ( $\approx 100$  kg/h) adaptadas a pequeños productores, combinando eficiencia energética, seguridad y facilidad de operación.

En el caso del cacao, el prensado industrial se ejecuta en ciclos y a presiones elevadas, con el objetivo adicional de alcanzar tortas con baja grasa residual; referencias técnicas de prensas para separación de masa de cacao reportan ciclos típicos del orden de decenas de minutos y presiones del orden de centenas de bar para cumplir especificaciones de grasa residual en torta. En paralelo, estudios a escala industrial evidencian que el desempeño del prensado se evalúa por calidad del subproducto (torta) y repetibilidad del proceso, además del rendimiento de manteca (Mantel, 2004).

### ***1.5.2 Principios de funcionamiento de una prensa hidráulica***

Una prensa hidráulica es una máquina que utiliza el principio de Pascal para generar fuerzas elevadas mediante un fluido incompresible confinado. Este principio establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite de forma uniforme en todas las direcciones dentro del sistema (Khurmi & Gupta, 2008). En una prensa típica, un cilindro maestro o bomba impulsa aceite hidráulico hacia un cilindro esclavo o de trabajo, donde la presión se transforma en fuerza mecánica sobre un pistón de mayor diámetro. De esta forma, pequeñas presiones aplicadas sobre un área reducida pueden multiplicarse en un área mayor, logrando capacidades de prensado que pueden superar las 60 MPa en aplicaciones industriales (Parr, 1991). El sistema está compuesto principalmente por un reservorio de fluido, bomba hidráulica, válvulas de control (de

presión, caudal y dirección), cilindros y filtros, los cuales operan en conjunto para desarrollar el ciclo de prensado: avance, presión, mantenimiento y retorno (Bahr Khalil, 2016). Este principio hace posible el uso de prensas hidráulicas en procesos que requieren alta precisión y fuerza controlada, como el moldeo, el troquelado o la extracción de manteca de cacao en la industria agroalimentaria.

### ***1.5.3 Sistema electrohidráulico aplicado a prensas***

Un sistema electrohidráulico combina la potencia del sistema hidráulico con el control preciso de los componentes eléctricos y electrónicos. En este tipo de configuración, los actuadores hidráulicos (bombas, válvulas proporcionales y servoválvulas) son gobernados por controladores eléctricos o PLCs, que regulan la presión, caudal y posición con alta exactitud (Esposito, 2014).

Esto permite automatizar el ciclo de prensado, optimizando parámetros como tiempo de prensado, fuerza aplicada y temperatura del material, lo cual resulta esencial en procesos sensibles como la extracción de aceites o manteca de cacao.

Las prensas electrohidráulicas integran la alta densidad de potencia del sistema hidráulico con control eléctrico para gobernar presión, caudal y secuencias de operación, lo que permite automatizar ciclos de prensado, mejorar repetibilidad y elevar estándares de seguridad mediante instrumentación (manometría, presostatos), válvulas de alivio y estrategias de enclavamiento (Yan et al., 2022).

Desde la perspectiva energética, investigaciones recientes muestran que la eficiencia de los sistemas hidráulicos puede incrementarse mediante arquitecturas con motores de velocidad variable y estrategias de control que ajustan el punto de operación al estado de carga, reduciendo pérdidas en condiciones de baja demanda y mejorando el desempeño global del conjunto bomba–motor–válvulas (Yan et al., 2022).

#### ***1.5.4 Normativas técnicas aplicables***

El diseño, fabricación y operación segura de prensas hidráulicas se rige por un conjunto de normas internacionales que garantizan la integridad estructural, la confiabilidad del sistema y la seguridad del operador. La norma ASME B30.1-2021 establece los requisitos generales de seguridad para prensas hidráulicas, incluyendo criterios de carga, dispositivos de alivio de presión y mecanismos de bloqueo. Por su parte, la norma ISO 4413:2019 define los principios de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas hidráulicos de potencia, mientras que ISO 12100:2010 aborda los principios generales de seguridad en el diseño de maquinaria. En cuanto a materiales y componentes, la norma ASTM A370-22 regula los métodos de ensayo mecánico de aceros estructurales utilizados en cilindros o bastidores, y ASME BPVC Sección VIII establece criterios de diseño y pruebas para recipientes a presión, aplicables a componentes hidráulicos (ASME, 2021). Adicionalmente, las normas ISO 13849-1:2015 e ISO 13850:2015 establecen los requisitos de seguridad funcional y parada de emergencia en maquinaria industrial. Cumplir con estas normas no solo asegura la durabilidad y resistencia de la prensa, sino que garantiza condiciones seguras de operación, reduciendo riesgos por sobrepresión o fallos estructurales.

## **Capítulo 2**

## **2. Metodología.**

### **2.1. Enfoque metodológico del diseño**

El diseño de una prensa electrohidráulica para la extracción de manteca de cacao requiere un procedimiento sistemático que permita pasar desde la definición del problema hasta una solución técnicamente viable, segura y económicamente razonable. En este proyecto se adopta un enfoque de diseño ingenieril basado en metodologías clásicas de diseño de producto, que se estructuran en fases lógicas y sucesivas.

Complementariamente, se incorpora la idea de retroalimentación entre etapas: si en una fase de cálculo o verificación se detecta que algún componente no cumple con las condiciones de operación, se regresa a la etapa anterior para modificar dimensiones, materiales o configuraciones. Este esquema iterativo es especialmente útil para equipos de proceso como prensas industriales.

En consecuencia, el presente capítulo describe, en primer lugar, la metodología de diseño y el flujograma de trabajo, y a continuación desarrolla el dimensionamiento geométrico, mecánico e hidráulico de la prensa electrohidráulica propuesta.

### **2.2. Requerimientos funcionales y restricciones de diseño**

#### ***2.2.1. Función principal del equipo***

La función principal de la prensa es extraer manteca de cacao a partir de licor de cacao previamente procesado (tostado, descascarillado, molido y calentado). El licor caliente se introduce en una malla filtrante o bolsa permeable, la cual se coloca dentro de la cámara de extracción. Mediante la acción del pistón hidráulico se genera una presión elevada sobre el licor, provocando la separación de la fase líquida (manteca) que es drenada a través de la malla y de las perforaciones laterales del vaso.

### **2.2.2. Capacidad de procesamiento y modo de operación**

El modo de operación es por lotes (cíclico). Se ha establecido como objetivo de diseño una capacidad de 100 kg/h de licor de cacao, distribuidos en ciclos de 20 kg por lote, con una duración total de ciclo de 12 minutos.

En una hora se ejecutan aproximadamente 5 ciclos, lo que permite alcanzar la capacidad prevista:

$$100 \text{ kg/h} = 5 \text{ ciclos/h} \times 20 \frac{\text{Kg}}{\text{ciclo}}$$

Sin embargo, cada ciclo de 20 kg se conforma por dos cargas internas de 10 kg, procesadas dentro del mismo ciclo, dispuestas en la cámara separadas por placas (placas intermedias de separación), de modo que se generan dos “paquetes” o secciones de prensado independientes en una misma operación:

$$20 \text{ kg/ciclo} = 10 \text{ kg} + 10 \text{ kg}$$

Cada ciclo incluye las etapas de: carga y colocación del primer bloque (10 kg), colocación de placa separadora, carga y colocación del segundo bloque (10 kg), acomodo final del conjunto con placas, prensado, descompresión, retiro del sólido prensado (dos secciones separadas) y limpieza básica.

### **2.2.3. Condiciones de presión de operación**

Para lograr una extracción eficiente de la manteca, se ha definido una presión de diseño de:

$$P_d = 35 \text{ MPa} = 350 \text{ bar}$$

Esta presión es aplicada sobre el conjunto malla–licor mediante la acción del pistón hidráulico. El valor se selecciona de acuerdo con rangos de presión utilizados en prensas industriales para semillas oleaginosas, garantizando una fuerza suficiente sin sobredimensionar excesivamente la estructura.

#### **2.2.4. Condiciones térmicas del proceso**

La prensa propuesta no cuenta con sistema de calentamiento propio. El licor de cacao se alimenta ya caliente desde el proceso anterior, en un rango de temperatura de:

$$T = 70\text{--}80^{\circ}\text{C}$$

La función de la prensa se limita a la compresión mecánica, por lo que las consideraciones térmicas se restringen a la selección adecuada de materiales (aceros inoxidable, sellos, mangueras) compatibles con esta temperatura.

#### **2.2.5. Requerimientos de control y automatización**

El sistema electrohidráulico debe permitir:

- Control automático de la presión, con posibilidad de fijar un valor máximo (35 MPa).
- Control del tiempo de prensado.
- Paro de emergencia y sistema de alivio por sobrepresión.
- Instrumentación mínima: manómetro, temporizador y señalización luminosa/sonora de fin de ciclo.

#### **2.2.6. Restricciones de diseño**

Entre las principales restricciones se consideran:

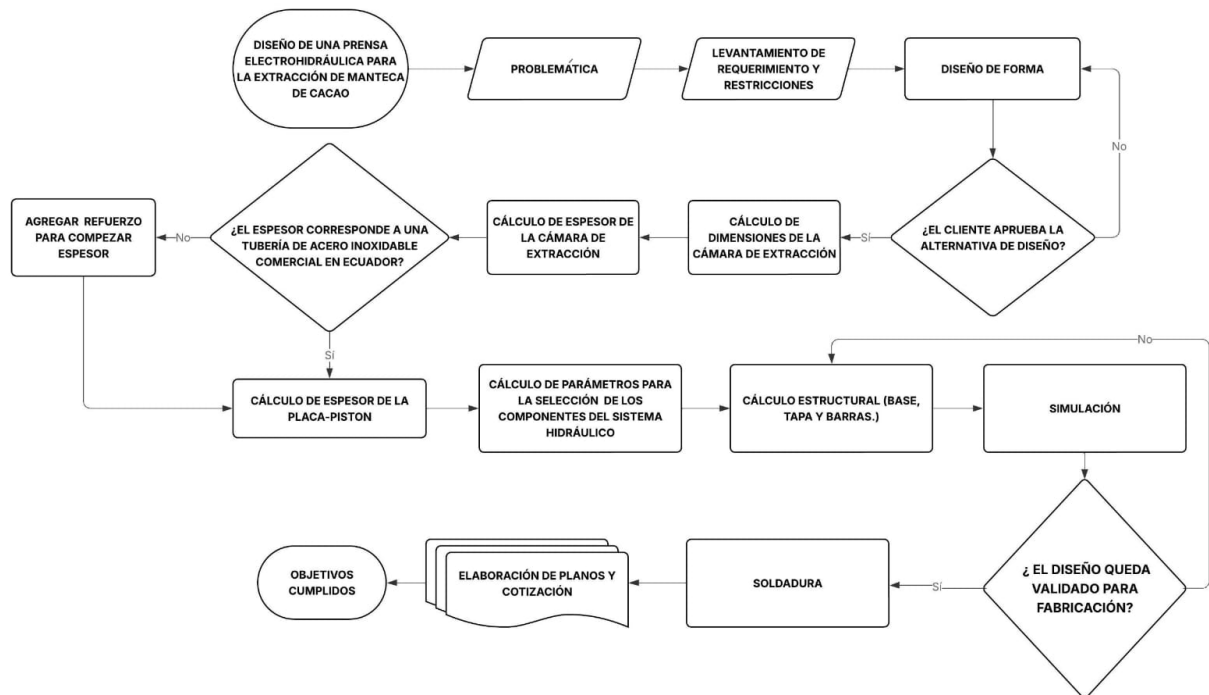
- Disponibilidad local de componentes hidráulicos estándar.
- Uso de acero inoxidable en las superficies en contacto con el producto, por requerimientos higiénicos.
- Compatibilidad de sellos y mangueras con presión de 350 bar y temperaturas de hasta 80 °C.
- Seguridad del operador durante el proceso de prensado y descompresión.
- Costos de fabricación razonables para un entorno de pequeña industria.

### 2.3. Flujograma del proceso de diseño

El proceso de diseño seguido se puede representar mediante el siguiente conjunto de etapas:

**Figura 4**

*Proceso de diseño de la prensa de cacao*



El diagrama de flujo evidencia una metodología de diseño iterativa y verificable, donde el proceso no se limita a calcular dimensiones, sino que incorpora puntos de decisión clave para asegurar viabilidad técnica y constructiva. Luego de definir la problemática y levantar requerimientos/restricciones, se generan alternativas de forma que deben ser aprobadas por el cliente, lo cual evita avanzar con una solución que no cumpla expectativas funcionales. Posteriormente, el dimensionamiento y cálculo de espesor de la cámara se contrastan con la disponibilidad de tubería comercial en acero inoxidable; si el espesor calculado no coincide con materiales existentes en el mercado local, se plantea la incorporación de refuerzo o camisa para mantener la seguridad estructural sin encarecer o dificultar la fabricación. Con la geometría definida, el método integra el cálculo del pistón, la selección del sistema hidráulico y el análisis

estructural (base, tapa y barras), finalizando con simulación y evaluación de soldadura, lo que permite validar esfuerzos y uniones críticas antes de elaborar planos y cotización, asegurando que los objetivos del diseño se cumplan con criterios de seguridad, manufactura y operación.

## 2.4. Parámetros base para el dimensionamiento

Antes de entrar al análisis de alternativas y cálculos detallados, se resumen los parámetros fundamentales utilizados:

Masa de licor por ciclo:

$$m = 20 \text{ kg}$$

Densidad del licor caliente (aprox.):

$$\rho = 1180 \text{ kg/m}^3$$

Volumen requerido por ciclo:

$$V = \frac{m}{\rho} \tag{1}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = 0.0169 \text{ m}^3$$

Presión de diseño:

$$P_d = 35 \text{ MPa}$$

Área transversal de la cámara (cámara cilíndrica):

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \tag{2}$$

Altura teórica de la cámara para alojar el volumen  $V$ :

Partiendo de la relación geométrica del cilindro:

$$V = A \cdot h \tag{3}$$

Despejando la altura:

$$h = \frac{V}{A} \tag{4}$$

Sustituyendo  $A = \frac{\pi D^2}{4}$ :

$$h = \frac{V}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

Y como  $V = \frac{m}{\rho}$ , también puede expresarse directamente en función de masa y densidad:

$$h = \frac{4}{\pi D^2} \left(\frac{m}{\rho}\right) = \frac{4m}{\pi \rho D^2} \quad (5)$$

Tiempo total de ciclo:

$$t_{ciclo} = 12 \text{ min}$$

## 2.5. Análisis de alternativas de diseño

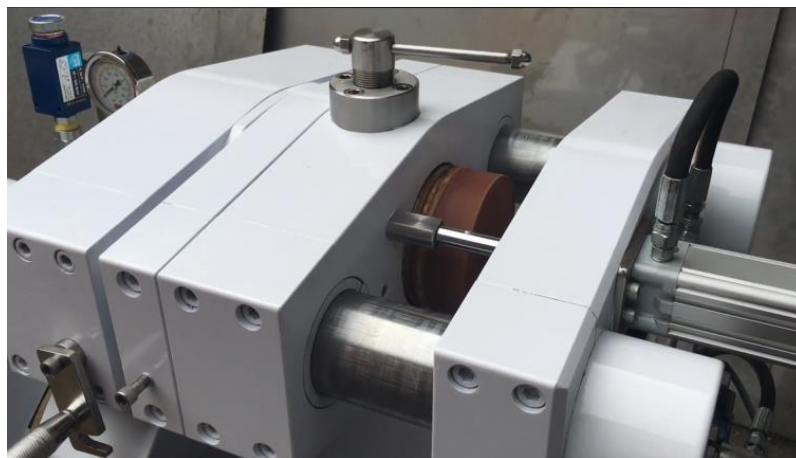
En esta sección se presentan las principales alternativas evaluadas para los diferentes subsistemas de la prensa. El objetivo es demostrar que la solución final seleccionada se obtiene tras un proceso racional de comparación entre varias opciones.

### 2.5.1. Alternativas de configuración global de la prensa

Se consideraron dos configuraciones principales:

#### Figura 5

*Alternativa A: Prensa horizontal, con cámara dispuesta lateralmente y pistón avanzando en el eje horizontal.*



**Figura 6**

*Alternativa B: Prensa vertical, con cámara cilíndrica en posición vertical y pistón ascendiendo desde la parte inferior.*



**Figura 7**

*Alternativa C: Prensa vertical, con cámara cilíndrica en posición vertical y pistón descendente desde la parte superior.*



### **2.5.2. Alternativas del sistema de prensado**

Se evaluaron tres alternativas principales para el sistema de cámara–pistón:

**Figura 8**

*Alternativa B1: cámara cilíndrica perforada + pistón plano inferior.*



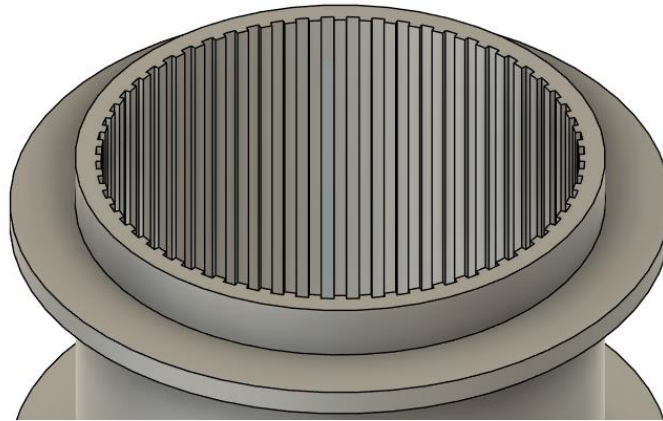
**Figura 9**

*Alternativa B2: cámara cilíndrica perforada + placa con canales de salida + placa filtrante independiente.*



**Figura 10**

*Alternativa B3: cámara con canales + pistón plano inferior perforado.*



### **2.5.3. Criterios de evaluación y selección**

Para definir la configuración final de la prensa electrohidráulica se recurrió al uso de matrices de decisión, una herramienta que permite comparar alternativas de diseño a partir de criterios previamente establecidos.

El análisis se realizó en dos niveles:

- Selección de la configuración global de la prensa.
- Selección del sistema de prensado (conjunto cámara–pistón).

#### **2.5.3.1 Definición de criterios de evaluación**

Para ambos niveles de análisis se utilizaron los mismos criterios generales, definidos a partir de los requisitos funcionales, estructurales y operativos del equipo:

1. Capacidad y aprovechamiento del espacio (C1):
2. Alineación de esfuerzos y estabilidad estructural (C2):
3. Facilidad de carga y descarga del material (C3):
4. Facilidad de drenaje de la manteca (C4):
5. Complejidad constructiva y fabricación local (C5):
6. Mantenimiento e higiene (C6):

## 7. Seguridad operativa (C7):

Para todos los criterios se empleó una misma escala de valoración cualitativa–cuantitativa:

**1:** Muy deficiente

**2:** Deficiente

**3:** Aceptable

**4:** Bueno

**5:** Muy bueno

El puntaje global de cada alternativa se obtuvo sumando las calificaciones asignadas en los siete criterios.

### 2.5.3.2 Matriz de decisión para la configuración global de la prensa

En primer lugar, se evaluó la configuración general de la prensa, considerando tres alternativas:

- **Alternativa A:** Prensa horizontal.
- **Alternativa B:** Prensa vertical con pistón inferior.
- **Alternativa C:** Prensa vertical con pistón superior.

La Tabla 1 presenta las calificaciones asignadas a cada alternativa de acuerdo con los criterios definidos.

**Tabla 1**

*Evaluación de alternativas para la configuración global de la prensa*

<b>Criterio / Alternativa</b>	<b>A – Horizontal</b>	<b>B – Vertical, pistón inferior</b>	<b>C – Vertical, pistón superior</b>
C1. Capacidad y uso de espacio	3	4	4
C2. Alineación de esfuerzos y estabilidad	3	5	4
C3. Facilidad de carga/descarga	3	4	3

C4. Facilidad de drenaje de la manteca	3	4	4
C5. Complejidad constructiva/fabricación	3	4	3
C6. Mantenimiento e higiene	3	4	3
C7. Seguridad operativa	3	5	4
Puntaje total	21	30	25

La Alternativa A (horizontal) presenta un desempeño homogéneo, pero sin sobresalir en ningún criterio, lo que se refleja en un puntaje total de 21. La Alternativa C (vertical con pistón superior) mejora notablemente la estabilidad y la seguridad respecto a la opción horizontal, alcanzando 25 puntos; no obstante, presenta ciertas limitaciones en la facilidad de carga y descarga, así como en la simplicidad constructiva.

Por su parte, la Alternativa B (prensa vertical con pistón inferior) es la que obtiene el mayor puntaje global (30 puntos). Esta configuración combina una buena utilización del espacio, una transmisión de esfuerzos más favorable hacia la base, adecuada facilidad de carga y descarga, y mayores niveles de seguridad y mantenibilidad. En consecuencia, se adopta la prensa vertical con pistón inferior como configuración global para el diseño detallado.

### 2.5.3.3 Matriz de decisión para el sistema de prensado (conjunto cámara–pistón)

En una segunda etapa se analizó el sistema de prensado, centrado en el conjunto cámara–pistón. Se estudiaron las siguientes alternativas:

- **B1:** Cámara cilíndrica perforada + pistón plano inferior.
- **B2:** Cámara cilíndrica perforada + placa con canales de salida + placa filtrante independiente.
- **B3:** Cámara con canales + pistón plano inferior perforado.

**Tabla 2***Evaluación de alternativas para el sistema de prensado*

<b>Criterio / Alternativa</b>	<b>B1 – Cámara perforada + pistón plano</b>	<b>B2 – Cámara perforada + placa con canales + placa filtrante</b>	<b>B3 – Cámara con canales + pistón perforado</b>
C1. Capacidad y uso de espacio	4	4	4
C2. Alineación de esfuerzos y estabilidad	5	5	5
C3. Facilidad de carga/descarga	4	3	3
C4. Facilidad de drenaje de la manteca	4	5	4
C5. Complejidad constructiva/fabricación	4	4	3
C6. Mantenimiento e higiene	4	5	3
C7. Seguridad operativa	4	4	4
<b>Puntaje total</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>26</b>

La Alternativa B1 alcanza 29 puntos y representa una solución sencilla y eficiente, con buen comportamiento en casi todos los criterios. No obstante, la Alternativa B2 consigue el mayor puntaje global (30 puntos), debido a las siguientes ventajas:

- La placa con canales de salida favorece un drenaje más controlado y uniforme de la manteca.
- La placa filtrante independiente puede desmontarse de forma rápida, lo que facilita las tareas de limpieza, inspección y sustitución, mejorando significativamente los aspectos de mantenimiento e higiene.
- La complejidad constructiva se mantiene en un nivel aceptable, ya que las placas pueden fabricarse mediante procesos convencionales de mecanizado.

La Alternativa B3, aunque adecuada en términos de alineación de esfuerzos, presenta mayores dificultades de limpieza y una geometría más compleja en el pistón perforado, lo que se refleja en un puntaje inferior (26 puntos).

En consecuencia, para el sistema de prensado se selecciona la alternativa B2.

## 2.6. Diseño geométrico y volumétrico de la cámara de extracción

### 2.6.1. Cálculo del volumen de la cámara

Dado que el volumen requerido para 20 kg de licor es:

$$V = 0.0169 \text{ m}^3$$

Se genera la siguiente tabla:

Din (in)	Din (mm)	h (mm)
6	152	929
8	203	523
10	254	334
12	305	232

Se adopta una geometría cilíndrica de diámetro:

$$D = 0.305 \text{ m}$$

El área interior es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = 0.073 \text{ m}^2$$

La altura necesaria para alojar ese volumen es:

$$h = \frac{V}{A}$$

$$h = 0.231 \text{ m}$$

## 2.7. Diseño resistente del vaso de extracción

### 2.7.1. Modelo de cálculo por teoría de pared delgada

Se modela la cámara como recipiente cilíndrico sometido a presión interna equivalente a la presión de prensado.

Espesor por pared delgada:

$$t = \frac{PD}{2\sigma_{adm}} \quad (6)$$

Datos:  $P = 35$  MPa,  $D = 0.305$  m,  $\sigma_{adm} = 220$  MPa.

### 2.7.2. Espesor por teoría de pared delgada

A partir de:

$$t = 24.2 \text{ mm}$$

Se adopta preliminarmente:

$$t_{prelim} = 25 \text{ mm}$$

La relación espesor/diámetro es:

$$\frac{t}{D} \quad (7)$$

$$\frac{t}{D} = 0.082 > 0.05$$

Por lo tanto, el criterio de pared delgada no es estrictamente válido y es conveniente verificar el espesor con la teoría de pared gruesa.

### 2.7.3. Verificación por teoría de pared gruesa (Lamé)

- Radio interior:

$$r_i = \frac{D}{2} \quad (8)$$

$$r_i = 0.1525 \text{ m}$$

- Radio exterior:

$$r_o = r_i + t \quad (9)$$

Para un cilindro de pared gruesa con presión interna, la tensión circunferencial máxima en la fibra interior viene dada por:

$$\sigma_{\theta, \max} = \sigma_{\theta}(r_i) = P \frac{r_o^2 + r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad (10)$$

El criterio de diseño es:

$$\sigma_{\theta, \max} \leq \sigma_{adm}$$

Despejando  $r_o$  se obtiene:

$$r_o^2 = r_i^2 \frac{\sigma_{adm} + P}{\sigma_{adm} - P} \quad (11)$$

$$r_o = 0.1790 \text{ m}$$

$$t_{pared \text{ gruesa}} == 26.5 \text{ mm}$$

Se adopta:

$$t_{diseño} \approx 27 \text{ mm}$$

#### 2.7.4. Comprobación de un tubo comercial 12" cédula 80 en AISI 304

Se desea utilizar como cámara un tubo de acero inoxidable AISI 304, 12" NPS, Schedule 80S, según ASME B36.19.

Para 12" Sch 80S (stainless) se tienen las dimensiones aproximadas:

- Diámetro exterior:

$$D_{ext} = 323.9 \text{ mm}$$

- Espesor de pared:

$$t_{tubo} = 12.7 \text{ mm}$$

- Diámetro interior:

$$D_{int} = 0.14925 \text{ m}$$

- Radio exterior del tubo:

$$r_{o,tubo} = 0.16195 \text{ m}$$

Con Lamé para el tubo:  $\sigma_{\theta,max} = 430 \text{ MPa}$ , lo cual supera  $\sigma_{adm} = 220 \text{ MPa}$  no cumple a  $P = 35 \text{ MPa}$ .

