



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

“MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ DURO”

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

Línea de investigación: Producción industrial y tecnología sostenible

Autor:

Lenin Daniel Guerra Goyes

Director:

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

Asesor:

Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre MSc.

Ibarra, Ecuador 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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:	0401831581		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guerra Goyes Lenin Daniel		
DIRECCIÓN:	Bolívar – Carchi		
EMAIL:	lenin99g@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2287505	TELÉFONO MÓVIL:	0997526176

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ DURO
AUTOR (ES):	Lenin Daniel Guerra Goyes
FECHA: DD/MM/AAAA	31/07/2025
PROGRAMA:	☒ GRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

CONSTANCIAS

El autor manifiesta 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 titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de julio de 2025

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Lenin Daniel Guerra Goyes

CI.: 0401831581



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

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

Ibarra, 31 de julio de 2025

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

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) 
Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.
C.C.: 1719188029



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

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ DURO” elaborado por LENIN DANIEL GUERRA GOYES, 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)


Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.
C.C.: 1719188029

(f)


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

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, mis padres, familia y a cada una de las personas que me acompañaron en cada una de mis etapas de formación profesional, por aquellos consejos y ayuda oportuna que supieron brindar, Dios les pagué.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica, en especial a los Ings. Víctor Erazo, Fernando Valencia, Marco Ciaccia, David Ojeda y Brizeida Gámez, por su dedicación en la formación de profesionales.

RESUMEN

El maíz duro es un cultivo de importancia en algunas zonas de la provincia de Imbabura, siendo una materia prima fundamental en la elaboración de distintos concentrados utilizados en la crianza y producción animal. En algunos centros de producción, el proceso de desgranado presenta diversas complicaciones que afectan la salud de los trabajadores, la calidad del grano y aumentan los costos de producción, lo que resulta perjudicial tanto para la economía como para el bienestar de los productores. Como alternativa para facilitar el proceso de desgranado, se presenta el desarrollo una máquina desgranadora de maíz duro, dado lo anterior se llevó a cabo la revisión de información necesaria y levantamiento de datos en las zonas productivas de Imbabura, identificando las necesidades y exigencias de los usuarios. A partir del análisis mediante la metodología QFD, se definieron los parámetros de diseño y los requerimientos técnicos para el desarrollo de alternativas factibles. Posteriormente, se construyó un prototipo funcional capaz de desgranar sin dañar los granos y tuzas; complementario a esto, los datos obtenidos registraron tiempos, capacidades y condiciones de calibración para el correcto funcionamiento del dispositivo. En la etapa final del diseño mecánico, el desarrollo de la simulación de algunos elementos de la desgranadora permitió la comparativa, validación y posterior representación de planos.

Palabras clave: desgranado, maíz duro, parámetros de diseño, tuzas.

ABSTRACT

Hard corn is an important crop in some areas of the province of Imbabura, being a fundamental raw material in the production of various concentrates used in animal breeding and production. In some production centers, the shelling process presents various complications that affect the health of workers, the quality of the grain and increase production costs, which is detrimental to both the economy and the welfare of producers. As an alternative to facilitate the shelling process, the development of a hard corn shelling machine is presented, given the above, a review of the necessary information and data collection in the productive zones of Imbabura was carried out, identifying the needs and demands of the users. Based on the analysis using the QFD methodology, the design parameters and technical requirements for the development of feasible alternatives were defined. Subsequently, a functional prototype capable of shelling without damaging the grains and gophers; complementary to this, the data obtained recorded times, capacities and calibration conditions for the correct operation of the device. In the final stage of the mechanical design, the development of the simulation of certain elements of the shelling machine allowed the comparison and validation of the functionality of the equipment and the subsequent representation of plans, process sheets and handling instructions.

Keywords: shelled, hard corn, design parameters, gophers.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
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.....	1
1.2.1 Objetivo General.....	1
1.2.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Alcance y delimitación	2
1.4 Justificación	2
CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Marco teórico	4
2.2.1 Dureza del grano de maíz	6

2.2.2	Humedad en el grano.....	6
2.3	Desgranado	7
2.3.1	Desgranado manual	7
2.3.2	Desgranado o trilla mecanizada.....	7
2.4	Reglamento de comercialización	7
2.5	Manipulación de cargas manuales	7
2.6	Matriz QFD	9
2.7	Fuerzas sobre las poleas.....	9
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO		10
3.1	Enfoque y tipos de investigación	10
3.2	Diseño de la Investigación	10
3.2.1	Fase 1: Determinación de los parámetros funcionales de la desgranadora de maíz, basado en un prototipo del sistema de desgranado.....	11
3.2.2	Fase 2: Diseño de una máquina que cumpla con los requisitos determinados.	11
3.2.3	Fase 3: Validación del diseño propuesto a través de técnicas de simulación numérica	12
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS		13
4.1	Requerimiento de los usuarios	13
4.2	Análisis modular	1
4.2.1	Análisis de alternativas para módulo 1	2
4.2.2	Determinación y elección de la mejor alternativa	2
4.2.3	Análisis de solución para módulo 3.....	8
4.2.4	Análisis de solución para módulo 4.....	11
4.2.5	Transmisión de potencia.....	13
4.3	Cálculos espesor de placas metálicas.....	19

4.4	Diseño mecánico de la propuesta.....	20
4.4.1	Configuración del eje.....	21
4.4.2	Configuración de transmisión de torque.....	21
4.4.3	Selección de correas	22
4.5	Simulación de eje.....	29
4.6	Diseño aspa desgranadora.....	32
4.6.1	Simulación de aspas desgranadores.....	34
4.7	Simulación bastidor	36
4.8	Parte experimental	37
4.8.1	Medición del parámetro de humedad	38
4.9	Prototipado.....	40
4.10	Costos de equipos y materiales.....	42
4.10.1	Costos operaciones de manufactura	43
4.10.2	Costos de fabricación por concepto de ensamblaje	43
4.10.3	Costo de la fabricación de la máquina desgranadora	44
	Conclusiones.....	45
	Recomendaciones	46
	Referencias	47
	Anexos.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Morfología del grano de maíz.....	5
Fig. 2.2 Morfología de mazorca de maíz.....	6
Fig. 2.3 Elevación de peso teórico según normativa.....	8
Fig. 2.4 Ciclo de elevación de bultos.....	8
Fig. 2.5 Cargas en las poleas en V.....	9
Fig. 3.1 Esquema modelo de investigación.....	10
Fig. 4.1 Diagrama de Funciones Nivel 0.....	13
Fig. 4.2 Diagrama de Funciones Nivel 2.....	1
Fig. 4.3 Diagrama de Funciones Nivel 2.....	1
Fig. 4.4 Tolva piramidal.....	2
Fig. 4.5 Tolva tronco piramidal.....	2
Fig. 4.6 Tolva en voladizo.....	2
Fig. 4.7 Cilindro desgranador.....	4
Fig. 4.8 Cilindro con aleta y dados.....	5
Fig. 4.9 Aspas con trayectoria helicoidal.....	5
Fig. 4.10 Criba circular.....	9
Fig. 4.11 Criba lineal vibratoria.....	9
Fig. 4.12 Criba.....	9
Fig. 4.13 Motor diesel.....	16
Fig. 4.14 Motor gasolina.....	16
Fig. 4.15 Piñones y cadenas.....	16
Fig. 4.16 Correas y poleas.....	16
Fig. 4.17 Ruedas dentadas.....	16

Fig. 4.18 Solución de alternativa del análisis modular.....	17
Fig. 4.19 Vista explosionada de solución ganadora.	18
Fig. 4.20 Tolva piramidal en chapa metálica.....	20
Fig. 4.21 Esquema de configuración del eje.....	21
Fig. 4.22 Esquema de cargas aplicadas al eje.....	25
Fig. 4.23 DCL resuelto.	25
Fig. 4.24 Diagrama de momento flector en el eje.	26
Fig. 4.25 Simulación del eje.	30
Fig. 4.26 Análisis convergencia eje.....	31
Fig. 4.27 Factor de seguridad eje.....	32
Fig. 4.28 Carga aplicada sobre aspa desgranadora.....	32
Fig. 4.29 DCL de aspa desgranadora.....	33
Fig. 4.30 Diagrama de momento flector.....	33
Fig. 4.31 Simulación de aspa desgranadora.	34
Fig. 4.32 Análisis convergencia aspa desgranadora.	35
Fig. 4.33 Perfil aspa desgranadora.....	36
Fig. 4.34 Factor de seguridad bastidor.	37
Fig. 4.35 Diagrama de flujo experimental.....	37
Fig. 4.36 Fuerza promedio arranque de grano.....	38
Fig. 4.37 Tiempo de desgranado con el prototipo.	39
Fig. 4.38 Modelo 3 D mecanismo de desgranado.	40
Fig. 4.39 Prototipado del mecanismo.	40
Fig. 4.40 Falló de contenedor del prototipo.....	41
Fig. 4.41 Materiales del prototipo 2.0.	41

Fig. 4.42 Prototipo desgranadora 2.0.....	42
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Módulos de la desgranadora de maíz duro.	1
Tabla 4.2. Alternativas solución módulo 1.	2
Tabla 4.3. Determinación de criterios módulo 1.	2
Tabla 4.4. Valoración de criterio “Costo”.	3
Tabla 4.5 Valoración criterio “Mantenimiento”.	3
Tabla 4.6 Valoración criterio “Capacidad”.	3
Tabla 4.7 Valoración criterio "Seguridad".	3
Tabla 4.8 Resultados evaluación de criterios modulo 1.	4
Tabla 4.9 Matriz morfológica del módulo.	5
Tabla 4.10 Criterios evaluadores en el módulo 2.	6
Tabla 4.11 Valoración criterio "Costo".	6
Tabla 4.12 Valoración criterio "Mantenimiento".	6
Tabla 4.13 Valoración criterio "Capacidad".	7
Tabla 4.14 Valoración criterio "Liviano".	7
Tabla 4.15 Valoración criterio "Compacto".	7
Tabla 4.16 Resultados de módulo 2.	8
Tabla 4.17. Matriz morfológica limpieza.	9
Tabla 4.18 Criterios de evaluación Módulo 3.	9
Tabla 4.19 Valoración de criterio "Costo".	9
Tabla 4.20 Valoración criterio "Mantenimiento".	10
Tabla 4.21 Valoración criterio "Compacto".	10
Tabla 4.22. Valoración criterio "Capacidad".	10
Tabla 4.23 Resultados de evaluación de criterios módulo 3.	10

Tabla 4.24	Criterios de evaluación para transmisión de potencia.	11
Tabla 4.25	Evaluación criterio “Movilidad”.	12
Tabla 4.26	Criterio de evaluación "Mantenimiento".	12
Tabla 4.27	Evaluación de criterio "Liviano".	12
Tabla 4.28	Valoración criterio “Silencioso”.	12
Tabla 4.29	Valoración de criterio "Costo".	13
Tabla 4.30	Resultado de la valoración de criterios.	13
Tabla 4.31.	Criterios de valoración de potencia	14
Tabla 4.32.	Valoración de criterio "Costo"	14
Tabla 4.33	Valoración de criterio " Mantenimiento".	15
Tabla 4.34	Valoración de criterio "Liviano".	15
Tabla 4.35	Evaluación de criterio “Resistencia al ambiente ”.	15
Tabla 4.36	Resultados de la valoración de los criterios para la transmisión de potencia....	16
Tabla 4.37	Matriz morfológica motores.	16
Tabla 4.38	Configuración de poleas	23
Tabla 4.39	Parámetros y cálculos de concentradores de esfuerzo	27
Tabla 4.40	Factores que modifican la resistencia a la fatiga.	28
Tabla 4.41	Datos de la simulación del eje.	30
Tabla 4.42	Datos de la simulación del dedo desgranador.	34
Tabla 4.43	Medición porcentaje de humedad.....	38
Tabla 4.44	Comparativas de masa de granos defectuosos.....	39
Tabla 4.45.	Costos por concepto de compra de equipos y materia prima.	42
Tabla 4.46	Costos por concepto de operaciones de manufactura	43
Tabla 4.47	Costos asociados al ensamblaje por concepto de mano de obra.....	43

Tabla 4.48 Costo total construcción.	44
--	----

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.) sustenta la economía del sector agroindustrial, siendo materia prima en la elaboración de concentrados para la producción de fuentes de proteína animal como la porcina, avícola y derivados [1]. En el Ecuador, la superficie sembrada de cultivos transitorios en 2022 fue de 961.754 hectáreas. El maíz duro seco, representa el 38,7% de la superficie total sembrada, considerando que alrededor del 90% de la producción tiene lugar en la época lluviosa [2].

En el proceso de cosecha, se realizan actividades auxiliares como: recolección, amontonado y desgranado de las mazorcas de maíz. Estas actividades agrarias se realizan de forma manual, las personas involucradas en estas actividades manuales, como el desgranado de maíz, muestran trastornos musculoesqueléticos como: tenosinovitis y dolor de espalda, afecciones relacionadas al trabajo repetitivo propio de esta labor. Estos problemas no solo afectan a la salud de los trabajadores, sino que también tienen un impacto directo en los costos de producción de maíz duro [3].

De acuerdo con lo anterior, el grupo de investigación en sistemas inteligentes y biomédica propone el diseño de una máquina desgranadora de maíz duro.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una máquina para el desgranado de maíz duro orientado a la producción de la provincia de Imbabura.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros funcionales de la desgranadora de maíz, basado en un prototipo del sistema de desgranado.
- Diseñar una máquina que cumpla con los requisitos determinados.
- Validar el diseño propuesto a través de técnicas de simulación numérica.

1.3 Alcance y delimitación

El diseño de la máquina desgranadora de maíz duro será conceptual y se desarrollará el Diseño Experimental (DoE) de un mecanismo manual de desgranado. Se partirá del análisis de diseños de maquinarias vigentes y patentes. Con base a lo anterior, se propondrá un diseño respaldado por un enfoque funcional, basado en el Diseño para la Fabricación y Ensamblaje (DFMA). Finalmente, se simularán los esfuerzos a los cuales la máquina estará sometida y se presentará en un informe detallado, incluyendo planos de parte y conjunto.

1.4 Justificación

En Imbabura, los productores de maíz duro contemplan este cultivo como un aporte significativo en su economía. La etapa de desgranado entorpece la cadena productiva, debido al uso de procesos manuales, poco eficientes, y a la limitada accesibilidad de mecanización de esta tarea [4]. Por tal motivo, el diseño de una máquina desgranadora de maíz duro podría representar el primer avance para que los agricultores en un futuro de esta zona puedan lograr la automatización de sus procesos y mejorar su economía.

Con el diseño del dispositivo propuesto, se pretende disminuir el trabajo manual intensivo, lo que reduce el riesgo a lesiones en los trabajadores.

Con el diseño del dispositivo propuesto, la carrera de ingeniería en mecatrónica cumple con su misión de aportar soluciones a la sociedad, como parte de su formación.

CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

En diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz, se focaliza en la sustitución de trabajo manual por las afecciones ocasionadas en los trabajadores, donde se describe el proceso de diseño y construcción con una capacidad de 105 quintales al día [4].

El estudio se centró en el diseño y fabricación de distintas piezas de una desgranadora de maíz como: bastidor, tolva, cilindro con dados y el sistema de transmisión de poleas. La máquina fue ensayada llegando a una capacidad de producción de 701,42 kg/h, con una eficiencia del 94.98% que pretende mejorar la producción sin descuidar la calidad y que facilite su movilización en la región [5].

La desgranadora de maíz, se ajusta a las necesidades de productores llegando a determinar un dispositivo con un motor de 2800 rpm con las siguientes dimensiones: alto 85 cm, 50 cm largo y 30 cm ancho. A partir de las pruebas realizadas muestra una capacidad de 150 kg/h [6].

En las mejoras de operaciones de desgranado de maíz mediante desgranadoras móviles, pretende la reducción en pérdidas en los países de bajo desarrollo, parte de los bajos rendimientos de máquinas artesanales, como también limitada accesibilidad y movilidad convirtiendo esto en un reto en la productividad. Identificando tipos de cosecha, aspectos de funcionamiento, planteo de ecuaciones y modificaciones a equipos existentes, a su vez detalla la comparativa entre un equipos móviles y estacionarios. Concluyendo en la obtención de rendimientos de funcionamiento y los problemas asociados en equipos estacionarios [7].

Centrarse en el manejo y cuidado en el proceso de trilla, donde muestra en un mayor índice de granos rotos, mismos que generan una disminución de calidad, rendimiento y precio en el mercado, debido a factores asociados a la falta de tecnificación en los parámetros para el procesamiento de los granos de maíz.

Tomando en consideración la caracterización de los granos como estructura, humedad y como también las distintas técnicas de mecanizado empleadas en esta labor [8].

Detalla de forma general y específica de cómo está compuesta de una cultivadora de granos autopropulsada, parte desde el manejo técnico de cada uno de los elementos mecánicos que la

componen, enfatiza los distintos parámetros de operaciones los sistemas desde la cosecha hasta el manejo de residuos de la cosecha y la influencia de estos el producto final [9].

En un nuevo estudio, comprende el diseño y simulación de componentes semejantes a los de desgranado como el tambor de separación de semilla cóncavo. Siendo meticulosos en la disposición de elementos de separación que ejerce una influencia significativa sobre las semillas y al igual que la selección de materiales. Luego a cada uno de los elementos son sometidas a pruebas de campo y posteriormente determinar la calibración del dispositivo [10].

El un nuevo estudio, aborda la alta tasa de granos rotos en las cosechadoras de maíz, donde plantean el diseño de un nuevo cilindro de trilla con una barra raspadora para disminuir el daño en las mazorcas. Hace uso de Método de Elementos Discretos a partir de la caracterización estructural y modelos de contacto cultivo -cosecha y cultivo -mecánica, expresiones matemáticas que describen la respuesta cinemática del grano de maíz ante fuerzas externas. Además, la eficiencia del uso de Método de Elementos Discretos permite la optimización de diseños en este campo [11].

2.2 Marco teórico

- **El maíz, (*Zea mays* L.):** es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, pertenece a la familia *Poa*, tribu maideas, y es la única especie cultivada de este género; su centro de origen está en América, en la zona tropical, siendo una planta de excelentes rendimientos, su cultivo se adapta a una diversidad de ambientes a diferencia de otros cultivos, hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile [12].
- **Maíz duro, (*Zea mays indurata* L.):** este tipo de maíz posee una capa gruesa de endospermo cristalino que cubre un pequeño centro harinoso. Además, la forma redonda del grano es lisa y cristalino [13]. En la Fig. 2.1 muestra la morfología del grano de maíz duro y la Fig 2.2 la morfología correspondiente a la mazorca.

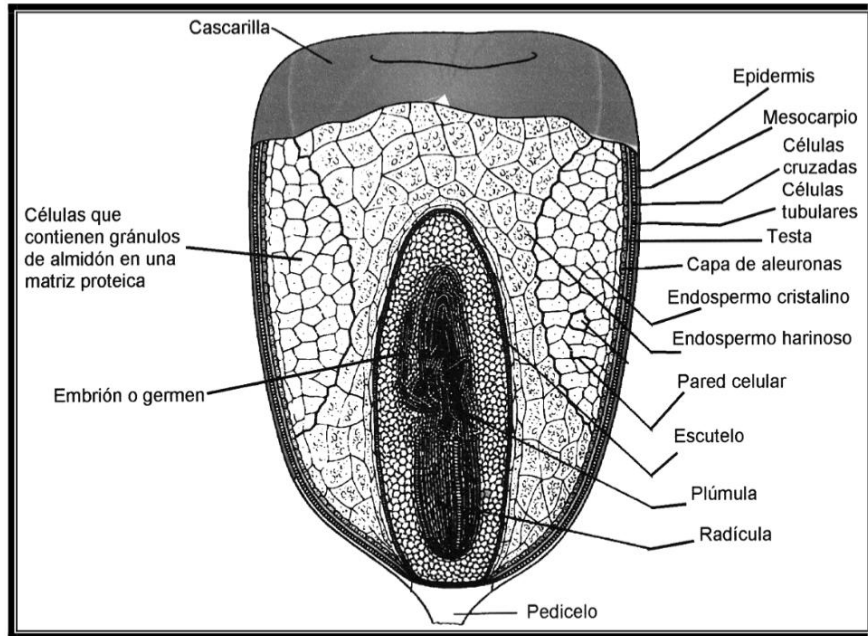


Fig. 2.1 Morfología del grano de maíz [14].

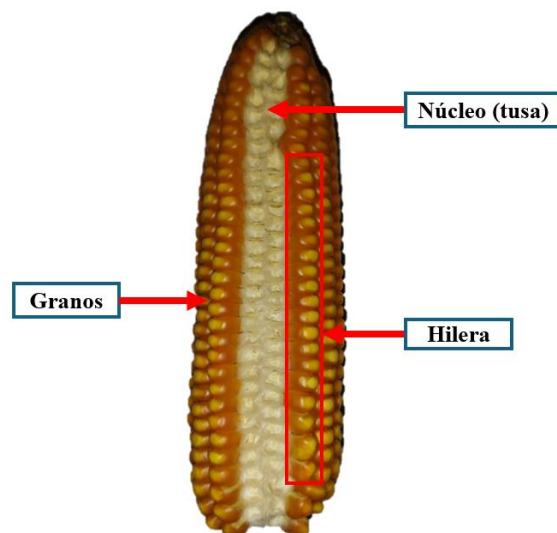


Fig. 2.2 Morfología de mazorca de maíz.

Los granos se encuentran fijos alrededor de núcleo de la mazorca, la formación longitudinal de los granos forma hileras estos van de 14 -18 hileras estos varían de acuerdo con las variedades de maíz duro.

2.2.1 Dureza del grano de maíz

La dureza es la resistencia a la ruptura o agrietamiento frente al estrés mecánico ocasionado en las distintas fases cosecha, postcosecha, desgranado y almacenamiento. Esta propiedad se debe a la relación entre los endospermos córneos y harinosos, en menor medida a la compactación de los componentes celulares y el grosor del pericarpio, por tanto, a mayor relación de endospermo córneo presente en el grano, la dureza será mayor [15].

2.2.2 Humedad en el grano

Cuando el porcentaje de humedad medido en el grano de maíz alcanza un rango del 18 al 24 %, es un indicativo que está listo para la cosecha, sin embargo, el proceso de desgranado requiere un valor inferior al 16%, con esto se prevé la disminución del índice de granos agrietados o defectuoso debido a la relación existente entre humedad y dureza [16] [17].

2.3 Desgranado

Esta actividad consiste en desprender los granos de maíz duro de la tusa, el costo, rendimiento y el porcentaje de ruptura, dependerá del método seleccionado.

2.3.1 Desgranado manual

Quienes realizan esta actividad, hacen uso de sus pulgares para retirar los granos base de la mazorca, al despejar parte de una o varias hileras, aplican una fuerza perpendicular a estas estructuras, esto genera un efecto domino que consigue arrancar los granos de forma simultánea este proceso no causa defectos en los granos de maíz

2.3.2 Desgranado o trilla mecanizada

Estos implementos agrícolas comerciales y de fabricación artesanal, sustentan su mecanismo desgranador en un eje rotatorio configurado de distintas formas como: dados cilíndricos, perfiles con trayectoria helicoidal, cadenas entre otros), estos al entrar en contacto con las mazorcas de maíz transmiten una fuerza sobre el elemento, resultando ocasiona el arranque del grano, un porcentaje de granos defectuosos e impurezas [18], estos últimos influyen directamente en precio en el mercado. Por otro lado, el tiempo, capacidad y bajos costos operativos disminuyen el costo de producción.

2.4 Reglamento de comercialización

En el mes de junio del año en curso, mediante el acuerdo ministerial 134, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), como entidad reguladora establece el precio de comercialización del maíz duro de \$16,89 dólares por quintal, de 45, 36 kg, con 13% de humedad y 1% de impurezas [19].

2.5 Manipulación de cargas manuales

La serie de actividades ligadas al desgranado o trillado mecanizado requiere un suministro continuo de la materia prima, con esto implica el manejo y elevación de cargas de forma repetitiva para los trabajadores. Acorde a valores referenciales en la Fig. 3, recomienda la elevación de la máxima carga de 25 kg, siendo la zona de interés comprendida entre los nudillos- codos, manteniendo la carga lo más cercano al cuerpo [20].

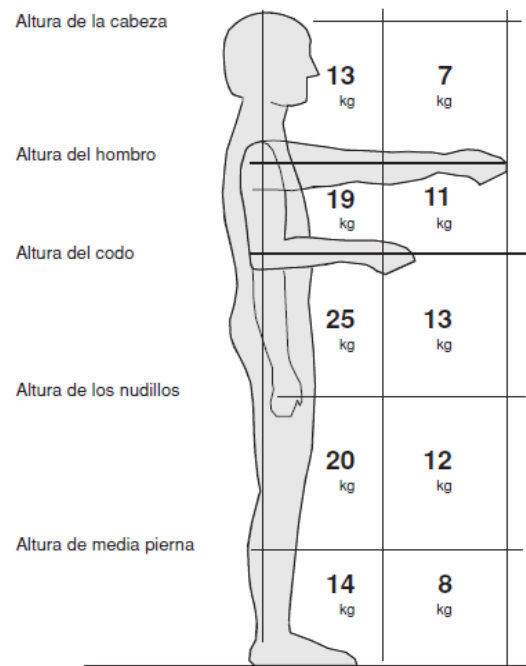


Fig. 2.3 Elevación de peso teórico según normativa [20].

El manejo correcto para cargas manuales (bultos de maíz), en la Fig.2.4 muestra postura de elevación de una carga desde el suelo hacia una altura de interés, este ciclo de elevación de carga reduce los riesgos musculoesqueléticos en los trabajadores.

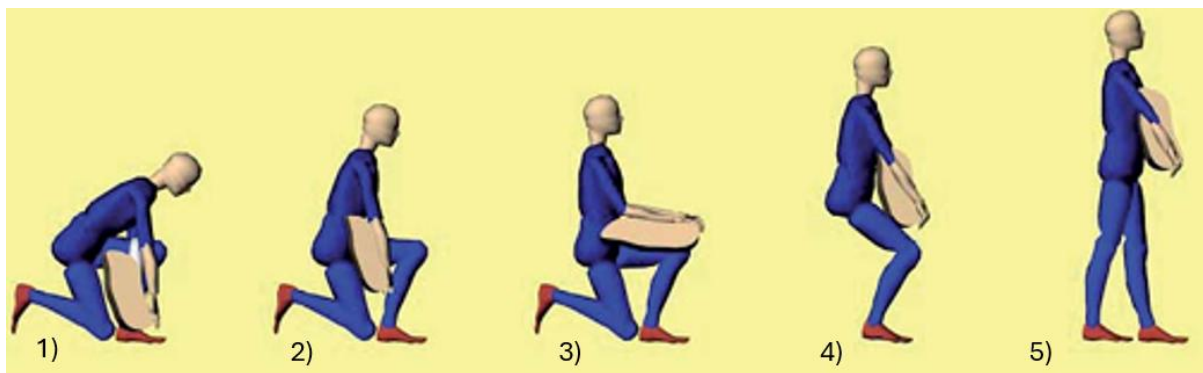


Fig. 2.4 Ciclo de elevación de bultos, 1. Ubique la rodilla en el suelo, 2. Acerque el bulto a la pierna apoyada y eleve hasta la altura de la pierna contraria, 3. Coloque y sostenga firmemente la carga sobre la pierna, 4. Posicione la carga lo más cercana al cuerpo y con cuidado empiece a levantarse, 5. Mueva la carga a la altura de la cintura [21].

2.6 Matriz QFD

El método QFD (Despliegue de la Función de la calidad) es una herramienta que busca captar la voz del cliente y que esta sea participe en la planificación del producto [22].

2.7 Fuerzas sobre las poleas

Las fuerzas que actúan sobre estos elementos se muestran el Fig. 2.5.

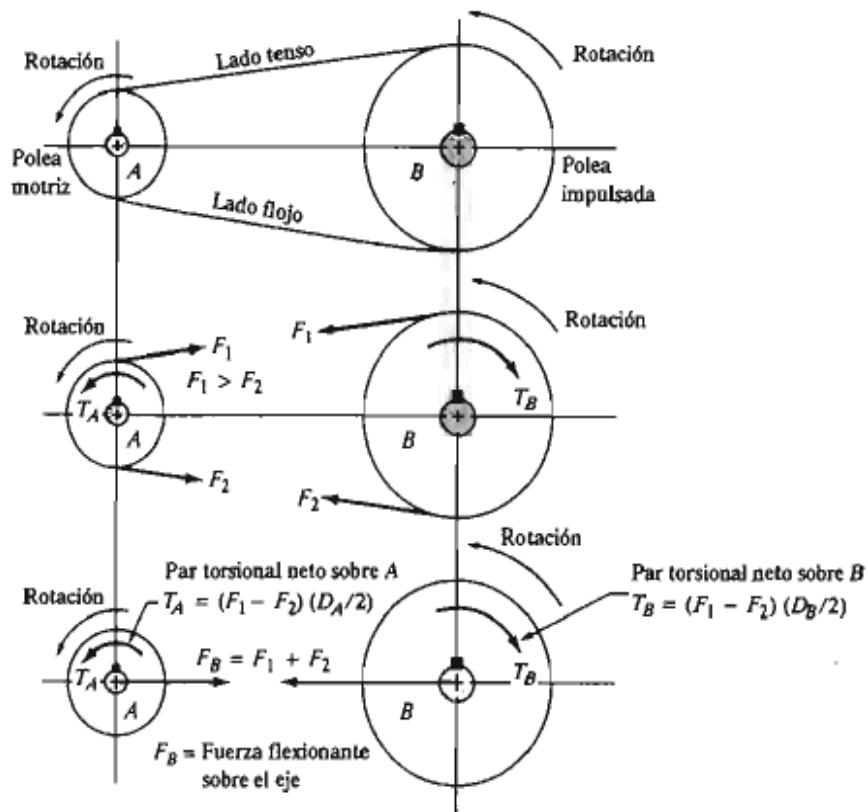


Fig. 2.5 Cargas en las poleas en V [23].

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y tipos de investigación

El presente trabajo de integración curricular se desarrolla desde el enfoque ingenieril cuantitativo en la investigación exploratoria y descriptiva.

