



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

**TEMA:**

**“PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ PARA PEQUEÑOS  
EMPRENDEDORES”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

Autor:

Buitrón Zabala, Omar Sebastián

Director:

PhD. David Alberto Ojeda Peña

Ibarra, septiembre 2025



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

| <b>DATOS DE CONTACTO</b>    |  |                        |            |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> | 1004735088   |                        |            |
| <b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b> | Buitrón Zabala Omar Sebastián                                    |                        |            |
| <b>DIRECCIÓN:</b>           | Quilago y Av. El Retorno, Ibarra                                 |                        |            |
| <b>EMAIL:</b>               | <a href="mailto:osbuitronz@utn.edu.ec">osbuitronz@utn.edu.ec</a> |                        |            |
| <b>TELÉFONO FIJO:</b>       |  | <b>TELÉFONO MÓVIL:</b> | 0998689188 |

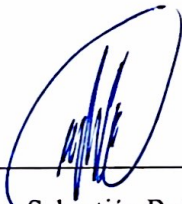
| <b>DATOS DE LA OBRA</b>        |   |
|--------------------------------|---|
| <b>TÍTULO:</b>                 | Prototipo de tostadora de maíz para pequeños emprendedores.                 |
| <b>AUTOR:</b>                  | Buitrón Zabala Omar Sebastián   |
| <b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>       | 08/09/2025  |
| <b>PROGRAMA:</b>               | <input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| <b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b> | Ingeniero en Mecatrónica  |
| <b>ASESOR /DIRECTOR:</b>       | Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.<br>Ing. Marco Antonio Ciaccia, PhD.     |

## 2.-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 el 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 ocho días del mes de septiembre de 2025.

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'O' followed by several vertical strokes, positioned above a horizontal line.

Omar Sebastián Buitrón Zabala



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

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

Ibarra, 09 de septiembre de 2025

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

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.

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



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

**APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ PARA PEQUEÑOS EMPRENDEDORES” elaborado por Omar Sebastián Buitrón Zabala, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

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

.....  
Ing. Marco Antonio Ciaccia, PhD.  
C.C.: 1756778252

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo apoyo y compañía han sido constantes a lo largo de mi vida. En especial a mis padres, pilares fundamentales que, pese a mis errores, me brindaron siempre su comprensión y respaldo incondicional. Gracias por ser la base que me permitió alcanzar la meta de convertirme en profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica del Norte, por permitirme al acceso a una educación de alta calidad, recursos y experiencias necesarias para mi formación profesional.

Agradezco de manera especial a mi director de tesis, David Ojeda, por su guía, dedicación y la paciencia que me ofreció durante cada fase del desarrollo. Su apoyo, experiencia y claridad para resolver dudas resultaron fundamentales para que este proyecto pudiera concretarse exitosamente.

De igual manera agradezco a mi asesor de tesis, Marco Ciaccia, por su disposición a trabajar en este proyecto. Su apoyo y paciencia fueron importantes en cada etapa de este proceso.

Finalmente agradezco a los docentes de la carrera de Mecatrónica, quienes durante mi formación académica compartieron sus conocimientos con pasión y dedicación. Cada enseñanza recibida ha sido valiosa para alcanzar este logro. En especial, agradezco a Brizeida Gámez, cuyo apoyo, motivación y exigencia académica fueron fundamentales para culminar con éxito mi carrera universitaria.

## RESUMEN

La elaboración de maíz tostado representa una tradición culinaria en Ecuador. Específicamente, en el sector de la sierra se consume como snack o como acompañante en platos típicos. Su producción es de forma artesanal o en grandes industrias que lo distribuyen a los establecimientos comerciales. En este sentido, surge la idea de desarrollar un prototipo dirigido a pequeños emprendedores empleando como base el maíz suave que es el ingrediente fundamental para obtener maíz tostado. Para desarrollar el prototipo fue necesario realizar la identificación de los parámetros y condiciones necesarias contando con la experiencia de tres cocineros de la zona. Con esta información se especificaron los criterios y restricciones necesarias para establecer las variables a considerar en el diseño. Se modeló el prototipo empleando un software de diseño asistido por computadora. Para el control de la temperatura y la interfaz de usuario se empleó un Arduino UNO, un sensor de temperatura, un motor para controlar la válvula de gas y una pantalla. Finalmente, se obtuvo un prototipo que funciona apropiadamente y que puede ser replicado para su utilización por parte de pequeños emprendedores.

**Palabras clave:** Maíz tostado, pequeños emprendedores, tostadora.

## **ABSTRACT**

The production of toasted corn represents a culinary tradition in Ecuador. Specifically, in the highland region, it is consumed as a snack or as a side dish in typical meals. Its production is usually carried out either artisanally or in large industries that distribute it to commercial establishments. In this context, the idea arises to develop a prototype aimed at small entrepreneurs, using soft corn as the main ingredient for obtaining toasted corn. To develop the prototype, it was necessary to identify the parameters and conditions required, with the support of three local cooks who provided their expertise. Based on this information, the criteria and restrictions needed to establish the design variables were defined. The prototype was modeled using computer-aided design (CAD) software. For temperature control and user interface, an Arduino UNO, a temperature sensor, a motor to control the gas valve, and a display were employed. Finally, a prototype that operates properly was obtained, which can be replicated for use by small entrepreneurs.

**Keywords:** toasted corn, small entrepreneurs, toaster.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| DEDICATORIA .....                          | 6  |
| Agradecimiento .....                       | 7  |
| RESUMEN.....                               | 8  |
| ABSTRACT .....                             | 9  |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                 | 10 |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                      | 12 |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                     | 14 |
| CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....             | 17 |
| 1.1 Planteamiento del Problema.....        | 17 |
| 1.2 Objetivos .....                        | 18 |
| 1.2.1 Objetivo General: .....              | 18 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos:.....          | 18 |
| 1.3 Justificación.....                     | 19 |
| 1.4 Alcance.....                           | 19 |
| CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL .....        | 21 |
| 2.1 Antecedentes .....                     | 21 |
| 2.2 Marco Teórico .....                    | 22 |
| 2.2.1 Maíz (Zea Mays).....                 | 22 |
| 2.2.2 Producción de maíz en Ecuador .....  | 22 |
| 2.2.3 Variantes del maíz en Ecuador .....  | 23 |
| 2.2.4 Maíz tostado .....                   | 24 |
| CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....       | 25 |
| 3.1 Enfoque y tipos de investigación ..... | 25 |
| 3.2 Diseño de la investigación.....        | 26 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 3.2.1                                   | Identificación de los parámetros y condiciones necesarios para obtener el maíz tostado. | 26 |
| 3.2.2                                   | Diseño de una tostadora de maíz que cumpla con los parámetros establecidos.             | 27 |
| 3.2.3                                   | Validación del diseño a partir de un prototipo.....                                     | 27 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS ..... |   | 29 |
| 4.1                                     | Identificaciones de los parámetros y condiciones para obtener maíz tostado.....         | 29 |
| 4.1.1                                   | Resultados relacionados con el cocinero A .....   | 29 |
| 4.1.2                                   | Resultados relacionados con el cocinero B .....   | 31 |
| 4.1.3                                   | Resultados relacionados con el cocinero C .....   | 32 |
| 4.1.4                                   | Comparación entre resultados de los cocineros .....                                     | 33 |
| 4.2                                     | Especificaciones del sistema a diseñar.....   | 35 |
| 4.3                                     | Alternativas de solución .....  | 36 |
| 4.3.1                                   | Alternativa de solución Nro. 1 .....  | 36 |
| 4.3.2                                   | Alternativa de solución Nro. 2 .....  | 37 |
| 4.3.3                                   | Alternativa de solución Nro. 3 .....  | 38 |
| 4.4                                     | Ponderación de criterios .....  | 40 |
| 4.5                                     | Especificaciones de la solución propuesta .....   | 41 |
| 4.5.1                                   | Sistema estructural .....   | 43 |
| 4.5.2                                   | Sistema de control del quemador y de temperatura .....                                  | 46 |
| 4.5.3                                   | Sistema de movimiento de espas mezcladoras.....   | 54 |
| 4.6                                     | Construcción.....   | 57 |
| 4.7                                     | Pruebas de funcionamiento .....   | 59 |
| 4.7.1                                   | Primera prueba de funcionamiento .....  | 60 |
| 4.7.2                                   | Segunda prueba de funcionamiento .....  | 61 |
| CONCLUSIONES .....                      |   | 62 |
| RECOMENDACIONES .....                   |   | 64 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Propiedades del maíz empleado para la producción de tostado .....             | 24 |
| Tabla 4.1 Comparación entre factores comunes y diferentes .....                         | 34 |
| Tabla 4.2 Parámetros para obtener el maíz tostado .....                                 | 35 |
| Tabla 4.3 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 1 .....           | 37 |
| Tabla 4.4 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 2 .....           | 38 |
| Tabla 4.5 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 3 .....           | 39 |
| Tabla 4.6 Ponderación de criterios para seleccionar la mejor alternativa propuesta..... | 40 |
| Tabla 4.7 Comparación entre alternativas con respecto a costo.....                      | 40 |
| Tabla 4.8 Comparación entre alternativas con respecto a funcionalidad .....             | 40 |
| Tabla 4.9 Comparación entre alternativas con respecto a mantenimiento .....             | 40 |
| Tabla 4.10 Comparación entre alternativas con respecto a seguridad.....                 | 41 |
| Tabla 4.11 Comparación de cada alternativa con respecto a los criterios .....           | 41 |
| Tabla 4.12 Componentes de la solución seleccionada .....                                | 42 |
| Tabla 4.13 Especificaciones Motor paso a paso .....                                     | 48 |
| Tabla 4.14 Componentes de la caja electrónica .....                                     | 51 |
| Tabla 4.15 Parámetros principales del motor M590-402 5GN-20K .....                      | 55 |

Tabla 4.16 Parámetro para prueba de funcionamiento Nro. 1 ..... 60

Tabla 4.17 Parámetros para prueba de funcionamiento Nro. 2 ..... 61

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1.1 Maíz suave: (a) Maíz después del tostado, (b) Maíz antes del tostado.....   | 17 |
| Fig. 2.1 Mazorca de maíz (Zea Mays) .....  | 22 |
| Fig. 2.2 Cultivo de maíz en la Sierra ecuatoriana .....  | 23 |
| Fig. 2.3 Variantes mejoradas generadas por INIAP .....   | 23 |
| Fig. 2.4 Presentaciones de maíz tostado: (a) Maíz tostado artesanal, (b) Maíz tostado<br>DICARNE, (c) Maíz tostado SUPERMAXI, (d) Maíz tostado de dulce TOSTADÍN | 25 |
| Fig. 4.1 Esquema de la alternativa de solución Nro. 1 .....  | 37 |
| Fig. 4.2 Esquema de la alternativa de solución Nro. 2.....   | 38 |
| Fig. 4.3 Propuesta de alternativa 3 .....  | 39 |
| Fig. 4.4 Vista isométrica explosionada de la solución seleccionada .....   | 42 |
| Fig. 4.5 Sistema estructural .....   | 44 |
| Fig. 4.6 Ubicación de cargas y sujeciones en el sistema estructural .....  | 44 |
| Fig. 4.7 Resultados de análisis de la estructura para el factor de seguridad .....   | 45 |
| Fig. 4.8 Resultados de análisis de la estructura para la deformación.....  | 45 |
| Fig. 4.9 Resultados de análisis de la estructura para el esfuerzo .....  | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Fig. 4.10 Sistema de control del quemador y de temperatura: (a) Mecanismo motorizado de accionamiento, (b) Caja electrónica, (c) Recubrimiento lateral, (d) Cubierta con termocupla tipo K..... | 47 |
| Fig. 4.11 Motor paso a paso NEMA 17 HS4401.....   | 48 |
| Fig. 4.12 Poleas GT2: (a) Polea GT2 de 20 dientes, (b) Polea GT2 de 60 dientes.....   | 49 |
| Fig. 4.13 Termocupla tipo K .....   | 49 |
| Fig. 4.14 Pantalla LCD 16x2 I2C.....  | 50 |
| Fig. 4.15 Fuente de alimentación de 12 V – 2 A .....  | 50 |
| Fig. 4.16 Vista isométrica explosionada de la caja electrónica .....  | 51 |
| Fig. 4.17 Driver A4988 .....  | 52 |
| Fig. 4.18 Módulo MAX6675.....   | 52 |
| Fig. 4.19 Módulo LM2596.....  | 53 |
| Fig. 4.20 Arduino UNO.....  | 53 |
| Fig. 4.21 Sistema de movimiento de aspas mezcladoras .....  | 54 |
| Fig. 4.22 Motorreductor 90W 5GN-20K .....   | 55 |
| Fig. 4.23 Aspas mezcladoras .....   | 56 |
| Fig. 4.24 Eje de transmisión.....   | 56 |
| Fig. 4.25 Ensamblaje de estructura metálica.....  | 57 |

Fig. 4.26 Estructura metálica con recubrimiento protector ..... 58

Fig. 4.27 Ensamblaje de componentes del sistema de movimiento y recubrimientos metálicos  
..... 58

Fig. 4.28 Prototipo de tostadora de maíz suavePruebas de funcionamiento ..... 59

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del Problema

En el Ecuador, especialmente en la Región Sierra, se produce un alimento artesanal denominado “tostado” (véase la Fig. 1.1-a), el cual se suele consumir como snack, entrada, guarnición o acompañante. El mismo se produce a partir del maíz suave o harinoso (*Zea mays* L. var. *amylacea*) cosechado en grano seco, tal como se muestra en la Fig. 1-b, del cual el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha generado variantes mejoradas a partir de las 17 razas de maíz identificadas en la Sierra [1]. Este snack se sirve en la mayoría de los restaurantes como entrada y es muy común encontrarlo en tiendas, supermercados o pequeños comisariatos, envasados en tarrinas desechables de  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{2}$  litro.