### 2.7.5. Solución con camisa de refuerzo de 15 mm en AISI 304

Se propone colocar una camisa cilíndrica exterior de acero inoxidable AISI 304 de espesor:

$$t_{camisa} = 15 \text{ mm}$$

ajustada sobre el tubo 12" Sch 80S, de manera que el conjunto se comporte como un cilindro de pared gruesa "solidario" (tubo + camisa).

Datos geométricos del conjunto:

- Radio interior (no cambia, lo fija el tubo):

$$r_i = 0.14925 \text{ m}$$

- Radio exterior del tubo:

$$r_{o,tubo} = 0.16195 \text{ m}$$

- Radio exterior del conjunto (tubo + camisa):

$$r_{o,tot} = r_{o,tubo} + t_{camisa} = 0.16195 + 0.015 = 0.17695 \text{ m}$$

Espesor total "equivalente" del conjunto:

$$t_{tot} = r_{o,tot} - r_i = 0.17695 - 0.14925 = 0.02770 \text{ m} = 27.7 \text{ mm}$$

Obsérvese que:

$$t_{tot} = 27.7 \text{ mm} > t_{diseño,pared gruesa} \approx 26.5 \text{ mm}$$

Por tanto, geoméricamente el conjunto posee un espesor mayor que el requerido por la teoría de pared gruesa.

### 2.7.6. Cálculo de la tensión circunferencial y factor de seguridad

Suponiendo un comportamiento conjunto (buena adherencia/solidaridad entre tubo y camisa), se emplea la ecuación de Lamé sobre el cilindro equivalente con:

- $r_i = 0.14925$  m
- $r_{o,tot} = 0.17695$  m
- $P = 35$  MPa

Tensión circunferencial máxima en la fibra interior:

$$\sigma_{\theta, \max, conj} = P \frac{r_{o,tot}^2 + r_i^2}{r_{o,tot}^2 - r_i^2}$$
$$\sigma_{\theta, \max, conj} = 207.6 \text{ MPa}$$

Comparando con la tensión admisible:

$$\sigma_{adm} = 220 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad respecto a la tensión admisible adoptada es:

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{\theta, \max, conj}} \quad (13)$$
$$FS = 1.06$$

## 2.8. Diseño del conjunto vástago – Placa Pistón

### 2.8.1. Área efectiva y fuerza máxima de prensado

El área efectiva se calcula como:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = 73\,062 \text{ mm}^2$$

La fuerza máxima de prensado se obtiene a partir de:

$$F = p \cdot A \quad (14)$$

Con  $p = 35 \text{ MPa} = 35 \text{ N/mm}^2$  Por tanto:

$$F = 2.56 \times 10^6 N$$

Esta fuerza equivale aproximadamente a:

$$F \approx 2,56 \text{ MN} \approx 261 \text{ tonf}$$

### 2.8.2. Dimensionamiento del vástago (acero al carbono)

El esfuerzo de compresión en el vástago se calcula como:

$$\sigma_c = \frac{F}{A_v} \quad (15)$$

donde

$$A_v = \frac{\pi d^2}{4}$$

Se impone la condición:

$$\sigma_c \leq \sigma_{\text{adm},v}$$

Adoptando para el acero al carbono:

$$\sigma_{\text{adm},v} = 150 \text{ MPa}$$

Despejando el diámetro mínimo:

$$d_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{4F}{\pi \sigma_{\text{adm},v}}} \quad (16)$$

Sustituyendo valores:

$$d_{\text{mín}} = 148 \text{ mm}$$

Se adopta un diámetro comercial:

$$d_{\text{diseño}} = 150 \text{ mm}$$

Con este diámetro, el esfuerzo real es:

$$\sigma_c = \frac{2.56 \times 10^6}{\pi(150)^2/4} \approx 145 \text{ MPa} < 150 \text{ MPa}$$

La relación de esbeltez aproximada es:

$$\lambda = \frac{L}{r} \quad (17)$$

$$\lambda = 6.2$$

Por lo tanto, el vástago se considera una columna corta, sin riesgo significativo de pandeo.

### 2.8.3. Diseño de la placa pistón por flexión global

(AISI 304, FS = 1.2)

El esfuerzo máximo de flexión en la placa se aproxima mediante:

$$\sigma_{\max} = \frac{3 + \nu p a^2}{8 t^2} \quad (18)$$

donde:

$$a = \frac{D}{2} \quad (19)$$

Para el acero inoxidable AISI 304 se adopta:

$$\sigma_y \approx 215 \text{ MPa}$$

Con un factor de seguridad  $FS = 1.2$ , el esfuerzo admisible resulta:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_y}{FS} \quad (20)$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 179 \text{ MPa}$$

Despejando el espesor:

$$t = \sqrt{\frac{3 + \nu p a^2}{8 \sigma_{\text{adm}}}} \quad (21)$$

$$t = 43.3 \text{ mm}$$

### 2.8.4. Verificación local por contacto directo vástago-placa

#### a) Cortante tipo punzonamiento

El cortante promedio se calcula como:

$$\tau = \frac{F}{\pi d_0 t} \quad (22)$$

Para contacto directo se adopta:

$$d_0 = d = 150 \text{ mm}$$

El esfuerzo admisible a cortante se estima como:

$$\tau_{\text{adm}} = \frac{0.577 \sigma_y}{FS} \quad (23)$$

$$\tau_{\text{adm}} = 103 \text{ MPa}$$

Despejando el espesor mínimo:

$$t \geq \frac{F}{\pi d_0 \tau_{\text{adm}}} \quad (24)$$

$$t \geq 52.8 \text{ mm}$$

### **b) Aplastamiento (presión de contacto)**

La presión promedio bajo el vástago es:

$$\sigma_b = \frac{F}{A_0} \quad (25)$$

con:

$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$$

Sustituyendo llegamos a:

$$\sigma_b = 145 \text{ MPa}$$

Comparando con la tensión admisible:

$$\sigma_b < \sigma_{\text{adm}}$$

## **2.9. Dimensionamiento del sistema hidráulico**

A partir del diseño geométrico del conjunto placa pistón–vástago se procede a estimar los principales parámetros del sistema hidráulico, específicamente la carrera requerida, el volumen de aceite, el caudal necesario y la potencia hidráulica y eléctrica asociada. Estos cálculos se emplean

como base para la selección de un sistema electrohidráulico comercial y, en caso necesario, para la fabricación del cilindro hidráulico conforme a las dimensiones calculadas.

Se considera un sistema de doble efecto, en el cual el actuador hidráulico impulsa el conjunto pistón–vástago hacia arriba durante la etapa de prensado, mientras que el retorno se produce por acción hidráulica, asistida por el peso del conjunto móvil.

### ***2.9.1. Carrera del pistón***

La carrera del pistón debe permitir:

- La colocación de la torta de cacao y del conjunto de filtros.
- La compactación completa del material hasta alcanzar la presión de trabajo.
- Un margen adicional que asegure holgura operativa durante la carga, el posicionamiento de placas separadoras y posibles tolerancias de fabricación.

Con base en el croquis de diseño y la disposición interna de la cámara de prensado, la carrera mínima requerida resulta:

$$s_{\min} = 232 \text{ mm}$$

Con el objetivo de mejorar la seguridad operacional y facilitar la maniobra del conjunto durante la carga y descarga del material, se adopta un incremento adicional de carrera de:

$$\Delta s = 50 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la carrera total de diseño del actuador hidráulico se define como:

$$s = s_{\min} + \Delta s \quad (26)$$

$$s = 282 \text{ mm}$$

Expresado en unidades del Sistema Internacional:

$$s = 0.282 \text{ m}$$

Esta carrera garantiza una operación segura y flexible del sistema, sin afectar la fuerza máxima de prensado ni la presión de diseño.

### 2.9.2. Volumen de aceite requerido y caudal de la bomba

El volumen de aceite necesario para completar el avance del actuador durante un ciclo de prensado se calcula mediante:

$$V = A \cdot s \quad (27)$$

donde  $A$  es el área efectiva del pistón y  $s$  la carrera total adoptada.

El área del pistón es:

$$A = 73\,062 \text{ mm}^2 = 7,306 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Sustituyendo junto con la carrera  $s = 0.282 \text{ m}$ :

$$V = 2,06 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Es decir:

$$V \approx 0.0206 \text{ m}^3 \approx 20.6 \text{ L}$$

Para estimar el caudal requerido, se adopta un tiempo objetivo de avance del actuador de:

$$t_s = 36 \text{ s}$$

El caudal requerido se calcula como:

$$Q = \frac{V}{t_s} \quad (28)$$

Sustituyendo los valores:

$$Q = 5.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

En unidades prácticas:

$$Q = 34.3 \text{ L/min}$$

Por lo tanto, para cumplir el tiempo de avance propuesto, se requiere un caudal del orden de:

$$Q \approx 34 \text{ L/min}$$

### 2.9.3. Potencia hidráulica y eléctrica

La potencia hidráulica del sistema se obtiene a partir del producto de la presión de trabajo por el caudal requerido:

$$P_h = p \cdot Q \quad (29)$$

Con una presión de diseño:

$$p = 35 \text{ MPa} = 35 \times 10^6 \text{ Pa}$$

y un caudal:

$$Q = 5.67 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

se obtiene:

$$P_h \approx 19.8 \text{ kW}$$

Para obtener la potencia real requerida se consideran pérdidas por eficiencia de bomba y transmisión, y posteriormente la eficiencia del motor. Con ello se justifica la selección de un motor comercial con margen suficiente para operar en régimen continuo y absorber variaciones de carga. para obtener la potencia real requerida se consideran pérdidas por eficiencia de bomba y transmisión, y posteriormente la eficiencia del motor. Con ello se justifica la selección de un motor comercial con margen suficiente para operar en régimen continuo y absorber variaciones de carga.

Potencia al eje:

$$P_{eje} = \frac{P_h}{\eta_{bomba}\eta_{acop}} \quad (30)$$

$$P_{eje} = 23.0 \text{ kW}$$

Selección: motor estándar 22 kW con FS=1.15,  $P_{disp} = 25.3 \text{ kW} > 23.0 \text{ kW}$ .

Potencia eléctrica (con  $\eta_{motor} = 0.93$ ):

$$P_{el} = \frac{P_{eje}}{\eta_{motor}} \quad (31)$$

$$P_{el} = 24.7 \text{ kW}$$

## 2.10. Cálculo estructural de la prensa

El cálculo estructural se desarrolla para la condición más exigente, correspondiente a la fuerza máxima de diseño durante el prensado.

$$F = 2.56 \times 10^6 \text{ N.}$$

### 2.10.1. Altura final del conjunto de extracción

La altura final del conjunto de extracción  $h_{final}$  se define a partir de la suma de la altura de la cámara y el apilamiento interno, pues esta dimensión condiciona el espacio mínimo requerido para el montaje y la operación del sistema de prensado.

Datos:  $h_c = 231$  mm, separadores  $t_{sep} = 25$  mm (2 unidades), placa pistón  $t_p = 60$  mm.

Altura final:

$$h_{final} = h_c + t_{sep,tot} + t_p \quad (32)$$

$$h_{final} = 341 \text{ mm}$$

### 2.10.2. Altura del cilindro hidráulico y altura libre

La altura del cilindro  $h_{cil}$  se adopta con un margen sobre la carrera efectiva, con el objetivo de contemplar tolerancias geométricas, holguras de ensamble y recorrido útil sin interferencias.

$$h_{cil} = 367 \text{ mm.}$$

En consecuencia, la altura libre  $H$  constituye una estimación de referencia para el diseño del bastidor, facilitando la verificación de interferencias y la integración con la bandeja de recolección.:

$$H = h_{final} + h_{cil} \quad (33)$$

$$H = 708 \text{ mm.}$$

### 2.10.3. Separación entre barras y bandeja de recolección

Separación entre ejes:

$$S_{ejes} = 500 \text{ mm}$$

diámetro barra:

$$d = 76.2 \text{ mm}$$

Separación libre:

$$S_{caras} = 423.8 \text{ mm}$$

$$B_{ban} \leq 423.8 \text{ mm}$$

#### ***2.10.4. Verificación de barras por tensión axial***

La verificación de barras por tensión axial se realiza asignando la mitad de la carga total a cada barra, bajo el supuesto de distribución simétrica. La condición de resistencia se evalúa comparando el esfuerzo axial calculado con la tensión admisible del material, definida a partir del límite elástico y un factor de seguridad.

Carga por barra:

$$F_c = 1.28 \times 10^6 \text{ N}$$

Área:

$$A = 4560.37 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo:

$$\sigma_c = 280.7 \text{ MPa}$$

Material SAE 1018:  $\sigma_y = 572 \text{ MPa}$ , con  $FS=1.3$ ,  $\sigma_{adm} = 440 \text{ MPa}$  se cumple.

#### ***2.10.5. Verificación frente a pandeo***

Debido a la esbeltez de los elementos verticales, se incorpora la comprobación por pandeo mediante el criterio de Johnson, adecuado para esbelteces intermedias, con el fin de asegurar estabilidad bajo compresión y confirmar que la falla por inestabilidad no gobierna el diseño.

Radio de giro:  $r = 19.05 \text{ mm}$ ,  $L = 800 \text{ mm}$ ,  $K = 0.7$ ,  $L_{ef} = 560 \text{ mm}$ ; esbeltez  $\lambda = 29.4$ .

Con Johnson:  $\sigma_{cr} = 536 \text{ MPa}$ ;  $FS_p = 1.91$  se cumple.

### **2.10.6. Base inferior y tapa superior por flexión**

La base inferior y la tapa superior se evalúan mediante un modelo equivalente de placa/viga empotrada–empotrada con carga centrada, lo cual representa un enfoque conservador para estimar el momento máximo y el espesor mínimo requerido por flexión. Este cálculo proporciona un valor de referencia para el dimensionamiento inicial, el cual puede complementarse con la verificación por elementos finitos para capturar concentraciones locales asociadas a uniones, apoyos y condiciones reales de contacto.

Modelo equivalente (viga empotrada–empotrada con carga centrada). Dimensiones: 700×450 mm,  $L = 500$  mm,  $b = 450$  mm.

Momento máximo:

$$M_{max} = 1.6010^8 \frac{N}{mm}$$

Espesor mínimo por criterio de flexión:

$$t_{min} = 69.6 \text{ mm}$$

## **Capítulo 3**

### **3. Resultados y análisis**

En este capítulo se presentan los resultados consolidados del diseño de la prensa electrohidráulica para la extracción de manteca de cacao. Se incluyen el modelo CAD 3D final, el ensamble general con sus componentes, y los parámetros dimensionales y operativos alcanzados. Adicionalmente, se detallan las validaciones técnicas realizadas y la selección preliminar de componentes comerciales claves. Finalmente, se introduce un análisis económico que compara la fabricación local de la prensa frente a la adquisición de un equipo importado equivalente, evaluando la factibilidad del proyecto.

#### **3.1. Requerimientos funcionales y restricciones de diseño**

La prensa diseñada tiene una configuración vertical con el pistón hidráulico ubicado en la parte inferior, de modo que la fuerza de prensado se aplica hacia arriba sobre el conjunto licor + malla contra una tapa superior fija. Esta disposición garantiza una transmisión alineada de las cargas, facilita el drenaje de la manteca extraída por gravedad y permite operación por lotes. Las principales restricciones de diseño provienen de la presión de trabajo elevada (35 MPa) y la temperatura del licor de cacao (hasta ~80 °C), lo que exige materiales adecuados (acero inoxidable para contacto con alimento y resistencia a corrosión) y componentes hidráulicos capaces de operar a 350 bar. También se consideraron criterios de seguridad operativa (por ejemplo, incorporar válvulas de alivio y enclavamientos) y facilidades de mantenimiento/limpieza en el diseño.

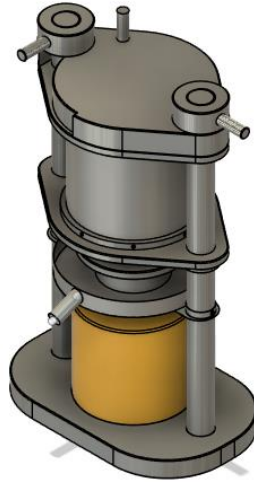
##### ***3.1.1. Diseño CAD 3D de la prensa***

Se desarrolló el modelo tridimensional (CAD 3D) de la prensa integrando todos los subsistemas principales. En la Figura 11 se muestra la representación del diseño final, que incluye el bastidor estructural (placa base, columnas y tapa superior), la cámara cilíndrica perforada donde se carga el licor de cacao, el conjunto pistón–vástago inferior que aplica la fuerza, y los elementos de drenaje de manteca. El modelo CAD permitió definir la geometría y dimensiones finales de

cada componente, asegurando la compatibilidad entre piezas y el espacio necesario para operación y mantenimiento.

**Figura 11**

*Representación tridimensional del diseño del modelo.*



### ***3.1.2. Lista de materiales y componentes requeridos (BOM)***

En la siguiente tabla se presenta la lista preliminar de materiales y componentes principales de la prensa, con la identificación de cada ítem acorde al despiece. Se incluyen las piezas estructurales a fabricar en acero (principalmente acero inoxidable AISI 304 para las partes en contacto con el producto, y acero AISI 1018 para elementos de alta resistencia mecánica), así como los componentes comerciales. Esta lista se finalizará con dimensiones definitivas y observaciones de fabricación al consolidar los planos generales del equipo.

**Tabla 3***Lista de materiales y componentes requeridos (BOM)*

<b>Ítem</b>	<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
1	Placas circulares para separación	AISI 304	2
2	Placa pistón	AISI 304	1
3	Tapa	AISI 304	1
4	Camisa de refuerzo	AISI 304	1
5	Base	AISI 1018	1
6	Barras (columnas)	AISI 1018	2
7	Base tapa (soporte superior)	AISI 1018	1
8	Topes de tapa roscados	AISI 1018	2
9	Sujetadores de cámara	AISI 1018	2
10	Cámara perforada	AISI 304	1

### **3.1.3. Parámetros operativos y dimensionales consolidados**

Con base en los requerimientos de producción, se definieron los parámetros operativos y dimensiones principales de diseño de la prensa. El equipo trabajará en operación por lotes procesando aproximadamente 20 kg de licor de cacao por ciclo, con un tiempo de ciclo total de 12 minutos (incluyendo las etapas de carga del licor, prensado y descarga de la torta residual). Esto permite alcanzar una capacidad nominal del orden de 100 kg/h de licor procesado en manteca. La presión de diseño se estableció en 35 MPa (350 bar), acorde a los rangos utilizados en la extracción de manteca de cacao a escala industrial, y el diámetro interno de la cámara/pistón se fijó en 305 mm para lograr la fuerza requerida. En la tabla siguiente se resumen estos y otros valores clave adoptados en el diseño.

**Tabla 4***Parámetros principales de operación y dimensionamiento.*

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Comentario</b>
Capacidad objetivo	—	100	kg/h	Operación por lotes
Masa por lote	m_lote	20	kg	≈5 ciclos por hora
Tiempo total de ciclo	t_ciclo	12	min	Incluye carga, prensado y descarga
Presión de diseño	p	35	MPa	Presión máxima de operación
Diámetro pistón/cámara	D	305	mm	Diámetro de trabajo
Fuerza nominal de prensado	F	2.56	MN	≈260 t (a p=35 MPa)
Caudal de bomba requerido	Q	34	L/min	Para el tiempo de avance adoptado
Potencia eléctrica del motor	P_m	25	kW	Selección estándar con pérdidas
Temperatura del licor (entrada)	T	70-80	°C	El sistema no incorpora calentamiento
Carrera del pistón (diseño)	S	300	mm	Definir según paquete cámara+filtros

### 3.2. Simulación y verificación estructural

Con el fin de validar el comportamiento estructural de la prensa electrohidráulica bajo la condición de carga más desfavorable, se realizó un análisis por elementos finitos considerando la presión máxima de operación del sistema (35 MPa), aplicada de forma axial sobre el conjunto de prensado. El análisis permitió evaluar la distribución del factor de seguridad, los esfuerzos equivalentes, los desplazamientos, las deformaciones y la presión de contacto en las zonas de interacción entre componentes.

Las simulaciones se efectuaron sobre el modelo CAD completo, considerando los materiales definidos previamente y las condiciones de restricción correspondientes a la base fija de la prensa. A continuación, se presentan e interpretan los resultados obtenidos.

### ***3.2.1. Análisis del factor de seguridad***

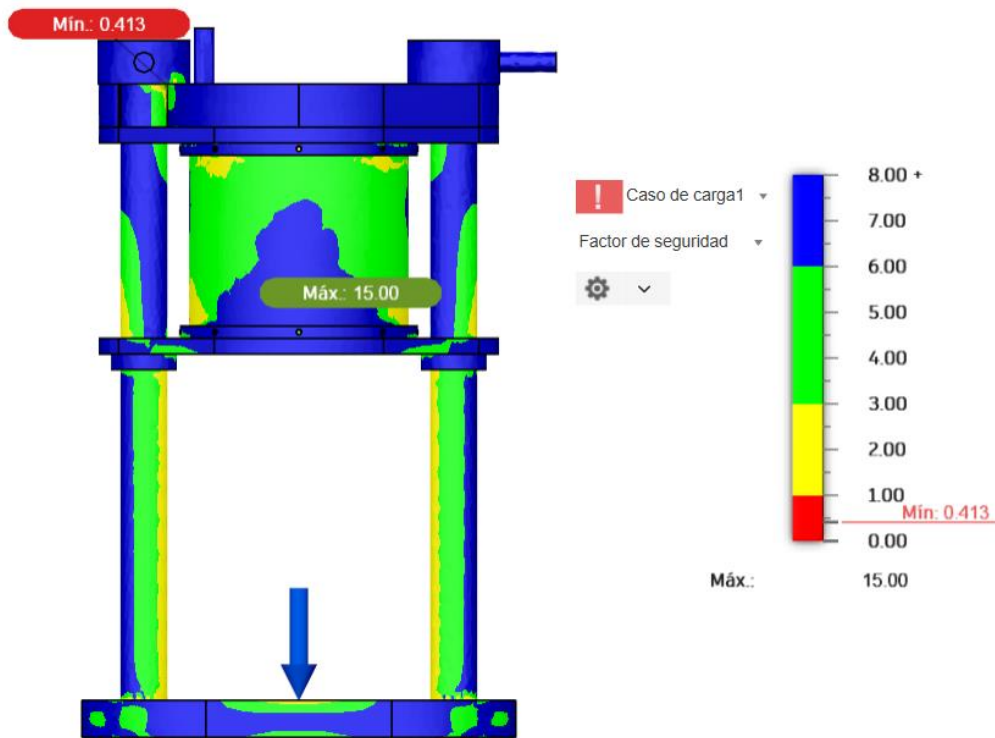
En la Figura 12 se muestra la distribución del factor de seguridad del conjunto estructural. Se observa que la mayor parte de la prensa presenta valores elevados de factor de seguridad, con regiones extensas donde el valor alcanza el límite superior del análisis ( $FS \approx 15$ ), lo que indica un comportamiento ampliamente seguro bajo la carga aplicada.

Las zonas con menor factor de seguridad se localizan en regiones muy puntuales, principalmente en uniones geométricas y áreas donde se concentran las cargas, como las interfaces entre placas estructurales y columnas. El valor mínimo obtenido es  $FS = 0,413$ , el cual corresponde a un punto localizado asociado a una concentración numérica de esfuerzos, característica de modelos de contacto o aristas vivas.

Cabe destacar que este valor mínimo no representa una condición generalizada del componente, sino una concentración local, por lo que no compromete el comportamiento estructural global del sistema. En términos generales, el resultado confirma que la estructura cuenta con un margen de seguridad adecuado frente a la carga de diseño, y que los elementos principales trabajan dentro de un rango aceptable desde el punto de vista resistente.

**Figura 12**

*Simulación de factor de seguridad*



### **3.2.2 Análisis de esfuerzos equivalentes (von Mises)**

La Figura 13 presenta la distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises en la prensa. El esfuerzo máximo registrado es de 1384,8 MPa, localizado en una región muy reducida asociada a una concentración geométrica, particularmente en zonas de contacto o cambios abruptos de sección.

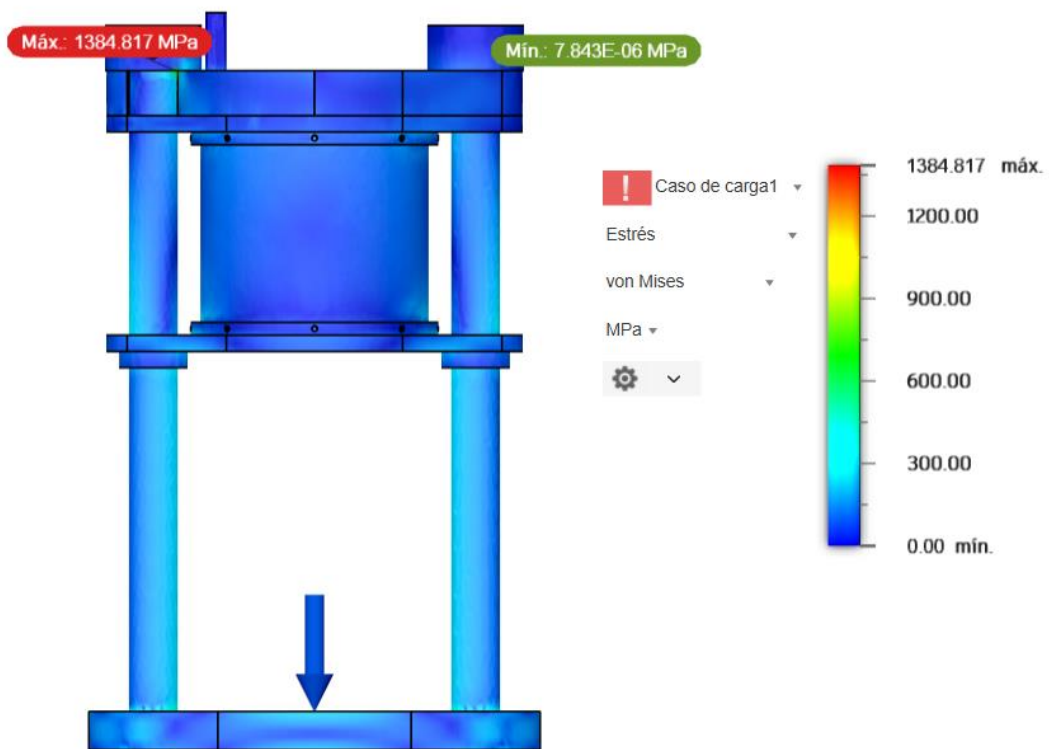
En el resto del conjunto estructural, los esfuerzos se mantienen considerablemente más bajos, predominando valores reducidos en las columnas verticales, la cámara cilíndrica y las placas estructurales. Esto evidencia que la carga se distribuye de manera eficiente a través del bastidor, evitando sollicitaciones excesivas en los elementos principales.