3.2 Diseño de la Investigación

Se esquematiza la estructura del diseño de la investigación en la Fig. 3.1 para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

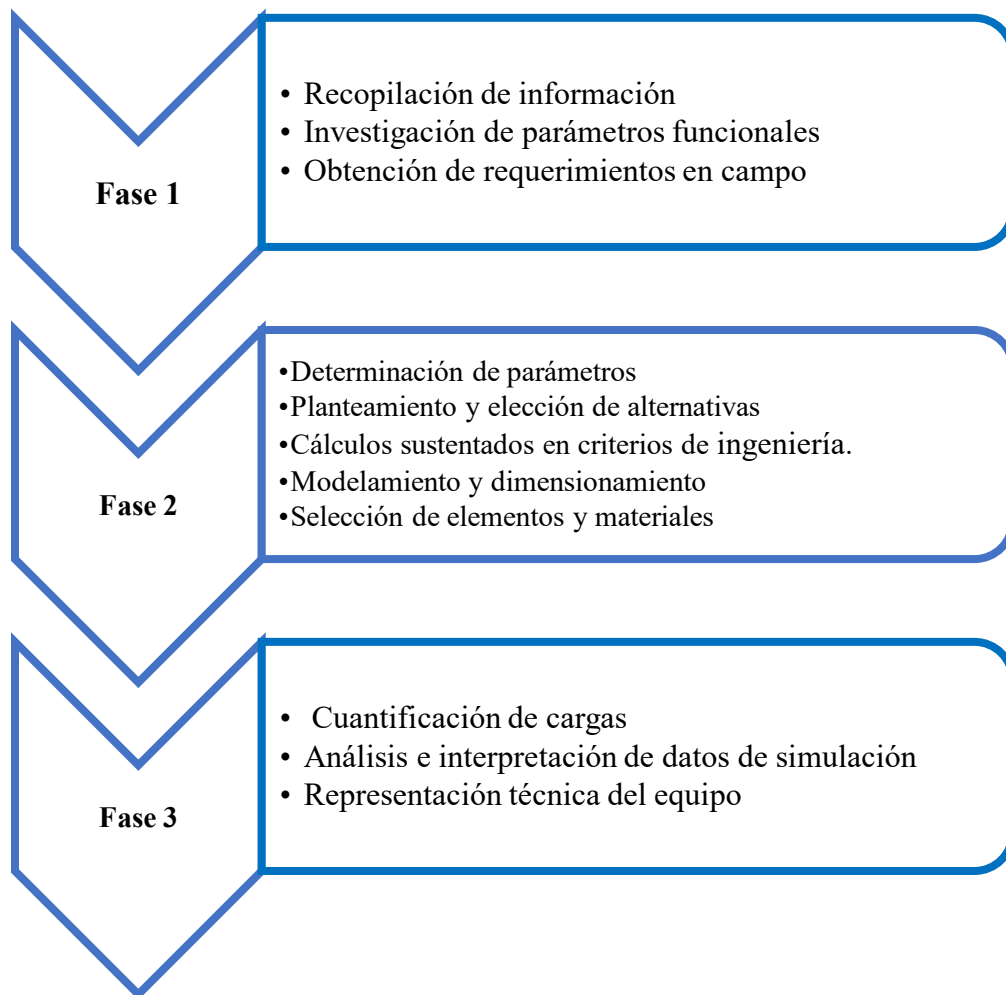


Fig. 3.1 Esquema modelo de investigación.

3.2.1 Fase 1: Determinación de los parámetros funcionales de la desgranadora de maíz, basado en un prototipo del sistema de desgranado.

- ***Actividad 1.1: Registro de parámetros útiles.***

En la investigación documental se recopila, identifica y registra los distintos requisitos presentes en el proceso de desgranado.

- ***Actividad 1.2: Recopilación de parámetros de máquinas desgranadoras existentes.***

Esta actividad permite caracterizar parámetros funcionales en base a requerimientos explícitos e implícitos, acorde a normativas vigentes para este tipo de equipos.

- ***Actividad 1.3: Entrevista con los productores de la provincia de Imbabura.***

La finalidad de la investigación de campo pondrá contextualizar procedimiento y valorar variables para el diseño.

3.2.2 Fase 2: Diseño de una máquina que cumpla con los requisitos determinados.

- ***Actividad 2.1: Determinación de los parámetros de diseño.***

Se desarrolla la investigación de necesidades explícitas e implícitas identificadas en la literatura.

- ***Actividad 2.2: Planteamiento de alternativas de solución.***

El enfoque de esta actividad es valorar soluciones existentes que solventen las necesidades planteadas.

- ***Actividad 2.3: Selección de alternativas.***

Esta actividad busca encaminar modelos aptos y coherentes a los parámetros determinados en el proceso realizado.

- ***Actividad 2.4: Cálculo analítico de elementos de interés.***

Contempla la concepción de los distintos elementos mecánicos, como proceso iterativo.

- ***Actividad 2.5: Modelado 3d de la máquina.***

Integración de los distintos componentes dimensionados y calculados, en concordancia con los requerimientos planteados.

- ***Actividad 2.6: Selección de elementos mecánicos y materia prima.***

Comprende la identificación y selección de componentes mecánicos, materias primas y la disponibilidad en el contexto nacional.

3.2.3 Fase 3: Validación del diseño propuesto a través de técnicas de simulación numérica

- ***Actividad 3.1: Simulación de cargas.***

Cuantificar las cargas aplicadas que actúan en el dispositivo, permitiendo iterativamente evaluar y modificar los elementos de interés.

- ***Actividad 3.2: Evaluación de convergencia a la solución.***

Analizar e interpretar la de información obtenida en simulación de componentes de interés, sustentada en criterios de ingeniería en una posterior toma de decisiones.

- ***Actividad 3.3: Elaboración de planos de parte y conjunto.***

Esta etapa permite pasar a un lenguaje universal los distintos componentes de la máquina diseñada.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, la aplicación del Despliegue de la función de calidad (QFD) permite la obtención, cuantificación e interpretación de las necesidades y requerimientos técnicos mínimos del equipo, permitiendo tener una referencia en el proceso de diseño y evaluación de alternativas viables acorde a criterios del análisis.

4.1 Requerimiento de los usuarios

En la obtención de información, se estableció una entrevista in situ a los productores de maíz duro, quienes respondieron a los tópicos formulados ver Anexo. 1 y con estos datos se establecieron los requerimientos en el análisis QFD, ver el Anexo 2.

Identificadas las necesidades y requerimientos técnicos, con esta información se procede con el análisis funcional, este identifica las funciones e interacciones de los elementos en las tres categorías materia, energía y señales. Resultando para este estudio tres niveles representados en las figuras: Fig. 4.1 – 4.3.

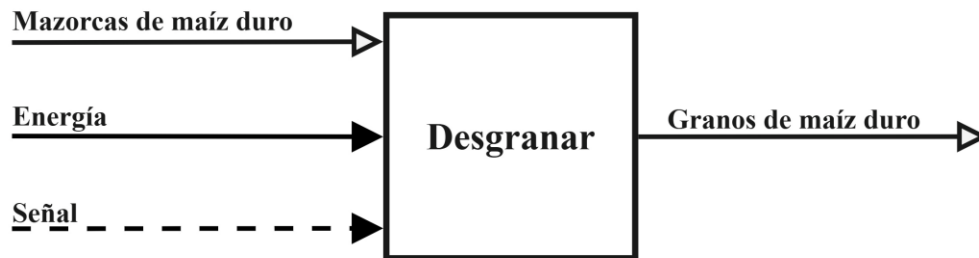


Fig. 4.1 Diagrama de Funciones Nivel 0.

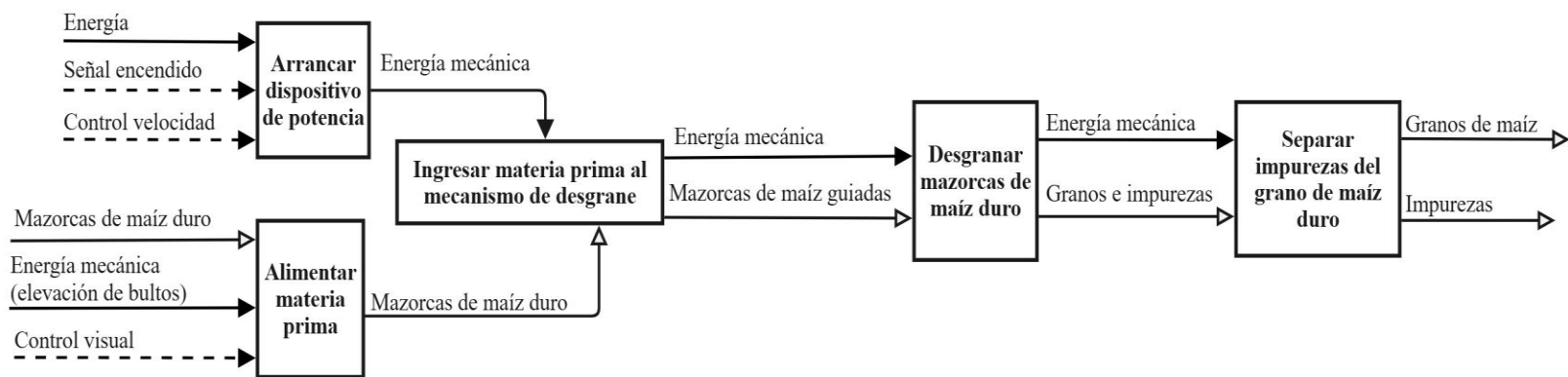


Fig. 4.2 Diagrama de Funciones Nivel 2.

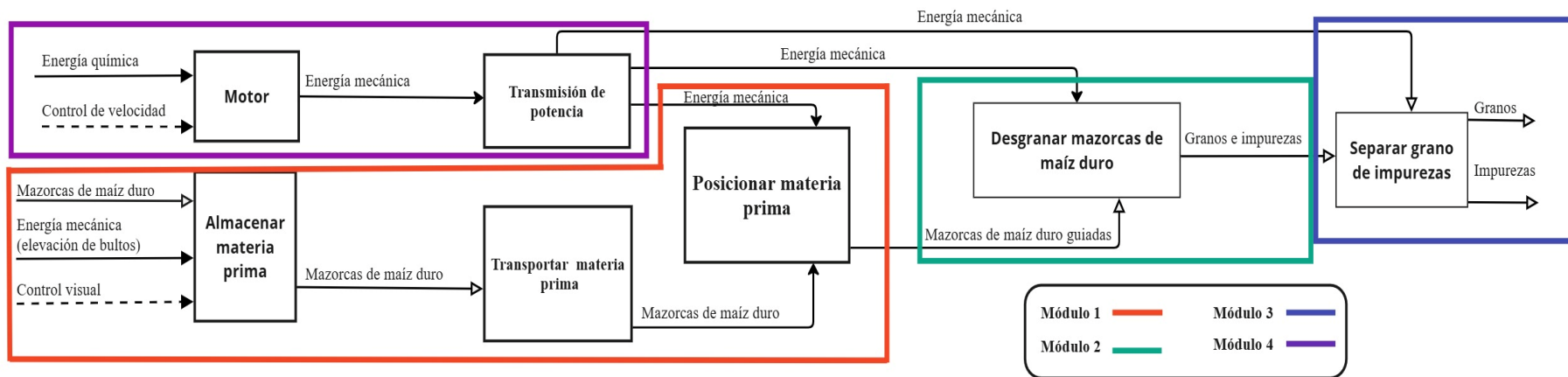


Fig. 4.3 Diagrama de Funciones Nivel 2.

4.2 Análisis modular

En el despliegue del diagrama funciones, los módulos que conforman la máquina se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Módulos de la desgranadora de maíz duro.

Módulo	Funciones
1	Ingreso, almacenamiento, transporte y descarga
2	Desgranado
3	Separación de granos e impurezas
4	Suministro y transmisión de potencia

Acorde a las funciones expresadas en el módulo 1, las tolvas están diseñadas para materiales granulométricos y su versatilidad proporciona el ingreso, almacenamiento, transporte y descarga de la materia prima dependiendo de tamaño y su forma del material a granel [24]. Las tolvas al estar expuestas al material granular, en un tiempo determinado presentan fallas como: desgaste y corrosión.

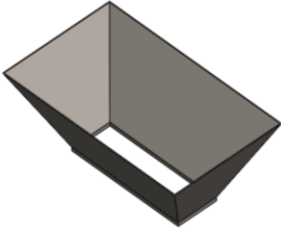
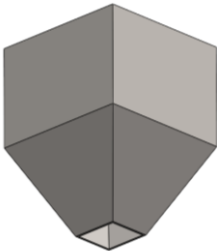
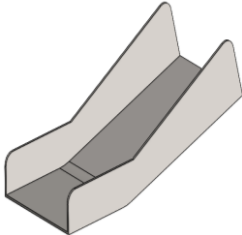
En este caso, se considera tres tipos de tolvas:

- **Tolva piramidal** de la Fig. 4.4, de geometría piramidal, la inclinación de sus paredes permite el ingreso y dosificación de la materia prima, evitando así la expulsión de la mazorca mientras el equipo esté en funcionamiento.
- **Tolva- tronco piramidal** de la Fig. 4.5, a comparación del caso anterior, este tiene una capacidad de almacenamiento mayor, su forma presenta un cambio de sección que divide el elemento en dos geometrías cubica - piramidal.
- **Tolva con voladiza** de la Fig. 4.6, la disposición de la tolva está en voladizo, por ende, la capacidad de almacenamiento es menor a las anteriores y además por la disposición de sus paredes ocurre el retroceso o expulsión de las mazorcas.

4.2.1 Análisis de alternativas para módulo 1

Las alternativas propuestas al cumplimiento de las funciones que comprende el módulo 1, se esquematizan a continuación en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Alternativas solución módulo 1.

Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Ingreso, almacenamiento y transporte de materia prima	 Fig. 4.4 Tolva piramidal.	 Fig. 4.5 Tolva tronco piramidal.	 Fig. 4.6 Tolva en voladizo

4.2.2 Determinación y elección de la mejor alternativa

Los criterios más representativos con los que se evaluarán las propuestas del módulo 1, están expresadas en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Determinación de criterios módulo 1.

	Costo	Mtto	Capacidad	Seguridad	$\Sigma + 1$	Ponderación
Costo		1	1	1	4	0,40
Mantenimiento	0		1	1	3	0,30
Capacidad	0	0		1	2	0,20
Seguridad	0	0	0		1	0,10
				Suma	10	
Costo > Mantenimiento > Capacidad > Seguridad						

En las Tablas 4.3 – 4.7, detallan la evaluación individual de cada uno de los criterios vs las alternativas propuestas para este módulo.

Tabla 4.4. Valoración de criterio “Costo”.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,50
Alternativa 2	0		1	2	0,33
Alternativa 3	0	0		1	0,17
Suma				6	
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

Tabla 4.5 Valoración criterio “Mantenimiento”.

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,45
Alternativa 2	0		0	1	0,18
Alternativa 3	0	1		2	0,36
Suma				5,5	
Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2					

Tabla 4.6 Valoración criterio “Capacidad”.

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,33
Alternativa 2	1		1	3	0,40
Alternativa 3	1	0		2	0,27
Suma				7,5	
Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3					

Tabla 4.7 Valoración criterio "Seguridad".

Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,46
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,38
Alternativa 3	0	0		1	0,15
Suma				6,5	
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

Los resultados obtenidos de las evaluaciones previas se agrupan en la Tabla 4.8, resultando la Alternativa 1 la mejor puntuada y sobresaliente en criterios como: mantenimiento y seguridad.

Tabla 4.8 Resultados evaluación de criterios modulo 1.

Conclusión	Costo	Mtto	Capacidad	Seguridad	$\Sigma + 1$	Prioridad
Alternativa 1	0,50	0,45	0,33	0,46	1,75	1
Alternativa 2	0,33	0,18	0,40	0,38	1,30	2
Alternativa 3	0,17	0,36	0,27	0,15	0,95	3

4.1 Análisis de solución para módulo 2

Este módulo expresa como función el desgranado de las mazorcas de maíz, el elemento a seleccionar cumple un rol importante en el desarrollo de los demás componentes, y con esta valoración se presentan las siguientes propuestas.

- Cilindro desgranador de la Fig. 4.7, es un cilindro rodeado de dados soldados dispuestos en una trayectoria helicoidal.



Fig. 4.7 Cilindro desgranador [25].

- Eje con cadenas, este elemento consta de cadenas distribuidas a lo largo del eje, donde uno de sus extremos está sujeto al eje, mientras el extremo libre golpe las mazorcas y desprende los granos.
- Cilindro con aleta y dado de la Fig. 4.8, este dispositivo similar al primer mecanismo agrega una aleta de sección circular soldada de similar trayectoria a la de los dados.



Fig. 4.8 Cilindro con aleta y dados [26].

- Mecanismo de aspas de la Fig. 4.9, este dispositivo presenta un conjunto de aspa de extremos redondeados que se asemeja al perfil un dedo, además la distancia y disposición entre estas pueden ser configuradas de acuerdo con el estado de la cosecha.

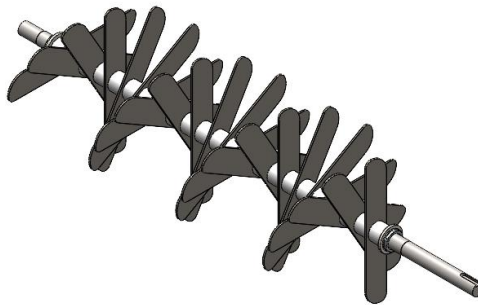


Fig. 4.9 Aspas con trayectoria helicoidal.

Las propuestas de solución para el este módulo se agrupan en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Matriz morfológica del módulo.

Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Separar grano de la mazorca				

Los criterios con los que se evaluarán las alternativas siguientes deberán solventar la función del módulo 2, y estas se listan en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Criterios evaluadores en el módulo 2.

	Costo	Mtto	Capacidad	Liviano	Compacto	$\Sigma + 1$	Ponderación
Costo		0,5	1	1	1	4,5	0,28
Mantenimiento	0,5		0,5	0,5	1	3,5	0,22
Capacidad	0	0,5		0	0,5	2	0,13
Liviano	0	0,5	1		1	3,5	0,22
Compacto	0	0	0,5	1		2,5	0,16
					Suma	16	
Costo > Mantenimiento > Liviano > Compacto > Capacidad							

A continuación, se desarrolla una serie de comparativas con los criterios evaluadores y se los agrupa en las siguientes Tablas 4.11 - 4.15, mismas que buscan cuantificar y determinar una solución que mejor se ajuste a los lineamientos.

Tabla 4.11 Valoración criterio "Costo".

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	0,5	2	0,20
Alternativa 2	1		0,5	0,5	3	0,30
Alternativa 3	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Alternativa 4	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
			Suma		10	
Alternativa 2 > Alternativa 4 = Alternativa 3 > Alternativa 1						

Tabla 4.12 Valoración criterio "Mantenimiento".

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	0	1,5	0,16
Alternativa 2	1		1	0,5	3	0,32
Alternativa 3	0,5	0		0	1,5	0,16
Alternativa 4	1	0,5	1		3,5	0,37
			Suma		9,5	
Alternativa 4 > Alternativa 2 > Alternativa 3 = Alternativa 1						

Tabla 4.13 Valoración criterio "Capacidad".

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	3	0,32
Alternativa 2	0		0,5	0	1,5	0,16
Alternativa 3	0	0,5		0	1,5	0,16
Alternativa 4	0,5	1	1		3,5	0,37
			Suma		9,5	
Alternativa 4 > Alternativa 1 > Alternativa 2 = Alternativa 3						

Tabla 4.14 Valoración criterio "Liviano".

Liviano	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	0	1,5	0,15
Alternativa 2	1		1	1	4	0,40
Alternativa 3	0,5	0		0,5	2	0,20
Alternativa 4	1	0	0,5		2,5	0,25
			Suma		10	
Alternativa 2 > Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 1						

Tabla 4.15 Valoración criterio "Compacto".

Compacto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	0,5	2	0,20
Alternativa 2	0,5		0	0,5	2	0,20
Alternativa 3	1	1		0,5	3,5	0,35
Alternativa 4	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
			Suma		10	
Alternativa 3 > Alternativa 4 > Alternativa 1 = Alternativa 2						

En base a las comparativas realizadas, los resultados se muestran en la Tabla 4.16, posicionando la Alternativa 4 como la solución ganadora para este módulo.

Tabla 4.16 Resultados de módulo 2.

Conclusión	Costo	Mtto	Capacidad	Liviano	Compacto	$\Sigma + 1$	Prioridad
Alternativa 1	0,20	0,16	0,32	0,15	0,2	2,10	4
Alternativa 2	0,30	0,32	0,16	0,4	0,2	2,37	2
Alternativa 3	0,25	0,16	0,16	0,2	0,35	2,12	3
Alternativa 4	0,25	0,37	0,37	0,25	0,25	2,49	1

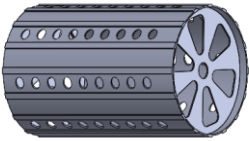
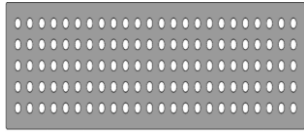
4.2.3 Análisis de solución para módulo 3

El módulo 3, tiene como consigna la clasificación de granos de maíz en buen estado, de los granos quebrados e impureza siendo este último cualquier otro tipo de residuo de materia orgánica como tuzas, hojas y partículas ajenas al proceso, para esto se citan las siguientes propuestas.

- La criba de tambor de la Fig. 4.10, es un dispositivo conformado por un tambor rotatorio recubierto de mallas, y presenta una inclinación que permite separar las partículas más pequeñas por sus orificios, mientras que las partículas más grandes se desechen en el extremo inferior [27].
- Tamiz vibratorio la Fig. 4.11, utiliza el movimiento oscilatorio que se distribuye de forma uniforme sobre la superficie de la criba y se separa las partículas de menor tamaño, mientras que las partículas de mayor tamaño quedan suspendidas [28].
- Criba desmontable Fig. 4.12, es una opción práctica que se instala y se amolda a la parte inferior del contenedor que permite separar las partículas conforme estos se desplazan sobre la superficie.

Las alternativas descritas para el módulo 3, se agrupan en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Matriz morfológica limpieza.

Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Separación de granos e impurezas	 Fig. 4.10 Criba circular.	 Fig. 4.11 Criba lineal vibratoria	 Fig. 4.12 Criba.

Los criterios más representativos para la correspondiente evaluación para este módulo se detallan en la en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Criterios de evaluación Módulo 3.

	Costo	Mtto	Compacto	Seguridad	$\Sigma + 1$	Ponderación
Costo		1	1	1	4	0,40
Mantenimiento	0		1	0,5	2,5	0,25
Compacto	0	0		0,5	1,5	0,15
Capacidad	0	0,5	0,5		2	0,20
				Suma	10	
Costo > Mantenimiento > Capacidad > Seguridad						

Las siguientes comparativas evalúan, cada uno de los criterios previos enlistados y su desarrollo se representan en las Tablas 4.19 - 4.22 mismas proporcionan una ponderación, al final de la evaluación.

Tabla 4.19 Valoración de criterio "Costo".

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,17
Alternativa 2	1		0	2	0,33
Alternativa 3	1	1		3	0,50
			Suma	6	
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 4.20 Valoración criterio "Mantenimiento".

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,25
Alternativa 3	1	1		3	0,50
Suma				6	
Alternativa 3 > Alternativa 1 = Alternativa 2					

Tabla 4.21 Valoración criterio "Compacto".

Compacto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,17
Alternativa 2	1		0	2	0,33
Alternativa 3	1	1		3	0,50
Suma				6	
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 4.22. Valoración criterio "Capacidad".

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,50
Alternativa 2	0		1	2	0,33
Alternativa 3	0	0		1	0,17
Suma				6	
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

Agrupando los valores obtenidos del comparativas en la Tabla 4.23, resulta la Alternativa 3 como ganadora del módulo, mismo componente determinará el desarrollo elementos complementarios a este mecanismo.

Tabla 4.23 Resultados de evaluación de criterios módulo 3.

Conclusión	Costo	Mtto	Compacto	Capacidad	$\Sigma + 1$	Prioridad
Alternativa 1	0,17	0,25	0,17	0,50	2,08	3
Alternativa 2	0,33	0,25	0,33	0,33	2,25	2
Alternativa 3	0,50	0,50	0,50	0,17	2,67	1

4.2.4 Análisis de solución para módulo 4

El módulo 4, tiene como función el suministro y transmisión de potencia, que acciona el mecanismo desgranador, para este efecto se consideran dos opciones de acuerdo con las condiciones en las que este tipo de máquina operan, siendo evidente contar con equipos independientes de la red eléctrica.

- Motor estacionario diésel, es un tipo de motor de combustión interna Fig. 4.13, este requiere de una relación de compresión mucho mayor que la de un tipo gasolina para la quema de Diesel, esta condición hace que su consumo se reduzca, sus rpm de funcionamiento bajas y proporcione un mayor torque, además esto hace que su diseño sea robusto y por ende un mayor peso [30].
- Motor estacionario de gasolina de la Fig. 4.14, igual que homólogo diésel son un tipo de motor de combustión interna, pero en este caso la relación de compresión (aire gasolina) es baja y requiere de una chispa para que exista la combustión en consecuencia su consumo es mayor [30]. El rpm de funcionamiento es más alto en comparación al tipo diésel.

Los criterios con los que se evalúan las alternativas descritas se presentan en la Tabla 4.24.

Tabla 4.24 Criterios de evaluación para transmisión de potencia.

	Movilidad	Mtto	Liviano	Silencioso	Costo	$\Sigma + 1$	Ponderación
Movilidad		0,5	0,5	1	0,5	3,5	0,23
Mantenimiento	0,5		0,5	1	0,5	3,5	0,23
Liviano	0,5	0,5		1	0,5	3,5	0,23
Silencioso	0	0	0		0,5	1,5	0,10
Costo	0,5	0,5	0,5	0,5		3	0,20
Suma						15	
Movilidad = Mantenimiento = Liviano > Costo > Silencioso							

Luego cada uno de los criterios se evaluarán con las alternativas presentadas y se muestran en las tablas 4.25 – 4.29.

Tabla 4.25 Evaluación criterio “Movilidad”.

Movilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1,5	0,50
Alternativa 2	0,5		1,5	0,50
		Suma	3	
	Alternativa 1 = Alternativa 2			

Tabla 4.26 Criterio de evaluación "Mantenimiento".

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Suma	3	
	Alternativa 2 > Alternativa 1			

Tabla 4.27 Evaluación de criterio "Liviano”.

Liviano	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Suma	3	
	Alternativa 2 > Alternativa 3			

Tabla 4.28 Valoración criterio “Silencioso”.

Silencioso	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Suma	3	
	Alternativa 2 > Alternativa 1			

Tabla 4.29 Valoración de criterio "Costo".

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Suma	3	
Alternativa 2 > Alternativa 1				

El resultado de las comparativas con los criterios expuestos, se agrupan en la Tabla 4.30, resultando la Alternativa 2 la mejor puntuada. Ahora ya definido el tipo de motor, es necesarios consultar la ficha técnica que proporcionara información útil en el desarrollo de la máquina.

Tabla 4.30 Resultado de la valoración de criterios.

Conclusión	Movilidad	Mtto	Liviano	Silencioso	Costo	$\Sigma + 1$	Prioridad
Alternativa 1	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	2,83	2
Alternativa 2	0,50	0,67	0,67	0,67	0,67	4,17	1

4.2.5 Transmisión de potencia

Como parte complementaria al suministro de potencia, se requiere de alternativas acordes al mercado interno y de fácil implementación que transmita la potencia del motor al mecanismo desgranador y con lo descrito se presenta las siguientes alternativas:

- **Las cadenas y piñones** de la Fig. 4.15, son elementos de máquina que transmite potencia de manera constante y sincronizada [31].

- **Correas y poleas** de la Fig. 4.16, son una opción práctica y económica para el aumento o reducción de velocidad, están presentes en varias industrias por su buena eficiencia mecánica, fácil instalación y mantenimiento [32].
- **Las ruedas dentadas** de la Fig. 4.17, Estos elementos transmiten movimiento circular desde un eje conectado a una fuente de energía hacia otro forma continua y sincrónica [33] .

A continuación, los criterios de valoración para esta sección están enlistados en la Tabla 4.31.

Tabla 4.31. Criterios de valoración de potencia

	Costo	Mtto	Liviano	R. ambiente	$\Sigma + 1$	Ponderación
Costo		0,5	1	0,5	3	0,30
Mantenimiento	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Liviano	0	0,5		1	2,5	0,25
R. ambiente	0,5	0,5	0		2	0,20
Suma					10	
Costo > Mantenimiento = Liviano > R. ambiente						

Las alternativas para este módulo se evaluarán para cada uno de los criterios y descritos en las Tablas 4.32 - 4.35.

Tabla 4.32. Valoración de criterio "Costo".

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,33
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0	0		1	0,17
Suma				6	
Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3					

Tabla 4.33 Valoración de criterio " Mantenimiento".

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,33
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0	0		1	0,17
			Suma	6	
Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3					

Tabla 4.34 Valoración de criterio "Liviano".

Liviano	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,20
Alternativa 2	1		1	3	0,60
Alternativa 3	0	0		1	0,20
			Suma	5	
Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3					

Tabla 4.35 Evaluación de criterio "Resistencia al ambiente ".

R. ambiente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,33
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0	0		1	0,17
			Suma	6	
Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3					

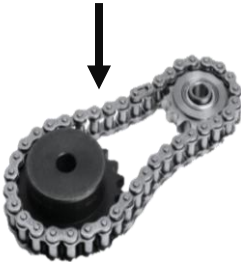
Los resultados de la ponderación de criterios están expresados en la Tabla 4.36. Determinan la Alternativa 2 como primera prioridad siendo estas una opción accesible, de fácil mantenimiento y capaces de transmitir la potencia al mecanismo.

Tabla 4.36 Resultados de la valoración de los criterios para la transmisión de potencia.

Conclusión	Costo	Mtto	Liviano	R. ambiente	$\Sigma + 1$	Prioridad
Alternativa 1	0,33	0,33	0,20	0,33	2,20	3
Alternativa 2	0,50	0,50	0,60	0,50	3,10	2
Alternativa 3	0,17	0,17	0,20	0,17	1,70	1

Las alternativas propuestas para este módulo se resumen en la Tabla 37.

Tabla 4.37 Matriz morfológica motores.

Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Suministro de potencia	 Fig. 4.13 Motor diesel [34].	 Fig. 4.14 Motor gasolina [35].	
Transmisión de potencia	 Fig. 4.15 Piñones y cadenas [36].	 Fig. 4.16 Correas y poleas [37].	 Fig. 4.17 Ruedas dentadas [38].

La configuración de la solución general está compuesta de las alternativas mejor puntuadas de los respectivos módulos como se observa en la Fig. 4.18, está satisface en gran los parámetros de diseño identificados en el proceso de diseño.