(a) Maíz después del tostado



(b) Maíz antes del tostado

Fig. 1.1 Maíz suave: (a) Maíz después del tostado, (b) Maíz antes del tostado

Para obtener un producto de calidad se utiliza una paila, donde el operador calienta una dosis de aceite o manteca y luego introduce el maíz. Se procede a mover la mezcla, con una paleta, constantemente entre 15 a 25 minutos de cocción. En ese intervalo se agregan otros ingredientes tales como ajo, cebolla larga y sal. De acuerdo con las experiencias de los operadores, la paila permite una mejor cocción del maíz logrando que el producto final sea apetecible por los consumidores.

Es importante destacar que durante la cocción el maíz tiende a explotar. Para evitar este inconveniente el operario cubre la paila; sin embargo, debe mover la mezcla constantemente la cual se encuentra en una temperatura aproximadamente de 180 °C, trayendo como consecuencias riesgos de quemaduras para el cocinero.

Una alternativa que se ha encontrado para la producción de tostado, debido a la alta demanda en especial en los restaurantes, es el uso de una canguilera (equipo para producir canguil). La olla cuenta con unas aspas que permiten mover el producto interno sin necesidad de exponerse al calor, lo que minimiza el riesgo de quemaduras en el operador. Sin embargo, es un equipo que no garantiza un producto de calidad debido a la profundidad de la olla. De hecho, algunos consumidores han notado la diferencia del tostado hecho en una paila y en una olla canguilera. Esta discrepancia ha traído como consecuencia quejas y en muchos de los casos la caída de consumo del producto y/o pérdidas de clientes.

Por lo anteriormente descrito, se hace necesario la obtención de una solución para los productores de tostado que garantice la calidad del producto y la salud ocupacional del cocinero.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General:***

Desarrollar una tostadora de maíz suave.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos:***

- Identificar los parámetros y condiciones para obtener el maíz tostado.
- Diseñar una tostadora de maíz que cumpla con los parámetros establecidos.
- Validar el diseño a partir de un prototipo.

### **1.3 Justificación**

La producción de tostado, de manera artesanal, tiene muchos problemas para el operador ya que se encuentra en riesgo de quemaduras y cansancio debido al movimiento constante de la cocción (alrededor de 15 minutos, dependiendo de la cantidad de maíz a tostar).

La producción y el consumo del maíz tostado son significativos en el Ecuador principalmente en la región Sierra. Pequeños emprendedores se dedican a la producción del tostado para comercializarlo como un snack; sin embargo, el método tradicional y manual empleado presenta diversas limitaciones al momento de cocinar el maíz que afectan tanto en la calidad del producto final como en la eficiencia de producción. Las pailas con tapas de otros utensilios de cocina permiten al maíz implosionar de mejor manera, pero requieren que el operador destape e introduzca una cuchara o paleta para mover el maíz, lo que lo pone en riesgos de quemaduras, aunado a que no se puede tener una cocción uniforme del producto. La olla canguilera facilita el movimiento del producto para mantener uniformidad en su cocción, pero requiere de un movimiento constante que vulnera su salud ocupacional.

El desarrollo de este proyecto no solo beneficia directamente al emprendedor local al mejorar sus condiciones de trabajo y aumentar su capacidad productiva, sino que también contribuirá en el desarrollo económico regional al fortalecer la industria del maíz tostado mediante la introducción de tecnología adecuada y accesible.

### **1.4 Alcance**

Se procede a realizar una investigación de campo para extraer la mayor cantidad de información requerida para la solución. Para ello, se realizan entrevistas a las personas que producen el tostado con el propósito de obtener la enorme cantidad de detalles que puedan ser utilizados en el proceso de propuestas. Luego, se generan alternativas que cumplan, en la gran

mayoría de los casos, las especificaciones del sistema a diseñar, utilizando las herramientas ingenieriles que garanticen que un equipo eficiente. Seguidamente, se realizan los planos en detalle que contenga

la solución de ingeniería; así como, un texto que abarque la metodología y cálculos precisos de la solución seleccionada. Finalmente, se construye un prototipo que permita realizar las pruebas de ingeniería necesarias para medir el cumplimiento de las especificaciones del diseño.

## CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Antecedentes

El maíz es uno de los cultivos más importantes del mundo y ha sido esencial en la alimentación y economía de muchas culturas. En este sentido, el proceso de tostado del maíz se ha vuelto importante no solo por sus beneficios nutricionales, sino también porque permite crear una variedad de productos y aumentar su valor. Sin embargo, los métodos tradicionales de tostar el maíz tienen algunos problemas, como baja eficiencia, dificultad para tener un resultado uniforme y falta de sostenibilidad. En esta sección, se revisarán estudios anteriores, ideas clave y los avances más importantes en el uso de tostadoras para el maíz, con el objetivo de encontrar áreas donde aún se necesita más investigación y mostrar por qué este proyecto es importante.

Cujilema y Sotomayor desarrollaron una tostadora de maíz, la cual es capaz de producir 100 kg/h, enfocada a medianos productores. La máquina utiliza quemadores para calentar la carga, y tiene un canal de descarga para determinar la calidad de tostado. Los autores indican que la temperatura ideal para tostar el maíz es de aproximadamente 170 °C [2]. Asimismo, López y Solórzano desarrollaron un diseño de una tostadora de cacao, en la cual se han identificado parámetros clave como la temperatura y tiempo de tostado para obtener un producto final de alta calidad. Su diseño cuenta con una tostadora tipo tambor [3]. Por otra parte, Barrows y Berge patentaron un dispositivo para producir palomitas de maíz. Este dispositivo cuenta con un agitador, diseñado para mover los granos y distribuirlos sobre toda la superficie de calentamiento. El dispositivo es ideal para producir palomitas de maíz en casa de manera semiautomática, en donde se debe colocar los granos de canguil y encender el dispositivo [4]. Gram desarrolló una tostadora de café automática, capaz de tostar café automáticamente en casa, sin perder su aroma o esencia. Además es capaz de iniciar y llevar el proceso de tostado independientemente si el operador está presente [5].

## 2.2 Marco Teórico

Para el desarrollo de una tostadora de maíz suave es necesario conocer aspectos teóricos, que servirán de base para llevar a cabo los procesos de diseño, construcción y posteriores pruebas que validen el funcionamiento del dispositivo.

### 2.2.1 Maíz (*Zea Mays*)

El maíz (*Zea mays*) es una planta de la familia de las gramíneas que se originó en Mesoamérica. La mazorca, también conocida como elote o choclo, es la parte femenina de la planta donde se desarrollan los granos comestibles (ver Fig. 2.1). En la actualidad, es el cereal más producido en el mundo, seguido por el trigo y el arroz [6].



Fig. 2.1 Mazorca de maíz (*Zea Mays*)

### 2.2.2 Producción de maíz en Ecuador

En el Ecuador existe una gran producción de maíz, en pequeña y gran escala, especialmente en la región Sierra, debido a la superficie destinada para su cultivo y además al ser un componente básico en la dieta de la población ecuatoriana. La distribución de algunos de los tipos de maíz de mayor cultivo en las provincias de la Sierra se debe a los gustos y

costumbres de los agricultores. Así, en la Sierra Norte (provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha) se produce principalmente maíz con granos de tipo amarillo harinoso, en la Sierra Central (Tungurahua, Chimborazo y Bolívar) se cultiva los maíces de grano blanco harinoso y en la Sierra Sur (Cañar y Azuay) el maíz denominado “Zhima”, de grano blanco dentado o amorochado [1].



Fig. 2.2 Cultivo de maíz en la Sierra ecuatoriana

### **2.2.3 Variantes del maíz en Ecuador**

Las variantes del maíz en Ecuador se dividen en dos secciones. Primero, las variantes nativas, las cuales se han cultivado por ancestros y se han mantenido las semillas, y segundo las variantes mejoradas, en donde el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha generado y distribuido para la Sierra Ecuatoriana semillas mejoradas en laboratorios del instituto, concebidas para cada uso del maíz (ver Fig. 2.3).



Fig. 2.3 Variantes mejoradas generadas por INIAP

En el caso específico de maíz empleado para la preparación del tostado se encuentra codificado como INIAP-122. En la Tabla 2.1 se presentan las características específicas de esta variedad.

Tabla 2.1 Propiedades del maíz empleado para la producción de tostado

| <b>Característica</b> | <b>Descripción</b>  |
|-----------------------|---|
| Tipo                  | Precoz, Chaucho   |
| Grano                 | Amarillo, harinoso  |
| Altura de planta      | 250 cm  |
| Cosecha en choclo     | 135 días  |
| Cosecha en seco       | 225 días  |
| Rendimiento           | 3 000 a 3 864 kg/ha (67 a 85 qq/ha) en seco   |
| Altitud               | de 2 200 a 2 800 m s.n.m.   |
| Usos                  | Choclo, tostado, harina, mote y humitas   |
| Zonas de cultivo      | Principalmente en la provincia de Imbabura y en menor superficie en Carchi, Pichincha y Tungurahua. |

#### **2.2.4 Maíz tostado**

El maíz tostado es un producto derivado de la exposición y movimiento constante del maíz dentro de un recipiente capaz de transmitir calor dentro de él. El tostado es un producto consumido en muchos países, principalmente en Ecuador, Perú y Colombia. Específicamente, en Ecuador se prepara de manera artesanal (ver Fig. 2.4-a) y de en empresas de producción masiva de donde son distribuidas a todo el país (Ver Fig. 2.4-b-c-d).



(a) Maíz tostado artesanal



(b) Maíz tostado DICARNE



(c) Maíz tostado SUPERMAXI



(d) Maíz tostado de dulce TOSTADÍN

Fig. 2.4 Presentaciones de maíz tostado: (a) Maíz tostado artesanal, (b) Maíz tostado DICARNE, (c) Maíz tostado SUPERMAXI, (d) Maíz tostado de dulce TOSTADÍN

## CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Enfoque y tipos de investigación

El presente trabajo de integración curricular se realiza tomando en consideración las etapas del enfoque de ingeniería para una investigación aplicada; a través de la cual se pretende ofrecer una solución a pequeños emprendedores. Para desarrollar el prototipo de maíz suaves es necesario llevar a cabo una investigación documental, ya que es imprescindible adquirir información acerca del proceso de producción de tostado. Asimismo, se requiere una investigación de campo para identificar los métodos actuales empleados para la cocción del maíz. Esto permite detectar los problemas en la forma en que se produce el tostado. Por otra

parte, se emplean los conceptos de investigación descriptiva ya que se presenta cada uno de los detalles, asociados al diseño, construcción y ensamblaje, del prototipo. Finalmente, se aplica una investigación experimental, ya que el sistema de funcionamiento debe someterse a pruebas que permitan validar el objetivo planteado.