La presencia de picos elevados de esfuerzo en regiones localizadas es común en análisis numéricos, especialmente en modelos que incluyen contactos rígidos o aristas sin redondeo. Estos resultados permiten identificar áreas susceptibles de optimización geométrica (por ejemplo, radios

de filete o refuerzos locales), sin que ello implique una falla estructural del diseño. En términos globales, el comportamiento tensional del conjunto es consistente con un diseño robusto para la carga aplicada.

**Figura 13**

*Simulación de esfuerzos equivalentes*



### **3.2.3 Análisis de desplazamientos totales**

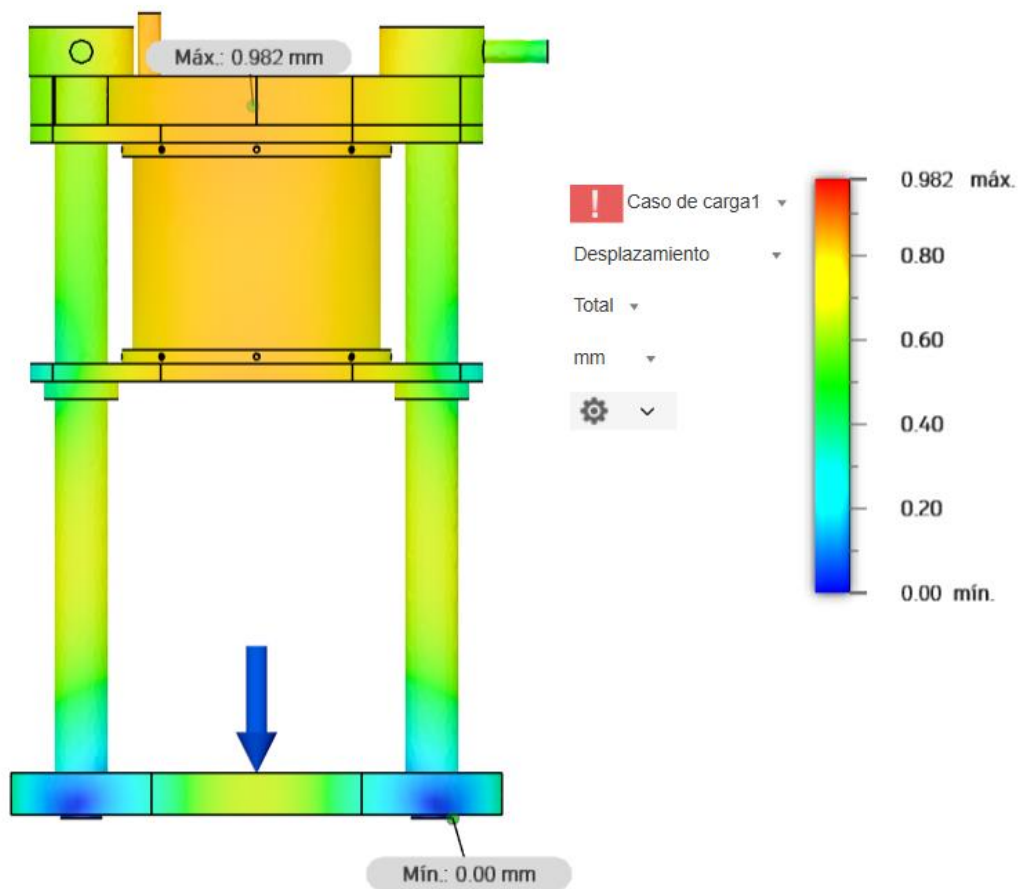
En la Figura 14 se muestra el campo de desplazamiento total del conjunto estructural. El desplazamiento máximo obtenido es de 0,982 mm, localizado en la zona superior de la prensa, donde se concentra la reacción de la carga de prensado.

La base de la estructura presenta desplazamientos prácticamente nulos, lo cual concuerda con las condiciones de restricción impuestas en el modelo. El valor máximo de desplazamiento es bajo en relación con las dimensiones globales de la prensa, lo que indica una alta rigidez estructural.

Este resultado es particularmente importante para el funcionamiento del equipo, ya que un desplazamiento reducido garantiza una correcta alineación entre el pistón, la cámara de prensado y la tapa superior, evitando pérdidas de eficiencia durante la extracción de manteca y reduciendo el riesgo de desgaste prematuro o desalineaciones mecánicas.

**Figura 14**

*Simulación de desplazamientos totales*



### ***3.2.4 Análisis de deformación equivalente***

La Figura 15 presenta la distribución de la deformación equivalente en la estructura. El valor máximo obtenido es del orden de 0,01, concentrado en las mismas zonas donde se presentan mayores esfuerzos, principalmente en regiones de unión y contacto.

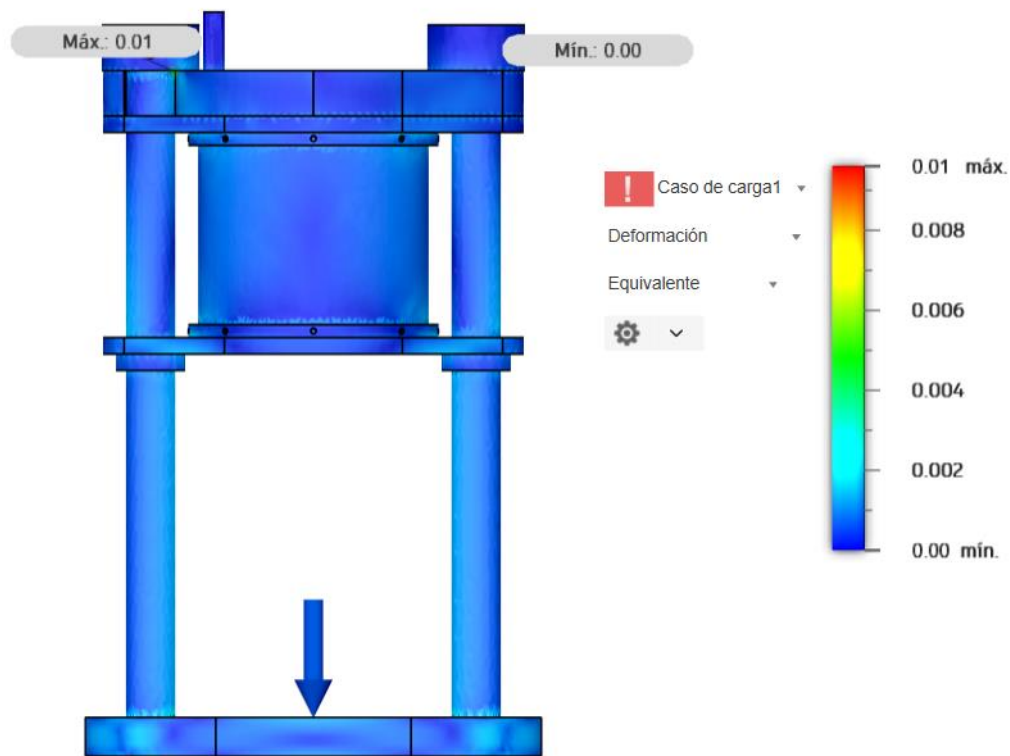
En la mayor parte del conjunto, los valores de deformación son bajos y uniformes, lo que confirma que el comportamiento estructural permanece dentro del régimen elástico del material.

Esto implica que, una vez retirada la carga, la estructura recuperará su geometría original sin presentar deformaciones permanentes.

La coherencia entre los resultados de deformación y desplazamiento refuerza la validez del diseño estructural, evidenciando que la prensa no solo es resistente, sino también suficientemente rígida para operar de manera repetitiva bajo condiciones de carga elevadas.

**Figura 15**

*Simulación de deformación equivalente*



### ***3.2.5 Análisis de presión de contacto***

Finalmente, la Figura 16 muestra la distribución de la presión de contacto en las superficies de interacción entre componentes. El valor máximo registrado es de 2208,7 MPa, localizado en áreas puntuales de contacto directo, como apoyos y superficies de transmisión de carga.

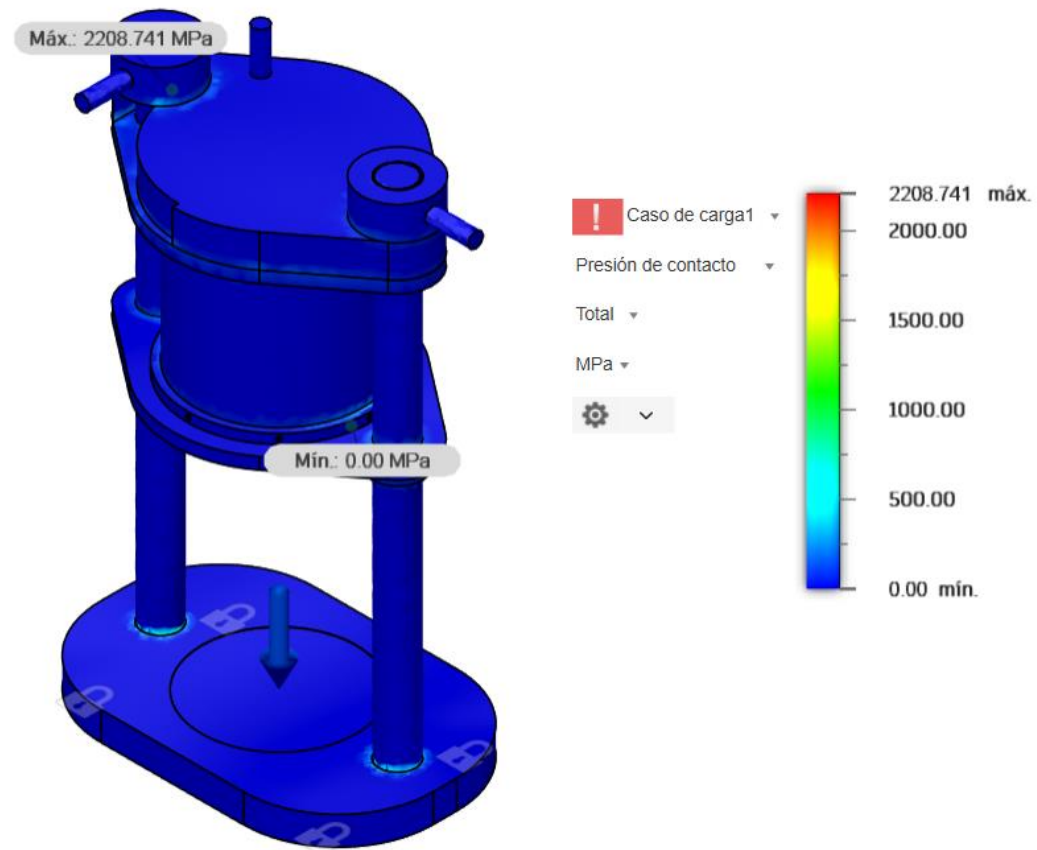
Estas concentraciones de presión corresponden a zonas donde el contacto se idealiza como rígido y donde la superficie efectiva de contacto es reducida, lo cual genera valores elevados de

presión local. No obstante, estas presiones se limitan a áreas muy pequeñas y no se extienden al resto de la estructura.

El análisis confirma que las presiones de contacto se encuentran dentro de un rango admisible para los materiales empleados y no generan condiciones críticas de aplastamiento o daño superficial. Asimismo, estos resultados permiten identificar zonas donde, de ser necesario, podrían incorporarse mejoras como el aumento del área de contacto o el uso de elementos intermedios.

**Figura 16**

*Simulación de presión de contacto*



### **3.3 Análisis hidráulico y validación de presión**

El análisis hidráulico se realizó con el objetivo de verificar que el sistema de accionamiento de la prensa sea capaz de generar la fuerza de prensado requerida, mantener la presión de operación definida y cumplir con el tiempo de ciclo establecido para alcanzar la capacidad de producción de 100 kg/h. Para ello, se evaluaron la presión de trabajo, el caudal requerido, la fuerza generada por el actuador y la potencia necesaria del sistema hidráulico.

La prensa opera mediante un sistema hidráulico de pistón inferior, donde la presión del fluido se transforma en una fuerza axial aplicada directamente sobre el pistón de prensado. La presión máxima de diseño se fijó en 35 MPa (350 bar), valor acorde con los rangos utilizados en procesos industriales de extracción de manteca de cacao y compatible con componentes hidráulicos de alta presión disponibles comercialmente.

El diámetro efectivo del pistón hidráulico se estableció en 305 mm, lo que define el área de trabajo sobre la cual actúa la presión del fluido. A partir de esta configuración, se verificó que el sistema hidráulico puede generar la fuerza necesaria para el proceso de prensado sin exceder los límites de operación del equipo.

#### ***3.3.1 Resultados de dimensionamiento del sistema hidráulico***

Los resultados del dimensionamiento del sistema hidráulico se resumen en la Tabla 5. Para el diseño se definió una presión de trabajo elevada, junto con una geometría de pistón adecuada, y se estableció el caudal según el ciclo de prensado requerido. Estos parámetros se seleccionaron con el objetivo de garantizar la fuerza y velocidad necesarias, a la vez que se asegura una operación confiable en servicio continuo.

**Tabla 5***Resultados de dimensionamiento del sistema hidráulico*

<b>Magnitud</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Presión de trabajo (diseño)	35	MPa (350 bar)
Área efectiva del pistón	0.073	m <sup>2</sup>
Fuerza máxima generada	2.56	MN
Caudal hidráulico requerido	34	L/min
Carrera del cilindro (diseño)	0.30	m
Potencia hidráulica estimada	19.8	kW
Potencia del motor seleccionada	25	kW

### 3.4 Selección y especificaciones de componentes

La selección de los componentes hidráulicos se realizó a partir de los resultados del dimensionamiento del sistema y de las condiciones de operación de la prensa. El criterio principal fue asegurar que cada componente soporte la presión de trabajo, la fuerza de prensado requerida ( $\approx 260$  toneladas) y permita una operación segura, controlada y repetible en un entorno industrial.

Se priorizó el uso de componentes comerciales estandarizados, compatibles con sistemas de alta presión, con el fin de facilitar su adquisición, mantenimiento y reemplazo.

### 3.4.1 Selección del sistema hidráulico de potencia y control

El sistema hidráulico está conformado por un actuador hidráulico de doble efecto y un conjunto de válvulas y dispositivos de control que permiten regular el movimiento del pistón, limitar la presión y monitorear el funcionamiento del sistema. En la Tabla 6 se presentan los componentes principales seleccionados, junto con sus especificaciones mínimas requeridas.

**Tabla 6**

*Componentes hidráulicos seleccionados y especificaciones mínimas*

Elemento	Función	Especificación mínima requerida	Observaciones técnicas
Actuador hidráulico (cilindro doble efecto)	Generar la fuerza de prensado	Capacidad $\geq 260$ ton, presión nominal $\geq 35$ MPa, carrera 300 mm	Permite control activo en avance y retorno
Bomba hidráulica	Suministrar caudal y presión	Caudal $\approx 34$ L/min, presión nominal $\geq 35$ MPa	Preferentemente bomba de pistones
Motor eléctrico	Accionar la bomba	Potencia nominal 25 kW, servicio continuo	Margen para pérdidas del sistema
Válvula direccional 4/2 monoestable	Controlar avance y retorno del cilindro	Presión nominal $\geq 35$ MPa, accionamiento por bobina	Retorno por resorte
Válvula limitadora de presión	Protección del sistema	Ajuste a 35 MPa, capacidad acorde al caudal	Evita sobrepresiones

Distribuidor hidráulico	Integración del circuito	Compatible con presión y caudal del sistema	Facilita montaje y mantenimiento
Presostato hidráulico	Control y seguridad	Rango $\geq 35$ MPa	Permite automatizar el ciclo
Manómetro	Monitoreo de presión	Escala 0–400 bar	Visualización directa para el operador

---

### 3.5 Análisis económico y estrategia de abastecimiento de componentes

El análisis económico del diseño de la prensa electrohidráulica se orienta a estimar el costo de implementación en condiciones reales del mercado ecuatoriano, considerando que el equipo combina componentes fabricados localmente y componentes comerciales de adquisición directa.

Para garantizar consistencia técnica, el presupuesto se construye a partir de la especificación funcional del sistema: una prensa vertical con pistón inferior, con requerimiento de fuerza de prensado del orden de 260 toneladas y operación en el entorno de 35 MPa (350 bar), lo cual condiciona de forma significativa la selección y el costo de elementos hidráulicos.

#### 3.5.1 Metodología de estimación económica y criterios de costeo

La estimación económica se realizó mediante un enfoque de “costo por partidas”, separando el sistema en dos grupos: componentes que pueden fabricarse en talleres metalmecánicos locales y componentes que deben comprarse como productos comerciales por disponibilidad, seguridad y confiabilidad. Para los elementos fabricados localmente se empleó un modelo de costeo directo por pieza, calculando el costo de material en función del peso estimado, adicionando mano de obra por procesos (corte, soldadura, mecanizado y acabado) y contemplando un costo de flete interno cuando el suministro puede provenir de otra ciudad. Para los componentes comerciales se emplearon valores referenciales y cotizaciones indicativas de mercado, priorizando compatibilidad con alta presión y disponibilidad en Ecuador.

### 3.5.2 Parámetros de costo base: materiales, procesos y logística

El costo de fabricación local depende principalmente del precio del material (por kilogramo) y del tiempo de proceso requerido en taller. En Guayaquil, los aceros al carbono estructurales como el AISI 1018 presentan alta disponibilidad; en contraste, el acero inoxidable AISI 304 (por requisitos de contacto con producto y resistencia a corrosión) suele tener mayor variabilidad de precio por depender de importación y stock local.

En cuanto a procesos, el análisis considera que piezas simples (placas y cortes) concentran costo en corte y perforación, mientras que piezas críticas (pistón y cámara) concentran costo en mecanizado y ajustes dimensionales. La logística interna se incorporó como un incremento unitario bajo, ya que Guayaquil es un nodo industrial, pero puede existir flete adicional para inoxidables o barras cromadas en caso de provenir de otras provincias.

**Tabla 7**

*Precios unitarios y parámetros base usados en el costeo*

Concepto	Valor adoptado	Unidad	Criterio de adopción
Acero AISI 1018 (materia prima)	1	USD/kg	Valor unitario utilizado en el costeo de piezas AISI 1018 (Tabla 8).
Acero inoxidable AISI 304 (materia prima)	1,75	USD/kg	Valor unitario consistente con el costeo de piezas AISI 304 (Tabla 8).
Corte / preparación	10	USD/operación	Tarifa fija por operación de corte/preparación.
Soldadura (MIG/TIG)	20	USD/h	Tarifa fija por hora de soldadura.
Mecanizado	30	USD/h	Tarifa fija por hora de mecanizado.

*Nota. (Ecuador, referencia 2025)*

Para asegurar trazabilidad del presupuesto, el costo de cada componente fabricado se calculó como la suma del costo de material y el costo de proceso. El costo de material se obtuvo multiplicando la masa real del componente por el precio unitario del material adoptado, mientras

que el costo de proceso se calculó a partir de tiempos de fabricación (corte, soldadura y mecanizado) multiplicados por la tarifa horaria correspondiente. En componentes comerciales, el costo adoptado corresponde al valor de mercado/cotización considerada para el escenario base.

### 3.5.3 Costos de fabricación local del conjunto estructural y partes de proceso

El primer bloque económico corresponde a las piezas fabricadas localmente que conforman la estructura y el conjunto de proceso: base, columnas, soporte superior, cámara perforada con camisa de refuerzo, placas internas, tapa y elementos de sujeción. Su fabricación local se justifica por la necesidad de ajuste dimensional al ensamble, facilidad de desmontaje para limpieza y disponibilidad de reposición a partir de planos.

El costo por pieza se estimó mediante costeo por partidas. La masa de cada componente se tomó del modelo final y el costo de material se calculó como  $C_{mat} = m \cdot c_{kg}$ , utilizando el precio unitario por kilogramo adoptado para AISI 1018 y AISI 304. La mano de obra se asignó por pieza según el nivel de operaciones requeridas (corte, soldadura y mecanizado), y el flete se incluyó únicamente cuando existió transporte interno asociado a componentes del conjunto de proceso. La Tabla 8 consolida, para cada ítem, cantidad, material, masa y costos parciales, permitiendo trazabilidad directa del presupuesto y comparación entre piezas en función de su impacto económico.

**Tabla 8**

*Estimación de costo por pieza fabricada localmente*

<b>Pieza</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material / peso aprox.</b>	<b>Costo material (USD)</b>	<b>Mano de obra (USD)</b>	<b>Flete (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Base	1	AISI 1018 / 128,30 kg	128,3	50	0	178,3
Base tapa (soporte superior)	1	AISI 1018 / 96,77 kg	96,77	50	0	146,77
Barras (columnas)	2	AISI 1018 / 39,34 kg c/u	39,34 c/u	50,00 c/u	0	178,68

Cámara perforada	1	AISI 304 / 43,47 kg	76,07	150	5	231,07
Camisa de refuerzo	1	AISI 304 / 19,21 kg	33,61	40	4	77,61
Placas circulares para separación (1)	1	AISI 304 / 24,61 kg	43,07	80	3	126,07
Placas circulares para separación (2)	1	AISI 304 / 19,63 kg	34,36	80	2	116,36
Placa pistón	1	AISI 304 / 31,15 kg	54,52	120	0	174,52
Tapa	1	AISI 304 / 14,54 kg	25,45	50	0	75,45
Topes de tapa roscados	2	AISI 1018 / 8,02 kg c/u	8,02 c/u	15,00 c/u	0	46,04
Sujetadores de cámara	2	AISI 1018 / 0,82 kg c/u	0,82 c/u	10,00 c/u	0	21,64

*Nota. Precio basado en (material + proceso + logística)*

### **3.5.4 Costos de componentes comerciales (hidráulicos y eléctricos)**

El segundo bloque económico corresponde a los componentes comerciales del sistema hidráulico–eléctrico, cuya adquisición resulta más conveniente que su fabricación local debido a las exigencias de operación a alta presión y a los requerimientos de confiabilidad. En particular, el subsistema de potencia hidráulica se incorporó como un sistema hidráulico integrado importado, ya que concentra elementos críticos (generación de presión, sellado y capacidad de carga) cuyo desempeño depende de componentes internos y tolerancias que requieren manufactura estandarizada. Adicionalmente, la decisión de importarlo se sustentó en un criterio económico: frente a alternativas locales de gama industrial, el costo del conjunto integrado resulta significativamente menor, permitiendo cumplir la función de presión y actuación sin penalizar el presupuesto del prototipo.

La Tabla 9 consolida los valores adoptados para el escenario base e identifica los rubros de mayor incidencia, sustentando la estrategia de abastecimiento en términos de seguridad, disponibilidad y costo total del sistema.

**Tabla 9***Estimación de costos de componentes comerciales*

<b>Componente</b>	<b>Especificación base</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Cilindro hidráulico integrado	Hydraulic Jack Cylinder FCD320-300, CIF Guayaquil	1	1000,38	1000,38
Válvula direccional 4/2	Solenoide, monoestable	1	600	600
Válvula limitadora de presión	Ajustable a 350 bar	1	300	300
Presostato hidráulico	Rango compatible 350 bar	1	160	160
Manómetro	0–400 bar	1	80	80
Mangueras y racores	Alta presión, 350 bar	1 lote	650	650
Motor eléctrico	25 kW	1	1.350,00	1.350,00
Tablero eléctrico básico	Arranque/protecciones	1	650	650
<b>Total de componentes comerciales</b>				<b>4.828,00</b>

*Nota. Precio correspondiente a (mercado Ecuador / importación dirigida)*

### **3.5.5 Consolidación del costo de fabricación local puesto en operación**

El costo total del prototipo puesto en operación se determinó mediante la agregación de dos partidas principales: la fabricación local de la estructura y de los elementos del conjunto de prensado, calculada a partir de las masas reales y costos unitarios definidos en la Tabla 8, y la adquisición de componentes comerciales correspondientes al sistema hidráulico y eléctrico, resumida en la Tabla 9. Bajo el escenario de abastecimiento adoptado, la sumatoria de ambas

partidas arroja un costo de **USD 6.200**, lo que garantiza un presupuesto verificable por componente y establece una base consistente para la comparación económica con la alternativa importada.

**Tabla 10**

*Presupuesto total estimado de fabricación local*

<b>Bloque de costo</b>	<b>Total (USD)</b>	<b>Fuente de cálculo</b>
Fabricación local (estructura + piezas internas)	1.372	Suma de Tabla 8
Componentes comerciales (hidráulico + eléctrico)	4.828	Suma de Tabla 9
<b>Total de fabricación local del prototipo</b>	<b>6.200</b>	Suma de ambos bloques

### **3.5.6 Alternativa de importación: Costo de un equipo equivalente desde China**

Como referencia externa se consideró la importación de una prensa hidráulica comercial equivalente (modelo 6YY-415). La cotización del proveedor indica un precio de USD 4.990 FOB Shanghai y un costo de USD 100 por flete/seguro hasta Guayaquil, obteniéndose un CIF Guayaquil de USD 5.090. Para mantener consistencia con los requisitos sanitarios del presente diseño, se incluyó el ajuste ofrecido por el proveedor para componentes en acero inoxidable con un recargo de USD 1.100, resultando un CIF ajustado de USD 6.190. A partir de este valor se incorporaron rubros de nacionalización, impuestos, transporte interno e instalación básica, obteniéndose un costo total puesto en planta (Guayaquil) de USD 8.349,45, según el desglose de la Tabla 11.

