



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

“CLASIFICADOR DE PAPAS PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES”

Trabajo de grado previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecatrónica

Línea de investigación: Procesos Industriales

Autor:

Byron Bladimir Chano Quilca

Director:

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

Asesor:

Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre, MSc.

Ibarra, septiembre de 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004986384		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chano Quilca Byron Bladimir		
DIRECCIÓN:	Ibarra- La Esperanza- Chirihuasi		
EMAIL:	blady349@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062660460	TELÉFONO MÓVIL:	0993026847

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Clasificador de papas para pequeños agricultores
AUTOR (ES):	Chano Quilca Byron Bladimir
FECHA: DD/MM/AAAA	23/9/2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	PhD. David Ojeda / MSc. Fernando Valencia

2 **CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de septiembre de 2025

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Byron Bladimir Chano Quilca



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 23 de septiembre de 2025

PhD. David Alberto Ojeda Peña

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....

PhD. David Alberto Ojeda Peña
C.C.: 1757898489



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “CLASIFICADOR DE PAPAS PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES” elaborado por BYRON BLADIMIR CHANO QUILCA, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

f).....

PhD. David Alberto Ojeda Peña
C.C.: 1757898489

f).....

MSc. Fernando Vinicio Valencia Aguirre
C.C.: 1003188669

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, por ser mi mayor inspiración. Por el esfuerzo que han realizado a largo de su vida para sacar adelante a sus hijos, por enseñarme que, aun en medio de las dificultades, siempre se puede salir adelante con fe, confianza y trabajo constante. Este logro también es suyo, fruto de su ejemplo y de su cariño incondicional.

A mis amigos, quienes me acompañaron en este camino con su apoyo, compañía y ánimo, recordándome que todo esfuerzo compartido se vuelve más sencillo de afrontar.

Y a los agricultores, de quienes formo parte, porque conozco de cerca la dureza el trabajo en el campo y la necesidad de contar con herramientas que reduzcan el esfuerzo físico y optimice el tiempo de labor. Que este proyecto sirva como un pequeño aporte para dignificar y facilitar la valiosa tarea que realizan día a día.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor y asesor de tesis, quienes no solo me brindaron acompañamiento académico, sino también apoyo emocional en los momentos de mayor exigencia. Su guía fue más allá del ámbito universitario, llevándome a comprender cómo se trabaja en el campo profesional, donde es necesario planificar, escuchar y transformar sus recomendaciones en aprendizajes que hoy forman parte de mis valores.

Extiendo mi gratitud a todos los ingenieros que, a lo largo de mi formación, compartieron sus conocimientos en cada materia. Cada enseñanza recibida se convirtió en una herramienta valiosa que me permitió enfrentar los retos de este proyecto con mayor seguridad y criterio técnico.

De igual manera, agradezco a la carrera de Ingeniería Mecatrónica, por facilitarme el uso de los laboratorios, donde fue posible materializar varias de las piezas fundamentales de esta propuesta. Así también, a los técnicos de los laboratorios, quienes con disposición y experiencia aportaron para que cada etapa práctica se desarrolle de la mejor manera.

RESUMEN

Este trabajo surge de la necesidad de ofrecer a pequeños productores de papa un diseño funcional que clasifique el producto según su tamaño y forma, y además sin generar daños. Se plantearon especificaciones de diseño y se evaluaron tres propuestas mediante criterios de funcionalidad, dimensiones, materiales, capacidad operativa y viabilidad de montaje.

La opción seleccionada incorpora un sistema de rodillos calibrados, que permite una clasificación progresiva en tres categorías (Primera, Segunda y Tercera). La disposición de los rodillos está diseñada en función de la geometría del tubérculo, asegurando que las papas pequeñas se separen en la primera sección, las medianas en la segunda y las grandes avancen hasta el final, con un proceso fluido que minimiza bloqueos y daños.

El accionamiento se implementa mediante una doble etapa de reducción de velocidad: el motor trifásico de 1 HP regulado con un variador de frecuencia VFD, mediante el método de frecuencia y voltaje (V/f), y un sistema de transmisión por cadena y piñones, con lo que alcanza un rango de operación entre 20 y 60 rpm, siendo 42 rpm el valor óptimo de funcionamiento al presentar la mejor eficiencia sin inconvenientes en la clasificación.

Durante las pruebas experimentales con lotes de 11 kg se comprobó que no existen diferencias significativas respecto a la clasificación manual, confirmando la precisión de la calibración de los rodillos. Sin embargo, el tiempo de operación se redujo en aproximadamente un 75 %, pasando de 5-8 minutos de forma manual a 20 segundos -2 minutos con la máquina. Estos resultados validan la viabilidad y efectividad del sistema.

Palabras clave: Clasificación, papas, rodillos calibrados, VFD, transmisión, productividad.

ABSTRACT

This project arose from the need to offer small potato producers a functional design that sorts the product according to size and shape without generating damage. Design specifications were established, and three proposals were evaluated based on criteria such as functionality, dimensions, materials, operational capacity, and assembly feasibility.

The selected option incorporates a calibrated roller system that allows for progressive sorting into three categories (First, Second, and Third). The arrangement of the rollers is designed according to the geometry of the tuber, ensuring that small potatoes are separated in the first section, medium potatoes in the second, and large potatoes advance to the end, with a smooth process that minimizes blockages and damage.

The drive is implemented by means of a double speed reduction stage: a 1 HP three-phase motor regulated by a VFD frequency converter, using the frequency and voltage (V/f) method, and a chain and sprocket transmission system, achieving an operating range between 20 and 60 rpm, with 42 rpm being the optimum operating value as it provides the best efficiency without any problems in classification.

During experimental tests with 11 kg batches, it was found that there are no significant differences compared to manual sorting, confirming the accuracy of the roller calibration. However, the operating time was reduced by approximately 75%, from 5-8 minutes manually to 20 seconds-2 minutes with the machine. These results validate the feasibility and effectiveness of the system.

Keywords: Sorting, potatoes, calibrated rollers, VFD, transmission, productivity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2	CONSTANCIAS	iii
	CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iv
	APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	v
	DEDICATORIA	vi
	AGRADECIMIENTO	vii
	RESUMEN	viii
	ABSTRACT	ix
	ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
	ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
	ÍNDICE DE TABLAS	xvi
	CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	General.....	2
1.2.2	Específicos.....	2
1.3	Alcance y delimitación.....	2
1.4	Justificación.....	3
	CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	4
2.1	Antecedentes	4
2.2	Bases Teóricas.....	6
2.2.1	La papa.....	6

2.2.2	Morfometría de la papa.....	7
2.2.3	Clasificación de papas.....	8
2.2.4	Tecnologías de clasificación.....	11
2.2.4.1	Clasificación manual	11
2.2.4.2	Clasificación semi automático	13
2.2.4.3	Clasificación automática	14
2.2.5	Ergonomía.....	14
2.2.6	Proceso de selección de materiales	15
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO		17
3.1	Enfoque y tipos de investigación	17
3.2	Diseño de la investigación.....	18
3.2.1	Fase 1: Identificación de los tipos de tecnologías de clasificación de productos agrícolas existentes en el mercado para establecer las especificaciones del sistema a diseñar. 18	
3.2.2	Fase 2: Diseño del clasificador de papas de acuerdo con los requerimientos del agricultor.	19
3.2.3	Fase 3: Construcción de un prototipo que cumpla las especificaciones del diseño.	21
3.2.4	Fase 4: Validación del prototipo mediante comparación con métodos tradicionales. 21	
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS		23
4.1	Especificaciones del sistema a diseñar	23
4.2	Alternativas de solución	24
4.2.1	Alternativa de solución Nro. 1.....	24
4.2.2	Alternativa de solución Nro. 2.....	26
4.2.3	Alternativa de solución Nro. 3.....	28
4.3	Selección de la mejor solución.....	30
4.3.1	Ponderación de criterios y de alternativas	30
4.3.2	Ponderación final.....	32
4.4	Especificaciones del sistema diseñado	33
4.4.1	Estructura.....	34
4.4.2	Rodillos de clasificación.....	36
4.4.2.1	Rodillos de Tercera y Segunda.....	37
4.4.3	Tolvas.....	38
4.4.4	Sistema de transmisión	40

4.4.4.1	Motor	41
4.4.4.2	Transmisión por piñón - cadena	42
4.4.4.3	Componente de tensión	43
4.4.4.4	Relación de transmisión	44
4.4.5	Componentes eléctricos y de control	44
4.4.5.1	Lógica cableada (control básico).....	45
4.4.5.2	Variador de frecuencia	47
4.5	Cálculos y análisis	49
4.5.1	Análisis estático de la estructura	49
4.5.2	Análisis de rodillos.....	52
4.5.2.1	Configuración de rodillos.....	52
4.5.2.2	Cálculo de separación efectiva entre ejes.....	55
4.5.3	Selección de motor.....	56
4.5.3.1	Primera etapa de reducción	56
4.5.3.2	Segunda etapa de reducción.....	57
4.5.3.3	Validación	58
4.5.4	Elementos flexibles de transmisión de potencia.....	60
4.5.4.1	Validación de piñones	60
4.5.4.2	Validación de cadena.....	62
4.6	Construcción	64
4.7	Pruebas y resultados	69
4.7.1	Funcionalidad	72
4.7.2	Capacidad en tolva de alimentación.....	73
4.7.3	Dimensiones	74
4.7.4	Capacidad	74
4.7.5	Materiales	74
4.7.6	Ergonomía operativa	75
4.8	Gastos y costos.....	76
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS.....		79
ANEXOS		81

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Formas de clasificación.	1
Fig. 2.1 La papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	6
Fig. 2.2 Zonas de producción de la papa en el Ecuador [9].	6
Fig. 2.3 Morfometría de la papa.	7
Fig. 2.4 Ciclo de producción de la papa.	9
Fig. 2.5 Clasificación de la papa por grupos.	9
Fig. 2.6 Proceso a realizar en la clasificación manual.	11
Fig. 2.7 Clasificación manual en el suelo [14].	12
Fig. 2.8 Clasificación en una mesa de trabajo [15].	12
Fig. 2.9 Clasificación por zarandeo manual.	13
Fig. 2.10 Clasificación semi automática [16].	13
Fig. 2.11 Clasificación automática.	14
Fig. 2.12 Selección de material para un componente de una máquina [20].	16
Fig. 4.1 Alternativa 1. Vista frontal, derecho, superior e isométrica.	25
Fig. 4.2 Alternativa 2. Vista frontal, derecha, superior e isométrica.	27
Fig. 4.3 Alternativa 3. Vista frontal, posterior, superior e isométrica.	28
Fig. 4.4 Vista explosionada de la máquina clasificadora de papas.	33
Fig. 4.5 Estructura, vista isométrica.	35
Fig. 4.6 Sistema de clasificación, enumeración de componentes.	36
Fig. 4.7 Rodillo de Tercera.	37

Fig. 4.8 Rodillo de Segunda.....	38
Fig. 4.9 Tolva de alimentación.....	39
Fig. 4.10 Tolvas de recepción.	40
Fig. 4.11 Sistema de transmisión.	41
Fig. 4.12 Motor ANG trifásico [23].....	41
Fig. 4.13 Cadena de rodillo de simple torón ANSI [25].	43
Fig. 4.14 Piñón ANSI [26].	43
Fig. 4.15 Tensor de cadena.....	44
Fig. 4.16 Gabinete que integra componentes eléctricos.	45
Fig. 4.17 Circuito eléctrico del sistema.	46
Fig. 4.18 Diagrama de cableado de los terminales en secuencia de 3 hilos [28].....	47
Fig. 4.19 Variador de frecuencia HNC HV10 [30].	47
Fig. 4.20 Cargas puntuales, distribuidas y restricciones de la estructura.	49
Fig. 4.21 Relación de número de nodos y factor de seguridad.	51
Fig. 4.22 Toma de medidas de la papa. L: medida longitudinal, D1: diámetro mayor, D2: diámetro menor.	52
Fig. 4.23 Configuración de los rodillos	54
Fig. 4.24 Armado de estructura principal.....	64
Fig. 4.25 Estructura principal.....	64
Fig. 4.26 Perfil perforado para el ingreso de los bujes.....	65
Fig. 4.27 Manufacturado de los bujes y ejes.....	65
Fig. 4.28 Rodillo de PVC incluida la tapa.....	65
Fig. 4.29 Ensamblado de los rodillos en la estructura principal.	66
Fig. 4.30 Tolva de recepción y alimentación.	66

Fig. 4.31 Sistema de transmisión principal.	67
Fig. 4.32 Sistema de transmisión de los rodillos.	67
Fig. 4.33 Tensor.	67
Fig. 4.34 Circuito eléctrico de control y potencia.....	68
Fig. 4.35 Máquina clasificadora de papas	68
Fig. 4.36 Relación RPM y Tiempo de clasificación.....	71
Fig. 4.37 Distribución de pesos según la velocidad.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones de la medida.....	8
Tabla 2.2 Clasificación de la papa según INIAP [12].	10
Tabla 2.3 Volumen de procesamiento de la papa [13].	10
Tabla 2.4 Características a considerar en la selección de materiales [20]......	15
Tabla 4.1 Análisis de requerimientos y restricciones del sistema.....	23
Tabla 4.2 Lista de componentes la alternativa 1.	25
Tabla 4.3 Componentes del sistema de rodillos de clasificación. Alternativa 2.	27
Tabla 4.4 Lista de componentes de la alternativa 3.	29
Tabla 4.5 Denominación de los criterios.	30
Tabla 4.6 Ponderación de criterios.....	31
Tabla 4.7 Valores de la ponderación global de criterios.	31
Tabla 4.8 Ponderación final.....	32
Tabla 4.9 Componentes y sistemas principales de la máquina.	34
Tabla 4.10 Elementos de la estructura.	35
Tabla 4.11 Componentes de los rodillos de clasificación.	36
Tabla 4.12 Componentes que conforman el rodillo de Tercera.	37
Tabla 4.13 Componentes que conforman el rodillo de Segunda.	38
Tabla 4.14 Características de la tolva de alimentación.....	39
Tabla 4.15 Características de la tolva de recepción.	40
Tabla 4.16 Componentes eléctricos.	45
Tabla 4.17 Beneficios de la configuración de 3 hilos [28]......	46
Tabla 4.18 Especificaciones técnicas del variador HV10XR75G12 [31].	48

Tabla 4.19 Parámetros modificados para un arranque seguro.....	48
Tabla 4.20 Parámetros a considerar en la simulación.....	50
Tabla 4.21 Análisis de convergencia de la estructura (tubo cuadrado).	50
Tabla 4.22 Verificación de las medidas.....	53
Tabla 4.23 Condiciones para la abertura entre rodillos.	54
Tabla 4.24 Equivalencia de rpm y la frecuencia	57
Tabla 4.25 Especificaciones de la cadena ANSI 40 [27].....	62
Tabla 4.26 Cuantificación de la clasificación manual	69
Tabla 4.27 Pruebas con la máquina clasificadora.	70
Tabla 4.28 Muestras que no coinciden con su categoría.	70
Tabla 4.29 Comparación: clasificación manual y la clasificación con la máquina.	73
Tabla 4.30 Capacidad operativa	74
Tabla 4.31 Precio de cada componente adquirido.	76

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En las zonas rurales de la provincia de Imbabura se siembran papas para mediana y alta productividad. Existe un proceso de siembra, cosecha y post cosecha la cual implica varios factores. La etapa de la cosecha se lo realiza abriendo el surco para aflojar la tierra, luego, se da vuelta a la planta para dejar los tubérculos sobre el suelo. Después, de la cosecha se ejecuta la etapa de post cosecha la cual consiste clasificar la papa para la venta local, guardar como semilla para una próxima siembra y el consumo propio de cada agricultor.

En la actualidad, la mayoría de los agricultores que se dedican a la producción de papas llevan a cabo la etapa de selección o clasificación post cosecha de forma manual, lo que implica una inversión considerable de tiempo y personal que podría destinarse a otras tareas [1].

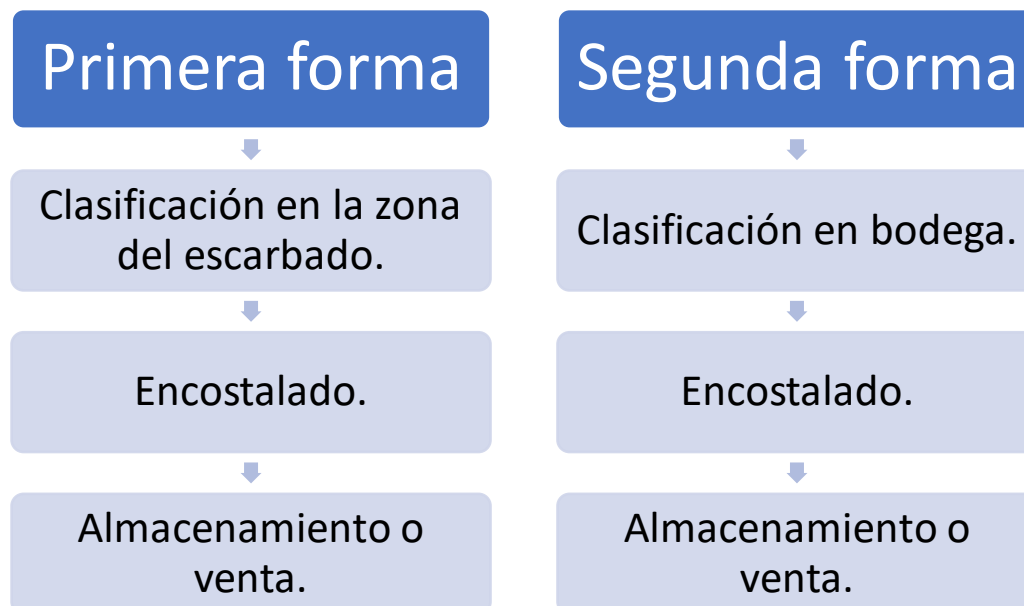


Fig. 1.1 Formas de clasificación.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Desarrollar un sistema de clasificación de papas para pequeños agricultores.

1.2.2 Específicos

- Identificar los tipos de tecnología de clasificación de productos agrícolas existentes en el mercado para establecer las especificaciones del sistema a diseñar.
- Diseñar el clasificador de papas de acuerdo con los requerimientos de los pequeños agricultores.
- Construir un prototipo que cumpla las especificaciones del diseño.
- Validar el prototipo mediante pruebas comparativas con métodos tradicionales de clasificación.

1.3 Alcance y delimitación

El presente proyecto tiene como alcance la fabricación e implementación de un prototipo que cumpla con las especificaciones requeridas para optimizar el proceso de post cosecha de la papa. Está dirigido a pequeños agricultores con limitaciones en producción, recurso y acceso a tecnología agrícola avanzada. Se realizará un proceso de diseño de selección de materiales, componentes eléctricos y mecánicos; considerando las necesidades específicas del sistema de clasificación. Se detallarán los planos del diseño para la construcción del prototipo. Se pretende contribuir al desarrollo de una solución práctica y eficiente para la clasificación de papas, logrando tener un rendimiento de clasificación de al menos seis quintales por hora.

1.4 Justificación

En el aspecto social, la papa es uno de los cultivos más importantes para las comunidades rurales de las provincias de Carchi e Imbabura, que aportan con el 40 % de la producción anual del país [2]. Su alta demanda en los mercados locales e interprovinciales resalta su relevancia, y la calidad junto con una clasificación precisa son factores clave para su comercialización y valor en el mercado.

En el aspecto económico, el cultivo del tubérculo constituye una de las principales fuentes de ingreso para los agricultores, pero los costos desde la siembra hasta la cosecha son altos. Para los pequeños productores, adquirir una máquina clasificadora comercial implica una inversión considerable, lo que hace necesario diseñar un sistema accesible y eficiente que permita optimizar el proceso, reducir desperdicios y mejorar la rentabilidad.

En el ámbito técnico, la mayoría de clasificadoras disponibles en el mercado están pensadas para medianas o grandes producciones, además de estar adaptadas a variedades de papa diferentes a las que predominan en estas regiones. Considerando que la papa local presenta particularidades en su forma y tamaño, resulta esencial desarrollar un equipo ajustado a estas condiciones, que garantice uniformidad en la selección, mejore la aceptación del producto y fortalezca la competitividad.

En el aspecto tecnológico, representa una oportunidad para integrar tecnologías agrícolas en estas zonas. Esto puede facilitar la adopción gradual de soluciones tecnológicas en operaciones agrícolas más tradicionales.

Esta investigación busca elevar la eficiencia y calidad en el manejo de la papa, impulsando procesos más sostenibles e innovadores.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Gaudencio (2021), resalta que un proceso correcto de selección de papas resulta esencial para su venta, ya que una agrupación deficiente reduce de manera considerable los ingresos de los productores. Su trabajo tuvo como objetivo diseñar y construir muestras divididas en cuatro grupos (S1, S2, S3 y S4) según el espesor del tubérculo. El proyecto se desarrolló en dos fases: en la primera, se observó que, salvo la esfericidad, las características físicas disminuyen con el tamaño del tubérculo, y la fricción estática decrece al aumentar su tamaño. La segunda fase se centró en el diseño y construcción del modelo, basado en las necesidades y disponibilidad del operador [3].

Oporto (2019), tiene como objetivo crear una máquina clasificadora de papas en el Valle de Tambo, México. El propósito es seleccionar papas por tamaño (grande, mediana, pequeña). La máquina está diseñada con una capacidad de clasificación de 30 TN/h, con la introducción de soluciones de clasificación de papas se pasa a una agricultura semi mecanizada, lo que permite una selección más fiable, reduce tiempos y costes de producción [4].

Cunalata e Hidalgo (2023), en su trabajo de titulación se plantearon diseñar y construir una máquina limpiadora y clasificadora de papas para Cereales Ambateños. Se complementan con la utilización de software CAD para diversos cálculos estructurales. El sistema utiliza parámetros como el tamaño de las papas y tiene en cuenta el tiempo necesario para clasificarlas y limpiarlas. En sólo 8 horas se pueden clasificar y lavar 9.000 kilogramos de papas con buenos resultados, reduciendo el número de trabajadores necesarios para la operación que se realiza a mano [5].

Alemu y otros (2021), investigaron que el método tradicional de seleccionar tubérculos de papas requiere mucho tiempo, mucho trabajo y poco rendimiento. Desarrollaron un sistema que podía seleccionar tubérculos en diferentes tamaños. La eficiencia del diseño, del motor y el consumo de

combustible determinan el rendimiento del sistema. Donde su diseño está compuesto por una mesa de alimentación, un tambor basculante y una bandeja recolectora [6].

Abedi, Abdollahpour y Bakhtiari (2019), en su estudio sobre las características físicas y mecánicas de la papa, analizan su separación automática del suelo y de las piedras. En su investigación, determinaron el coeficiente de fricción estática y la resistencia a la rodadura de los tubérculos sobre cinco tipos distintos de superficie. Los resultados muestran que el tamaño del tubérculo influye de manera positiva en sus propiedades físicas y mecánicas, aunque las características de fricción también se ven afectadas por el tamaño de cada papa. El coeficiente de impacto estático sobre la superficie de madera es máximo y mínimo en chapas galvanizadas, mientras que inversos a la resistencia de rodadura de los impactos [7].

Angos y Calvopiña (2013) desarrollaron una tesis cuyo objetivo fue diseñar, construir y simular una máquina clasificadora de frutos redondos por tamaño, destinada a una hacienda. La clasificación manual resulta ser una tarea laboriosa y poco eficiente, por lo que se propuso una solución mecánica que segmenta los frutos en cinco tamaños distintos. La máquina alcanzó una capacidad de procesamiento de hasta 200 kilogramos por hora, facilitando y agilizando el proceso de selección, y contribuyendo a una mayor productividad en el sector agrícola [8].

2.2 Bases Teóricas

Esta sección expone los fundamentos que respaldan el diseño de la clasificadora de papas. Se consideran aspectos de la morfometría del tubérculo, los criterios de clasificación y las tecnologías empleadas para este proceso. Asimismo, se abordan principios de ergonomía y criterios de materiales, fundamentales para el diseño de la máquina clasificadora.

2.2.1 La papa

La papa (*Solanum tuberosum*), es un cultivo fundamental en Ecuador. Carchi, Chimborazo y Tungurahua son las provincias con mayor superficie cosechada, representando el 66,33% del total de la superficie. Además, dentro de la provincia de Imbabura la superficie cultivada es en áreas menores a 5 ha. [9].



Fig. 2.1 La papa (*Solanum tuberosum*).

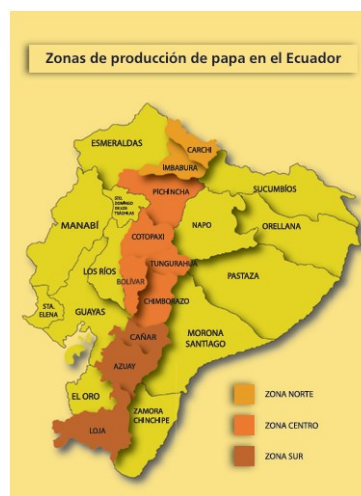


Fig. 2.2 Zonas de producción de la papa en el Ecuador [9].

El tamaño de la papa varía según la zona de cultivo debido a factores como el clima, la altitud y las condiciones del suelo. En regiones andinas, la disponibilidad de agua favorece papas más grandes. Además, suelos fértiles, bien estructurados y con un buen drenaje contribuyen significativamente al desarrollo de tubérculo de mayor tamaño [9].

En términos de morfometría, el tubérculo se caracteriza por su variedad de formas, que pueden ser redondas, ovaladas, oblongas o alargadas, y tamaños que están en un rango de 2 a 12 cm de diámetro. La piel del tubérculo varía en color, incluyendo tonos blancos, amarillos, rojos, púrpuras y marrones, pueden ser lisas o rugosas. Los ojos del tubérculo son yemas que pueden generar nuevas plantas, la pulpa interna que almacena almidón presenta colores y texturas diversas que influyen en su uso culinario y comercial [10].

2.2.2 Morfometría de la papa

La **Fig. 2.3**, muestra una representación de la morfometría de la papa, destacando tres dimensiones principales utilizadas para caracterizar su forma y tamaño.

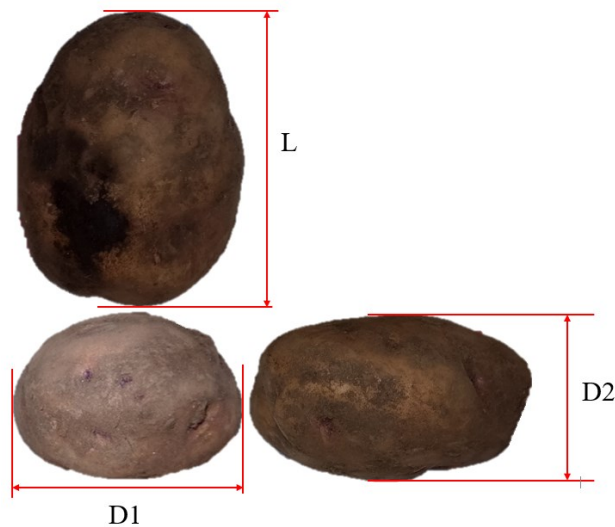


Fig. 2.3 Morfometría de la papa.

Tabla 2.1 Especificaciones de la medida

	Definición	Característica
L	Medida longitudinal	Corresponde al eje mayor del tubérculo.
D1	Medida del diámetro mayor (ecuatorial)	Dimensión más amplia en el plano perpendicular a la longitud.
D2	Medida del diámetro menor	Medido en un plano perpendicular a ambos ejes anteriores.

Estas dimensiones permiten clasificar las papas en términos de forma y son parámetros para considerar en procesos automáticos de transporte, selección y clasificación, ya que permite identificar tamaños y formas de manera más precisa. Además, facilita al diseño de equipos que manipulan papas sin dañarlas y asegura una presentación más uniforme del producto.

Al existir una gran variedad de papas se puede tomar diferentes configuraciones para dar las especificaciones del sistema de clasificación.

2.2.3 Clasificación de papas

Hoy en día la papa es el tercer cultivo más importante del mundo en términos de consumo alimenticio, después del arroz y el trigo, y cientos de millones de personas en el mundo en desarrollo dependen de las papas para su supervivencia [11].

La **Fig. 2.4**, hace relación al ciclo de producción de la papa partiendo desde la preparación del suelo hasta llegar al mercado. Cada etapa posee sus características y parámetros, al ejecutar cada etapa se consigue un producto de calidad que logra salir al mercado.

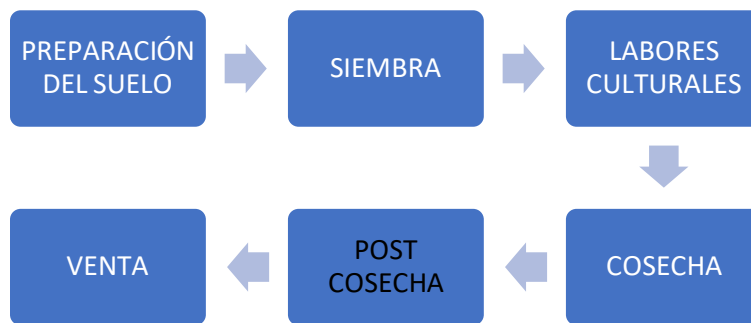


Fig. 2.4 Ciclo de producción de la papa.

Para este trabajo de titulación se centra en la etapa de la post cosecha, donde se aplican diferentes prácticas tradicionales y procesos técnicos que se ejecutan desde la recolección del tubérculo hasta su comercialización o consumo. La clasificación se realiza a partir de criterios de tamaño, forma y ausencia de defectos, asegurando que cada lote cumpla con los estándares del mercado.

Como se puede observar en la **Fig. 2.5**, la clasificación se realiza para formar diferentes grupos que representa la misma morfometría en cuestión de tamaño. Esta actividad es clave para la comercialización ya que facilita estimar el precio del producto de manera rápida.



Fig. 2.5 Clasificación de la papa por grupos.

Es indispensable que la selección del tubérculo se realice bajo sombra. Una selección rigurosa es sinónimo de calidad. Donde, la papa se clasifica de acuerdo con los requeridos en el mercado, entre

esos requisitos a cumplir son el tamaño y la forma. Además, es necesario separar aquellos tubérculos enfermos, podridos y los que se encuentran visiblemente dañados [12].

Para la clasificación de la papa se considera los requerimientos de los mercados locales, en la siguiente tabla se presenta una clasificación asignada por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Tabla 2.2 Clasificación de la papa según INIAP [12].

Denominación común	Denominación INIAP	Peso del tubérculo (g)	Diámetro mayor del tubérculo (cm)
Toda gruesa	Gruesa	Mayor a 90	Mayor a 8
Gruesa	Primera	60 a 90	7 a 8
Redroja	Segunda	40 a 60	6 a 7
Redrojilla	Tercera	20 a 40	5 a 6
Fina	Desecho	Menor a 20	Menor a 5

Diferentes calidades y tamaños de papas pueden ser utilizados en productos específicos, maximizando su valor. Los principales productos procesados de papa que se consumen en Ecuador son el puré, papa congelada, precocida y la frita. El uso más común de la papa en restaurantes es la papa frita a la francesa, seguida de las sopas y otros métodos de cocción [13].

Tabla 2.3 Volumen de procesamiento de la papa [13].

Estrato	Porcentaje	Volumen/año (tm)
Industria	50,48 %	25.604,00
Restaurantes y afines	49,52 %	25.118,60
Total	100,00 %	50.722,60

La importancia de clasificar las papas según su uso radica en maximizar su valor económico y asegurar que los consumidores reciban productos de alta calidad adecuados para las diferentes preparaciones culinarias.

2.2.4 Tecnologías de clasificación

La clasificación se realiza para formar diferentes grupos que representa la misma morfometría en cuestión de tamaño. Por lo que la manera como se las clasifica influye en la calidad del producto.

A partir de eso se identifican formas de clasificación como las siguientes:

2.2.4.1 Clasificación manual

El método implica una inspección detallada para la separación de los tubérculos, utilizando criterios visuales y táctiles para asegurar la calidad del producto, trabajo realizado por el agricultor.

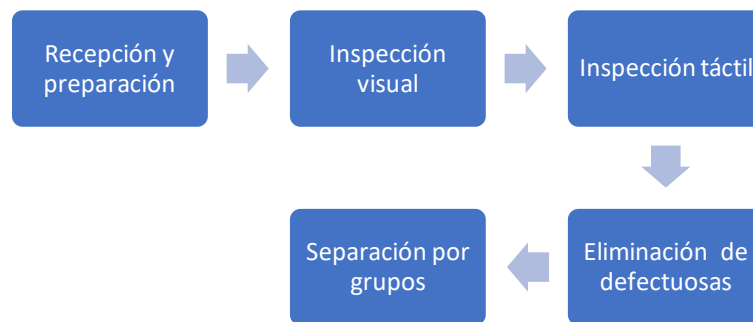


Fig. 2.6 Proceso a realizar en la clasificación manual.

La clasificación manual de la papa se lleva a cabo utilizando diferentes métodos y herramientas, dependiendo de la infraestructura disponible y las prácticas tradicionales de cada región.

Clasificación en el suelo

Esta forma de clasificar comúnmente se realiza donde la producción es medianamente ligera y a la vez su infraestructura de clasificación es limitada en aspectos económicos y de disponibilidad.

El proceso inicia con la cosecha de la papa, luego se almacena en una bodega bajo sombra o se esparcen en el lugar de la cosecha. Los trabajadores se ubican alrededor, inspeccionando visual y táctilmente los tubérculos para separarlos manualmente según su tamaño y forma. Aunque es un método económico que no requiere equipos especializados, demanda una cantidad considerable de

personal para realizar la clasificación en poco tiempo, lo que puede generar problemas ergonómicos durante el proceso.