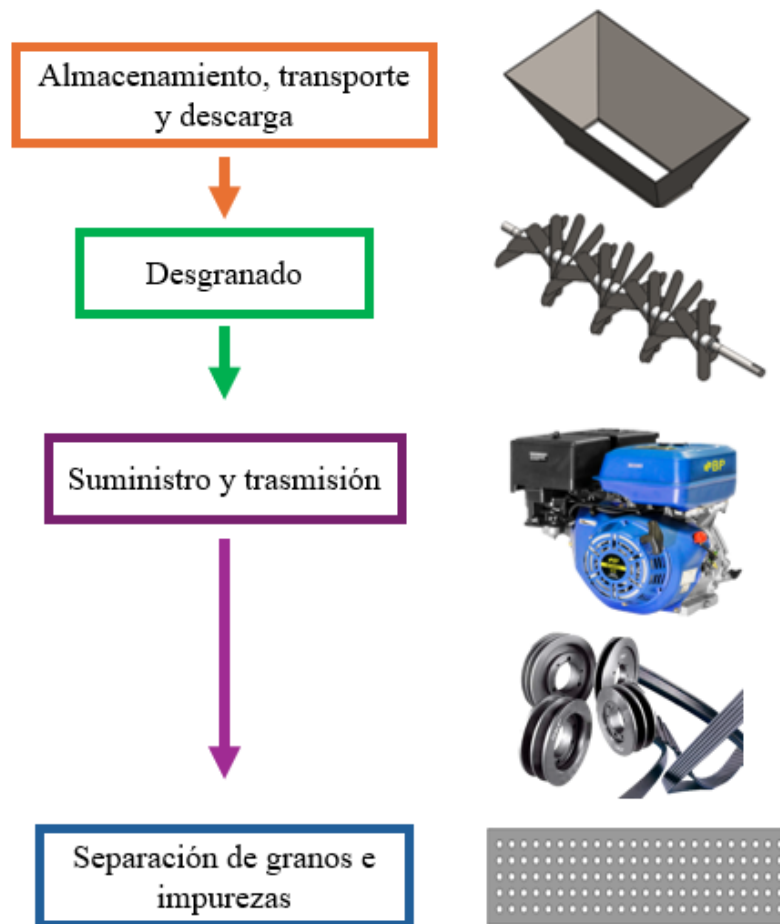


Fig. 4.18 Solución de alternativa del análisis modular.

El esquema de la solución ganadora se muestra en la Fig. 4.19, mientras que los componentes se listan en la Tabla 4.19.

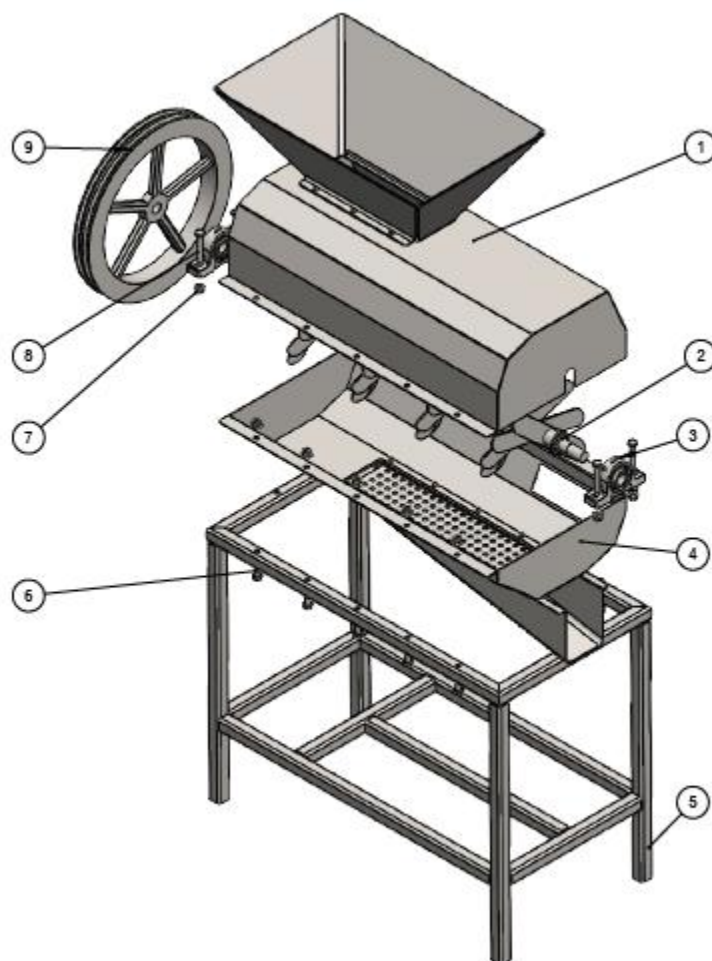


Fig. 4.19 Vista explosionada de solución ganadora.

Tabla 4.38 Listado de componentes de la solución ganadora.

Ítem	Descripción
1	Contenedor superior
2	Mecanismo desgranador
3	Chumacera de piso 7/8"
4	Contenedor inferior
5	Bastidor
6	Perno M10 x 1,5 x 50
7	Tuerca M10 x 1,5
8	Perno M10 x 1,5 x 60
9	Polea tipo A 10" x2

4.3 Cálculos espesor de placas metálicas

En el dimensionamiento de las placas metálicas, se plantea el diseño de la tolva y contenedor bajo la acción de carga hidrostática como se muestra la ecuación (1).

$$P_H = pgh \quad (1)$$

Donde,

P_H Presión hidrostática

p densidad de agua

g gravedad $\frac{m}{s^2}$

h altura

Ahora para determina la presión de diseño se hace uso de la ec. (2).

$$P = P_H + \frac{30}{145} \quad (2)$$

Donde,

P presión de diseño

El cálculo del espesor de placa se determina con la ec. (3) y estableciendo las siguientes consideraciones plancha metálica calidad ASTM A36 laminada en caliente con esfuerzo a la fluencia $S_y = 440 \text{ MPa}$ un margen de corrosión de 1/16 in [39] y con el valor de la eficiencia de soldadura mínima de 0,7.

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C.A \quad (3)$$

Donde,

t espesor mínimo

P presión de diseño

S esfuerzo admisible

E eficiencia de soldadura

C.A margen por corrosión

Los valores obtenidos del cálculo de espesor de placa se expresan en la Tabla 4.39.

Tabla 4.39 Resumen de cálculos de espesor de placa.

Elemento	Presión hidrostática P_H	Presión de diseño P	Espesor de placa t
Tolva	$1,95 \times 10^{-3} \text{ MPa}$	0,21	1,73
Contenedor superior	$1,17 \times 10^{-3} \text{ MPa}$	0,21	1,73
Contenedor inferior	$1,76 \times 10^{-3} \text{ MPa}$	0,21	1,81

El espesor mínimo disponible de placa metálica laminada en caliente es de 2 mm calidad ASTM A36. La alternativa de solución para el módulo 1, la tolva piramidal de la Fig. 4.20, con una capacidad de almacenamiento de $0,01\text{m}^3$, este elemento se ubica en la parte superior de la máquina y la (zona de descarga) se encuentra en la parte inferior que conecta con el mecanismo de desgranado.

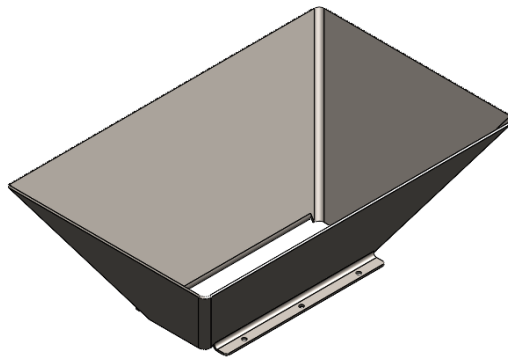


Fig. 4.20 Tolva piramidal en chapa metálica.

4.4 Diseño mecánico de la propuesta

En las pruebas experimentales de laboratorio, fue necesario el uso de un soporte de columna y un dinamómetro de 50 N, este con un extremo fijo al soporte, por otro lado, el extremo libre se asegura al grano de maíz, luego se aplica una fuerza hasta desprender el grano, obteniendo una fuerza promedio de la experimentación de 9,40 N.

En función de la fuerza promedio obtenida, se determina el torque generado con la ec. (4), con un brazo de palanca de 0,125 m correspondiente al radio del aspa.

$$T = F \times r \quad (4)$$

Donde,

T es el Torque Nm

F es la Fuerza aplicada N

r es el brazo de palanca m

El torque mínimo requerido de $T = 1,18 \text{ Nm}$. Este valor se multiplica por el número aspas del mecanismo y por 30% adicional para el cálculo de diseño, resultado un torque mínimo de 33,75 Nm. Como medida adicional, debido a condiciones de operación, horas de uso y asegurar un correcto funcionamiento se decide incrementar el valor del torque a 40 Nm.

4.4.1 Configuración del eje

Este componente está configurado por una serie de elementos ver Fig.21 e influyen en su comportamiento mecánico.

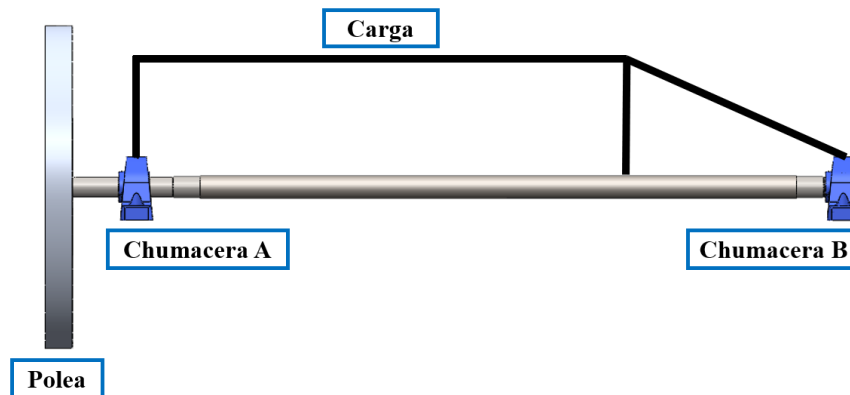


Fig. 4.21 Esquema de configuración del eje.

4.4.2 Configuración de transmisión de torque

El fabricante del motor estacionario a gasolina detalla en su ficha técnica que este dispositivo bajo condiciones de carga entrega un torque máximo de 12,4 Nm a 2500 rpm, luego para obtener la

relación del torque desde la salida del motor y la entrada del mecanismo de desgranado se establece la ec. (5).

$$i = \frac{T_2}{T_1} \quad (5)$$

Donde,

i corresponde a la relación de transmisión adimensional

T2 es torque de salida (Nm)

T1 es torque de entrada (Nm)

El valor $i = 3,22$ ahora bien, con esta relación se evalúa la configuración de poleas, que más se aproxime al rango de velocidad de funcionamiento que comprende valores de 400 - 600 rpm [40][18].

4.4.3 Selección de correas

El diseño contempla el concepto de DFMA, por tanto, la selección del tipo de perfil de correa se lo hace por catálogo tal como se muestra en el Anexo 4, y se requiere el parámetro de potencia del motor, que se calcula a continuación con la ec. (6).

$$P = T w \quad (6)$$

Donde,

P potencia en watts (W)

T torque (Nm)

w velocidad angular (rad/s)

El valor de potencia es $P = 3246 \text{ W}$, equivalente a $4,35 \text{ HP}$. Posterior a estos valores se determina la potencia de diseño con la ec. 7.

$$P_{\text{diseño}} = P x F.s \quad (7)$$

Donde,

$P_{\text{diseño}}$ es la potencia de diseño Hp

P potencia motor Hp

Fs. corresponde al Factor de servicio

El coeficiente del factor F.s de servicio es de 1,2 y está tabulado en el Anexo 4, con esto la potencia de diseño es de 5,22 HP. Recordando el DFMA, la correa seleccionada debe estar acorde al perfil de la polea, para esto se contrasto en el catálogo de Ecuapolea y estos se centran la fabricación de poleas de aluminio con perfiles tipo A y B. Con esta consideración el perfil tipo A es seleccionado y es necesario interpolar los valores de la tabla, determinando así el valor de potencia por canal de 3,59 HP ver Anexo 5.

Ahora bien, número de correas necesarias se lo obtiene a partir de ec. (8).

$$N_{correas} = \frac{P_{diseño}}{P_{canal}} \quad (8)$$

Donde,

$N_{correas}$ número de correas

$P_{diseño}$ potencia de diseño

P_{canal} potencia de transmisión de canal

Con esto el número de correas requeridas es de $N_{correas} = 1,45$, la potencia que transmite supera la capacidad de la correa y para asegurar su funcionamiento se determina el $N_{correas} = 2$.

La Tabla 4.40, resume los componentes seleccionados, para la transmisión de potencia.

Tabla 4.40 Configuración de poleas

Componente	Designación	RPM	Torque Nm
Polea conductora	4' x 2	2500	12,4
Polea conducida	13'x 2	769	40,3

De la ec. (9), despejamos el valor de F_1 , remplazando el torque y el diámetro externo de la polea conductora conectada al eje del motor.

$$F_1 = T \times \frac{D}{2} \quad (9)$$

Donde,

F_1 fuerza de lado tenso

T torque en la polea

D diámetro de la polea conductora

Se sustituyen los valores indicados se obtiene que $F_1 = 244,09 \text{ N}$.

Para determinar la tensión en el lado flojo se usa la ec. (10).

$$F_2 = \frac{F_1}{2} \quad (10)$$

Donde,

F_2 Fuerza del lado flojo

F_1 fuerza del lado tenso

El lado flojo de la polea es de $F_2 = 48,82 \text{ N}$

Ahora para determinar la fuerza de flexión que actúa sobre el eje se evalúa en la ec. (11).

$$F_B = F_1 + F_2 \quad (11)$$

La fuerza de flexión de la polea en el eje es $F_B = 292,91 \text{ N}$.

El eje de la Fig. 33, está configurado para los siguientes elementos polea, apoyado en rodamientos y una distribuida que lo flexiona.

Las magnitudes de las cargas aplicadas en el eje están expresadas en la Fig. 4.22.

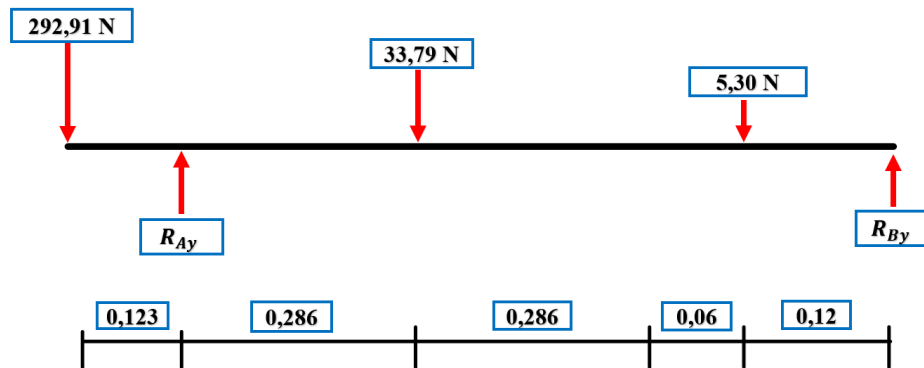


Fig. 4.22 Esquema de cargas aplicadas al eje.

El resultando de las reacciones corresponde a $R_{Ay} = 362,42 \text{ N}$ y $R_{By} = -30,6 \text{ N}$ como se muestra en la Fig. 4.23.

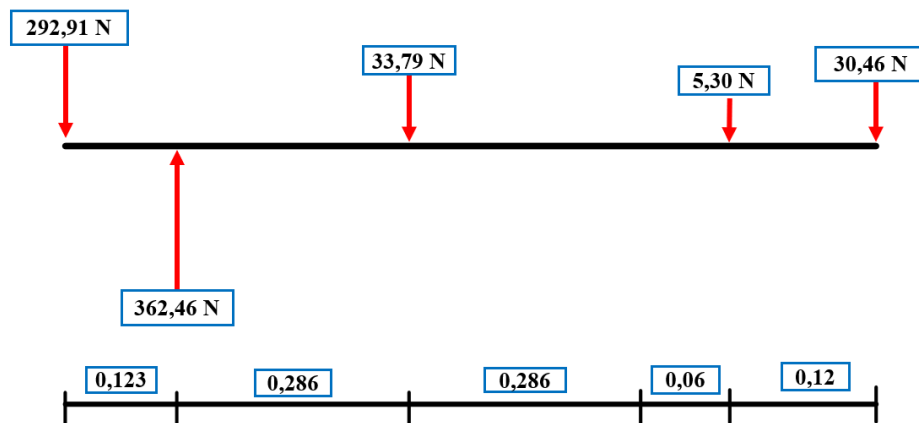


Fig. 4.23 DCL resuelto.

Con las magnitudes de las cargas y reacciones se grafica el diagrama del momento flector como se muestra en la Fig. 4.24.

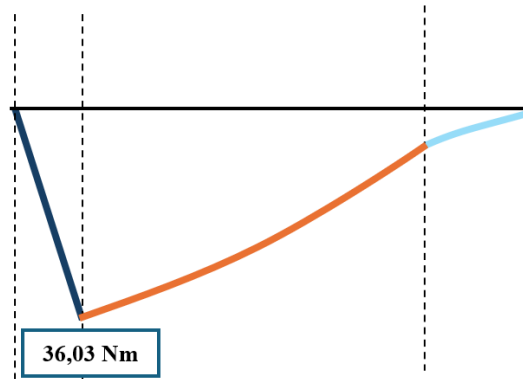


Fig. 4.24 Diagrama de momento flector en el eje.

En el punto de análisis es aquel en donde el momento es mayor, además dicho punto tiene un cambio de diámetro de sección que es un concentrador de esfuerzo siendo un punto crítico para el análisis como el eje es una barra de sección circular maciza. Se adapta la ec. (12).

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (12)$$

Donde,

σ es el esfuerzo

M momento flector en el punto de interés

c distancia desde el eje neutro a la carga aplicada

I inercia de la sección

La ec. (12), está acondicionada para el cálculo del esfuerzo de la sección circular del eje y operamos con los valores de $d = 22,22 \text{ mm}$ y $M = 36,03 \times 10^3 \text{ Nmm}$.

$$\frac{32M}{\pi d^3} \quad (13)$$

Reemplazando se obtiene $\sigma = 33,45 \text{ MPa}$.

El torque que entra al eje genera un esfuerzo de torsión a lo largo del eje y se lo cuantifica con la ecuación 14, ahora considerando que su sección transversal es una circunferencia que corresponde a J, expresada en la ec. (15).

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (14)$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (15)$$

Donde,

τ esfuerzo de torsión

T torque de entrada

c distancia desde el eje neutro a la carga aplicada

J momento polar de inercia.

Remplazando los siguientes valores de $d = 22,22 \text{ mm}$ y $T = 40,3 \times 10^3 \text{ Nmm}$, resulta un esfuerzo de torsión de $\tau = 18,71 \text{ MPa}$.

La Tabla 4.41, resumen los concentradores de esfuerzo y los esfuerzos máximos para flexión y torsión en el punto de estudio ver Anexo.

Tabla 4.41 Parámetros y cálculos de concentradores de esfuerzo

Parámetro	Valor
D	23,05 mm
d	22,22 mm
r	3 mm
D/d	1,04
r/d	014
$K_{tflexión}$	1,5
K_{ts}	1,2
$\sigma_{máx}$	50,18 MPa
$\tau_{máx}$	22,45 MPa

Evaluar el criterio de falla de energía de distorsión para materiales dúctiles con la ec. (16).

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (16)$$

Donde,

σ' esfuerzo

σ_x esfuerzo plano x

τ_{xy} torque en plano xy

Sustituyendo, $\sigma' = 63,48 \text{ MPa}$.

El material disponible, es acero AISI 1018 con un esfuerzo a la fluencia $S_y = 220 \text{ MPa}$ y se evaluá en la ec. (17).

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (17)$$

Donde,

n factor de seguridad

S_y límite a la fluencia

σ' esfuerzo

El factor de seguridad estático es

$n = 3,47$, siendo este valor mayor a uno, determina que el elemento de estudio no falla ante las condiciones de cargas implementadas.

Factores que modifican el límite de la resistencia a la fatiga presentes en la Tabla 4.42.

Tabla 4.42 Factores que modifican la resistencia a la fatiga.

Parámetro	Valor
Resistencia última S_{ut}	410 MPa
Esfuerzo a la fluencia S_y	235 MPa
Límite resistencia a la fatiga S'_e	200 MPa
Factor acabado superficial k_a	0,92
Factor de tamaño k_b	0,89
Factor de confiabilidad k_e	0,81
Límite de resistencia a la fatiga real S_e	132,65 MPa

$$\sigma_a = \frac{32k_f M_a}{\pi d^3} \quad (18)$$

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \quad (19)$$

$$\sigma_m = \left[3 \left(\frac{16k_{fs} T_m}{\pi d^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

Con las ec. (18 – 20) se obtienen los siguientes esfuerzos $\sigma_a = 41,93 \text{ MPa}$, $\sigma_m = 37,69 \text{ MP}$ y consigo un factor de seguridad $n = 2,43$, con esto se evalúa el criterio de la ec. (21).

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m} \quad (21)$$

El de seguridad a la fluencia $n_y = 2,76$ es mayor a 1, por tanto, el diseño propuesto no falla.

4.5 Simulación de eje

Con ayuda del software se configura las condiciones de borde y las cargas aplicadas que modifican eje como se observa en la Fig. 4.25.

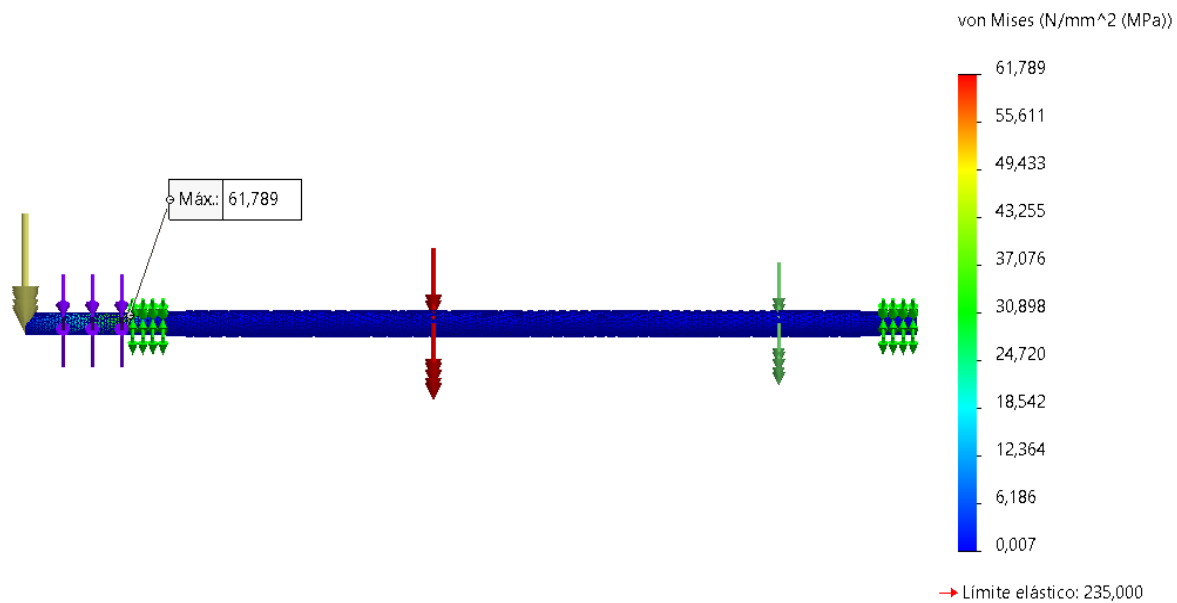


Fig. 4.25 Simulación del eje.

Tabla 4.43 Datos de la simulación del eje.

Iteración	Nodos	Elementos	Esfuerzos (MPa)	Desplazamiento (mm)
1	16382	9568	46,97	0,078
2	17488	10299	47,901	0,078
3	18233	10745	47,98	0,078
4	18505	10929	48,58	0,078
5	19439	11524	49,10	0,078
6	19682	11673	50,59	0,078
7	24484	14832	51,74	0,077
8	27527	16784	48,05	0,078
9	32215	19874	49,59	0,077
10	34562	21372	47,81	0,077
11	38988	24336	55,97	0,078
12	42972	26945	57,71	0,078
13	45007	28248	60,16	0,078
14	48073	30267	61,75	0,078
15	53630	34076	61,79	0,078
16	65916	42394	63,59	0,078
17	77742	50301	63,45	0,078
18	94218	61346	70,03	0,078

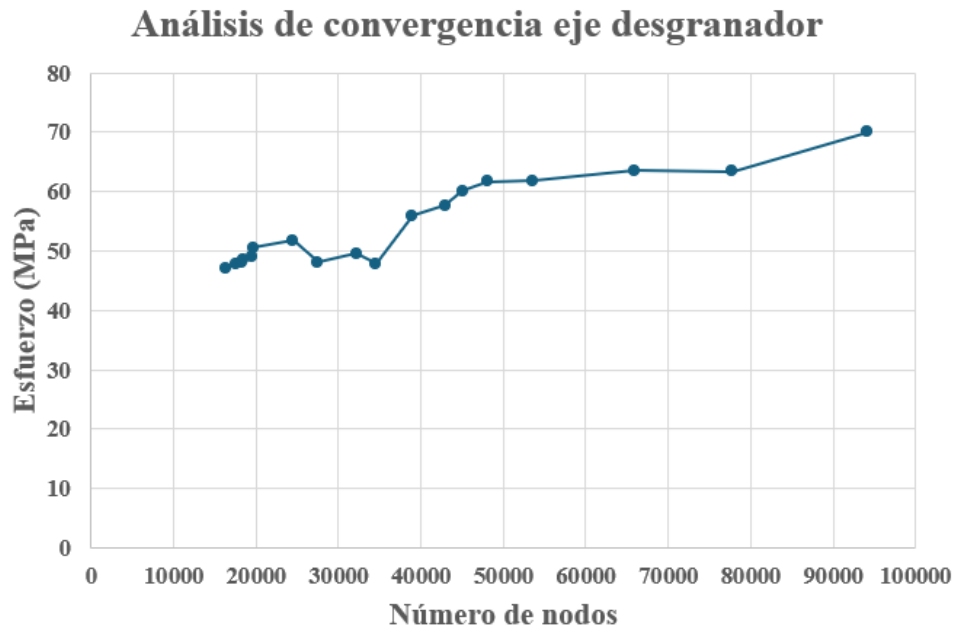


Fig. 4.26 Análisis convergencia eje.

Complementario a los datos expresados en la Tabla 4.43, en la gráfica de la Fig. 4.26, se observa el rango de nodos 45007 – 77742 una estabilidad numérica para el valor del esfuerzo, de esta sección valor promedio del esfuerzo es de 62,15 MPa.

En contraste del cálculo analítico estático y los valores de la simulación estática, estos últimos distan de un porcentual de erros de 5,61 % y mostrando un factor de seguridad de 3,8 como se muestra en la Fig. 4.27.

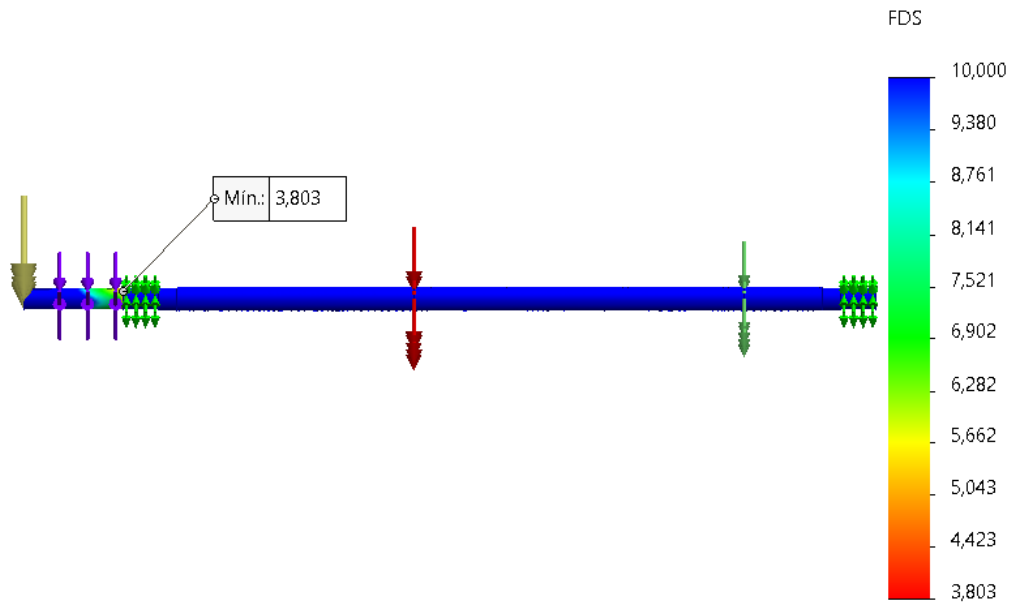


Fig. 4.27 Factor de seguridad eje.

4.6 Diseño aspa desgranadora

Para el análisis de este elemento, en la Fig. 4.28, se esquematiza las cargas aplicadas sobre el elemento, luego en la Fig. 4.29 muestra el DCL del dedo y la Fig. 4.30 corresponde al diagrama de momento flector.

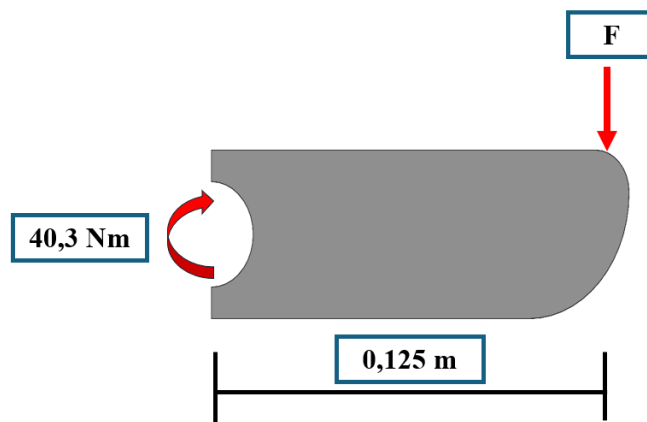


Fig. 4.28 Carga aplicada sobre aspa desgranadora.