**Tabla 11***Desglose estimado de importación “puesto en planta”*

<b>Concepto</b>	<b>Base de cálculo</b>	<b>Valor (USD)</b>
Equipo (FOB Shanghai)	Cotización proveedor	4.990,00
Flete + seguro hasta Guayaquil	Cotización proveedor	100
Subtotal CIF Guayaquil	FOB + flete/seguro	5.090,00
Ajuste sanitario: tambor/cilindro inoxidable	Adicional proveedor	1.100,00
CIF ajustado para comparación	CIF + ajuste	6.190,00
Arancel (DAI)	Adoptado 0% en el ejercicio	0
FODINFA	0,5% × CIF ajustado	30,95
IVA	15% × (CIF ajustado + DAI)	928,5
Agenciamiento y tasas	Valor adoptado	400
Transporte interno (puerto → planta)	Valor adoptado	300
Instalación y puesta en marcha básica	Valor adoptado	500
<b>Total puesto en planta (Guayaquil)</b>	<b>Suma total</b>	<b>8.349,45</b>

*Nota. Equipo equivalente chino***3.5.7 Estrategia de abastecimiento y criterio de decisión**

Con base en los resultados de diseño, verificación y costeo consolidado, la decisión de abastecimiento se reduce a dos rutas técnicamente viables: fabricar localmente la prensa incluyendo el bastidor y el conjunto de proceso e importar únicamente el subsistema de actuación

hidráulica (cilindro), o adquirir un equipo estándar importado completo. La primera alternativa es preferible porque permite controlar directamente la geometría y los acabados de las superficies en contacto con producto, asegurar desmontaje y limpieza del paquete de prensado y garantizar reposición local de piezas críticas a partir de planos, reduciendo tiempos de parada y dependencia logística. En contraste, la importación del equipo completo tiende a limitar la adaptación del conjunto filtrante, la configuración de drenaje y la mantenibilidad, además de supeditar la disponibilidad de repuestos y consumibles a la cadena del proveedor.

Desde el punto de vista económico y de implementación, los resultados “puesto en operación” evidencian una diferencia clara. La fabricación local del prototipo, complementada con el cilindro importado y con componentes comerciales de control e instrumentación, consolida un costo fijo de **USD 6.200**, manteniendo trazabilidad por pieza y control sobre los materiales del conjunto de proceso. Por su parte, la importación de un equipo equivalente completo alcanza un costo “puesto en planta” de **USD 8.349,45**, con la ventaja de una adquisición integral y potencialmente una puesta en marcha más rápida; sin embargo, incrementa la dependencia del proveedor para ajustes, repuestos específicos y control de calidad interno, lo que puede traducirse en mayores riesgos operativos en el mediano plazo.

En consecuencia, el criterio de decisión se fundamenta en equilibrar inversión inicial, control sanitario y sostenibilidad operativa. Bajo los valores consolidados, la fabricación local con importación puntual del cilindro resulta económicamente más conveniente y, adicionalmente, ofrece mayor flexibilidad para optimizar el desempeño del proceso y asegurar mantenibilidad, factores determinantes para una operación continua y replicable en condiciones reales de producción.

**Tabla 12***Comparación final de alternativas y criterio de selección*

<b>Criterio</b>	<b>Fabricación local (importación solo del cilindro)</b>	<b>Importación equipo equivalente</b>
Costo total estimado	6.200 USD	8.349,45 USD
Adaptabilidad al proceso	Alta (diseño a medida)	Media (equipo estándar)
Mantenimiento y repuestos	Favorable (piezas de proceso replicables localmente)	Dependiente de importador/fabricante
Control de calidad de materiales	Alto (selección directa AISI 304/1018)	Variable (según configuración del proveedor)
Riesgo logístico	Medio (solo cilindro y algunos insumos críticos)	Medio/Alto (equipo completo + repuestos)
Decisión técnica	Más robusta y flexible para operación local	Más simple en adquisición, menos adaptable

## Capítulo 4

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- Se establecieron y consolidaron condiciones de operación compatibles con la capacidad nominal definida, mediante un esquema por lotes de 20 kg y un ciclo total de 12 minutos, que sustenta una tasa de proceso aproximada de 100 kg/h. Este cierre operativo es relevante porque vincula directamente capacidad con variables controlables en planta (masa por lote, tiempos de avance y carrera efectiva), permitiendo planificar producción y estimar requerimientos de potencia y desgaste bajo un régimen de operación repetitivo.
- El dimensionamiento hidráulico–eléctrico quedó alineado con la demanda de fuerza impuesta por la presión de diseño, al operar a 35 MPa sobre un diámetro efectivo de 305 mm, obteniéndose una fuerza nominal aproximada de 2,56 MN. Con el volumen de desplazamiento asociado a la carrera adoptada, se justificó un caudal del orden de 34 L/min para un tiempo de avance cercano a 36 s, lo que lleva a una potencia hidráulica de referencia en torno a 20 kW y respalda la selección de un motor eléctrico comercial de 25 kW. En términos de ingeniería de sistemas, esta combinación representa un compromiso adecuado entre productividad (tiempo de avance) y potencia instalada, evitando sobredimensionamientos que incrementen costo y exigencias de red eléctrica sin beneficios proporcionales.
- La verificación estructural evidenció un comportamiento global rígido del conjunto bajo condición de máxima sollicitación, con desplazamientos máximos del orden de 0,98 mm. La distribución de esfuerzos mostró que las zonas de mayor demanda se concentran alrededor de uniones, apoyos y contactos entre componentes, y que los máximos puntuales de esfuerzo y presión de contacto responden a concentraciones geométricas y a idealizaciones de contacto propias del modelo numérico. Por tanto, el resultado técnicamente relevante es que la estabilidad global del bastidor y del paquete de prensado

es adecuada para el régimen de carga, mientras que el diseño de detalle debe optimizar transiciones, radios y superficies de apoyo para elevar márgenes locales y reducir sensibilidad a singularidades, garantizando un desempeño más robusto ante tolerancias reales de fabricación y montaje.

- El costeo por partidas permitió cuantificar el prototipo con trazabilidad y cerrar un valor fijo “puesto en operación” de USD 6.200, correspondiente a la fabricación local del bastidor y del conjunto de proceso, complementada con la importación puntual del cilindro y la adquisición local de componentes comerciales de control e instrumentación. Para comparación bajo un escenario equivalente “puesto en planta”, la importación de un equipo estándar tipo 6YY-415 alcanzó USD 8.349,45, incluyendo valor CIF ajustado, nacionalización, transporte interno e instalación básica. En consecuencia, se evidencia que la estrategia de fabricación local con abastecimiento mixto resulta más conveniente en inversión y, simultáneamente, mantiene ventajas técnicas determinantes para la implementación industrial: control de materiales y acabados en contacto con producto, posibilidad de ajustar el paquete filtrante y el drenaje a la operación real, y disponibilidad de reposición local de piezas críticas a partir de planos, reduciendo dependencia logística y fortaleciendo la sostenibilidad operativa del equipo en su ciclo de vida.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda introducir radios de filete, transiciones suaves y/o placas intermedias en las zonas donde la simulación mostró picos localizados de esfuerzo y presión de contacto, con el fin de reducir concentraciones numéricas y mejorar la distribución real de carga en interfaces críticas, manteniendo el desempeño global ya validado.
- Se recomienda realizar pruebas piloto con licor de cacao en condiciones controladas (temperatura de 70–80 °C y operación por lotes) para validar el supuesto de 12 min/ciclo

y ajustar tiempos reales de carga/descarga, ya que estos influyen directamente en la capacidad efectiva de 100 kg/h.

- Se sugiere implementar control de presión y caudal mediante instrumentación y lógica de mando (presostato y válvulas) orientada a reducir tiempo en presión máxima, ya que el consumo energético se concentra en la fase de prensado. En una etapa futura, podría evaluarse un variador de frecuencia o estrategias de control para optimizar el consumo sin afectar productividad.
- Se recomienda mantener la estrategia mixta: fabricación local de estructura y componentes de proceso, y adquisición comercial del tren hidráulico y eléctrico, asegurando que todos los componentes críticos estén certificados para el rango de presión de trabajo. Adicionalmente, se recomienda definir desde el diseño un plan de repuestos mínimos (sellos, mangueras, manómetro/presostato y elementos de válvulas) para reducir tiempos de parada y dependencia del proveedor.
- Como extensión del proyecto, se recomienda evaluar el desempeño de filtración (placa filtrante + canales) con diferentes configuraciones de perforación y malla, y realizar un análisis térmico-operativo (pérdidas de calor, viscosidad del licor) para mejorar la repetibilidad del rendimiento y la calidad de manteca extraída.

## REFERENCIAS

- Álvarez Fernández, C. O., Liconte Salgado, N. D., Pérez Silva, E. E., Lares Amaíz, M. D. C., & Perozo González, J. G. (2022). Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. *Petroglifos. Revista Crítica Transdisciplinar*, 5(1), 12–25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>
- Bahr Khalil, M. K. (2016). *HYDRAULIC SYSTEMS VOLUME 1 : Introduction to hydraulics for industry professionals* (1a ed.). COMPUDRAULIC LLC. [https://www.researchgate.net/publication/299398229\\_Introduction\\_to\\_Hydraulics\\_for\\_Industry\\_Professionals\\_-\\_Hydraulic\\_Systems\\_Volume\\_1](https://www.researchgate.net/publication/299398229_Introduction_to_Hydraulics_for_Industry_Professionals_-_Hydraulic_Systems_Volume_1)
- Bermúdez, S., Voora, V., Larrea, C., & Luna, E. (2022). *Cocoa prices and sustainability SUSTAINABLE COMMODITIES MARKETPLACE SERIES Market Overview*. <https://www.iisd.org/publications/report/2022-global-market-report-cocoa>
- Cedeño Coll, E. P., & Dilas-Jiménez, J. O. (2022). Producción y exportación del cacao ecuatoriano y el potencial del cacao fino de aroma. *Qantu Yachay*, 2(1), 08–15. <https://doi.org/10.54942/QANTUYACHAY.V2I1.17>
- Coggins, S., McCampbell, M., Sharma, A., Sharma, R., Haefele, S. M., Karki, E., Hetherington, J., Smith, J., & Brown, B. (2022). How have smallholder farmers used digital extension tools? Developer and user voices from Sub-Saharan Africa, South Asia and Southeast Asia. *Global Food Security*, 32, 100577. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2021.100577>
- Esposito, Anthony. (2014). *Fluid power with applications*. Pearson Education Limited.
- Gaia Cacao B.V. (2021). *Global Cocoa Market Study Report*. <https://thechocolatelife.com/content/files/2022/01/Global-Cocoa-Market-Study-Report.pdf>
- Galindo Pacherres, G. L., & Galindo Pacherres, J. (2022). Extracción y caracterización física, química, cromatográfica y espectrofotométrica de la manteca de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), cultivado en la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios [UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS]. En *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD*. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/900>
- Grass Plata, M. S., & Vera Parra, E. A. (2023). *Diseño de una prensa hidráulica para realizar extracción de manteca de cacao a partir del licor de cacao* [Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/14559>

- International Cocoa Organization (ICCO). (2023). *COCOA MARKET REPORT*. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/ICCO-Monthly-Cocoa-Market-Report-June-2023.pdf>
- International Cocoa Organization (ICCO). (2025, noviembre). *Cocoa Statistics - November 2025 Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*. <https://www.icco.org/november-2025-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>
- Khurmi, R. S. ., & Gupta, J. K. . (2008). *A textbook of machine design*. S. Chand Publishing.
- Kumar, S. P. S., Kapoor, A., Vo, D.-V. N., Senthil, P., Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Senthil Kumar, P., Kapoor, A., Dai-Viet, D., Vo, N., Rangasamy, G., Li, R., & Susfoodtech, /. (2023). Digitalization of the agro-food sector for achieving sustainable development goals: a review. *Sustainable Food Technology*, 1(6), 783–802. <https://doi.org/10.1039/D3FB00124E>
- Lavenburg, V. M., Rosentrater, K. A., Jung, S., Lavenburg, V. M., Rosentrater, K. A., & Jung, S. (2021). Extraction Methods of Oils and Phytochemicals from Seeds and Their Environmental and Economic Impacts. *Processes 2021, Vol. 9*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/PR9101839>
- Lin, Y. C., & Choong, Y. M. (2022). Characterization and Yield of Crude Cocoa Butter Extracted from Taiwanese Cocoa Beans under Different Fermentation Degree and Roasting Conditions. *Journal of Food and Nutrition Research, Vol. 10, 2022, Pages 151-157, 10(2)*, 151–157. <https://doi.org/10.12691/JFNR-10-2-8>
- Mantel, R. V. (2004). *A press for separating cocoa mass into cocoa cake and cocoa butter*. <https://patents.google.com/patent/ZA200208089B/en>
- Melo, L. J., Orjuela, A., & Guerrero, E. (2022). Improvement of industrial processes in Colombia. Case study: Cocoa pressing process in a chocolate factory. *Chemical Engineering Research and Design*, 183, 307–317. <https://doi.org/10.1016/J.CHERD.2022.05.013>
- Mendoza, D., García, O., Velasco, J. L. R., & Jadán, K. (2024). Exportaciones de cacao ecuatoriano y su incidencia en la producción durante el período 2008-2023. *Religación*, 9(42), e2401278–e2401278. <https://doi.org/10.46652/RGN.V9I42.1278>
- Moreno-Miranda, C., Molina, I., Miranda, Z., Moreno, R., & Moreno, P. (2020). LA CADENA DE VALOR DE CACAO EN ECUADOR: UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA COADYUVAR A LA SOSTENIBILIDAD. *Bioagro*, 32(3), 205–214.
- Pabón Andrade, J. G. (2016). *Procesadora y comercializadora de pasta de cacao y sus derivados en Ecuador* [Universidad Internacional de la Rioja]. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/3711>

- Panzanini, M., Genesi, M., Zeppa, G., & Dordoni, R. (2024). Unlocking cold-pressed nut potential: focus on tocopherol content of oils and defatted cakes. *Italian Journal of Food Science*, 36(2), 101–110. <https://doi.org/10.15586/IJFS.V36I2.2501>
- Parr, A. (1991). *Hydraulics and Pneumatics: A technician's and engineer's guide*. Butterworth Heinemann.
- Parra-Paitan, C., zu Ermgassen, E. K. H. J., Meyfroidt, P., & Verburg, P. H. (2023). Large gaps in voluntary sustainability commitments covering the global cocoa trade. *Global Environmental Change*, 81, 102696. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2023.102696>
- Piravi-Vanak, Z., Dadazadeh, A., Azadmard-Damirchi, S., Torbati, M., Martinez, F., Piravi-Vanak, Z., Dadazadeh, A., Azadmard-Damirchi, S., Torbati, M., & Martinez, F. (2024). The Effect of Extraction by Pressing at Different Temperatures on Sesame Oil Quality Characteristics. *Foods* 2024, Vol. 13, 13(10). <https://doi.org/10.3390/FOODS13101472>
- Preferred by Nature. (2025, septiembre 18). *Reducir las barreras de acceso al mercado: equipar a los pequeños productores de cacao de Ecuador de herramientas para adaptarse a las nuevas normas internacionales* | Preferred by Nature. <https://www.preferredbynature.org/es/news/reducir-las-barreras-de-acceso-al-mercado-equipar-los-pequenos-productores-de-cacao-de>
- Ruiz, L. Z. (2024). Adding value to coffee and cacao in Latin America. En *CANNING HOUSE*. [https://www.canninghouse.org/storage/uploads/resources/lse-research-forum/07-2024-report/Adding\\_value\\_to\\_coffee\\_and\\_cacao\\_in\\_Latin\\_America\\_olgtl.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.canninghouse.org/storage/uploads/resources/lse-research-forum/07-2024-report/Adding_value_to_coffee_and_cacao_in_Latin_America_olgtl.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Staritz, C., Tröster, B., Grumiller, J., & Maile, F. (2022). Price-Setting Power in Global Value Chains: The Cases of Price Stabilisation in the Cocoa Sectors in Côte d'Ivoire and Ghana. *The European Journal of Development Research* 2022 35:4, 35(4), 840–868. <https://doi.org/10.1057/S41287-022-00543-Z>
- Tuenter, E., Delbaere, C., De Winne, A., Bijttebier, S., Custers, D., Foubert, K., Van Durme, J., Messens, K., Dewettinck, K., & Pieters, L. (2020). Non-volatile and volatile composition of West African bulk and Ecuadorian fine-flavor cocoa liquor and chocolate. *Food Research International*, 130, 108943. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.108943>
- United Nations. (s/f). *Goal 12 | Ensure sustainable consumption and production patterns*. Recuperado el 16 de enero de 2026, de <https://sdgs.un.org/goals/goal12>
- Vásquez Carrera, P. J., Hidalgo Osorio, W. A., Carrillo Velarde, G. G., & Villarroel Herrera, N. J. (2020). Selección y Diseño de una Máquina extractora de aceite del piñón *Jatropha curcas*.

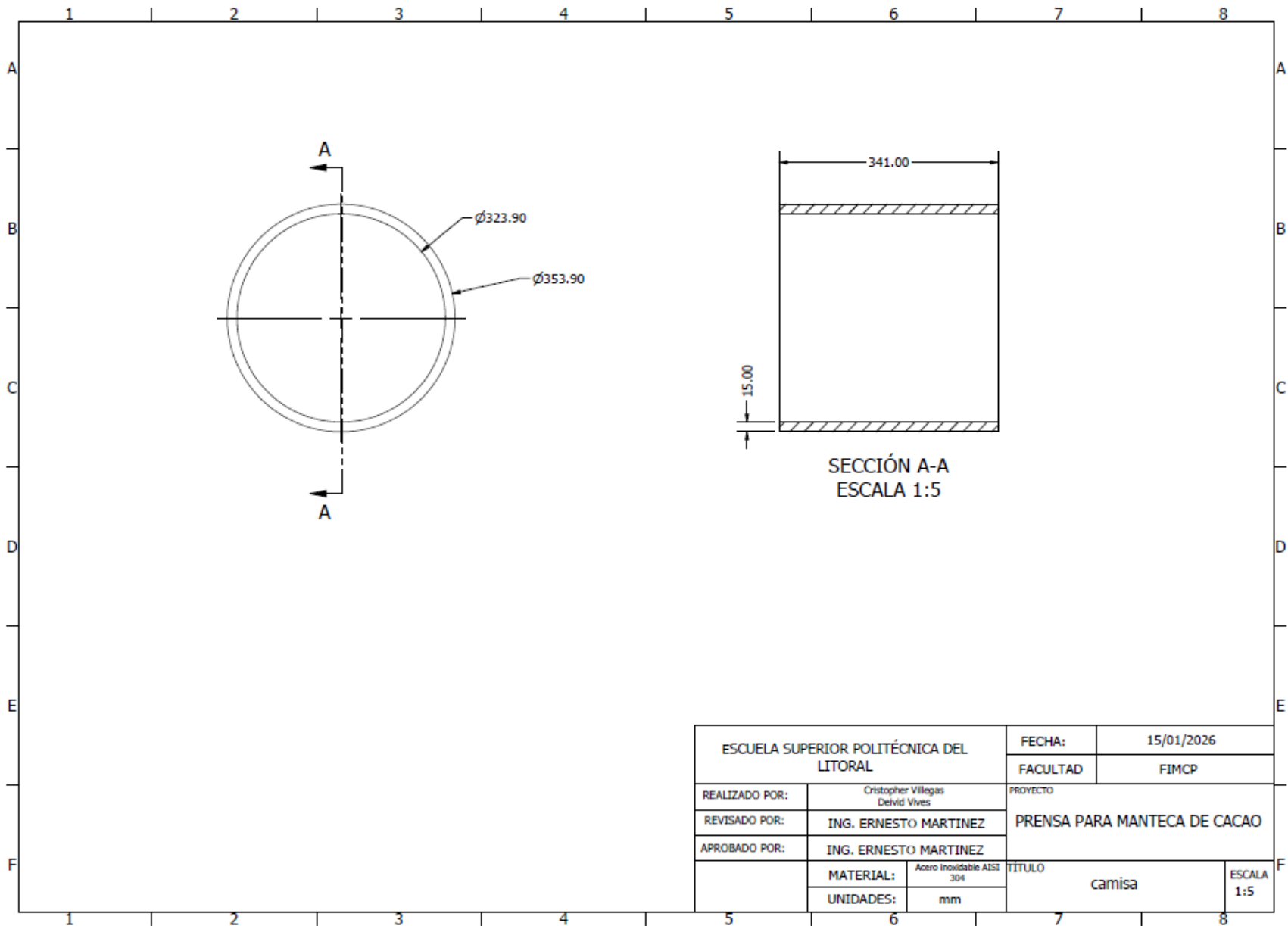
<https://doi.org/10.33262/CONCIENCIADIGITAL.V3I4.1423>

- Vidhate, G. S., & Singhal, R. S. (2013). Extraction of cocoa butter alternative from kokum (*Garcinia indica*) kernel by three phase partitioning. *Journal of Food Engineering*, *117*(4), 464–466. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.10.051>
- Villacis, A. H., Alwang, J. R., Barrera, V., & Dominguez, J. (2022). Prices, specialty varieties, and postharvest practices: Insights from cacao value chains in Ecuador. *Agribusiness*, *38*(2), 426–458. <https://doi.org/10.1002/AGR.21730>
- Yan, Z., Ge, L., Quan, L., Yan, Z., Ge, L., & Quan, L. (2022). Energy-Efficient Electro-Hydraulic Power Source Driven by Variable-Speed Motor. *Energies* *2022*, *Vol. 15*, *15*(13). <https://doi.org/10.3390/EN15134804>
- Zambrano, G., Tennhardt, L. M., Egger, M., Ramírez, K., Santos, A., Moyano, B., & Curran, M. (2024). Differing impacts of the COVID-19 pandemic on farmers and intermediaries: insights into the Ecuadorian cocoa value chain. *Agricultural and Food Economics* *2024* *12:1*, *12*(1), 9-. <https://doi.org/10.1186/S40100-024-00302-0>