Fig. 2.7 Clasificación manual en el suelo [14].

Clasificación sobre una mesa

Aquí se utiliza mesas a cierta altura donde se esparcen las papas para una inspección más cómoda y detallada. Los trabajadores, situados a ambos lados de la mesa, inspeccionan los tubérculos visualmente y al tacto. Las papas se clasifican y se colocan en diferentes recipientes situadas junto a la mesa. Ofrece una mejor ergonomía para los trabajadores. Requiere poca inversión en las mesas y adecuación del espacio.



Fig. 2.8 Clasificación en una mesa de trabajo [15].

Clasificación por zarandeo manual

Este método utiliza tamices o zarandas para separar las papas por tamaño. Un proceso donde las papas se colocan en zarandas de diferentes tamaños. Los operadores agitan manualmente las

zarandas, permitiendo que las papas más pequeñas caigan a través de las aberturas, mientras que las más grandes quedan en la misma zaranda. Se repite este proceso para diferentes tamaños de zaranda. Las papas clasificadas por tamaño se recogen y se colocan en recipientes específicos. Un método poco más rápida y eficiente para la separación por tamaños, la cual, es conveniente para grandes volúmenes de producción. Pero es físicamente exigente para el operador.



Fig. 2.9 Clasificación por zarandeo manual.

2.2.4.2 Clasificación semi automático

Se combina la clasificación manual con el uso de maquinaria para aumentar la eficiencia y disminuir el esfuerzo físico de los trabajadores. Se emplean rodillos, cintas transportadoras y tamices para separar los productos según su tamaño y forma. Este sistema es común en frutas y hortalizas como papas o tomates. El método permite equilibrar la rapidez de la automatización con la flexibilidad de la inspección manual, reduciendo costos de mano de obra y mejorando el rendimiento del proceso de clasificación.



Fig. 2.10 Clasificación semi automática [16].

2.2.4.3 Clasificación automática

La clasificación automática emplea sistemas que inspeccionan, separan y ordenan las papas sin necesidad de intervención directa de las personas. Este método es adecuado para procesar grandes cantidades de tubérculos en menos tiempo, disminuyendo la participación humana y reduciendo los costos de mano de obra a largo plazo.

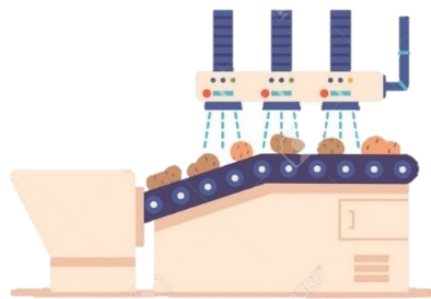


Fig. 2.11 Clasificación automática.

La implementación de tecnología avanzada puede ser costosa para aquellos agricultores que no cuentan con suficientes recursos para poder costear una máquina de tal magnitud. Además, requiere personal capacitado para operar y mantener los sistemas en buen funcionamiento.

2.2.5 Ergonomía

La ergonomía es una actividad multidisciplinaria aplicada a la ingeniería, utilizada para el diseño de estaciones de trabajo, herramientas, métodos de trabajo y ambiente, de tal forma que se ajusten a las capacidades y limitaciones de las personas [17].

Para cumplir principios ergonómicos, se puede señalar a la ergonomía como una herramienta de competitividad [18].

Al aplicar la metodología TRIZ, se consideran los 40 principios inventivos de Altshuller, de los cuales se analizan aquellas que tienen una relación directa a lo que se desea realizar en este trabajo de titulación.

El Principio 1: Segmentación, sugiere una máquina modular con acoplamiento rápidos para facilitar el mantenimiento y ensamblaje. El Principio 3: Calidad local, plantea que el diseño debe adaptarse a las características antropométricas de los trabajadores. [19].

En este caso de estudio se puede parametrizar de acuerdo con el agricultor, donde la altura de la superficie de trabajo permita al operador realizar la tarea en la forma más cómoda y productiva posible.

El Principio 10 de TRIZ: Acción anticipada, indica que los diseños deben prever condiciones que aseguren un entorno de trabajo óptimo. En términos de ergonomía, este principio se aplica para garantizar un flujo adecuado de alimentación del producto al sistema de clasificación [19].

2.2.6 Proceso de selección de materiales

Entendiendo las características de la aplicación y función del componente, la elección se basa en optar materiales que cumplan con los requerimientos de diseño, es fundamental considerar varios aspectos clave, entre los cuales se encuentran.

Tabla 2.4 Características a considerar en la selección de materiales [20].

Nro.	Característica
1	La disponibilidad del material en la forma y perfil deseados, dentro del mercado local.
2	El costo asociado a su adquisición y uso, incluyendo su costo inicial y futuro.
3	Las propiedades del material, relacionadas con los requisitos de desempeño durante el servicio.
4	La compatibilidad con los procesos de fabricación.

En el desarrollo del diseño, se comienza estableciendo las condiciones de desempeño que la máquina debe alcanzar. Luego, se identifican los elementos que la conformarán y se determinan sus requerimientos particulares, basándose en el diseño conceptual. Finalmente, al realizar los planos detallados de cada parte, es cuando comúnmente se definen las características necesarias para elegir los materiales más apropiados [20].

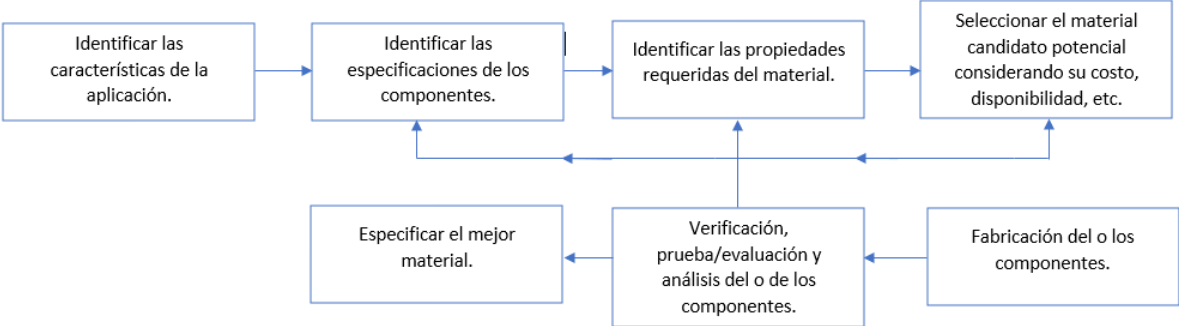


Fig. 2.12 Selección de material para un componente de una máquina [20].

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se aborda el proceso de la metodología empleada que permite el cumplimiento de todos los requerimientos que contribuirá significativamente al diseño y selección del sistema para la máquina clasificadora de papas.

3.1 Enfoque y tipos de investigación

El presente trabajo de integración curricular se desarrolla desde el enfoque ingenieril y desde una investigación aplicada, para lograr el desarrollo de un sistema de clasificación de papas dirigido a pequeños agricultores.

La investigación documental, consiste en abordar un objeto de estudio mediante el análisis, la crítica y la comparación de diversas fuentes de información, como, repositorios digitales, patentes y bases de datos [21]. Permitiendo identificar los tipos de tecnología de clasificación de productos agrícolas existentes en el mercado. Esto permite establecer las especificaciones necesarias para el sistema a diseñar.

La investigación de campo es un proceso para obtener información directa de la realidad del agricultor. Donde, la intervención directa con el agricultor se convierte en una herramienta fundamental para recopilar información de los aspectos relacionados con el problema [22]. Estas intervenciones proporcionan requerimientos para poder cumplir con las necesidades del agricultor. Con la información recopilada se analiza los resultados para evaluar las opciones disponibles.

La investigación descriptiva, se emplea para detallar las propiedades del objeto de estudio [21]. Con la ayuda de los resultados se evalúa las opciones, seleccionando la mejor alternativa. Este enfoque metodológico permite describir exhaustivamente las características y necesidades de los

agricultores. Además, con estas características se logra detallar los componentes a utilizar, ayudando a identificar los criterios claves para el diseño e implementación del clasificador, teniendo en cuenta la eficiencia y accesibilidad.

La investigación experimental, se integra por un conjunto de procesos metódicos y técnicos las cuales se detalla en la investigación descriptiva. Incluye información, parámetros, datos necesarios sobre el tema investigado y el problema a resolver para llevar a cabo con la construcción de la clasificadora de papas [21]. Para su posterior validación mediante pruebas de funcionamiento.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación está conformado por cuatro fases, las cuales ayudarán a concretar de manera eficiente la máquina clasificadora de papas.

3.2.1 Fase 1: Identificación de los tipos de tecnologías de clasificación de productos agrícolas existentes en el mercado para establecer las especificaciones del sistema a diseñar.

Esta etapa se centra en la investigación y análisis de los datos obtenidos para establecer los requerimientos necesarios que cumpla con las necesidades del agricultor, las cuales ayudará a mejorar el rendimiento y eficiencia de trabajo que se realiza en la post cosecha.

Actividad 1.1: Revisión de patentes, bases de datos y repositorios digitales; esta actividad permite identificar las tecnologías de clasificación de productos agrícolas. Se analiza sistemas para comprender las características, ventajas y limitaciones de cada tecnología para poder establecer los requerimientos técnicos para el diseño del sistema de clasificación de papas.

Actividad 1.2: Elaboración de entrevistas; esta actividad logra reunir información sobre los requerimientos del agricultor, donde se conoce las características deseadas y las limitaciones que debería tener la máquina clasificadora de papas. Esta información es fundamental para el sistema a diseñar, siendo realmente útil y práctico, alineándose con las condiciones y recursos disponibles de los pequeños agricultores.

Actividad 1.3: Comparación de los resultados; a partir de las anteriores actividades se logra comparar los datos técnicos investigados con las preferencias y necesidades expresadas por el agricultor. Esta actividad facilita la identificación de la mejor opción del sistema de clasificación de papas, asegurando que cumpla con los requerimientos técnicos, prácticos y económicos de los pequeños productores de este tubérculo.

Actividad 1.4: Especificaciones del sistema; la actividad establece las especificaciones del sistema a diseñar, las cuales estarán en relación con el costo, facilidad de uso, durabilidad, capacidad de clasificación, dimensiones, mantenimiento, movilidad, eficiencia energética y sobre todo el tipo de tecnología a emplear. La actividad garantiza que el diseño final sea práctico y responda adecuadamente a las necesidades identificadas.

3.2.2 Fase 2: Diseño del clasificador de papas de acuerdo con los requerimientos del agricultor.

Esta fase, se enfoca en la elaboración del diseño del clasificador de papas en base a los requerimientos establecidos, además, de la identificación de los materiales de construcción. Se crean modelos 3D que representan el diseño para su posterior análisis por medio de simulaciones. Asegurando que la elaboración de la máquina sea confiable para llevar a cabo su construcción. Finalmente, poder elaborar planos que sirvan como referencia del resultado final.

Actividad 2.1: Planteamiento de soluciones y selección de la mejor; esta actividad explora soluciones que cumplan con los requerimientos establecidos previamente como la eficiencia, la simplicidad, la viabilidad económica. Se evalúa su aplicación destacando sus fortalezas y limitaciones. Ayudando a seleccionar la opción más adecuada, teniendo en cuenta la capacidad y los recursos disponibles de los agricultores.

Actividad 2.2: Selección de componentes; teniendo en cuenta la solución más adecuada, se evalúa los materiales y componentes necesarios para su construcción. Se identifican proveedores confiables y la disponibilidad de los componentes en el mercado local. Se prioriza aquellos componentes que sean duraderos, fáciles de mantener y asequibles asegurando el funcionamiento del sistema.

Actividad 2.3: Diseño CAD-CAE; la aplicación de softwares especializados en diseño asistido por computador (CAD) y análisis de elementos finitos (FEA), se desarrolla la máquina clasificadora de papas. Donde, se crea un modelo 3D representando todos los requerimientos y disposición en el sistema. Se evalúa a través de simulaciones la resistencia estructural y la eficiencia del proceso de clasificación permitiendo mejorar en el diseño. Este enfoque permite optimizar el diseño del clasificador antes de la construcción del prototipo.

Actividad 2.4: Especificaciones del sistema diseñado; consiste en elaborar las especificaciones técnicas del sistema, indicando rendimiento, capacidad de procesamiento, precisión en la clasificación y velocidad de operación. Estas especificaciones permiten evaluar correctamente el prototipo.

Actividad 2.5: Elaboración de planos; la elaboración de planos sirve como guía para la construcción del clasificador de papas, mostrando de manera clara cómo será el resultado final.

Los planos facilitan la fabricación y el ensamblaje del prototipo, garantizando que se sigan los estándares de diseño establecidos.

3.2.3 Fase 3: Construcción de un prototipo que cumpla las especificaciones del diseño.

Esta fase, se lleva a cabo la construcción física del prototipo del clasificador de papas siguiendo los planos y especificaciones detalladas establecidas durante la fase del diseño.

Actividad 3.1: Construcción del prototipo; esta actividad se debe tener en cuenta todos los conocimientos necesarios de manufactura que requiera realizarse. Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas para garantizar la precisión y calidad en la construcción del prototipo. Documentando las decisiones tomadas durante el proceso para facilitar la replicación y comprensión de este.

Actividad 3.2: Ensamblaje de todos los componentes; una vez armado la estructura y su mecanismo se procede al ensamblaje de todos los componentes para formar el sistema completo del clasificador de papas asegurando una integración correcta. Se realizan pruebas intermedias para verificar que cada componente funcione correctamente. Al finalizar, se obtiene un prototipo funcional que cumpla con las especificaciones del diseño.

3.2.4 Fase 4: Validación del prototipo mediante comparación con métodos tradicionales.

En esta fase se evalúa el rendimiento y la eficacia del clasificador de papas frente a los métodos tradicionales de clasificación.

Actividad 4.1: Pruebas de funcionamiento; se establecen procedimientos para comparar de manera técnica y objetiva el prototipo con los métodos tradicionales. Se registran y analizan los resultados considerando precisión, velocidad de clasificación y eficiencia energética.

Actividad 4.2: Ajustes; según los resultados obtenidos, se realizan los ajustes necesarios en el prototipo para optimizar su desempeño.

Actividad 4.3: Redacción del documento; esta actividad es fundamental ya que se documenta los resultados de la validación del prototipo, incluyendo una descripción completa de las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de la comparación entre el prototipo y los métodos tradicionales de clasificación.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del proceso de diseño de la máquina clasificadora de papas. Se partió de las especificaciones y alternativas de solución, se seleccionó la mejor opción mediante ponderación y se realizaron los cálculos de diseño. Finalmente, se valida el diseño mediante pruebas experimentales.

4.1 Especificaciones del sistema a diseñar

En la **Tabla 4.1**, se presentan las especificaciones técnicas del clasificador de papas, considerando los requerimientos funcionales y operativos. Estas características definen lo que debe cumplir el prototipo para garantizar su funcionamiento en condiciones reales. El objetivo es que el sistema sea eficiente, modular, transportable y accesible para pequeños productores, sin dañar el producto.

Tabla 4.1 Análisis de requerimientos y restricciones del sistema.

N.º Tipo	Ítem	Descripción técnica
1 Criterio	Alimentación eléctrica	El sistema eléctrico debe operar con tensión monofásica de 120 V o 240 V CA para uso en zonas con red eléctrica convencional.
2 Restricción	Dimensiones físicas	Las dimensiones (alto, ancho, largo) deben permitir su uso en espacios reducidos.
3 Restricción	Costo estimado	El costo total debe mantenerse dentro de un rango asequible para pequeños agricultores.
4 Criterio	Diseño estructural	El diseño debe ser modular para facilitar el transporte, montaje y mantenimiento.
5 Restricción	Funcionalidad	El diseño debe permitir la clasificación de las papas en tres categorías establecidas por INIAP (Primera, Segunda y Tercera).

6	Criterio	Ergonomía operativa	La interacción con la máquina debe ser cómoda, permitiendo una secuencia lógica de trabajo: ingreso, clasificación y recolección sin interferencias.
7	Criterio	Selección de materiales	Se deben utilizar materiales disponibles localmente. Componentes especiales serán manufacturados con recursos institucionales.
8	Criterio	Capacidad operativa	La máquina debe mantener un funcionamiento continuo y confiable durante el proceso de clasificación, sin bloqueos ni interrupciones.
9	Criterio	Movilidad	El sistema debe ser transportable, permitiendo su uso en diferentes ubicaciones.
10	Criterio	Mantenimiento	El diseño debe permitir acceso rápido a componentes clave para facilitar labores de limpieza, inspección y mantenimiento preventivo o correctivo.

4.2 Alternativas de solución

En este apartado se presentan y analizan distintas opciones de diseño para la máquina clasificadora de papas, teniendo en cuenta los requerimientos técnicos y operativos. Cada alternativa busca satisfacer las necesidades del entorno agrícola, priorizando eficiencia, bajo costo y facilidad de uso.

4.2.1 Alternativa de solución Nro. 1

La **Fig. 4.1**, muestra el primer prototipo de la máquina clasificadora de papas, compuesto por una estructura principal (5) que integra los subsistemas. El operador alimenta el producto manualmente en la tolva inclinada (4), donde las papas se ubican en los canales de distribución (1) (obsérvese la vista superior) hacia el sistema de clasificación la cual está conformada de dos rodillos: un rodillo

con hélices de paso variable (2) y un rodillo liso (3), todo aquello está accionado por un sistema de transmisión (6).

A medida que avanza, los tubérculos se ordenan y caen según su tamaño en bandejas específicas: las de Primera en la bandeja (7), de Segunda en la bandeja (8) y de Tercera en la bandeja (9).

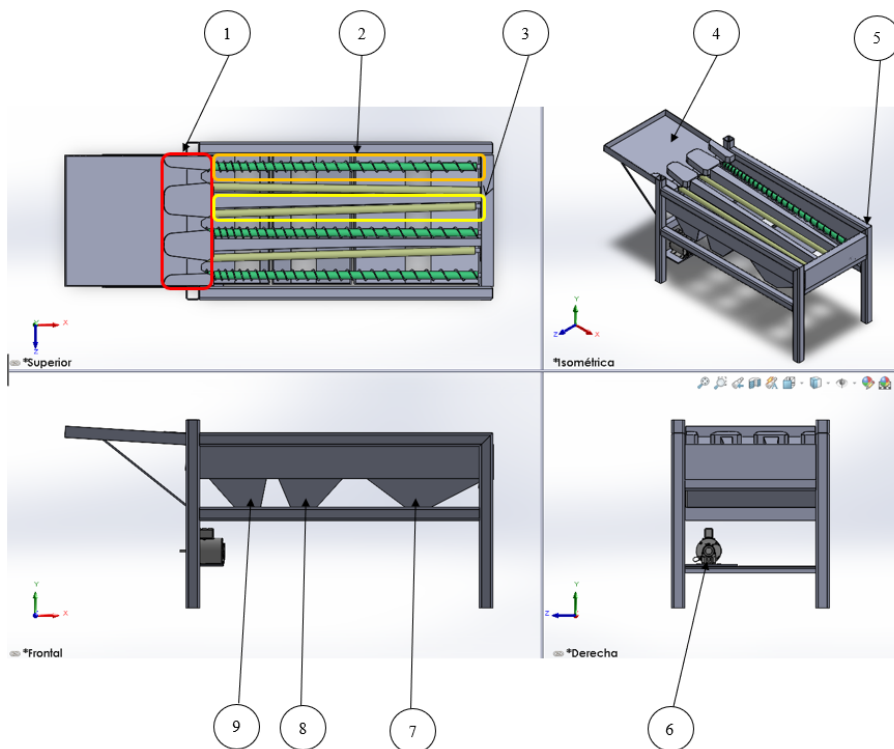


Fig. 4.1 Alternativa 1. Vista frontal, derecho, superior e isométrica.

En la **Tabla 4.2** se indica la lista de partes que conforma el dispositivo.

Tabla 4.2 Lista de componentes la alternativa 1.

N.º	Tipo	Descripción técnica
1	Canales de distribución	Canalizaciones previas al sistema de clasificación, guían ordenadamente las papas para optimizar la clasificación.
2	Rodillos con hélices	Elemento principal de transporte con hélices de paso variable que se adapta al tamaño de la papa.

3	Rodillos sin hélices	Rodillo secundario que guía las papas dentro de la abertura progresiva y facilita su desplazamiento.
4	Tolva	Espacio para almacenar momentáneamente las papas antes de ingresar a los canales de distribución.
5	Estructura principal	Soporte fabricado con perfiles metálicos, diseñado para soportar los componentes del sistema de forma modular y resistente.
6	Sistema de transmisión	Conjunto de elementos mecánicos que transmite el movimiento desde el motor hacia los rodillos de clasificación.
7,8,9	Bandejas de clasificación	Superficies de recolección recubiertas con material acolchado para evitar daños por impacto.

4.2.2 Alternativa de solución Nro. 2

En la **Fig. 4.2**, se muestra el segundo modelo propuesto de la máquina clasificadora de papas. Todos los elementos funcionales están soportados por la estructura principal (5). El proceso inicia con la alimentación manual del producto en la tolva (4), donde las papas se distribuyen uniformemente. El sistema de transmisión (9) acciona en paralelo al sistema de clasificación, los rodillos giran en un mismo sentido, permitiendo el avance continuo del producto. La clasificación se realiza al pasar entre las aberturas formadas entre los rodillos, lo que permite que las papas se depositen, según su tamaño, en las bandejas de recolección (6, 7, 8).

Este modelo incorpora un nuevo diseño de sistema de clasificación (mirar la vista superior), los cuales están conformados por cilindros de igual diámetro dispuestos en paralelo, con variaciones en la distancia entre ejes a lo largo de tres secciones (1, 2, 3). Estos rodillos giran de manera continua, impulsando las papas hacia adelante. La clasificación se produce cuando el diámetro axial de la papa es menor que la separación entre rodillos, permitiendo su caída. La sección (1) clasifica las papas de Tercera, la sección (2) clasifica las de Segunda, y la sección (3) las de Primera.

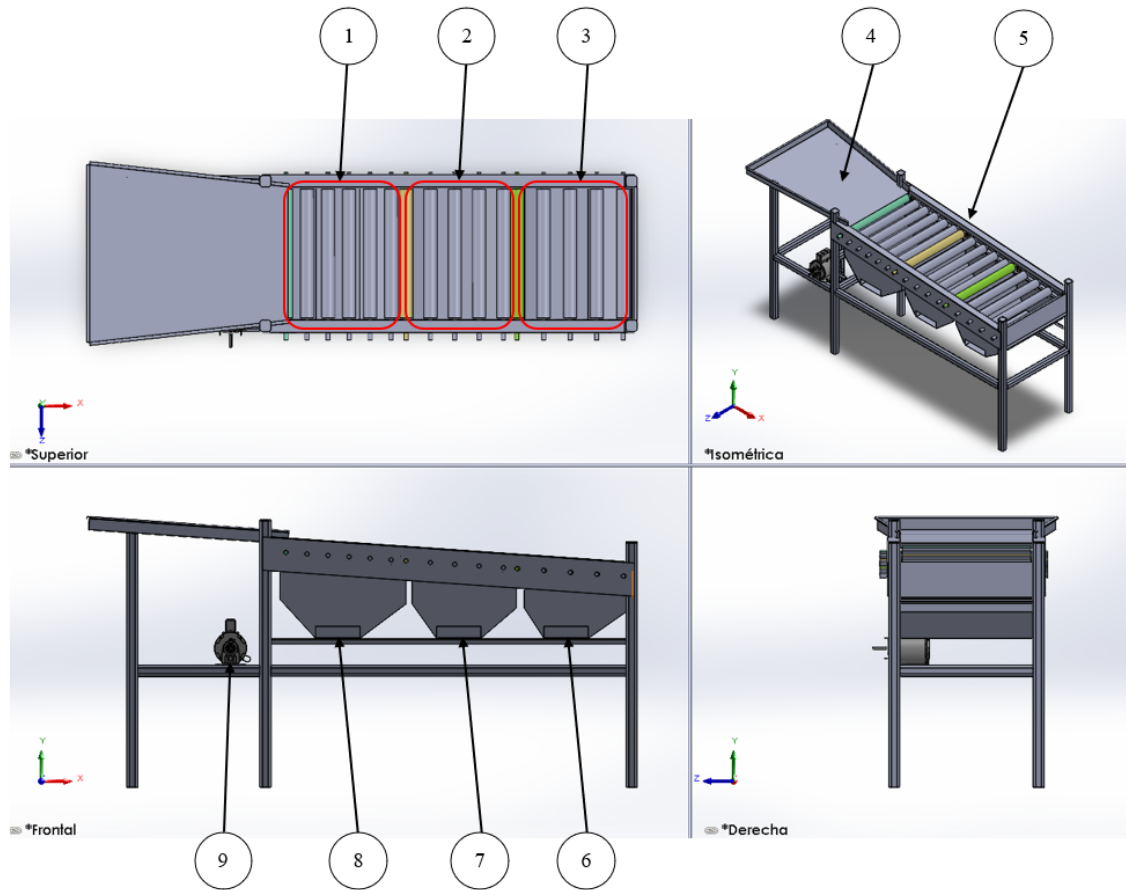


Fig. 4.2 Alternativa 2. Vista frontal, derecha, superior e isométrica.

En la **Tabla 4.3**, se detallan los elementos que conforman el sistema de clasificación correspondiente a la alternativa 2.

Tabla 4.3 Componentes del sistema de rodillos de clasificación. Alternativa 2.

N.º	Pieza	Descripción técnica
1	Sección 1	Conjunto de 6 rodillos distribuidos a lo largo de 52 cm. Clasifica papas de Tercera.
2	Sección 2	Conjunto de 5 rodillos distribuidos a lo largo de 48 cm. Clasifica papas de Segunda.
3	Sección 3	Compuesta por 5 rodillos distribuidos a lo largo de 45 cm. Clasifica papas de Segunda.

4.2.3 Alternativa de solución Nro. 3

En la **Fig. 4.3**, se presenta el tercer modelo propuesto para la máquina clasificadora de papas. Su funcionamiento es similar al de la alternativa 2, manteniendo componentes como la tolva (4), la estructura principal (9) y el sistema de transmisión (10). El sistema es accionado desde la caja de control (1). La diferencia radica en el sistema de rodillos que se encuentran divididas en secciones (2, 3) y en el diseño de las bandejas de recolección (6, 7, 8). Además, incluye tapas laterales (5).

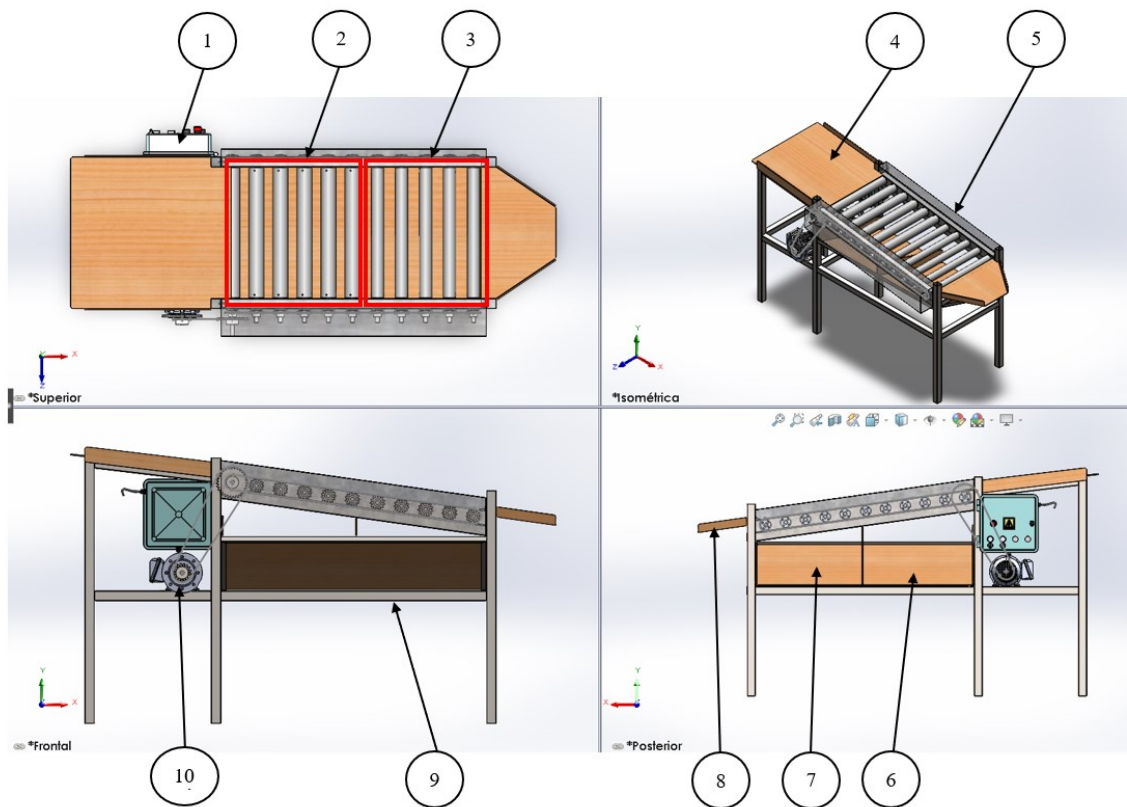


Fig. 4.3 Alternativa 3. Vista frontal, posterior, superior e isométrica.

El sistema de clasificación está conformado por rodillos de diferentes diámetros por sección, mientras que la distancia entre ejes se mantiene constante a lo largo de la estructura a excepción en el cambio de sección. Esta configuración permite generar aberturas calibradas por donde las papas

pueden caer hacia las bandejas correspondientes. La abertura generada en la sección (2) es determinada por el diámetro de los rodillos dispuestos en paralelo, y su valor es parametrizado en función del diámetro promedio de las papas de Tercera, requiriendo una mayor separación. El mismo criterio se aplica a la abertura de la sección (3), destinada a la papa de Segunda.

La bandeja de recolección (6, 7) está distribuida a lo largo de la estructura. Esta bandeja se ubica directamente bajo las secciones de clasificación, mientras que la bandeja (8) se posiciona al final del conjunto de rodillo, destinadas a recibir las papas de Primera (obsérvese la vista posterior).

Tabla 4.4 Lista de componentes de la alternativa 3.

N.º	Tipo	Descripción técnica
1	Gabinete	Donde se ubican todo el circuito eléctrico.
2	Sección 2	Conjunto de 6 rodillos de igual diámetro con separaciones constantes. Clasifica papas de Tercera.
3	Sección 3	Conjunto de 5 rodillos de igual diámetro con separaciones constantes. Clasifica papas de Segunda.
4	Tolva	Espacio para almacenar momentáneamente las papas antes de ingresar al sistema de clasificación.
5	Tapas laterales	Evitar el desbordamiento de las papas fuera del sistema.
6, 7, 8	Bandejas de clasificación	Superficies de recolección recubiertas con material acolchado para evitar daños por impacto.
9	Estructura principal	Soporte fabricado con perfiles metálicos, diseñado para soportar los componentes del sistema de forma modular y resistente.
10	Sistema de transmisión	Conjunto de elementos mecánicos que transmite el movimiento desde el motor hacia los rodillos de clasificación.

4.3 Selección de la mejor solución

A continuación, se evalúan las alternativas propuestas para determinar la opción más adecuada, considerando criterios técnicos, funcionales y de viabilidad para el diseño de la máquina clasificadora de papas.

4.3.1 Ponderación de criterios y de alternativas

Tabla 4.5 Denominación de los criterios.

	Denominación
C1	Alimentación eléctrica
C2	Dimensiones físicas
C3	Costo
C4	Diseño estructural
C5	Funcionalidad
C6	Ergonomía
C7	Materiales
C8	Capacidad operativa
C9	Movilidad
C10	Mantenimiento

A partir de los criterios planteados se elabora una matriz de ponderación para evaluar la importancia relativa de cada uno de los criterios utilizados en la selección de la mejor alternativa para la máquina clasificadora de papas. Este método permite identificar de manera técnica y justificada la importancia relativa de cada aspecto clave del sistema, en función de su impacto en el rendimiento, la adaptabilidad y la viabilidad del proyecto, ver **Tabla 4.7**, donde se concluye la ponderación global de los criterios.

Tabla 4.6 Ponderación de criterios

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	E+1	Ponderación
C1	-	0	0,5	0,5	0	0	0,5	1	1	1	4,5	8,33
C2	1	-	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	8	14,81
C3	0,5	0	-	0,5	0,5	1	1	1	1	1	7,5	13,89
C4	0,5	0,5	0,5	-	0,5	0,5	1	1	1	1	7,5	13,89
C5	1	0,5	0,5	0,5	-	1	1	1	1	1	8,5	15,74
C6	1	0,5	0	0,5	0	-	0,5	1	1	1	6,5	12,04
C7	0,5	0,5	0	0	0	0,5	-	1	1	1	5,5	10,19
C8	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	3	5,56
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0,5	1,5	2,78
C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	-	1,5	2,78
											54	100

Tabla 4.7 Valores de la ponderación global de criterios.

Criterio	Ponderación (%)
Funcionalidad	15,74
Dimensiones físicas	14,81
Costo	13,89
Diseño estructural	13,89
Ergonomía	12,04
Materiales	10,19
Alimentación eléctrica	8,33
Capacidad operativa	5,56
Movilidad	2,78
Mantenimiento	2,78

La **Tabla 4.7**, concluye que la funcionalidad (15,74%) resultó prioritaria, seguida por las dimensiones físicas (14,81%), el costo y el diseño estructural (13,89% cada uno), debido a su impacto en la eficiencia, adaptabilidad y facilidad de fabricación. También se valoraron la ergonomía (12,04%) y la selección de materiales (10,19%). La alimentación eléctrica, capacidad operativa, movilidad y mantenimiento tuvieron menor peso, al considerarse secundarios en un diseño modular y estacionario.