## **3.2 Diseño de la investigación**

La presente sección aborda lo relacionado con las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo de integración curricular.

### **3.2.1 *Identificación de los parámetros y condiciones necesarios para obtener el maíz tostado.***

Con la ayuda de la metodología documental se obtienen los datos necesarios para determinar los requerimientos de la tostadora.

***Actividad 1: “Investigación acerca de tostadoras de maíz”;*** se realiza una investigación de fuentes bibliográficas, antecedentes de proyectos similares y guías relacionadas con tostadoras de maíz. De igual manera se procede a realizar una búsqueda en el repositorio de las patentes, tanto nacionales como internacionales.

***Actividad 2: “Realización de entrevistas a expertos en producción de maíz tostado”;*** se realizan entrevistas y/o encuestas abiertas a cocineros encargados de producir maíz tostado, lo que permite identificar los métodos que actualmente se emplean en este proceso.

***Actividad 3: “Realización de una tabla comparativa de factores comunes y diferentes”;*** luego de la entrevista a expertos, se realiza una comparación de sus métodos aplicados en sus procesos de cocción, resaltando las similitudes y diferencias.

**Actividad 4: “Discusión de las variables no coincidentes”;** se procede a argumentar, con los expertos, las variables no coincidentes para determinar si son o no influyentes.

**Actividad 5: “Ponderación de los parámetros identificados”;** es importante ponderar los parámetros para identificar aquellos que tienen mayor impacto en la funcionalidad y rendimiento del producto final.

### **3.2.2 Diseño de una tostadora de maíz que cumpla con los parámetros establecidos.**

**Actividad 1: “Planteamiento de diferentes alternativas”;** se proponen tres alternativas que cumplan con los parámetros de diseño.

**Actividad 4: “Selección la mejor solución”;** después de analizar las alternativas, se selecciona la solución más adecuada al proyecto, aplicando la ponderación de criterios.

**Actividad 5: “División de la solución en partes”;** se divide la solución en sistema mecánico, sistema electrónico y sistema de control, si las hubiere.

**Actividad 6: “Diseño de un prototipo propio”;** se realiza el diseño de un prototipo que cumpla los requisitos determinados.

### **3.2.3 Validación del diseño a partir de un prototipo.**

**Actividad 1: “Construcción y ensamblaje el prototipo”;** se procede a realizar la construcción del prototipo, siguiendo las especificaciones del diseño.

**Actividad 2: “Pruebas de funcionamiento del prototipo”;** una vez obtenido el prototipo, con las especificaciones establecidas en el diseño, se realizan pruebas de funcionamiento para comprobar el correcto funcionamiento.

*Actividad 3: “Ejecución de experimentos con el maíz tostado”*; se realizan diversos ensayos de cocción de maíz para producir el tostado y así comprobar el funcionamiento de la tostadora.

*Actividad 4: “Análisis de los resultados y realizar modificaciones”*; luego de obtener el maíz tostado, se procede a comprobar la calidad del producto mediante una degustación. Posteriormente, se realiza una ponderación de la satisfacción del catador, de tal manera de realizar los ajustes necesarios que permitan cumplir con el correcto funcionamiento de la máquina.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Identificaciones de los parámetros y condiciones para obtener maíz tostado

Con el propósito de identificar los métodos actuales empleados para la producción de tostado, se realiza una investigación de campo a través de entrevistas con tres cocineros que reportaron su experiencia en cuanto a ingredientes y equipos; lo que se utiliza como base para el diseño del prototipo.

#### 4.1.1 Resultados relacionados con el cocinero A

El primer cocinero emplea maíz conocido como maíz amarillo, el cual es cultivado en Mira, cantón de la provincia de Carchi, o en la Comunidad de Manzano Guaranguí, perteneciente a la parroquia El Sagrario del cantón Ibarra, Imbabura.

#### **Ingredientes y utensilios para producir el maíz tostado A**

- 01 lb de maíz suave,
- 90 ml de aceite vegetal de girasol
- 01 diente de ajo (*Allium sativum*).
- Paila de aluminio de 26 cm de diámetro con 8 cm de profundidad.
- Tapa metálica convencional para evitar salpicaduras de aceite y tratar de mantener todo el maíz dentro de la paila.
- Espátula metálica de cocina para el movimiento del maíz. El cocinero indica que no importa el material de la espátula, ya que simplemente se emplea para mantener en movimiento el maíz. Cocina industrial en fuego bajo durante toda la cocción (el cocinero indica que en la cocina industrial, el fuego bajo es solamente un poco más fuerte que las cocinas convencionales).

## **Procedimiento A**

Antes de proceder a realizar el maíz tostado, el cocinero lava el maíz para limpiar la suciedad, además indica que ese maíz viene curado, es decir, agregan químicos para evitar las plagas.

Mientras deja escurrir el maíz, empieza a calentar el aceite en la paila, a fuego bajo. Después de 2 minutos añade el maíz y el ajo, y cubre con la tapa para evitar salpicaduras de aceite. El cocinero indica que el maíz tarda en explotar debido a que recientemente estuvo en contacto con el agua. Enseguida empieza a mover el maíz con la espátula, tratando de cubrir el maíz con la tapa. El maíz empieza a explotar 2:00 minutos después de añadirlo a la paila, alcanzando una temperatura de 105 °C. El maíz explota, pero a diferencia del canguil, éste no está cocido, por lo que se debe mantener en la paila con movimiento constante para un tostado uniforme hasta que esté en su punto. El tipo de movimiento es asimétrico, es decir, no sigue un modelo o guía, simplemente se realiza un movimiento para tratar de cubrir el maíz con aceite. El cocinero indica que es importante mantener cubierta la paila porque el maíz explota y tiende a salir de la paila, además de las salpicaduras constantes de aceite. En 7:00 minutos de cocción, el ruido de explosión del maíz ha minimizado, lo que indica que la mayoría de los granos de maíz ya explotaron, pero aún no están tostados. Se puede visualizar que muchos granos están quemados, debido a que es muy difícil introducir la espátula en la paila para mantener un movimiento constante y uniforme. Alcanzados los 12:00 minutos de cocción, el maíz tostado está listo, adquiriendo una temperatura de 196 °C dentro de la paila. El cocinero menciona que el tiempo de cocción depende de la cantidad de maíz.

#### **4.1.2 Resultados relacionados con el cocinero B**

El segundo cocinero utiliza maíz conocido como maíz chaucho. El cocinero menciona que este maíz es cosechado en Natabuela, parroquia ubicada en el cantón Antonio Ante, Imbabura.

#### **Ingredientes y utensilios para producir el maíz tostado B**

- 01 lb de maíz,
- 1 diente de ajo,
- 90 ml de aceite vegetal comestible
- 02 ramas de cebolla larga (*Allium fistulosum*) cortadas en pequeñas tiras.

- Canguilera, que es una olla profunda de aluminio que cuenta con una tapa de vidrio templado con un sistema giratorio para evitar que el producto se quemé. Las medidas de la olla son de 24 cm de diámetro y 12 cm de profundidad. El sistema giratorio es de aspas de 11 cm de largo por 3,5 cm de ancho y 2 mm de espesor. El movimiento de las aspas se realiza mediante una manivela manual. Esta olla permite mantener la seguridad del cocinero, además que facilita el movimiento del maíz dentro de la olla y mantiene su uniformidad durante la cocción. Este cocinero realiza la cocción en una cocina doméstica convencional a gas, en el quemador de mayor capacidad. Además, indica que este tipo de maíz no es curado por lo que no requiere de un lavado extra para su cocción.

#### **Procedimiento B**

Para empezar la cocción, enciende la cocina y añade el aceite, dejando calentar el aceite para empezar a cocinar. Después de 1 minuto, añade el maíz con el ajo y cubre con la tapa. Enseguida empieza a mover el maíz mediante la manivela en un solo sentido. El cocinero indica

que no es influyente si gira la manivela en sentido horario, antihorario o en ambos sentidos, ya que el objetivo es mantener el maíz en una cocción uniforme. Además de este movimiento, el cocinero levanta la olla y la sacude para tratar de que el maíz no se quede solamente en el perímetro de la base de la olla, ocasionado por el barrido de las aspas. Después de 1:30 minutos de agregar el producto a la olla, empieza a explotar el maíz y el cocinero inicia el movimiento de las aspas. En este punto la temperatura dentro de la olla alcanza 125 °C. El cocinero indica que el maíz chaucho es muy suave, y por ello, explota muy rápido y seguido. El movimiento del cocinero es muy seguido, repitiendo cada 15 a 20 segundos, en periodos de 5 a 7 segundos, para tratar de mantener uniformidad en el maíz. Pasado 6:15 minutos, el interior de la olla alcanza una temperatura de 186 °C y el maíz ya está tostado, pero aún no se retira de la olla. En su lugar, se añade la cebolla y se baja la intensidad del fuego, mientras se realiza un movimiento constante de las aspas para evitar una excesiva cocción del maíz y de la cebolla. En este punto la temperatura baja a 116 °C. Al llegar a los 8:45 minutos de cocción, la temperatura alcanza 120 °C y se visualiza que la cebolla alcanza su punto, entonces se apaga el fuego y se retira el producto en un recipiente.

#### **4.1.3 Resultados relacionados con el cocinero C**

El tercer cocinero utiliza maíz amarillo, similar al maíz que usa el cocinero A. El cocinero C menciona que no conoce la procedencia del maíz.

#### **Ingredientes y utensilios para producir el maíz tostado C**

- 03 libras de maíz
- 01 diente de ajo
- ½ litro de aceite vegetal comestible
- 01 cebolla morada (*Allium cepa*).

- Paila de aluminio de 35 cm de diámetro por 15 cm de profundidad
- Tapa convencional de cocina (igual que el cocinero A)
- Paleta de madera para mezclar el maíz dentro de la paila

### **Procedimiento C**

El cocinero enciende el quemador y añade el aceite, dejándolo calentar hasta alcanzar una temperatura aproximada de 100 °C. Llegado a la temperatura necesaria, añade el maíz con el ajo y empieza a mezclar el producto dentro de la paila. A diferencia del cocinero A, el cocinero C no tapa la paila en este momento, sino que se preocupa de mover y cubrir con aceite todo el maíz. Después de 8 minutos el maíz empieza explotar, por lo que es necesario tapar la paila para evitar salpicaduras de aceite. Al igual que el cocinero A, mientras tapa la paila intenta mover con la paleta el maíz para impedir que se queme. Llegando a los 10 minutos de cocción, la mayoría de maíces ya han explotado, por lo que el cocinero no requiere tapar la paila constantemente y esto le facilita mover el maíz con la paleta. Después de 12 minutos de cocción el interior de la paila alcanza una temperatura de 160 °C y el maíz ya está cocido, pero falta tostar, por lo que el cocinero agrega una cebolla morada previamente cortada para añadir sabor al tostado, lo cual baja la temperatura hasta 110 °C y mantiene la cocción hasta llegar a 18 minutos, en donde la temperatura nuevamente alcanza los 160 °C y el tostado ya está listo.

#### ***4.1.4 Comparación entre resultados de los cocineros***

Después de entrevistar a los expertos, se obtienen los datos necesarios para comparar sus métodos para producir maíz, presentados en la Tabla 4.1.

Los cocineros A y B mencionan que el maíz debe ser suave y seco para tener un producto final de alta calidad. Para el cocinero A, no influye lavar o no lavar el maíz, simplemente indica que lo hace debido a los químicos que se agregan en el proceso de cosechado y secado. El

cocinero B menciona que es importante que el maíz esté bien seco para que pueda explotar rápidamente. Los cocineros A y B coinciden en que es importante que exista espacio dentro del utensilio de cocina para que el maíz pueda explotar, pero también concuerdan en que es significativo mantener el maíz en constante movimiento, por lo que el cocinero A decide usar un utensilio con mayor área, pero con menor capacidad para revolver el maíz, mientras que el cocinero B usa un utensilio con menor área, pero con alta facilidad para mezclar el maíz. Ambos cocineros usan un fuego alto para tostar el maíz y alcanzan una temperatura similar cuando ya está listo el maíz tostado. Existe una diferencia de casi 6 minutos entre el tiempo de cocción del cocinero A con el cocinero B; ellos indican que se debe al lavado previo realizado por el cocinero A.