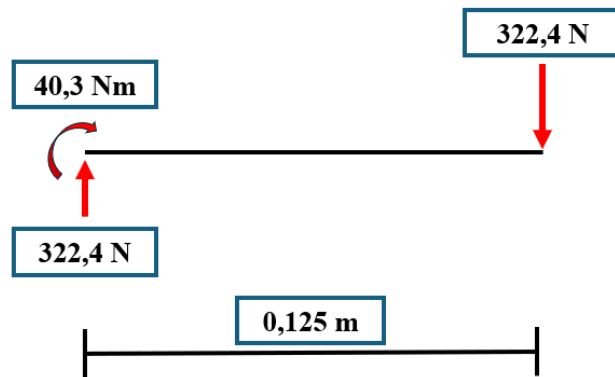


Fig. 4.29 DCL de aspa desgranadora.

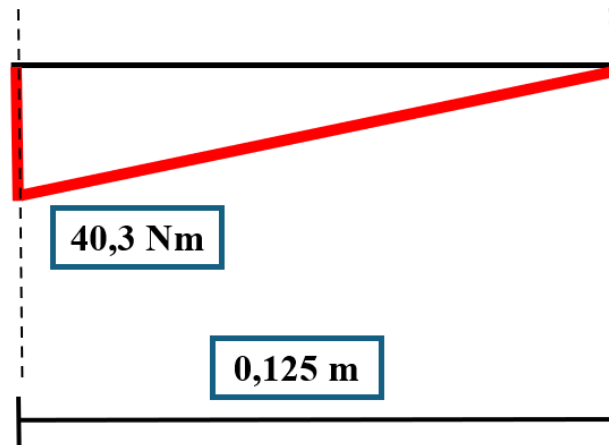


Fig. 4.30 Diagrama de momento flector.

El esfuerzo $\sigma = 66,67 \text{ MPa}$ y el factor de seguridad $n = 3,29$ evaluar en la ecuación 22.

$$n = \frac{s_y}{\sigma} \quad (22)$$

Donde,

n factor de seguridad

s_y esfuerzo a la fluencia del material

σ esfuerzo por flexión

4.6.1 Simulación de aspas desgranadores

Se configura las condiciones de borde, además se posicionan las cargas calculadas sobre el aspa desgranadora y se procede con la simulación como se muestra en la Fig. 4.31.

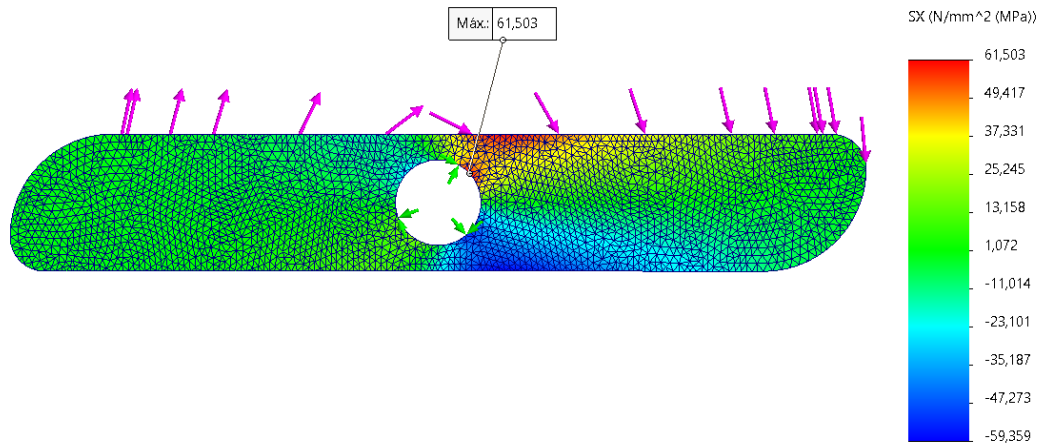


Fig. 4.31 Simulación de aspa desgranadora.

Tabla 4.44 Datos de la simulación del dedo desgranador.

Iteración	Nodos	Elementos	Esfuerzo Normal (MPa)	Desplazamiento (mm)
1	20193	10765	61,00	0,096
2	22050	11972	60,48	0,101
3	24547	13560	60,86	0,096
4	26994	15111	61,09	0,095
5	29101	16445	61,16	0,096
6	29947	16984	61,18	0,096
7	32168	18368	62,42	0,095
8	34487	19799	62,18	0,095
9	41851	24314	61,36	0,095
10	45952	26570	61,50	0,095
11	46880	27141	61,48	0,097
12	49492	28750	61,76	0,095
13	53962	31435	61,43	0,096
14	58887	34427	61,53	0,096
15	64863	38087	61,64	0,095
16	71123	42003	61,53	0,095
17	80250	47936	61,37	0,095
20	110399	67848	61,75	0,095
21	127405	79190	61,59	0,096

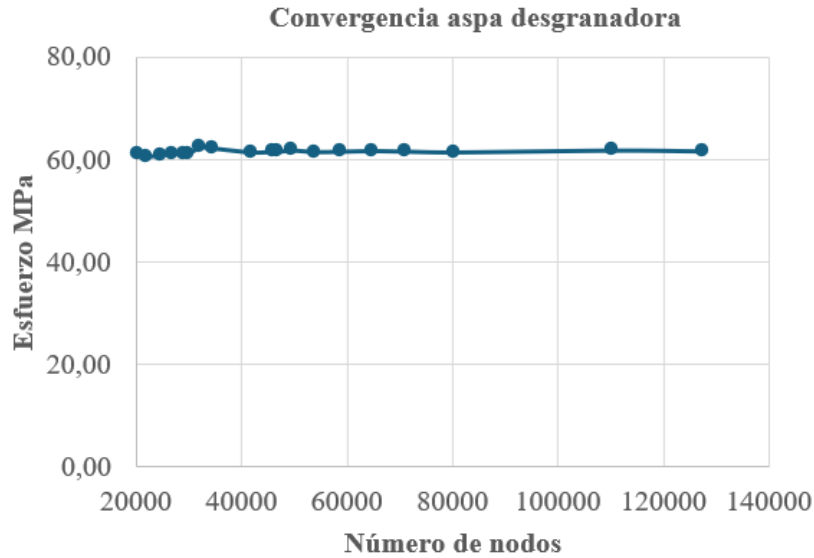


Fig. 4.32 Análisis convergencia aspa desgranadora.

Complementario a los datos expresados en la Tabla 4.44, la gráfica de la Fig. 4.32 muestra una estabilización de los valores para el rango de nodos 41851 -110399, el valor promedio del esfuerzo normal es de 61,54 N sobre el elemento. En contraste al cálculo analítico y el obtenido por simulación presenta el 7,70 % de error, por tanto, son valores confiables.

Ya evaluado el elemento de desgranado y con la ec. 22 se calcula el número de aspas que se requieren para la configuración del mecanismo desgranador

$$N_{aspas} = \frac{l_{eje}}{D_{tusa}} \quad (22)$$

Donde,

N_{aspas} número de aspas desgranadoras.

l_{eje} longitud del eje en la zona de desgranado.

D_{tusa} diámetro de la tusa de maíz.

El mecanismo desgranador emplea 22 aspas, con una separación de 26 mm que corresponde al diámetro promedio de los núcleos de la mazorca ver Anexo 4 y entre estas hay un desfase de 30° sobre el eje de rotación.

Las aspas desgranadoras de la Fig. 4.33, tienen una longitud total de 250 mm, este elemento presenta una simetría invertida respecto al origen, los redondeos en los extremos se asemejan al pulgar humano, esto busca reducir la ruptura del grano al momento de imprimir una fuerza.

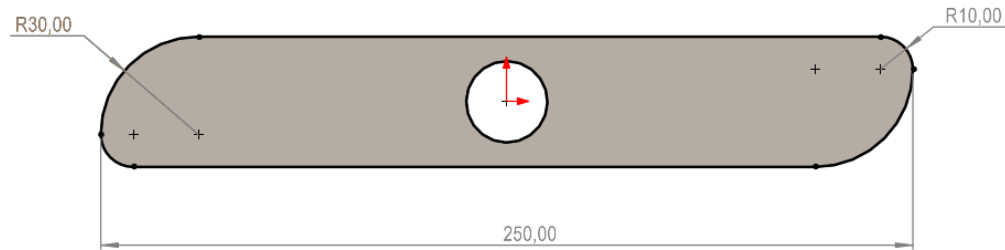


Fig. 4.33 Perfil aspa desgranadora.

4.7 Simulación bastidor

La carga aplicada para el diseño del bastidor se considera un bulto sobre la máquina, el peso propio del equipo y un 25 % adicional, obteniendo un valor de 1442 N, dato definido en las condiciones de borde. Luego de la simulación se muestra un factor de seguridad de 3,40 en la Fig. 4.34.

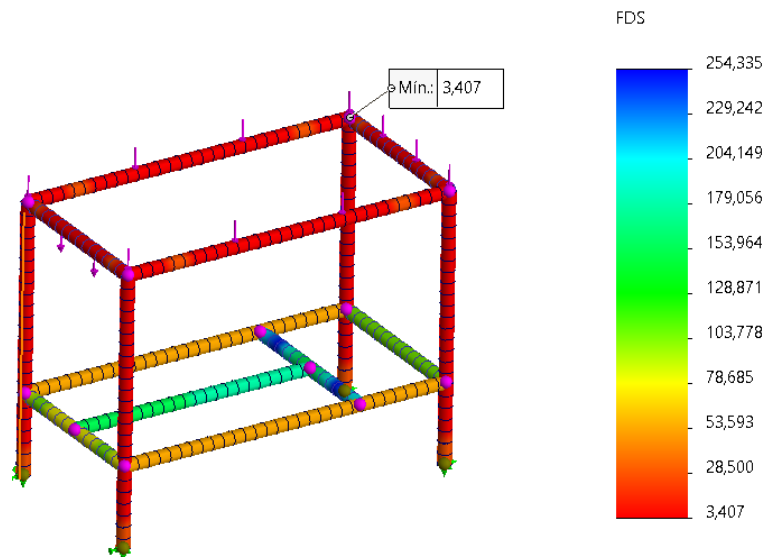


Fig. 4.34 Factor de seguridad bastidor.

4.8 Parte experimental

Las actividades referentes a la experimentación esta esquematizada en la Fig. 4.35.

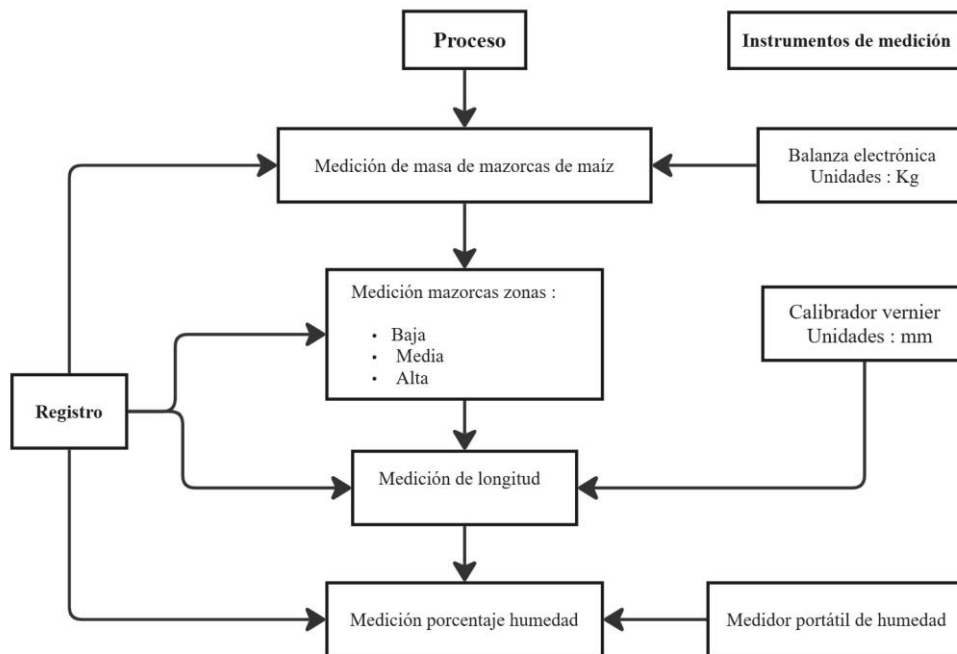


Fig. 4.35 Diagrama de flujo experimental

4.8.1 Medición del parámetro de humedad

La medición de humedad en el grano obtuvo al tomar una muestra de los granos y con la configuración previa del medidor de humedad portátil y los datos registrados se muestran en la Tabla 4.45.

Tabla 4.45 Medición porcentaje de humedad.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2
Muestra	12,40%	11,70%
Comercial	10,30%	8,90%

Los valores registrados de fuerza mínima de arranque de los granos de maíz se expresan en la Fig. 4.36, además en las pruebas de desgrano de las mazorcas están expresados en la Fig. 4.37.

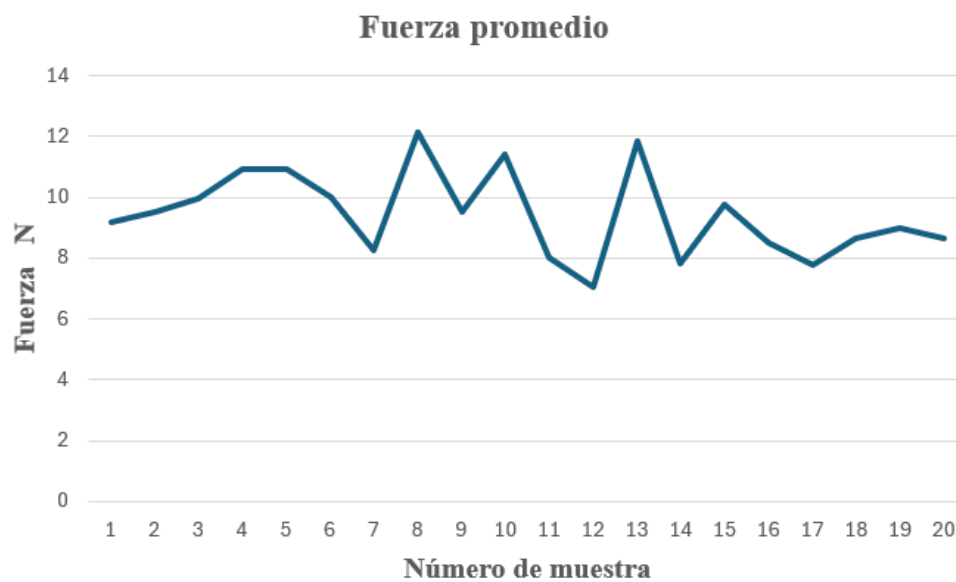


Fig. 4.36 Fuerza promedio arranque de grano.



Fig. 4.37 Tiempo de desgranado con el prototipo.

Como una experimentación adicional se tomó 500 gramos de granos de maíz comercial y se hizo la comparativa con el grano maíz duro experimental y los resultados se detallan en la Tabla 4.46.

Tabla 4.46 Comparativas de masa de granos defectuosos

	Comercial	Experimental
Granos defectuosos	27 g	10 g

El tiempo de desgranado con el dispositivo de prueba fue de 1,35 minutos y el tiempo promedio por mazorca es de 4s, mientras que el desgranado de forma manual tomó 20 minutos para la misma cantidad de mazorcas. Por tanto, este dispositivo es 14, 81 veces más rápido. Logrando desgranar en promedio 2,94 quintales de maíz duro por hora.

4.9 Prototipado

Para experimentación del comportamiento del mecanismo de desgranado, se desarrolló un prototipo considerando los siguientes elementos, contenedor, eje, aspas desgranadoras, separadores y rodamientos como se muestran en las siguientes figuras: Fig. 4.38 -4.40.

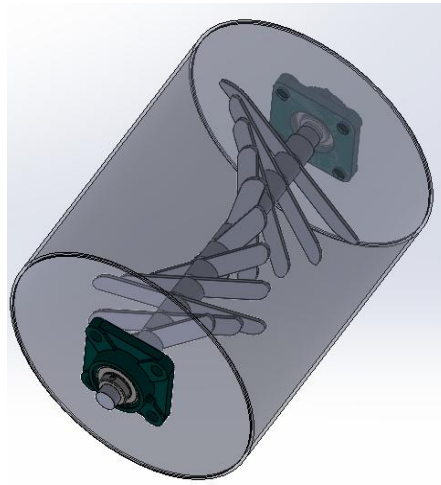


Fig. 4.38 Modelo 3 D mecanismo de desgranado.



Fig. 4.39 Prototipado del mecanismo.



Fig. 4.40 Falló de contenedor del prototipo.

Posterior a las fallas y consideraciones del prototipo inicial, se establecen nuevas configuraciones y reestructuraciones principales en la forma del contenedor, disposición de las aspas y separadores como se muestran en las figuras: Fig. 4.41 -4.42.



Fig. 4.41 Materiales del prototipo 2.0.

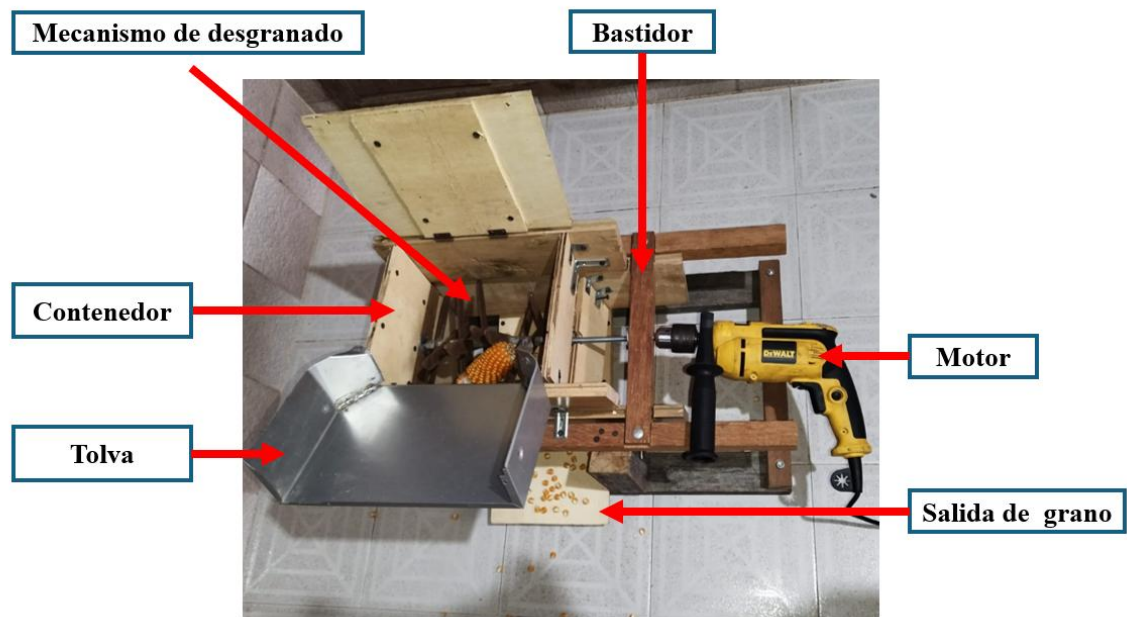


Fig. 4.42 Prototipo desgranadora 2.0.

4.10 Costos de equipos y materiales

El listado de los equipos y materiales se detalla en la Tabla 4.47, donde describe las cantidades y costos.

Tabla 4.47. Costos por concepto de compra de equipos y materia prima.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo	Costo total
Acero para eje 1018	metros	1	8	8
Placa metálica ASTM 36 (1220/2440)	mm	2	50,60	50,60
Tubo cuadrado (30 x 30 x 2)	unidades	2	12,31	24,62
Aspas desgranadoras	unidades	22	1,5	33
Polea 14" x 2	unidades	1	27,58	27,58
Polea 3.5" x 2	unidades	1	4,64	4,64
Chumaceras piso	unidades	2	8	16
Banda	unidades	2	9	18
Pernos chumacera	unidades	4	0,6	2,40

Arandelas base chumacera	unidades	4	0,2	0,80
Tuercas base chumacera	unidades	4	0,25	2
Tuerca M25 x 1,5	unidades	2	0,80	1,60
Motor 6.5 Hp gasolina	unidades	1	160	160
Pernos base motor	unidades	4	0,6	2,40
Arandelas base motor	unidades	4	0,20	0,8
Tuercas base motor	unidades	4	0,25	2
Electrodos	kg	1	4,50	4,50

4.10.1 Costos operaciones de manufactura

Los costos asociados por concepto de operaciones de mecanizado se detallan en la Tabla 4.48.

Tabla 4.48 Costos por concepto de operaciones de manufactura

Ítem	Descripción	Costo (USD)
1	Corte de placa metálica	35
2	Dobles de placas	8
3	Corte tubo cuadrado	10
4	Taladrado	10
5	Torneado	25
6	Soldadura	30

4.10.2 Costos de fabricación por concepto de ensamblaje

Los costos por concepto de mano de obra se detallan en la Tabla 4.49.

Tabla 4.49 Costos asociados al ensamblaje por concepto de mano de obra.

Ítem	Personal	Cantidad	Hrs. trabajo	Costo horas	Costo total
1	Técnico de taller	1	30	3,12	93,6
2	Ayudante de taller	1	30	2,25	67,50
Total					161,10

4.10.3 Costo de la fabricación de la máquina desgranadora

Los costos asociados en la fabricación de este modelo de desgranadora se resumen y detallan en la Tabla 4.50.

Tabla 4.50 Costo total construcción.

Descripción	Costo (USD)
Materia prima	358,94
Operaciones de manufactura	118
Mano de obra	161,10
Total	638,04

Conclusiones

- Se concluye como uno de los parámetros funcionales la fuerza mínima aplicada en la mazorca al separar el grano de la tusa y su magnitud fue de 9,40 N. Además, esta fuerza aplicada en un brazo de palanca de 125 mm generó un torque de 1,18 Nm, siendo este valor referencial para el desarrollo, dimensionamiento y selección de componentes de los módulos 2 y 3.
- La máquina resultante tiene las siguientes características: 893 mm largo, 404 mm ancho y 996 mm alto, con un peso de 48,52 kg. El mecanismo desgranador cuenta con una relación de transmisión 3,22 que permite un funcionamiento para una capacidad de 4kg simultáneos y además cuenta su tolva cuenta con una capacidad almacenamiento de 8 kg.
- Se simularon los componentes más críticos, para el caso del eje se obtuvo un factor de seguridad de 3,4 y un esfuerzo máximo (von Mises) de 61,54 MPa que difiere del análisis estático calculado en un 5,61 %. Por otro lado, en el caso de las aspas desgranadoras se obtuvo un factor de seguridad de y el valor del esfuerzo máximo (von Mises) diverge por un error del 7,7 % al calculado.

Recomendaciones

- El estudio previo de materia prima, elementos mecánicos y de procesos de fabricación presentes en el mercado nacional que agilicen los tiempos y costos en la construcción y mantenimiento de estos dispositivos.
- Contemplar en un próximo estudio, el uso de herramientas de Método de Elementos Finitos FEM y Métodos de Elementos discretos DEM en una aproximación a las condiciones reales.

Referencias

- [1] G. M. Caviedes Cepeda, “Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades,” *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 11, no. 1, May 2019, doi: 10.18272/aci.v11i1.1100.
- [2] INEC, “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua,” 2023. Accessed: Jan. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf
- [3] D. M. Guedes, L. F. da Silva, and V. C. de Oliveira, *Avances científicos y tecnológicos en ciencias agrícolas 4*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2024. doi: 10.22533/at.ed.617240202.
- [4] J. O. Pérez Silva, “Diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz,” *Ingenius*, no. 18, p. 21, Jul. 2017, doi: 10.17163/ings.n18.2017.03.
- [5] A. SEDARA, E. ODEDIRAN, and S. MANUWA, “DESIGN AND FABRICATION OF AN IMPROVED MOTORIZED MAIZE SHELLER/THRESHING MACHINE,” *Journal of Engineering Studies and Research*, vol. 26, no. 4, pp. 120–131, Jan. 2021, doi: 10.29081/jesr.v26i4.244.
- [6] M. Basuki, S. Aprilyanti, Azhari, and Madagaskar, “Design of Corn Thresher,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1500/1/012075.
- [7] A. Sedara, E. Odediran, and S. Manuwa, “DESIGN AND FABRICATION OF AN IMPROVED MOTORIZED MAIZE SHELLER/THRESHING MACHINE,” 2020.
- [8] T. Hidayat *et al.*, “Performance test and economic analyses of Semi Mechanic Corn Sheller,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/715/1/012074.
- [9] J. M. Vazquez, “COSECHA DE GRANOS,” 2019.
- [10] Z. Qu, Q. Lu, H. Shao, L. Liu, X. Wang, and Z. Lv, “Design and Testing of a Self-Propelled Dandelion Seed Harvester,” *Agriculture (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Apr. 2023, doi: 10.3390/agriculture13040917.

- [11] X. Li, Y. Du, E. Mao, Y. Zhang, L. Liu, and D. Guo, "Design and experiment of corn low damage threshing device based on DEM," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 55–63, 2023, doi: 10.25165/j.ijabe.20231603.7042.
- [12] T. Moreira-Vera, T. Bravo-Mero, O. Mendoza-Talledo, and T. Macías-Zambrano, "Comportamiento y Calidad de los Granos de Maíz (Zea Mays) Almacenados en Graneros Construidos con Diferentes Materiales," *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 8, no. 4, pp. 202–214, Jul. 2023, doi: 10.33386/593dp.2023.4.1879.
- [13] L. DE San José Chazo, "'CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (Zea mays L.) DE LA.'"
- [14] "'CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y TÉRMICA DEL ALMIDÓN DE MAÍZ (Zea mays L) OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE AISLAMIENTO.'"
- [15] "CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ Volver a: Suplementación en general." [Online]. Available: www.produccion-animal.com.ar
- [16] FAO, "El maiz en la nutrición humana - Tecnología postcosecha la preelaboración." Accessed: Jan. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S05.HTM>
- [17] M. Barandiarán and Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario -DDTA, "MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO," Lima-Perú, 2020.
- [18] C. Valero and J. Ortiz-Cañavate, "Recolección de maíz y otros cultivos de grano," vol. 365, 2000, Accessed: Jul. 26, 2025. [Online]. Available: <https://oa.upm.es/6384/>
- [19] M. de A. ,Ganadería A. y P. MAGAP, "MAGAP fija precio de maíz amarillo duro para junio – Ministerio de Agricultura y Ganadería." Accessed: Jun. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-fija-precio-de-maiz-amarillo-duro-para-junio/>
- [20] "Manipulación Manual de Cargas," Madrid, 1997.
- [21] Piedrabuena Alicia and Palomares Nicolás, "BUENAS PRÁCTICAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES ERGONÓMICAS DEL TRABAJO EN EL SECTOR CEMENTERO," Jan. 2020.

- [22] C. Riba, *Diseño concurrente*, Primera. Barcelona: Edicions Upc, 2002.
- [23] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta. México: PEARSON EDUCATION, 2006.
- [24] “¿Qué es una tolva en construcción?” Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://alsyedconstruction.com/what-is-a-hopper-in-construction/>
- [25] J. O. Pérez Silva, “Diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz,” *Ingenius*, no. 18, p. 21, Jul. 2017, doi: 10.17163/ings.n18.2017.03.
- [26] *ALAT PERONTOK JAGUNG SEDERHANA 7 MENIT BISA MERONTOKAN JAGUNG 50 KG*, (Dec. 16, 2021). Accessed: Nov. 27, 2024. [Online Video]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=3sLTXtyrN_k
- [27] “Criba de tambor - Funcionamiento.” Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.parason.com/blog/inclined-trommel-screen>
- [28] “Criba vibratoria.” Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.camec.net/es/nuestras-divisiones/divisi%C3%B3n-de-reciclaje/cribas/criba-vibratoria>
- [29] L. YANGZHOU COYOTECH MACHINERY CO., “Cribadoras vibratorias lineales de para cribado y clasificación de granos.” Accessed: Jun. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.coyograinmachine.com/hot-products/linear-vibrating-screeners-for-screening-and.html>
- [30] “MOTORES ESTACIONARIOS : Comforza.” Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://comforza.com.pa/motores-estacionarios/>
- [31] “Cadena TSUBAKI RENOLD INT | IndustryStore.com.ar.” Accessed: Jun. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.industrystore.com.ar/cadenas-de-transmision>
- [32] INTERMEC S.A, “Transmisión de potencia Poleas en ‘V,’” 2013, Accessed: Jun. 20, 2025. [Online]. Available: WWW.INTERMEC.COM.CO
- [33] F. Ramírez, G. Ladislao, and S. Monreal, “Transmisiones ESPAÑOL Manual de Contenido del Participante.”

- [34] “Motor Estacionario Diesel 10 HP – BP ECUADOR.” Accessed: Dec. 14, 2024. [Online]. Available: <https://bpecuador.com/producto/motor-estacionario-diesel/>
- [35] “Motor Estacionario Gasolina 13 HP – BP ECUADOR.” Accessed: Dec. 14, 2024. [Online]. Available: <https://bpecuador.com/producto/motor-estacionario-gasolina-13-hp/>
- [36] “Cadenas y Piñones - Hivimar.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.hivimar.com/productos/transmision-de-potencia-mecanica/cadenas-y-pinones/>
- [37] “Correas y Poleas - Hivimar.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.hivimar.com/productos/transmision-de-potencia-mecanica/correas-y-poleas/>
- [38] “Engranajes rectos: aspectos importantes que necesita saber sobre ellos.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://bepltd.com/es/blogs/news/spur-gears-important-aspects-you-need-to-know-about-them>
- [39] E. Megyesy *et al.*, *Manual de recipientes a presión Diseño y Cálculo*, 7 ma. México, 1992.
- [40] J. Zumba, “Universidad Nacional de Loja,” 2023.

Anexos

Anexo. 1. Entrevista productores de maíz duro

Tema: Desgranadora de maíz duro

Objetivo de la entrevista: Determinar parámetros de diseño de una desgranadora de maíz a partir de las necesidades de los productores.

Soy Lenin Guerra, estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la universidad Técnica del Norte. Como parte de mi trabajo de titulación estoy desarrollando una desgranadora de maíz duro. Si usted acepta participar en esta entrevista, me autoriza a grabar sus opiniones y aportes para este trabajo para fines académicos. La información proporcionada será tratada con confidencialidad y será utilizada para este estudio. La entrevista tendrá una duración aproximada de 15 minutos.

Antes de continuar, requiero que de su consentimiento libre y voluntario.

De antemano agradezco por su tiempo para participar en esta entrevista.