Este análisis permite establecer una base sólida para la comparación técnica de las alternativas planteadas. En el **Anexo A**, se puede observar como la ponderación de las alternativas se evalúan en función de cada criterio. Donde se puede observar que la **Alternativa 3** sobresale en cada criterio con relación a las demás alternativas, siendo esta una solución que se tendrá en cuenta para poder trabajar en el diseño final.

4.3.2 Ponderación final

Se evaluaron las tres alternativas de diseño en relación a los criterios inicialmente planteados. Donde a cada alternativa se le asignaron valores porcentuales que se evaluaron en el **Anexo A**, esta a su vez fue multiplicada con los valores porcentuales obtenidos (ver **Tabla 4.6**), los cuales fueron evaluadas de acuerdo con su importancia relativa. A mayor valor, mejor es el comportamiento de la alternativa frente a los requerimientos técnicos del proyecto.

Tabla 4.8 Ponderación final.

Conclusiones	C5	C2	C3	C4	C6	C7	C1	C8	C9	C10	E	Ponderación
Alternativa 1	2,623	3,703	2,315	3,473	4,013	1,698	2,777	0,927	0,927	0,927	23,382	3
Alternativa 2	6,558	4,937	5,788	4,630	4,013	4,246	2,777	1,853	0,927	0,927	36,655	2
Alternativa 3	6,558	6,171	5,788	5,788	4,013	4,246	2,777	2,780	0,927	0,927	39,973	1

El análisis comparativo mostró que la Alternativa 3 es la más viable, con un puntaje de 39,973 destacando en funcionalidad, dimensiones, costo y diseño estructural, lo que la hace eficiente y adaptable. La Alternativa 2, con 36,655 puntos, tuvo buen desempeño general, aunque con menor rendimiento en capacidad operativa y dimensiones. La Alternativa 1 obtuvo 23,382 puntos, siendo la menos favorable por sus limitaciones en funcionalidad, costo, materiales y capacidad operativa.

4.4 Especificaciones del sistema diseñado

El análisis multicriterio indicó que la Alternativa 3 es la más viable, destacando en funcionalidad, dimensiones, costo y diseño estructural. Su selección permite avanzar al desarrollo detallado del diseño, considerando componentes, funcionamiento y aspectos constructivos para cumplir con los requerimientos del sistema.

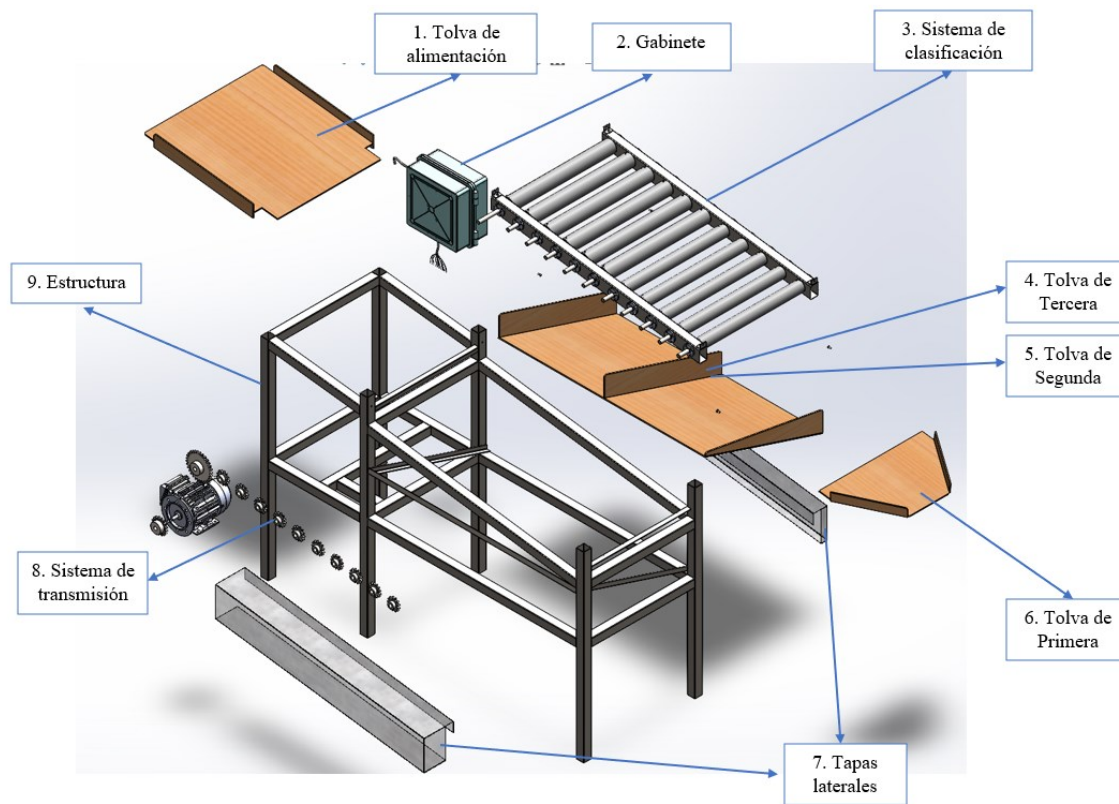


Fig. 4.4 Vista explosionada de la máquina clasificadora de papas.

En la **Fig. 4.4**, la máquina clasificadora de papas está compuesta por una estructura metálica transportable que integra una tolva de alimentación, sistema de clasificación, sistema de transmisión y tolvas recolectoras. Las papas ingresan por la tolva de alimentación, gracias a la inclinación estas descenden hasta los rodillos, la separación de los rodillos está definido por una distancia constante entre ejes a lo largo de las 2 secciones, lo que permite clasificar según tamaño:

las pequeñas (Tercera) caen en el primer grupo de rodillos, las medianas (Segunda) en el segundo grupo de rodillos, y las grandes (Primera) al final del recorrido. El sistema es accionado por un motor de bajo consumo la cual está controlado sus revoluciones, garantizando un movimiento uniforme y continuo. Su diseño es compacto, fácil de ensamblar y adecuado para producción agrícola eficiente.

Tabla 4.9 Componentes y sistemas principales de la máquina.

N°	Componente	Función principal
1	Tolva de alimentación	Recibe y direcciona las papas hacia la zona de clasificación.
2	Gabinete	Protección y alojamiento de elementos eléctricos o de control.
3	Sistema de clasificación	Transportan y clasifican las papas por tamaño.
4	Tolva de tercera	Recolecta papas pequeñas que caen en la primera sección.
5	Tolva de segunda	Recolecta papas medianas que caen en la segunda sección.
6	Tolva de primera	Recolecta papas grandes que no caen antes y llegan al final.
7	Tapas laterales	Evita que se desborden las papas del sistema de clasificación.
8	Sistema de transmisión	Transfiere el movimiento del motor a los rodillos.
9	Estructura	Soporta y mantiene en posición todos los componentes.

4.4.1 Estructura

La **Fig. 4.5**, se presenta la estructura principal de la máquina clasificadora de papas, construida con tubo estructural cuadrado NTE INEN 2415 y ángulos “L” NTE INEN 1623 (**Anexo C**, **Anexo E**). Está formada por columnas verticales y vigas longitudinales y transversales, ofreciendo estabilidad y soporte para el sistema de clasificación, las tolvas, el motor y la transmisión. Su diseño modular facilita el montaje y transporte, manteniendo dimensiones compactas. Además, permite una

correcta alineación de los componentes, garantizando eficiencia operativa y durabilidad en condiciones de trabajo agrícola.

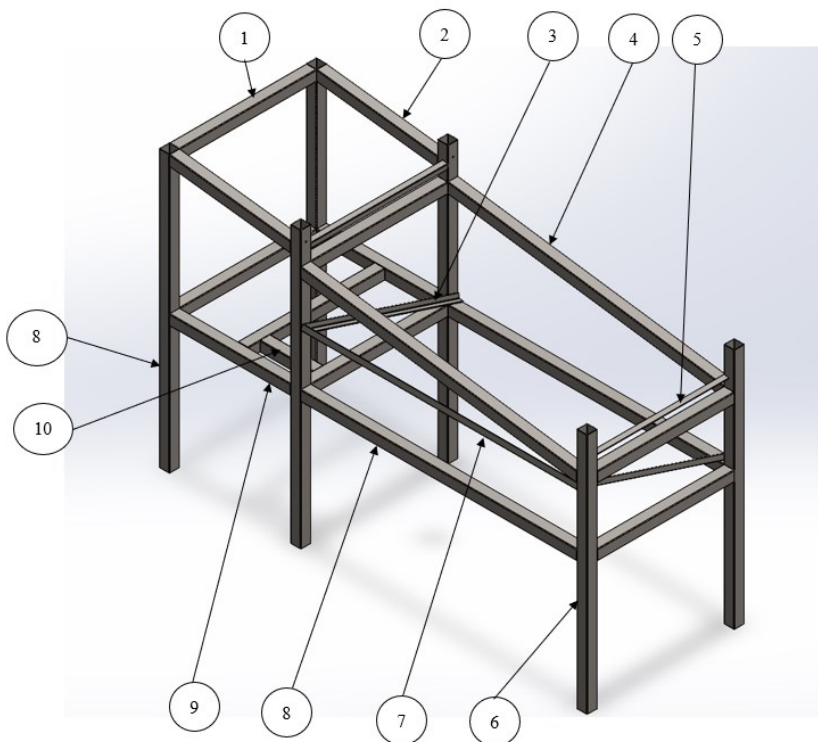


Fig. 4.5 Estructura, vista isométrica.

En la **Tabla 4.10**, se especifican las dimensiones y la cantidad de cada componente, y el tipo de perfil a utilizarse en la estructura.

Tabla 4.10 Elementos de la estructura.

N°	Cantidad	Denominación	Dimensión geométrica (mm)	Longitud (mm)
1	7	Tubo cuadrado	40x1,5	520
2	2	Tubo cuadrado	40x1,5	463,31
3	2	Ángulo L	20x3	625,42
4	2	Tubo cuadrado	40x1,5	1060,32
5	2	Ángulo L	20x3	520
6	2	Tubo Cuadrado	40x1,5	920
7	1	Ángulo L	20x3	1050
8	6	Tubo Cuadrado	40x1,5	1050
9	2	Tubo Cuadrado	40x1,5	460
10	2	Tubo cuadrado	40x1,5	200

4.4.2 Rodillos de clasificación

En la **Fig. 4.6**, se observa el sistema de rodillos de clasificación, compuesto por rodillos dispuestos en paralelos, con separación constante entre ejes y distinto diámetro de rodillo por sección. Este sistema ensamblado tiene una longitud de 1050 mm y un ancho de 600 mm. Las aberturas generadas entre los rodillos permiten la clasificación por tamaño.

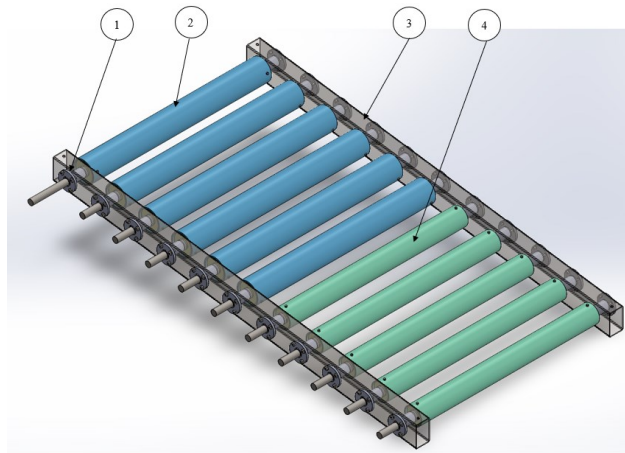


Fig. 4.6 Sistema de clasificación, enumeración de componentes.

En la **Tabla 4.11**, se identifica los componentes necesarios para ensamblar el sistema. Estos componentes son ensamblados en un tubo estructural rectangular NTE INEN 2415, especificaciones del material en el **Anexo D**.

Tabla 4.11 Componentes de los rodillos de clasificación.

N°	Cantidad	Componente	Dimensión geométrica (mm)	Longitud (mm)	Material
1	22	Buje con brida			Nylon
2	6	Rodillo de Tercera			
3	2	Tubo rectangular	40x60x2	1060,32	Acero al carbono
4	5	Rodillo de Segunda			
5	22	Anillo de retención	Dia. 15		
6	88	Tornillo	M5	10	Acero al carbono

4.4.2.1 Rodillos de Tercera y Segunda

En la **Fig. 4.7** y **Fig. 4.8** se muestra el diseño del rodillo utilizado en el sistema de clasificación, compuesto por un tubo cilíndrico hueco de PVC, material que ofrece alta resistencia al desgaste, bajo peso y es apto para contacto con alimentos (ver **Anexo K**). En cada extremo del tubo se acopla una tapa de nylon mecanizada que cuenta con diferentes propiedades mecánicas (ver **Anexo G**), que actúan como elemento de acoplamiento entre el tubo y el eje. La fijación se realiza mediante un tornillo de presión, garantizando una rotación uniforme y estable. Este diseño modular permite una fácil fabricación, montaje y reemplazo de componentes, asegurando durabilidad y bajo mantenimiento en entorno agrícolas. Además, en la **Tabla 4.12** y **Tabla 4.13**, se describe el nombre del componente, la cantidad, dimensiones y material que se utiliza para la implementación del rodillo.

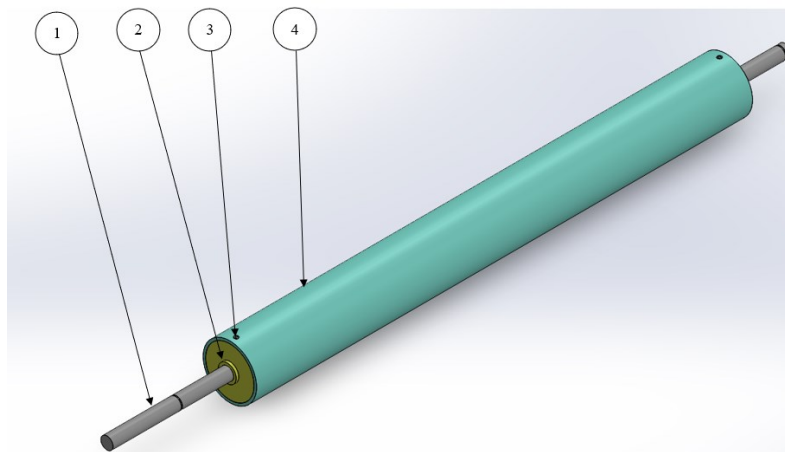


Fig. 4.7 Rodillo de Tercera.

Tabla 4.12 Componentes que conforman el rodillo de Tercera.

Nº	Cantidad	Componente (mm)	Longitud (mm)	Material
1	1	Eje de 15,875	720	AISI 1010
2	2	Tapa Rodillo	15	Nylon
3	2	Prisionero M5	25	
4	1	Tubo de 60x3	515	PVC o HDPE

Se debe tener en cuenta que el eje en el primer rodillo (720 mm) será ligeramente más largo que los demás rodillos (665 mm) de la sección 1. Ya que ésta necesita para acoplarse al piñón para la transmisión por cadena proveniente del piñón ubicada en el eje del motor, siendo este elemento primordial para dar rotación al rodillo teniendo buena resistencia mecánica (ver **Anexo F**).

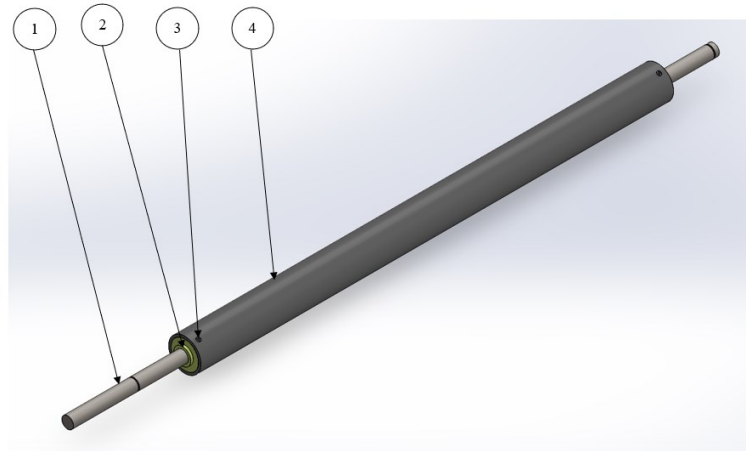


Fig. 4.8 Rodillo de Segunda.

Tabla 4.13 Componentes que conforman el rodillo de Segunda.

Nº	Cantidad	Componente (mm)	Longitud (mm)	Material
1	1	Eje de 15,875	665	AISI 1010
2	2	Tapa Rodillo	15	Nylon
3	2	Prisionero M5	20	
4	1	Tubo de 50x2	515	PVC o HDPE

4.4.3 Tolvas

En la **Fig. 4.9**, se muestra la tolva de alimentación, diseñada para facilitar el flujo descendente y continuo de las papas hacia el sistema de clasificación. Se considera la fabricación con materiales como lámina de MDF, considerando su fácil uso y bajo costo en comparación de las láminas galvanizadas. Las dimensiones se adaptan ergonómicamente a la altura de carga del sistema total. Su inclinación y superficie lisa minimiza la fricción y evitan el daño al producto durante el ingreso.

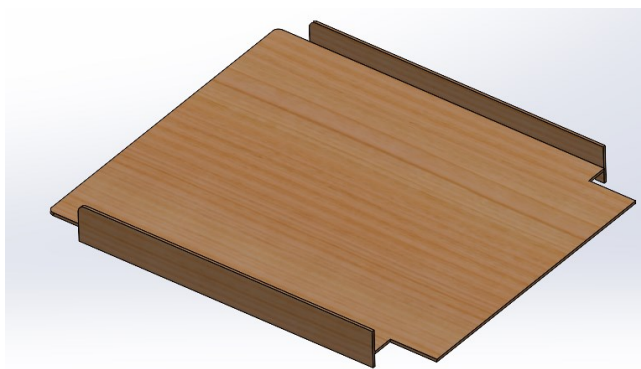


Fig. 4.9 Tolva de alimentación.

En la siguiente tabla se describe las dimensiones y el material a considerar para su adquisición. Considerar que el diseño cuenta con tapas laterales para encajonar.

Tabla 4.14 Características de la tolva de alimentación.

Cara	Dimensiones (mm)	Material
Ancho superior	600	Lámina de acero inoxidable AISI 304, lámina galvanizada o lámina de MDF.
Ancho inferior	520	
Profundidad	580	
Espesor	5	

En la **Fig. 4.10**, se observa las tolvas de recepción, dispuesto debajo de cada sección del sistema de clasificación, a excepción de la tolva de Primera. Diseñadas en forma de canal inclinado que permite la recolección ordenada del producto, adecuadas para contener el flujo de papas clasificadas sin desbordamientos. Para proteger la integridad del tubérculo al momento de la caída, se considera el forraje de la cara de impacto con una capa de material suave. Este recubrimiento garantiza un tratamiento delicado del producto, preservando su calidad en todo el proceso.

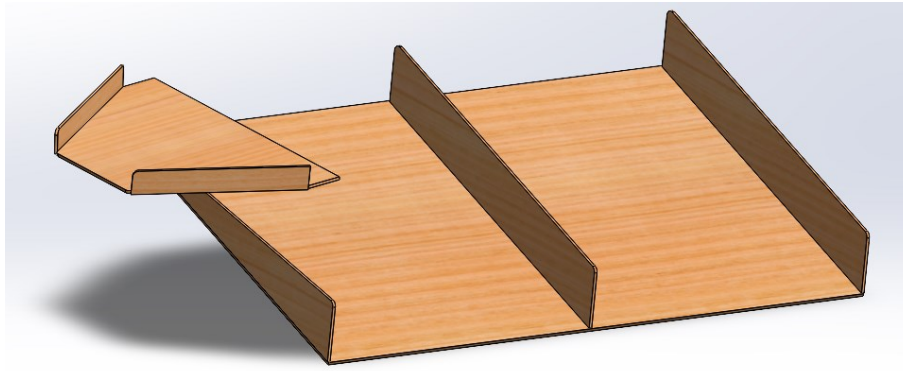


Fig. 4.10 Tolvas de recepción.

En la siguiente tabla, se detalla las dimensiones, el material para su construcción.

Tabla 4.15 Características de la tolva de recepción.

Componente	Dimensiones (mm)	Detalle	Material
Tolva de Tercera y Segunda	Una sola plancha 1050x625x5	Cuenta con separadores en el cambio de sección y tapas a sus extremos.	Lámina de acero inoxidable AISI 304, lámina galvanizada o MDF
Tolva de Primera	520x300	Inclinación gradualmente	
Material de forraje	calibre medio	De acuerdo a la cara de contacto	

4.4.4 Sistema de transmisión

En la **Fig. 4.11**, se representa el sistema de transmisión, encargado de proporcionar el movimiento rotativo necesario para el funcionamiento continuo de los rodillos. El sistema está conformado por un motor eléctrico trifásico de bajo consumo, el cual transfiere el torque a un eje principal mediante un sistema de cadena y piñones, para lograr un arranque suave y poder controlar las velocidades necesarias se opta por implementar un variador de frecuencia (VFD). El diseño modular de la transmisión facilita el montaje y desmontaje para tareas de inspección o reemplazo.

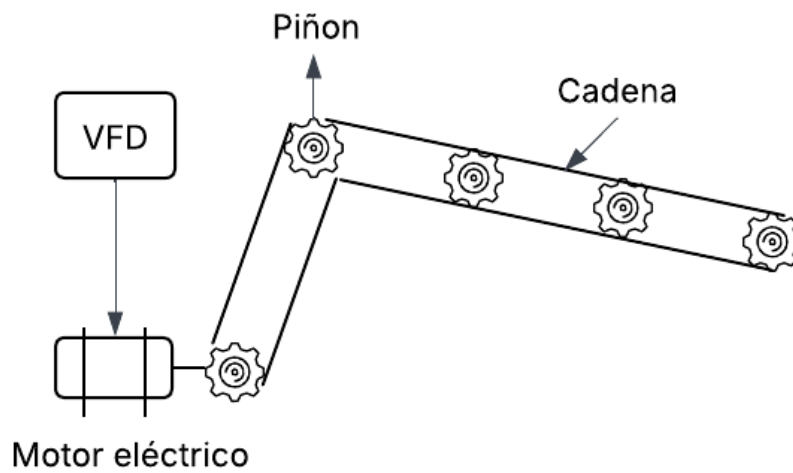


Fig. 4.11 Sistema de transmisión.

4.4.4.1 Motor

La selección del motor se valida en la sección 4.5.3.3, pero se debe considerar los siguientes aspectos; potencia adecuada a la carga y velocidad nominal que con una reducción permita el trabajo a bajas rpm en los rodillos. Debe contar con un buen par de arranque, alta eficiencia, protección contra polvo y humedad, compatibilidad con piñones y cadenas, de bajo mantenimiento e integrable sin afectar estabilidad ni presupuesto.



Fig. 4.12 Motor ANG trifásico [23].

La siguiente ecuación ayuda a determinar la velocidad que entrega el motor de inducción en el eje.

Ecuación 1 [24]

$$n_{sinc} = \frac{120f}{P} \quad (1)$$

Ecuación 2 [24]

$$s = \frac{n_{sinc} - n}{n_{sinc}} \quad (2)$$

$$n = n_{sinc}(1 - s)$$

Donde:

f = frecuencia del sistema (Hertz)

P = número de polos de la máquina

n = velocidad mecánica del eje (rpm)

n_{sinc} = velocidad síncrona (rpm)

s = deslizamiento

4.4.4.2 Transmisión por piñón - cadena

La transmisión por cadena transfiere eficientemente el movimiento del motor a los rodillos mediante cadena de acero reforzado, piñones y tensor. Destaca por su alto torque, resistencia y bajo deslizamiento, garantizando sincronización y confiabilidad. La cadena debe ser de paso estándar y anticorrosivo, con piñones alineados para evitar vibraciones y prolongar la vida útil.



Fig. 4.13 Cadena de rodillo de simple torón ANSI [25].



Fig. 4.14 Piñón ANSI [26].

4.4.4.3 Componente de tensión

El componente de tensión en el sistema de transmisión por cadena cumple la función de mantener la cadena firmemente ajustada durante el funcionamiento, evitando holguras, deslizamientos o salidas de línea que puedan afectar la eficiencia del sistema. Su diseño debe permitir ajustes precisos y seguros, facilitando el mantenimiento sin necesidad de desmontar el sistema. Este componente es esencial para garantizar una transmisión continua, estable y silenciosa en la máquina clasificadora de papas.

Se descartó la compra de tensores comerciales por costo y accesibilidad, optando por diseñar y fabricar un tensor propio, basado en modelos existentes y construido con materiales comunes y disponibles, cuyo detalle se presenta en los planos adjuntado en anexos.



Fig. 4.15 Tensor de cadena.

4.4.4.4 Relación de transmisión

La relación de transmisión por cadena determina la proporción entre la velocidad del motor y la de los rodillos, ajustada mediante el tamaño de los piñones. Para reducir los rpm se utiliza una doble etapa, donde la primera es la del VDF y la segunda es el juego de piñones en el eje conductor (eje motriz) y el eje conducido. Un cálculo adecuado asegura un movimiento continuo, suave y sincronizado, evitando esfuerzos excesivos.

Ecuación 3 [27]

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

4.4.5 Componentes eléctricos y de control

El sistema eléctrico y de control de la máquina clasificadora de papas está diseñado para proporcionar una operación segura, eficiente y confiable del motor. El sistema está pensado para funcionar con una red monofásica de 220 V, y contempla protecciones térmicas, controles manuales y automatización básica. El objetivo es asegurar el correcto arranque, paro, protección y monitoreo del equipo, sin requerir conocimientos avanzados por parte del operario.



Fig. 4.16 Gabinete que integra componentes eléctricos.

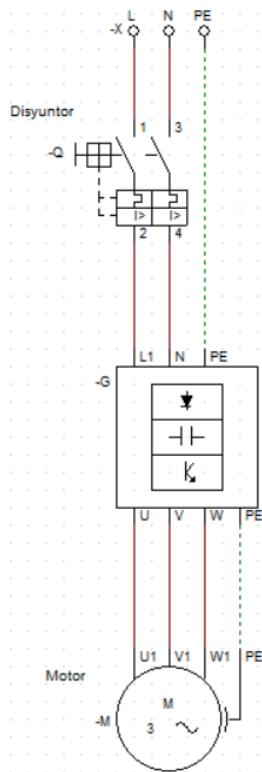
Tabla 4.16 Componentes eléctricos.

Componente	Función principal	Características técnicas
Disyuntor termomagnético	Protege contra sobre corrientes y cortocircuitos	2 polo, 16 A, curva C, tensión 220 V
VFD	Control de velocidad del motor	1 Hp, 0,75 KW
Pulsadores	Permite la operación manual segura	START (verde), STOP (rojo), botón de emergencia tipo hongo
Cable	Conductor eléctrico	AWG #18: circuito de control AWG #14: Circuito de potencia
Gabinete eléctrico	Alojamiento y protección de los componentes	Metálico, IP54, con ventilación, dimensiones aproximadas 20x25x20 cm

4.4.5.1 Lógica cableada (control básico)

La lógica cableada se emplea para el control básico del motor eléctrico mediante un circuito de mando y fuerza. El sistema permite arrancar y detener el motor a través de un variador de frecuencia. A la vez que ésta controla las velocidades a utilizarse.

Circuito de potencia



Circuito de control

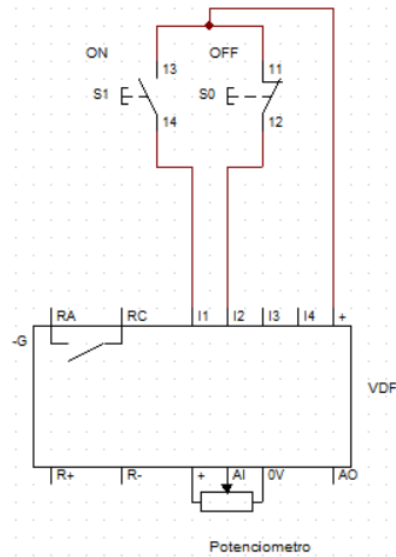


Fig. 4.17 Circuito eléctrico del sistema.

Al utilizar un VFD se puede utilizar la configuración en 3 hilos, un método utilizado en automatización industrial porque permite integrar los pulsadores en circuitos de mando estándar, asegura que el arranque solo se produzca al accionar el pulsador de ON.

Tabla 4.17 Beneficios de la configuración de 3 hilos [28].

Beneficios	
1	Aumenta la seguridad al impedir arranques automáticos tras cortes eléctricos.
2	Cumple con normas industriales de control de motores.
3	Facilita el mantenimiento y operación segura mediante pulsadores de arranque/parada.
4	Ofrece confiabilidad en sistemas donde la seguridad de las personas y equipos es prioritaria.

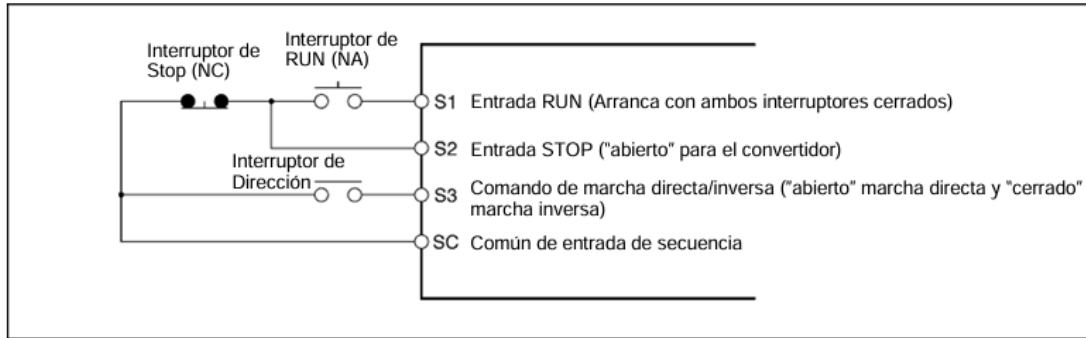


Fig. 4.18 Diagrama de cableado de los terminales en secuencia de 3 hilos [28].

4.4.5.2 Variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia (VFD) son componentes fundamentales para regular la velocidad y el torque de los motores de corriente alterna [29]. Existen dos métodos de control: control escalar y control vectorial.

En este trabajo se emplea el método de control escalar V/f en el VFD, que ajusta la velocidad del motor variando la frecuencia y el voltaje de forma proporcional. Es un sistema común en aplicaciones con cargas variables que no demandan alto rendimiento, logrando una regulación de velocidad cercana al 2 – 3 % de la nominal [29].



Fig. 4.19 Variador de frecuencia HNC HV10 [30].

En la siguiente tabla se detallan las principales características técnicas del equipo utilizado.

Tabla 4.18 Especificaciones técnicas del variador HV10XR75G12 [31].

Característica	Valor
Marca	Hivertek
Modelo	HV10XR75G12
Potencia nominal	0,75 KW (1HP)
Tensión de entrada	220 V AC monofásica
Tensión de salida	220 V AC trifásica
Corriente nominal	4,2 A
Rango de frecuencia	0,1 – 400 Hz
Método de control	Escalar V/f, control vectorial
Entradas digitales	Programables para RUN, STOP, etc.
Entradas analógicas	0 – 10 V para potenciómetro externo.

Los parámetros de programación modificados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.19 Parámetros modificados para un arranque seguro.

Parámetro	Valor	Descripción
00.02	1	Fuente de comando desde terminales (pulsadores externos).
00.03	3	Fuente de frecuencia: entrada analógica (potenciómetro externo).
02.18	3	Modo de control en tres hilos (Start NO + Stop NC).
02.13	3	Asignación de DI1: arranque.
02.14	7	Asignación de DI2: parada.
02.19	0	Arranque seguro (ignora señales al energizar).
02.29	0	Lógica de entradas digitales activa a nivel bajo (COM).
02.30–02.31	5	Filtro de rebote en DI1 y DI2 (5 ms).

Los demás parámetros que sean necesarios configurar se los encuentra en el manual de usuario del variador.

El variador de frecuencia **HV10XR75G12** es esencial para el clasificador de papas, pues regula la velocidad del motor con precisión, asegurando un rango estable de 20 a 60 rpm en los rodillos. Su uso optimiza el consumo energético, evita sobrecargas y prolonga la vida útil del sistema.

4.5 Cálculos y análisis

En esta sección se presenta los cálculos y análisis necesarios para dimensionar y verificar los componentes del sistema. La cual nos asegura que el diseño cumpla con los requisitos de funcionamiento y seguridad del proyecto.

4.5.1 Análisis estático de la estructura

La validación estructural se realizó mediante simulaciones por elementos finitos (FEA) utilizando software especializado. Para ello, se definieron adecuadamente las condiciones de frontera, restringiendo los grados de libertad en puntos clave de la estructura, con el fin de analizar su comportamiento frente a cargas estáticas aplicadas en zonas críticas. Esto permite evaluar la distribución de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad del diseño propuesto.