Tabla 4.1 Comparación entre factores comunes y diferentes

| <b>Factor</b>  | <b>Cocinero A</b> | <b>Cocinero B</b>            | <b>Cocinero C</b> |
|--|-------------------|------------------------------|-------------------|
| Maíz   | Maíz amarillo     | Maíz chaucho                 | Maíz amarillo     |
| Cantidad de maíz   | 01 lb             | 01lb                         | 03 lb             |
| Lavado previo del maíz                                   | Si                | No                           | No                |
| Cantidad de aceite                                       | 90 ml             | 100 ml                       | 500 ml            |
| Cantidad de ajo  | 01 diente         | 01 diente                    | 01 diente         |
| Cebolla  | No                | 02 ramas de cebolla<br>larga | 01 cebolla morada |
| Utensilio para cocción                                   | Paila             | Olla canguilera              | Paila             |
| Volumen del utensilio                                    | 4 litros          | 7 litros                     | 9 litros          |
| Dimensiones del<br>utensilio (diámetro x<br>profundidad) | 26 cm x 8 cm      | 24 cm x 12cm                 | 35 cm x 10 cm     |
| Método para mezcla                                       | Espátula          | Aspas                        | Paleta            |
| Forma de movimiento                                      | Irregular         | Circular                     | Irregular         |
| Intensidad del fuego                                     | Alto              | Alto                         | Alto              |
| Temperatura máxima                                       | 196 °C            | 186 °C                       | 160 °C            |
| Tiempo de cocción  | 12:00 minutos     | 6:15 minutos                 | 18 minutos        |

En la Tabla 4.2 se indican los parámetros influyentes para obtener un maíz tostado de alta calidad, de acuerdo con los comentarios de los expertos.

Tabla 4.2 Parámetros para obtener el maíz tostado

| Parámetro                         | Ponderación |
|-----------------------------------|-------------|
| Tipo de maíz                      | 8           |
| Diámetro y profundidad de la olla | 9           |
| Tipo de movimiento                | 4           |
| Temperatura de cocción            | 7           |
| Tiempo de cocción                 | 6           |
| Frecuencia de movimiento          | 10          |

#### 4.2 Especificaciones del sistema a diseñar

A continuación, se presentan los criterios y requerimientos tomados en consideración en el diseño de la tostadora de maíz:

- **Tamaño de la olla**, el diámetro de la olla debe estar entre 30 y 40 cm, y la profundidad entre 8 y 12 cm, lo que permite al maíz explotar fácilmente.
- **Capacidad**, la capacidad máxima de maíz con la que la tostadora puede operar debe ser menor o igual a 2 kg.
- **Tipo de maíz**, el maíz usable en el prototipo será uno de tipo suave, harinoso o amarillo, especialmente para producir maíz tostado.
- **Control de temperatura**, que permita controlar la temperatura dentro de la paila, entre los márgenes indicados, para evitar que el maíz tostado se queme.
- **Seguridad**, debe permitir al usuario operar la tostadora sin riesgos de quemaduras.
- **Mezclado automático**, la mezcla del maíz debe realizarse automáticamente.

- **Cumplimiento de normas sanitarias**, se deben usar elementos y materiales permitidos por las normativas sanitarias para estar en contacto con productos alimenticios.
- **Mantenimiento**, los elementos que están en contacto con el maíz han de ser de fácil limpieza.
- **Costo**, el dispositivo debe tener un precio asequible a pequeños productores.
- **Funcionalidad**, el prototipo debe permitir la elaboración del maíz tostado con las recetas y procedimientos recomendados por los expertos.

### 4.3 Alternativas de solución

Se proponen alternativas que cumplan en medida de lo posible, con todas las especificaciones del sistema a diseñar, de modo que las alternativas permitan desarrollar la mejor solución para la tostadora de maíz.

#### 4.3.1 Alternativa de solución Nro. 1

La primera propuesta está compuesta por una cubierta protectora (3), la cual cuenta con un motor (2) sujeto al eje de las aspas (5) que permite mezclar el maíz dentro de la paila de forma autónoma. Además, cuenta con sensor de temperatura (4) que permiten alertar al operario cuando la temperatura dentro de la paila alcanza la temperatura deseada. El dispositivo se sujeta a la paila mediante un soporte para la paila (1) y tiene un sistema para realizar un control visual del estado del tostado (6). En la Fig. 4.1 se muestra un esquema de la primera alternativa propuesta, mientras que en la Tabla 4.3 se indican los componentes preliminares del dispositivo propuesto.

Tabla 4.3 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 1

| No. | Descripción                  | Cantidad |
|-----|------------------------------|----------|
| 1   | Soporte para la olla         | 1        |
| 2   | Motor                        | 1        |
| 3   | Cubierta protectora          | 1        |
| 4   | Sensor de temperatura        | 1        |
| 5   | Aspas                        | 1        |
| 6   | Tapa para visualizar el maíz | 1        |

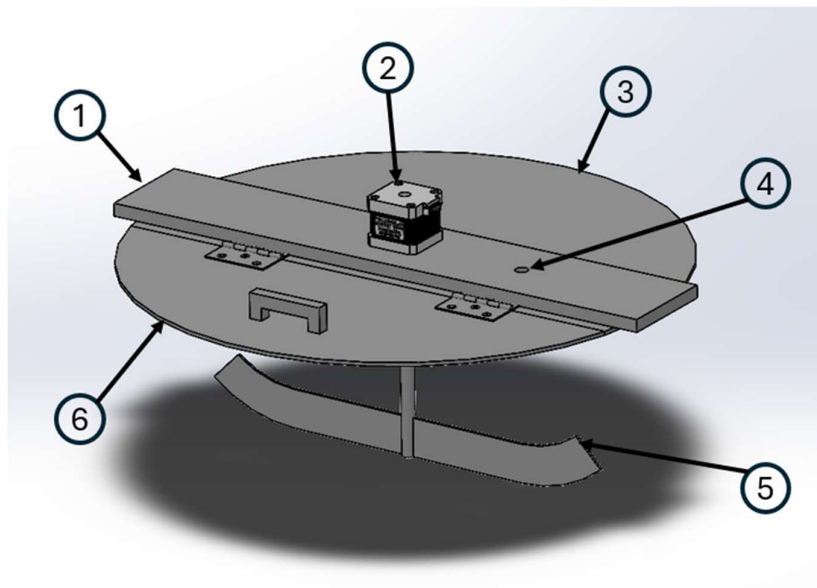


Fig. 4.1 Esquema de la alternativa de solución Nro. 1

#### 4.3.2 Alternativa de solución Nro. 2

Se trata de un sistema completo, en el cual en una estructura metálica (6) se coloca una paila desmontable (1) y un quemador de cocina industrial (10). Además, se utiliza un motor (5) y con un sistema de transmisión (4) se genera el movimiento de las aspas (3) dentro de la paila. La cubierta (2) evita salpicaduras de aceite y maíz, y el sensor de temperatura (9) permite mantener una temperatura ideal dentro de la paila. Se adiciona un control para la velocidad del motor (7) y una interfaz para operar la tostadora (8). En la Fig. 4.2 se muestra un esquema de la alternativa propuesta. Asimismo, en la Tabla 4.4 se determinan los componentes preliminares.

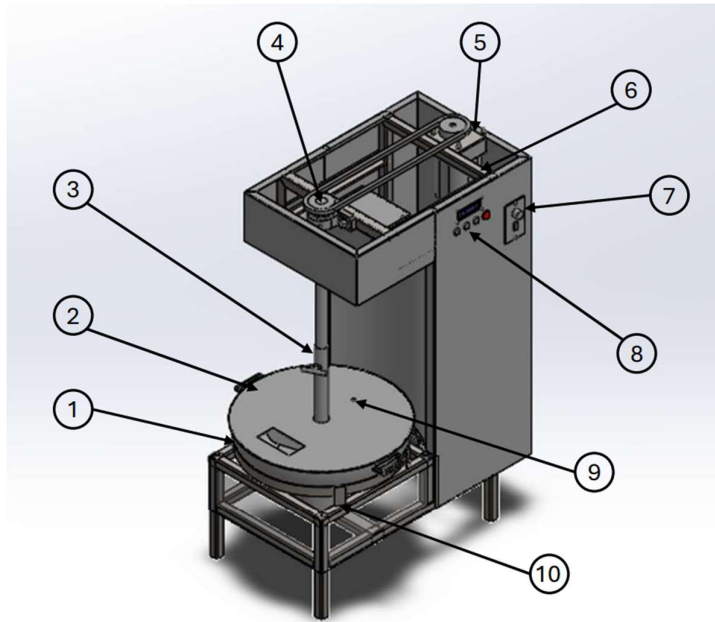


Fig. 4.2 Esquema de la alternativa de solución Nro. 2

Tabla 4.4 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 2

| No. | Descripción                        | Cantidad |
|-----|------------------------------------|----------|
| 1   | Paila                              | 1        |
| 2   | Cubierta                           | 1        |
| 3   | Aspas                              | 1        |
| 4   | Eje de transmisión                 | 1        |
| 5   | Motor                              | 1        |
| 6   | Estructura metálica                | 1        |
| 7   | Controlador de velocidad del motor | 1        |
| 8   | Control de máquina                 | 1        |
| 9   | Sensor de temperatura              | 1        |
| 10  | Quemador de cocina industrial      | 1        |

#### 4.3.3 Alternativa de solución Nro. 3

Esta alternativa se presenta como un sistema completo fijo (4), similar al de una *marmita*. La alternativa cuenta con un contenedor (2) que alberga el maíz, en el cual tiene fijado en su parte inferior un sistema de calentamiento (5) para controlar la temperatura del maíz (3). En la

parte superior cuenta con un motor (1) que mezcla el producto dentro del contenedor con ayuda de las aspas (7). La cubierta (6) permite visualizar el estado del maíz. En la Fig. 4.3 se muestra un esquema de la alternativa propuesta y en la Tabla 4.5 se presentan los componentes de principales.

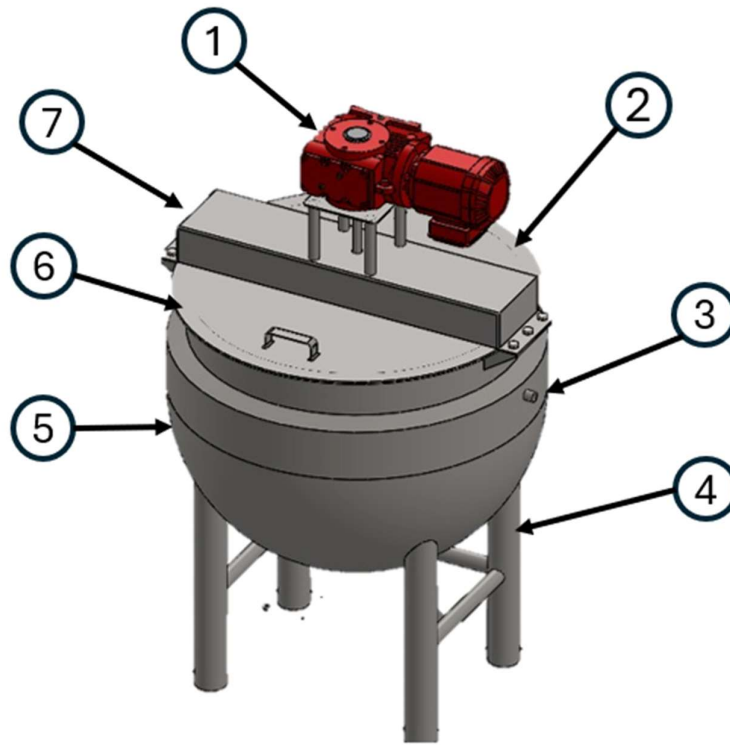


Fig. 4.3 Propuesta de alternativa 3

Tabla 4.5 Componentes preliminares de la alternativa de solución Nro. 3

| No. | Descripción           | Cantidad |
|-----|-----------------------|----------|
| 1   | Motor                 | 1        |
| 2   | Contenedor            | 1        |
| 3   | Sensor de temperatura | 1        |
| 4   | Estructura            | 1        |
| 5   | Quemador interno      | 1        |
| 6   | Cubierta              | 1        |
| 7   | Soporte de aspas      | 1        |

#### 4.4 Ponderación de criterios

Con las tres alternativas propuestas, y siguiendo las especificaciones de diseño planteadas, se establece un procedimiento para la selección de la mejor solución utilizando el método de ponderación de criterios. En la Tabla 4.6 se indican los criterios considerados para que el prototipo cumpla la función principal de la manera más apropiada.