1. ¿Qué variedad de semilla de maíz cultivan?
2. ¿A qué sector va dirigido su producto al consumo humano o animal?
3. ¿Cuántos quintales de maíz obtienen por hectárea?
4. ¿Dónde se realiza el desgranado de maíz?
5. ¿Cuáles son las condiciones ambientales donde operará la desgranadora?
6. ¿Cuál es el espacio disponible donde trabajará la desgranadora de maíz?
7. ¿El lugar donde funcionará la máquina tiene acceso a electricidad?
8. ¿Se requiere la movilización de la desgranadora de maíz?
9. ¿Cuál es valor que invertiría en una máquina de este tipo?
10. ¿Alguna vez han usado una desgranadora de maíz?, cómo fue su experiencia con esta máquina.

Anexo. 3 Ficha técnica del motor a gasolina

Especificaciones técnicas	GX200T QC
Características	4 Tiempos/Monocilíndrico/OHV
Cilindraje	196cc
Potencia	6.5hp @3600rpm
Torque máximo	12.4 Nm @2500rpm
Filtro de aire	Ciclónico de 3 etapas
Sistema de arranque	Manual / Retráctil
Capacidad de aceite cárter	0,6 litros
Sistema de ventilación	Aire forzado
Combustible	Gasolina Común
Consumo de combustible (ltrs/hora)	1.7
Capacidad Tanque de combustible	3,1 litros
Punta de eje	Cilíndrica 3/4"
Dimensiones (L/An/Al)	321X376X346 mm
Peso en seco	16,1 Kg

Anexo. 4 Catálogo de bandas

FACTORES DE SERVICIO TÍPICOS

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradores Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserríos y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibular-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Molacates	1.5	1.6	1.8

SI SE UTILIZAN POLEAS TENSORAS, AÑADA EL SIGUIENTE VALOR AL FACTOR DE SERVICIO:

Polea tensora en tramo suelto (adentro)	Ninguno
Polea tensora en tramo suelto (afuera)	0.1
Polea tensora en tramo tenso (dentro)	0.1

CORREAS CLÁSICAS

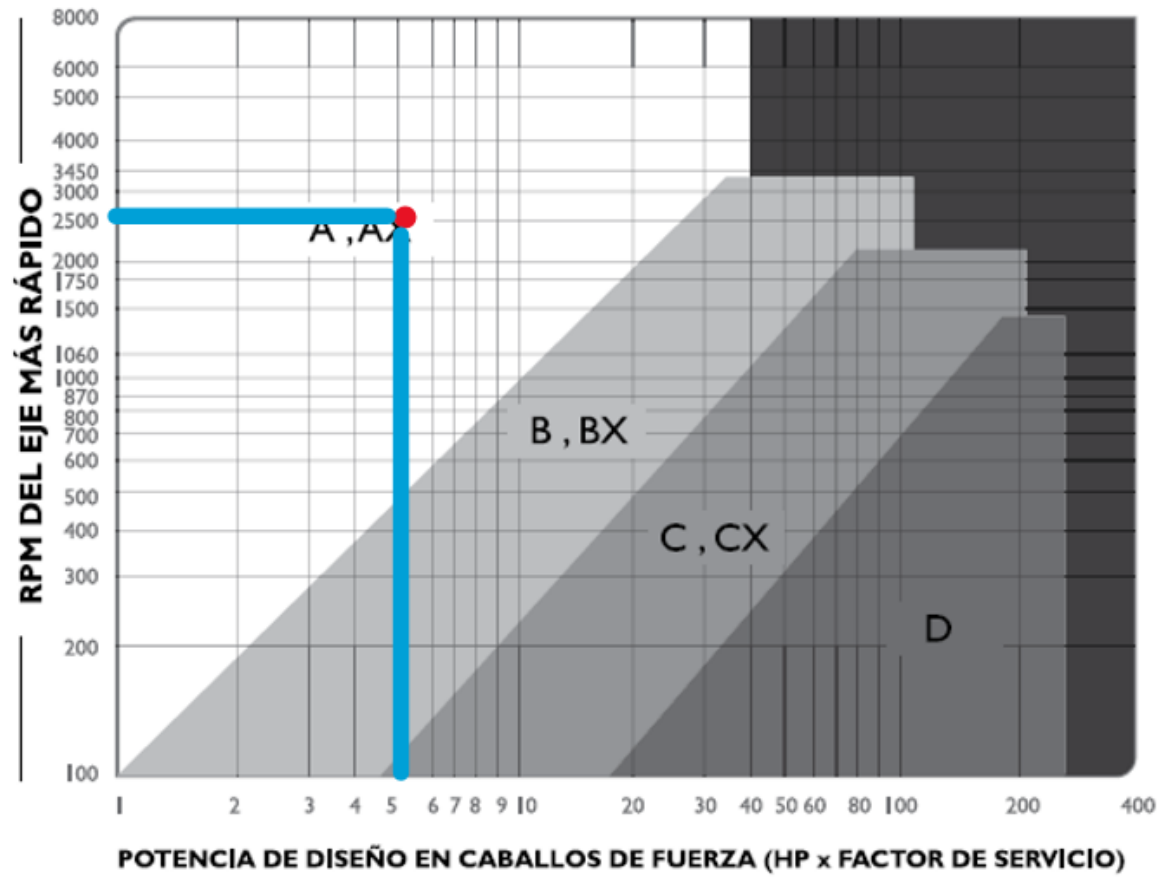


TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)								
	85	90	100	105	110	115	120	125	130
50	0,11	0,13	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24
100	0,20	0,23	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,42	0,45
500	0,71	0,83	1,07	1,20	1,30	1,43	1,55	1,67	1,80
600	0,81	0,96	1,24	1,38	1,52	1,66	1,80	1,94	2,08
700	0,91	1,08	1,40	1,57	1,73	1,90	2,05	2,20	2,36
800	1,00	1,20	1,56	1,74	1,92	2,10	2,28	2,46	2,64
900	1,10	1,30	1,70	1,90	2,10	2,30	2,50	2,70	2,90
1000	1,17	1,40	1,85	2,07	2,30	2,50	2,73	2,94	3,16
1100	1,25	1,50	1,98	2,23	2,47	2,70	2,94	3,17	3,40
1160	1,30	1,55	2,06	2,32	2,57	2,82	3,06	3,30	3,55
1200	1,32	1,60	2,12	2,38	2,63	2,90	3,15	3,40	3,65
1300	1,40	1,68	2,24	2,52	2,80	3,07	3,35	3,62	3,90
1400	1,46	1,77	2,37	2,66	2,96	3,25	3,54	3,83	4,10
1500	1,53	1,85	2,50	2,80	3,20	3,42	3,73	4,03	4,34
1600	1,60	1,93	2,60	2,93	3,26	3,60	3,90	4,23	4,55
1700	1,65	2,00	2,70	3,06	3,40	3,75	4,10	4,43	4,76
1750	1,67	2,04	2,77	3,13	3,48	3,83	4,18	4,52	4,86
1800	1,70	2,08	2,82	3,20	3,55	3,90	4,26	4,60	4,96
1900	1,75	2,15	2,93	3,30	3,70	4,06	4,43	4,80	5,16
2000	1,80	2,22	3,03	3,42	3,82	4,20	4,60	4,97	5,34
2100	1,85	2,28	3,12	3,53	3,94	4,35	4,74	5,14	5,53
2200	1,90	2,34	3,20	3,64	4,07	4,48	4,90	5,30	5,70
2300	1,94	2,40	3,26	3,75	4,18	4,60	5,04	5,46	5,87
2400	1,98	2,45	3,40	3,85	4,30	4,74	5,18	5,60	6,03
2600	2,05	2,56	3,55	4,03	4,50	4,98	5,44	5,90	6,33
2800	2,10	2,65	3,70	4,20	4,70	5,20	5,67	6,14	6,60
3000	2,16	2,72	3,82	4,35	4,87	5,40	5,88	6,37	6,85
3200	2,20	2,80	3,93	4,50	5,03	5,56	6,07	6,57	7,06
3400	2,23	2,84	4,03	4,60	5,16	5,70	6,23	6,75	7,24
3500	2,24	2,87	4,08	4,66	5,22	5,77	6,30	6,82	7,32
3600	2,25	2,90	4,11	4,70	5,28	5,83	6,37	6,90	7,40
3800	2,26	2,92	4,18	4,78	5,37	5,93	6,48	7,00	7,50
4000	2,25	2,93	4,23	4,84	5,44	6,00	6,56	7,08	7,58
4200	2,24	2,94	4,26	4,89	5,49	6,06	6,60	7,13	7,63
4400	2,22	2,93	4,27	4,91	5,51	6,10	6,63	7,15	7,63
4600	2,18	2,90	4,27	4,91	5,51	6,08	6,62	7,13	7,60
4800	2,13	2,87	4,25	4,88	5,49	6,05	6,58	7,07	7,52
5000	2,07	2,82	4,20	4,84	5,44	6,00	6,50	6,98	7,40

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,27	0,33
200	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35	0,39	0,43	0,50	0,61
300	0,23	0,28	0,33	0,38	0,43	0,50	0,55	0,62	0,72	0,88
400	0,28	0,35	0,42	0,49	0,55	0,64	0,71	0,80	0,93	1,14
500	0,34	0,42	0,50	0,59	0,67	0,78	0,86	0,97	1,13	1,38
575	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,88	0,97	1,10	1,28	1,57
600	0,38	0,48	0,58	0,68	0,78	0,91	1,00	1,14	1,33	1,63
690	0,43	0,54	0,65	0,76	0,88	1,02	1,13	1,28	1,50	1,84
700	0,43	0,55	0,66	0,77	0,89	1,04	1,15	1,30	1,52	1,86
725	0,44	0,56	0,68	0,80	0,91	1,07	1,18	1,34	1,57	1,92
800	0,47	0,60	0,73	0,86	0,99	1,16	1,30	1,45	1,70	2,10
870	0,50	0,64	0,78	0,92	1,06	1,24	1,38	1,56	1,83	2,25
900	0,52	0,66	0,80	0,95	1,10	1,28	1,42	1,60	1,90	2,32
950	0,54	0,69	0,84	0,99	1,14	1,34	1,50	1,68	1,98	2,43
1000	0,56	0,72	0,87	1,03	1,20	1,40	1,55	1,76	2,07	2,54
1100	0,59	0,77	0,94	1,10	1,28	1,50	1,68	1,90	2,24	2,78
1160	0,62	0,80	0,98	1,16	1,34	1,58	1,76	2,00	2,35	2,90
1200	0,63	0,82	1,00	1,20	1,38	1,62	1,80	2,05	2,40	2,98
1300	0,66	0,87	1,07	1,27	1,47	1,73	1,93	2,20	2,58	3,20
1400	0,70	0,91	1,13	1,35	1,56	1,84	2,05	2,33	2,75	3,40
1425	0,71	0,93	1,15	1,36	1,58	1,87	2,08	2,37	2,80	3,45
1500	0,73	0,96	1,20	1,42	1,65	1,95	2,17	2,47	2,90	3,60
1600	0,76	1,00	1,25	1,50	1,73	2,05	2,30	2,60	3,07	3,80
1700	0,79	1,05	1,30	1,56	1,82	2,15	2,40	2,74	3,23	4,00
1750	0,80	1,07	1,33	1,60	1,86	2,20	2,46	2,80	3,30	4,10
1800	0,82	1,09	1,36	1,63	1,90	2,25	2,52	2,87	3,40	4,20
1900	0,84	1,13	1,42	1,70	1,98	2,35	2,63	3,00	3,54	4,38
2000	0,87	1,17	1,47	1,77	2,06	2,45	2,74	3,12	3,70	4,57
2100	0,90	1,20	1,52	1,83	2,14	2,54	2,85	3,25	3,84	4,76
2200	0,92	1,25	1,57	1,90	2,20	2,64	2,95	3,37	4,00	4,94
2300	0,94	1,28	1,62	1,96	2,30	2,73	3,05	3,50	4,13	5,10
2400	0,96	1,32	1,67	2,02	2,36	2,82	3,16	3,60	4,27	5,29
2500	0,98	1,35	1,70	2,07	2,43	2,90	3,25	3,72	4,40	5,46
2600	1,00	1,38	1,75	2,13	2,50	3,00	3,35	3,85	4,53	5,63
2700	1,02	1,42	1,80	2,20	2,57	3,08	3,45	3,94	4,68	5,80
2800	1,04	1,45	1,85	2,24	2,64	3,16	3,54	4,05	4,80	5,96
2850	1,05	1,46	1,87	2,27	2,67	3,20	3,60	4,10	4,87	6,03
2900	1,06	1,48	1,89	2,30	2,70	3,24	3,64	4,16	4,93	6,10
3000	1,07	1,50	1,93	2,35	2,77	3,32	3,73	4,25	5,05	6,27
3200	1,10	1,56	2,00	2,45	2,90	3,47	3,90	4,47	5,30	6,57
3400	1,13	1,60	2,08	2,55	3,00	3,62	4,07	4,66	5,53	6,85
3450	1,14	1,62	2,10	2,57	3,04	3,65	4,10	4,70	5,50	6,92
3600	1,15	1,65	2,15	2,64	3,12	3,76	4,23	4,85	5,75	7,12
3800	1,17	1,70	2,20	2,72	3,23	3,90	4,38	5,02	5,96	7,37
4000	1,20	1,73	2,27	2,80	3,33	4,02	4,52	5,20	6,16	7,60
4200	1,23	1,77	2,33	2,88	3,42	4,13	4,66	5,34	6,34	7,83
4400	1,21	1,80	2,38	2,95	3,50	4,24	4,78	5,50	6,50	8,03
4600	1,21	1,82	2,42	3,00	3,50	4,35	4,80	5,63	6,67	8,22
4800	1,21	1,84	2,46	3,07	3,56	4,44	5,00	5,75	6,82	8,38
5000	1,21	1,86	2,50	3,12	3,73	4,53	5,10	5,87	6,95	8,53
5200	1,20	1,87	2,52	3,16	3,80	4,60	5,20	5,97	7,07	8,68
5400	1,19	1,87	2,55	3,20	3,85	4,68	5,28	6,06	7,18	8,77
5600	1,17	1,88	2,56	3,24	3,90	4,74	5,36	6,15	7,27	8,86
5800	1,15	1,87	2,58	3,26	3,93	4,80	5,42	6,22	7,35	8,93
6000	1,13	1,87	2,59	3,28	3,96	4,84	5,47	6,27	7,40	8,98
6200	1,10	1,86	2,60	3,30	3,99	4,87	5,50	6,32	7,45	9,00
6400	1,07	1,84	2,58	3,31	4,00	4,90	5,54	6,35	7,48	9,01
6600	1,04	1,82	2,57	3,31	4,01	4,90	5,56	6,37	7,49	8,98
6800	1,00	1,79	2,56	3,30	4,01	4,92	5,57	6,38	7,49	8,94
7000	0,96	1,76	2,54	3,30	4,01	4,92	5,56	6,37	7,46	8,87

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.22	0.23	0.26	0.29	0.35
200	0.22	0.26	0.29	0.33	0.36	0.41	0.44	0.48	0.55	0.66
300	0.31	0.37	0.42	0.47	0.52	0.58	0.63	0.70	0.80	0.95
400	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.75	0.82	0.91	1.03	1.24
500	0.49	0.57	0.65	0.73	0.81	0.92	1.00	1.10	1.27	1.50
575	0.55	0.64	0.73	0.83	0.92	1.04	1.13	1.25	1.43	1.72
600	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.08	1.18	1.30	1.50	1.76
650	0.64	0.75	0.86	0.97	1.08	1.22	1.33	1.48	1.60	2.02
700	0.65	0.76	0.87	0.98	1.10	1.24	1.35	1.50	1.70	2.05
725	0.66	0.78	0.90	1.00	1.13	1.28	1.40	1.54	1.77	2.12
800	0.72	0.85	0.98	1.10	1.23	1.40	1.52	1.68	1.93	2.30
870	0.77	0.91	1.05	1.18	1.32	1.50	1.63	1.80	2.08	2.50
900	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.54	1.68	1.87	2.14	2.57
950	0.83	0.98	1.13	1.28	1.42	1.62	1.77	1.96	2.25	2.70
1000	0.87	1.02	1.18	1.34	1.50	1.70	1.85	2.05	2.35	2.82
1100	0.94	1.10	1.28	1.45	1.62	1.84	2.00	2.23	2.58	3.07
1160	0.98	1.16	1.34	1.52	1.69	1.93	2.10	2.34	2.68	3.22
1200	1.00	1.20	1.38	1.56	1.74	2.00	2.17	2.40	2.76	3.32
1300	1.08	1.28	1.47	1.67	1.87	2.13	2.32	2.58	2.97	3.56
1400	1.14	1.36	1.57	1.78	2.00	2.27	2.48	2.75	3.17	3.80
1425	1.16	1.38	1.60	1.80	2.02	2.30	2.52	2.80	3.22	3.86
1500	1.20	1.44	1.66	1.90	2.10	2.40	2.63	2.93	3.36	4.04
1600	1.27	1.52	1.76	2.00	2.23	2.55	2.78	3.10	3.56	4.28
1700	1.34	1.60	1.85	2.10	2.35	2.68	2.93	3.26	3.75	4.50
1750	1.37	1.63	1.90	2.15	2.40	2.75	3.00	3.34	3.85	4.63
1800	1.40	1.67	1.94	2.20	2.47	2.82	3.08	3.43	3.94	4.74
1900	1.46	1.74	2.02	2.30	2.58	2.95	3.22	3.60	4.13	4.97
2000	1.52	1.82	2.10	2.40	2.70	3.08	3.37	3.75	4.32	5.20
2100	1.58	1.90	2.20	2.50	2.80	3.20	3.50	3.90	4.50	5.40
2200	1.64	1.96	2.28	2.60	2.92	3.34	3.65	4.07	4.68	5.63
2300	1.70	2.03	2.37	2.70	3.03	3.47	3.80	4.22	4.86	5.85
2400	1.75	2.10	2.45	2.80	3.14	3.60	3.93	4.38	5.01	6.06
2500	1.80	2.17	2.53	2.90	3.25	3.72	4.07	4.53	5.22	6.28
2600	1.87	2.24	2.60	2.98	3.35	3.84	4.20	4.68	5.35	6.48
2700	1.92	2.30	2.70	3.08	3.46	3.96	4.33	4.83	5.56	6.70
2800	1.97	2.37	2.77	3.17	3.56	4.08	4.47	4.98	5.73	6.90
2850	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.14	4.53	5.05	5.82	7.00
2900	2.03	2.44	2.85	3.26	3.66	4.20	4.60	5.12	5.90	7.10
3000	2.08	2.50	2.93	3.35	3.76	4.30	4.72	5.26	6.06	7.30
3200	2.18	2.63	3.08	3.52	3.96	4.54	4.98	5.55	6.40	7.68
3400	2.28	2.75	3.23	3.70	4.16	4.77	5.22	5.82	6.70	8.05
3450	2.30	2.78	3.26	3.74	4.20	4.82	5.28	5.90	6.78	8.15
3600	2.37	2.87	3.37	3.86	4.35	5.00	5.46	6.10	7.00	8.42
3800	2.47	3.00	3.50	4.02	4.53	5.20	5.70	6.35	7.30	8.77
4000	2.56	3.10	3.65	4.18	4.70	5.40	5.92	6.60	7.60	9.10
4200	2.64	3.20	3.78	4.33	4.90	5.60	6.15	6.85	7.88	9.44
4400	2.73	3.32	3.90	4.48	5.06	5.80	6.36	7.10	8.15	9.75
4600	2.80	3.42	4.03	4.63	5.22	6.00	6.57	7.32	8.40	10.06
4800	2.90	3.52	4.15	4.77	5.38	6.18	6.77	7.54	8.66	10.34
5000	2.96	3.62	4.27	4.90	5.53	6.36	6.96	7.75	8.90	10.60
5200	3.03	3.70	4.38	5.04	5.68	6.53	7.15	7.96	9.13	10.87
5400	3.10	3.80	4.50	5.16	5.83	6.70	7.33	8.15	9.35	11.10
5600	3.17	3.90	4.60	5.28	5.96	6.85	7.50	8.34	9.56	11.34
5800	3.23	3.97	4.70	5.40	6.10	7.00	7.66	8.52	9.76	11.55
6000	3.30	4.05	4.80	5.50	6.22	7.15	7.82	8.70	9.94	11.75
6200	3.35	4.12	4.88	5.62	6.34	7.28	7.97	8.85	10.10	11.92
6400	3.40	4.20	4.96	5.72	6.46	7.40	8.10	9.00	10.27	12.09
6600	3.45	4.26	5.05	5.82	6.57	7.54	8.24	9.14	10.42	12.23
6800	3.50	4.32	5.12	5.90	6.67	7.65	8.36	9.27	10.56	12.36

Anexo 4. Registro de mediciones de diámetros y longitud de mazorcas

N. muestra	D_2 (mm)	$D_{2\ tusa}$ (mm)
1	48	26
2	50	26
3	46	27
4	51	24
5	46	26
6	45	28
7	45	25
8	45	27
9	47	27
10	44	27
11	48	28
12	47	28
13	49	28
14	48	25
15	49	24
16	49	26
17	46	29
18	46	27
19	46	30
20	47	25
Promedio	47,1	26,7

Anexo. 5 Tiempo de desgranado con prototipo

Mazorca	Tiempo (s)
1	2
2	9
3	1
4	4
5	3
6	6
7	5
8	6
9	7
10	1
11	4
12	2
13	9
14	6
15	4
16	2
17	4
18	2
19	2
20	2
Promedio	4,05

Anexo. Parámetros de configuración de malla

Malla

✓

✗

DefiniciónCalidad de malla

Densidad de malla

Malla gruesaFino

Restablecer

☒ Advertencia de problema de elementos distorsionados

☒ Parámetros de mallado

Malla basada en curvatura de combinado

Malla basada en curvatura

Malla estándar

mm

4.29771975mm

1.43255892mm

8

1.4

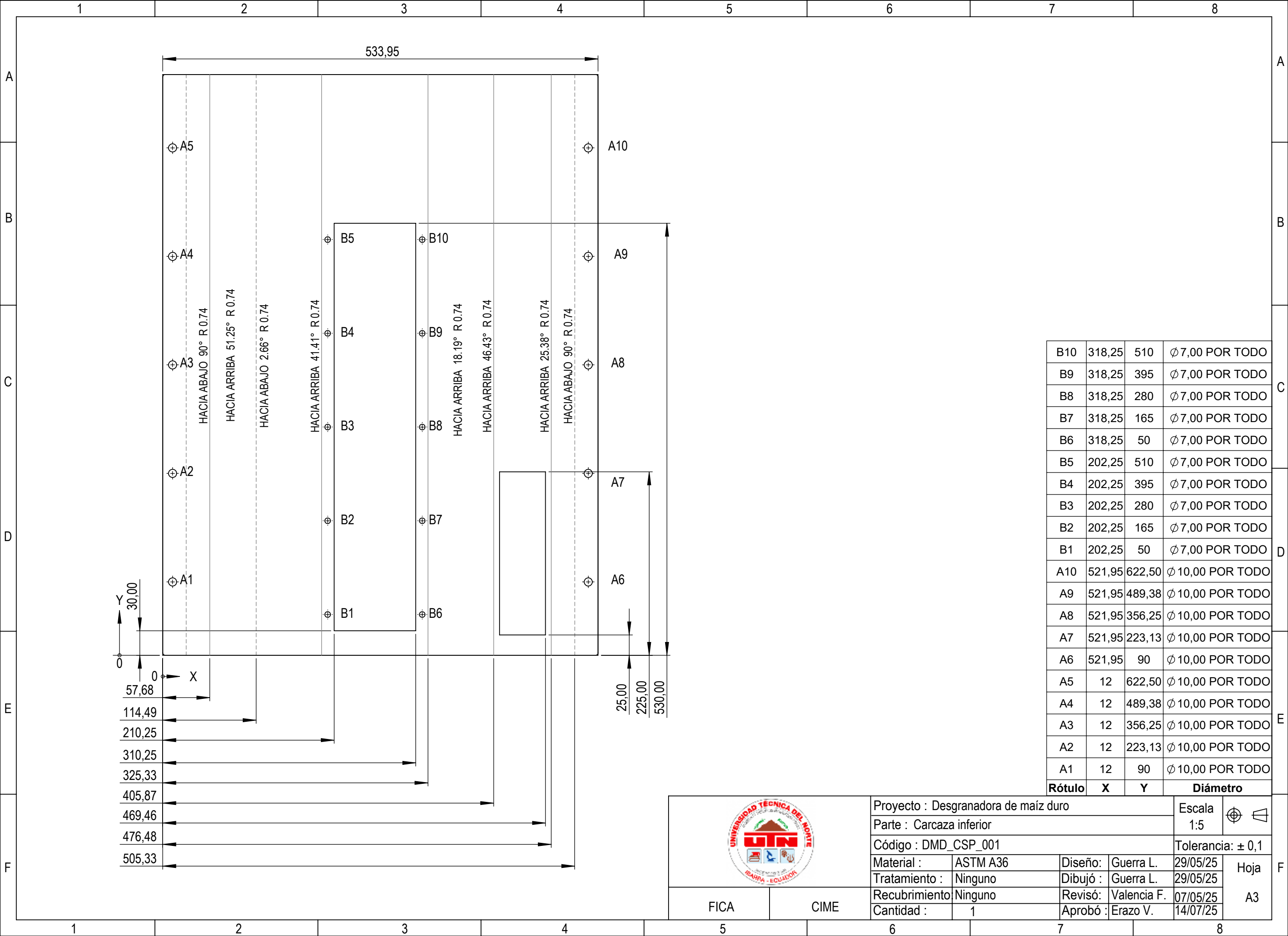
Avanzado

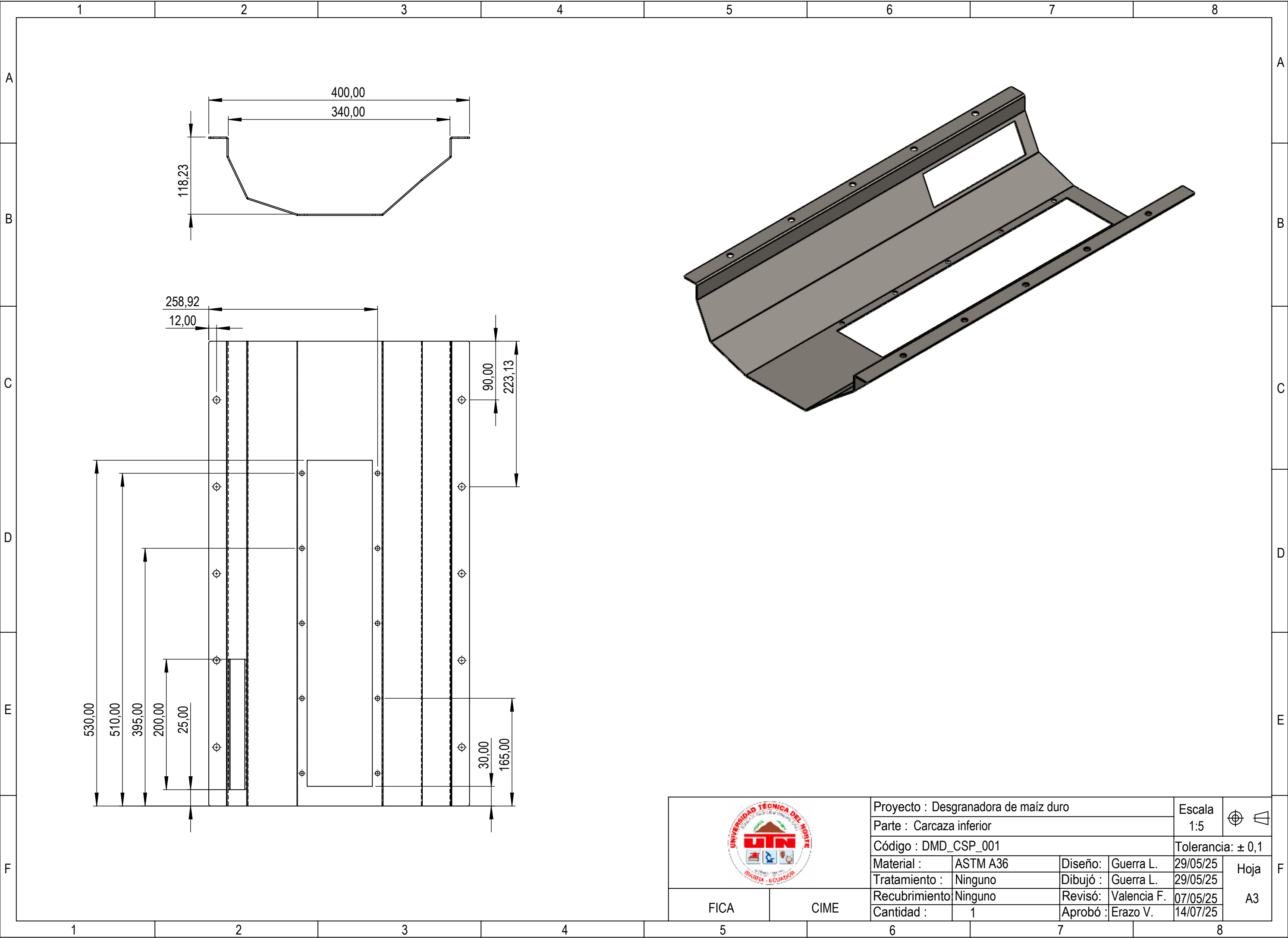
Puntos jacobianos

29 puntos

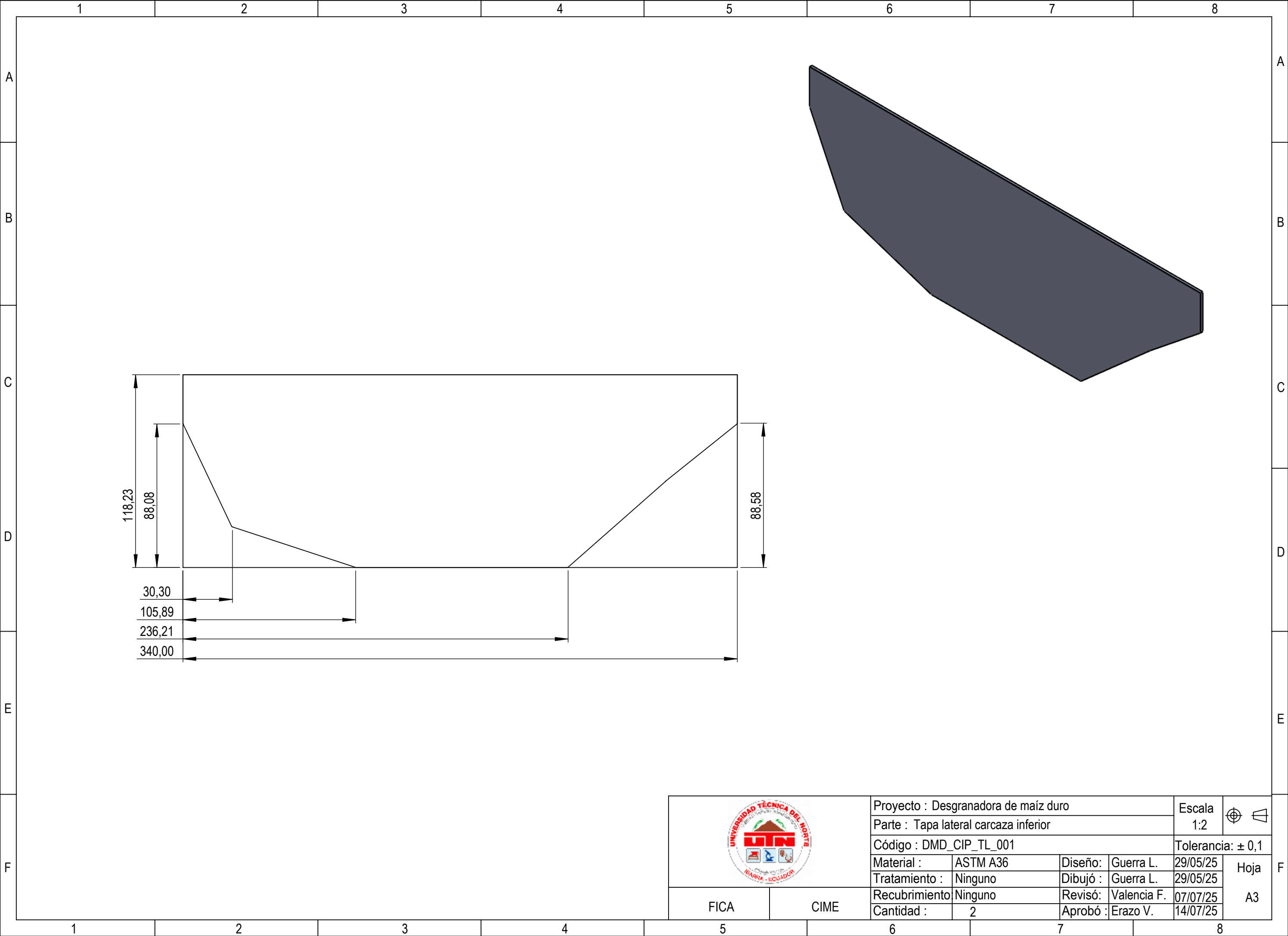
Anexo. 6 Fuerza arranque de grano de la mazorca