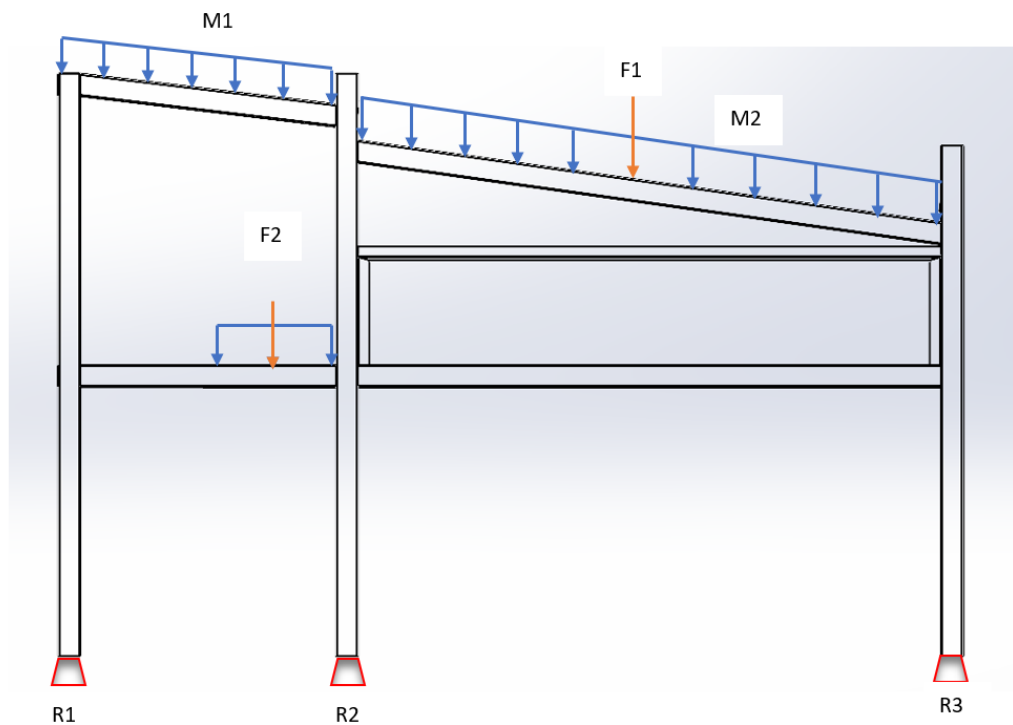


Fig. 4.20 Cargas puntuales, distribuidas y restricciones de la estructura.

Los parámetros que se deben aplicar en la simulación se definen a continuación.

Tabla 4.20 Parámetros a considerar en la simulación.

Parámetro	Descripción	Tipo de carga	Valor estimado
M1	Peso de la papa que ingresa de forma descendente.	Carga distribuida	15 kg
M2	Peso del sistema de clasificación y la carga de papas en movimiento.	Carga distribuida	50 kg
F1	Fuerza de gravedad aplicada	Centro	
F2	Fuerza puntual generada por el motor y la fuerza de inercia de la cadena.	Carga puntual	210 N
R1, R2, R3	Apoyos que restringen el movimiento	Condiciones de frontera	Fijaciones o restricciones.

Para el análisis se aplicó un tubo estructural cuadrado de calidad: SAE J 403 1008 (ver **Anexo C; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) a la estructura principal, donde se verifica el factor de seguridad que proporcionaría al ser sometido a las cargas antes mencionadas.

La siguiente tabla toma datos de la simulación hecha para diferentes tipos de mallados. En cada análisis se hizo un control de mallado en toda la estructura utilizando la malla de viga.

Tabla 4.21 Análisis de convergencia de la estructura (tubo cuadrado).

Densidad de malla	Máx. desplazamiento (mm)	Máx. esfuerzo de von Mises (Pa) ($\times 10^7$)	Números de elementos	Número de nodos	Factor de seguridad
Análisis grueso	0,141	1,075	162	174	18,092
	0,146	1,080	184	196	17,939
	0,144	1,086	217	229	17,848
	0,146	1,089	245	257	17,79
	0,146	1,092	271	283	17,75
Análisis medio	0,146	1,094	299	311	17,721
	0,146	1,095	326	338	17,7
	0,146	1,096	355	367	17,684
	0,147	1,097	379	391	17,672

	0,146	1,097	411	423	17,662
	0,147	1,098	435	447	17,654
	0,146	1,098	465	477	17,648
Análisis fino	0,147	1,098	491	503	17,642
	0,146	1,099	515	527	17,638
	0,147	1,099	544	566	17,634
	0,146	1,099	574	586	17,631

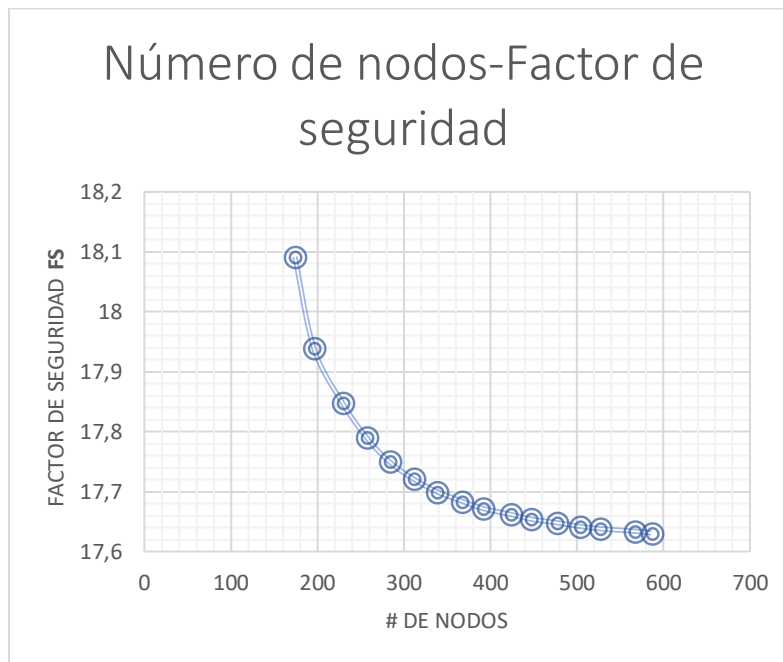


Fig. 4.21 Relación de número de nodos y factor de seguridad.

Se observa que, al aumentar los nodos en el mallado, el FS disminuye gradualmente estabilizándose cerca de 17,6 a partir de unos 500 nodos. Esto indica que el modelo converge, al refinar la malla, los resultados se vuelven más consistente y fiables, sin variaciones significativas.

De igual manera, el esfuerzo máximo se mantiene cercano a 10 MPa, lo que está muy por debajo de la capacidad del material, justificando así el factor de seguridad.

Las cargas aplicadas resultan moderadas en relación con la capacidad resistente del material empleado en la simulación.

4.5.2 Análisis de rodillos

Estudios realizados por diferentes investigadores concluyen que la velocidad de clasificación oscila entre 10 a 20 rpm, un ángulo de inclinación de 10 a 20 ° y una velocidad de avance de 6 a 39 Kg-min [6]. Los valores que sugieren son probados en una clasificadora tipo tambor. Estos valores se consideran como base para tener en cuenta en la configuración general del sistema.

El sistema de clasificación por tamaño se basa en un conjunto de rodillos giratorios paralelos, cuya separación y diámetro están cuidadosamente seleccionados para permitir el paso de papas de diferentes dimensiones.

4.5.2.1 Configuración de rodillos

Para establecer las separaciones entre rodillos, se debe tener en cuenta el diámetro del tubo a utilizar y el diámetro mayor del tubérculo, la cual ayuda a establecer la separación máxima entre sus ejes. Por lo que se basó de forma estadística la distancia que los separaría. Tomando como referencia el diámetro mayor del tubérculo (ver **Tabla 2.2**) tanto para el grupo de la Primera, Segunda y Tercera. Se tomo medidas de la papa a las tres categorías de acuerdo a la morfometría como lo sugiere en la **Fig. 2.3**.

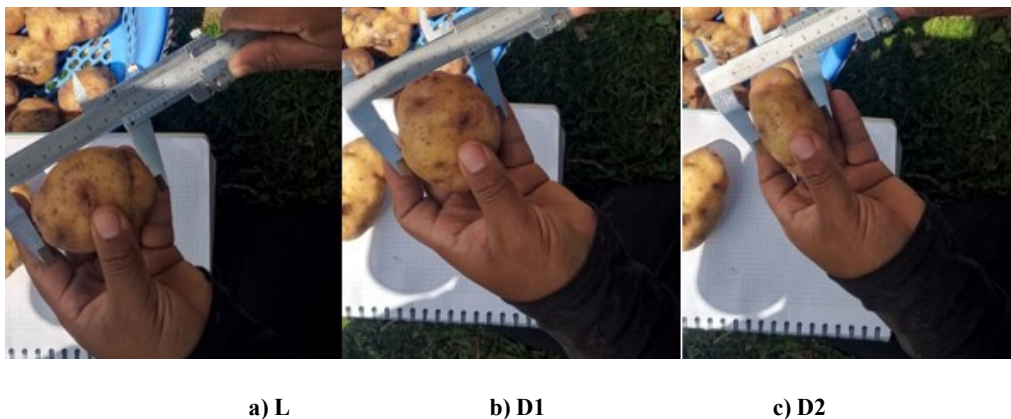


Fig. 4.22 Toma de medidas de la papa. **L**: medida longitudinal, **D1**: diámetro mayor, **D2**: diámetro menor.

Al trabajar como objeto de prueba a la papa denominada violeta, la cual se caracteriza por ser alargada y delgada, donde su morfometría es diferente en comparación de otras papas que son ovaladas completamente. Se considera utilizar el promedio de la medida del diámetro menor (D2) y mayor (D1). Esta medida nos ayuda a establecer la distancia necesaria para que la papa descienda sin problema.

A partir de la tabla adjuntada en el **Anexo B** se analizó las medidas, verificando las medidas que más se repiten para establecer un rango de medidas y poder realizar un promedio en donde se concluye lo siguiente.

Tabla 4.22 Verificación de las medidas.

	Medida	Promedio (mm)	Medida más repetitiva	Promedio
Segunda	D1	50,63	47	45,5
	D2	39,32	44	
Tercera	D1	40,71	37	35,5
	D2	32,32	34	

Se tomar el valor del inmediato superior para que no haya ningún problema al descender entre las aberturas de los rodillos. Por lo que, la medida a considerar para la papa de **Segunda** es de **46 mm** y para la papa de **Tercera** es de **36 mm**.

La siguiente figura muestra cómo se diseñará el espacio que se le designará y las medidas que se deben considerar a la hora de mecanizar.

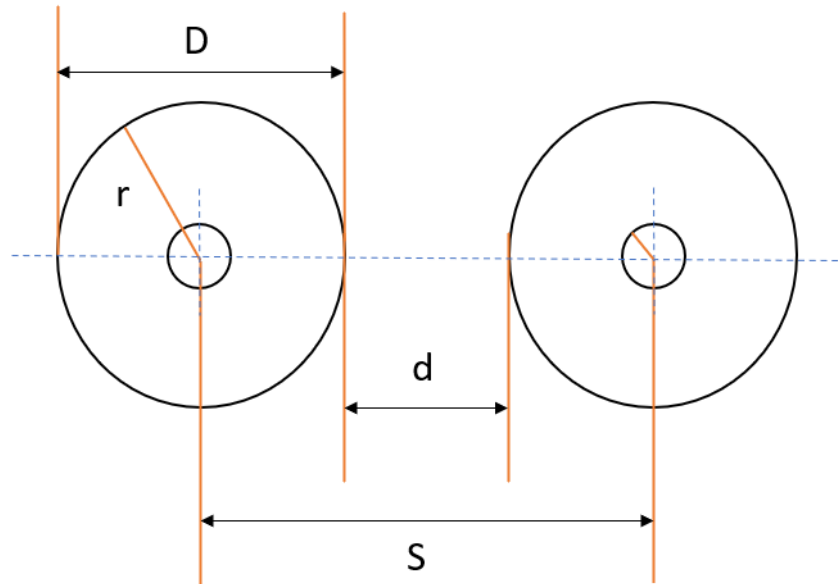


Fig. 4.23 Configuración de los rodillos

Se utilizan dos grupos de tubos de diferente diámetro.

$$D1 = 50 \text{ mm}$$

$$D2 = 60 \text{ mm}$$

La separación entre ejes define la fracción de papas que podrán pasar entre ellos. Por ello se considera los tubos de mayor diámetro, para no generar distancias cortas entre ejes.

Se requiere que:

Tabla 4.23 Condiciones para la abertura entre rodillos.

Sección	Descripción	Rango (mm)
1	Entre los rodillos de D_2 pasan las papas pequeñas	<36
2	Entre los rodillos de D_1 pasan las papas medianas	>36 y <46
*3	Las papas grandes se desplazan hasta el final sin caer en las secciones anteriores	>46

4.5.2.2 Cálculo de separación efectiva entre ejes

Ecuación 4

$$s = d + 2r \quad (4)$$

Donde:

s= separación efectiva entre ejes

d= distancia mínima entre superficies de rodillos (promedio de las papas)

r= radio de rodillo

Primera sección

Ecuación 5

$$r1 = \frac{D2}{2} \quad (5)$$

$$r1 = 30 \text{ mm}$$

$$d1 = 36 \text{ mm}$$

$$s1 = d1 + 2(r1)$$

$$s = 96 \text{ mm}$$

Segunda sección

$$r2 = \frac{D1}{2}$$

$$r2 = 25 \text{ mm}$$

$$d2 = 46 \text{ mm}$$

$$s2 = d2 + 2(r2)$$

$$s = 96 \text{ mm}$$

Con estas medidas se logra cumplir con los requerimientos establecidos. Tener a lo largo de las secciones una medida constante para las separaciones de sus ejes.

4.5.3 Selección de motor

La selección del motor es fundamental para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema de clasificación de papas. Dada la necesidad de mantener una velocidad baja en el eje conductor y considerando que se optó por una transmisión mediante cadena y piñones tipo ANSI, se analiza la potencia requerida, las condiciones de carga y la reducción necesaria.

Al ya contar con un motor que opera a 1800 rpm y como se desea reducir esa velocidad a un rango de 20 a 60 rpm tenemos la siguiente relación. Se toma como referencia de salida en el eje conducido los 50 rpm para los cálculos.

$$i_{total} = \frac{n_{nom}}{n_{ref}}$$

$$i_{total} = \frac{1800}{50}$$

$$i_{total} = 36$$

Se realiza mediante una combinación de juego de cadena – piñón y un variador de frecuencia.

4.5.3.1 Primera etapa de reducción

La primera etapa donde se utiliza un VFD se pretende reducir los rpm a través de la reducción de la frecuencia.

En la siguiente tabla muestra la equivalencia de la salida de rpm equivalente a la frecuencia ingresada. De la ecuación (1) y (2) se obtuvo los siguientes valores.

Tabla 4.24 Equivalencia de rpm y la frecuencia

Hertz	n sinc (rpm)	n (rpm)
1	30	29,1
2	60	58,2
3	90	87,3
4	120	116,4
5	150	145,5
6	180	174,6
7	210	203,7
8	240	232,8
9	270	261,9
10	300	291
15	450	436,5
20	600	582
25	750	727,5
30	900	873
35	1050	1018,5
40	1200	1164
45	1350	1309,5
50	1500	1455
55	1650	1600,5
60	1800	1746

Se trabaja con el rango de 3 a 5 Hertz equivalente de 90 a 150 rpm, para evitar bajas revoluciones en el motor y no pierda fuerza, como a su vez evitar sobrecalentamiento del motor por el tiempo de uso. Tomando un valor de referencia de 150 rpm, obtenemos la relación de transmisión final.

$$i_1 = \frac{1800}{150}$$

$$i_1 = 12$$

4.5.3.2 Segunda etapa de reducción

Considerando los rpm reducidos podemos calcular la relación de transmisión restante.

Ecuación 6 [27]

$$i_{total} = i_1 * 1_2 \quad (6)$$

$$i_2 = \frac{36}{12}$$

$$i_2 = 3$$

Esta relación es aceptable para poder realizar una configuración de piñones 3:1.

4.5.3.3 Validación

Se cuenta con un motor trifásico de 1 hp (0,75 KW), 1800 rpm (ver **Anexo H**). A partir de ello se hace una validación de parámetros que nos asegura que el motor que se tiene funcionará correctamente.

Se debe determinar el par necesario, por lo que se parte del análisis de carga distribuida y puntual aplicado a la estructura, donde se aplicó los siguientes valores detallados en la **Tabla 4.20**.

W1 = Carga distribuida de papas en la tolva de alimentación

$$W2 = 15 \text{ Kg} \rightarrow 147,15\text{N}$$

W2 = Carga distribuida del sistema de clasificación, adicionalmente, las papas esparcidas en el sistema

$$W2 = 50 \text{ Kg} \rightarrow 490,5\text{N}$$

F2 = Carga del motor y tensión en la cadena

$$F2 = 210 \text{ N}$$

Se estima que la fuerza total que el eje debe vencer es de aproximadamente:

$$F_{total} = W1 + W2 + F2$$

$$F_{total} = 847,65 N$$

Las normas ANSI, recomienda utilizar un piñón tan pequeño posible, para la cual se establece un reducido número de dientes. Se usa un piñón de 13 dientes ANSI 40 (ver **Anexo J**), el diámetro de paso aproximado (d_p) es de unos 53,06 mm, y su radio efectivo sería:

Ecuación 7 [27]

$$r = \frac{d_p}{2} \quad (7)$$

$$r = 26,53 \text{ mm}$$

Por tanto, ese radio efectivo de 26,53 mm (0,02653 m) corresponde al punto de contacto entre la cadena y el piñón, es decir, donde la fuerza tangencial actúa para transmitir el movimiento.

Ecuación 8 [27]

$$T = F_{total} * r \quad (8)$$

$$T = 22,48 \text{ Nm}$$

Con un par requerido de 22,48 Nm en el eje final, y considerando la relación de transmisión total, el par que debe entregar el motor es:

Ecuación 9 [27]

$$T_m = \frac{T}{i_{total}} \quad (9)$$

$$T_m = 0,624 \text{ Nm}$$

La potencia requerida es:

Ecuación 10 [27]

$$P = \frac{T_m * 2\pi * n}{60} \quad (10)$$

$$P = 117,62 \text{ W} = 0,11762 \text{ KW}$$

Por lo tanto, un motor de 1 hp (746 W) es más que suficiente, proporcionando un margen adecuado de seguridad frente a sobrecargas y pérdidas mecánicas. El Motor ANG, trifásico de 1HP, 1800 rpm, cumple con todos estos requerimientos.

4.5.4 Elementos flexibles de transmisión de potencia

Su aplicación en muchos casos simplifica el diseño de la transmisión o de la máquina reduciendo significativamente su costo.

Los elementos flexibles para la transmisión de potencia se clasifican en tres grupos principales.

- Banda
- Cadenas
- Cables

Se calcula dos ciclos para la cadena: el primer ciclo proviene del eje motriz al eje conducido, el segundo ciclo es del movimiento de todos los rodillos acoplados en paralelo.

4.5.4.1 Validación de piñones

Se trabajará con cadenas de rodillos para los siguientes datos.

Primer ciclo

Equipo motriz: Motor eléctrico, 0.75 kW (1 HP), 1800 rpm, diámetro de la flecha = 19 mm.

Equipo impulsado: Sistema de clasificación de papa, por condiciones de trabajo del variador de frecuencia se trabaja en el eje conductor a 150 rpm, explicación en la sección **4.5.3.1**.

Según estándares ANSI, se recomienda que el piñón motriz tenga un número reducido de dientes para una vida útil prolongada y buen engrane.

Piñón motriz

$$Z_1 = 13 \text{ dientes}$$

Piñón conducido

$$Z_2 = i_2 * Z_1$$

$$Z_2 = 39 \text{ dientes}$$

Por lo que, para el piñón conducido se necesita uno de 39 dientes aproximados. Pero al tener restricción en el espacio de unos 130 mm donde se van a ubicar se verifica en el catálogo de piñones ANSI (ver **Anexo J**) y se opta por un piñón de 30 dientes que tiene 127,5 mm de diámetro exterior.

Teniendo como resultado una relación de transmisión de 2,3 la cual está dentro del requerimiento.

Segundo ciclo

Este ciclo de movimiento es para la sincronización de todos los rodillos dispuesto en paralelo, al tener ya reducidas los rpm en el eje conducido realizamos una transmisión de movimiento 1:1. Se debe tener en cuenta la restricción de espacio de aproximadamente de 50 mm, teniendo en cuenta aquello se verifica en la tabla de piñones ANSI y se escoge un piñón de 10 dientes con un diámetro de paso de 14,10 mm.

4.5.4.2 Validación de cadena

Para seleccionar la cadena adecuada, se usa la fórmula empírica para potencia transmitida por cadena tipo ANSI:

Ecuación 11

$$Hp = \frac{T * n}{63025} \quad (11)$$

Donde:

$$T = 22,48 \text{ Nm (198,9 lb/in)}$$

$$n = 150 \text{ rpm}$$

$$Hp = 0,47 \text{ hp}$$

La potencia requerida es pequeña en el piñón, por lo tanto, una cadena ANSI 40 (ver Anexo I), con capacidad nominal superior a 0,5 hp a 150 rpm, es más que suficiente. El paso estándar de la cadena ANSI 40 es:

Tabla 4.25 Especificaciones de la cadena ANSI 40 [27].

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)
40	0,5 (12,7)	0,312 (7,94)	3130 (13920)	0,42 (6,13)	0,566 (14,38)

Para calcular la longitud aproximada de la cadena, se utiliza la fórmula:

$$\text{Ecuación 12 [27]} \quad \frac{L_p}{p} = \frac{N_1 + N_2}{2} + 2\frac{C}{P} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 \frac{C}{P}} \quad (12)$$

Longitud de la cadena del primer ciclo

Donde:

C = distancia entre centros: 373 mm

P = 12,7 mm

N₁ = dientes piñón motriz: 13

Z₂ = dientes piñón conducido: 30

L_p = número de eslabones de cadena

$$L_p = 80,49 \approx 80 \text{ eslabones}$$

Se redondea a 80 eslabones, considerando el ajuste de tensión mediante desplazamiento de eje.

Longitud de la cadena del segundo ciclo

Para calcular la longitud aproximada de la cadena, se utiliza la fórmula:

Donde:

C = distancia entre centros: 864 mm

P = 12,7 mm

N₁ = dientes piñón motriz: 10

Z₂ = dientes piñón conducido: 10

$$L_p = 146,06 \approx 146 \text{ eslabones}$$

Se redondea a 146 eslabones, considerando el ajuste de tensión mediante desplazamiento de eje.

Este tipo de configuración permite una salida sincronizada, ideal para el avance controlado de las papas sobre los rodillos clasificadores. Al mantener esta proporción fija entre piñones - cadena, se asegura que todos los elementos del sistema giren en sincronía, sin desfases mecánicos.

4.6 Construcción

Para la construcción, primero se adquirió todos los materiales empezando por los perfiles estructurales la cual es la parte principal de la maquinaria.

Se arma la estructura con tubo estructural cuadrado NTE INEN 2415, todas las características se encuentran en el **Anexo C**.



Fig. 4.24 Armado de estructura principal.



Fig. 4.25 Estructura principal.

Se arma el sistema de clasificación, la cual integra tubos estructurales rectangulares, rodillos de tercera y segunda, bujes y demás elementos de sujeción.



Fig. 4.26 Perfil perforado para el ingreso de los bujes.

Se manufactura los bujes y el eje a través del torno CNC y el torno convencional.



Fig. 4.27 Manufacturado de los bujes y ejes.

Se utilizan tubos cilíndricos de hueco de PVC para los rodillos antes mencionados en la sección 4.5.2.1. En adición se realiza manufactura adictiva a través de impresión 3D para las tapas de los rodillos.



Fig. 4.28 Rodillo de PVC incluida la tapa.

Ya teniendo todos estos componentes en adición con los tornillos adquiridos se comienza a ensamblar.



Fig. 4.29 Ensamblado de los rodillos en la estructura principal.

Se colocan las tolvas tanto de alimentación como de recepción.



Fig. 4.30 Tolva de recepción y alimentación.

Se instala el sistema de transmisión la parte mecánica, a su vez se trabaja en la parte eléctrica la cual dará accionamiento al sistema.



Fig. 4.31 Sistema de transmisión principal.



Fig. 4.32 Sistema de transmisión de los rodillos.



Fig. 4.33 Tensor.

Se realiza una instalación previa de la lógica cableada para realizar las pruebas respectivas. El circuito de potencia se encuentra conectado desde el variador hacia el motor en configuración delta.

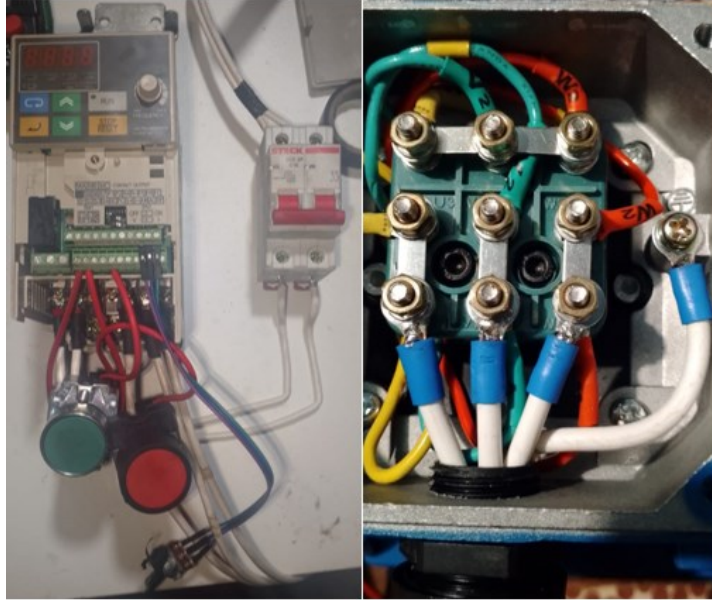


Fig. 4.34 Circuito eléctrico de control y potencia.

La siguiente imagen muestra el ensamble final con todos los componentes.



Fig. 4.35 Máquina clasificadora de papas

4.7 Pruebas y resultados

Con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento de la máquina clasificadora de papas, se realizaron pruebas experimentales considerando aspectos de funcionalidad, capacidad en tolva de alimentación, dimensiones, capacidad de clasificación, materiales y ergonomía operativa. Para ello, se emplearon lotes de 11 kg o 25 lb de papas (aproximadamente 100 a 120 muestras de papas) con mezcla de tamaños (Primera, Segunda y Tercera). La clasificación manual se realizó de manera previa como referencia, agrupando los tubérculos en recipiente según tamaño y forma.

Tabla 4.26 Cuantificación de la clasificación manual

Muestra	Primera	Segunda	Tercera	Tiempo
11 kg o 25 lb aproximados	3 lb	12 lb	10 lb	5 a 8 min

En la **Tabla 4.26** muestra la cantidad recolectada en cada grupo mediante la clasificación manual de la cual podemos concluir lo siguiente, para un total de 25 lb se necesita entre 5 a 8 min para clasificar las papas según su tamaño y forma. Teniendo en cuenta que mediante la clasificación manual se debe proceder a clasificar con las de Primera, luego las Segundas, así quedando las pequeñas al final para ser recogidas.

Teniendo como referencia tales valores se procede a realizar pruebas con la Máquina clasificadora de papas con la cual se desea clasificar en menor tiempo la misma cantidad de producto.

Las pruebas se realizan a diferentes RPM teniendo como referencia el rango de 20 a 60 rpm, por lo cual se trabaja cada cierto rpm para ver su comportamiento al clasificar, sin olvidar que la velocidad entregada se verifica con la referencia de frecuencia ingresada en el VDF.

Tabla 4.27 Pruebas con la máquina clasificadora.

N° Prueba	Hz	RPM	Primera	Segunda	Tercera	Tiempo
1	0,98	21	3 lb	8 lb	14 lb	2 min 20 seg
2	1,26	25	2 lb	9 lb	14 lb	2 min
3	1,72	32	2 lb	9 lb	14 lb	1 min 50 seg
4	1,93	36	2 lb	10 lb	13 lb	1 min
5	2,27	40	2 lb	11 lb	12 lb	35 seg
6	2,33	42	2 lb	12 lb	11 lb	30 seg
7	2,5	45	2,5 lb	12 lb	10,5 lb	25 seg
8	2,93	52	2,5 lb	13 lb	9,5 lb	25 seg

Tabla 4.28 Muestras que no coinciden con su categoría.

N° Prueba	Observaciones
1	18 papas de Segunda en la parcela de Tercera
2	2 papas de Segunda en la parcela de Primera, 9 papas de Segunda en la parcela de Tercera
3	1 papas de Segunda en la parcela de Primera, 8 papas de Segunda en la parcela de Tercera
4	2 papas de Segunda en la parcela de Primera, 4 papas de Segunda en la parcela de Tercera
5	3 papas de Segunda en la parcela de Primera, 3 papas de Tercera en la parcela de Segunda, 5 papas de Segunda en la parcela de Tercera
6	2 papas de Segunda en la parcela de Primera, 4 papas de Tercera en la parcela de Segunda, 2 papas de Segunda en la parcela de Tercera
7	5 papas de Segunda en la parcela de Primera, 3 papas de Tercera en la parcela de Segunda, 5 papas de Segunda en la parcela de Tercera
8	6 papas de Segunda en la parcela de Primera, 10 papas de Tercera en la parcela de Segunda, 3 papas de Segunda en la parcela de Tercera

Durante las pruebas se identificaron desviaciones, principalmente con papas de la categoría Segunda, en varias ocasiones fueron registradas en las parcelas de Primera y Tercera, afectando un poco la precisión del sistema. A bajas velocidades (pruebas 1-3) se evidenció mayor concentración de Segundas en la parcela de Tercera, mientras que a velocidades más altas (pruebas 5-8) aumentó presencia de Segundas en la parcela de Primera y de Terceras en la parcela de Segunda. Estos resultados muestran que el incremento de la velocidad, si bien mejora la productividad, también introduce variaciones en la exactitud de la clasificación.

Para identificar mejor esas desviaciones se procedieron a comparar los resultados de la siguiente manera:

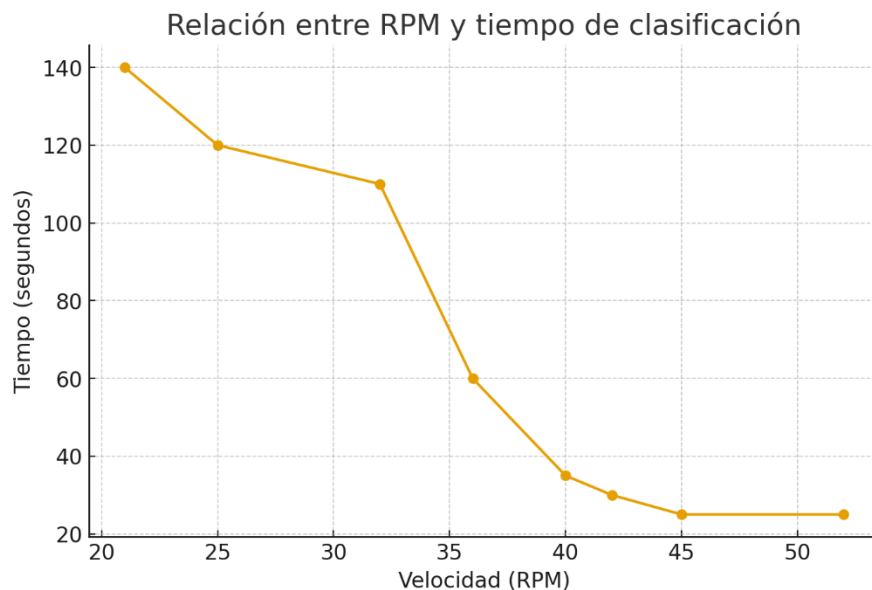


Fig. 4.36 Relación RPM y Tiempo de clasificación.

Se observa que el tiempo de clasificación disminuye de forma significativa al aumentar la velocidad de los rodillos, pasando de más de 2 minutos a tan solo 25 segundos en el rango de 21 a 52 rpm. Esta relación confirma que el incremento de la frecuencia de operación incide directamente en la mejora de la productividad del sistema.

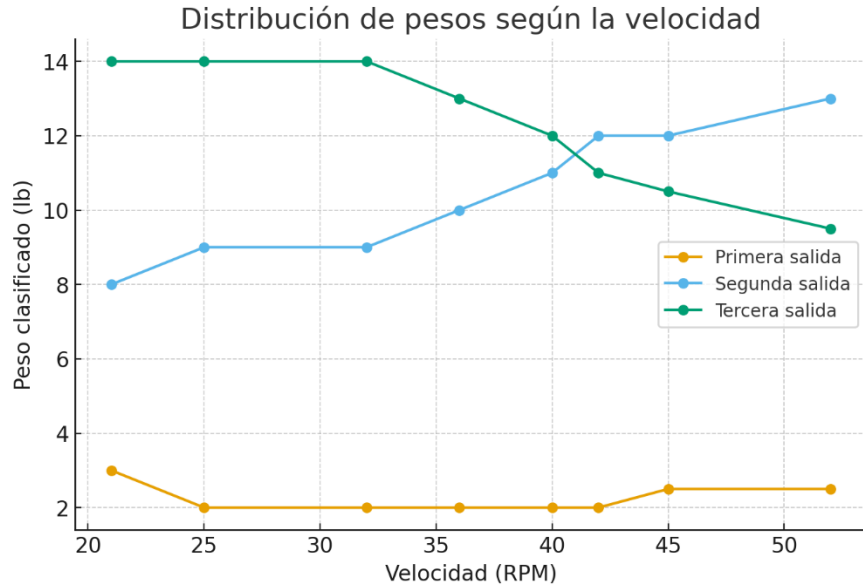


Fig. 4.37 Distribución de pesos según la velocidad.