Tabla 4.6 Ponderación de criterios para seleccionar la mejor alternativa propuesta

|               | Costo | Funcionalidad | Mantenimiento | Seguridad | $\sum + 1$ | %    |
|---------------|-------|---------------|---------------|-----------|------------|------|
| Costo         | -     | 0             | 0,5           | 0         | 1,5        | 0,15 |
| Funcionalidad | 1     | -             | 0,5           | 0,5       | 3          | 0,30 |
| Mantenimiento | 0,5   | 0,5           | -             | 0,5       | 2,5        | 0,25 |
| Seguridad     | 1     | 0,5           | 0,5           | -         | 3          | 0,30 |

Una vez alcanzada la ponderación de los criterios, el siguiente paso es realizar una evaluación comparativa entre cada uno de ellos en relación con las alternativas de solución (consultar Tablas 4.7 a 4.10).

Tabla 4.7 Comparación entre alternativas con respecto a costo

| Costo         | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | $\sum + 1$ | %    |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------|
| Alternativa 1 | -             | 1             | 1             | 3          | 0,50 |
| Alternativa 2 | 0             | -             | 0,5           | 1,5        | 0,25 |
| Alternativa 3 | 0             | 0,5           | -             | 1,5        | 0,25 |

Tabla 4.8 Comparación entre alternativas con respecto a funcionalidad

| Funcionalidad | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | $\sum + 1$ | %    |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------|
| Alternativa 1 | -             | 0             | 0             | 1          | 0,17 |
| Alternativa 2 | 1             | -             | 0,5           | 2,5        | 0,42 |
| Alternativa 3 | 1             | 0,5           | -             | 2,5        | 0,42 |

Tabla 4.9 Comparación entre alternativas con respecto a mantenimiento

| Mantenimiento | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | $\sum + 1$ | %    |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------|
| Alternativa 1 | -             | 0,5           | 1             | 2,5        | 0,42 |
| Alternativa 2 | 0,5           | -             | 1             | 2,5        | 0,42 |
| Alternativa 3 | 0             | 0             | -             | 1          | 0,17 |

Tabla 4.10 Comparación entre alternativas con respecto a seguridad

| Seguridad     | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | $\sum + 1$ | %    |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------|
| Alternativa 1 | -             | 0,5           | 0,5           | 2          | 0,33 |
| Alternativa 2 | 0,5           | -             | 1             | 2,5        | 0,42 |
| Alternativa 3 | 0,5           | 0             | -             | 1,5        | 0,25 |

Para concluir el proceso, se muestra una matriz comparativa de cada opción de solución en relación con los criterios, con el objetivo de determinar la opción más adecuada según este procedimiento, lo que resulta en la alternativa de solución Nro. 2 como la solución óptima.

Tabla 4.11 Comparación de cada alternativa con respecto a los criterios

| Conclusión    | Costo     | Funcionalidad | Mantenimiento | Seguridad | $\sum$ | Posición |
|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|--------|----------|
| Alternativa 1 | 0,15*0,50 | 0,30*0,17     | 0,25*0,42     | 0,30*0,33 | 0,33   | 2        |
| Alternativa 2 | 0,15*0,25 | 0,30*0,42     | 0,25*0,42     | 0,30*0,42 | 0,39   | 1        |
| Alternativa 3 | 0,15*0,25 | 0,30*0,42     | 0,25*0,17     | 0,30*0,25 | 0,28   | 3        |

#### 4.5 Especificaciones de la solución propuesta

A continuación, se describen todos los componentes que conforman la solución propuesta para el prototipo de tostadora de maíz. En la Figura 4.4 se presenta la isometría en explosión de la solución, en la cual se pueden visualizar todos los componentes del sistema. En la Tabla 4.10 se enumera cada elemento de la solución.

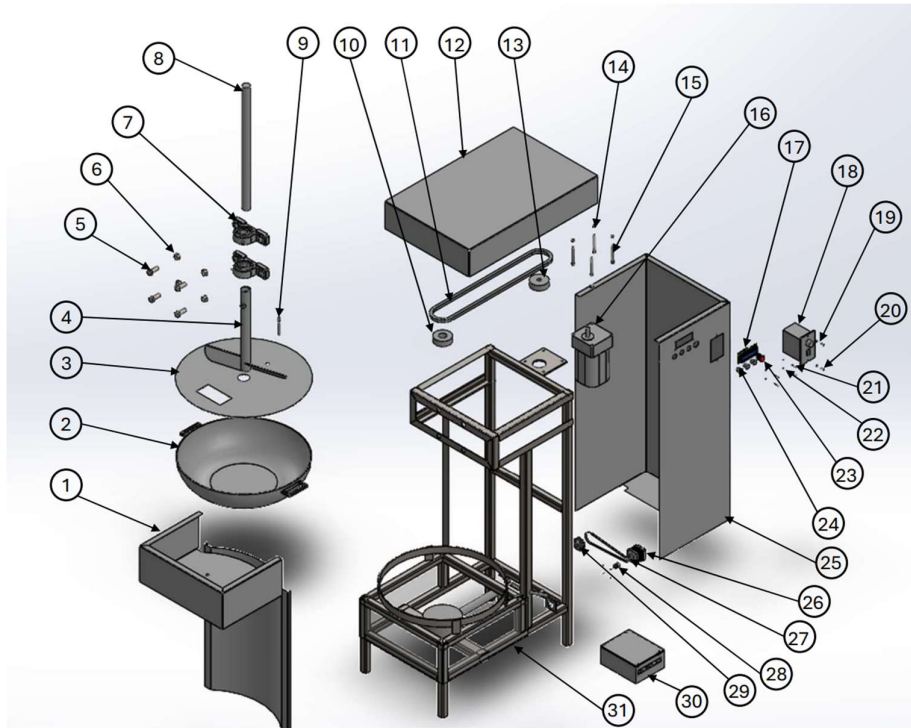


Fig. 4.4 Vista isométrica explosionada de la solución seleccionada

En la Tabla 4.12 se presentan los principales componentes de la tostadora, indicando la cantidad de piezas iguales presentes en el ensamblaje.

Tabla 4.12 Componentes de la solución seleccionada

| No. | Descripción                | Cantidad |
|-----|----------------------------|----------|
| 1   | Recubrimiento frontal      | 1        |
| 2   | Paila                      | 1        |
| 3   | Cubierta                   | 1        |
| 4   | Aspas mezcladoras          | 1        |
| 5   | Pernos M12                 | 4        |
| 6   | Tuerca M12                 | 4        |
| 7   | Chumaceras P205            | 2        |
| 8   | Eje de transmisión         | 1        |
| 9   | Termocupla tipo K          | 1        |
| 10  | Polea Tipo A 2 ½ conducida | 1        |
| 11  | Banda A-45                 | 1        |
| 12  | Recubrimiento superior     | 1        |

|    |                                    |   |
|----|------------------------------------|---|
| 13 | Polea 2 ½ conductora               | 1 |
| 14 | Tuercas M6                         | 4 |
| 15 | Pernos M6                          | 4 |
| 16 | Motorreductor                      | 1 |
| 17 | Pantalla LCD 16x2 I2C              | 1 |
| 18 | Controlador de velocidad del motor | 1 |
| 19 | Tuercas M4                         | 2 |
| 20 | Pernos M4                          | 2 |
| 21 | Pernos M3                          | 4 |
| 22 | Tuercas M3                         | 4 |
| 23 | Interruptor                        | 1 |
| 24 | Pulsadores                         | 3 |
| 25 | Recubrimiento lateral              | 1 |
| 26 | Motor a pasos                      | 1 |
| 27 | Correa dentada                     | 1 |
| 28 | Polea GT2 20 dientes               | 1 |
| 29 | Polea GT2 60 dientes               | 1 |
| 30 | Caja electrónica                   | 1 |
| 31 | Cocina industrial                  | 1 |

---

Para una mejor comprensión de la descripción del prototipo de la tostadora de maíz, la solución se especifican tres sistemas fundamentales que se describen a continuación.

#### **4.5.1 Sistema estructural**

El sistema estructural está compuesto de una cocina industrial de un quemador, acoplada a una estructura metálica diseñada con tubo cuadrado de 25 mm de acero A36 como se observa en la Fig. 4.5. Además, en la cocina industrial se incorpora un soporte a medida de la paila, para evitar movimiento al mezclar el maíz.

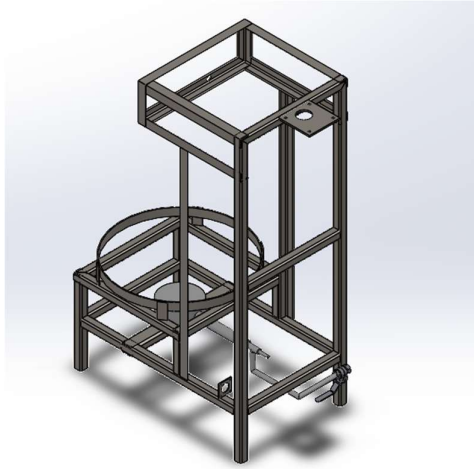


Fig. 4.5 Sistema estructural

### **Análisis estático empleando SolidWorks**

Para identificar que el sistema no falle, se realiza un análisis estático con la herramienta Simulación de SolidWorks. Se seleccionan las bases de la estructura como la geometría fija (ver Fig. 4.6) y se añaden las cargas del maíz, paila y motorreductor.

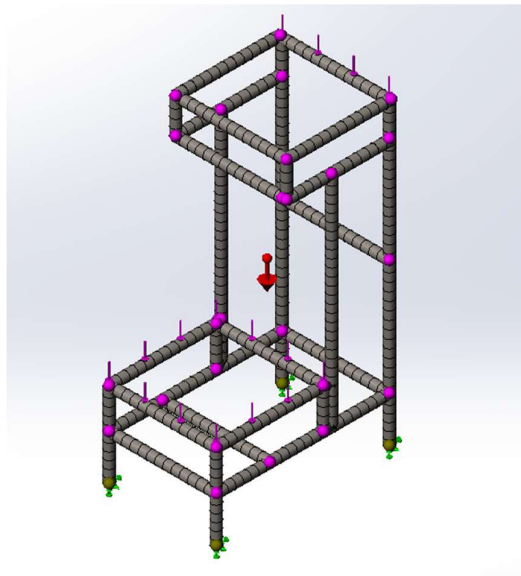


Fig. 4.6 Ubicación de cargas y sujeciones en el sistema estructural

### **Resultados de factor de seguridad**

Como se muestra en la Fig. 4.7, la estructura cumple con un factor de seguridad mínimo igual a 2, lo que indica que la estructura es segura y adecuada para su funcionamiento.

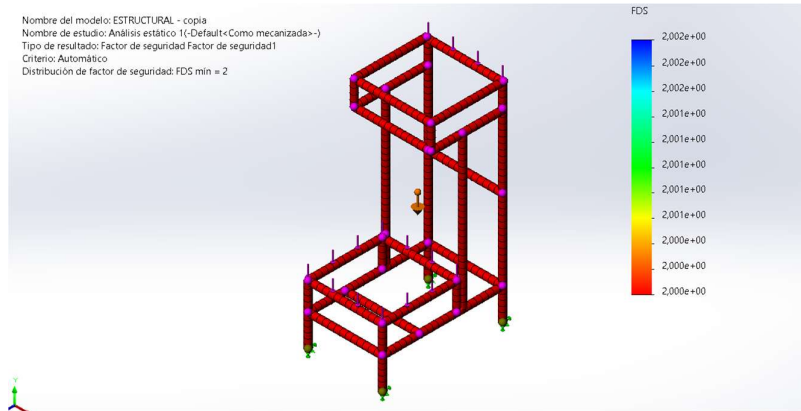


Fig. 4.7 Resultados de análisis de la estructura para el factor de seguridad

### Deformación máxima

La deformación máxima fue de 0,051 mm (ver Fig. 4.8), por lo que se concluye que la estructura no solo cumple con los criterios de resistencia, sino que además presenta una rigidez adecuada, garantizando que no se produzcan desplazamientos que puedan afectar su funcionalidad o estabilidad.