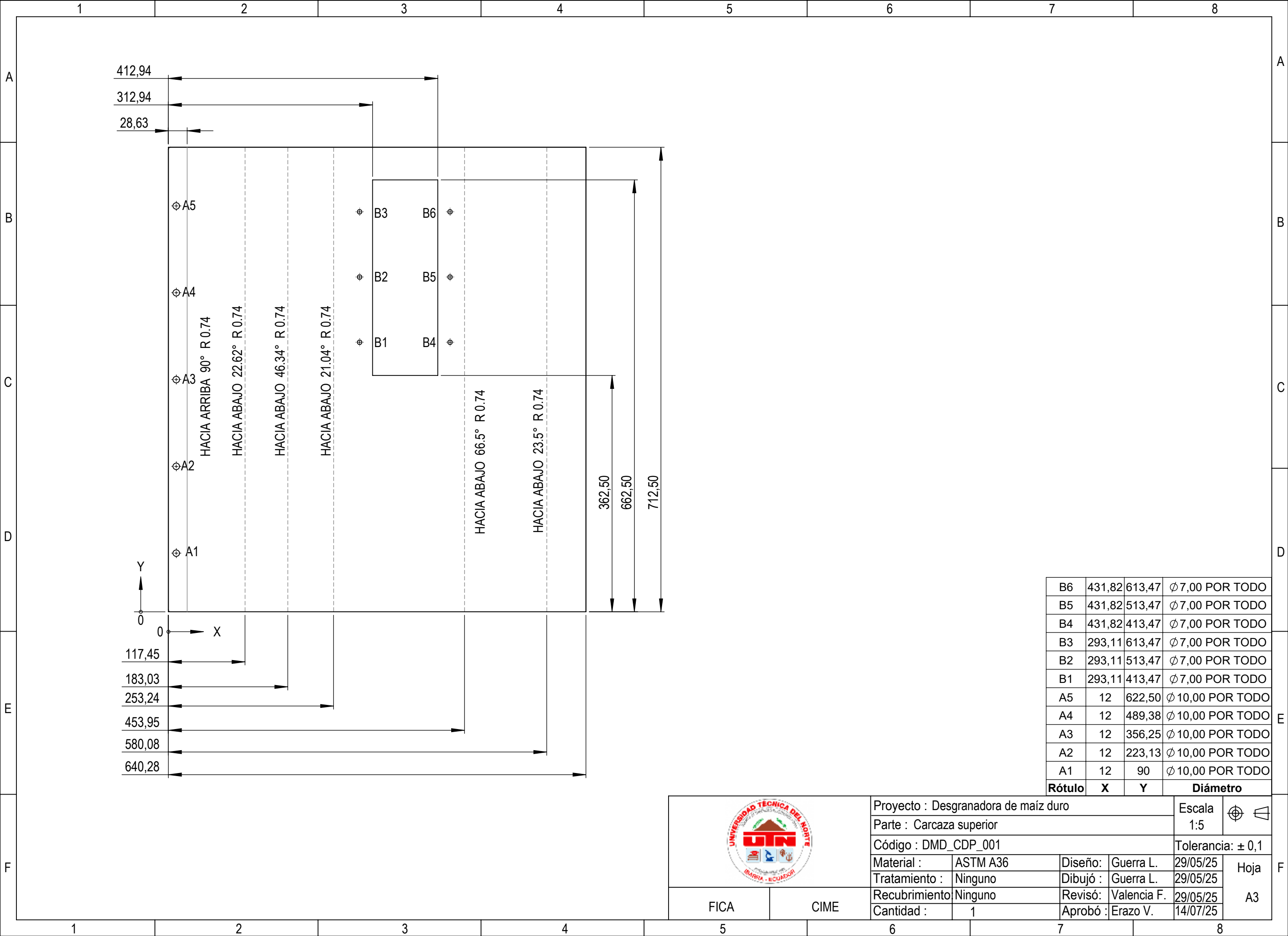
Numero de mazorca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	8	12	10	7	10	8	13	4	12	8	5	11	4	7	8	13	11	11	12
2	7	10	15	8	30	12	7	15	8	7	7	4	6	3	7	7	4	17	10	11
3	8	12	12	10	7	10	9	5	10	9	12	5	15	7	17	10	10	7	4	5
4	6	9	10	7	8	11	7	10	12	14	5	4	8	18	9	7	7	8	12	8
5	10	7	6	14	8	6	6	12	12	15	4	7	7	7	6	6	4	9	7	4
6	8	5	5	11	8	10	14	13	10	7	11	7	11	7	7	7	3	6	8	10
7	6	9	8	3	9	10	9	10	4	8	7	3	7	3	8	7	10	7	11	4
8	8	6	8	10	8	4	4	7	5	8	4	5	6	4	10	4	7	9	8	8
9	5	17	9	7	7	8	7	11	4	12	8	6	12	3	9	9	15	10	7	7
10	7	11	3	8	12	11	12	12	6	9	7	5	6	6	12	7	6	7	7	7
11	15	6	15	12	12	13	15	17	15	11	15	11	18	8	12	9	10	7	15	13
12	20	11	16	10	8	12	6	15	7	15	7	10	7	13	9	12	7	16	12	12
13	12	8	11	15	10	10	7	17	15	16	12	4	16	12	10	9	8	7	4	11
14	14	6	10	14	15	12	10	13	13	18	7	12	15	9	7	6	12	15	8	4
15	13	15	11	16	10	7	7	14	15	13	4	13	20	7	10	8	4	6	6	10
16	6	13	6	17	12	10	7	8	12	13	5	8	12	15	11	6	6	5	9	11
17	8	12	11	8	20	8	10	16	8	5	6	14	17	7	10	14	10	7	13	8
18	5	10	17	15	13	9	8	15	4	14	10	8	15	11	14	11	3	4	8	7
19	8	5	6	10	9	14	5	7	12	10	12	4	13	4	5	5	6	6	11	9
20	8	10	8	13	5	13	7	13	14	12	9	6	15	8	15	18	10	9	9	12



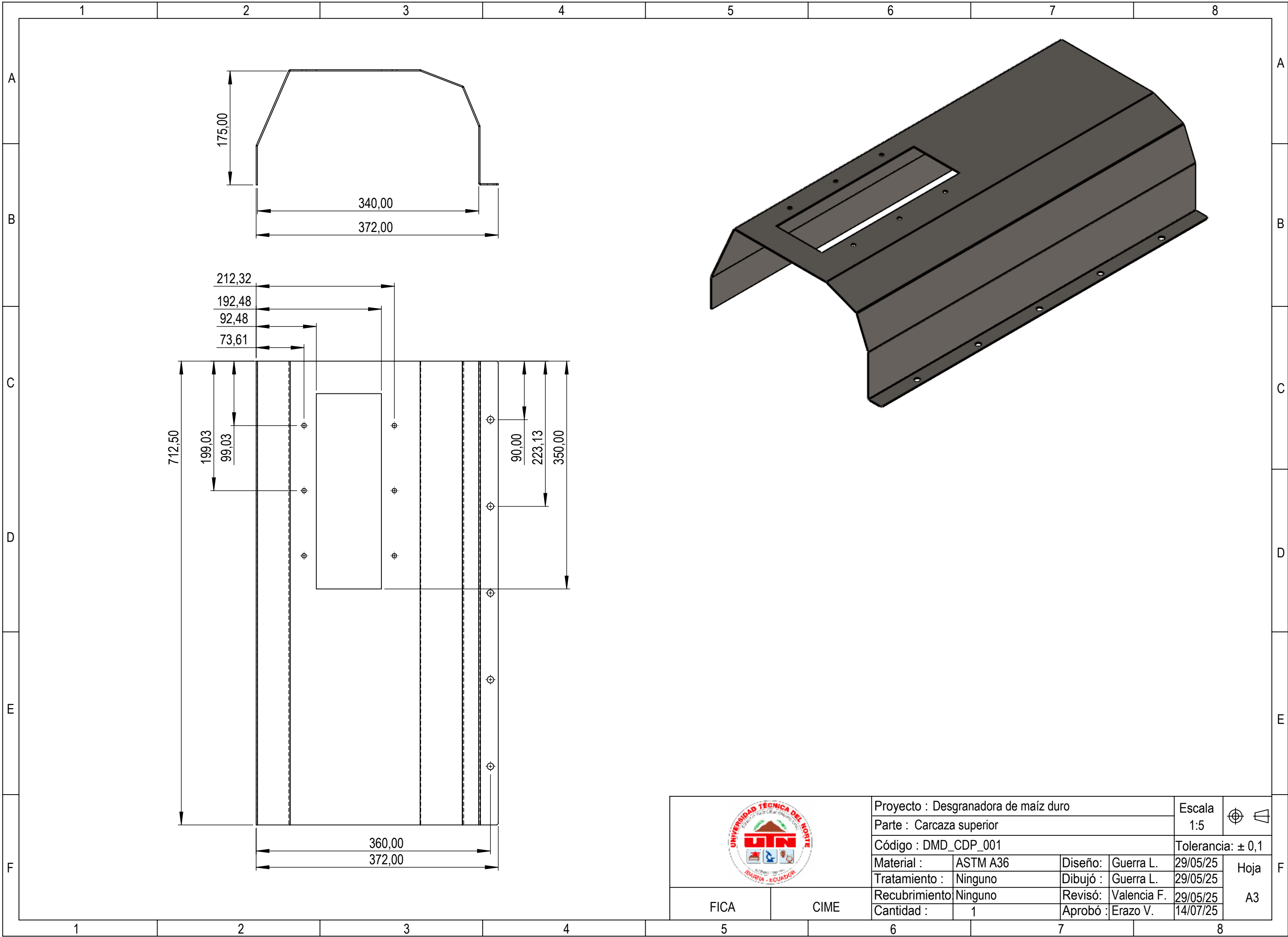


		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:5	
		Parte : Carcaza inferior					
		Código : DMD_CSP_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/05/25			
Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25			
FICA	CIME						

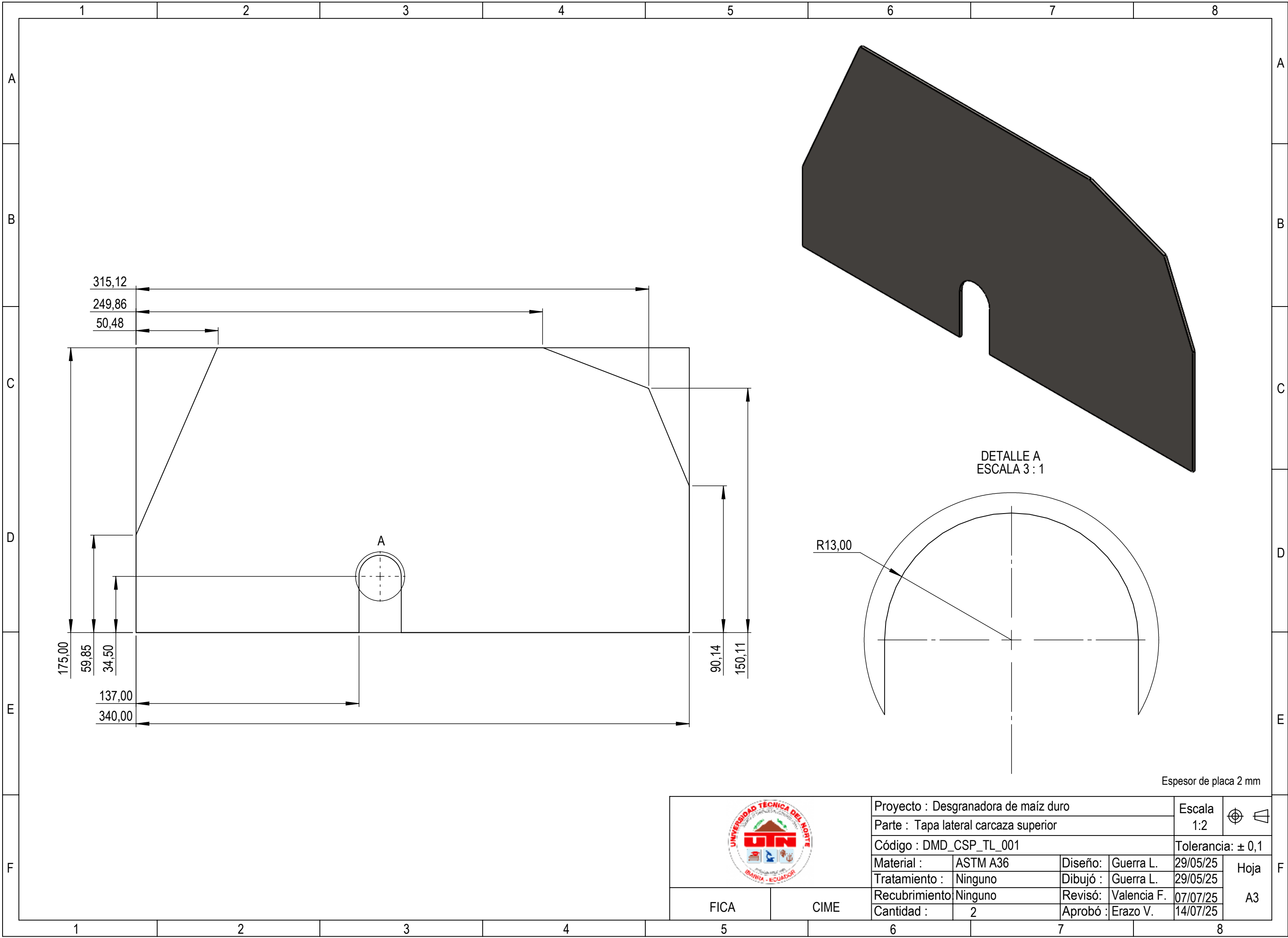




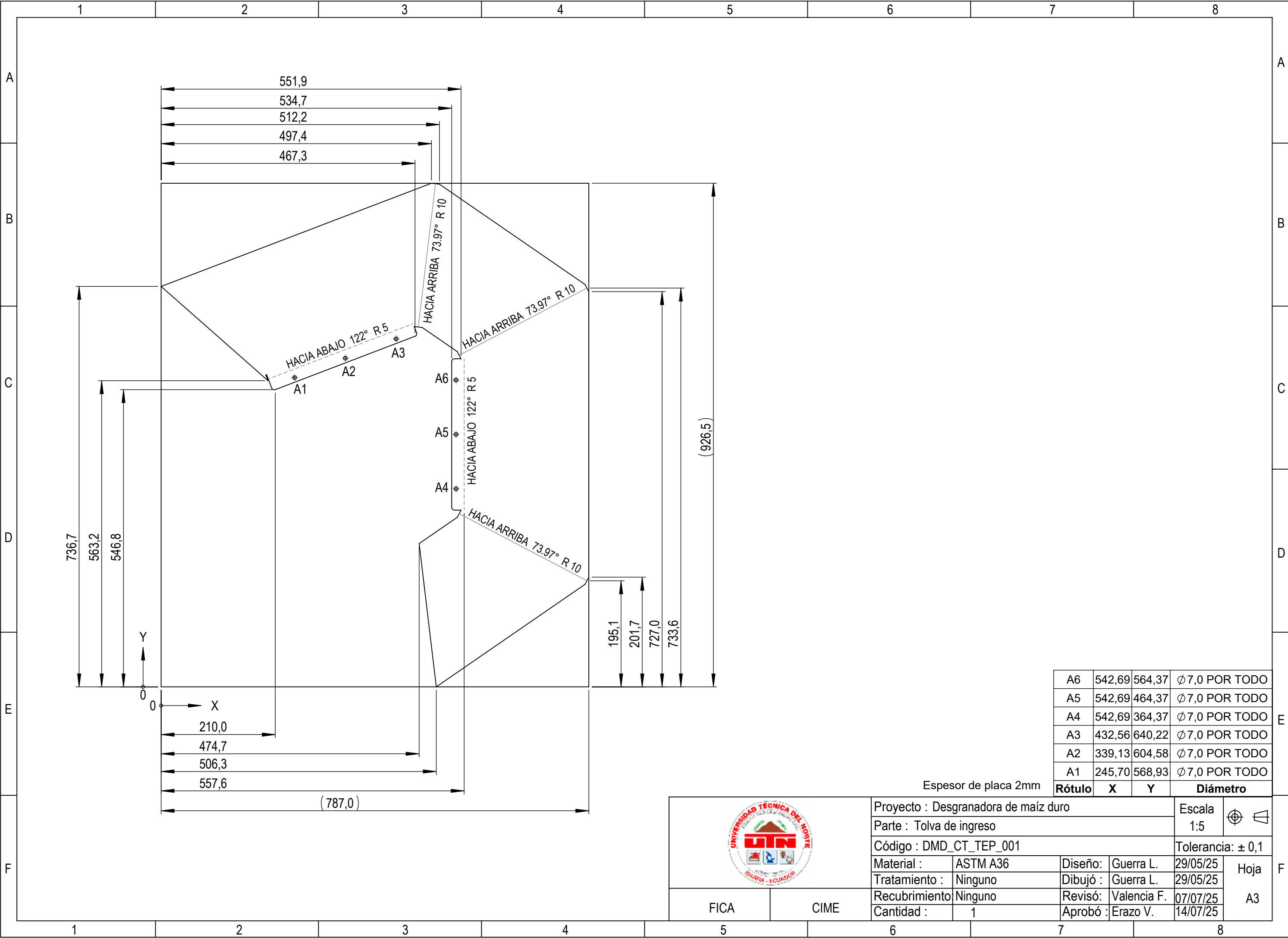
		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:5	
		Parte : Carcaza superior					
		Código : DMD_CDP_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
FICA	CIME	Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	29/05/25	
		Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25	



		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:5	
		Parte : Carcaza superior					
		Código : DMD_CDP_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	29/05/25			
Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25			
FICA	CIME						



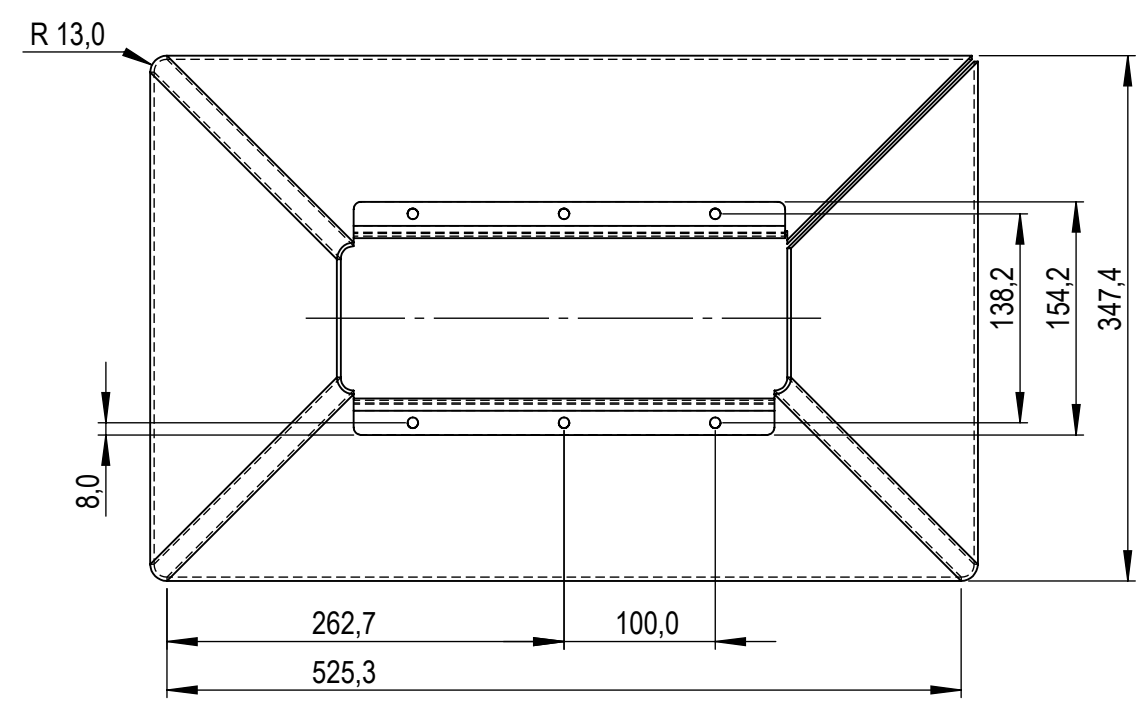
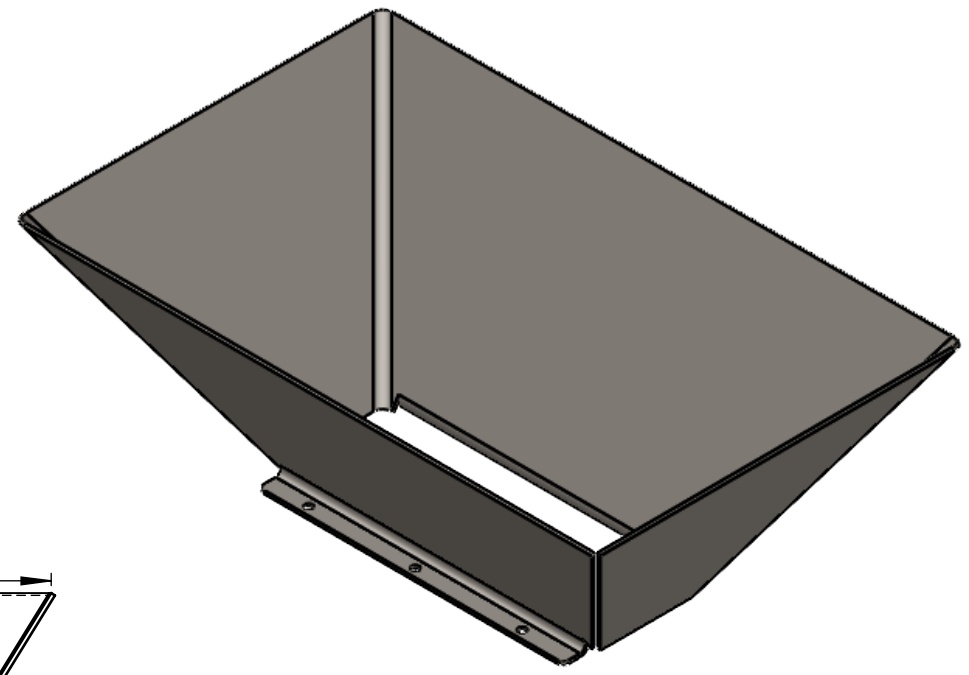
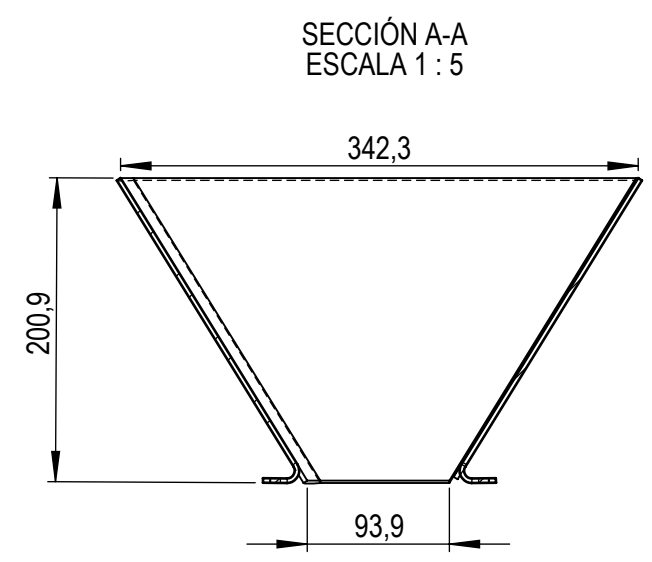
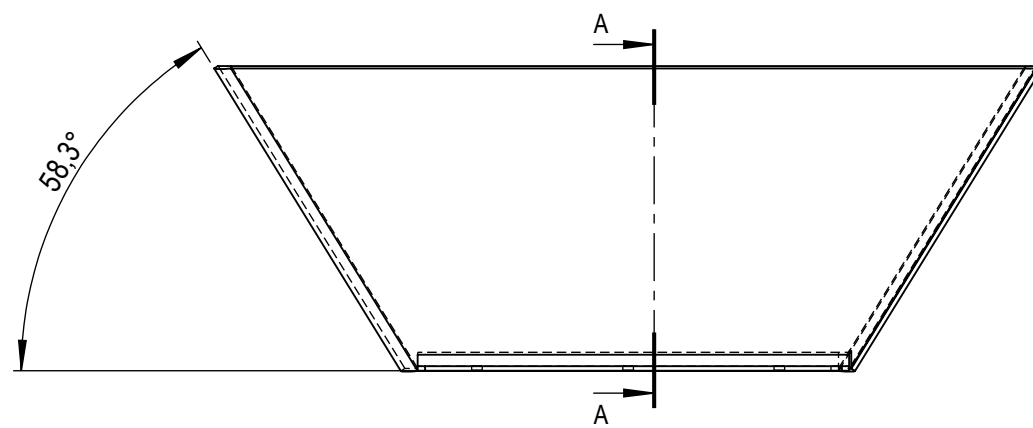
		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:2	
		Parte : Tapa lateral carcaza superior					
		Código : DMD_CSP_TL_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25			
Cantidad :	2	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25			
FICA	CIME						



A6	542,69	564,37	Ø 7,0 POR TODO
A5	542,69	464,37	Ø 7,0 POR TODO
A4	542,69	364,37	Ø 7,0 POR TODO
A3	432,56	640,22	Ø 7,0 POR TODO
A2	339,13	604,58	Ø 7,0 POR TODO
A1	245,70	568,93	Ø 7,0 POR TODO
Rótulo	X	Y	Diámetro