Los resultados muestran que la distribución de producto varía en función de la velocidad: a bajas rpm predomina la concentración en el grupo de Tercera, mientras que a mayores velocidades se observa un traslado del peso hacia el grupo de Segunda. El grupo de Primera se mantiene constante como la fracción mínima, cumpliendo su función de separar únicamente los productos de menor tamaño.

Durante las pruebas de operación se pudo observar que a una velocidad de 42 rpm en el eje de los rodillos representa el mejor rango de trabajo para la máquina. A esta velocidad, el sistema realizó la clasificación de manera estable y sin presentar mayores inconvenientes, garantizando una separación adecuada de las papas según su tamaño y reduciendo la ocurrencia de errores de ubicación entre categorías.

4.7.1 Funcionalidad

Durante las pruebas se constató que el sistema de rodillos realiza la clasificación de manera progresiva y efectiva, respetando los rangos de separación establecidos para cada grupo de papa.

Tabla 4.29 Comparación: clasificación manual y la clasificación con la máquina.

Cantidad	Categoría	Clasificación manual	Clasificación con máquina clasificadora de papas	Tiempo de forma tradicional	Tiempo con máquina clasificadora de papas	Porcentaje de reducción de tiempo
25 lb (100-120 papas)	Tercera	10 lb	11 lb	5 a 8 min	20 seg a 2 min	75 %
	Segunda	12 lb	12 lb			
	Primera	3 lb	2 lb			

La **Tabla 4.29** muestra la comparación entre la clasificación manual y la realizada con la máquina clasificadora. Para un lote de aproximadamente de 11 kg, la clasificación manual tiene un aproximado de 10 lb de Tercera, 12 lb de Segunda y 3 lb de Primera, mientras que la máquina clasificadora registró 11 lb de Tercera, 12 lb de Segunda y 2 lb de Primera. Estas diferencias mínimas reflejan que el sistema de rodillos mantiene una precisión comparable al método manual.

En cuanto al tiempo de operación, la clasificación manual requirió entre 5 a 8 minutos, mientras que, con la máquina el proceso se completó entre 20 segundos a 2 minutos, lo que representa una reducción aproximada del 75% en el tiempo de trabajo. Este resultado confirma la efectividad del prototipo no solo en términos de precisión de clasificación, sino también en productividad, constituyendo una alternativa semiautomática que facilita el trabajo de los pequeños agricultores.

4.7.2 Capacidad en tolva de alimentación

Se verificó que la tolva permite el ingreso continuo de 11 kg de papas cada minuto, sin que se produzcan acumulaciones ni interrupciones en el flujo. Esto evidencia que sus dimensiones y diseño (verificar su diseño en los planos adjuntados en Anexos) son adecuados para la capacidad de trabajo requerido por el sistema de clasificación, garantizando un suministro constante hacia los rodillos y un desempeño eficiente del proceso.

4.7.3 Dimensiones

Las dimensiones generales de la máquina cumplen con lo previsto en los requerimientos de diseño, permitiendo su instalación en espacios relativamente reducidos. Se considera aceptable una tolerancia de ± 2 mm en las medidas de largo, ancho y altura.

4.7.4 Capacidad

En términos de rendimiento, la máquina mantiene un funcionamiento estable durante la clasificación de una arroba de papas (25 libras), sin bloqueos ni interrupciones. El tiempo de clasificación de 20 segundos a 2 minutos permite proyectar con confiabilidad el procesamiento de hasta seis quintales en operación continua de una hora de trabajo.

Tabla 4.30 Capacidad operativa

Cantidad (aproximado en kg)	Tiempo
25 libras (11 kg)	25 seg
50 libras (22 kg)	1 min
100 libras (45 kg)	2 min

4.7.5 Materiales

La inspección visual de los componentes reveló que los materiales en contacto directo con el producto se mantienen en buen estado, sin evidencias de desgaste o deterioro que comprometa el producto.

4.7.6 Ergonomía operativa

Se determinó que la altura de la tolva de alimentación es adecuada, ya que el operario puede introducir el producto de manera cómoda, sin esfuerzos adicionales ni posturas forzadas. De igual manera las tolvas de recepción se encuentran en una altura considerable para poder colocar y sea directamente en un costal o gavetas para que se depositen. Esto favorece la forma en cómo se usa y sobre como reduce la fatiga durante la jornada de trabajo.

4.8 Gastos y costos

Tabla 4.31 Precio de cada componente adquirido.

Lista de materiales			
Material	Precio unidad	Cantidad	Precio total
Tubo cuadrado 40mm x 1,5mm	10,87	3	32,61
Tubo rectangular 40x60x2,0mm	16,34	1	16,34
Angulo 20x20 de 3	5,42	1	5,42
Eje de acero de 3/4 "	1,69	18,03	30,47
Eje nylon 2", 1,40 m	34	1	34
Plancha de triplex o mdf	15	1	15
Tubo pvc de 60 mm	14,84	1	14,84
Tubo pvc de 50 mm	12,94	1	12,94
Tapas en impresión	1,18	22	25,96
Cadena ANSI 40	27,25	1	27,25
Piñón 13 dientes	7,38	1	7,38
Piñón 30 dientes	19,1	1	19,1
Piñón 10 dientes	4,07	11	44,77
Motor	129,61	1	129,61
Variador de frecuencia	128,3	1	128,3
Prisioneros M5	0,05	22	1,1
Prisioneros 5/16"	0,15	13	1,95
Tornillo 1/4"	0,15	8	1,2
Tornillo M5	0,04	44	1,76
Anillo de retención	0,3	22	6,6
Pernos completos para sujetar motor	0,5	4	2
Disco de cortar, pulir	1	6	6
Electrodo E6013 de 3/32 o 1/16"	4,8	2	9,6
Pulsadores	3,5	2	7
Componentes eléctricos varios	3	1	3
Disyuntos termomagnético	9	1	9
Gasto total			\$ 593,20

Los costos de soldadura, ensamblado y manufacturado de piezas no se tomaron en cuenta, ya que se trabajó en el taller propio.

CONCLUSIONES

La revisión de tecnologías de clasificación agrícola permitió definir las especificaciones técnicas del sistema, garantizando funcionalidad y capacidad operativa. Se consideraron la adaptación a la geometría del tubérculo, dimensiones adecuadas, costos accesibles y un diseño modular y ergonómico. Además, se priorizó el fácil acceso para mantenimiento y la correcta selección de materiales. Estos criterios respaldan la viabilidad y adecuación del diseño propuesto.

Se diseñó el clasificador de papas en función de los requerimientos de los pequeños agricultores, logrando una máquina que cumple con las especificaciones técnicas planteadas. Cumpliendo así con un sistema modular, transportable, accionado mediante doble etapa: variador de frecuencia con control V/f y transmisión por piñón–cadena norma ANSI, capaz de alcanzar un rango de 20 a 60 rpm en los rodillos.

La planificación del ensamblaje y los procesos de unión aseguraron la resistencia estructural y la integración de los componentes. Se seleccionaron materiales según su función: AISI 1008 en la estructura, AISI 1018 en el eje, nylon en bujes, PVC en rodillos y madera en tolvas al ser un prototipo. La estructura se evaluó mediante análisis numéricos, obteniendo un factor de seguridad de 17,6 entre los nodos 150 a 600, confirmando la robustez del diseño y confiabilidad del diseño.

La validación del prototipo confirmó que la máquina clasificadora separa correctamente las papas en Primera, Segunda y Tercera de acuerdo con los parámetros estandarizados por INIAP. El rango óptimo de operación se ubicó en 42 rpm, garantizando estabilidad y precisión en la clasificación. En comparación con el método manual, el prototipo reduce el tiempo de operación en un 75%. Esto evidencia un aumento significativo de la productividad sin comprometer la exactitud.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un mecanismo de ajuste rápido en la separación de los rodillos, de manera que la máquina pueda adaptarse fácilmente a distintas variedades de papa y a variaciones en el tamaño del producto según la temporada o la zona de cultivo. Este sistema de regulación sería eficiente para reducir el tiempo de preparación antes de iniciar cada jornada de trabajo.

Con el fin de promover la accesibilidad entre pequeños productores de papas, se sugiere investigar el uso de materiales más livianos y económicos, como aceros galvanizados o polímeros de grado alimenticio en partes no críticas. Futuras investigaciones podrían evaluar su desempeño estructural y durabilidad, optimizando el diseño para mantener la resistencia necesaria mientras se reducen los costos de fabricación y transporte de la máquina.

Para quienes van a operar la máquina tomar en cuenta el plan de mantenimiento previsto por el fabricante para evitar daños prematuros.

REFERENCIAS

- [1] Alexander Paúl Herrera Torres, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ZARANDA CLASIFICADORA DE PAPA (*Solanum Tuberosum*),” 2015.
- [2] INIAP, Andrés Araujo, Yamil Cartagena, Carmen Castillo, and Others, “Manual del cultivo de papa para pequeños productores,” 2020.
- [3] Grande Martínez Gaudencio, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE PAPAS (*Solanum tuberosum L.*),” Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, 2021.
- [4] Mejia Oporto Eduardo, “Diseño de máquina clasificadora de papas en el Valle de Tambo,” 2021.
- [5] Kevin Enrique Cunalata Hidalgo and Jonathan Eduardo Hidalgo Acosta, “Diseño y construcción de una máquina para lavar y clasificar papas para la empresa Cereales Ambateños,” 2023.
- [6] D. Alemu, A. F. Bedie, and B. G. Awoke, “Performance Evaluation of Engine Operated Potato Grader,” 2021. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/351450916>
- [7] G. Abedi, S. Abdollahpour, and M. R. Bakhtiari, “The physical and mechanical properties of potato (*Solanum tuberosum L.*) tubers as related to the automatic separation from clods and stones,” *Research in Agricultural Engineering*, vol. 65, no. 3, pp. 77–84, 2019, doi: 10.17221/24/2018-RAE.
- [8] Angos Mediavilla Mario Fernando and Calvopiña Enriquez Héctor Alejandro, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRUTOS POR SU TAMAÑO,” 2013.
- [9] R. X. Cuesta *et al.*, “Catálogo de variedades de papa del Ecuador,” 2022.
- [10] L. E. Rodríguez, “Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum L. sect. Petota Dumort.*). Una revisión,” *Agron Colomb*, vol. 27, no. 3, pp. 305–312, 2009, Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [11] CIP, “¿Por qué son importantes las papas?,” *Centro Internacional de la papa*, 2017.
- [12] L. Torres, F. Montesdeoca, and J. Andrade-Piedra, “Cosecha y poscosecha – Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador,” Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Accessed: Jul. 07, 2024. [Online]. Available: <https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/#1508259032167-62b6cc64-b099>
- [13] M. Pumisacho and S. Sherwood, “El cultivo de la papa en Ecuador,” 2002. Accessed: Mar. 30, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2802>

- [14] “MAG realizó día de campo sobre semilla de papa certificada, en Chimborazo – Ministerio de Agricultura y Ganadería.” Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-realizo-dia-de-campo-sobre-semilla-de-papa-certificada-en-chimborazo/>
- [15] “Productores/as de papa de la provincia de Arauco certifican su producción | SAG.” Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.sag.gob.cl/noticias/productoresas-de-papa-de-la-provincia-de-arauco-certifican-su-produccion>
- [16] “PGS Cortador de patatas de siembra | PotatoPro.” Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.potatopro.com/es/products/pgs-cortador-de-patatas-de-siembra>
- [17] U. de Carabobo Venezuela Esser Díaz, V. Antúnez, and M. Dolores, “Salud de los Trabajadores”, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375839282005>
- [18] “Técnicas para la creatividad”.
- [19] M. Henrich and O. Rojas, “Aplicaciones de la metodología TRIZ en el diseño ergonómico de estaciones de trabajo,” 2013.
- [20] R. Junivall, *Diseño de elementos de máquinas- Proceso de selección de materiales en ingeniería*, 2nd ed.
- [21] S. Chasipanta, D. Jazmin, O. Vergara, M. Stayner Métodos, and Y. T. De Investigación, *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN*. 2017.
- [22] M. E. Cortés, C. Miriam, and I. León, “Generalidades sobre Metodología de la Investigación,” 2004.
- [23] “M13F4P < MEGA MOTOR.” Accessed: Aug. 31, 2025. [Online]. Available: <https://megamotor-ec.com/index.php?page=single&referencia=M13F4P>
- [24] S. Chapman, *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*, 5th ed. 2012.
- [25] “40-1R-10FT CADENA ANSI.” Accessed: Aug. 31, 2025. [Online]. Available: <https://casadelruliman.ec/cadena/40-1R-10FT-CHALLENGE-CADENAANSI27746>
- [26] “0401B13H PIÑON.” Accessed: Aug. 31, 2025. [Online]. Available: <https://casadelruliman.ec/pinon/0401B13H-CHALLENGE-PION27733>
- [27] SHIGLEY, *Diseño en Ingeniería Mecánica* , 8th ed. 2008.
- [28] OMRON, “CONVERTIDORES DE FRECUENCIA SYSDRIVE 3G3MV.”
- [29] “Comprensión del control escalar y vectorial en variadores de frecuencia (VFD) - GTAKE.” Accessed: Aug. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.gtake.com/industry-news/understanding-scalar-and-vector-control-in-vfds/>
- [30] “HV10xR75G12 < MEGA MOTOR.” Accessed: Sep. 10, 2025. [Online]. Available: <https://megamotor-ec.com/index.php?page=single&referencia=HV10xR75G12>
- [31] HNC eléctrico, “Convertidor de frecuencia serie HV 10 Manual de usuario.”

ANEXOS

A Anexo A: Ponderación de criterios

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	16,67
Alternativa 2	1	-	0,5	2,5	41,67
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	41,67
				6	100,00

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Dimensiones físicas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0	1,5	25
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	41,67
				6	100

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	16,67
Alternativa 2	1	-	0,5	2,5	41,67
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	41,67
				6	100,00

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Diseño estructural	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0	1,5	25,00
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	41,67
				6	100,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Ergonomía	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0,5	2	33,33
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	33,33
				6	100,00

Alternativa 3 = Alternativa 2 = Alternativa 1

Materiales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	16,67
Alternativa 2	1	-	0,5	2,5	41,67
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	41,67
				6	100,00

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Alimentación eléctrica	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0,5	2	33,33
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	33,33
				6	100,00

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	16,67
Alternativa 2	1	-	0	2	33,33
Alternativa 3	1	1	-	3	50,00
				6	100,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Movilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0,5	2	33,33
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	33,33
				6	100,00

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	E+1	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0,5	2	33,33
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	33,33
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	33,33
				6	100,00

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3

B Anexo B. Toma de medida de la papa.

Muestra	Segunda			Tercera		
	L	D1	D2	L	D1	D2
5	114	50	38	57	40	32
6	50	47	39	54	42	32
7	81	47	36	49	37	33
8	70	50	38	48	41	32
9	58	48	32	58	46	33
10	78	58	50	48	40	32
11	73	47	37	53	39	32
12	61	53	39	46	40	29
13	56	46	38	51	45	34
14	68	59	46	47	47	35
15	67	56	40	60	42	34
16	54	54	40	42	38	32
17	65	47	40	48	45	32
18	60	52	40	59	43	30
19	77	54	43	51	41	34
20	54	49	35	46	40	34
21	55	49	37	59	41	33
22	56	46	37	51	45	33
23	66	46	38	46	41	32
24	72	47	32	47	43	33
25	59	46	36	49	37	34
26	77	46	34	42	40	29
27	56	47	40	53	35	27
28	54	47	44	45	43	33
29	81	59	39	59	41	34
30	82	53	39	37	43	34
31	52	52	40	41	37	33
32	56	47	37	42	39	34
33	68	46	38	44	36	32
34	70	48	41	44	37	34
35	49	49	39	45	37	32
36	54	48	37	39	39	29
37	78	47	42	42	37	31
38	67	67	47	41	40	31
Promedio	66,76	50,63	39,32	48,45	40,71	32,32
Máximos	114	67	50	60	47	36
Mínimos	49	46	32	37	35	27

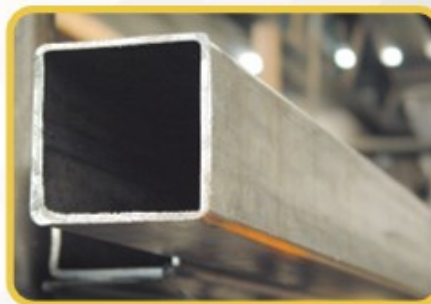
C Anexo C: Tubo estructural cuadrado



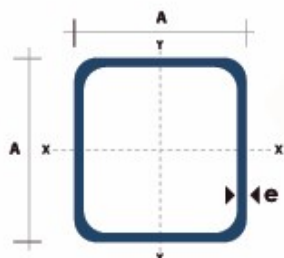
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



TUBERÍA



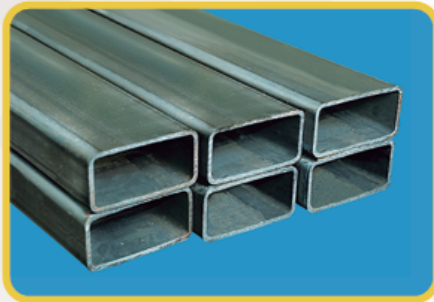
Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



www.dipacmanta.com

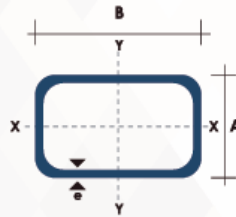
D Anexo D: Tubo estructural rectangular

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



Especificaciones Generales:

Norma	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largo normal:	6.00 m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm x 40mm a 50mm x 150mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 3,00mm



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ⁴	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

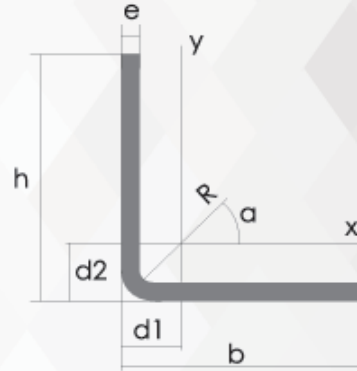
E Anexo E: Ángulo "L"

PERFILES

PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2.00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro



Ángulos de alas iguales

Descripción	b mm	h mm	e mm	Masa Kg/m	Área cm ²	d1 cm	d2 cm	Ángulo a (°)	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
									cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,78	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

*Otras calidades, largos y acabados: previa consulta

F Anexo F: Eje Acero de transmisión

EJES

ACERO DE TRANSMISIÓN

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

EJE DE NYLON

Especificaciones Generales:

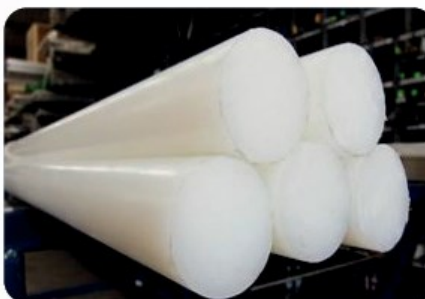
El Eje de Nylon es resistente a los agentes químicos (no tóxicos). Excelente rigidez estructural con facilidad de mecanizado. Posee resistencia a los golpes.

Beneficios:

- Alta resistencia mecánica
- Buena resistencia a la fatiga
- Excelentes características al deslizamiento
- Resistencia al desgaste.

Aplicaciones:

Se utiliza para la aplicación de:
Moldes de inyección, poleas, rodamientos engranajes, empaques, separadores de bobina.



DIMENSIONES

DIÁMETRO
1"
1 -1/4"
1 -1/2"
2"
2 -1/2"
3"

www.dipacmanta.com

H Anexo H: Ficha técnica del motor



MS Series Three-Phase Induction Motor with AL. Housing

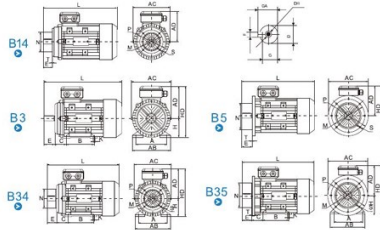
FEATURES:

The MS series aluminum housing three-phase asynchronous motors are the latest design and are made of selected quality materials and conform to the international IEC standard. MS motors have a very safe and reliable performance, are attractive in appearance and can be easily maintained. They have low noise with little vibration but at the same time are light weight and of simple construction. The MS series motors can be used for general electric motor applications.



OPERATING CONDITIONS:

Ambient temperature: +5°C ~ +40°C
 Altitude: Not exceeding 1000 meters
 Rated voltage: 380V/220-760V is available
 Rated frequency: 50Hz/60Hz
 Insulation class: Class B/F/H
 Protection type: IP54, IP55
 Cooling type: IC411



INSTALLATION SIZE AND OVERALL DIMENSION

Frame Size	Installation Size											Installation Size for B14											Installation Size for B5											Overall Dimensions			
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	DP	M	N	P	Q	R	S	T	M	N	P	S	T	AD	AG	AD	AD	HD	LD									
56	90	71	36	9	20	3	7.2	56	5.8	-	65	50	80	M6	2.5	100	80	120	7	3.0	110	110	78	134	201												
63	100	80	40	11	23	4	8.0	63	7	M5	75	60	90	M5	2.5	110	95	140	10	3.5	120	116	100	162	223												
71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	M5	85	70	105	M6	3.0	130	110	160	10	3.5	140	134	150	180	245												
80	125	100	50	19	40	6	16	80	10	M6	100	80	120	M6	3.0	165	130	200	12	3.5	168	144	116	196	277												
90L	140	100	56	24	50	8	20	90	10	M8	115	95	140	M8	3.0	185	130	200	12	3.5	175	159	120	210	314												
100	160	125	63	28	60	8	24	100	12	M10	130	110	160	M8	3.5	210	160	250	15	4.0	200	191	152	236	381												
112	180	140	70	38	80	8	24	110	12	M10	150	110	160	M8	3.5	210	160	250	15	4.0	225	212	164	280	406												
132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	M12	165	130	200	M10	4.0	265	230	300	15	4.0	260	260	200	314	473												
132M	216	178	89	38	80	10	33	132	12	M12	165	130	200	M10	4.0	265	230	300	15	4.0	260	260	200	314	508												
160M	254	210	108	42	110	12	37	160	15	M16	215	180	250	M12	4.0	300	260	350	19	5.0	320	330	255	383	600												
160L	254	254	108	42	110	12	37	160	15	M16	215	180	250	M12	4.0	300	260	350	19	5.0	320	330	255	383	600												

DP: Available only on request

MS Series Three-Phase Induction Motor with AL. Housing



TECHNICAL DATA

Type	Rate Power (kW)	Current(A)	PF(cos)	Eff(%)	Speed (rpm)	Locked Current Rated Current	Locked Torque Rated Torque	Max Torque Rated Torque	N.W(kg)	QTY/20'	Packing size (mm)
380V 50Hz Synchronous Speed 3000/min (2 Poles)											
MS56-1.2	0.09	0.30	0.76	60	2750	2.3	6.0	2.4	3.6	6000	220X120X168
MS56-2	0.12	0.37	0.78	63	2750	2.3	6.0	2.4	4.0	5000	220X120X168
MS63-1.2	0.18	0.53	0.80	65	2780	2.3	6.0	2.4	4.1	4400	260X150X168
MS63-2	0.25	0.69	0.81	68	2780	2.3	6.0	2.4	4.5	4400	260X150X168
MS71-1.2	0.37	0.99	0.81	70	2800	2.3	6.0	2.4	5.6	3000	285X170X200
MS71-2	0.55	1.40	0.82	73	2800	2.3	6.0	2.4	6.2	3000	285X170X200
MS80-1.2	0.75	1.83	0.83	75	2825	2.3	6.0	2.4	9.1	2200	330X190X215
MS80-2	1.1	2.58	0.84	77	2825	2.3	6.5	2.4	10	2000	330X190X215
MS90S-2	1.5	3.43	0.84	79	2840	2.3	6.5	2.4	12	1500	375X210X230
MS90L-2	2.2	4.85	0.85	81	2840	2.3	6.5	2.4	13.2	1500	375X210X230
MS100L-2	3	6.31	0.87	83	2880	2.3	7.0	2.4	22	960	400X225X320
MS112M-2	4	8.12	0.88	85	2890	2.3	7.0	2.4	30	700	420X255X335
MS132S1-2	5.5	11.0	0.88	86	2900	2.3	7.0	2.4	43	460	515X345X375
MS132S2-2	7.5	14.9	0.88	87	2900	2.3	7.0	2.4	49	450	515X345X375
MS160M1-2	11	21.3	0.89	88	2930	2.3	7.0	2.4	69	190	700X450X420
MS160M2-2	15	28.8	0.89	89	2930	2.3	7.0	2.4	78	190	700X450X420
MS160L-2	18.5	34.7	0.90	90	2930	2.3	7.0	2.4	81	190	700X450X420
380V 50Hz Synchronous Speed 1500/min (4 Poles)											
MS56-1.4	0.08	0.27	0.68	57	1330	2.2	5.5	2.3	3.6	6000	220X120X168
MS56-2	0.09	0.36	0.70	54	1300	2.2	5.5	2.3	4	5000	220X120X168
MS63-1.4	0.12	0.44	0.72	57	1330	2.2	5.5	2.3	4	4400	260X150X168
MS63-2	0.18	0.62	0.73	60	1330	2.2	5.5	2.3	4.5	4400	260X150X168
MS71-1.4	0.25	0.79	0.74	65	1360	2.2	5.5	2.3	5.6	3000	285X170X160
MS71-2	0.37	1.12	0.75	67	1360	2.2	5.5	2.3	6	3000	285X170X160
MS80-1.4	0.55	1.57	0.75	71	1380	2.3	6.0	2.4	9	2200	320X190X215
MS80-2	0.75	2.05	0.76	73	1380	2.3	6.0	2.4	10	2200	320X190X215
MS90S-4	1.1	2.89	0.77	75	1390	2.3	6.0	2.4	12	1500	375X210X235
MS90L-4	1.5	3.70	0.79	78	1390	2.3	6.0	2.4	13.2	1500	375X210X235
MS100L1-4	2.2	5.16	0.81	80	1410	2.3	7.0	2.4	21	960	400X225X320
MS100L2-4	3	6.78	0.82	82	1410	2.3	7.0	2.4	24.8	950	400X225X320
MS112M-4	4	8.82	0.82	84	1435	2.3	7.0	2.4	29	700	420X255X290
MS132S-4	5.5	11.8	0.83	85	1445	2.3	7.0	2.4	44	460	515X345X375
MS132M-4	7.5	16.6	0.84	87	1445	2.3	7.0	2.4	54	450	520X345X375
MS160M-4	11	22.3	0.84	88	1450	2.2	7.0	2.3	71	190	700X450X420
MS160L-4	15	30.1	0.85	89	1450	2.2	7.0	2.3	79	190	700X450X420
380V 50Hz Synchronous Speed 1000/min (6 Poles)											
MS71-1.6	0.18	0.74	0.66	56	900	2.0	5.5	2.2	5.4	3000	285X170X200
MS71-2	0.25	0.95	0.68	59	900	2.0	5.5	2.2	6.0	3000	285X170X200
MS80-1.6	0.37	1.30	0.70	63	900	2.0	5.5	2.2	9	2200	320X190X215
MS80-2	0.55	1.79	0.72	65	900	2.0	5.5	2.2	11	2200	320X190X215
MS90S-6	0.75	2.29	0.72	69	910	2.1	5.5	2.2	13	1500	375X210X235
MS90L-6	1.1	3.18	0.73	72	910	2.1	5.5	2.2	14.2	1500	375X210X235
MS100L-6	1.5	3.95	0.76	76	940	2.1	5.5	2.2	21	960	400X225X320
MS112M-6	2.2	5.57	0.76	79	940	2.2	6.5	2.3	27	700	420X255X335
MS132S-6	3	7.40	0.76	81	960	2.2	6.5	2.3	44	460	520X345X375
MS132M-6	4	9.75	0.76	82	960	2.2	6.5	2.3	52	450	520X345X375
MS132M2-6	5.5	12.9	0.77	84	960	2.2	6.5	2.3	58	450	520X345X375
MS160M-6	7.5	17.0	0.77	86	970	2.2	6.5	2.3	70	190	700X450X420
MS160L-6	11	24.2	0.78	87	970	2.2	6.5	2.3	79	190	700X450X420
380V 50Hz Synchronous Speed 750/min (8 Poles)											
MS80-1.8	0.18	0.86	0.61	51	630	1.8	4.0	1.9	8.8	2200	320X190X215
MS90S-8	0.25	1.15	0.61	54	640	1.8	4.0	1.9	11	2200	320X190X215
MS90L-8	0.37	1.49	0.61	62	660	1.8	4.0	1.9	13	1500	375X210X235
MS90L-8	0.55	2.18	0.61	63	660	1.8	4.0	2.0	14	1500	375X210X235
MS100L1-8	0.75	2.53	0.67	71	690	1.8	4.0	2.0	20	960	400X225X320
MS100L2-8	1.1	3.32	0.69	73	690	1.8	5.0	2.0	26	960	400X225X320
MS112M-8	1.5	4.50	0.69	75	680	1.8	5.0	2.0	43	700	420X255X335
MS132S-8	2.2	6.00	0.71	78	710	1.8	6.0	2.0	51	450	520X345X375
MS132M-8	3.0	7.80	0.73	79	710	1.8	6.0	2.0	57	450	520X345X375
MS160M1-8	4.0	10.3	0.73	81	720	1.9	6.0	2.0	69	190	700X450X420
MS160M2-8	5.5	13.6	0.74	83	720	2.0	6.0	2.0	78	190	700X450X420
MS160L-8	7.5	17.8	0.75	85	720	2.0	6.0	2.0	81	190	700X450X420

I Anexo I: Catálogo de Cadena de rodillos ANSI

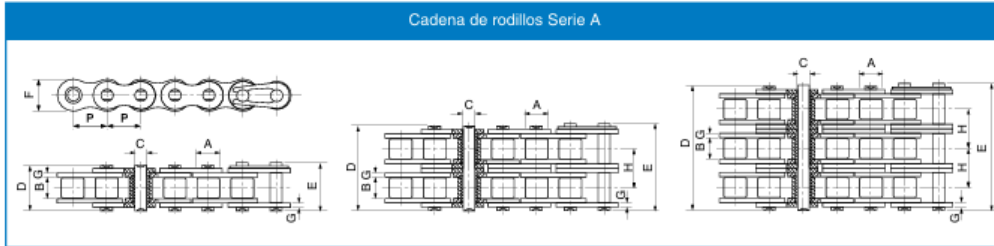


Transmisiones de cadena

Cadenas de rodillos

Cadena de rodillos ANSI

ANSI B29.1, ISO R606, DIN 8188



Codigo cadena ANSI	Paso	Diam. rodillo	Distancia entre placas internas		Longitud perno		Altura placa interna	Ancho placa	Paso transversal	Resistencia mínima a la tracción	Resistencia media tensil	Peso
	P	A	B	C	D	E						
SIMPLEX												
*15-1	4.763	2.48	2.38	1.62	6.10	6.90	4.30	0.60	-	1.8	2.0	0.08
*25-1	6.350	3.30	3.18	2.31	7.90	8.40	6.00	0.80	-	3.5	4.6	0.15
*35-1	9.525	5.08	4.77	3.58	12.40	13.17	9.00	1.30	-	7.9	10.8	0.33
41-1	12.700	7.77	6.25	3.58	13.75	15.00	9.91	1.30	-	6.7	12.6	0.41
40-1	12.700	7.95	7.85	3.96	16.60	17.80	12.00	1.50	-	14.1	17.5	0.62
50-1	15.875	10.16	9.40	5.08	20.70	22.20	15.09	2.03	-	22.2	29.4	1.02
60-1	19.050	11.91	12.57	5.94	25.90	27.70	18.00	2.42	-	31.8	41.5	1.50
80-1	25.400	15.88	15.75	7.92	32.70	35.00	24.00	3.25	-	56.7	69.4	2.60
100-1	31.750	19.05	18.90	9.53	40.40	44.70	30.00	4.00	-	88.5	109.2	3.91
120-1	38.100	22.23	25.22	11.10	50.30	54.30	35.70	4.80	-	127.0	156.3	5.62
140-1	44.450	25.40	25.22	12.70	54.40	59.00	41.00	5.60	-	172.4	212.0	7.50
160-1	50.800	28.58	31.55	14.27	64.80	69.60	47.80	6.40	-	226.8	278.9	10.10
180-1	57.150	35.71	35.48	17.46	72.80	78.60	53.60	7.20	-	280.2	341.8	13.45
200-1	63.500	39.68	37.85	19.85	80.30	87.20	60.00	8.00	-	353.8	431.6	16.15
240-1	76.200	47.63	47.35	23.81	95.50	103.00	72.39	9.50	-	510.3	622.5	23.20
DUPLEX												
*25-2	6.350	3.30	3.18	2.31	14.50	15.00	6.00	0.80	6.40	7.0	8.6	0.28
*35-2	9.525	5.08	4.77	3.58	22.50	23.30	9.00	1.30	10.13	15.8	19.7	0.63
41-2	12.700	7.77	6.25	3.58	25.70	26.90	9.91	1.30	11.95	13.3	16.9	0.81
40-2	12.700	7.95	7.85	3.96	31.00	32.20	12.00	1.50	14.38	28.2	35.9	1.12
50-2	15.875	10.16	9.40	5.08	38.90	40.40	15.09	2.03	18.11	44.4	58.1	2.00
60-2	19.050	11.91	12.57	5.94	48.80	50.50	18.00	2.42	22.78	63.6	82.1	2.92
80-2	25.400	15.88	15.75	7.92	62.70	64.30	24.00	3.25	29.29	113.4	141.8	5.15
100-2	31.750	19.05	18.90	9.53	76.40	80.50	30.00	4.00	35.76	177.0	219.4	7.80
120-2	38.100	22.23	25.22	11.10	95.80	99.70	35.70	4.80	45.44	254.0	314.9	11.70
140-2	44.450	25.40	25.22	12.70	103.30	107.90	41.00	5.60	48.87	344.8	427.5	15.14
160-2	50.800	28.58	31.55	14.27	123.30	128.10	47.80	6.40	58.55	453.6	562.4	20.14
180-2	57.150	35.71	35.48	17.46	138.60	144.40	53.60	7.20	65.84	560.5	695.0	29.22
200-2	63.500	39.68	37.85	19.85	151.90	158.80	60.00	8.00	71.55	707.6	877.4	32.24
240-2	76.200	47.63	47.35	23.81	183.40	190.80	72.39	9.50	87.83	1020.6	1255.3	45.23
TRIPLEX												
*25-3	6.350	3.30	3.18	2.31	21.00	21.50	6.00	0.80	6.40	10.5	12.6	0.44
*35-3	9.525	5.08	4.77	3.58	32.70	33.50	9.00	1.30	10.13	23.7	28.6	1.05
40-3	12.700	7.95	7.85	3.96	45.40	46.60	12.00	1.50	14.38	42.3	50.0	1.90
50-3	15.875	10.16	9.40	5.08	57.00	58.50	15.09	2.03	18.11	66.6	77.8	3.09
60-3	19.050	11.91	12.57	5.94	71.50	73.30	18.00	2.42	22.78	95.4	111.1	4.54
80-3	25.400	15.88	15.75	7.92	91.70	93.60	24.00	3.25	29.29	170.1	198.4	7.89
100-3	31.750	19.05	18.90	9.53	112.20	116.30	30.00	4.00	35.76	265.5	309.6	11.77
120-3	38.100	22.23	25.22	11.10	141.40	145.20	35.70	4.80	45.44	381.0	437.2	17.53
140-3	44.450	25.40	25.22	12.70	152.20	156.80	41.00	5.60	48.87	517.2	593.3	22.20
160-3	50.800	28.58	31.55	14.27	181.80	186.60	47.80	6.40	58.55	680.4	780.6	30.02
180-3	57.150	35.71	35.48	17.46	204.40	210.20	53.60	7.20	65.84	840.7	983.6	38.22
200-3	63.500	39.68	37.85	19.85	223.50	230.40	60.00	8.00	71.55	1061.4	1217.8	49.03
240-3	76.200	47.63	47.35	23.81	271.30	278.60	72.39	9.50	87.83	1530.9	1756.5	71.60

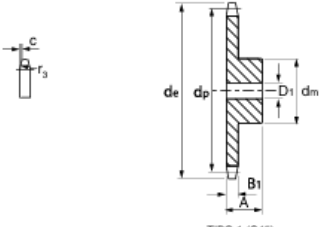
* Cadena cojinete: A indica el diámetro externo del cojinete Cajas estándar de 5 metros Longitudes especiales disponibles
 Se ha hecho lo posible para asegurar que los datos en este catálogo sean correctos. Challenge no acepta responsabilidad por inexactitudes o daños causados. Todas las medidas en milímetros a menos que se indique lo contrario.