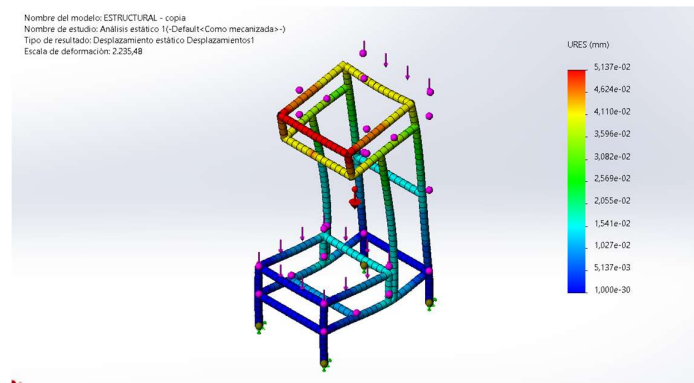


Fig. 4.8 Resultados de análisis de la estructura para la deformación

### Esfuerzo máximo

Como se indica en la Fig. 4.9, la tensión máxima obtenida es de 3,57 MPa, siendo un valor muy bajo con respecto al límite elástico del acero A36 (250 MPa).

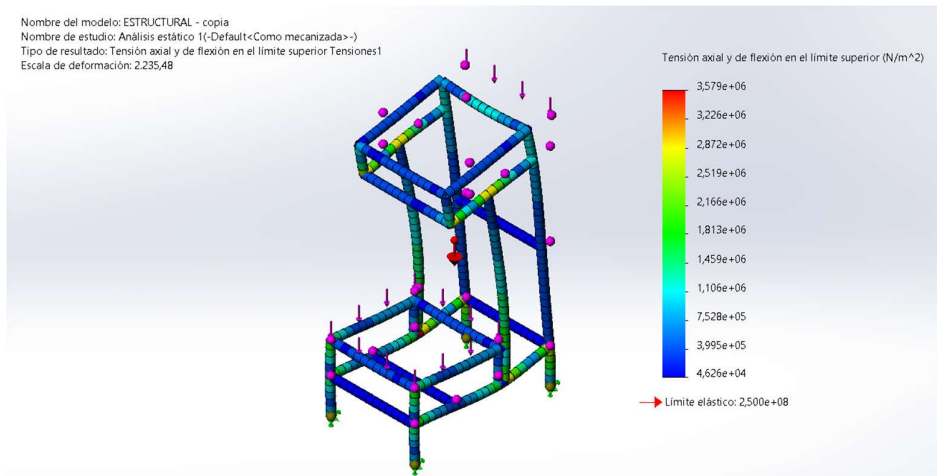
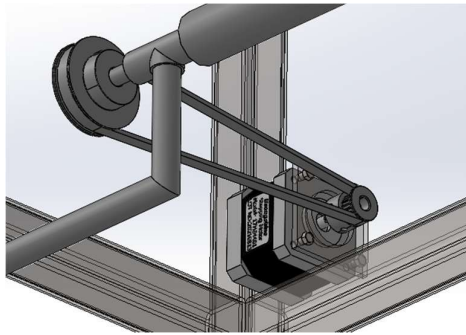


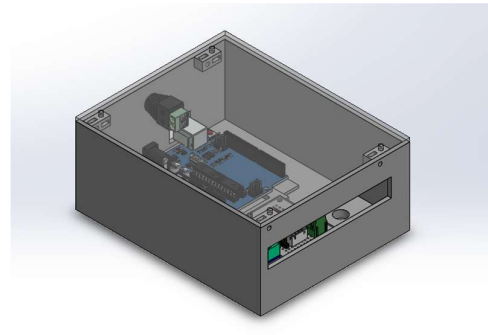
Fig. 4.9 Resultados de análisis de la estructura para el esfuerzo

#### 4.5.2 Sistema de control del quemador y de temperatura

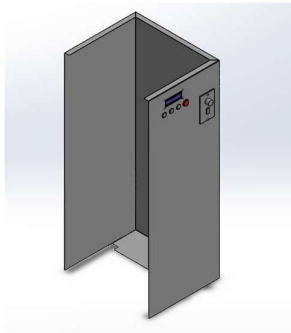
Para controlar la apertura y cierre del quemador, en la válvula de control de gas se implementa una polea GT2, y se utiliza un motor para girar la válvula, como se observa en la Fig. 4.10-a. Una caja electrónica se ubica dentro del recubrimiento, en donde se ensamblan todos los elementos electrónicos que dan funcionamiento al prototipo (ver Fig. 4.10-b). En el recubrimiento lateral se integran una pantalla LCD 16x2 I2C y tres pulsadores, con los cuales se controla el funcionamiento del sistema, como se muestra en la Fig. 4.10-c. Además en la cubierta de la paila, se añade una termocupla tipo K para medir la temperatura del maíz (véase Fig. 4.10-d).



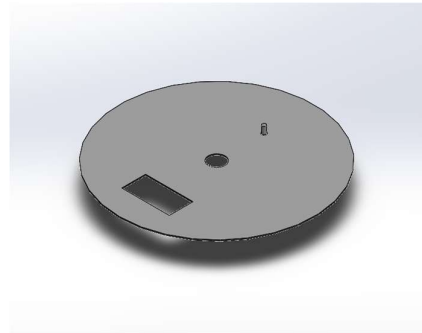
(a) Mecanismo motorizado de accionamiento



(b) Caja electrónica



(c) Recubrimiento lateral



(d) Cubierta con termocupla tipo K

Fig. 4.10 Sistema de control del quemador y de temperatura: (a) Mecanismo motorizado de accionamiento, (b) Caja electrónica, (c) Recubrimiento lateral, (d) Cubierta con termocupla tipo K

En el sistema propuesto se incorpora un mecanismo de accionamiento motorizado para el control del quemador de gas de cocina industrial. El objetivo de este subsistema es regular la apertura y cierre de la válvula de gas en función de las condiciones de operación del proceso de tostado, principalmente la temperatura del maíz y el tiempo de cocción programado. El motor debe contar con un control de posición preciso para abrir y cerrar la válvula, baja velocidad (dado que no es necesario abrir y cerrar la válvula bruscamente), disponibilidad y costo.

## Motor paso a paso



Fig. 4.11 Motor paso a paso NEMA 17 HS4401

Para el accionamiento de la válvula se selecciona un motor paso a paso híbrido NEMA 17 modelo 17HS4401 (ver Fig. 4.11), debido a su capacidad de posicionamiento preciso, alto par de sujeción y sencilla integración electrónica. A diferencia de un motor DC convencional, el paso a paso permite definir y mantener con exactitud posiciones intermedias de apertura sin requerir, en la mayoría de los casos, un sistema de realimentación; la posición se deduce por conteo de pasos. Esto habilita la modulación de caudal de gas de 0 a 100 % con repetibilidad, cumpliendo la exigencia de mover la válvula lentamente y de forma controlada.

Tabla 4.13 Especificaciones Motor paso a paso

| <b>Característica</b> | <b>Detalle</b>                     |
|-----------------------|------------------------------------|
| Tamaño y tipo         | NEMA 17, híbrido, 2 fases, bipolar |
| Resolución base       | 200 pasos/vuelta (1,8 °/paso)      |
| Par de sujeción       | 0,40-0,43 Nm                       |
| Corriente nominal     | 1,5-1,7 A (controlada por driver)  |
| Alimentación          | 12-24 V                            |

## Poleas GT2



(a) Polea GT2 de 20 dientes



(b) Polea GT2 de 60 dientes

Fig. 4.12 Poleas GT2: (a) Polea GT2 de 20 dientes, (b) Polea GT2 de 60 dientes

Para transmitir el movimiento desde el motor paso a paso hacia la válvula de gas se implementó una transmisión por correa dentada tipo GT2, empleando una polea motriz de 20 dientes (ver Fig. 4.12-a) en el eje del motor y una polea conducida de 60 dientes (ver Fig. 4.12-b) en el eje de la válvula. Esta configuración proporciona una relación 3:1, lo que triplica el par disponible en la válvula y mejora la resolución angular del posicionamiento.

## Sensor de temperatura



Fig. 4.13 Termocupla tipo K

La medición de temperatura dentro de la paila se realiza con una termocupla tipo K (ver Fig. 4.13), la cual permite medir temperaturas de hasta 800 °C, lo cual es ampliamente superior a la temperatura requerida de aproximadamente 185 °C. La precisión es de 2 °C, con tiempo rápido de respuesta. El bulbo de 50 mm integrado permite que gran parte del maíz esté en contacto con la termocupla.

## Pantalla LCD 16x2 I2C



Fig. 4.14 Pantalla LCD 16x2 I2C

Para la interacción del sistema es necesario añadir una pantalla LCD 16X2, en la cual el operario puede manejar el sistema y visualizar el estado de temperatura y tiempo de cocción. La pantalla LCD 16X2 con I2C facilita la comunicación y conexión con la tarjeta Arduino UNO.

## Fuente de alimentación



Fig. 4.15 Fuente de alimentación de 12 V – 2 A

Para alimentar todos los elementos dentro de la caja electrónica, se emplea una fuente de alimentación de 12 V – 2 A (ver Fig. 4.15), dado que es necesario alimentar el motor paso a paso que funciona con 12 V y requiere una corriente superior a 1 A.

## Caja electrónica

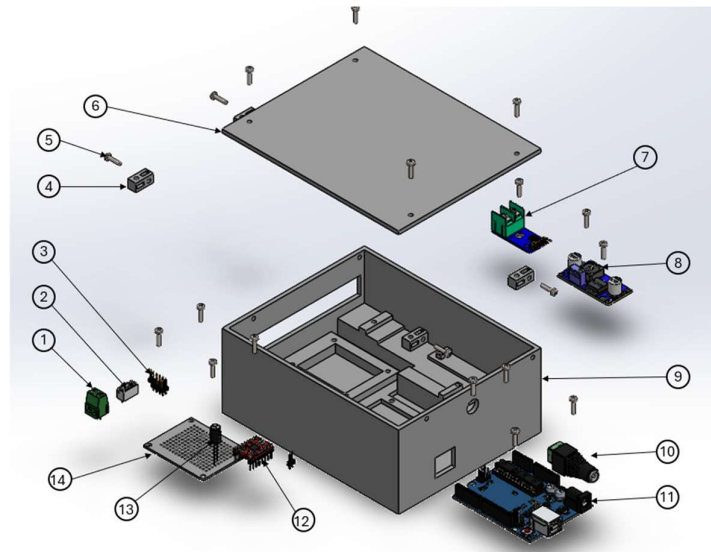


Fig. 4.16 Vista isométrica explosionada de la caja electrónica

En la caja electrónica se integran todos los componentes electrónicos que se requieren para controlar el sistema de control del quemador. La Fig. 4.16 muestra los componentes de la caja electrónica en una vista explosionada y en la Tabla 4.14 se detallan componentes.

Tabla 4.14 Componentes de la caja electrónica

| No. | Descripción         | Cantidad |
|-----|---------------------|----------|
| 1   | Borneras            | 1        |
| 2   | Conector JST        | 1        |
| 3   | Pin dupont          | 8        |
| 4   | Conector de piezas  | 1        |
| 5   | Pernos M3           | 19       |
| 6   | Cubierta            | 1        |
| 7   | Módulo MAX6675      | 1        |
| 8   | Módulo LM2596       | 1        |
| 9   | Base                | 1        |
| 10  | Adaptador DC        | 1        |
| 11  | Arduino UNO         | 1        |
| 12  | Driver A4988        | 1        |
| 13  | Capacitor 100 uF    | 1        |
| 14  | Baquelita perforada | 1        |

## Driver A4988

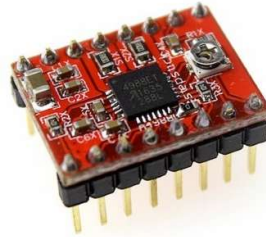


Fig. 4.17 Driver A4988

El A4988 es un controlador de motores paso a paso bipolares. Funciona con una interfaz STEP/DIR (un pulso en STEP avanza un micro-paso; el nivel en DIR define el sentido). Dispone de limitación de corriente ajustable, protecciones térmicas y de sobrecorriente, y requiere muy pocos componentes externos.