## **APÉNDICES**

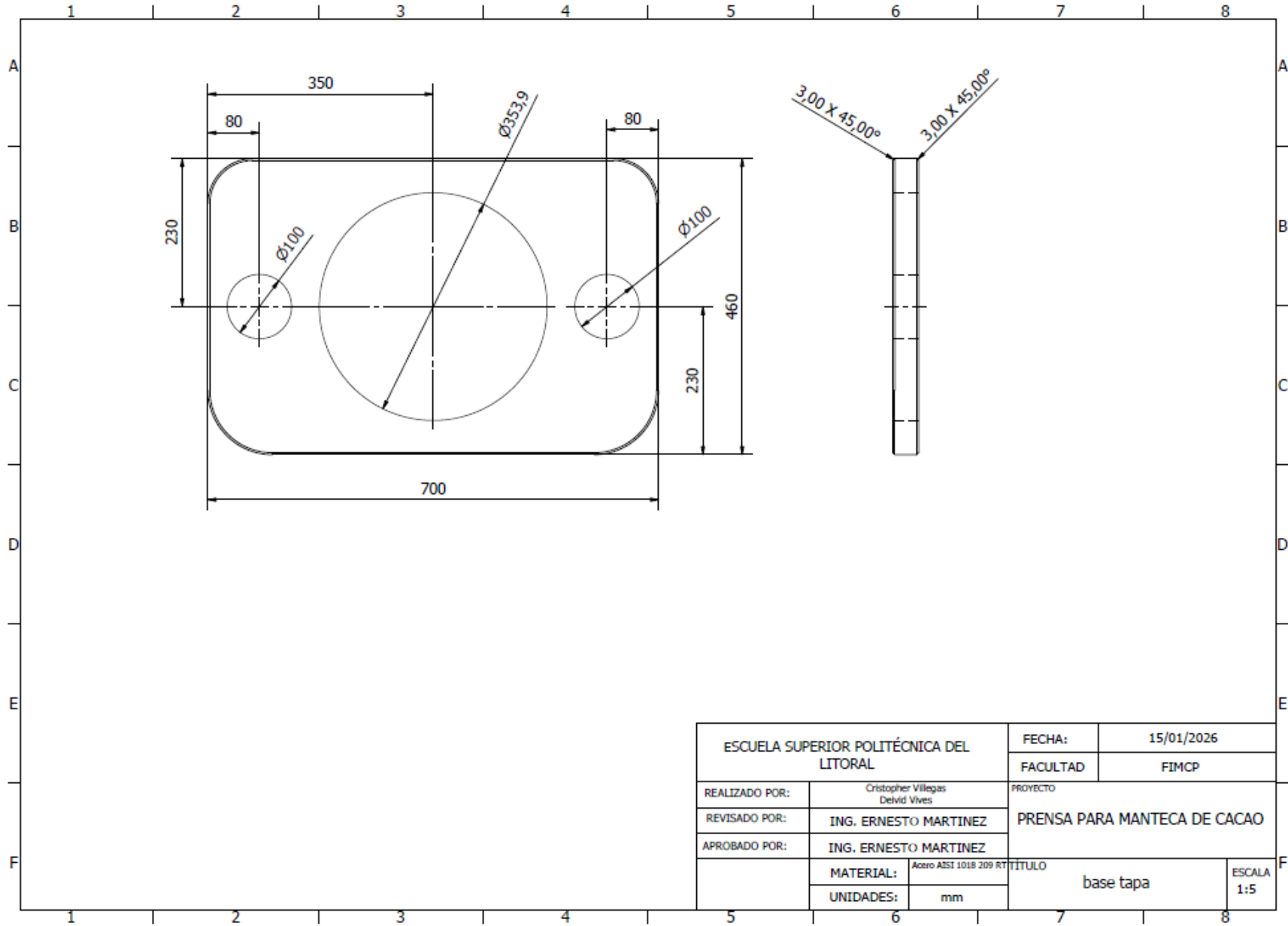
### **APÉNDICE A PLANOS ESQUEMATICOS**

---

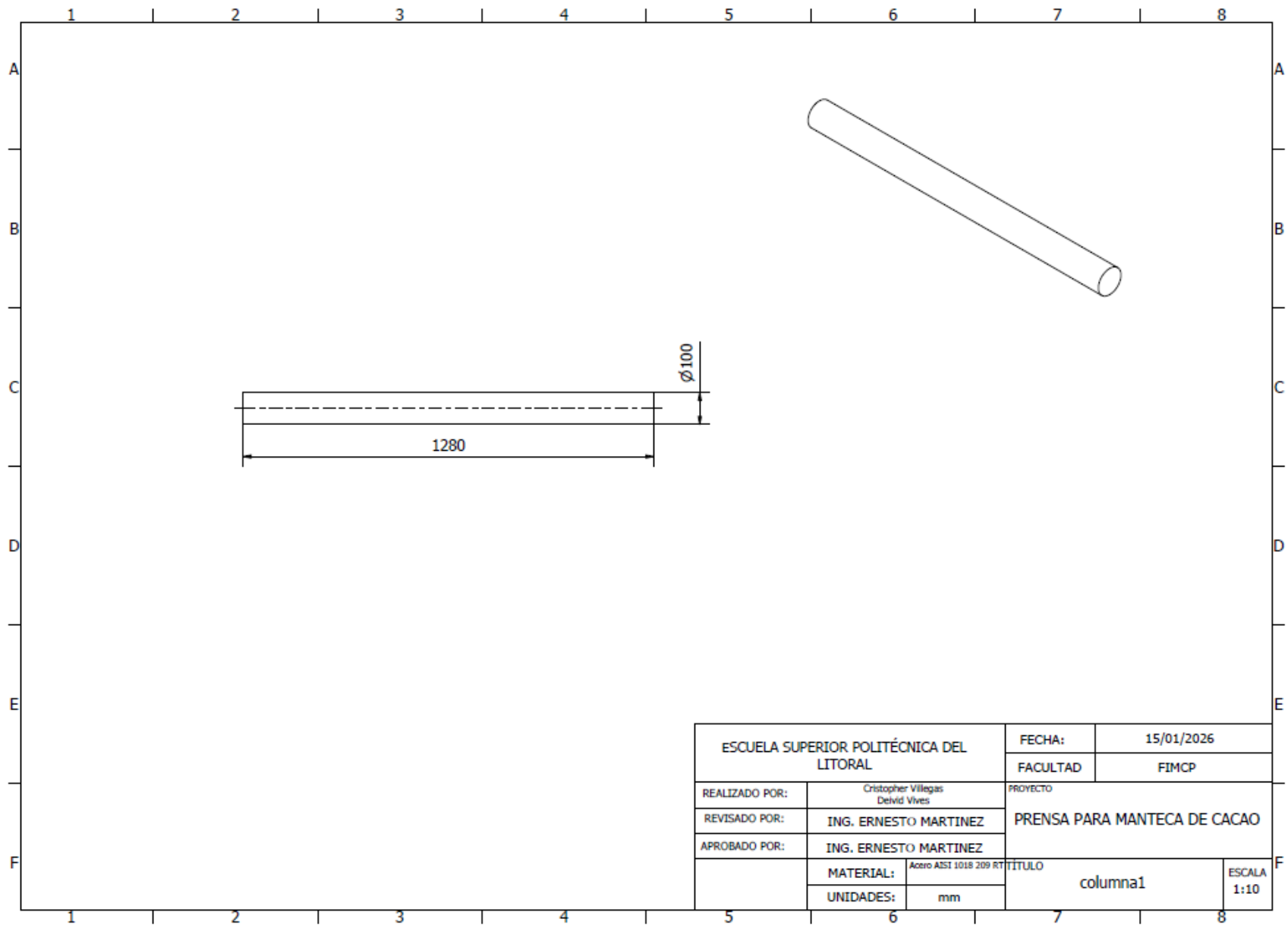


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:5

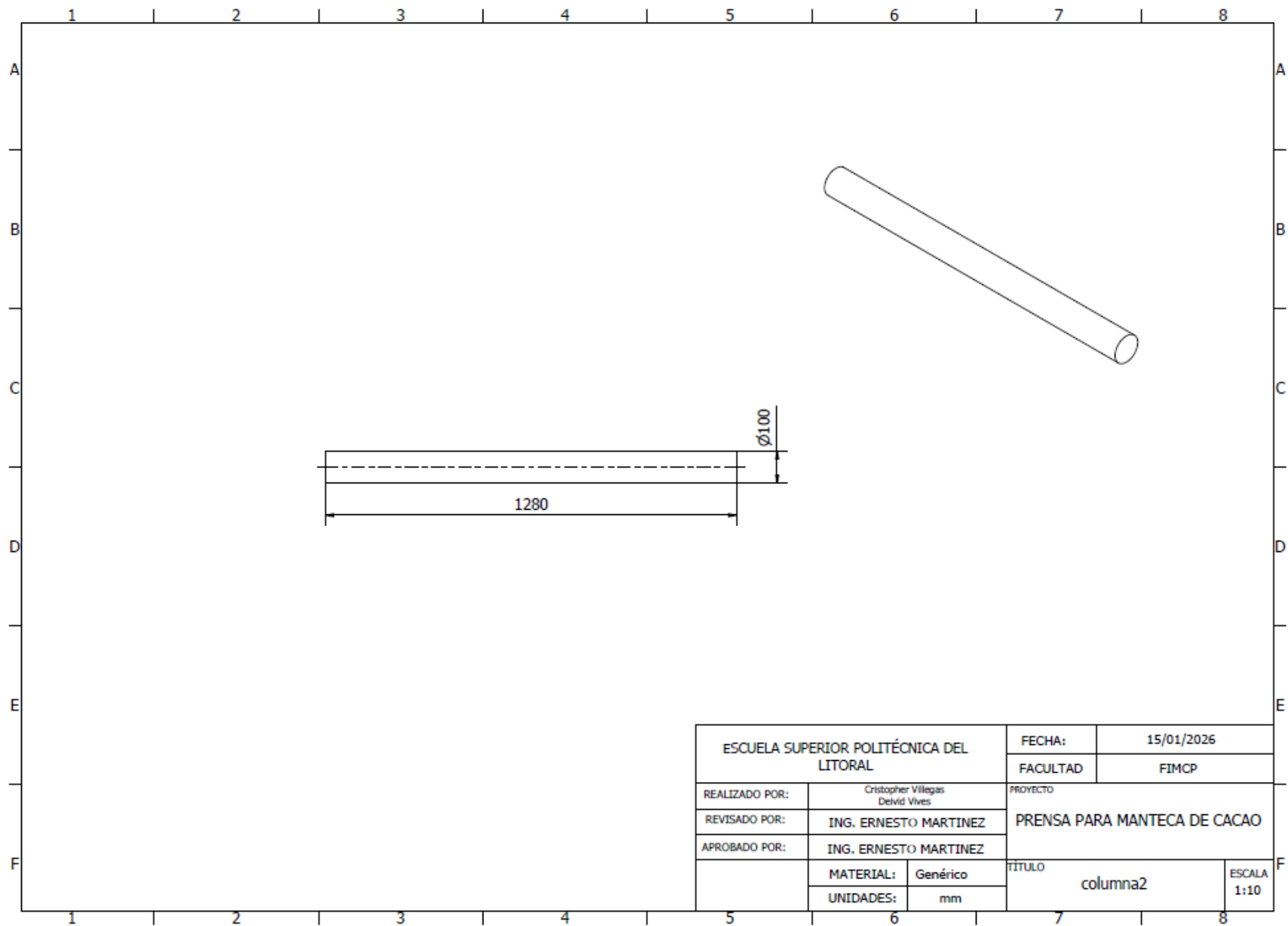
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			FECHA:	15/01/2026
			FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Christopher Villegas Deivid Vives		PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ			
	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI 304	TITULO	camisa
	UNIDADES:	mm		ESCALA 1:5

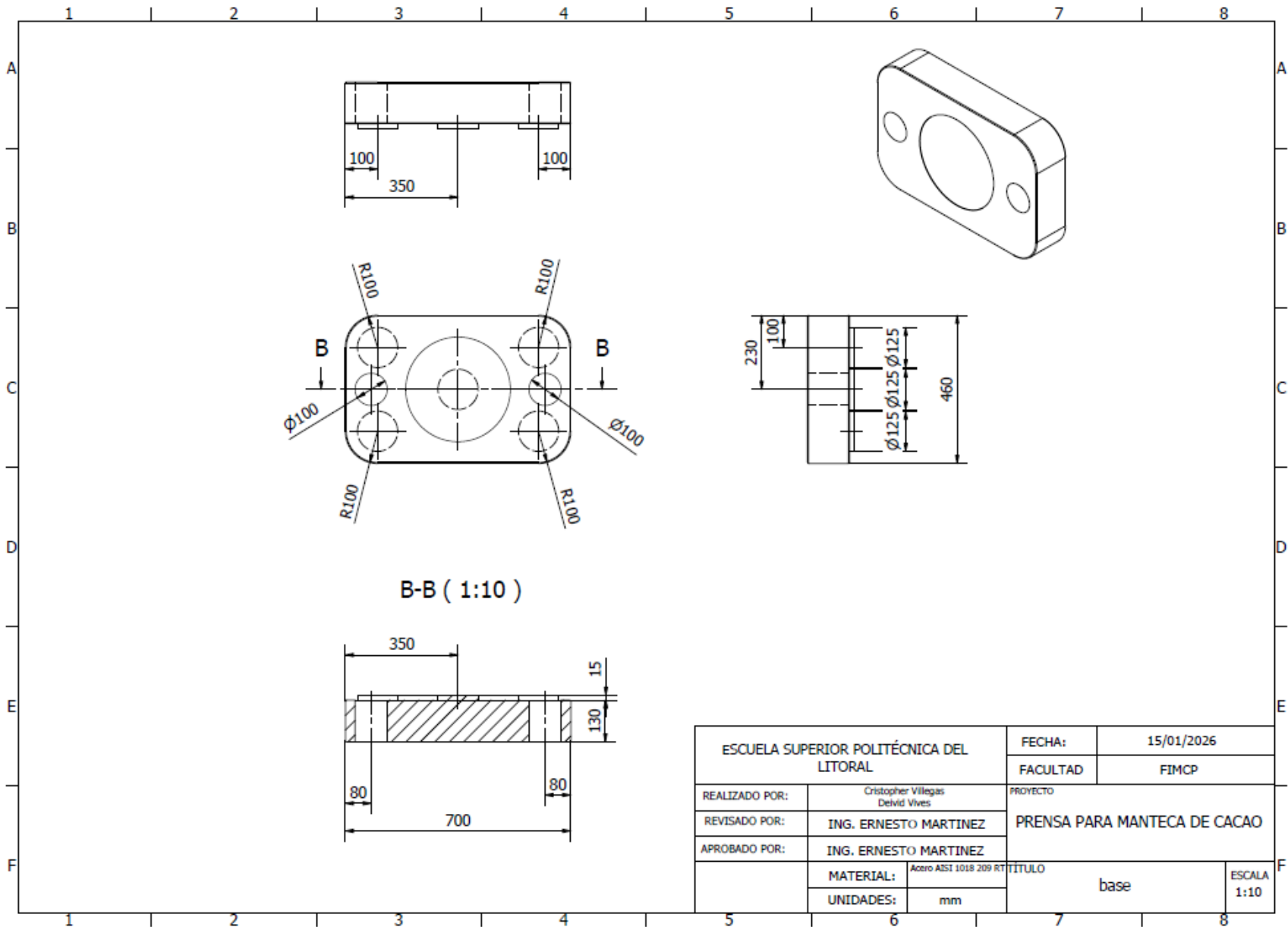


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO	
	UNIDADES: mm	base tapa	
			ESCALA 1:5

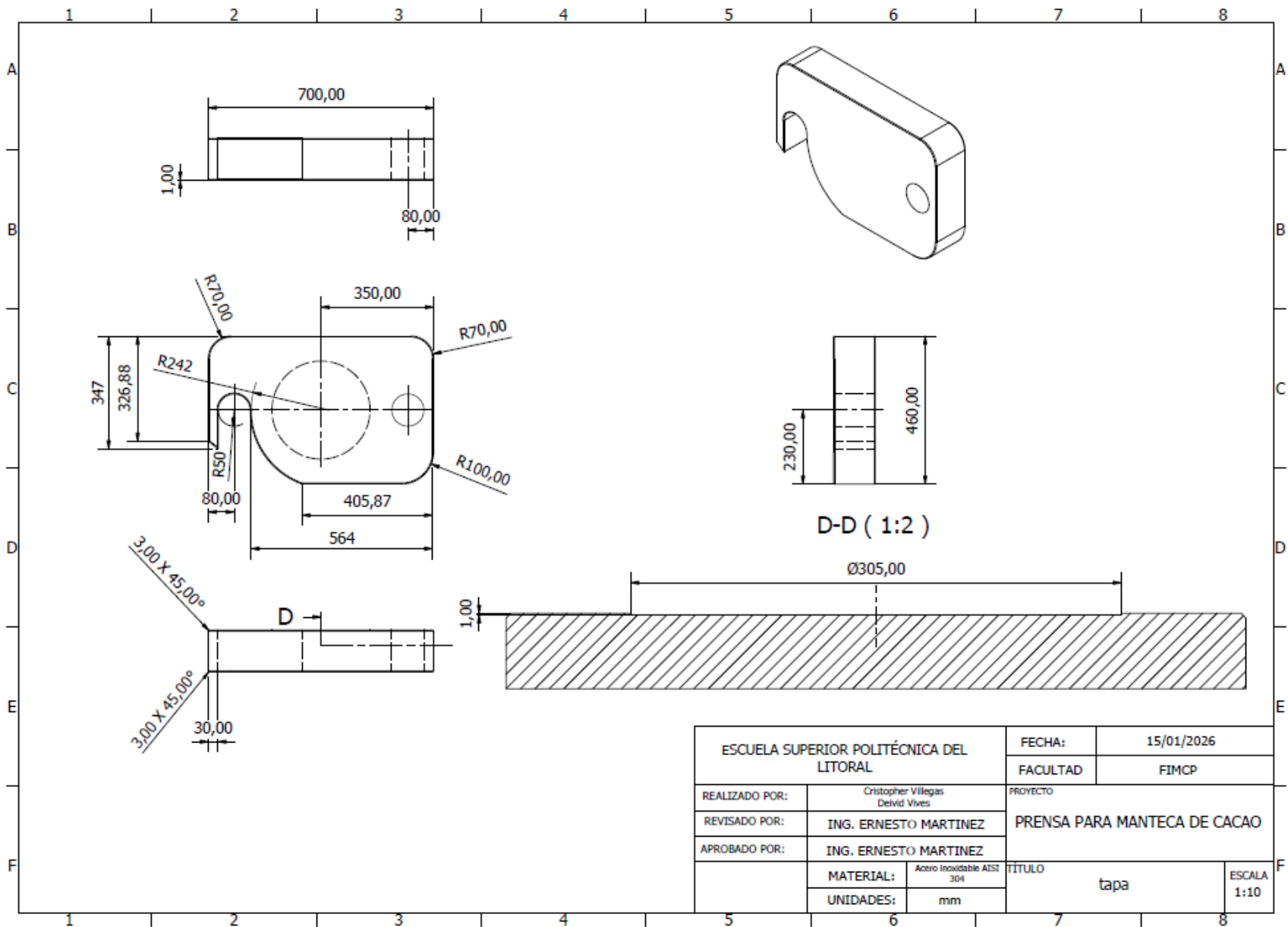


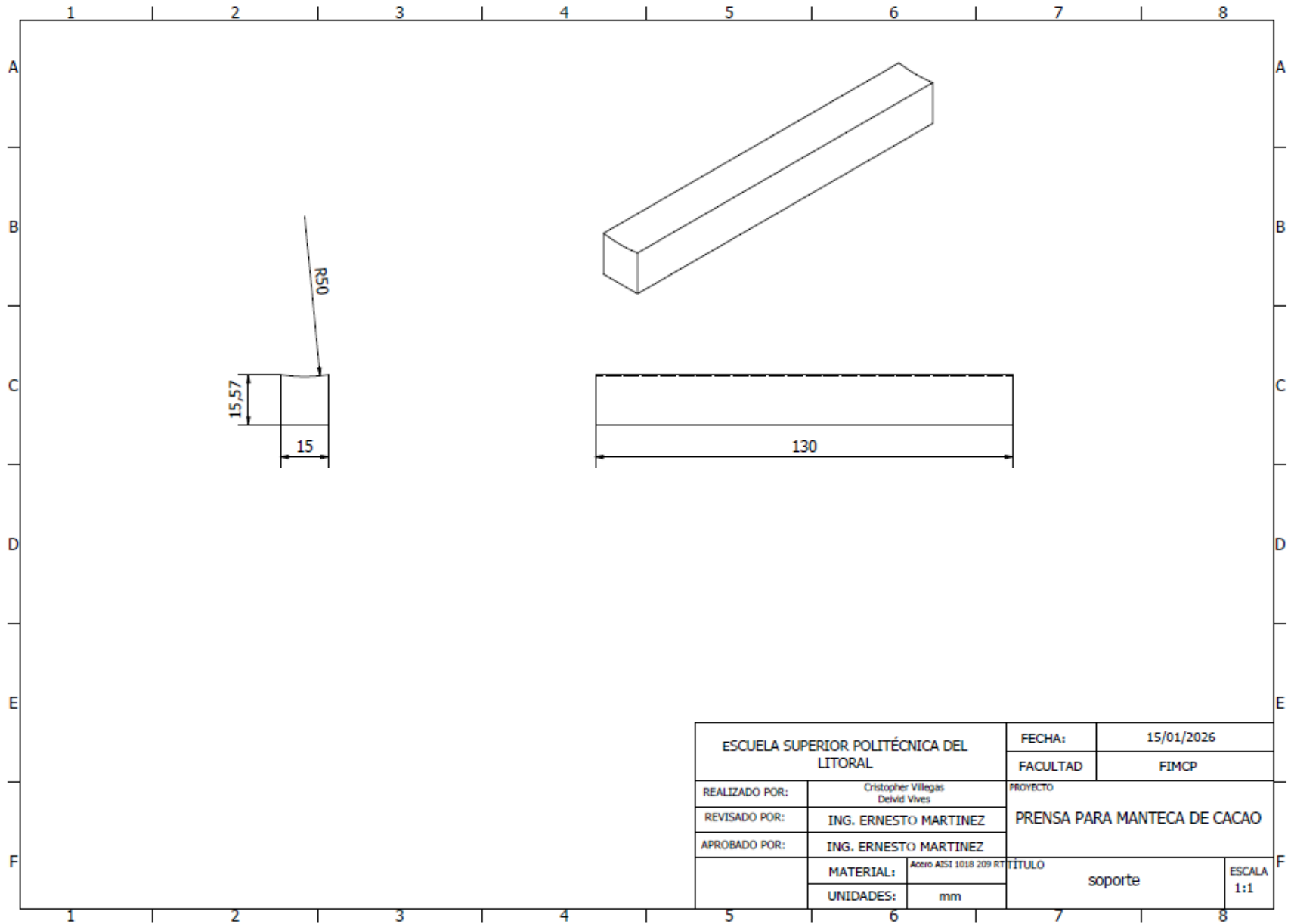
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO	columna1
	UNIDADES: mm		ESCALA 1:10



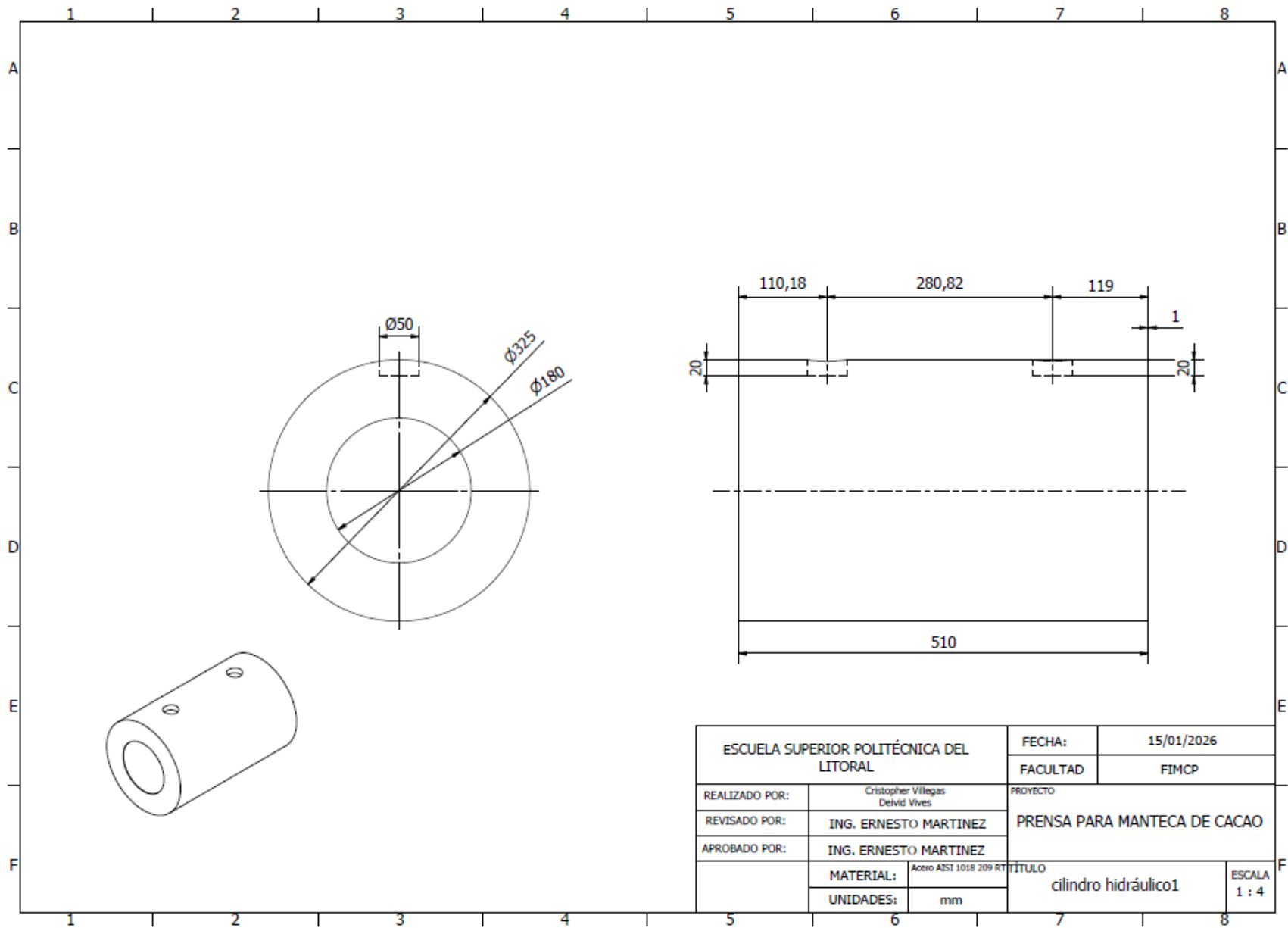


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Christopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO	base
	UNIDADES: mm		ESCALA 1:10

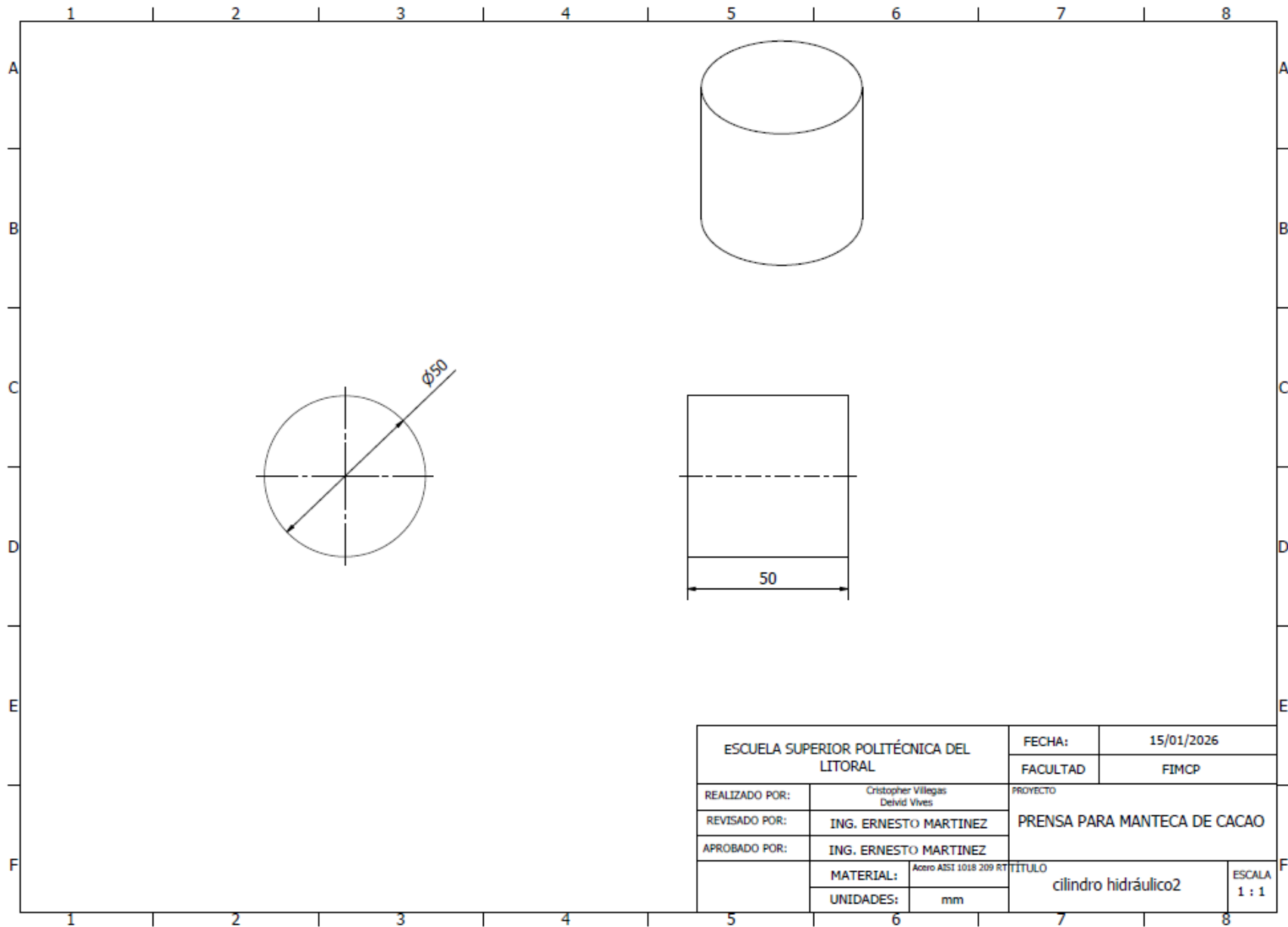




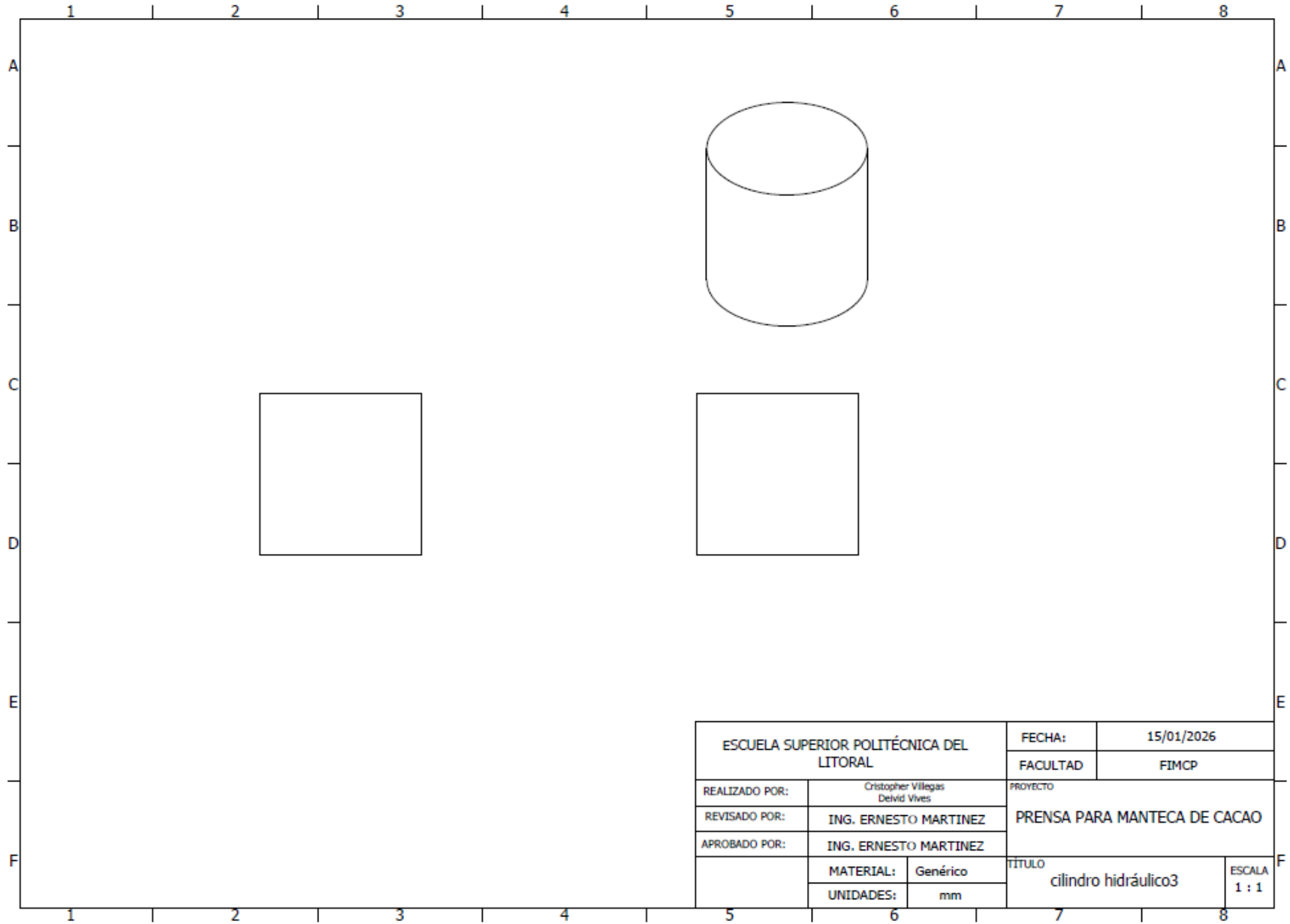
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO	
	UNIDADES: mm	soporte	ESCALA 1:1