Piñones con agujero piloto

BS Piñones con agujero piloto

085 **1/2" x 1/4"**

PIÑÓN	mm	CADENA	mm
Radio diente r_s	13.0	Paso	12.700
Chafilán c	1.3	Ancho interior entre ruedas	6.400
Ancho diente Bi	5.9	Roller Diameter	7.750



TIPO 1 (C45)

Dientes	Diám. ext. de	Diám. paso dp	Simple			Tipo
			Diám. cubo dm	Long. simple A	ales. nomin. D1	
8	38.5	33.18	20	25	10	1
9	41.5	37.13	24	25	10	1
10	46.2	41.10	26	25	10	1
11	49.6	45.07	29	25	10	1
12	53.9	49.07	33	28	10	1
13	58.4	53.06	37	28	10	1
14	62.8	57.07	41	28	10	1
15	66.8	61.09	45	28	10	1
16	70.9	65.10	50	28	12	1
17	74.9	69.11	52	28	12	1
18	78.9	73.14	56	28	12	1
19	82.9	77.16	60	28	12	1
20	86.9	81.19	64	28	12	1
21	91.0	85.22	68	28	14	1
22	95.0	89.24	70	28	14	1
23	99.0	93.27	70	28	14	1
24	103.0	97.29	70	28	14	1
25	107.1	101.33	70	28	14	1
26	111.2	105.36	70	30	16	1
27	115.4	109.40	70	30	16	1
28	119.4	113.42	70	30	16	1
29	123.4	117.46	80	30	16	1
30	127.5	121.50	80	30	16	1
31	131.5	125.54	90	30	16	1
32	135.5	129.56	90	30	16	1
33	139.6	133.60	90	30	16	1
34	143.6	137.64	90	30	16	1
35	147.6	141.68	90	30	16	1
36	151.7	145.72	90	35	16	1
37	155.7	149.76	90	35	16	1
38	159.8	153.80	90	35	16	1
39	163.8	157.83	90	35	16	1
40	167.8	161.87	90	35	16	1

Se ha hecho lo posible para asegurar que los datos en este catálogo sean correctos. Challenge no acepta responsabilidad por inexactitudes o daños causados. Todas las medidas en milímetros a menos que se indique lo contrario.

K Anexo K: Tubos de Polietileno de alta densidad

EQUIVALENCIA SDR vs PRESION NOMINAL @20 °C

DIÁMETRO NOMINAL EXTERIOR (mm)	SERIE DEL TUBO (S) ⁽¹⁾					
	S12,5	S10	S8	S6,3	S5	S4
	RELACIÓN DIÁMETRO-ESPESOR NORMALIZADA (SRD)					
	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9
	PRESIÓN NOMINAL DE TRABAJO PN ⁽²⁾ , EN MPa					
	0,63	0,8	1	1,25	1,6	2
ESPESOR NOMINAL DE LA PARED, en mm						
20	-	-	-	-	2,0	2,3
25	-	-	-	2,0	2,3	2,8
32	-	-	2,0	2,4	2,9	3,6
40	-	2,0	2,4	3,0	3,7	4,5
50	2,0	2,4	3,0	3,7	4,6	5,6
63	2,5	3,0	3,8	4,7	5,8	7,1
75	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4
90	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1
110	4,2	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3
125	4,8	6,0	7,4	9,2	11,4	14,0
140	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7
160	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9
180	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1
200	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4
225	8,6	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2
250	9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9
280	10,7	13,4	16,6	20,6	25,4	31,3
315	21,1	15,0	18,7	23,2	28,6	35,2
355	13,6	16,9	21,1	26,1	32,2	39,7
400	15,3	19,1	23,7	29,4	36,3	44,7
450	17,2	21,5	26,7	33,1	40,9	50,3
500	19,1	23,9	29,7	36,8	45,4	55,8
560	21,4	26,7	33,2	41,2	50,8	62,5
630	24,1	30,0	37,4	46,3	57,2	70,3
710	27,2	33,9	42,1	52,2	64,5	79,3
800	30,6	38,1	47,4	58,8	72,6	89,3
900	34,4	42,9	53,3	66,1	81,7	-
1000	38,2	47,7	59,3	73,5	90,8	-
1200	45,9	57,2	71,1	88,2	-	-

TABLA 6: Tubo de PE 100 con esfuerzo hidrostático de diseño de 8,0 MPa

EQUIVALENCIAS Y FACTOR DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA

SDR	PN (bar)	PN (psi)	T (°C)	FR
26	6	87	20	1,0
21	8	116		
17	10	145		
13,6	12,5	182	30	0,87
11	16	232		
9	20	290	40	0,74
7,4	26	362		

L Anexo L: Hoja de prueba de validación máquina

Hoja de prueba			
Fecha:	20/08/2025		
Entidad:	Campo propio		
Realizado por:	Chano B.		
Nombre de maquina:	Clasificadora de papas para pequeños agricultores		
Calificación cualitativa	Cumple	No cumple	Observación
Funcionalidad			
Clasifica la papa en las 3 categorías	✓		Algunas papas se encuentran rodando entre las aberturas de los rodillos, sin avanzar.
Capacidad de tolva de alimentación			
Almacena momentáneamente 15 kg de papa	✓		Algunas papas logran salir de la tolva por el mal ingreso del producto.
Dimensiones			
Permite su uso en espacios reducidos	✓		Es adecuado para ubicar en espacios considerables.
Capacidad			
Funcionamiento continuo para la clasificación de 6 quintal por hora	✓		La máquina logra estar en funcionamiento sin complicaciones por tiempos prolongados.
Materiales			
Los materiales utilizados son los adecuados	✓		Son adecuados los materiales, pero se puede mejorar o cambiar de material.
Ergonomía			
No exige mucho esfuerzo al agricultor	✓		No exige mucho esfuerzo al operar a la par que la máquina. Es adecuado para trabajos con pausas.

M Anexo M: Manual y plan de mantenimiento

MANUAL Y PLAN DE MANTENIMIENTO

1. Preparación antes de iniciar operaciones

Paso	Actividad	Observaciones
1	Verificar que la máquina esté limpia y libre de restos de papas o tierra.	Evita atascos en rodillos y canalizaciones.
2	Revisar que todos los pulsadores, interruptores y el potenciómetro funcionen correctamente.	START, STOP y potenciómetro externo.
3	Asegurarse que las cadenas, piñones y rodillos estén correctamente lubricados y tensados.	Ajustar si es necesario.
4	Encender la máquina y verificar la configuración del variador de frecuencia (modo 3 hilos, velocidad deseada).	Parámetros: 00.02, 00.03, 02.18, DI asignadas.

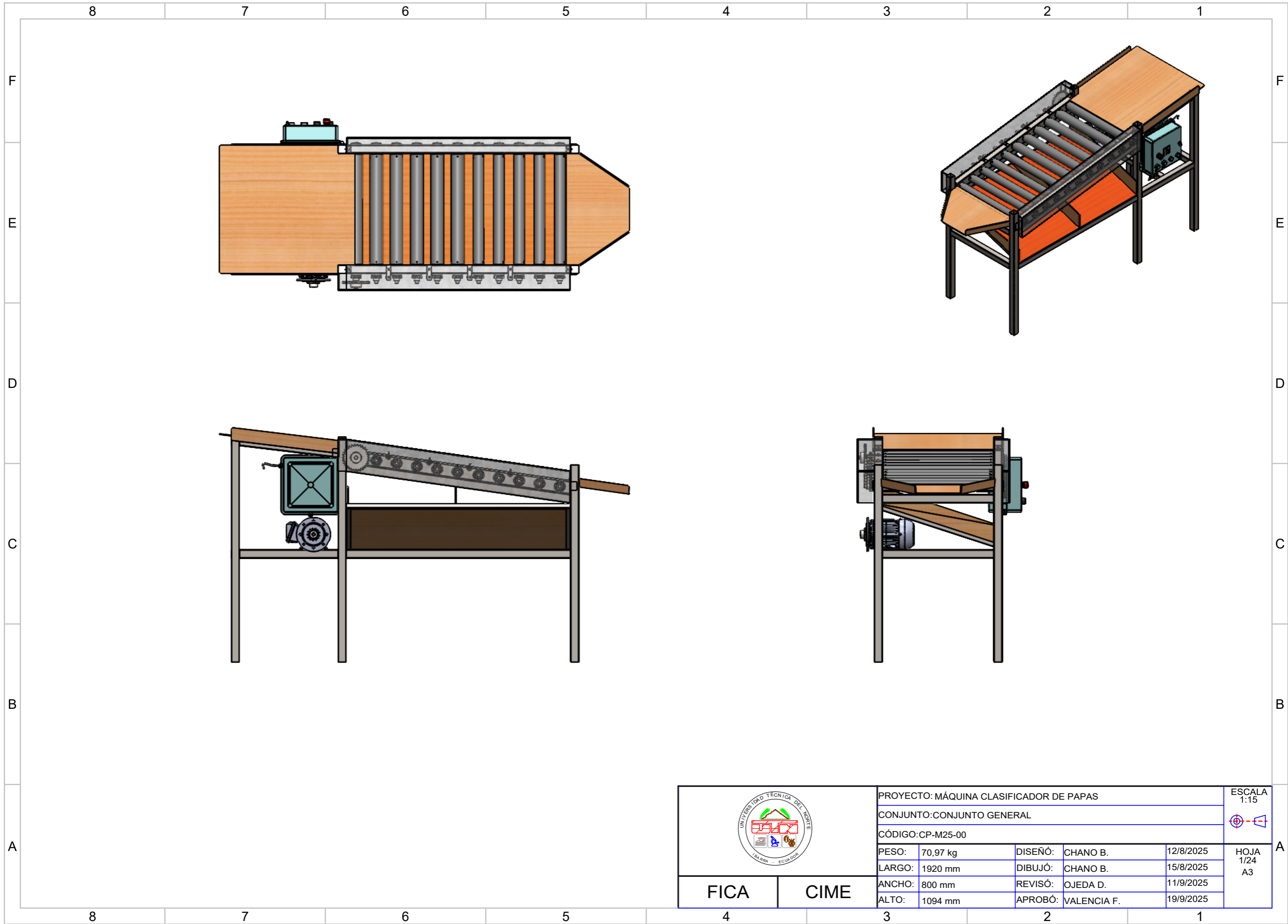
2. Operación diaria



Paso	Actividad	Observaciones
1	Colocar la papa en el canal de alimentación.	Supervisar que no queden atascos.
2	Ajustar la velocidad mediante potenciómetro según el tipo de papa.	Velocidad inicial recomendada: baja para papas grandes, media para papas medianas.
3	Supervisar la máquina durante operación: ruidos extraños, movimientos irregulares.	Detener inmediatamente si se detecta algún problema.
4	Al finalizar la jornada, apagar la máquina usando pulsador STOP y desconectar la alimentación si es necesario.	Garantiza seguridad y ahorro de energía.

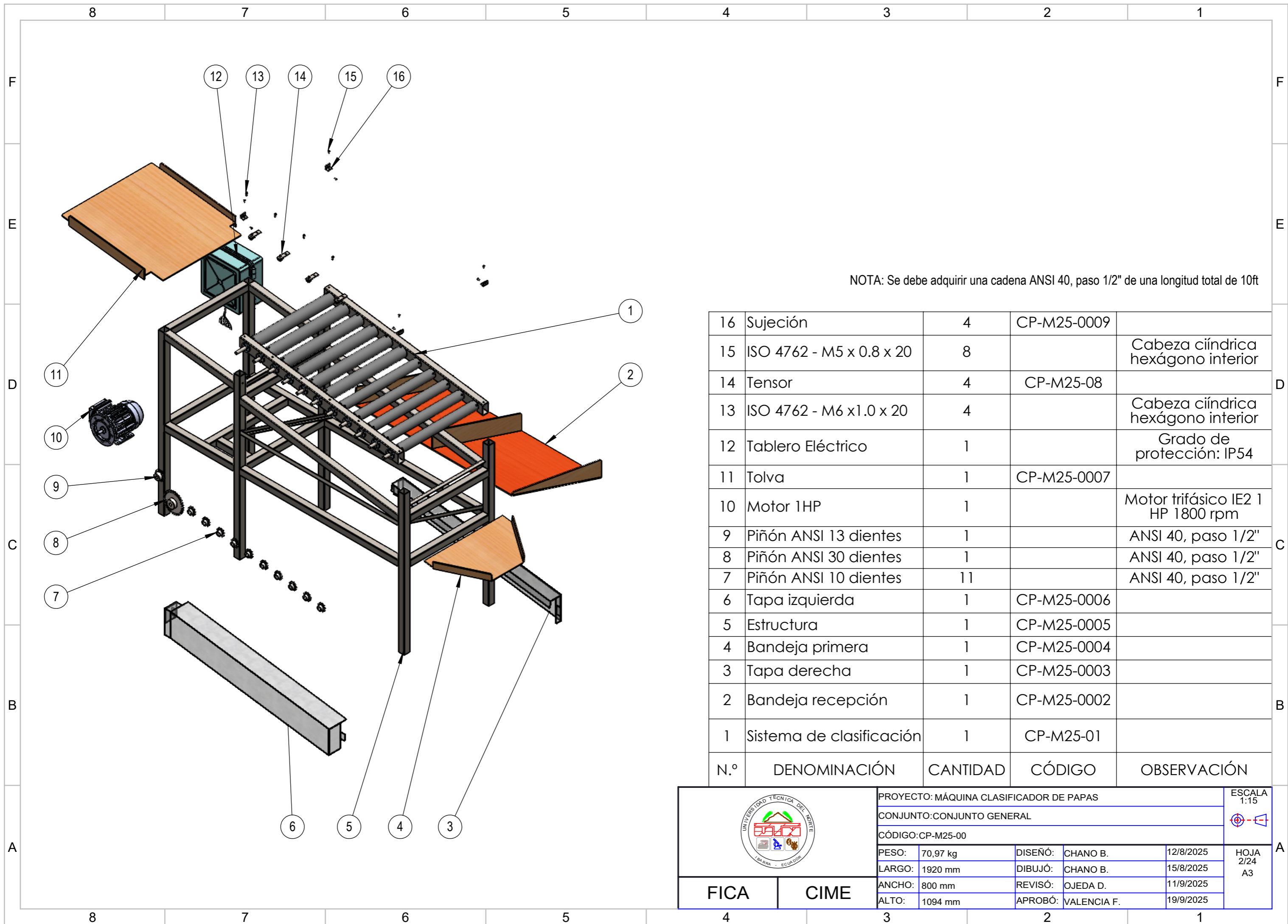
3. Mantenimiento después de una jornada de trabajo

Paso	Actividad	Observaciones
1	Limpiar rodillos, canalizaciones y tolva de alimentación.	Evitar acumulación de residuos.
2	Revisar apriete de tornillos y tuercas en estructura y transmisión.	Prevenir vibraciones y daños.
3	Lubricar cadena y piñones.	Mantener funcionamiento suave y evitar desgaste prematuro.
4	Comprobar tensión de las cadenas y ajustar si es necesario.	La cadena no debe estar floja ni demasiado tensa.
5	Inspeccionar estado del motor y variador de frecuencia.	Limpiar polvo o suciedad acumulada.
6	Comprobar cableado y conexiones eléctricas.	Evitar cortocircuitos o fallas eléctricas.
7	Revisar el funcionamiento de pulsadores y potenciómetro.	Confirmar que las señales al variador sean correctas.

N Anexo N: Planos



	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS			ESCALA 1:15
	CONJUNTO: CONJUNTO GENERAL			
CÓDIGO: CP-M25-00				HOJA 1/24 A3
PESO:	70,97 kg	DISEÑO:	CHANO B. 12/8/2025	
LARGO:	1920 mm	DIBUJÓ:	CHANO B. 15/8/2025	
ANCHO:	800 mm	REVISÓ:	OJEDA D. 11/9/2025	
ALTO:	1094 mm	APROBÓ:	VALENCIA F. 19/9/2025	
FICA		CIME		



NOTA: Se debe adquirir una cadena ANSI 40, paso 1/2" de una longitud total de 10ft

16	Sujeción	4	CP-M25-0009	
15	ISO 4762 - M5 x 0.8 x 20	8		Cabeza cilíndrica hexágono interior
14	Tensor	4	CP-M25-08	
13	ISO 4762 - M6 x 1.0 x 20	4		Cabeza cilíndrica hexágono interior
12	Tablero Eléctrico	1		Grado de protección: IP54
11	Tolva	1	CP-M25-0007	
10	Motor 1HP	1		Motor trifásico IE2 1 HP 1800 rpm
9	Piñón ANSI 13 dientes	1		ANSI 40, paso 1/2"
8	Piñón ANSI 30 dientes	1		ANSI 40, paso 1/2"
7	Piñón ANSI 10 dientes	11		ANSI 40, paso 1/2"
6	Tapa izquierda	1	CP-M25-0006	
5	Estructura	1	CP-M25-0005	
4	Bandeja primera	1	CP-M25-0004	
3	Tapa derecha	1	CP-M25-0003	
2	Bandeja recepción	1	CP-M25-0002	
1	Sistema de clasificación	1	CP-M25-01	
N.º	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	OBSERVACIÓN

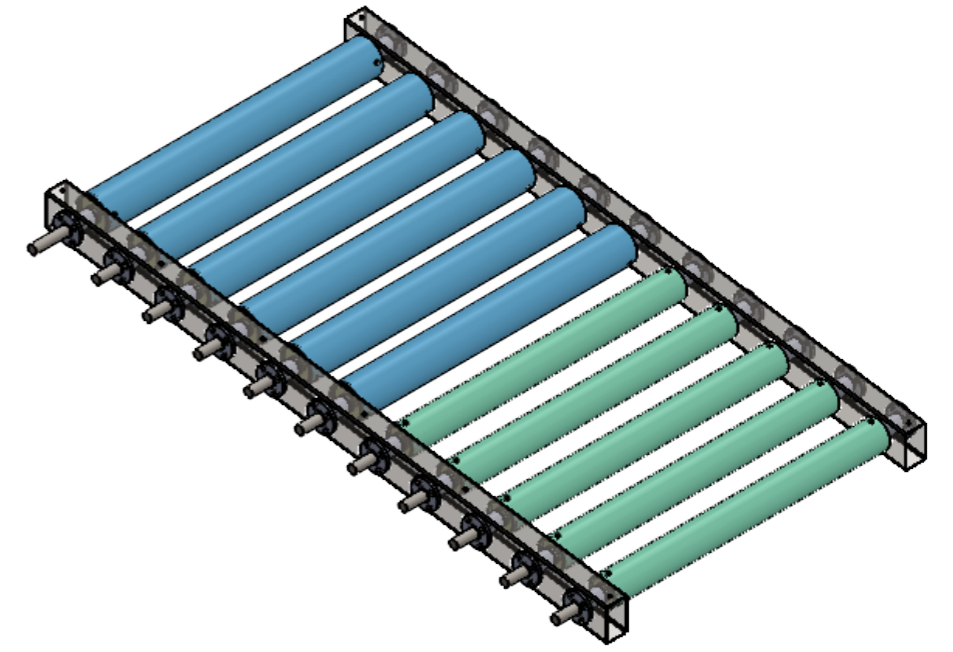
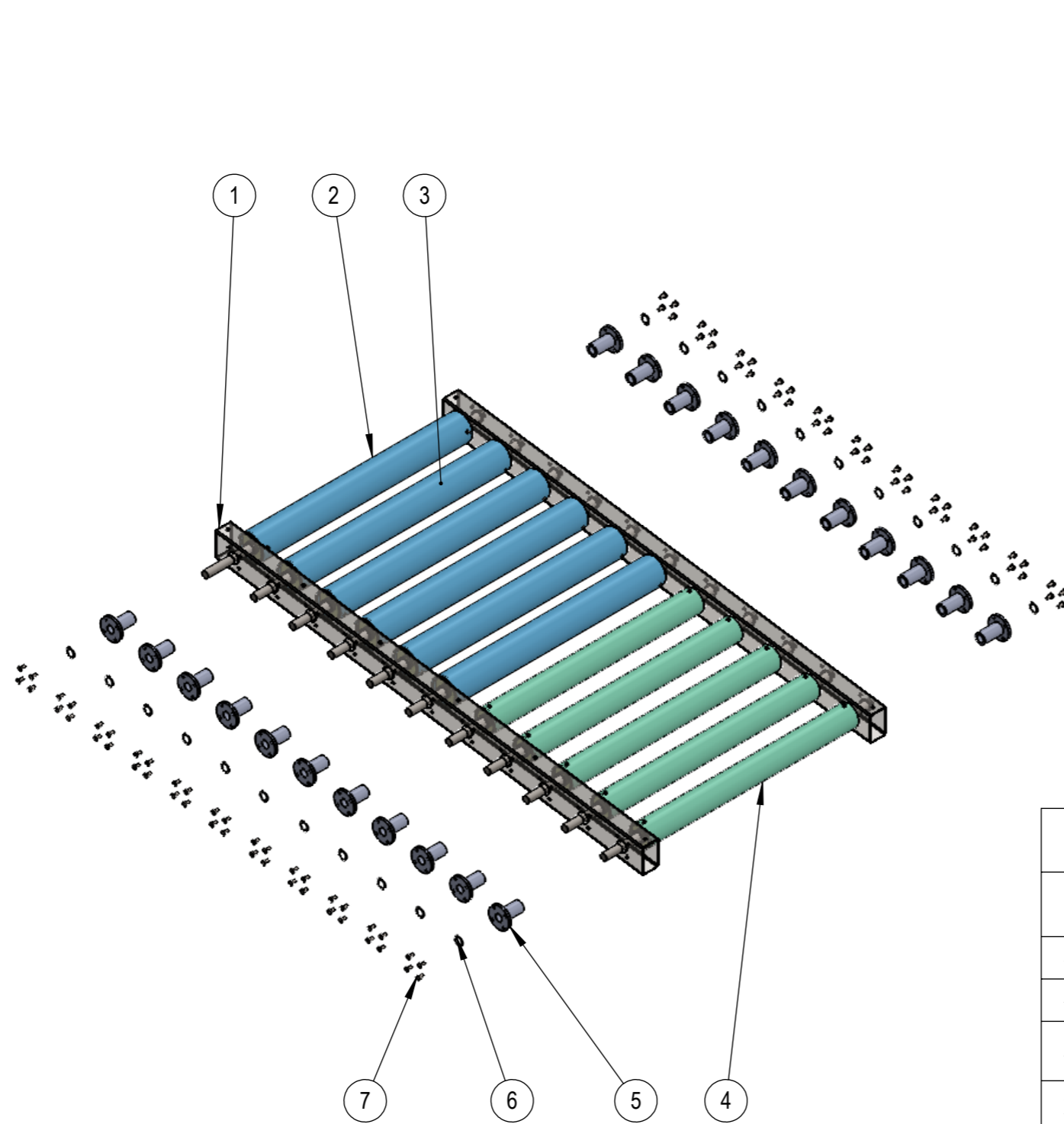


PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:15
CONJUNTO: CONJUNTO GENERAL				
CÓDIGO: CP-M25-00				
PESO:	70,97 kg	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025
LARGO:	1920 mm	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025
ANCHO:	800 mm	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025
ALTO:	1094 mm	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025

FICA

CIME

HOJA
2/24
A3



7	ISO 4762 - M5 x 0.8 x 20	88		Cabeza ciiéndrica hexágono interior
6	DIN 471 - ϕ 14	22		Anillo de retención exterior
5	Buje brida	22	CP-M25-0105	
4	Rodillo Segunda	5	CP-M25-0104	
3	Rodillo Tercera secundario	5	CP-M25-0103	
2	Rodillo Tercera	1	CP-M25-0102	
1	Perfil perforado	2	CP-M25-0101	Tubo estructural rectangular 40x60x2
N.º	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	OBSERVACIÓN



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:10
CONJUNTO: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN				
CÓDIGO: CP-M25-01				
PESO:	24,45 kg	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025
LARGO:	1050 mm	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025
ANCHO:	720 mm	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025
ALTO:	60 mm	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025

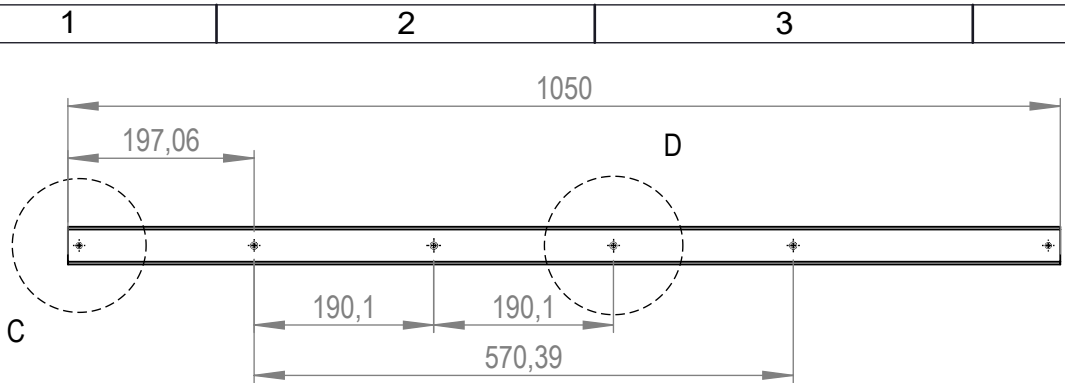
FICA

CIME

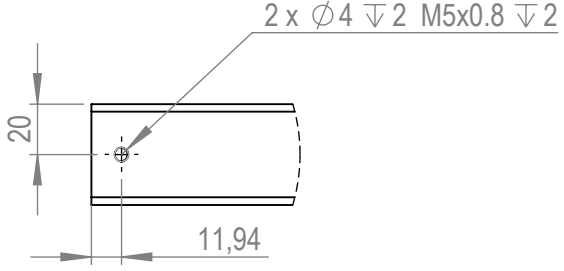
ESCALA
1:10



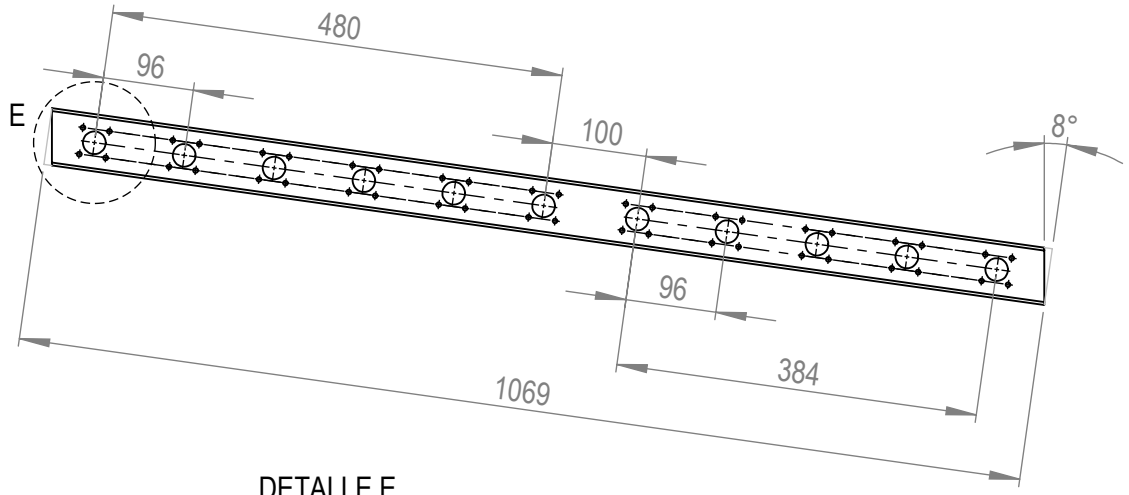
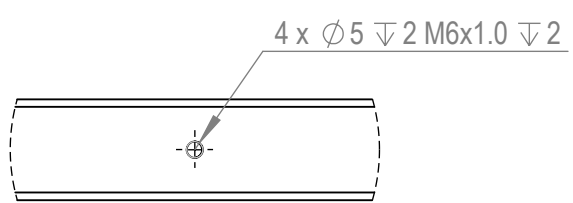
HOJA
3/24
A3



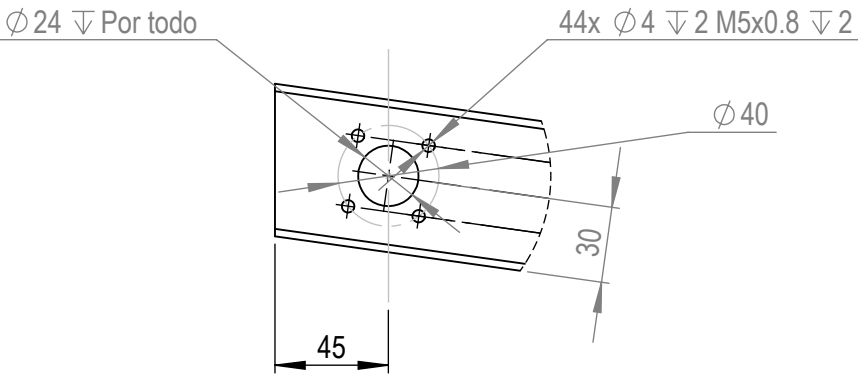
DETALLE C
ESCALA 1 : 3



DETALLE D
ESCALA 1 : 3



DETALLE E
ESCALA 1 : 3



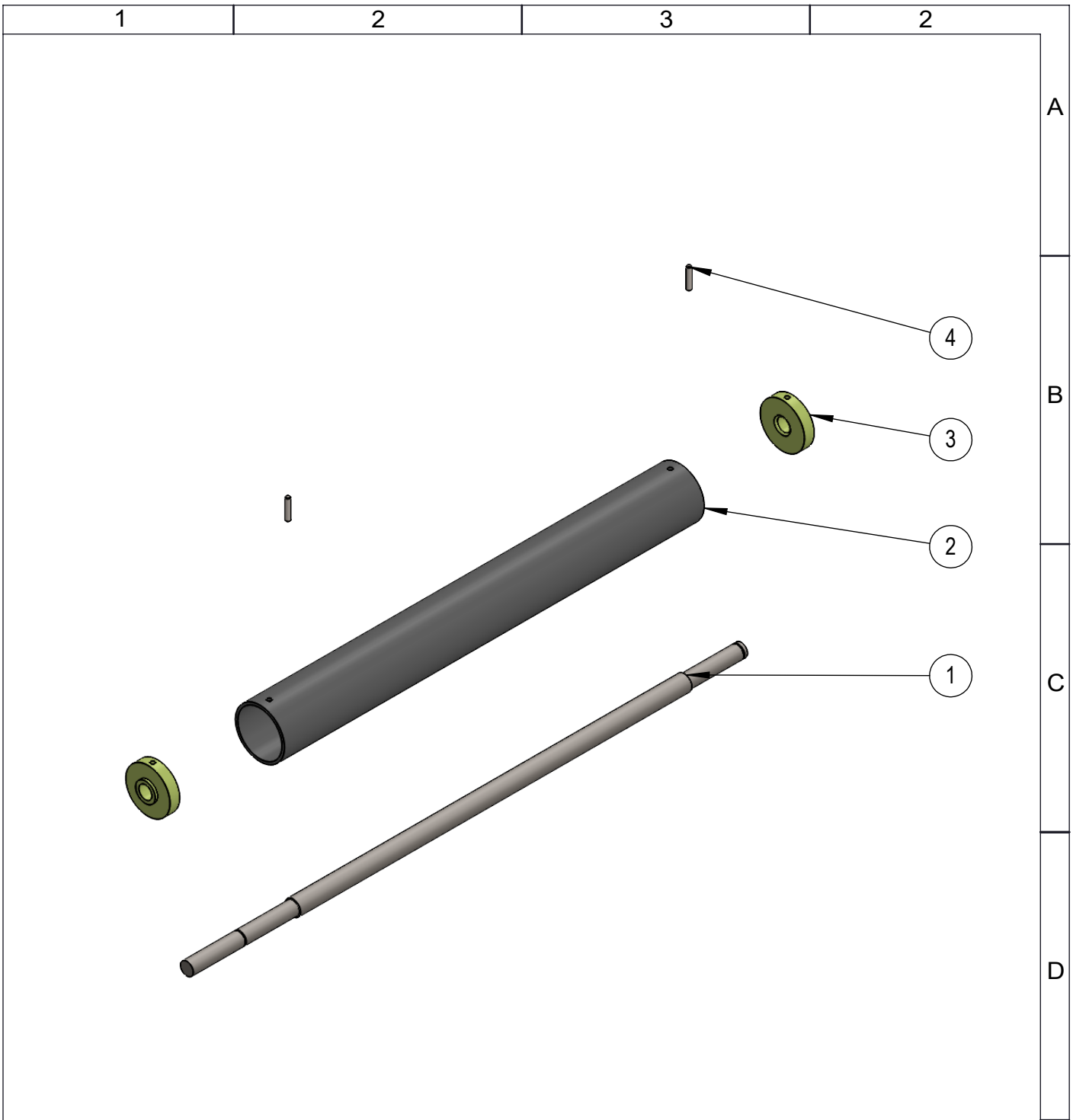
NOTA: Toda las perforaciones del bastidor inclinado son las mismas que se especifica en el Detalle E, además, el ángulo de inclinación es la misma en los extremos.