## Módulo MAX 6675



Fig. 4.18 Módulo MAX6675

La señal generada por la termocupla tipo K es de muy baja magnitud y susceptible al ruido eléctrico, por lo que resulta indispensable el uso de un circuito de acondicionamiento y digitalización. Para este fin se seleccionó el módulo MAX6675, el cual convierte el voltaje termoeléctrico en un valor digital de temperatura con resolución de 0,25 °C y rango de medición de 0–1024 °C.

## Módulo DC-DC reductor LM2596



Fig. 4.19 Módulo LM2596

El LM2596 es un regulador conmutado step-down (reductor) de propósito general, ampliamente disponible en módulos comerciales. Su función es convertir un voltaje de entrada mayor a un voltaje de salida menor de forma eficiente, ideal para alimentar la lógica (5 V) y periféricos desde una fuente principal.

## Arduino UNO



Fig. 4.20 Arduino UNO

Para la implementación del sistema de control se seleccionó como unidad central un Arduino UNO, placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega328P. Esta plataforma fue elegida por su facilidad de programación, amplia documentación disponible y compatibilidad con los diferentes módulos empleados en el prototipo.

El Arduino UNO recibe las señales de temperatura provenientes del módulo MAX6675 conectado a la termocupla tipo K, así como las entradas digitales de los pulsadores. Con base

en esta información, ejecuta la lógica de control establecida, determinando el estado de la válvula de gas mediante el envío de señales de control STEP/DIR hacia el driver A4988, encargado de accionar el motor paso a paso NEMA 17.

Asimismo, el microcontrolador gestiona la interfaz con el usuario a través de una pantalla LCD 16x2 con comunicación I2C y pulsadores de ajuste, permitiendo programar el tiempo y supervisar el proceso en tiempo real. De esta manera, el Arduino UNO constituye el núcleo de control y coordinación del sistema, integrando en una sola plataforma el monitoreo de variables, la toma de decisiones y la actuación sobre el quemador de gas.

#### ***4.5.3 Sistema de movimiento de aspas mezcladoras***

Para mezclar el maíz dentro de la paila, se emplean unas aspas desmontables, las cuales se sujetan a un eje usando un tornillo mariposa. El eje se encuentra fijado a la estructura con chumaceras, y mediante un mecanismo de transmisión de movimiento con poleas, recibe movimiento desde un motorreductor (ver Fig. 4.21). El motorreductor incluye un regulador de velocidad, lo que facilita el manejo y control de velocidad de las aspas.

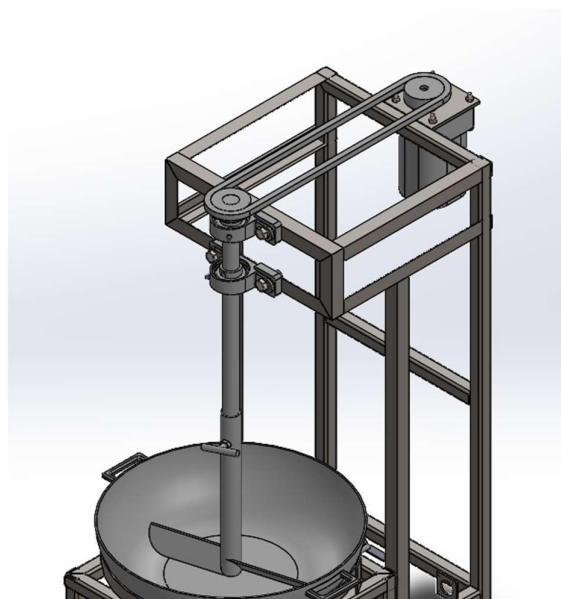


Fig. 4.21 Sistema de movimiento de aspas mezcladoras

## Motorreductor



Fig. 4.22 Motorreductor 90W 5GN-20K

El motor seleccionado es un motor M590-401 5GN-20K, del cual se mencionan los parámetros principales en la Tabla 4.15. Además, el motor incluye un regulador de velocidad manual, lo que facilita el uso para el operador.

Tabla 4.15 Parámetros principales del motor M590-402 5GN-20K

| Parámetro             | Detalle     |
|-----------------------|-------------|
| Voltaje nominal       | 110 V       |
| Velocidad nominal     | 90/1350 rpm |
| Relación de reducción | 1:20 (20K)  |
| Velocidad reducida    | 4/67 rpm    |
| Par                   | 13 Nm       |
| Alimentación          | 12-24 V     |

## Aspas mezcladoras



Fig. 4.23 Aspas mezcladoras

El diseño y forma de las aspas mezcladoras se realiza tomando en cuenta una paila de 40 cm de diámetro, por lo que se realiza una medición de medidas internas de la paila y se construye unas aspas mezcladoras en acero inoxidable 304.

## Eje de transmisión



Fig. 4.24 Eje de transmisión

Un eje de 25,4 mm permite el movimiento de las aspas mezcladoras. Este eje se sujeta a la estructura mediante dos chumaceras P205 y recibe movimiento a través de una polea tipo A 2 ½”.

## 4.6 Construcción

Se procede a construir la estructura metálica usando tubos cuadrados de 25 mm soldados entre sí (ver Fig. 4.25), la cual se implementa en una cocina industrial de un quemador.



Fig. 4.25 Ensamblaje de estructura metálica

La estructura metálica de la máquina está construida en acero A36, el cual presenta una alta resistencia mecánica, pero una limitada resistencia a la corrosión. Por esta razón, se requiere aplicar un recubrimiento protector basado en primer epóxico anticorrosivo que garantice durabilidad, facilite la limpieza y cumpla con las normativas de seguridad para la industria alimentaria (ver Fig. 4.26).



Fig. 4.26 Estructura metálica con recubrimiento protector

Con la estructura finaliza, se añaden los componentes del sistema de movimiento de las aspas mezcladoras y los recubrimientos construidos en chapa metálica de 1 mm de grosor en acero inoxidable (ver Fig. 4.27).



Fig. 4.27 Ensamblaje de componentes del sistema de movimiento y recubrimientos metálicos

Con los elementos del sistema de control del quemador y de temperatura integrados en el ensamblaje, se presenta el prototipo final de la tostadora de maíz suave, como se muestra en la Fig. 4.28.



Fig. 4.28 Prototipo de tostadora de maíz suave Pruebas de funcionamiento

Para corroborar el correcto funcionamiento del prototipo, se realizan varias pruebas con los parámetros establecidos. Para ello se pone en funcionamiento del dispositivo. Con la interfaz de usuario se calibra los pasos del motor Nema 17, de los cuales se guarda la posición de apertura máxima y mínima de la válvula de gas. Además el sistema permite determinar el tiempo de cocción que se necesita para 2 kg. También el programa permite calibrar la temperatura máxima que debe alcanzar el maíz, además de una temperatura mínima óptima en la cual la válvula debe posicionarse en su apertura máxima.

Con las posiciones de la válvula guardadas, el operador da inicio al proceso de tostado. El sistema espera hasta la aprobación del usuario de que este ya ha cargado el maíz, y con la confirmación del operador el sistema inicia el proceso. En la pantalla se muestra el tiempo

restante de cocción y la temperatura actual del maíz. El operario debe iniciar manualmente el sistema mezclador con el regulador de velocidad.

Cuando el maíz alcanza la temperatura máxima de cocción, la válvula de gas se posiciona en la apertura mínima. Cuando el maíz disminuye hasta la temperatura óptima, la válvula de gas vuelve a posicionarse en la apertura máxima. Al finalizar el tiempo de cocción, la válvula se posiciona en cerrada, y se muestra un mensaje en la pantalla de que el proceso ha finalizado. El usuario detiene el movimiento de las aspas y retira la paila con el maíz.

#### **4.6.1 Primera prueba de funcionamiento**

Para la primera prueba de funcionamiento, se establecen los valores de la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Parámetro para prueba de funcionamiento Nro. 1

| <b>Parámetro</b>                     | <b>Valor</b> |
|--------------------------------------|--------------|
| Apertura máxima de la válvula de gas | 170 pasos    |
| Apertura mínima de la válvula de gas | 100 pasos    |
| Tiempo de cocción para 2 kg de maíz  | 25 minutos   |
| Rango de temperatura de cocción      | 160-185 °C   |
| Velocidad del motorreductor          | 40 rpm       |

#### **Resultado**

Para estos parámetros, se obtuvo un maíz tostado cocido homogéneamente, sin embargo el color del tostado final indica que sufrió exceso de cocción. La temperatura máxima permisible alcanzó 4 veces en el tiempo de 25 minutos, lo que sugiere que el tiempo de cocción fue demasiado alto, y que es necesario aumentar la velocidad del agitador.

#### 4.6.2 Segunda prueba de funcionamiento

Para la segunda prueba de funcionamiento, se establecen los valores de la Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Parámetros para prueba de funcionamiento Nro. 2

| <b>Parámetro</b>                     | <b>Valor</b> |
|--------------------------------------|--------------|
| Apertura máxima de la válvula de gas | 170 pasos    |
| Apertura mínima de la válvula de gas | 100 pasos    |
| Tiempo de cocción para 2 kg de maíz  | 20 minutos   |
| Rango de temperatura de cocción      | 160-185 °C   |
| Velocidad del motorreductor          | 60 rpm       |

#### **Resultado**

Con los nuevos parámetros establecidos, se consigue un proceso de tostado que posee las propiedades deseadas en términos de color, textura y sabor. La carga de 2 kg de maíz se cocina uniformemente, llegando al punto de cocción deseado sin que aparezcan granos crudos o sobrecalentados. Este resultado demuestra que el control apropiado de variables como la temperatura, el tiempo de exposición al calor y la velocidad de agitación hace posible conseguir un producto homogéneo con calidad estable.

## CONCLUSIONES

Las entrevistas realizadas a expertos permiten identificar de manera clara los parámetros y condiciones necesarias para obtener un maíz tostado con calidad uniforme. A partir de sus aportes, se establece que factores como la temperatura, el tiempo de exposición al calor y la velocidad de movimiento constituyen variables críticas que determinan la calidad final del producto. Estos parámetros no solo inciden en la textura y el sabor, sino también en la homogeneidad del tostado, evitando que el grano quede crudo o quemado.

Se diseñó una tostadora de maíz que responde a los parámetros previamente establecidos, integrando soluciones que permiten un funcionamiento confiable y eficiente. La propuesta incorpora criterios de funcionalidad, seguridad, mantenimiento y costo, de manera que el equipo no solo cumple con las exigencias técnicas del proceso de tostado, sino que también se adapta a las condiciones reales de operación. La inclusión del sistema de control del quemador asegura la calidad del producto y minimiza riesgos durante el uso. Del mismo modo, se prioriza la facilidad de limpieza y mantenimiento, lo que prolonga la vida útil del prototipo y reduce costos operativos. Además, se consideran aspectos de ergonomía y simplicidad en el manejo, favoreciendo que el operario realice las tareas de tostado de manera cómoda, rápida y segura. Todo esto contribuye a que la tostadora pueda implementarse con éxito en un entorno productivo, fortaleciendo la eficiencia del proceso y garantizando resultados constantes.

La validación mediante el prototipo confirma que el diseño cumple con los objetivos planteados y responde de manera efectiva a los parámetros establecidos en la etapa de investigación. El equipo funciona de acuerdo con los requerimientos técnicos definidos, permitiendo controlar de manera precisa las variables críticas del proceso. Gracias a este control, se obtiene un producto final con características de sabor, textura y uniformidad que se ajustan a las expectativas establecidas. La construcción y prueba del prototipo evidencian que

la solución es técnica y económicamente viable, además de ser segura y práctica en su operación.