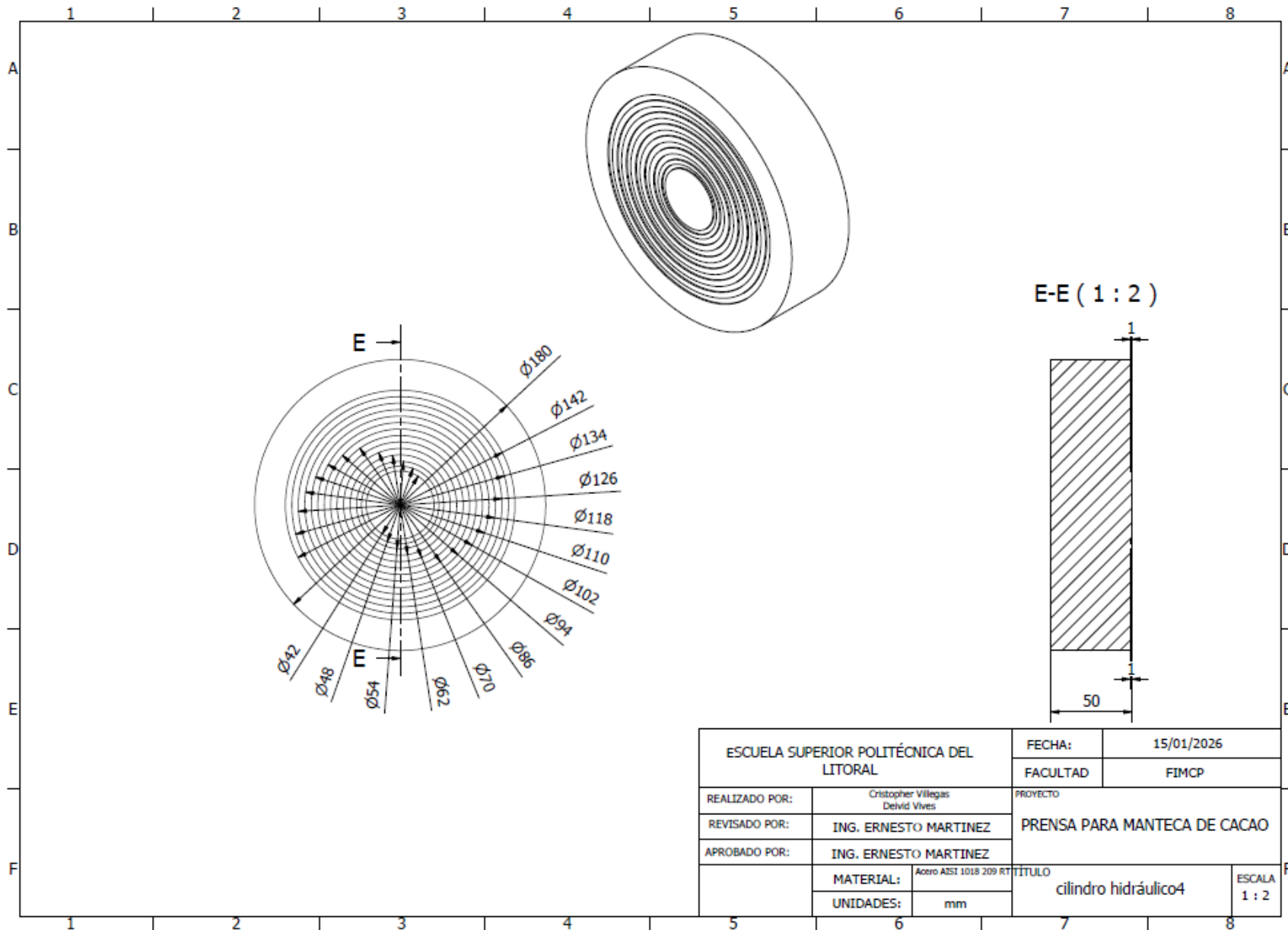
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	TITULO	
	MATERIAL: Acero A51 1018 209 RT	cilindro hidráulico1	ESCALA 1 : 4
	UNIDADES: mm		



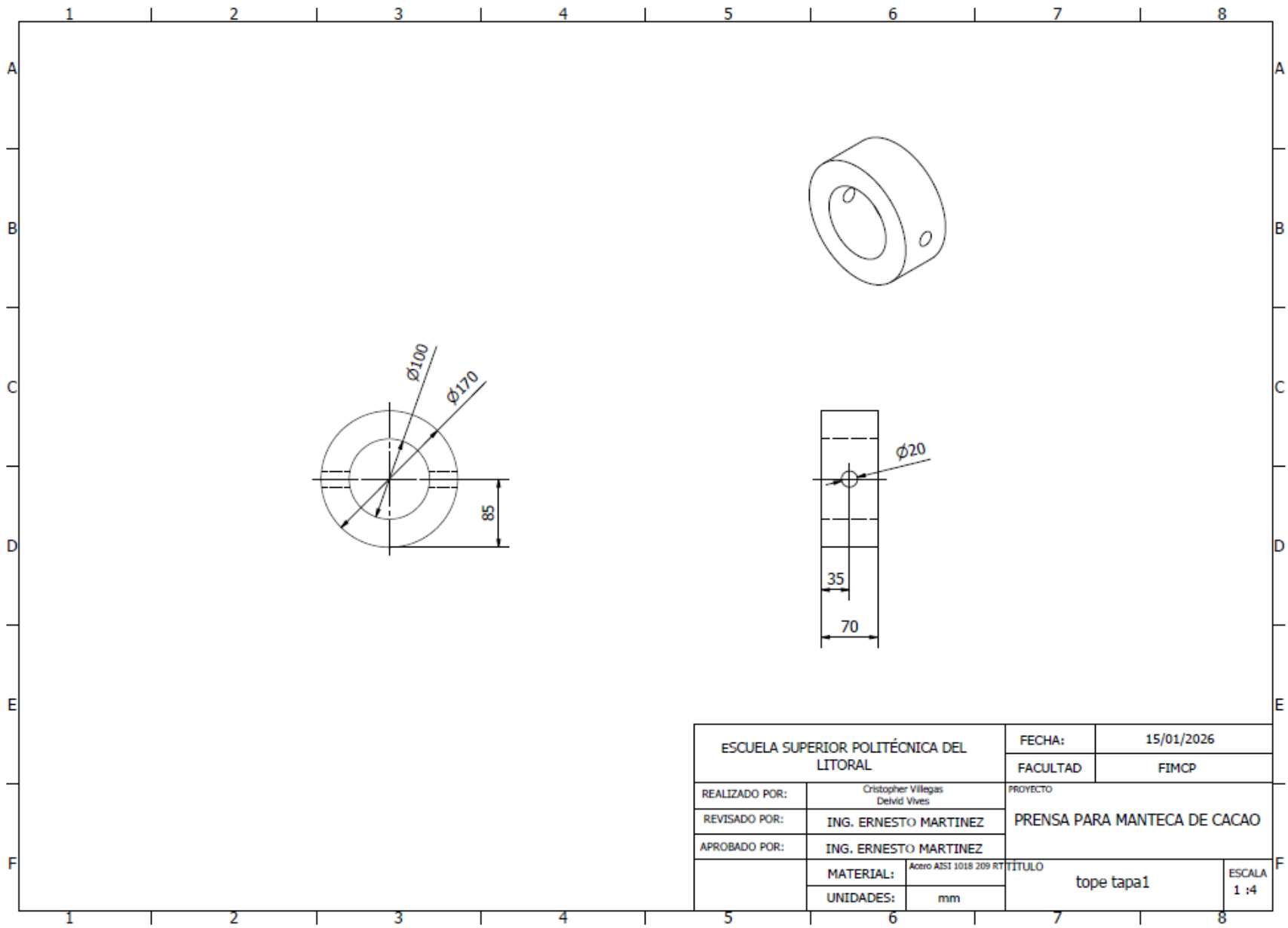
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	TITULO	
	MATERIAL: Acero A518 1018 209 RT	cilindro hidráulico2	ESCALA 1 : 1
	UNIDADES: mm		



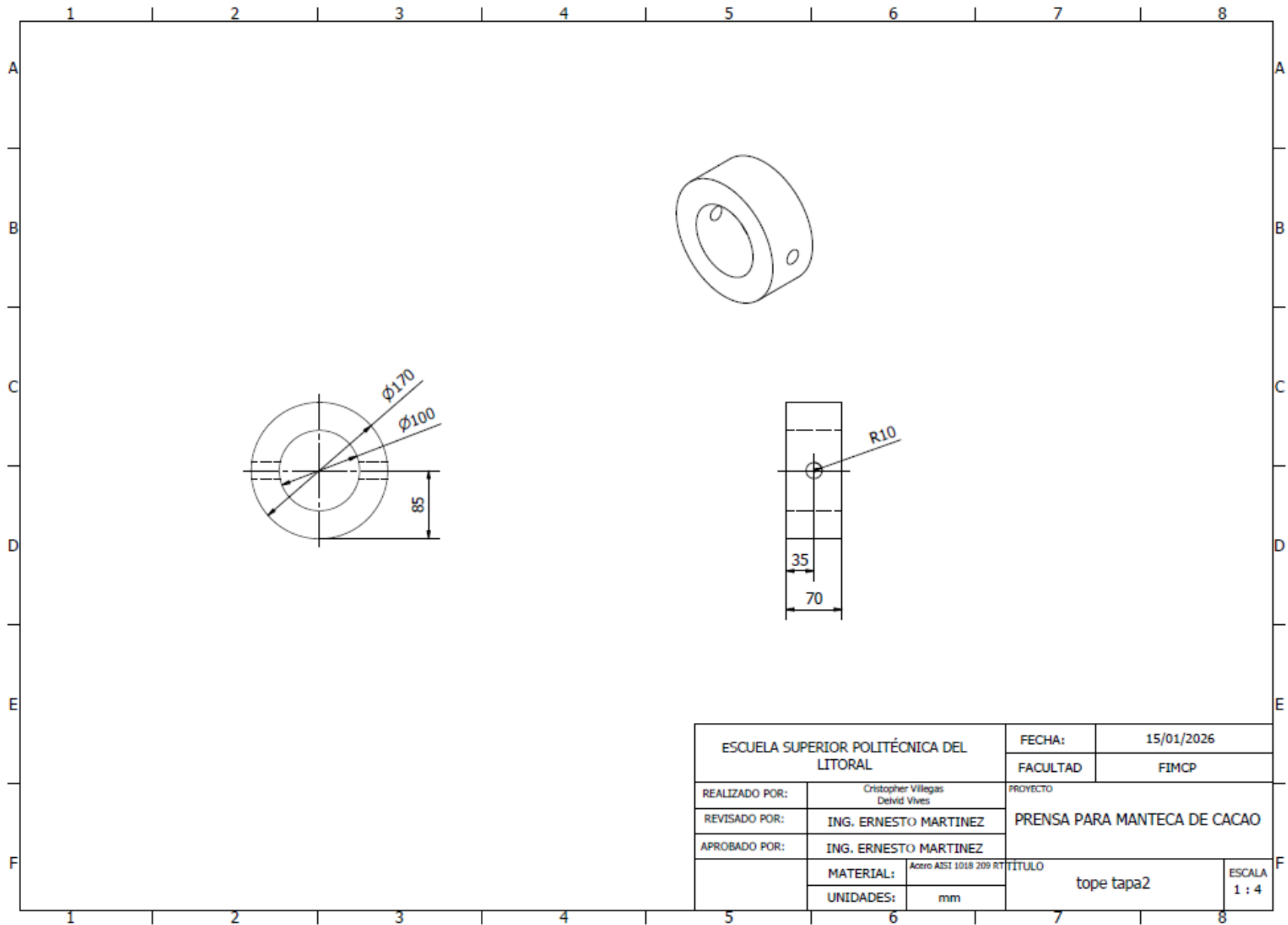
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Genérico	TÍTULO cilindro hidráulico3	
	UNIDADES: mm		

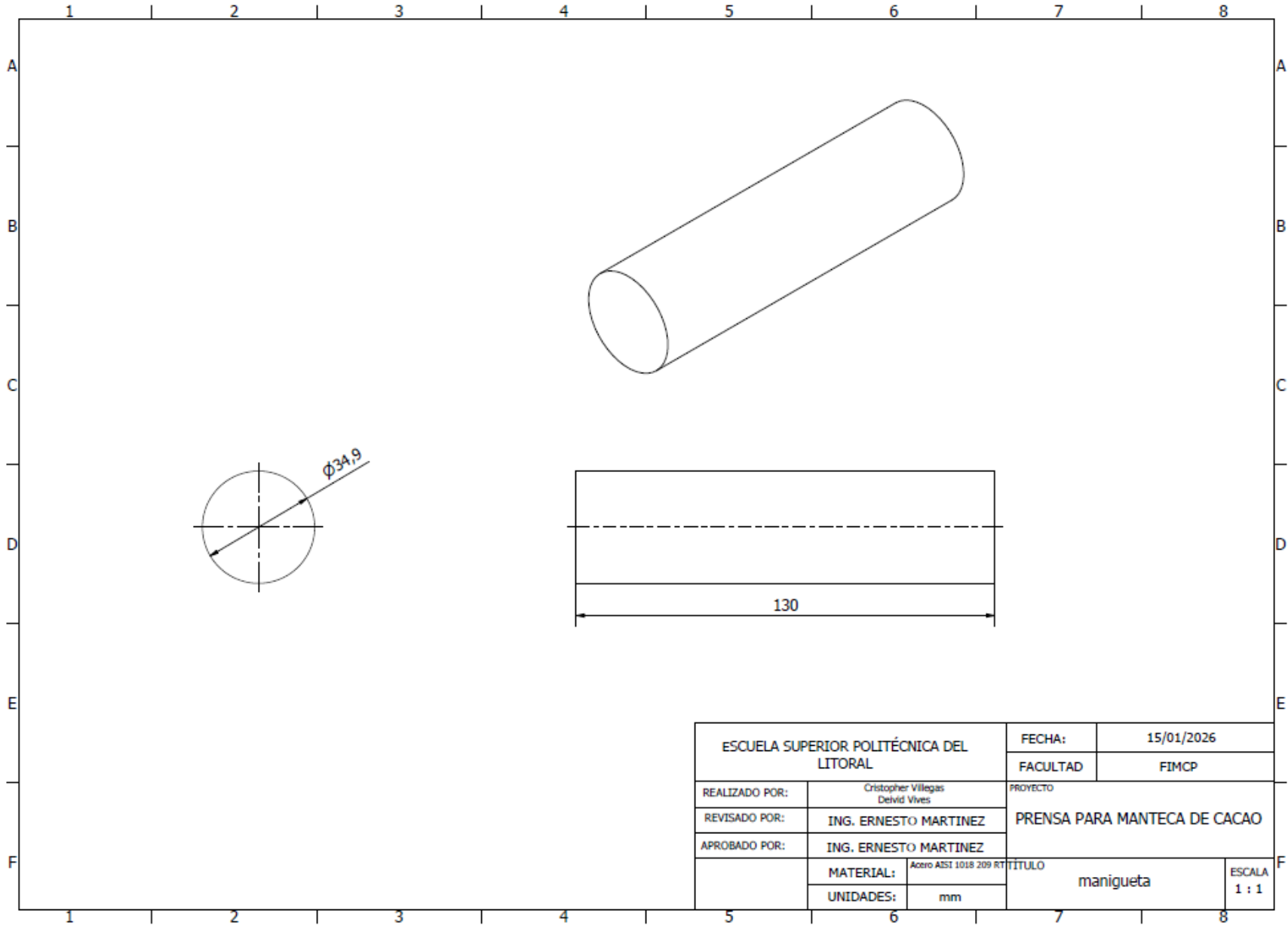


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Christopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TÍTULO	ESCALA
	UNIDADES: mm	cilindro hidráulico4	1 : 2

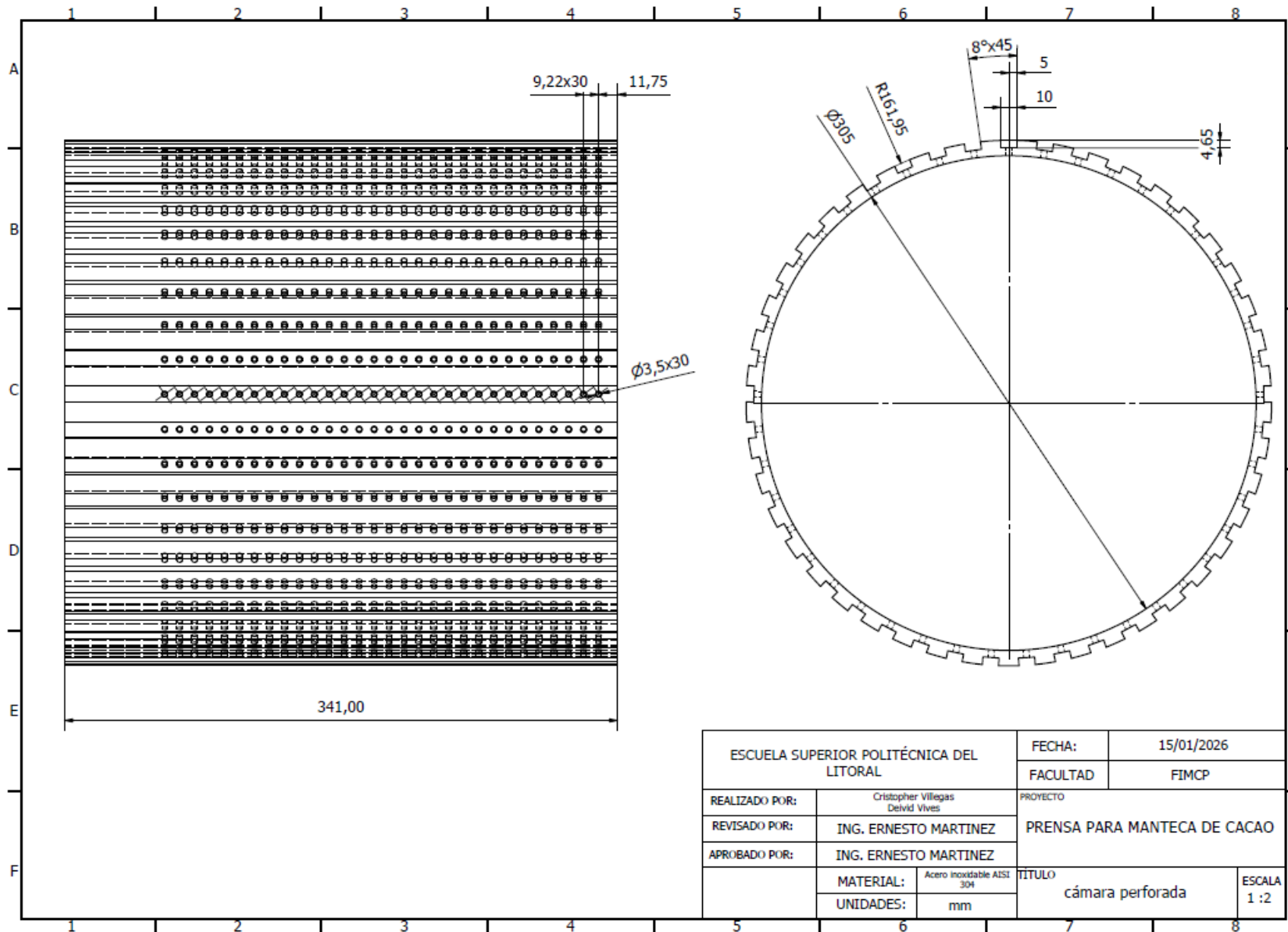


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO	
	UNIDADES: mm	tope tapa1	ESCALA 1 : 4