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:8	
PARTE: PERFIL PERFORADO				TOLERANCIA: ± 1	
CÓDIGO: CP-M25-0101					
MATERIAL:	AISI 1008	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025	HOJA 4/24 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025	
RECUBRIMIENTO:	ANTICORROSIVO	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025	
CANTIDAD:	2	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025	

FICA

CIME



NOTA: El eje principal solo se ensambla en el rodillo principal de tercera, los demás rodillos de tercera se ensambla con el eje secundario.

4	ISO 4026 - M5 x 25	2		Prisionero
3	Tapa rodillo 60	2	CP-M25-0102-3	
2	Tubo 60	1	CP-M25-0102-2	Tubo estándar PVC
1	Eje principal	1	CP-M25-0102-1	Acero de transmisión
N.º	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	OBSERVACIÓN

	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS			ESCALA 1:5 	
	CONJUNTO: Rodillo de Tercera				
	CÓDIGO: CP-M25-0102				
	PESO:	1,77 kg	DISEÑO:	CHANO B. 12/8/2025	HOJA 5/24 A4
	LARGO:	720 mm	DIBUJÓ:	CHANO B. 15/8/2025	
ANCHO:	60 mm	REVISÓ:	OJEDA D. 11/9/2025		
ALTO:	60 mm	APROBÓ:	VALENCIA F. 19/9/2025		
FICA	CIME				

1

2

3

2

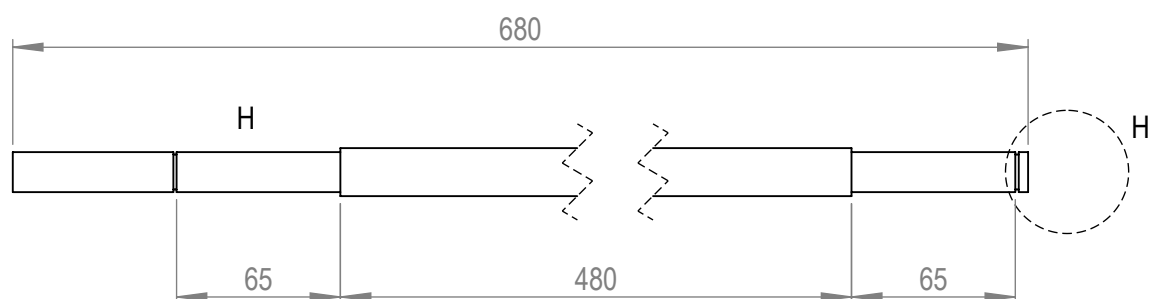
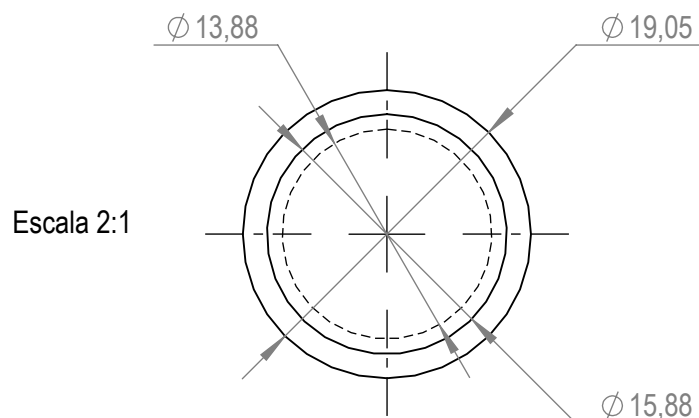
A

B

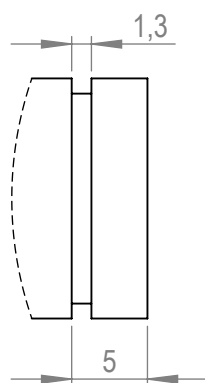
C

D

E



DETALLE H
ESCALA 2 : 1



NOTA: Ambas ranuras son de la misma medida.



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:5



PARTE: EJE PRINCIPAL

CÓDIGO: CP-M25-0102-1

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: AISI 1018

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 1

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

HOJA
6/24
A4

FICA

CIME

1

2

3

2

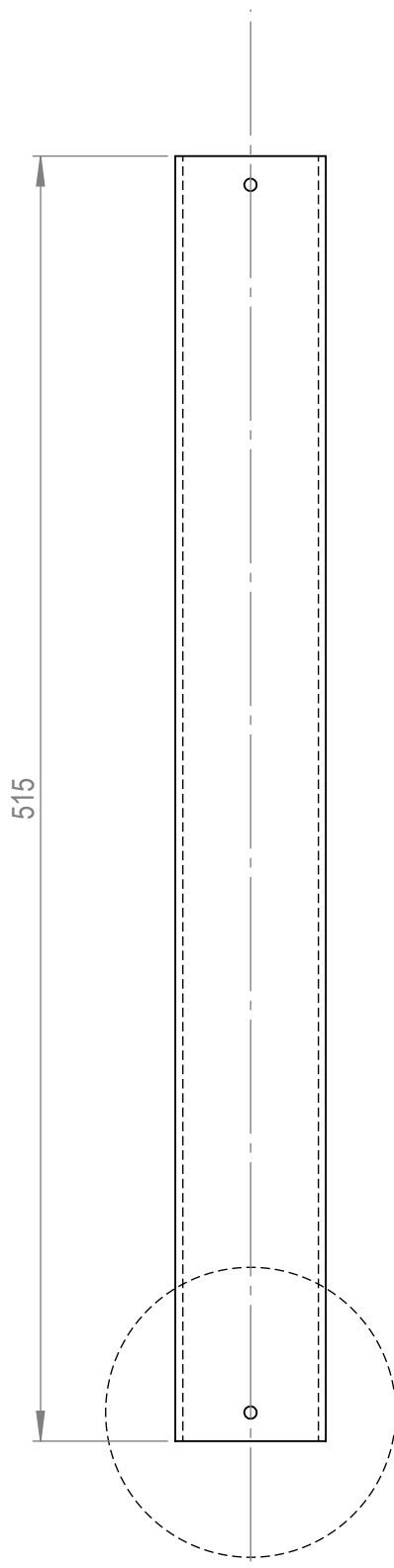
A

B

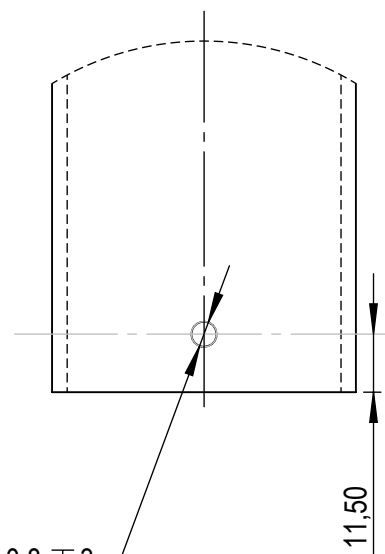
C

D

E



DETALLE I
ESCALA 2 : 3



2x $\varnothing 4 \nabla 30$ M5x0.8 $\nabla 3$

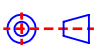
11,50

NOTA: Tubo estándar de PVC 60,32 x3



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:5



PARTE: TUBO 60

CÓDIGO: CP-M25-0102-2

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: PVC

DISEÑO: CHANO B.

12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B.

15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D.

11/9/2025

CANTIDAD: 6

APROBÓ: VALENCIA F.

19/9/2025

HOJA
7/24
A4

FICA

CIME

1

2

3

2

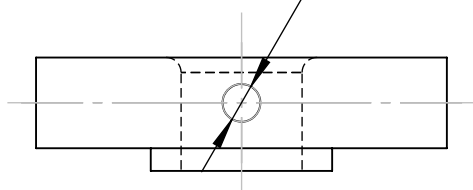
A

B

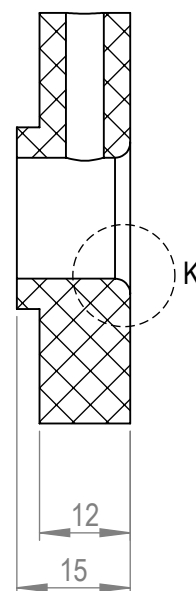
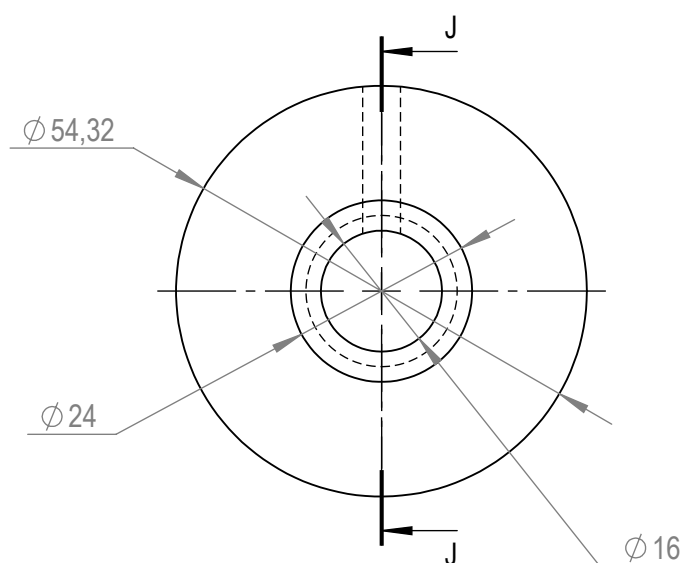
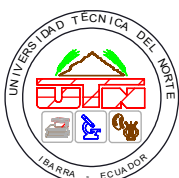
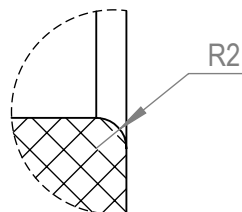
C

D

E

 $\varnothing 4 \downarrow 20 \text{ M5x0.8} \downarrow 20$


SECCIÓN J-J


 DETALLE K
 ESCALA 2 : 1


PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:1

PARTE: TAPA RODILLO 60

CÓDIGO: CP-M25-0102-3

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: NYLON

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

HOJA
8/24
A4

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

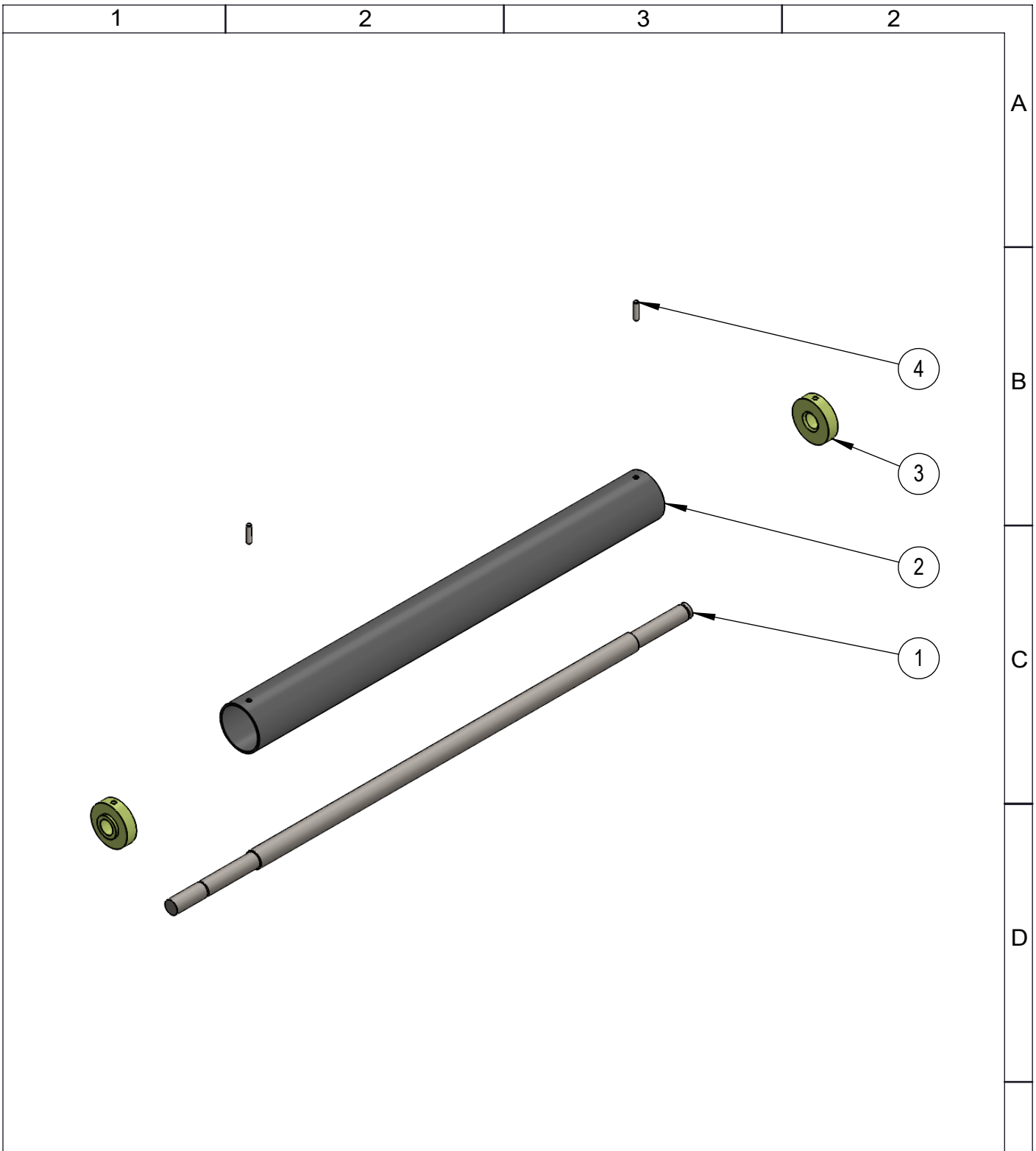
REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

FICA



CIME

CANTIDAD: 12

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025



4	ISO 4026 - M5 x 25	2		Prisionero
3	Tapa rodillo 50	2	CP-M25-0104-3	
2	Tubo 50	1	CP-M25-0104-2	Tubo estándar PVC
1	Eje secundario	1	CP-M25-0104-1	Acero de transmisión
N.º	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	OBSERVACIONES

		PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS			ESCALA 1:10 	
		CONJUNTO: RODILLO DE SEGUNDA				
		CÓDIGO: CP-M25-0104			HOJA 9/24 A4	
FICA	CIME	PESO:	1,55 kg	DISEÑO:		Chano B. 12/8/2025
		LARGO:	665 mm	DIBUJÓ:		Chano B. 15/8/2025
		ANCHO:	50 mm	REVISÓ:		Ojeda D. 11/9/2025
		ALTO:	50 mm	APROBÓ:	Valencia F. 19/9/2025	

1

2

3

2

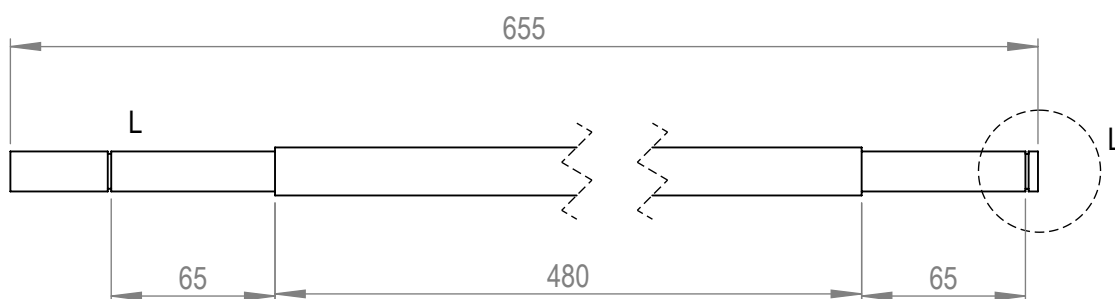
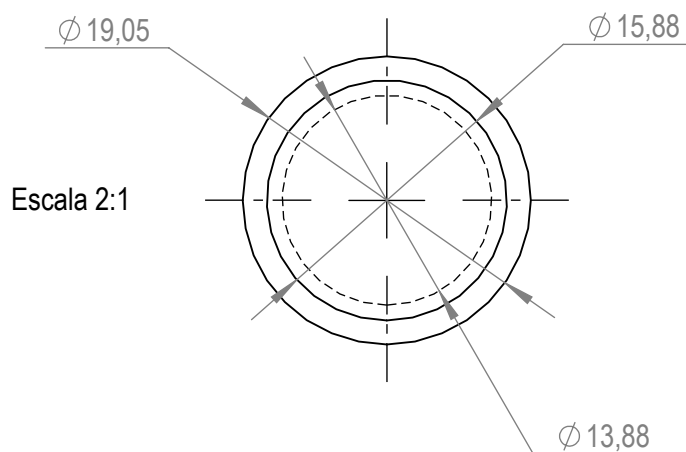
A

B

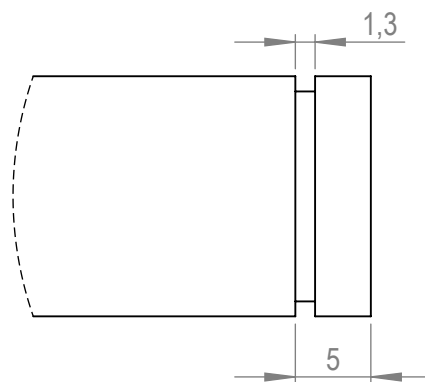
C

D

E



DETALLE L
ESCALA 2 : 1



NOTA: Ambas ranuras son de la misma medida.



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:5



PARTE: EJE SECUNDARIO

CÓDIGO: CP-M25-0104-1

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: AISI 1018

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

HOJA
10/24
A4

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 10

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

FICA

CIME

1

2

3

2

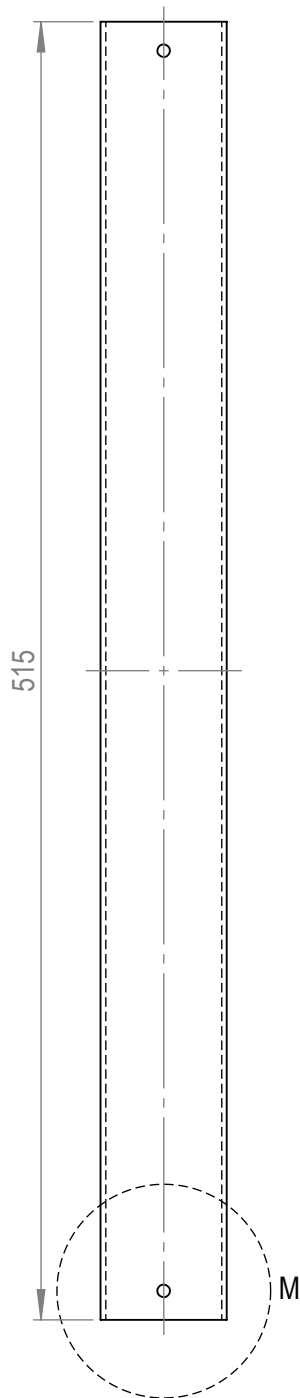
A

B

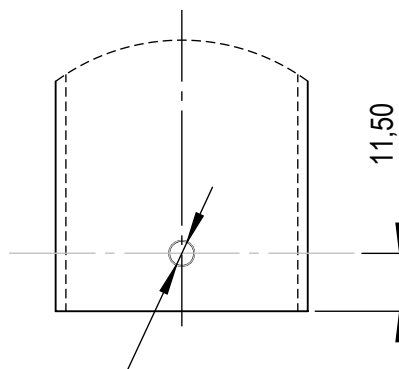
C

D

E

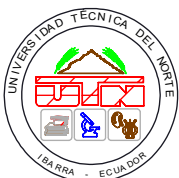


DETALLE M
ESCALA 2 : 3



2x $\varnothing 4 \nabla 2$ M5x0.8 $\nabla 2$

NOTA: Tubo estándar de PVC 50x2



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:5



PARTE: TUBO 50

CÓDIGO: CP-M25-0104-2

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: PVC

DISEÑÓ: CHANO B.

12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B.

15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D.

11/9/2025

CANTIDAD: 5

APROBÓ: VALENCIA F.

19/9/2025

HOJA
11/24
A4

FICA

CIME

1

2

3

2

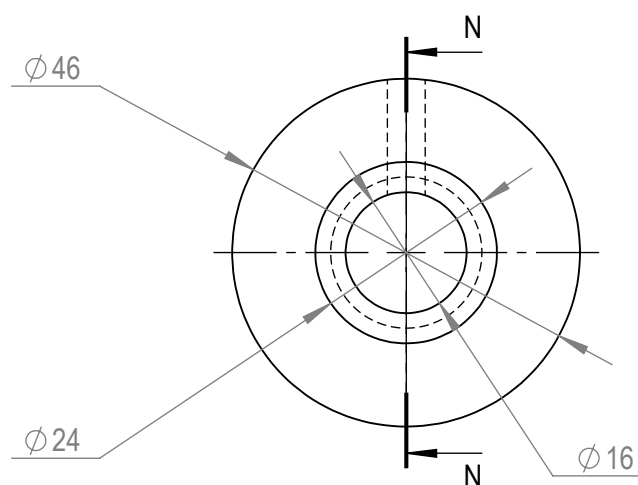
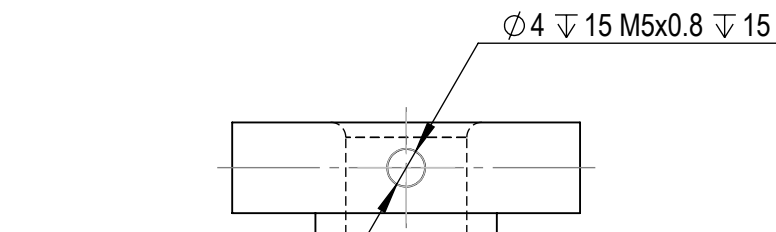
A

B

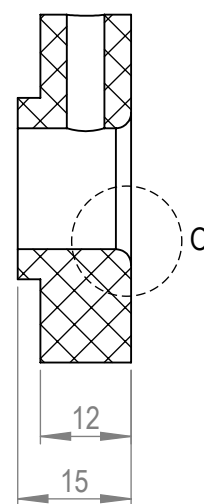
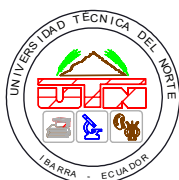
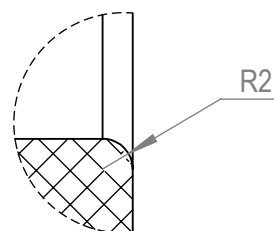
C

D

E



SECCIÓN N-N

DETALLE O
ESCALA 2 : 1

PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:1

PARTE: TAPA RODILLO 50

CÓDIGO: CP-M25-0104-3

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: NYLON

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

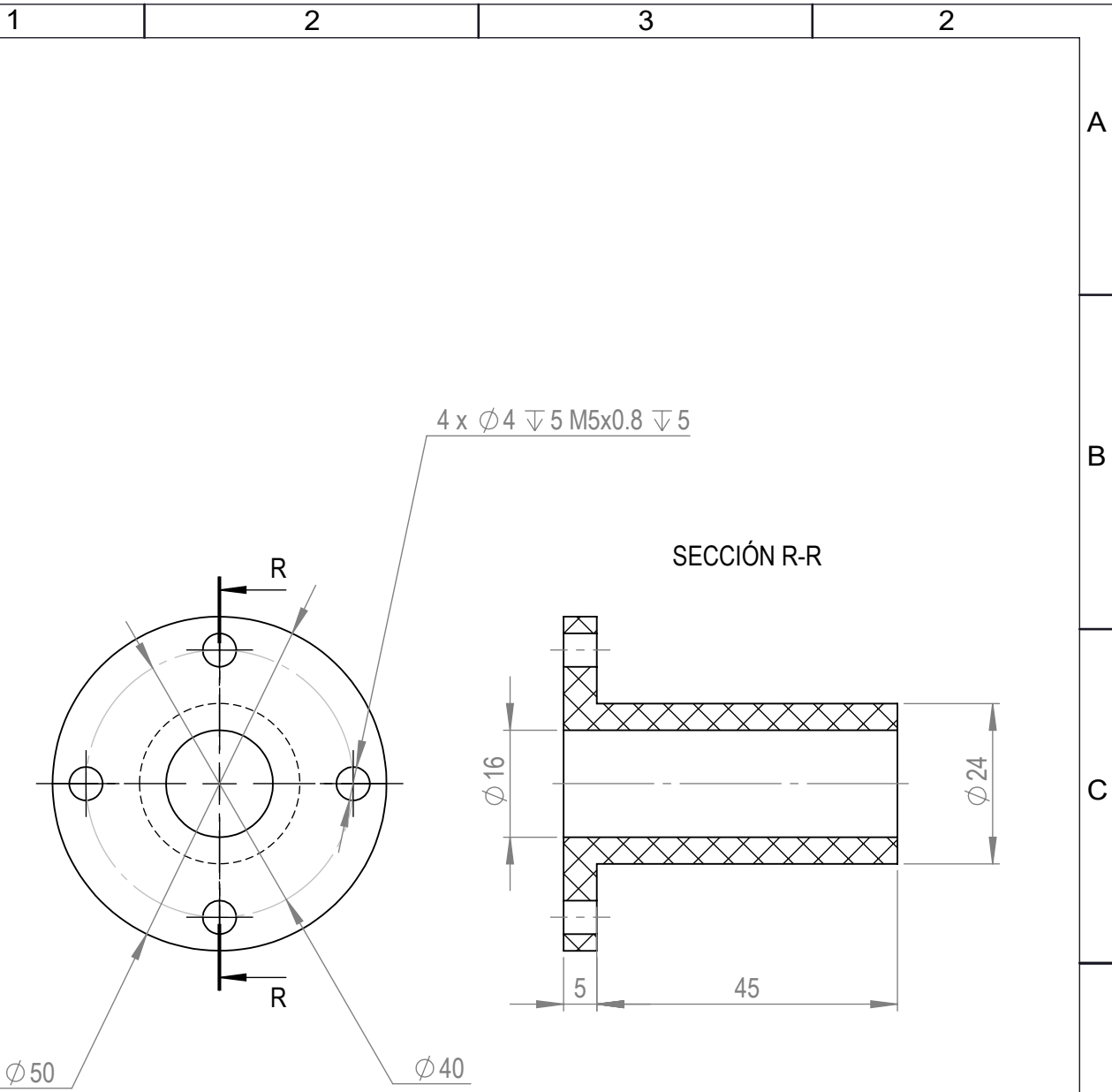
CANTIDAD: 10



APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

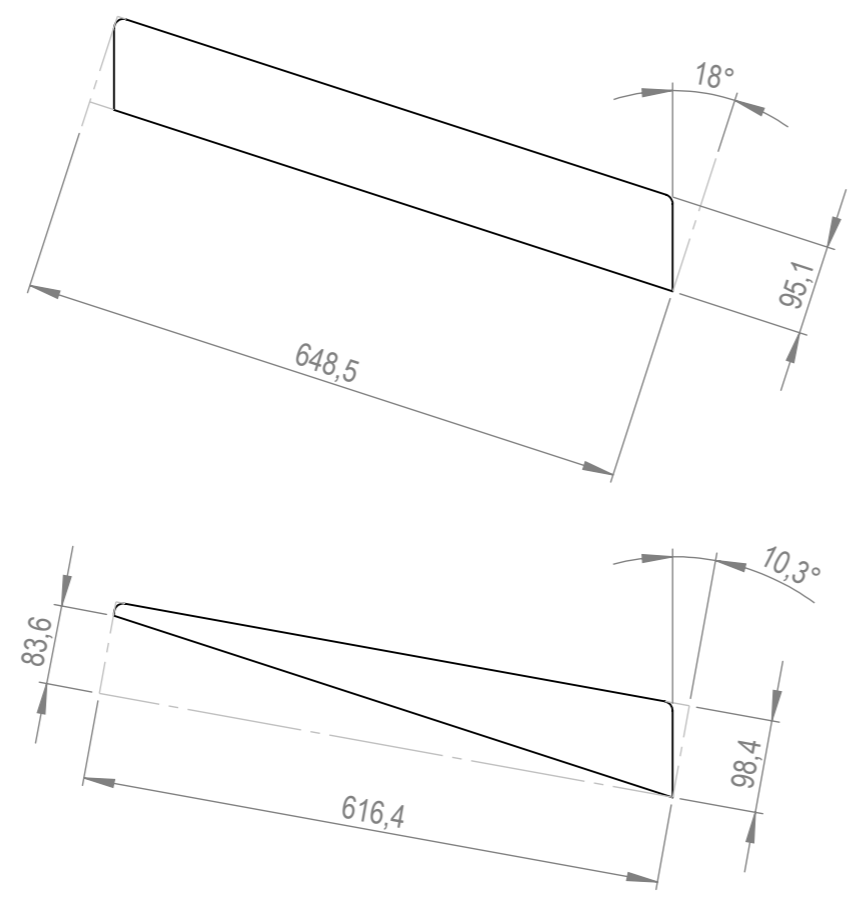
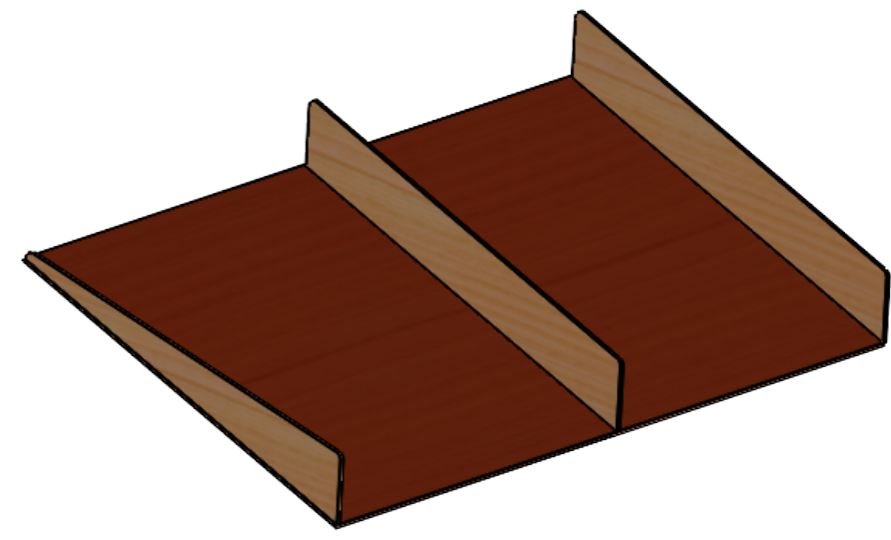
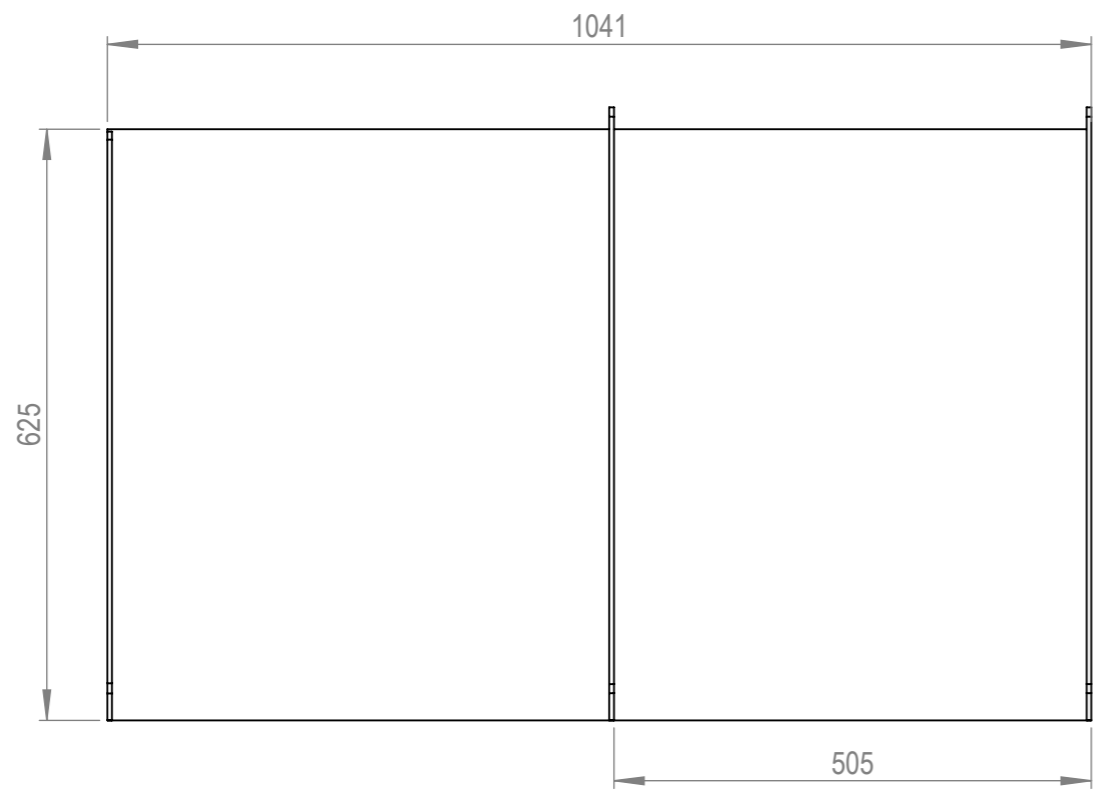
HOJA
12/24
A4