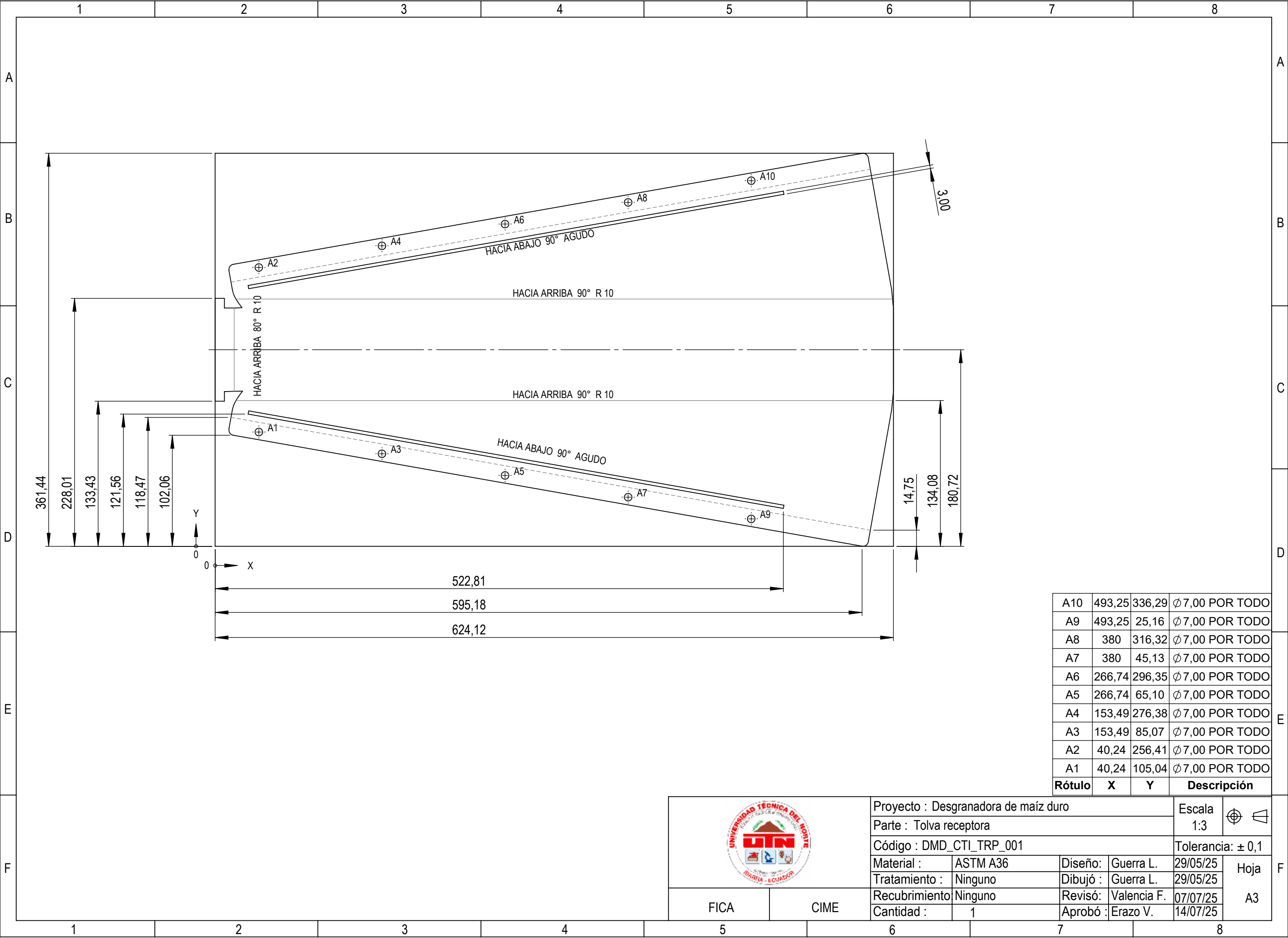
Espesor de placa 2mm

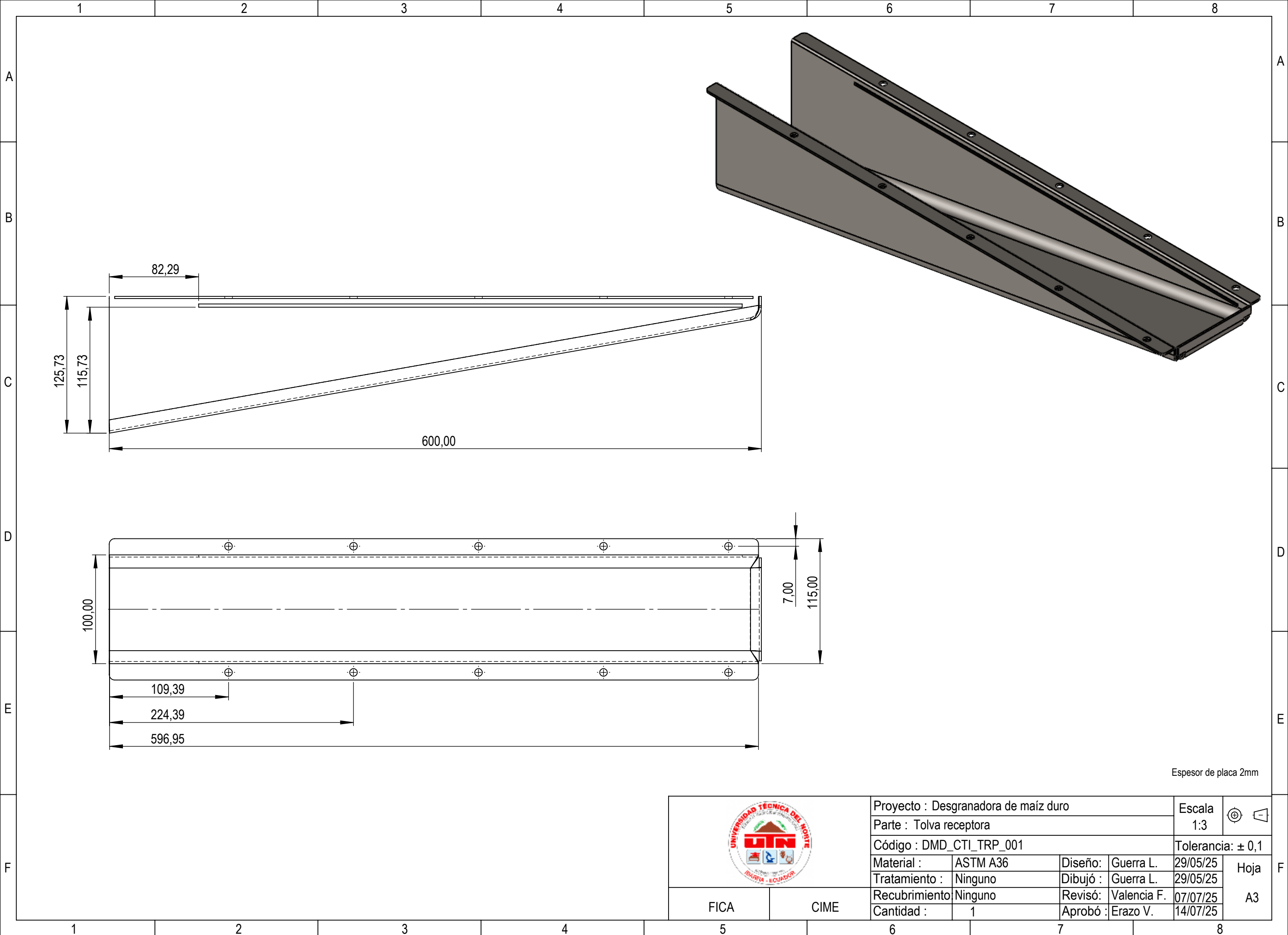
		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:5	
		Parte : Tolva de ingreso					
		Código : DMD_CT_TEP_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
		Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25	
Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25			
FICA	CIME						



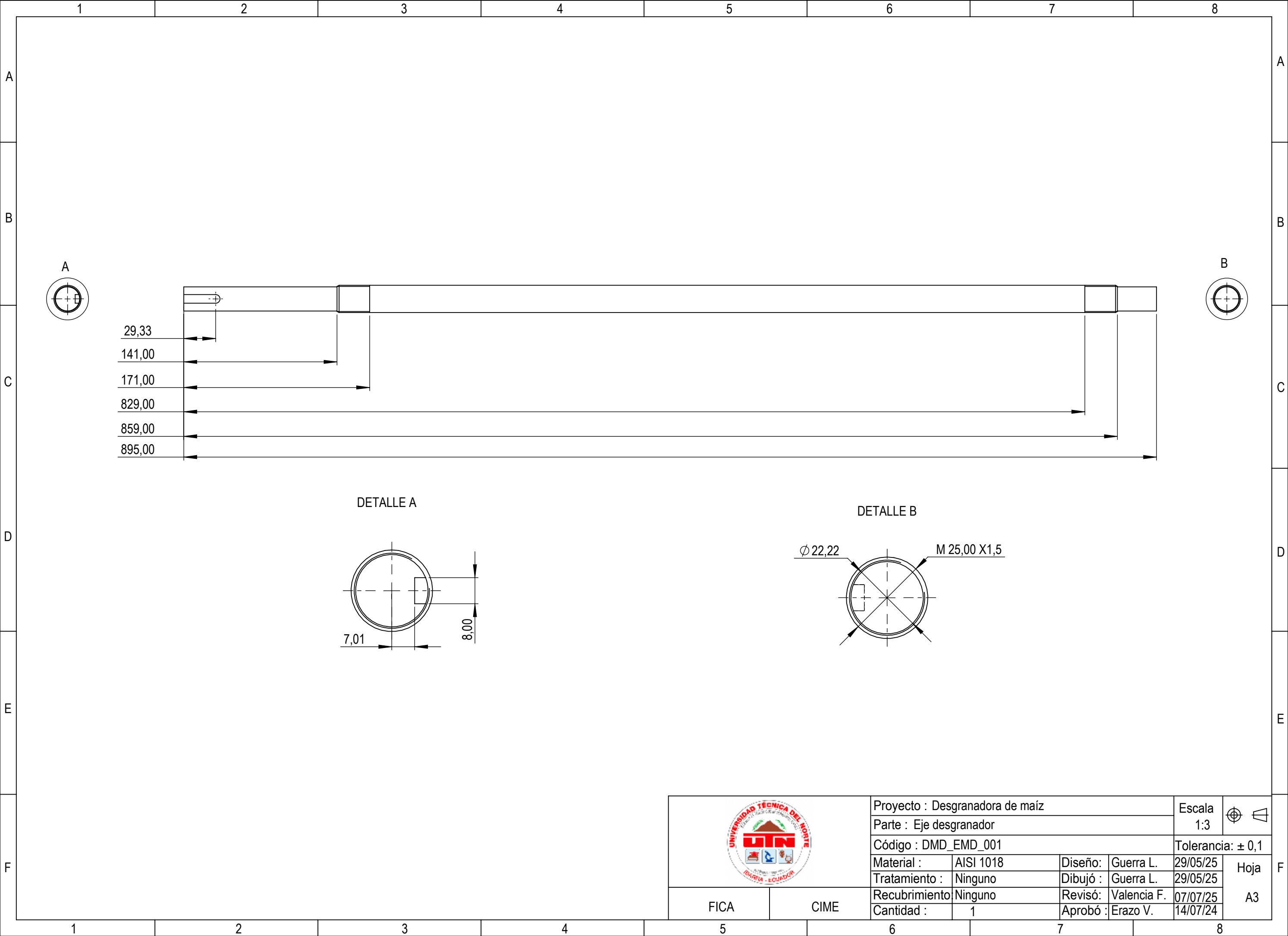
Espesor de placa 2mm

	Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:5		
	Parte : Tolva de ingreso						
	Código : DMD_CT_TEP_001				Tolerancia: ± 0,1		
	Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3	
	Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25		
FICA	CIME	Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.		07/07/25
		Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.		14/07/25

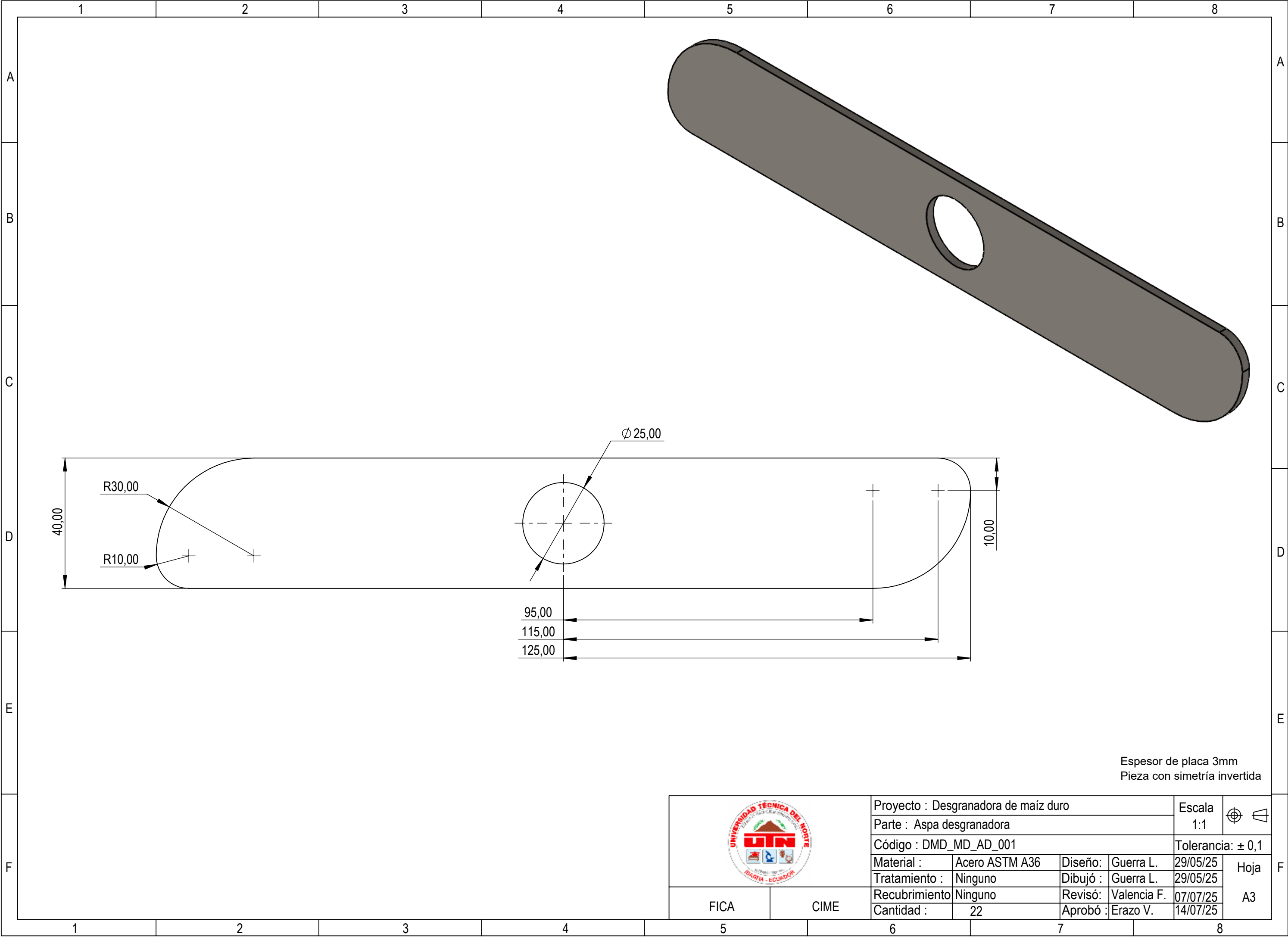




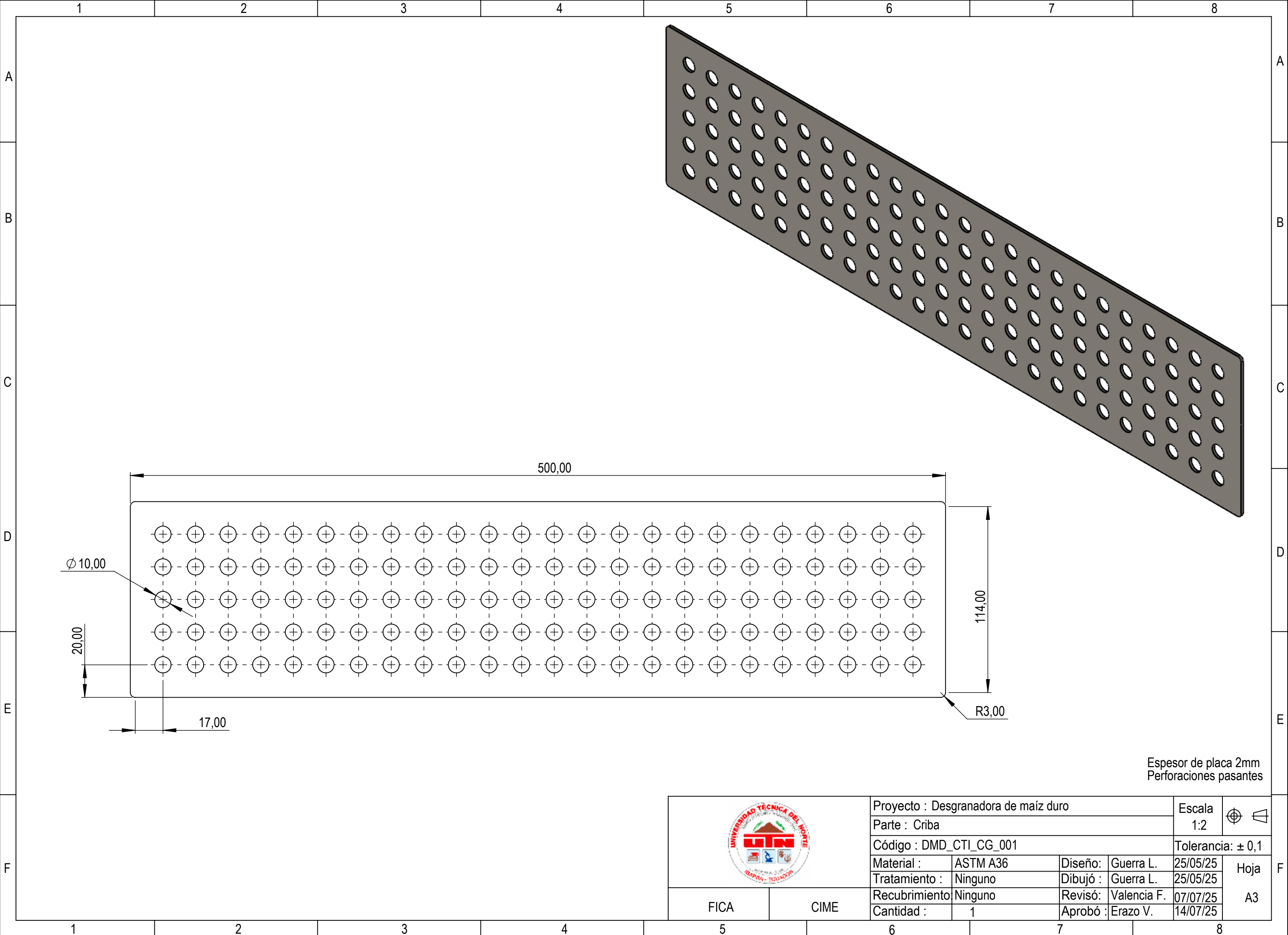
	Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:3	
	Parte : Tolva receptora					
	Código : DMD_CTI_TRP_001				Tolerancia: ± 0,1	
	Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
	Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25		
Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25		
FICA	CIME					



		Proyecto : Desgranadora de maíz				Escala 1:3	
		Parte : Eje desgranador					
		Código : DMD_EMD_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	AISI 1018	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25			
Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/24			
FICA	CIME						

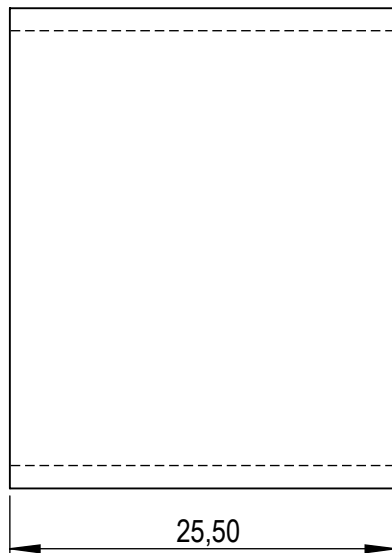
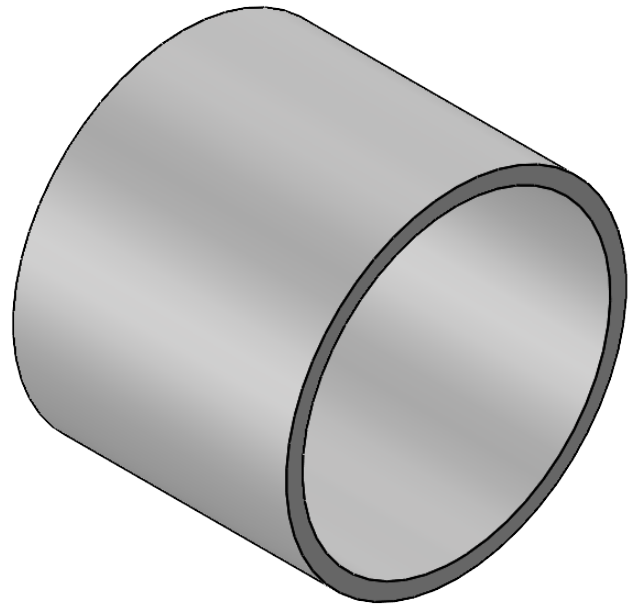


		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:1	
		Parte : Aspa desgranadora					
		Código : DMD_MD_AD_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	Acero ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento		Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25		
Cantidad :		22	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25		
FICA	CIME						



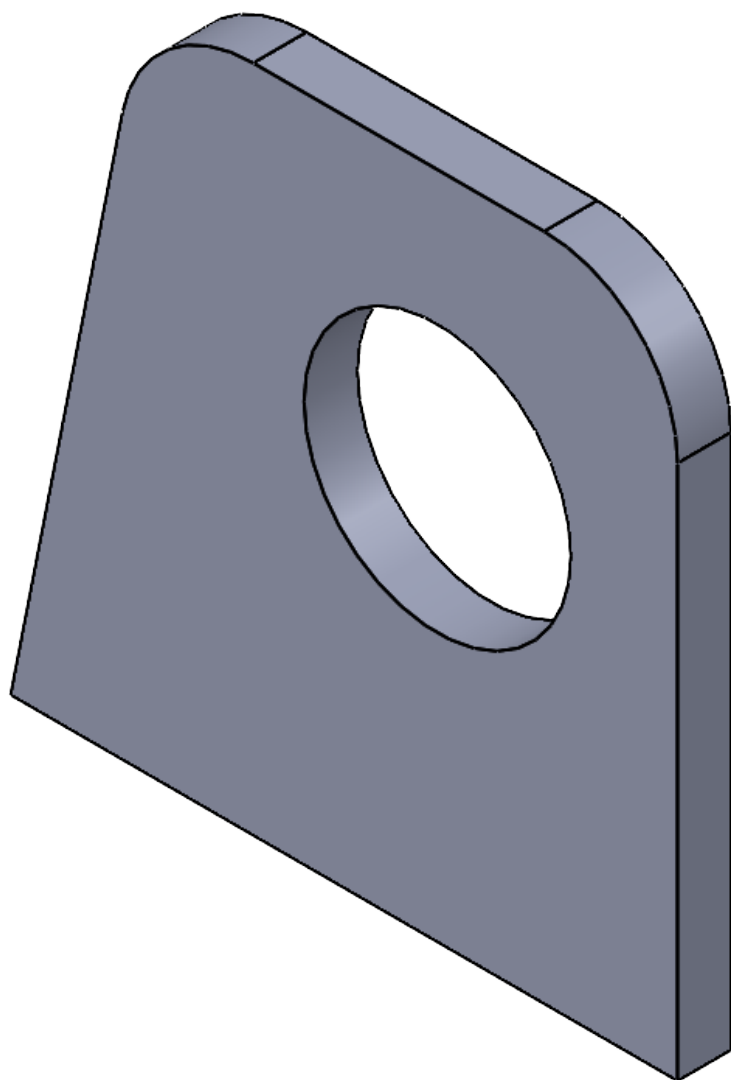
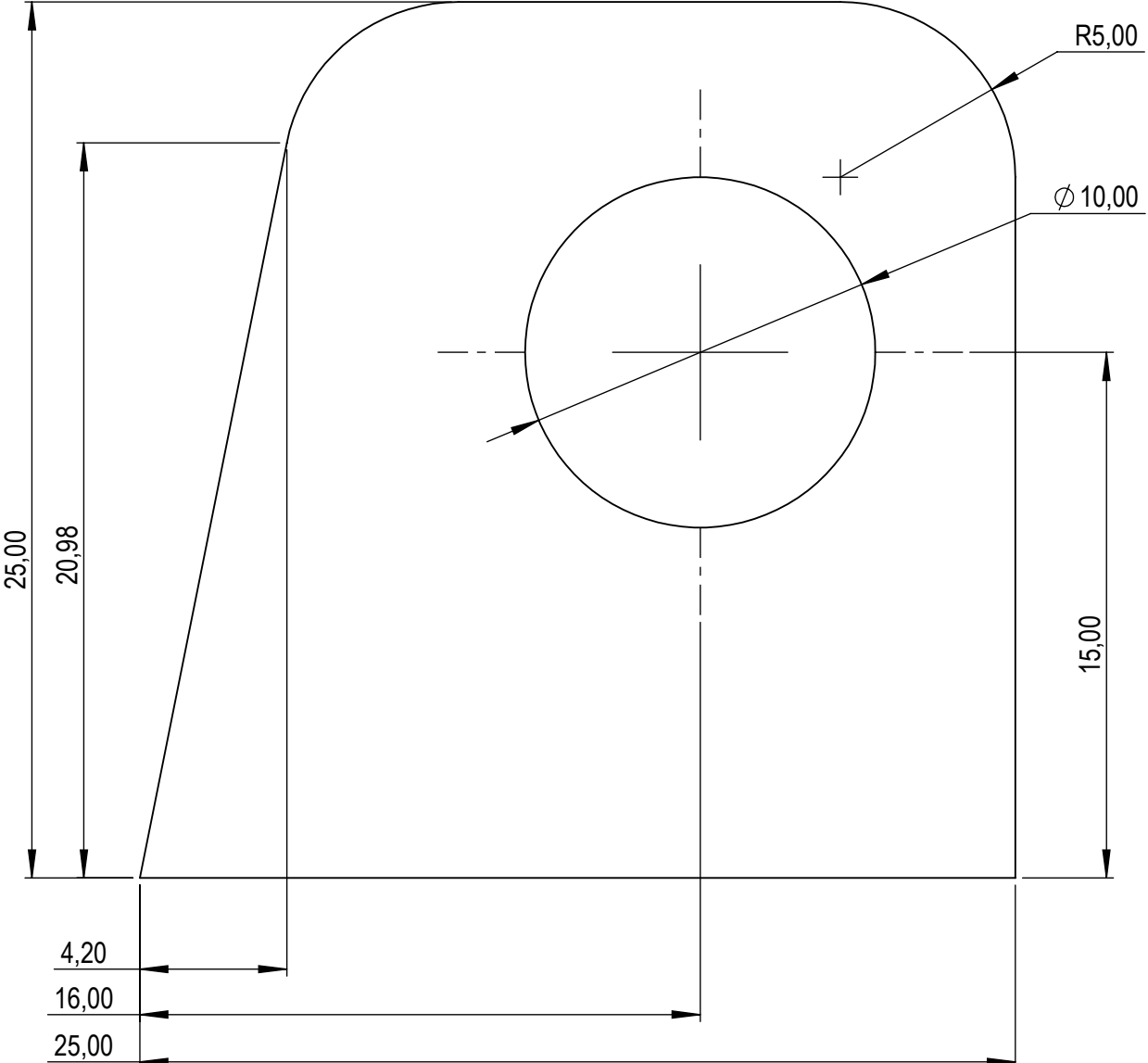
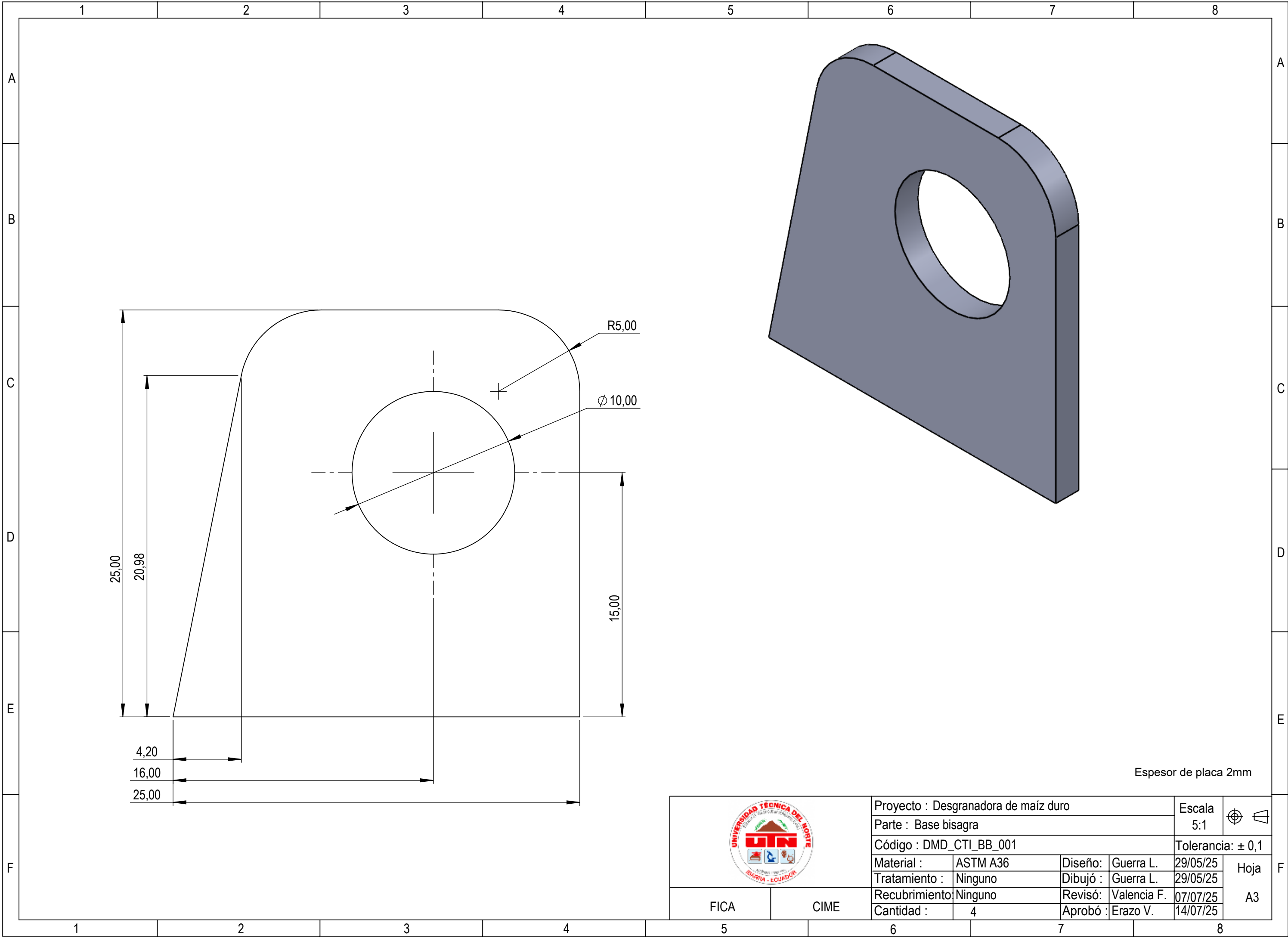
Espesor de placa 2mm
Perforaciones pasantes

		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:2	
		Parte : Criba					
		Código : DMD_CTI_CG_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	25/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	25/05/25	
FICA	CIME	Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25	
		Cantidad :	1	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25	