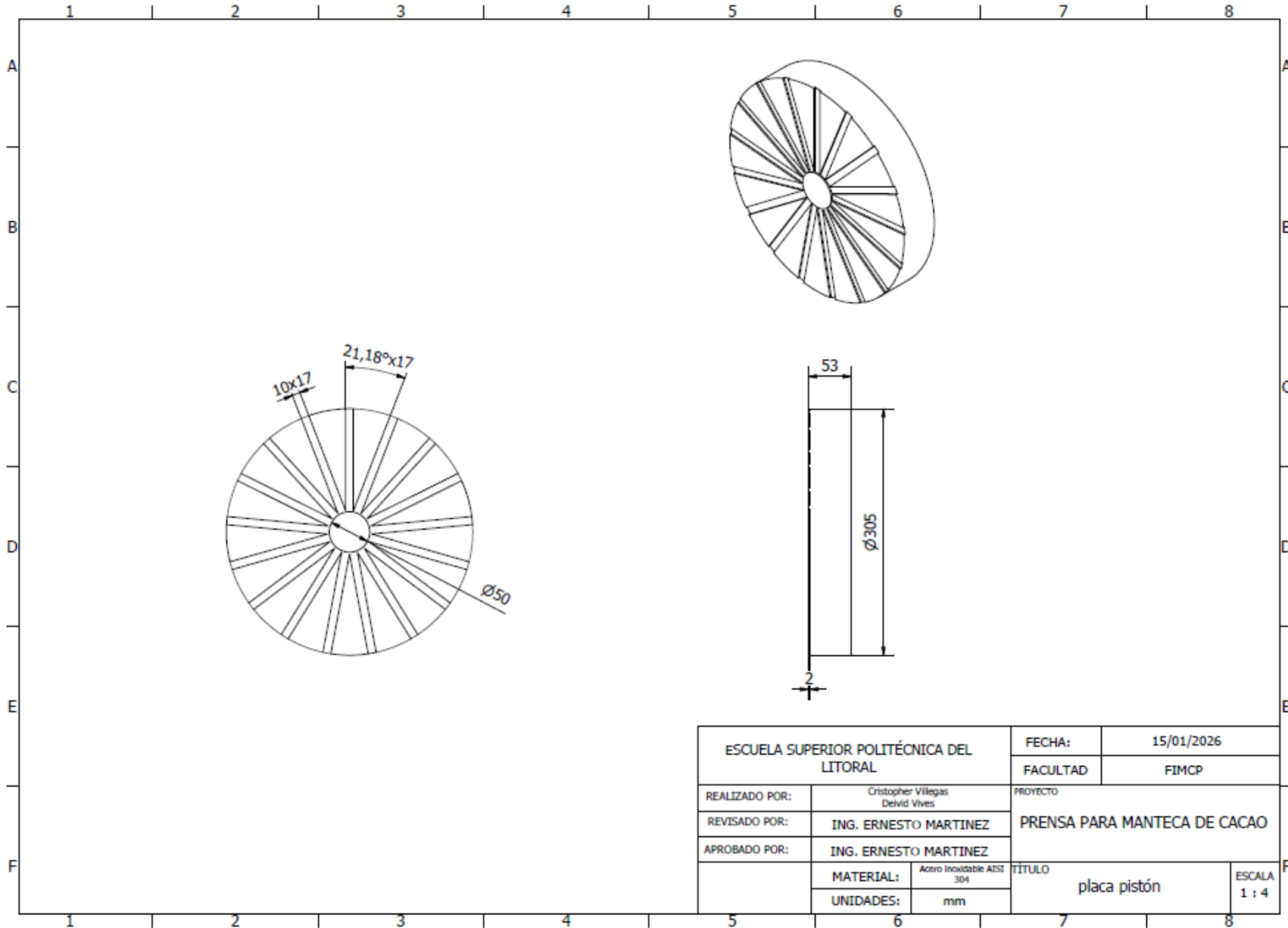


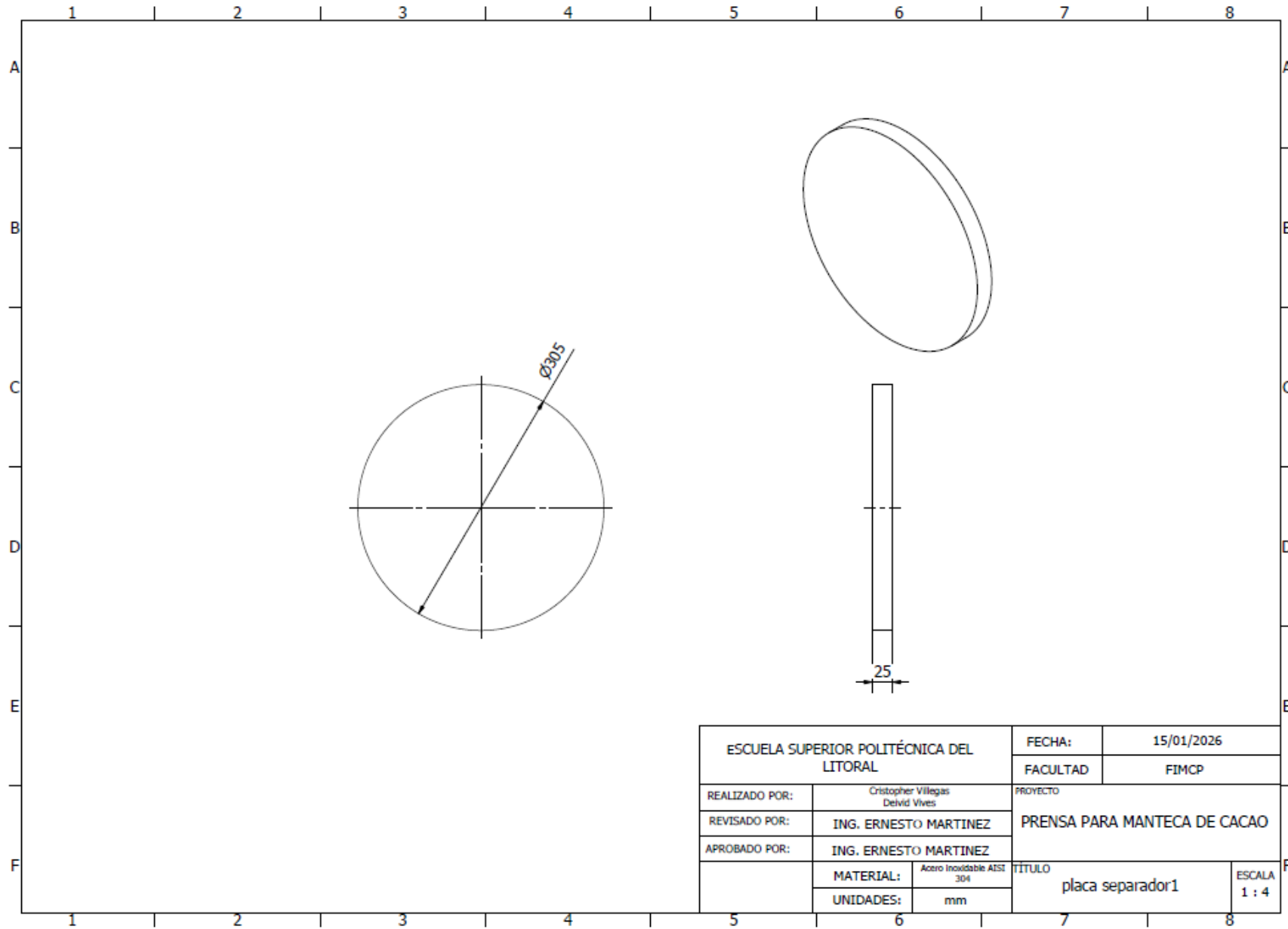


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Acero AISI 1018 209 RT	TITULO manigueta	ESCALA 1 : 1
	UNIDADES: mm		

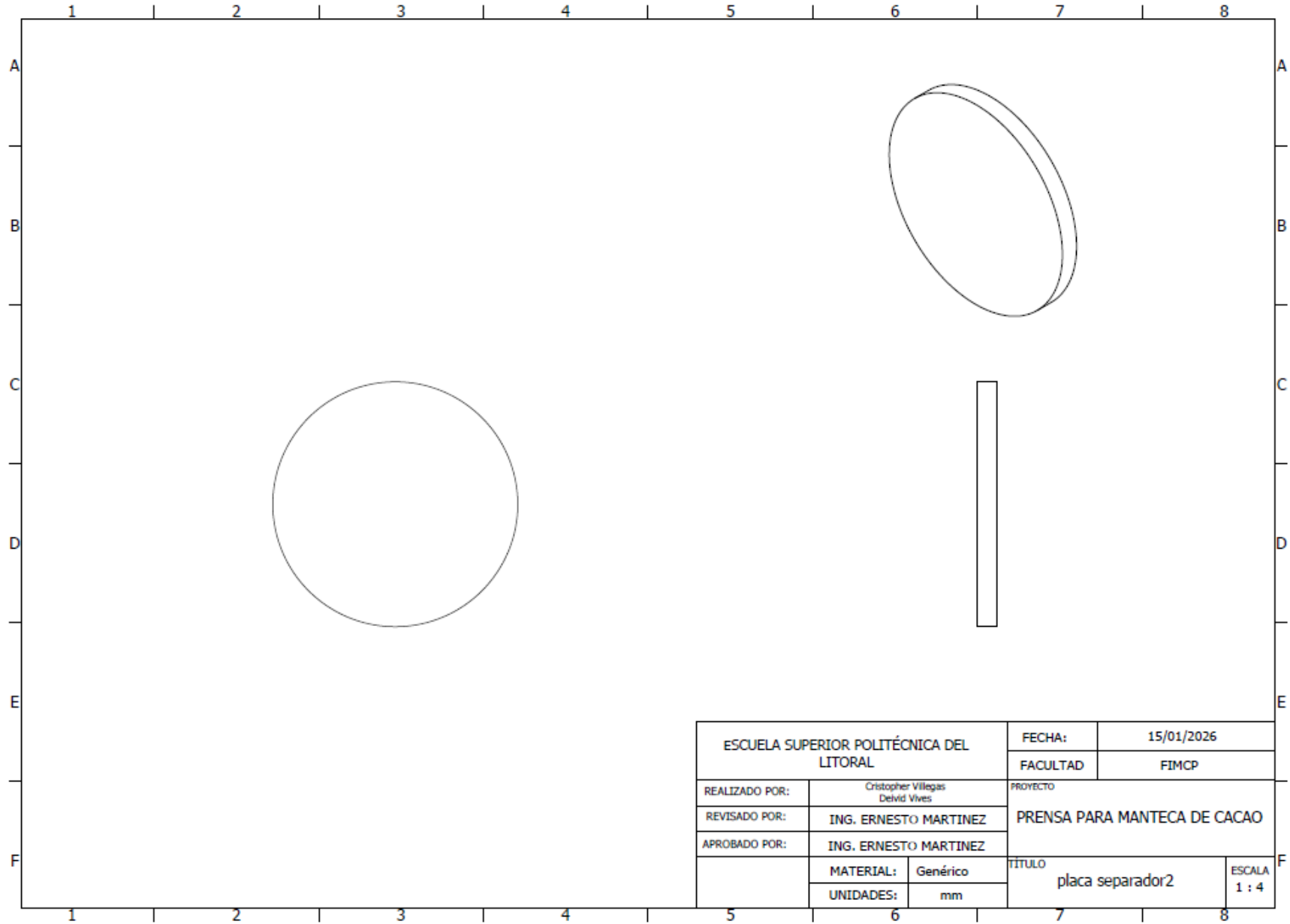


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	TITULO	
	MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	cámara perforada	
	UNIDADES: mm	ESCALA 1:2	

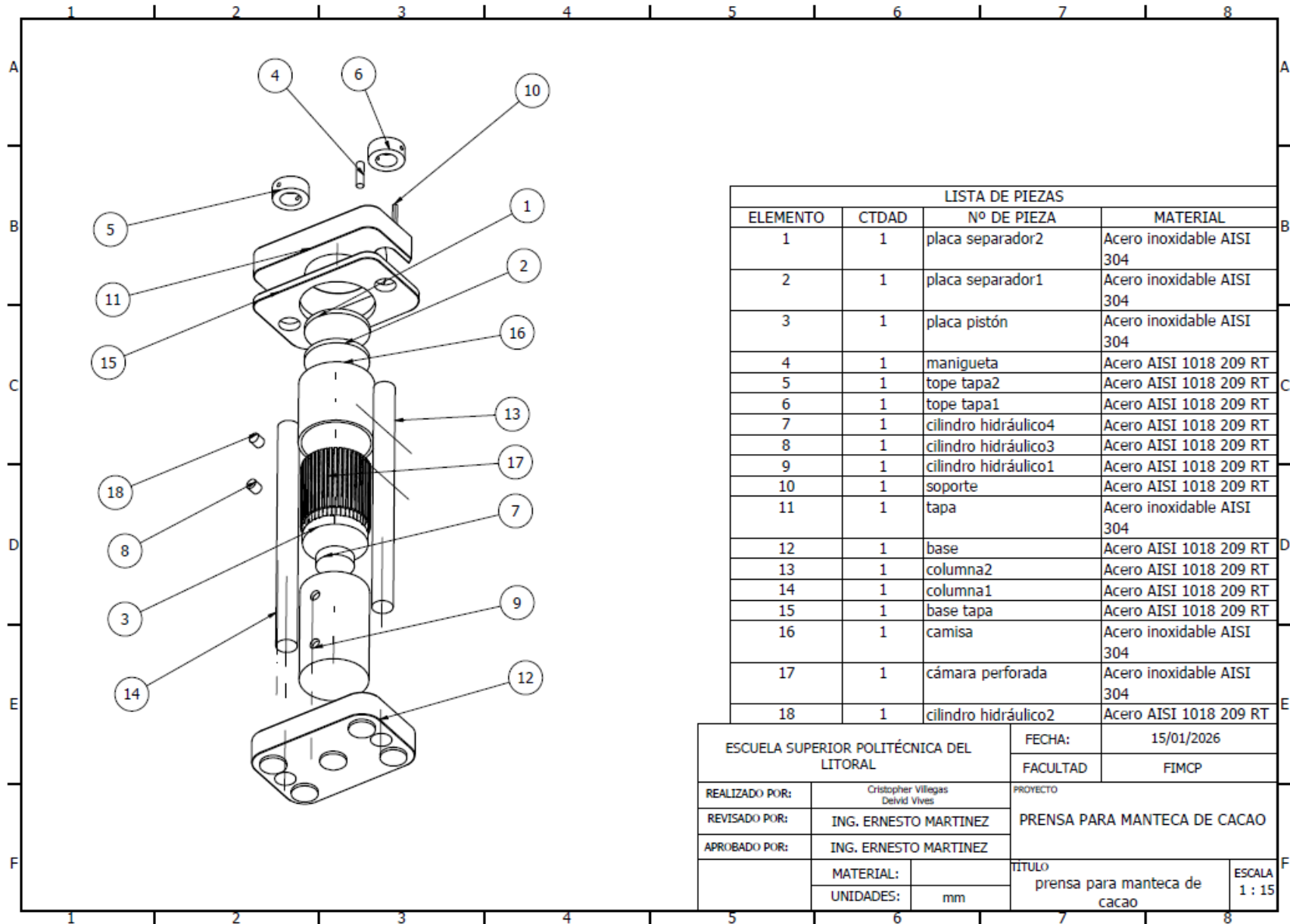




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL:	Acero Inoxidable AISI 304	TÍTULO placa separador1
	UNIDADES:	mm	
			ESCALA 1 : 4



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Deivid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
	MATERIAL: Genérico	TITULO	
	UNIDADES: mm	placa separador2	ESCALA 1 : 4



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	1	placa separador2	Acero inoxidable AISI 304
2	1	placa separador1	Acero inoxidable AISI 304
3	1	placa pistón	Acero inoxidable AISI 304
4	1	manigueta	Acero AISI 1018 209 RT
5	1	tope tapa2	Acero AISI 1018 209 RT
6	1	tope tapa1	Acero AISI 1018 209 RT
7	1	cilindro hidráulico4	Acero AISI 1018 209 RT
8	1	cilindro hidráulico3	Acero AISI 1018 209 RT
9	1	cilindro hidráulico1	Acero AISI 1018 209 RT
10	1	soporte	Acero AISI 1018 209 RT
11	1	tapa	Acero inoxidable AISI 304
12	1	base	Acero AISI 1018 209 RT
13	1	columna2	Acero AISI 1018 209 RT
14	1	columna1	Acero AISI 1018 209 RT
15	1	base tapa	Acero AISI 1018 209 RT
16	1	camisa	Acero inoxidable AISI 304
17	1	cámara perforada	Acero inoxidable AISI 304
18	1	cilindro hidráulico2	Acero AISI 1018 209 RT

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		FECHA:	15/01/2026
		FACULTAD	FIMCP
REALIZADO POR:	Cristopher Villegas Delvid Vives	PROYECTO	
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	PRENSA PARA MANTECA DE CACAO	
APROBADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		
		TITULO	ESCALA
		prensa para manteca de cacao	1 : 15

## APÉNDICE B

### CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

---

#### Volumen y dimensiones de la cámara

$$V = 0.0169 \text{ m}^3$$

$$D = 0.305 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.305)^2}{4} = 0.073 \text{ m}^2$$

$$h = \frac{V}{A} = \frac{0.0169}{0.073} = 0.231 \text{ m}$$

#### Espesor de cámara (pared delgada y gruesa)

##### B.1 Pared delgada

$$t = \frac{P D}{2\sigma_{adm}}$$

Con  $P = 35 \times 10^6$ ,  $D = 0.305$ ,  $\sigma_{adm} = 220 \times 10^6$ :

$$t = \frac{35 \times 10^6 \cdot 0.305}{2 \cdot 220 \times 10^6} = 0.0242 \text{ m} = 24.2 \text{ mm}$$

Adopción preliminar:  $t_{prelim} = 25 \text{ mm}$ .

$$\frac{t}{D} = \frac{25}{305} = 0.082 > 0.05$$

##### B.2 Pared gruesa (Lamé)

$$r_i = \frac{D}{2} = \frac{0.305}{2} = 0.1525 \text{ m}$$

$$r_o^2 = r_i^2 \frac{\sigma_{adm} + P}{\sigma_{adm} - P}$$

$$\frac{\sigma_{adm} + P}{\sigma_{adm} - P} = \frac{220 + 35}{220 - 35} = \frac{255}{185} = 1.378$$

$$r_o = r_i \sqrt{1.378} = 0.1525 \sqrt{1.378} = 0.1790 \text{ m}$$

$$t = r_o - r_i = 0.1790 - 0.1525 = 0.0265 \text{ m} = 26.5 \text{ mm}$$

#### Tubo 12" Sch 80S (AISI 304)

Datos:  $D_{ext} = 323.9 \text{ mm}$ ,  $t = 12.7 \text{ mm}$ ,  $D_{int} = 298.5 \text{ mm}$ ,  $r_i = 0.14925 \text{ m}$ ,  $r_{o,tubo} = 0.16195 \text{ m}$ .

$$\sigma_{\theta, \max} = P \frac{r_{o,tubo}^2 + r_i^2}{r_{o,tubo}^2 - r_i^2} = 4.30 \times 10^8 \text{ Pa} = 430 \text{ MPa}$$

Comparación:  $430 \text{ MPa} > 220 \text{ MPa}$  no cumple.

### Camisa de 15 mm (tubo + camisa)

$$t_{camisa} = 15 \text{ mm} = 0.015 \text{ m}$$

$$r_{o,tot} = r_{o,tubo} + t_{camisa} = 0.16195 + 0.015 = 0.17695 \text{ m}$$

$$t_{tot} = r_{o,tot} - r_i = 0.17695 - 0.14925 = 0.02770 \text{ m} = 27.7 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\theta,max} = 2.08 \times 10^8 \text{ Pa} = 207.6 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{\theta,max}} = \frac{220}{207.6} = 1.06$$

### Conjunto vástago–pistón

#### E.1 Área y fuerza

$$A = \frac{\pi(305)^2}{4} = 73,062 \text{ mm}^2$$

$$F = 35 \cdot 73,062 = 2.56 \times 10^6 \text{ N} = 261 \text{ tonf}$$

#### E.2 Diámetro mínimo del vástago

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.56 \times 10^6}{\pi \cdot 150}} = 148 \text{ mm}$$

Se adopta  $d = 150 \text{ mm}$ .

$$\sigma_c = \frac{2.56 \times 10^6}{\pi(150)^2/4} = 145 \text{ MPa}$$

$$\lambda = \frac{232}{37.5} = 6.2$$

#### E.3 Placa pistón (flexión global + punzonamiento)

$$\sigma_{adm} = \frac{215}{1.2} = 179 \text{ MPa}$$

$$t = \sqrt{\frac{3.3}{8} \cdot \frac{35(152.5)^2}{179}} = 43.3 \text{ mm}$$

$$\tau_{adm} = \frac{0.577(215)}{1.2} = 103 \text{ MPa}$$

$$t \geq \frac{2.56 \times 10^6}{\pi(150)(103)} = 52.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{2.56 \times 10^6}{\pi(150)^2/4} = 145 \text{ MPa}$$

### Sistema hidráulico

$$s = 232 + 50 = 282 \text{ mm} = 0.282 \text{ m}$$

$$V = (7.306 \times 10^{-2})(0.282) = 2.06 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 20.6 \text{ L}$$

$$Q = \frac{0.0206}{36} = 5.72 \times \frac{10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 34.3 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$P_h = (35 \times 10^6)(5.67 \times 10^{-4}) = 19.8 \text{ kW}$$

$$P_{eje} = \frac{19.8}{0.88 \cdot 0.98} = 23.0 \text{ kW}$$

$$P_{disp} = 22 \cdot 1.15 = 25.3 \text{ kW}$$

$$P_{el} = \frac{23.0}{0.93} = 24.7 \text{ kW}$$

### Estructura de la prensa

$$h_{final} = 231 + 50 + 60 = 341 \text{ mm}$$

$$h_{cil} = 1.3(282) = 366.6 = 367 \text{ mm}, H = 341 + 367 = 708 \text{ mm}$$

$$d = 3(25.4) = 76.2 \text{ mm}, S_{caras} = 500 - 76.2 = 423.8 \text{ mm}$$

$$F_c = \frac{2.56 \times 10^6}{2} = 1.28 \times 10^6$$

$$A = \frac{\pi(76.2)^2}{4} = 4560.37$$

$$\sigma_c = \frac{1.28 \times 10^6}{4560.37} = 280.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{572}{1.3} = 440 \text{ MPa}$$

$$r = \frac{76.2}{4} = 19.05$$

$$L_{ef} = 0.7(800) = 560$$

$$\lambda = \frac{560}{19.05} = 29.4$$

Johnson  $\sigma_{cr} = 536 \text{ MPa}$

$$FS_p = \frac{536}{280.7} = 1.91$$

$$M_{max} = \frac{FL}{8} = \frac{(2.56 \times 10^6)(500)}{8} = 1.60 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{6M_{max}}{b\sigma_{adm}}} = 69.6 \text{ mm}$$

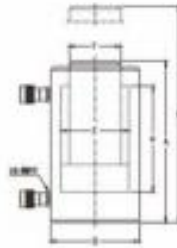
# APÉNDICE C

## PROFORMAS Y CATÁLOGOS

### 液压油缸系列

#### FCD系列—双作用大吨位液压油缸

FCD series - Double acting cylinder



- ★ 双作用，液压复位，可推拉应用。  
*Double action, hydraulic reset, can be pushed and pulled.*
- ★ 千斤顶活塞镀铬，防止刮伤和腐蚀。  
*Chrome plated piston, prevent scratches and corrosion.*
- ★ 烤漆表面耐腐蚀等恶劣环境。  
*Baking varnish surface Corrosion resistant.*
- ★ 可承受额定负荷5%的偏载而不产生挤压损伤。  
*Can withstand 5% of the rated load of load.*
- ★ 所有型号均配 3/8NPT 接头和护帽  
*All models are available with 3/8NPT joint and hood.*

型号 Model	吨位 Capacity(T)	油缸内径 E Inside (mm)	油缸外径 D Outside (mm)	活塞杆直径 F Diameter (mm)	行程 H Stroke (mm)	本体高度 A Height (mm)	伸縮高度 B Max Height (mm)	额定压力 Rated pressure	重量 Wweight (kg)
FCD60-100	60	100	140	70	100	240	340	63	25
FCD60-160					160	300	460		30
FCD60-200					200	340	540		34
FCD60-250					250	390	640		39
FCD60-300					300	440	740		43
FCD60-400					400	540	940		52
FCD100-100	100	140	180	100	100	275	375	63	45
FCD100-160					160	335	495		54
FCD100-200					200	375	575		60
FCD100-250					250	425	675		68
FCD100-300					300	475	775		73
FCD100-400					400	575	975		87
FCD150-100	150	180	245	125	100	285	385	63	69
FCD150-160					160	345	605		106
FCD150-200					200	385	585		120
FCD150-250					250	435	685		139
FCD150-300					300	485	785		143
FCD150-400					400	585	985		169
FCD200-100	200	200	273	150	100	300	400	63	120
FCD200-160					160	360	520		130
FCD200-200					200	400	600		145
FCD200-250					250	450	700		160
FCD200-300					300	500	800		180
FCD200-400					400	600	1000		220
FCD320-100	320	250	325	180	100	310	410	63	170
FCD320-160					160	370	530		210
FCD320-200					200	410	610		205
FCD320-250					250	460	710		230
FCD320-300					300	510	810		250
FCD320-400					400	610	1010		300

# RD SERIES

DOUBLE-ACTING, HYDRAULIC RETURN CYLINDERS  
TONNAGE RANGE: 10 - 500



[Return to Index](#)

Cylinders

Model Shown:  
RD10013, RD556, RD3006



### Features

#### HIGH TONNAGE PREMIUM DESIGN FOR HIGH CYCLE LIFE.

- Perfect for bridge lifting, building reconstruction, shipyard, utility and mining equipment maintenance.
- Aluminum bronze overlay bearings provide long life.
- Chrome plated piston rod resists corrosion.
- Rod and collar threads are designed to withstand full tonnage.
- Grooved ring pattern in load cap helps guard against load slippage.
- Each cylinder has two 9796 3/8" NPTF female half couplers.
- Built-in safety relief valve prevents over-pressurization of the retract circuit.
- Feature mounting holes and collar threads.
- Complies with ANSI / ASME B30.1 Safety Standards.



### RD Series Design Features



### RD Series Performance

The table at right gives you an idea of what to expect when coupling RD series cylinders to a Power Team pump. Actual performance will vary according to job conditions.

Pump	Cylinder	Time to Extend Cylinder 1"	
		100 psi	10,000 psi
PE55	RD55	1.0 sec.	12.0 sec.
	RD100	1.8 sec.	22.5 sec.
	RD200	3.5 sec.	45.0 sec.
PG120 Series	RD400	7.2 sec.	85.0 sec.
	RD200	3.4 sec.	26.8 sec.
	RD300	4.9 sec.	30.0 sec.
PE400 Series	RD400	6.4 sec.	38.0 sec.
	RD500	8.1 sec.	48.5 sec.
	RD300	3.0 sec.	8.5 sec.
PE400 Series	RD400	3.9 sec.	11.1 sec.
	RD500	4.9 sec.	14.1 sec.

Four special order 500 ton, 24" stroke cylinders used in a swaging press for crimping 3 1/2" wire rope.



Return to Index

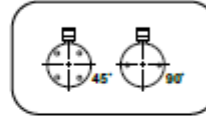
**POWER TEAM**

**DOUBLE-ACTING, HYDRAULIC RETURN CYLINDERS  
TONNAGE RANGE: 10 - 500**

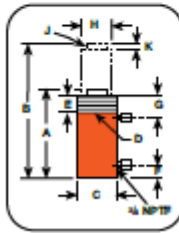
**RD  
SERIES**

**Technical Dimensions, Base Mounting Holes**

Cylinder Tonnage	10	25	55	80	100	150	200	300	400	500
# of Holes	2	4	4	4	4	4	4	4	4	6
Thread Size	3/8"-16	1/2"-13	5/8"-11	5/8"-11	3/4"-10	1"-8	1 1/4"-7	1 1/4"-7	1 1/2"-12	1 3/8"-12
Thread Depth (in)	0.63	0.75	0.88	0.88	1.00	1.00	1.25	1.75	1.88	2.00
Bolt Circle Diameter (in.)	2.00	2.75	3.50	4.50	5.50	6.00	6.50	6.25	7.25	8.00
Orientation*	90°	45°	45°	45°	45° †	45°	45°	Random	Random	Random



NOTE: Base mounting holes are standard on all RD cylinders. \*Orientation of base mounting holes to coupler.  
† Excludes RD10020.