FICA


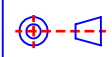
CIME



	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:1	
	PARTE: BUJE BRIDA					
	CÓDIGO: CP-M25-0105				TOLERANCIA: ±1	
	MATERIAL:	NYLON	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025	HOJA 13/24 A4
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025		
CANTIDAD:	22	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025		
FICA	CIME					



NOTA: Los redondeos son de R10

	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:10		
	PARTE: BANDEJA RECEPCIÓN				TOLERANCIA: ±1		
	CÓDIGO: CP-M25-0002						
	MATERIAL:	MADERA / Acero inox.	DISEÑO:	CHANO B.		12/8/2025	HOJA 14/24 A3
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CHANO B.		15/8/2025	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025			
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025			
FICA	CIME						

1

2

3

2

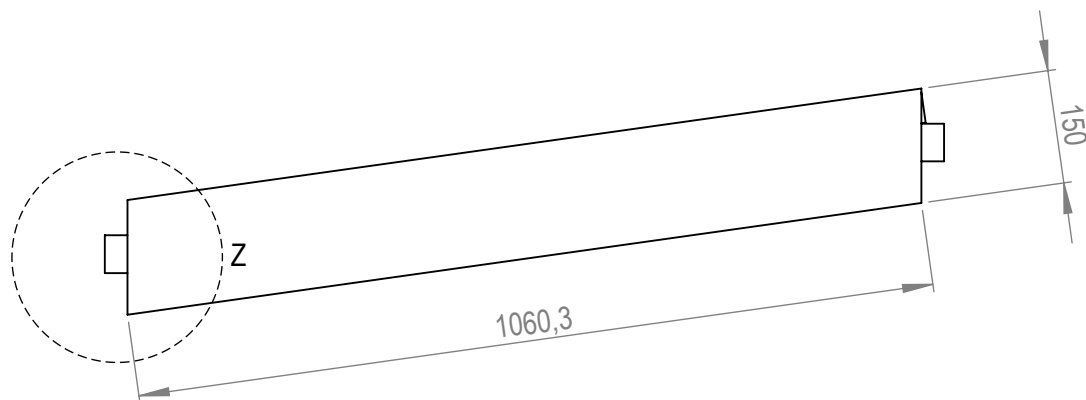
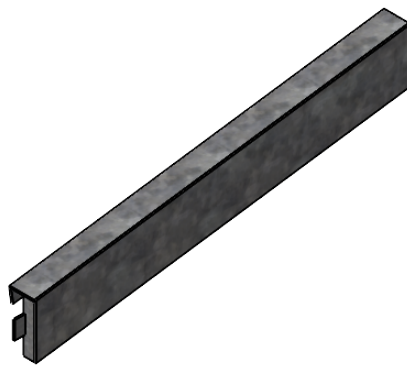
A

B

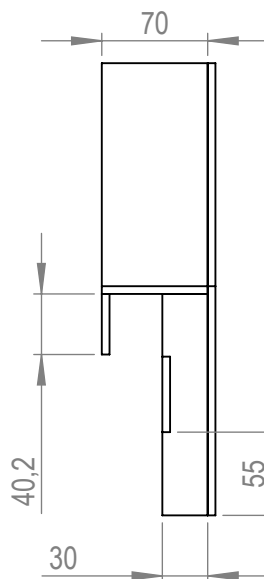
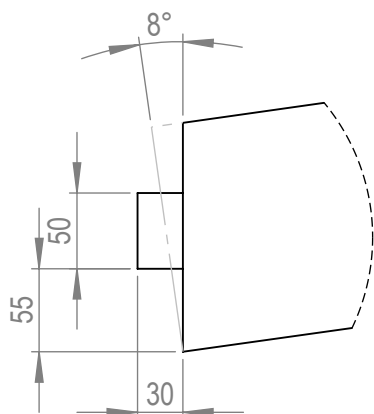
C

D

E



DETALLE Z
ESCALA 1 : 5



NOTA: Todo las piezas son de madera de 5mm de espesor



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10



PARTE: TAPA DERECHA

CÓDIGO: CP-M25-0003

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: MADERA / Acero inox.

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 1

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

HOJA
15/24
A4

FICA

CIME

1

2

3

2

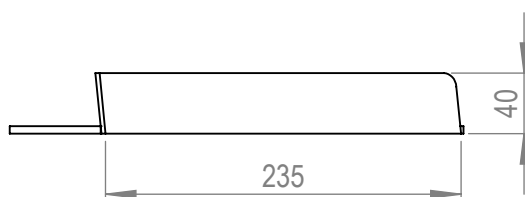
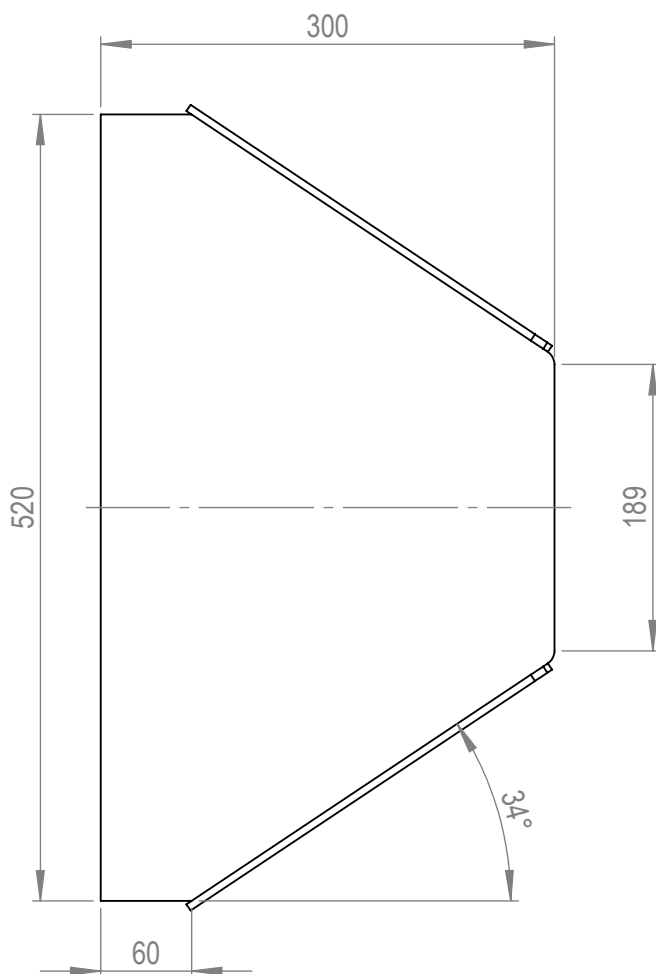
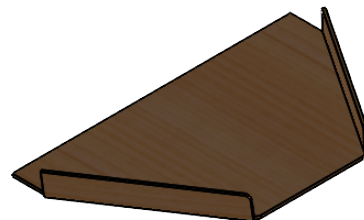
A

B

C

D

E



NOTA: Todos los redondeos son de R10



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10



PARTE: BANDEJA PRIMERA

CÓDIGO: CP-M25-0004

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: MADERA / Acero inox.

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 1

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

FICA

CIME

HOJA
16/24
A4

1

2

3

2

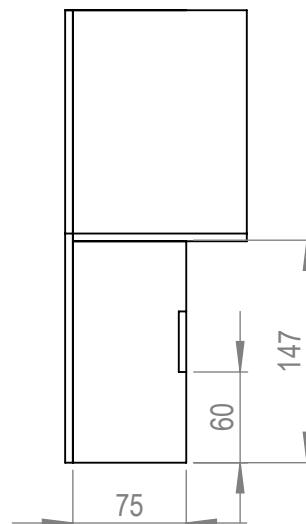
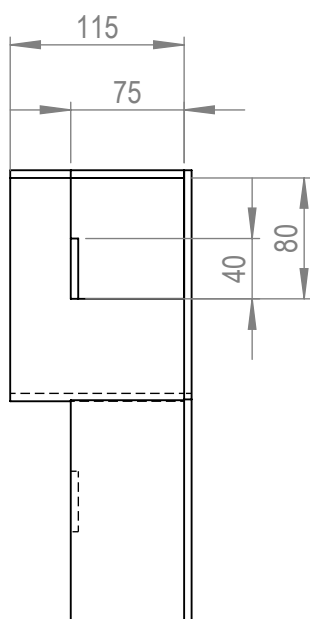
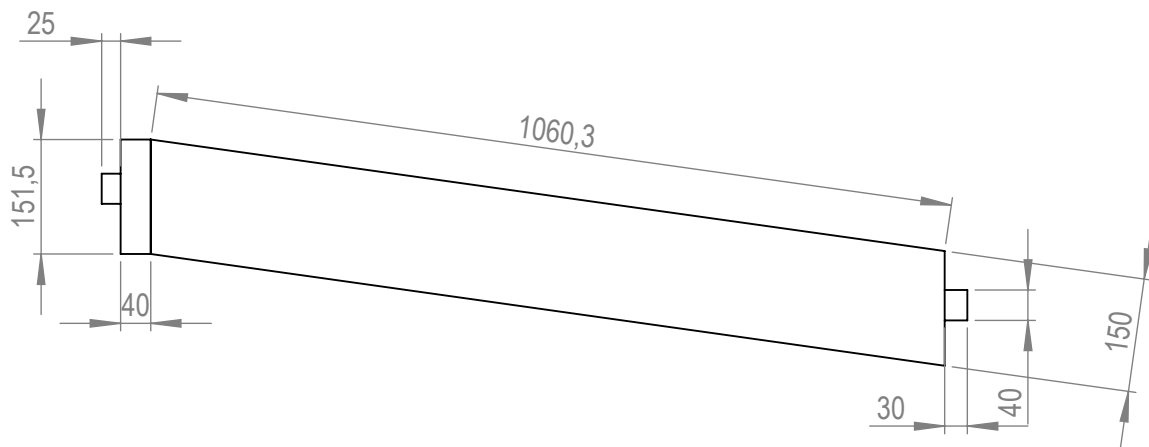
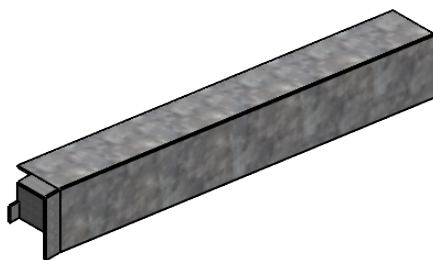
A

B

C

D

E



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA

1:10



PARTE: TAPA IZQUIERDA

CÓDIGO: CP-M25-0006

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: MADERA / Acero inox.

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

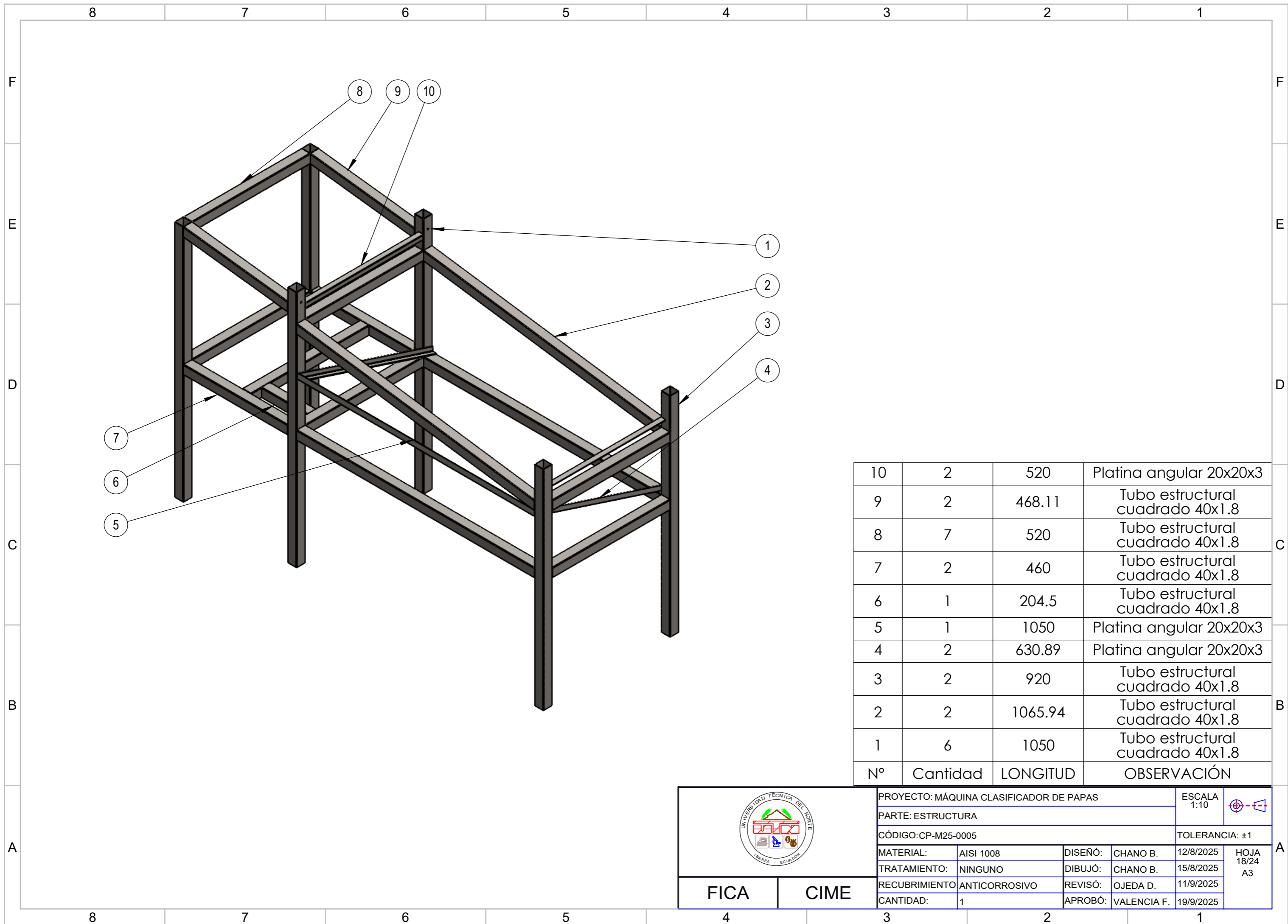
CANTIDAD: 1

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

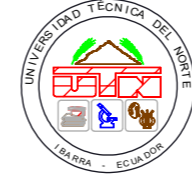
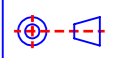
HOJA
17/24
A4

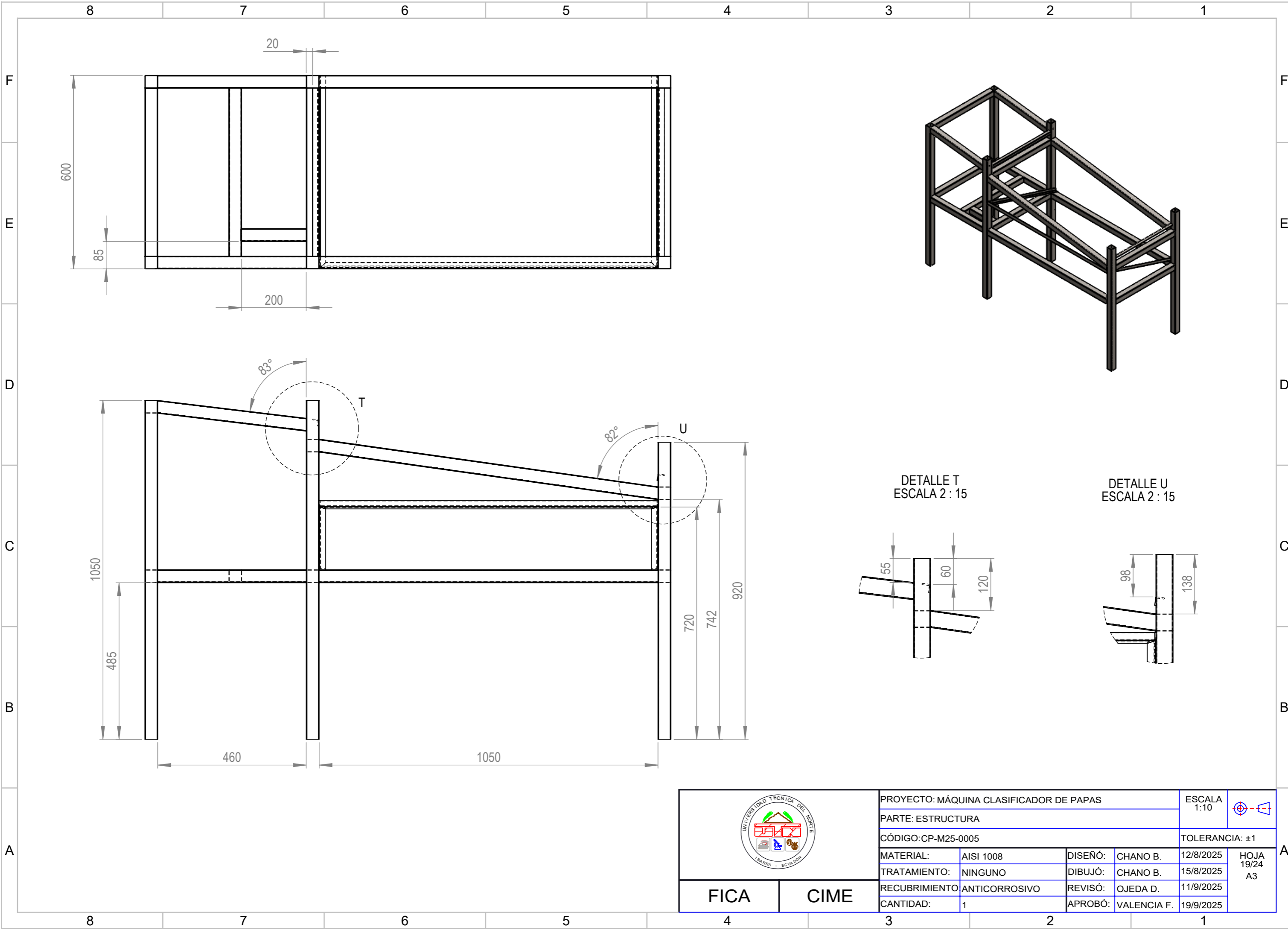
FICA



CIME



10	2	520	Platina angular 20x20x3
9	2	468.11	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
8	7	520	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
7	2	460	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
6	1	204.5	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
5	1	1050	Platina angular 20x20x3
4	2	630.89	Platina angular 20x20x3
3	2	920	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
2	2	1065.94	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
1	6	1050	Tubo estructural cuadrado 40x1.8
Nº	Cantidad	LONGITUD	OBSERVACIÓN

	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS			ESCALA 1:10		
	PARTE: ESTRUCTURA					
	CÓDIGO: CP-M25-0005			TOLERANCIA: ±1		
	MATERIAL:	AISI 1008	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025	HOJA 18/24 A3
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025	
RECUBRIMIENTO:	ANTICORROSIVO	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025		
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025		
FICA	CIME					



	PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS				ESCALA 1:10	
	PARTE: ESTRUCTURA					
	CÓDIGO: CP-M25-0005				TOLERANCIA: ±1	
	MATERIAL:	AISI 1008	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025	HOJA 19/24 A3
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025	
RECUBRIMIENTO:	ANTICORROSIVO	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025		
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025		

FICA

CIME

1

2

3

2

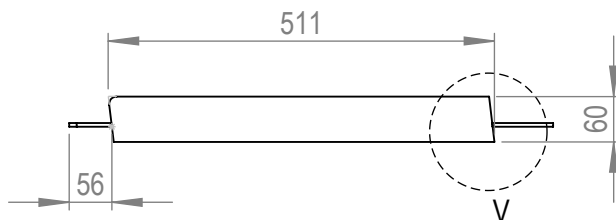
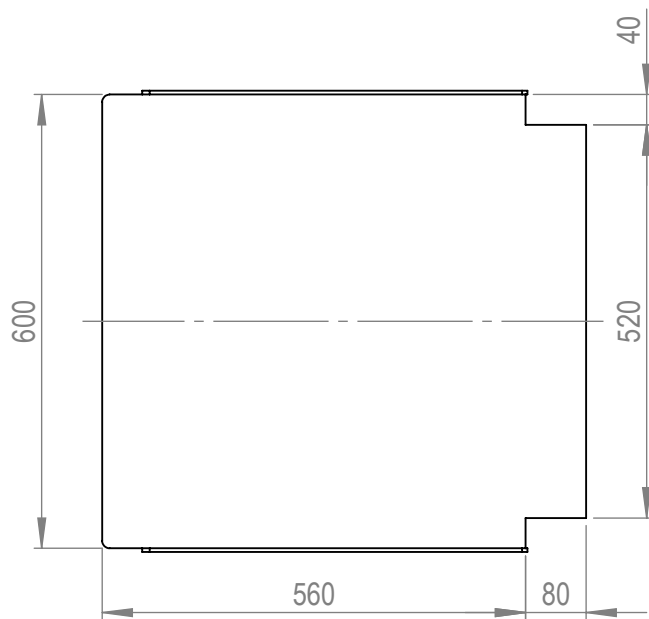
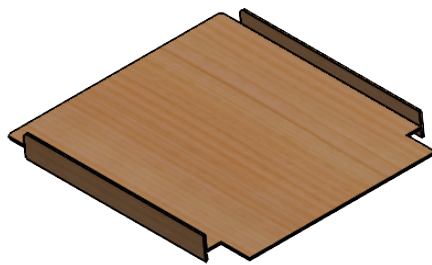
A

B

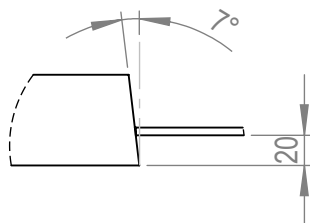
C

D

E



DETALLE V
ESCALA 1 : 5



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10



PARTE: TOLVA

CÓDIGO: CP-M25-0007

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: Madera / Acero inox.

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

RECUBRIMIENTO: ANTICORROSIVO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 1

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

FICA

CIME

HOJA
20/24
A4

1

2

3

2

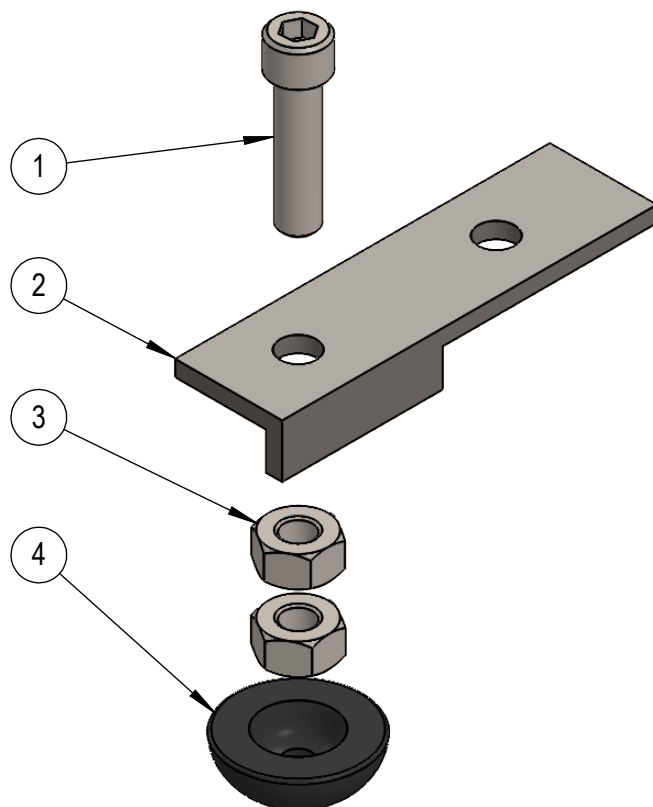
A

B

C

D

E



4	Goma del tensor	1	CP-M25-0802	
3	ISO 4032 - M6	2		Tuerca hexagonal
2	Base del tensor	1	CP-M25-0801	Platina angular 20x20x3
1	ISO 4762 - M6 x1.0 x 20	1		Cabeza cilíndrica hexágono interior
N.º	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	OBSERVACIONES



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

CONJUNTO: TENSOR

CÓDIGO: CP-M25-08

PESO:	40,8 g	DISEÑO:	CHANO B.	12/8/2025
LARGO:	70 mm	DIBUJÓ:	CHANO B.	15/8/2025
ANCHO:	20 mm	REVISÓ:	OJEDA D.	11/9/2025
ALTO:	32 mm	APROBÓ:	VALENCIA F.	19/9/2025

ESCALA
1:10HOJA
21/24
A4

FICA

CIME

1

2

3

2

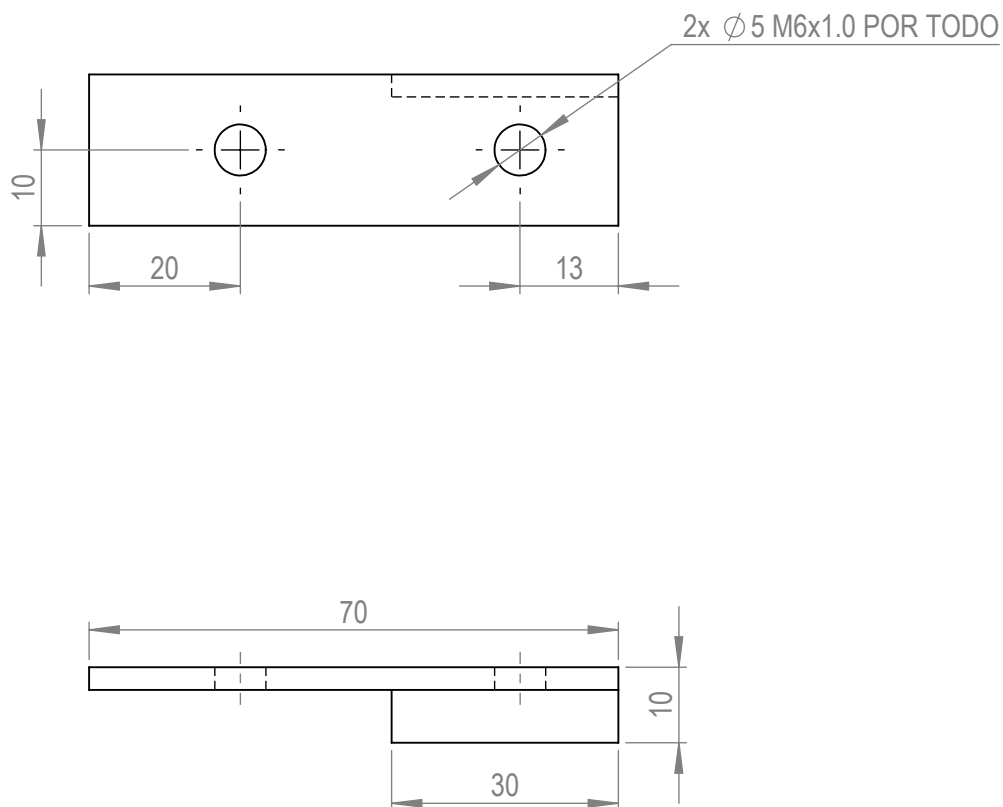
A

B

C

D

E



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10

PARTE: BASE DE TENSOR

CÓDIGO: CP-M25-0801

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: ASTM A36

DISEÑO: CHANO B. 12/8/2025

HOJA
22/24
A4

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B. 15/8/2025

FICA

CIME

RECUBRIMIENTO: ANTICORROSIVO

REVISÓ: OJEDA D. 11/9/2025

CANTIDAD: 4

APROBÓ: VALENCIA F. 19/9/2025

1

2

3

2

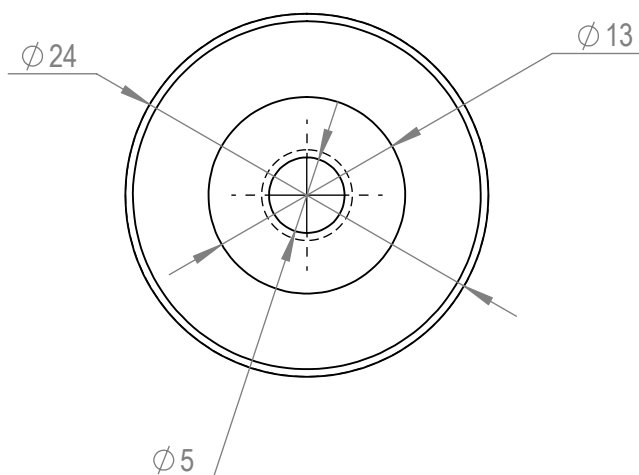
A

B

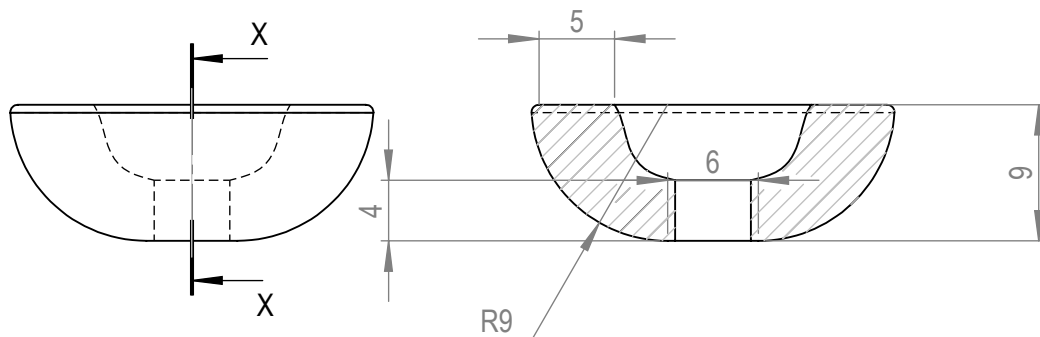
C

D

E



SECCIÓN X-X



NOTA: Todos los redondeos son de R0.5



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10



PARTE: GOMA DEL TENSOR

CÓDIGO: CP-M25-0802

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: NYLON

DISEÑO: CHANO B.

12/8/2025

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B.

15/8/2025

RECUBRIMIENTO: ANTICORROSIVO

REVISÓ: OJEDA D.

11/9/2025

CANTIDAD: 4

APROBÓ: VALENCIA F.

19/9/2025

FICA

CIME

HOJA
23/24
A4

1

2

3

2

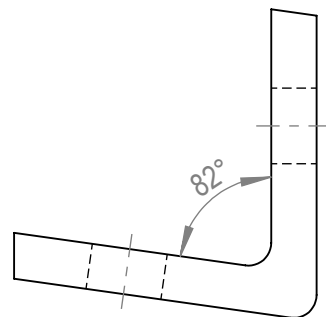
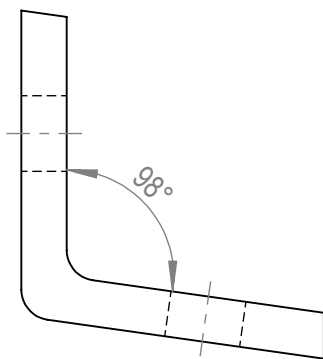
A

B

C

D

E



NOTA: Todas las perforaciones son iguales, tanto en las ubicaciones como en el machuelado.



PROYECTO: MÁQUINA CLASIFICADOR DE PAPAS

ESCALA
1:10



PARTE: SUJECIÓN

CÓDIGO: CP-M25-0009

TOLERANCIA: ± 1

MATERIAL: ASTM A36

DISEÑO: CHANO B.

12/8/2025

HOJA
24/24
A4

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: CHANO B.

15/8/2025

FICA

CIME

RECUBRIMIENTO: ANTICORROSIVO

REVISÓ: OJEDA D.

11/9/2025

CANTIDAD: 2

APROBÓ: VALENCIA F.

19/9/2025