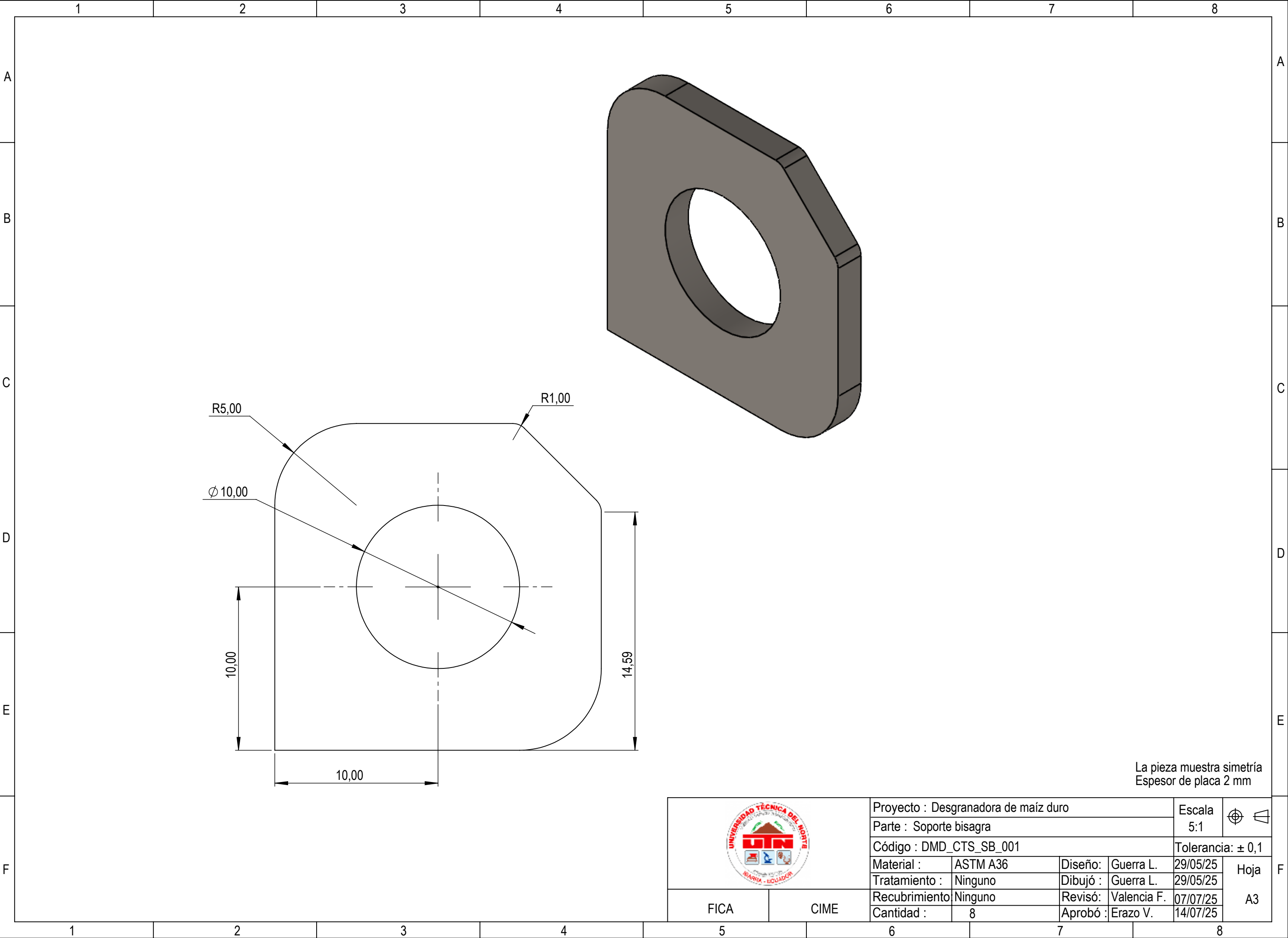
Tubo redondo de 1 1/4 " por 1,5 mm espesor

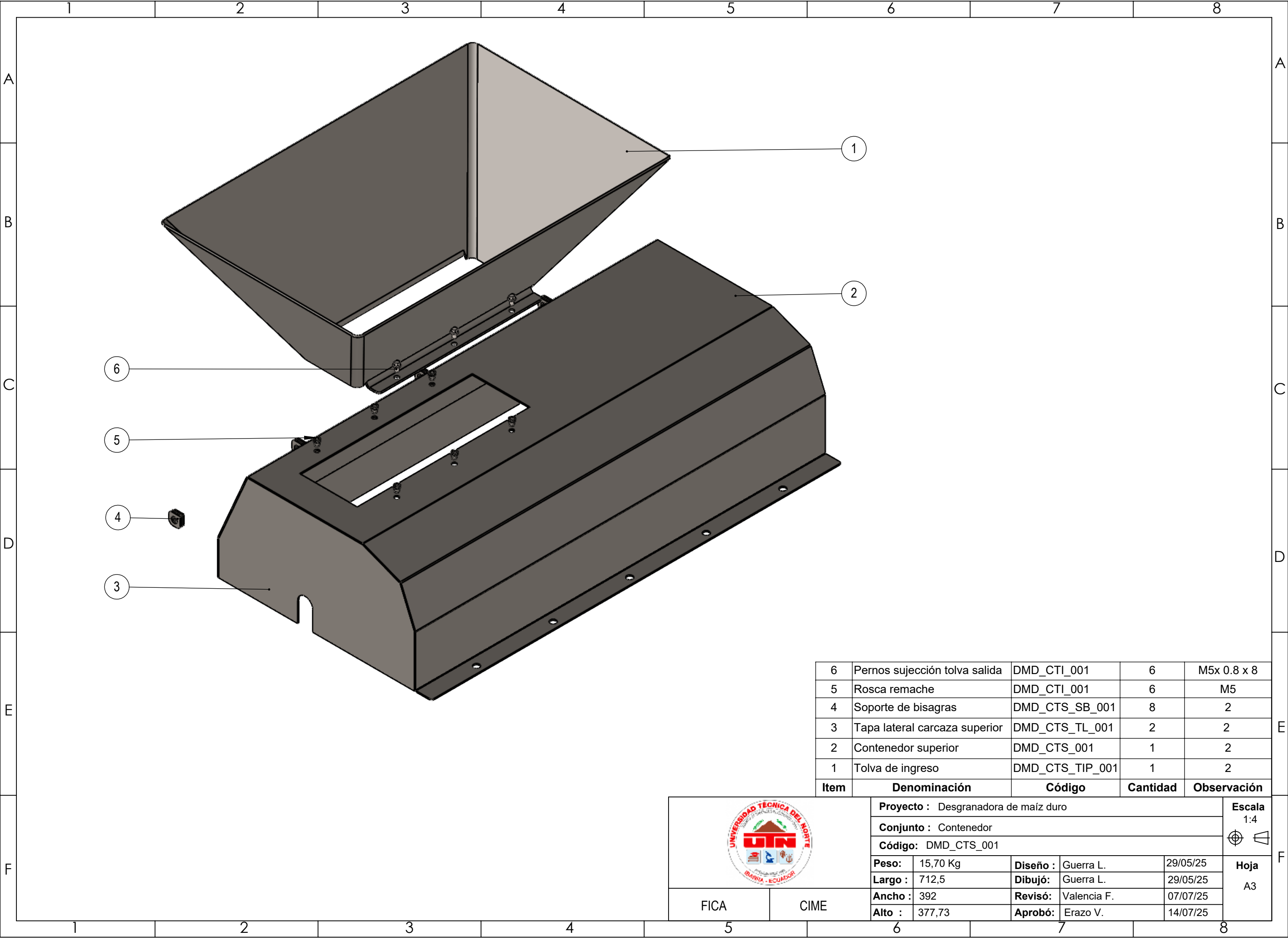
	Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 2:1	
	Parte : Separador de aspas de desgranado					
	Código : DMD_MD_SA_001				Tolerancia: $\pm 0,1$	
	Material :	AISI 1008	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
	Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
Recubrimiento:	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25		
FICA	CIME	Cantidad :	22	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25



Espesor de placa 2mm

		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 5:1	
		Parte : Base bisagra					
		Código : DMD_CTI_BB_001				Tolerancia: ± 0,1	
		Material :	ASTM A36	Diseño:	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
		Tratamiento :	Ninguno	Dibujó :	Guerra L.	29/05/25	
FICA	CIME	Recubrimiento	Ninguno	Revisó:	Valencia F.	07/07/25	
		Cantidad :	4	Aprobó :	Erazo V.	14/07/25	





6	Pernos sujeción tolva salida	DMD_CTI_001	6	M5x 0.8 x 8
5	Rosca remache	DMD_CTI_001	6	M5
4	Soporte de bisagras	DMD_CTS_SB_001	8	2
3	Tapa lateral carcasa superior	DMD_CTS_TL_001	2	2
2	Contenedor superior	DMD_CTS_001	1	2
1	Tolva de ingreso	DMD_CTS_TIP_001	1	2
Item	Denominación	Código	Cantidad	Observación

Proyecto : Desgranadora de maíz duro

Conjunto : Contenedor

Código: DMD_CTS_001

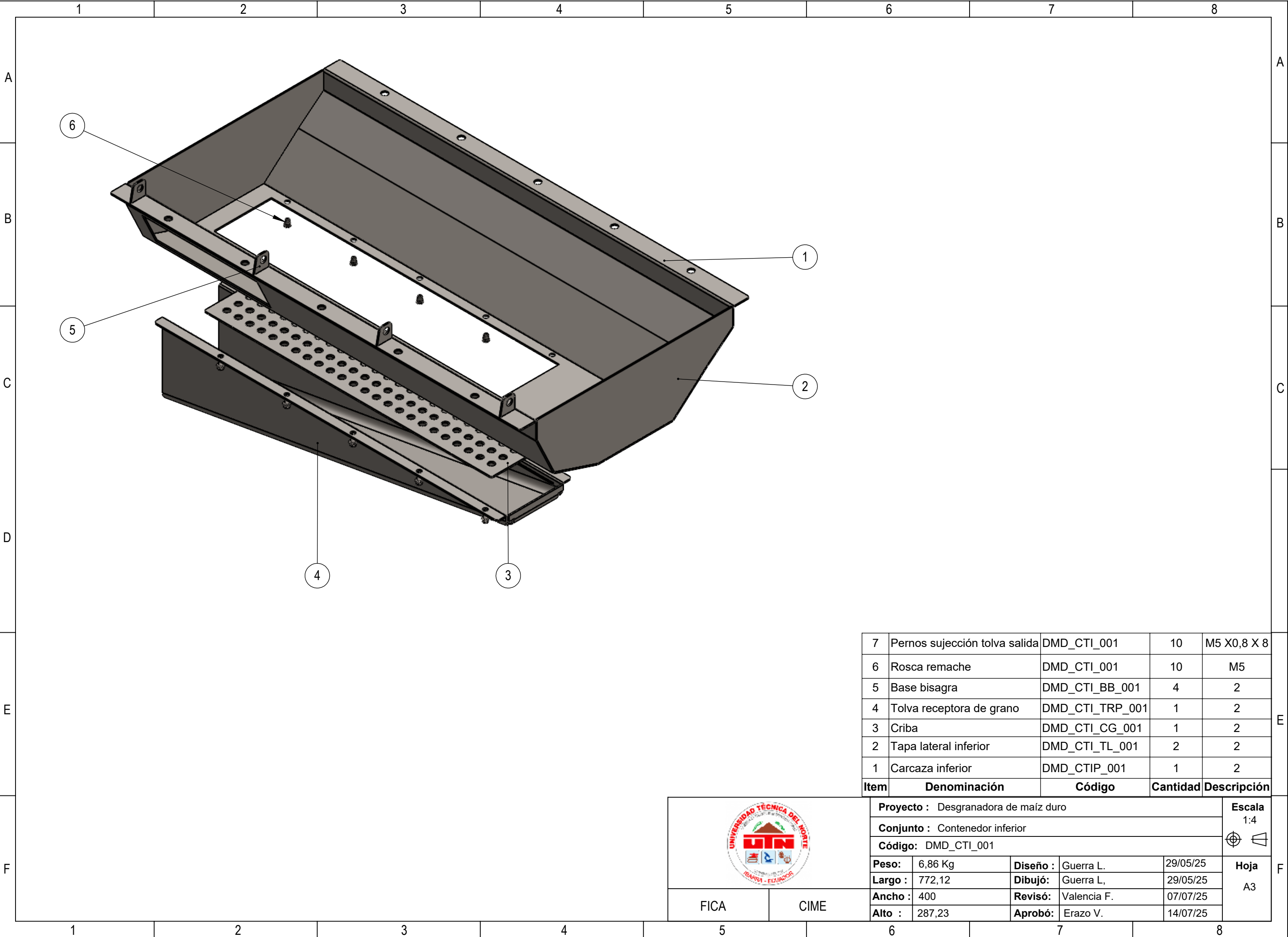
Peso:	15,70 Kg	Diseño :	Guerra L.	29/05/25
Largo :	712,5	Dibujó:	Guerra L.	29/05/25
Ancho :	392	Revisó:	Valencia F.	07/07/25
Alto :	377,73	Aprobó:	Erazo V.	14/07/25

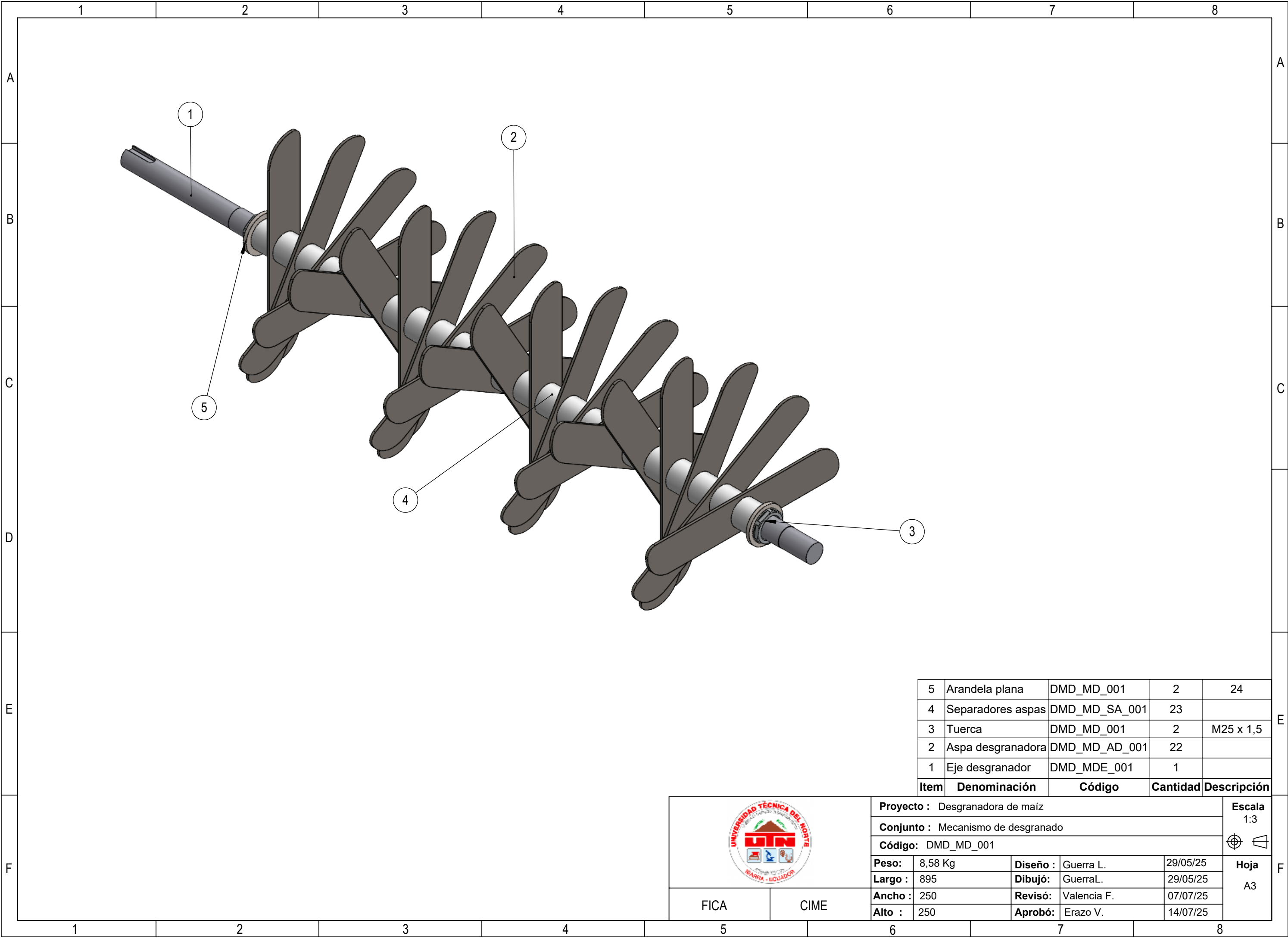
Escala
1:4

Hoja
A3

FICA

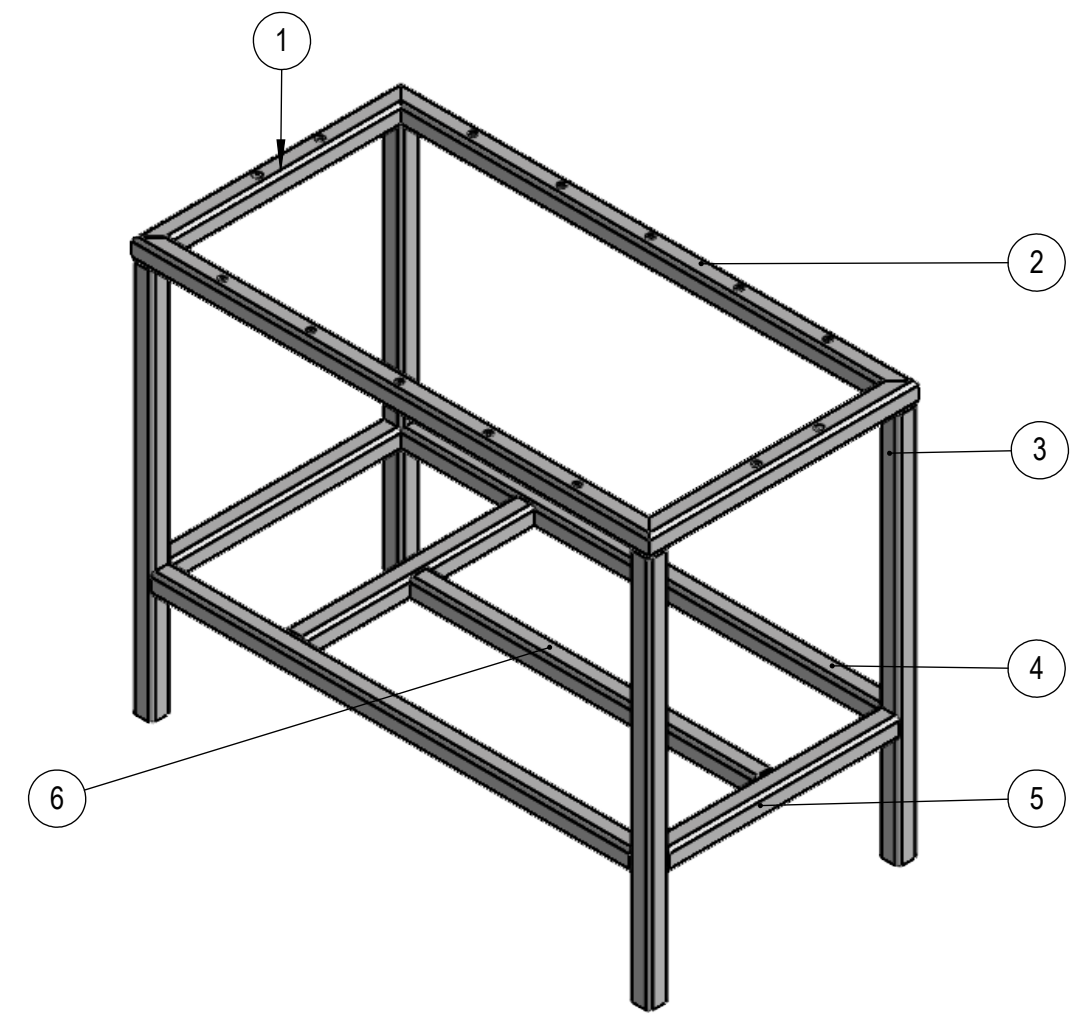
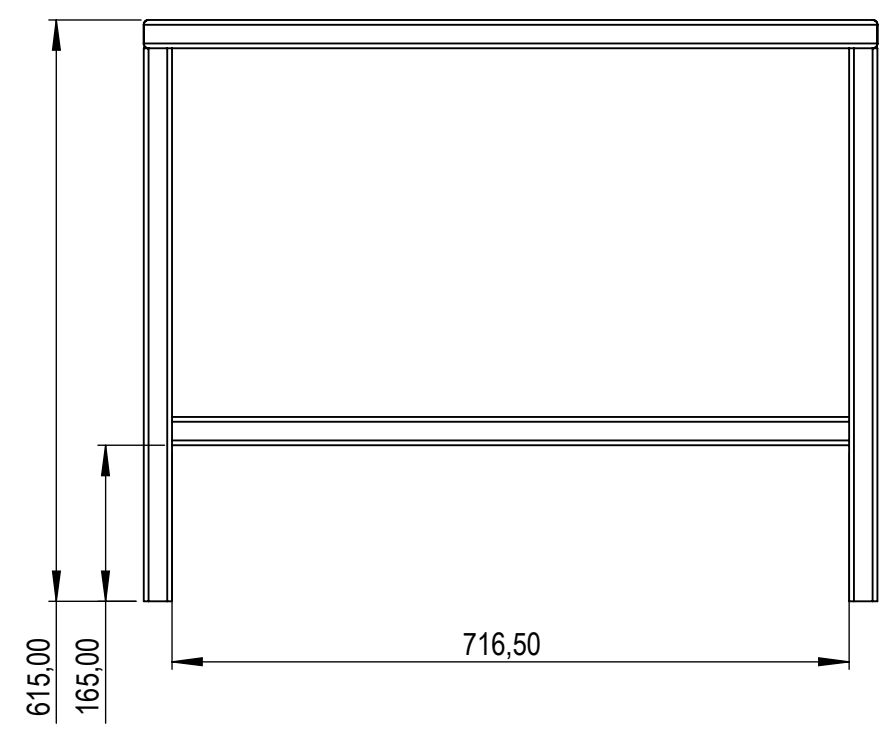
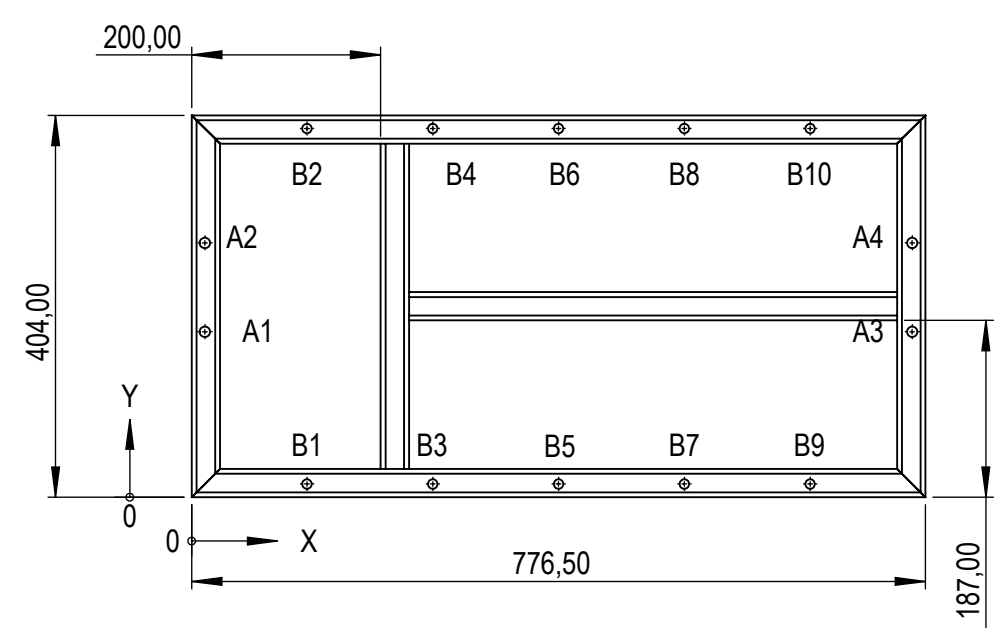
CIME





5	Arandela plana	DMD_MD_001	2	24
4	Separadores aspas	DMD_MD_SA_001	23	
3	Tuerca	DMD_MD_001	2	M25 x 1,5
2	Aspa desgranadora	DMD_MD_AD_001	22	
1	Eje desgranador	DMD_MDE_001	1	
Item	Denominación	Código	Cantidad	Descripción

		Proyecto : Desgranadora de maíz					Escala 1:3
		Conjunto : Mecanismo de desgranado					
		Código: DMD_MD_001					
		Peso:	8,58 Kg	Diseño :	Guerra L.	29/05/25	Hoja A3
Largo :	895	Dibujó:	GuerraL.	29/05/25			
Ancho :	250	Revisó:	Valencia F.	07/07/25			
Alto :	250	Aprobó:	Erazo V.	14/07/25			
FICA	CIME						



B10	654,50	390	Ø 10,00 POR TODO
B9	654,50	14	Ø 10,00 POR TODO
B8	521,38	390	Ø 10,00 POR TODO
B7	521,38	14	Ø 10,00 POR TODO
B6	388,25	390	Ø 10,00 POR TODO
B5	388,25	14	Ø 10,00 POR TODO
B4	255,13	390	Ø 10,00 POR TODO
B3	255,13	14	Ø 10,00 POR TODO
B2	122	390	Ø 10,00 POR TODO
B1	122	14	Ø 10,00 POR TODO
A4	762,50	269	Ø 11,00 POR TODO
A3	762,50	175	Ø 11,00 POR TODO
A2	14	269	Ø 11,00 POR TODO
A1	14	175	Ø 11,00 POR TODO

Rótulo	X	Y	Diámetro
6	1	516.5	0°
5	3	344	0°
4	2	716.5	0°
3	4	585	0°
2	2	776.5	45°
1	2	404	45°

Proyecto : Desgranadora de maíz duro

Conjunto : Bastidor

Código: DMD_BD_001

Peso: 15,88 Kg

Largo : 776,50

Ancho : 404

Alto : 615

Diseño : Guerra L.

Dibujó: Guerra L.

Revisó: Valencia F.

Aprobó: Erazo V.

29/05/25

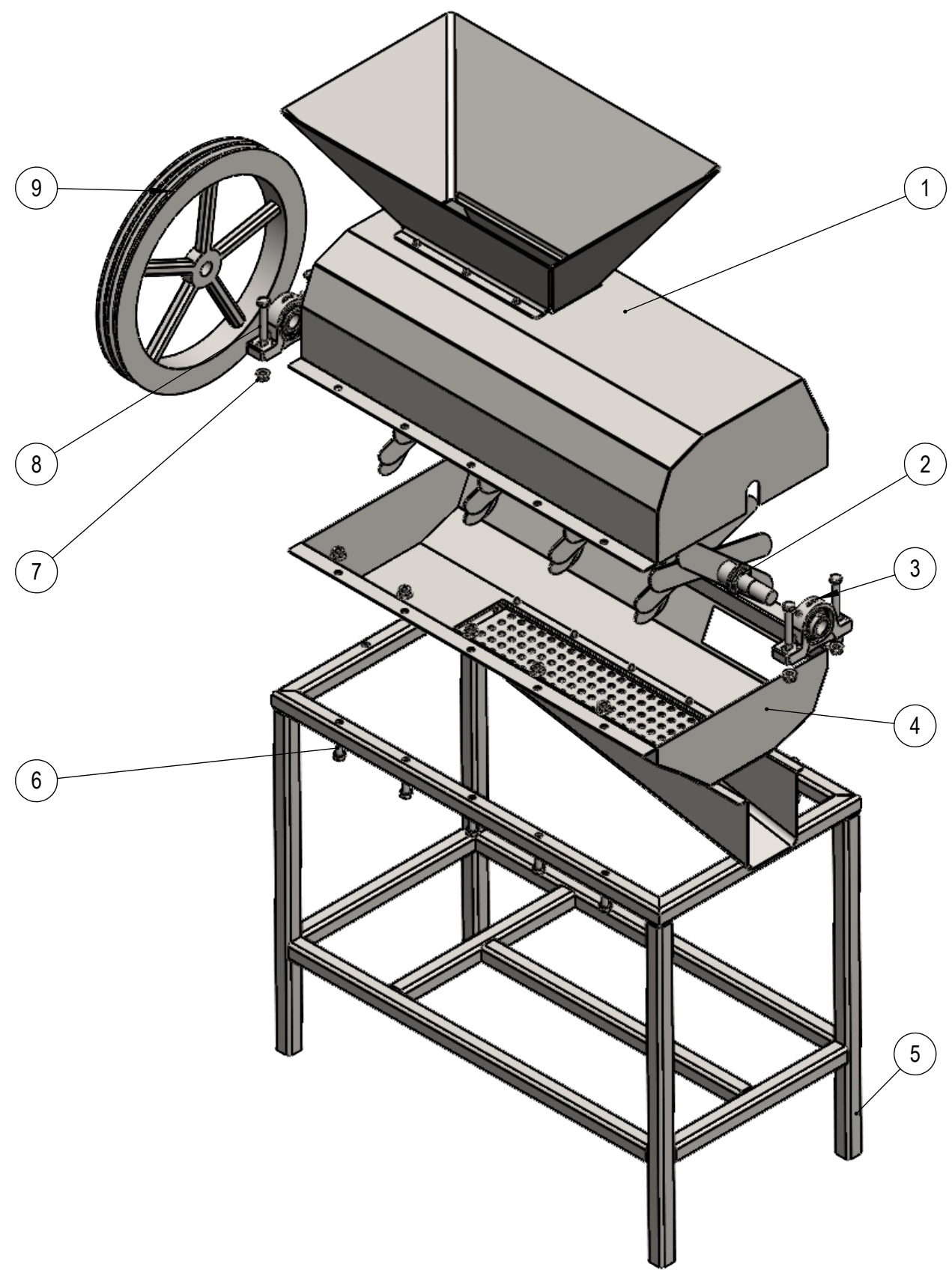
29/05/25

07/07/25

14/07/25

Escala 1:8

Hoja A3



9	POLEA	DMD_001	1	10" X 2
8	Perno chumaceras	DMD_001	4	M10 x 1,5 x 60
7	Tuerca chumaceras	DMD_001	18	M10 x 1,5
6	Perno contenedores	DMD_001	14	M10 x 1,5 x50
5	Bastidor	DMD_BD_001	1	
4	Subensamble contenedor inferior	DMD_CTI_001	1	
3	Chumacera piso	DMD_001	2	SY 7/8 TF
2	Mecanismo desgranador	DMD_MD_001	1	
1	Subensamble contenedor superior	DMD_CTS_001	1	
Item	Denominación	Código	Cantidad	Descripción

		Proyecto : Desgranadora de maíz duro				Escala 1:8
		Conjunto : Conjunto				
		Código: DMD_001				
		Peso:	48,52 Kg	Diseño :	Guerra L.	29/05/25
Largo :	893,2	Dibujó:	Guerra L.	29/05/25		
Ancho :	404	Revisó:	Valencia F.	07/07/25		
Alto :	996,85	Aprobó:	Erazo V.	14/07/25		
FICA	CIME					