**Optional Swivel Load Caps Ordering Info**

Cylinder Tonnage	Swivel Cap Order No.	Wt. (lbs.)	A (in.)	B (in.)	C (in.)
10	360144	0.8	0.88	1.44	0.88
25	360146	1.3	1.13	2.13	1.44
55	361326	4.2	2.44	2.50	1.55
100	361324	11.2	2.95	3.75	2.68
150/200	361334	12.8	2.63	4.38	3.08

**Ordering Information**

Cyl. Cap.	Stroke	Order No.	Oil Cap.		A Re- treated Height (in.)	B Ex- tended Height (in.)	C Outside Dia. (in.)	D Collar Thread Size (in.)	E Thread Length (in.)	F Base to Port (in.)	G Cyl. Picton Top to Port (in.)	H Picton Rod Dia. (in.)	J Rod Int. Thread & Depth (in.)	K Picton Rod Protru- sion (in.)	Load Cap. Dia. (in.)	Bore Dia. (in.)	Cylinder Effective Area		Int. Press. at Cap.		Tons at 10,000		Prod. Wt. (lbs.)	
			Push	Pull													Push	Pull	Push	Pull	Push	Pull		
			(sq. in.)	(sq. in.)													(psi)	(psi)	(tons)	(tons)				
10	4	6.25	RD108	13.9	5.5	11.59	17.94	3.00	2 3/4 - 12	1.03	1.00	2.50	0.94	1-6 x 1	0.25	1.38	1.69	2.23	0.88	8,943	9,055	11.2	4.4	22.0
	4	10.00	RD1010	22.3	8.8	15.69	25.89	3.00	2 3/4 - 12	1.03	1.00	2.50	0.94	1-6 x 1	0.25	1.38	1.69	2.23	0.88	8,943	9,055	11.2	4.4	28.0
25	8	6.25	RD258	32.2	10.1	12.38	18.83	4.00	4 - 12	1.03	1.00	2.50	2.13	1 1/2 - 16 x 1	0.38	2.13	2.58	5.15	1.01	9,095	9,234	25.8	8.0	39.8
	8	14.25	RD2514	73.5	22.9	20.38	34.83	4.00	4 - 12	1.03	1.00	2.50	2.13	1 1/2 - 16 x 1	0.38	2.13	2.58	5.15	1.01	9,095	9,234	25.8	8.0	65.0
55	28	6.25	RD558	69.0	35.2	12.97	19.22	5.00	5 - 12	1.03	1.31	2.50	2.03	1 1/16 - 6 x 1 3/16	0.03	2.03	3.75	11.04	5.03	9,959	9,941	55.2	28.2	61.4
	28	13.13	RD5513	144.9	73.9	19.84	32.97	5.00	5 - 12	1.03	1.29	2.50	2.03	1 1/16 - 6 x 1 3/16	0.03	2.03	3.75	11.04	5.03	9,959	9,941	55.2	28.2	90.0
80	28	18.13	RD6518	200.0	102.0	25.88	44.00	5.00	5 - 12	1.03	1.28	2.50	2.03	1 1/16 - 6 x 1 3/16	0.03	2.03	3.75	11.04	5.03	9,959	9,941	55.2	28.2	142.0
	44	13.13	RD8013	208.8	115.9	20.38	33.50	5.75	5 3/4 - 12	1.03	1.50	2.50	3.00	2 - 12 x 1 1/2	0.58	2.88	4.50	15.9	8.84	10,080	9,954	79.5	44.2	118.0
100	44	6.03	RD1006	136.7	58.5	13.78	20.41	6.88	6 7/8 - 12	1.03	1.50	2.50	3.88	2 3/4 - 12 x 1 5/32	0.03	3.88	5.13	20.03	8.84	9,095	9,959	103.1	44.2	126.0
	44	13.13	RD10013	270.7	118.0	20.28	33.41	6.88	6 7/8 - 12	1.03	1.50	2.50	3.88	2 3/4 - 12 x 1 5/32	0.03	3.88	5.13	20.03	8.84	9,095	9,959	103.1	44.2	181.0
150	44	20.13	RD15020	415.2	178.0	30.50	50.83	6.88	6 7/8 - 12	1.03	2.78	2.50	3.88	2 3/4 - 12 x 1 5/32	0.03	3.88	5.13	20.03	8.84	9,095	9,959	103.1	44.2	200.0
	73	6.03	RD1506	203.3	97.9	14.88	21.50	8.25	8 1/4 - 12	1.03	2.00	2.50	4.50	3 1/4 - 6 x 1 1/2	0.81	4.50	6.25	30.88	14.78	9,779	9,880	153.4	73.8	186.0
200	73	13.13	RD15013	402.7	193.9	21.38	34.50	8.25	8 1/4 - 12	1.03	2.00	2.50	4.50	3 1/4 - 6 x 1 1/2	0.81	4.50	6.25	30.88	14.78	9,779	9,880	153.4	73.8	272.0
	113	6.03	RD2006	273.5	149.8	16.00	22.83	9.50	9 1/2 - 12	1.03	2.50	2.69	4.88	3 1/4 - 6 x 2 1/4	1.06	4.50	7.25	41.28	22.02	9,080	9,992	206.4	113.1	282.0
300	113	13.13	RD30013	541.8	296.9	22.50	35.83	9.50	9 1/2 - 12	1.03	2.33	2.69	4.88	3 1/4 - 6 x 2 1/4	1.06	4.50	7.25	41.28	22.02	9,080	9,992	206.4	113.1	356.0
	147	6.00	RD3006	361.0	177.0	17.28	23.28	10.75	10 1/2 - 12	2.38	3.38	3.38	6.25	2 1/2 - 12 x 3 1/4	1.13	6.88	8.75	60.13	29.45	9,978	10,000	300.7	147.3	380.0
400	147	13.00	RD30013	782.0	383.0	24.81	37.81	10.75	10 1/2 - 12	2.38	3.38	3.38	6.25	2 1/2 - 12 x 3 1/4	1.13	6.88	8.75	60.13	29.45	9,978	10,000	300.7	147.3	654.0
	188	6.00	RD4006	471.0	247.0	19.28	25.28	12.63	12 1/2 - 8	2.75	3.84	3.84	7.25	3 - 12 x 3 3/4	1.25	7.81	10.00	78.54	37.26	10,185	10,000	392.7	188.3	585.0
500	188	13.00	RD40013	1021.0	536.0	26.28	39.28	12.63	12 1/2 - 8	2.75	3.82	3.84	7.25	3 - 12 x 3 3/4	1.25	7.81	10.00	78.54	37.26	10,185	10,000	392.7	188.3	770.0
	245	6.00	RD5006	596.0	295.0	20.56	26.56	14.75	14 3/4 - 8	3.13	4.16	4.16	8.00	3 1/4 - 12 x 4 1/4	1.5	8.50	11.25	99.40	49.14	10,060	10,000	497.0	245.6	619.0
	245	13.00	RD50013	1292.0	639.0	27.56	40.56	14.75	14 3/4 - 8	3.13	4.16	4.16	8.00	3 1/4 - 12 x 4 1/4	1.5	8.50	11.25	99.40	49.14	10,060	10,000	497.0	245.6	1092.0

Cylinders

[Return to Index](#)

# PE55 SERIES

SINGLE AND DOUBLE-ACTING, ELECTRIC PUMP,  
VANGUARD®, 55 CU. IN. / MIN.



Model Shown:  
PE554S, PE552, PE554W

Pumps



### Features

#### INDUSTRY LEADING HEAVY-DUTY PUMP FOR MULTIPLE APPLICATIONS

- 1-1/8 hp, 12,000 rpm, 110/115VAC, 50/60 Hz universal motor. Draws 25 amps at full load, starts at reduced voltage.
- True unloading valve achieves greater pump efficiency, allowing higher flow at maximum pressure.
- Reservoirs available in sizes up to 10 gallons, refer to pump accessories page.
- Lightweight and portable. Best performance-to-weight ratio of all Power Team pumps.
- 10 foot remote motor control (except PE552S which has a 25 foot remote motor and valve control).
- "Assemble to Order" System allows you to choose from a wide range of pre-engineered, off-the-shelf components to build a customized pump to fit specific requirements. Refer to the "Assemble to Order" (ATO) Pump Pages.
- CSA rated for intermittent duty.

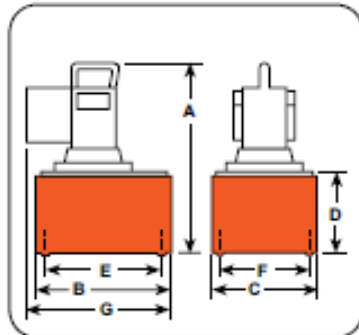
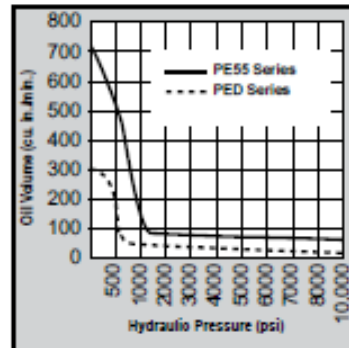


### Torque Wrench Pumps



For Torque Wrench Pump Configurations, refer to the Tools Section.

### Performance Specifications



### Technical Dimensions

Order No.	A (in.)	B (in.)	C (in.)	D (in.)	E (in.)	F (in.)	G (in.)	Max. Pressure Output (psi)	rpm	dBA at Idle and 10,000 (psi)	115VAC* Amp Draw at 10,000 (psi)	Oil Del. (cu. in./min. @)				Prod. Wt. with Oil (lbs.)
												0	700	5,000	10,000	
PE55 Series	18.25	11.50	9.50	7.00	10.00	8.00	14.00	10,000	12,000	90/89*	25	704	440	74	56	65.00

\* Amp draw at 10,000 psi, 230VAC 50/60 Hz to 15 Amps.

Ordering Information

For Use With Cylinder Type	Description	Order No. ***	Valve Type	Valve No.	Valve Function	Control Switch TT	Motor	Reservoir Usable Oil Cap. (cu. in.)
Single-Acting	Base model 1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, & remote motor control.	PE560	-	-	-	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	Base model 1-1/8 hp pump with 5 gallon reservoir, remote motor control.	PE560-RP50	-	-	-	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	1150
Single-Acting	Base model 1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, remote motor control, & 3-way valve.	PE562	3-Way	9582	Advance Return **	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115 VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, remote motor control, & solenoid-operated remote valve.	PE562B	3-Way	9579	Advance Hold Return	Remote Motor & Valve	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 5 gallon reservoir, remote motor control, & solenoid-operated remote valve.	PE562B-RP50	3-Way	9579	Advance Hold Return	Remote Motor & Valve	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	1150
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, remote motor control, & "Auto Dump" valve.	PE562A**	Auto/Dump	9610	Advance Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, remote motor control, & "Auto Dump" valve.	PE562F**	Auto/Dump	9610A	Advance Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir. Valve has "Post-Check" feature.	PE563	3-Way†	9520	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Single-Acting	1-1/8 hp pump with 5 gallon reservoir. Valve has "Post-Check" feature.	PE563-RP50	3-Way†	9520	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	1150
Double-Acting	Base model 1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, and 4-way valve for double-acting systems.	PE564	4-Way†	9506	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	Base model 1-1/8 hp pump with 5 gallon reservoir, and 4-way valve for double-acting systems.	PE564-RP50	4-Way†	9506	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	1150
Double-Acting	Pump equipped with 3/4-way solenoid valve, and 5 gallon reservoir.	PE564B-RP50	3/4-Way	9592	Advance Hold Return	Remote Motor & Valve	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	1150
Double-Acting	Weather-resistant model 1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, and 4-way valve for double-acting systems.	PE564W	4-Way†	9506	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	Weather-resistant model 1-1/8 hp pump with 5 gallon reservoir, and 4-way valve for double-acting systems.	PE564W-RP50	4-Way†	9506	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	1-1/8 hp pump with 2.5 gallon reservoir, and 9500 tandem center valve for double-acting systems.	PE564T	4-Way	9500	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	For use with single-acting Spring Seat, Stressing Jack or double-acting cylinder. Includes hour meter.	PE564P	4-Way	9500	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	"For use with single-acting or double-acting Power Seat, Stressing Jacks ONLY!"	PE564PT	4-Way	9528	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	Pump suitable to run multiple spring return tools.	PE564C	4-Way	9511 †††	Advance Hold Return	Remote Motor	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525
Double-Acting	Pump equipped with 3/4-way solenoid valve.	PE564B	3/4-Way	9592	Advance Hold Return **	Remote Motor & Valve	1 1/8 hp*, 110/115VAC 50/60 Hz, Single-Phase	525

\* Pumps available with 230VAC, 60/50 Hz motors. Specify voltage when ordering. See "Assemble to Order" pump options

\*\* Holds with motor shut-off.

† Valves have Post-Check® feature.

†† All remotes are 10 ft. long except for PE562B which is 25 ft. long.

††† Valving allows alternate and independent operation of two different spring return tools. Valve holds pressure only while valve is in "A" or "B" port position with pump motor shut-off.

∞ Not to be used for lifting.

Model Shown:  
**9755**



Accessories

**Features**

**REINFORCED WIRE-BRAID RUBBER HOSES OFFER INCREASED DURABILITY**

- 2-ply rated hose reinforced with two braids of high tensile steel wire.
- The rubber covering is oil and weather resistant.
- Hoses are equipped with spring guards.
- 3/8" NPTF fittings on both ends.
- Operating pressure is 10,000 psi.
- These hoses are MSHA approved.

Cylinder No.	Cylinder Return Time	
	9769 10 Ft. Hose 1/4" I.D.	9781 10 Ft. Hose 3/8" I.D.
C2514C	51 sec.	14 sec.
C556C	1 min., 30 sec.	24 sec.
C5513C	4 min., 12 sec.	59 sec.
C10010C	6 min., 56 sec.	1 min., 3 sec.

**Hose with Coupler Half**

9754 hose coupler with 9798 hose half coupler and 9800 dust cap.

**Ordering Information**

Hose Type	Hose I.D.	Hose Length (ft.)	Burst Rating (psi.)	Order Number
Rubber, Wire-Braid	1/4"	3	20,000	9766
Rubber, Wire-Braid	1/4"	6	20,000	9768
Rubber, Wire-Braid	1/4"	8	20,000	9764**
Rubber, Wire-Braid	1/4"	8	20,000	9767
Rubber, Wire-Braid	1/4"	10	20,000	9769
Rubber, Wire-Braid	1/4"	12	20,000	9769
Rubber, Wire-Braid	1/4"	20	20,000	9788
Rubber, Wire-Braid	1/4"	30	20,000	9781
Rubber, Wire-Braid	1/4"	50	20,000	9782

\*\*Furnished with 9798 hose half coupler and 9800 dust cap.

Hose Type	Hose I.D.	Hose Length (ft.)	Burst Rating (psi.)	Order Number
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	3	20,000	9738
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	6	20,000	9776
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	10	20,000	9777
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	15	20,000	9794
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	20	20,000	9778
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	30	20,000	9796
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	40	20,000	9798
Rubber, Wire-Braid*	3/8"	50	20,000	9779

\* High Flow

Model Shown:  
**9040, 9052, 9089**



Accessories



**Gauge Adapter Assembly**



**9870XL Extended Tee Adapter**

For use when gauges need better viewing when placed between the between pump and hose coupling.

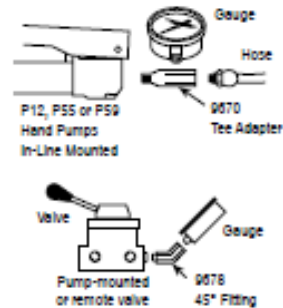
**Features**

**HEAVY-DUTY HYDRAULIC PRESSURE GAUGES**

- Gauges feature an easily readable and highly visible, red Day-glo® needle.
- High strength steel bourdon tube ensures high cycle life.
- Stainless steel cases and lens locking rings.
- Have 1/4" NPT connections.
- Gauges are calibrated and comply to ASME B40.1 GRADE B



**Typical Set-Up - Mounting Situations**



**Ordering Information**

Order Number	Face Dia. (in.)	Pressure Range (psi.)	Tonnage Range (ton)	Major Graduations (psi.)	Minor Graduations (psi.)	Silicone Filled (Yes/No)	Use With Cylinder Series (ft.)
9040	2.5	0-10,000	-	2500 psi	500 psi	Yes	All
9041	2.5	0-10,000	-	2500 psi	500 psi	No	All
9051	4.0	0-10,000	-	1000 psi	200 psi	No*	All
9052	4.0	0-10,000	-	1000 psi	200 psi	Yes	All
9059	4.0	0-10,000	0-17.5, 0-30, 0-50	2000 psi, 5 Ton	200 psi, .5 Ton on 30, 50 Ton Scales; .2 Ton on 17.5 Ton Scale	No*	RT172, RT302, RT503
9053	4.0	0-10,000	0-5	2000 psi, 1 Ton	200 psi, .1 Ton	No	C & RLS
9055	4.0	0-10,000	0-10	2000 psi, 1 Ton	200 psi, .1 Ton	No*	C, RD, RH, RLS & RSS
9063	4.0	0-10,000	0-25	2000 psi, 5 Ton	200 psi, .5 Ton	No*	C & RD
9065	4.0	0-10,000	0-30	2000 psi, 5 Ton	200 psi, .5 Ton	No*	RHT, RLS & RSS
9067	4.0	0-10,000	0-50	2000 psi, 5 Ton	200 psi, .5 Ton	No*	RHT, RLS & RSS
9069	4.0	0-10,000	0-55	2000 psi, 5 Ton	200 psi, .5 Ton	No*	C, R, RA & RD
9071	4.0	0-10,000	0-60	2000 psi, 5 Ton	200 psi, 1 Ton	No*	RH, except RH6010
9075	4.0	0-10,000	0-100	2000 psi, 10 Ton	200 psi, 1 Ton	No*	C, R, RA, RD, RH, RLST, RSS† & RT1004†
9077	4.0	0-10,000	0-150	2000 psi, Initial 10 Then 20 Ton	200 psi, 2 Ton	No*	C, R, RD & RLS
9079	4.0	0-10,000	0-200	2000 psi, 20 Ton 10 Then 20 Ton	200 psi, 2 Ton	No*	R, RD & RH†
9089	6.0	0-10,000	0-690	1000 psi	100 psi	No*	All

\* Shipped dry.† User can convert to wet† using liquid silicone No. 9046.

† The tonnage scale on the gauge may vary slightly among different series cylinders due to different effective area.

# Quotation

Invoice No: APJ20250231  
Date: 2025/12/10  
Customer ID: EC2025052003

### Buyer:

Company Name: Print work 3d  
Address:  
Contact: Christopher Villegas  
Phone: 0987583744  
Email: [eliux\\_11villegas@hotmail.com](mailto:eliux_11villegas@hotmail.com)

### Seller:

Company Name: Apex Hydraulic Co.,Ltd  
Address: No. 45 Beijing Road, Qianwan Free Trade Port Zone, Qingdao City, Shandong Province,China.  
Contact: Jack Lee  
Phone: 86 13335141802  
Email: [jack@hydraulicapex.com](mailto:jack@hydraulicapex.com)

Seller	Quote Date	Due Date	Delivery Date	Payment Terms	Price Terms
Jack Lee	2025/12/10	2025/12/20	35 days after the advance payment	T/T	CIF TO Guayaquil

### ITEMS ORDERED

No.	Product	Description	Quantity	Unit Price	Amount
1	Hydraulic Jack Cylinder	FCD320-300	8	549.00	\$ 4,392.00
SUBTOTAL:					\$ 4,392.00
SHIPPING AND HANDLING:					\$ 489.00
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 4,881.00</b>

### Special Notes & Instructions

Price terms: TT 30% deposit on order, 70% balance pay before shipping  
Delivery terms: CIF to Guayaquil  
Warranty: 1 year warranty

#### QC Supervisor Eric Wang



Tel:86 15689692551

Email: [eric@hydraulicapex.com](mailto:eric@hydraulicapex.com)

#### After-sales Supervisor Selena Feng



Tel:86 18953106725

Email: [selena@hydraulicapex.com](mailto:selena@hydraulicapex.com)

#### 24 Hours Online Service Jason Xu



Tel:86 18253181828

Email: [jason@hydraulicapex.com](mailto:jason@hydraulicapex.com)

Order tracking service, special person in charge, our attitude has been winning the recognition of customers and peers!

**Welcome Cooperation!**

ADD: QingDao, ShanDong, China

Web: [www.hydraulicapex.com](http://www.hydraulicapex.com)

Cliente:

EMPRESA PUBLICA DE SERVICIOS ESPOL - TECH E.P.

RUC: 0991298657001

RUC: 0968592010001 Cod: C1994

Atta.: Laboratorio CDTB

Ciudad: GUAYAQUIL

Tel.: 040269159, 09392718 OIC:

Page 1 of 1 19/12/2025 12:57

COTIZACION No. 068586

Fecha: 18/diciembre/2025

Validez de oferta: 120 dias

Forma de Pago: Contado

Atendido Por: 10 CECUAMAQ C.A.

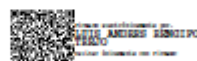
PONEMOS A CONSIDERACION ESTA OFERTA DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PROFESIONALES E INDUSTRIALES

Nº	BOD	CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	V.UNIT	DESC.	V. TOTAL
1	50	4	PT-PE554	BOMBA HIDR. ELECTR. 4V. 3P. Cap OIL 2.5gln POWERTEAM	11,072.180	30.00	31,002.104
<p>BOMBA HIDRÁULICA ELÉCTRICA DE ALTO RENDIMIENTO PARA DIVERSAS APLICACIONES PARA USAR CON CILINDROS DE DOBLE Y SIMPLE ACCION. Presión máx. 10000psi; suministro de aceite 56 pulg3/min a 10.000psi, 74 pulg3/min a 5.000psi; 440 pulg3/min a 700psi y 704 pulg3/min a 0psi. Motor universal de 1 1/8 hp, 12.000 rpm, 110/115 V, 50/60 Hz; monofásico consume 25AMP a plena carga y arranca con tensión reducida. Con homologación CSA para servicio Intermitente, interruptor de control del motor, control remoto del motor de 10 pies. Auténtica válvula de descarga de 4 vías mod. 9506 con funciones de avance, parada y retroceso con función "Posi-Check", que ofrece una mayor eficacia de la bomba, permitiendo mayores caudales a máxima presión. Depósitos de 2.5 gal.; ligera y portátil, la mejor relación peso rendimiento de todas las bombas.</p>							
2	50	8	PT-9758	MANG.HIDR. POWERTEAM 10ft./3M. 10000PSI	310.330	30.00	1,737.848
<p>Manguera hidráulica de 2 capas reforzada con 2 trenzadas de alambre de acero de alta resistencia a la tensión, cubierta de caucho resistente al aceite y a la intemperie. Interior de 1/4" terminales roscados de 3/8 NPT. Estas mangueras están aprobadas por la MSHA ruptura clasific. 20.000psi</p>							
3	50	8	PT-9795	ACOPLE HIDR. POWERTEAM SET 4PC DE 3/8NPT	177.800	30.00	995.680
<p>Set de 4PC. 2 acoples hidráulicos macho y hembra para 10.000PSI de cilindros hidráulicos, sello industrial o válvula de bola para un cierre estanco cuando están desconectados. Son del tipo de unión roscada para intercambiar los cilindros en segundos, equipados con rosca 3/8NPT interior (macho 9798) y exterior (hembra 9796) y 2 guardapolvos 9800</p>							
4	50	4	PT-9052	MANOMETRO POWERTEAM 4" 0-10.000 PSI/Bar 1/4 INF. GLI.	302.780	30.00	847.784
<p>Dial o caratula de 4" de 0-10.000PSI / 0-700BAR graduación 1.000 psi, 100 bar, para usar en sistemas hidráulicos de alta presión con todas las series de cilindros hidráulicos. con relleno de silicón.</p>							
5	50	4	PT-9681	ACC.HIDR. POWERTEAM CODO F3/8 X M3/8 NPT	65.650	30.00	183.820
6	50	4	0000-0001	CILINDRO HIDRAULICO DOBLE ACCION 300 ton x 13" MODELO: RD30013 MARCA: POWER TEAM PROCEDENCIA: ESTADOS UNIDOS	34,749.920	30.00	97,299.776

LOS PRODUCTOS GOZAN DE GARANTIA POR DEFECTOS DE FABRICACION.  
LOS PRECIOS SE MANTIENEN SIEMPRE Y CUANDO NO SE PRODUZCAN  
CAMBIOS OFICIALES Y/O GRAVAMENOS QUE AFECTEN A LAS IMPORTACIONES  
DEJANDO SIN COMPROMISO PARA CECUAMAQ C.A.  
LAS COTIZACIONES NO RESERVAN INVENTARIO.

SUBTOTAL 0%:  
SUBTOTAL 15% : 132,067.01  
IVA 15% : 19,810.05  
TOTAL US\$: 151,877.06

Observaciones: Tiempo de entrega: 120 dias



Andrés Rengifo  
GERENTE GENERAL



\* GUAYAQUIL:  
Av. de Las Américas 1602 y Av. C. I. Plaza Denis  
Cda. Alhambra  
PBOX:(593) 4 2289565 - 2396372 Fax: Ext. 104  
e-mail: cecumaaq@cecumaaq.com / vertax@cecumaaq.com

www.cecuamaq.com

\* QUITO:  
Av. 10 de Agosto N 65-69 y Bellavista,  
Sector Parque de Los Recoardos  
PBOX:(593) 2 3464678 - 3464682 Fax: Ext. 104  
e-mail: vertax@cecumaaq.com

## 6YZ-415 HYDRAULIC OIL PRESS



Add: No.11, Changchun Road, High New Technology Development Zone, Zhengzhou, Henan  
Email: [changsheng01@hotmail.com](mailto:changsheng01@hotmail.com) whatsapp: +86 13503810037

### Introduction:

The machine is suitable for cold pressing or hot pressing any oil seeds and oil plant, such as tiger nut, walnut, olive, sesame seeds, caraway seeds, almond, sunflower seeds, marula seeds, mongongo seeds etc.

Especially for pressing sesame, pine nut, walnut, and so on valuable oil seeds.

Only one machine, you could get the better oil and easy to operate.

### Technical Data:

Model	6YY-415
Working pressure(Mpa)	55-60
Piston section diameter(mm)	300
Force under 60 Mpa(t)	424
Heating power(w)	1500
Heating temperature(℃)	50-70
Barrel volume(kg)	30
Cake diameter(mm)	415
Capacity(kg/h)	75kg/h for cocoa butter
Sesame oil output rate	43%-47%
Main power	2.2KW
Package size(mm)	1250*1250*1700
Weight(kg)	2200

Unit price:\$4990/set FOBShanghai

Shipping cost to GUAYAQUIL port,Ecuador: \$100

Total amount:\$5090 CIF

If you customize stainless steel cylinder drum,extra add 1100USD

### Payment terms and conditions:

1. Quotation is valid in 2months.
2. Delivery time:10-15days after getting the advance payment.
3. Payment terms:50% T/T in advance,the balance is paid before shipping.
4. Package:wooden case.

Add: No.11,Changchun Road,High New Technology Development Zone,Zhengzhou,Henan  
Email: [changsheng01@hotmail.com](mailto:changsheng01@hotmail.com) whatsapp:+86 13503810037