## **RECOMENDACIONES**

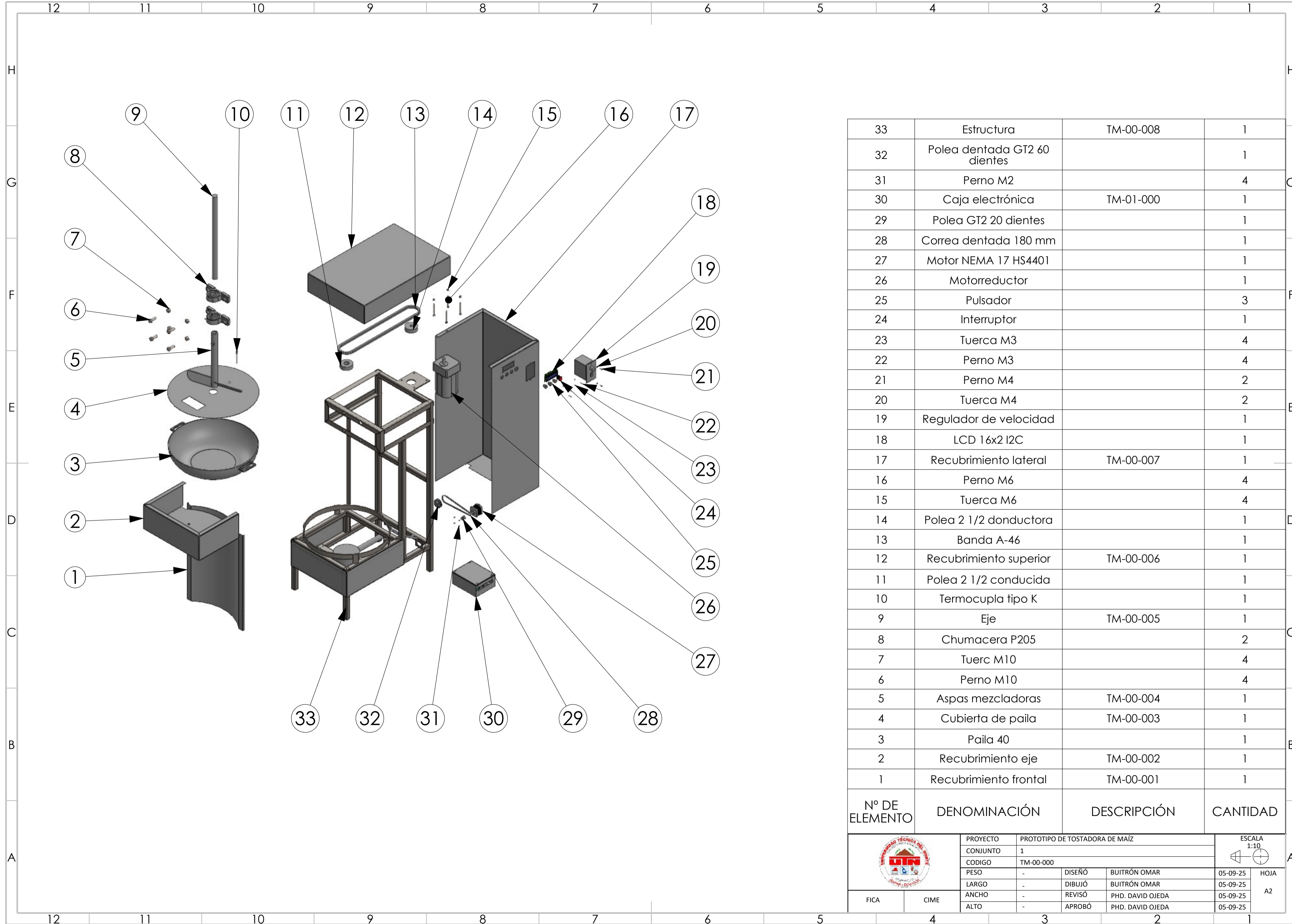
Se ha de considerar que los valores de las variables de tostado obtenidos en esta investigación corresponden específicamente al maíz suave o amarillo; por lo tanto, para otros tipos de maíz es necesario realizar pruebas experimentales que permitan determinar los parámetros adecuados y garantizar la calidad del producto.

Profundizar en la evaluación de las diferentes etapas que componen la producción del maíz tostado como snack, explorando la posibilidad de implementar nuevos dispositivos que automaticen procesos previos, como la selección y limpieza, y posteriores, como el envasado, a fin de crear una línea de producción más completa y eficiente.

Utilizar el prototipo desarrollado como base para el diseño y construcción de tostadoras a mayor escala, orientadas a empresas que demandan una producción más amplia y continua, adaptando las capacidades técnicas sin perder la calidad del producto final.

## REFERENCIAS

- [1] J. Velásquez *et al.*, *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador: INIAP, 2021.
- [2] J. Cujilema y C. Sotomayor, “Diseño y construcción de una tostadora de maíz”, Escuela Politécnica Nacional, 2010. [En línea]. Disponible en:  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1618/1/CD-2745.pdf>
- [3] Gerardo Alberto Solorzano Mendoza y Christopher Elias Lopez Huaman, “Diseño de una tostadora de cacao para productores minoristas”, Universidad Politécnica Salesiana, 2023. [En línea]. Disponible en:  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26025>
- [4] R. H. Barrows y M. R. Berge, “Energy efficient apparatus and method for popping popcorn”, 2020 [En línea]. Disponible en:  
<https://patents.google.com/patent/US10653171B2/en%0A>
- [5] R. Gram, “Automatic and self-steering/adaptive coffee roaster” [En línea]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/DK180677B1/da?q=DK+180677+B1>
- [6] C. Yáñez *et al.*, *Guía de producción de maíz de altura*. Quito, Ecuador: INIAP y Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca, 2010.

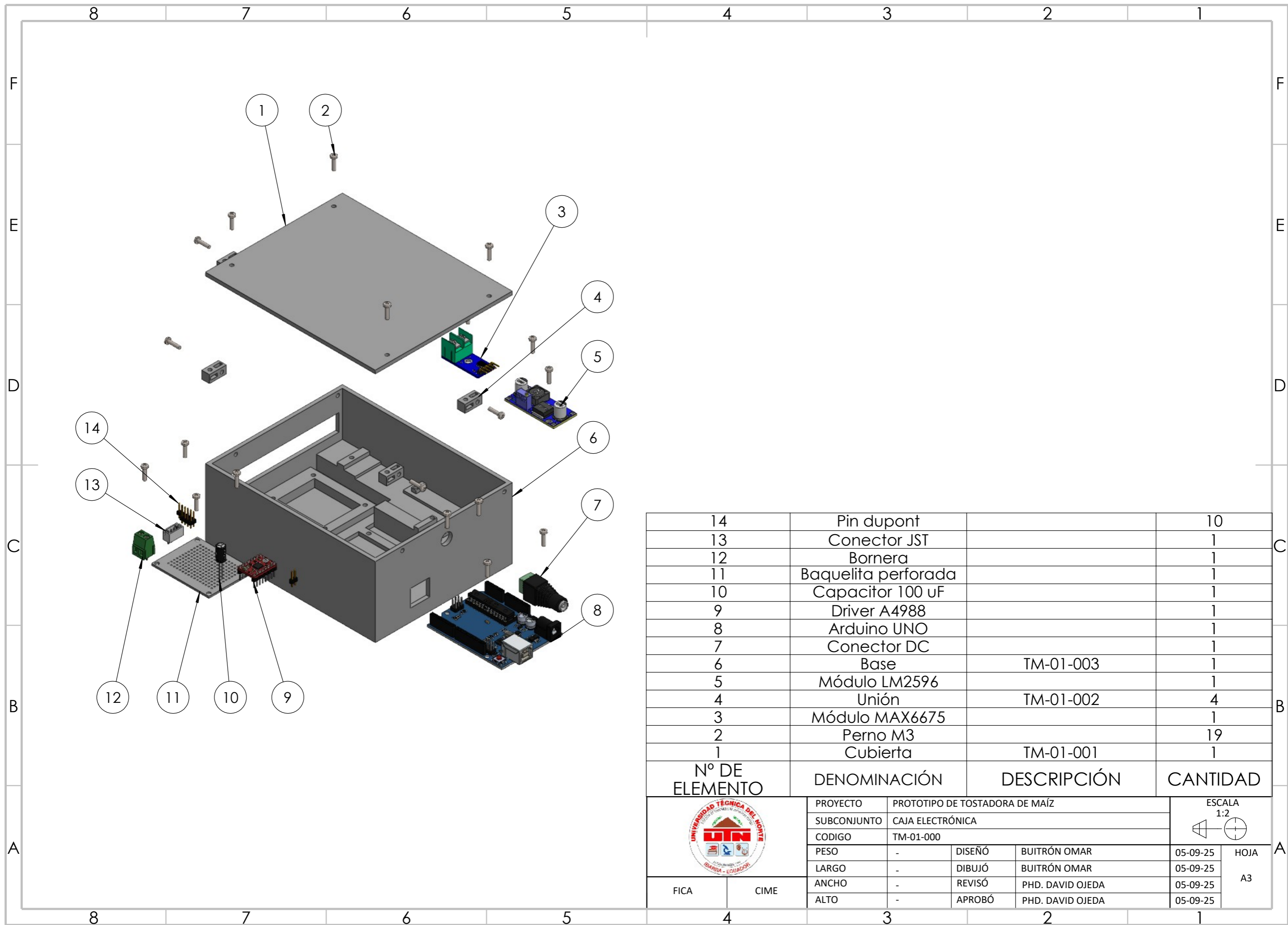


|    |                              |           |   |
|----|------------------------------|-----------|---|
| 33 | Estructura                   | TM-00-008 | 1 |
| 32 | Polea dentada GT2 60 dientes |           | 1 |
| 31 | Perno M2                     |           | 4 |
| 30 | Caja electrónica             | TM-01-000 | 1 |
| 29 | Polea GT2 20 dientes         |           | 1 |
| 28 | Correa dentada 180 mm        |           | 1 |
| 27 | Motor NEMA 17 HS4401         |           | 1 |
| 26 | Motorreductor                |           | 1 |
| 25 | Pulsador                     |           | 3 |
| 24 | Interruptor                  |           | 1 |
| 23 | Tuerca M3                    |           | 4 |
| 22 | Perno M3                     |           | 4 |
| 21 | Perno M4                     |           | 2 |
| 20 | Tuerca M4                    |           | 2 |
| 19 | Regulador de velocidad       |           | 1 |
| 18 | LCD 16x2 I2C                 |           | 1 |
| 17 | Recubrimiento lateral        | TM-00-007 | 1 |
| 16 | Perno M6                     |           | 4 |
| 15 | Tuerca M6                    |           | 4 |
| 14 | Polea 2 1/2 donductora       |           | 1 |
| 13 | Banda A-46                   |           | 1 |
| 12 | Recubrimiento superior       | TM-00-006 | 1 |
| 11 | Polea 2 1/2 conducida        |           | 1 |
| 10 | Termocupla tipo K            |           | 1 |
| 9  | Eje                          | TM-00-005 | 1 |
| 8  | Chumacera P205               |           | 2 |
| 7  | Tuerc M10                    |           | 4 |
| 6  | Perno M10                    |           | 4 |
| 5  | Aspas mezcladoras            | TM-00-004 | 1 |
| 4  | Cubierta de paila            | TM-00-003 | 1 |
| 3  | Paila 40                     |           | 1 |
| 2  | Recubrimiento eje            | TM-00-002 | 1 |
| 1  | Recubrimiento frontal        | TM-00-001 | 1 |

| Nº DE ELEMENTO  | DENOMINACIÓN                   | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD         |
|---|--------------------------------|-------------|------------------|
|  |                                |             |                  |
| PROYECTO  | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |             |                  |
| CONJUNTO  | 1                              |             |                  |
| CODIGO  | TM-00-000                      |             |                  |
| PESO  | -                              | DISEÑO      | BUITRÓN OMAR     |
| LARGO   | -                              | DIBUJÓ      | BUITRÓN OMAR     |
| ANCHO   | -                              | REVISÓ      | PHD. DAVID OJEDA |
| ALTO  | -                              | APROBÓ      | PHD. DAVID OJEDA |
| FICA  | CIME                           |             |                  |
|   | 4                              | 3           | 2                |

ESCALA 1:10

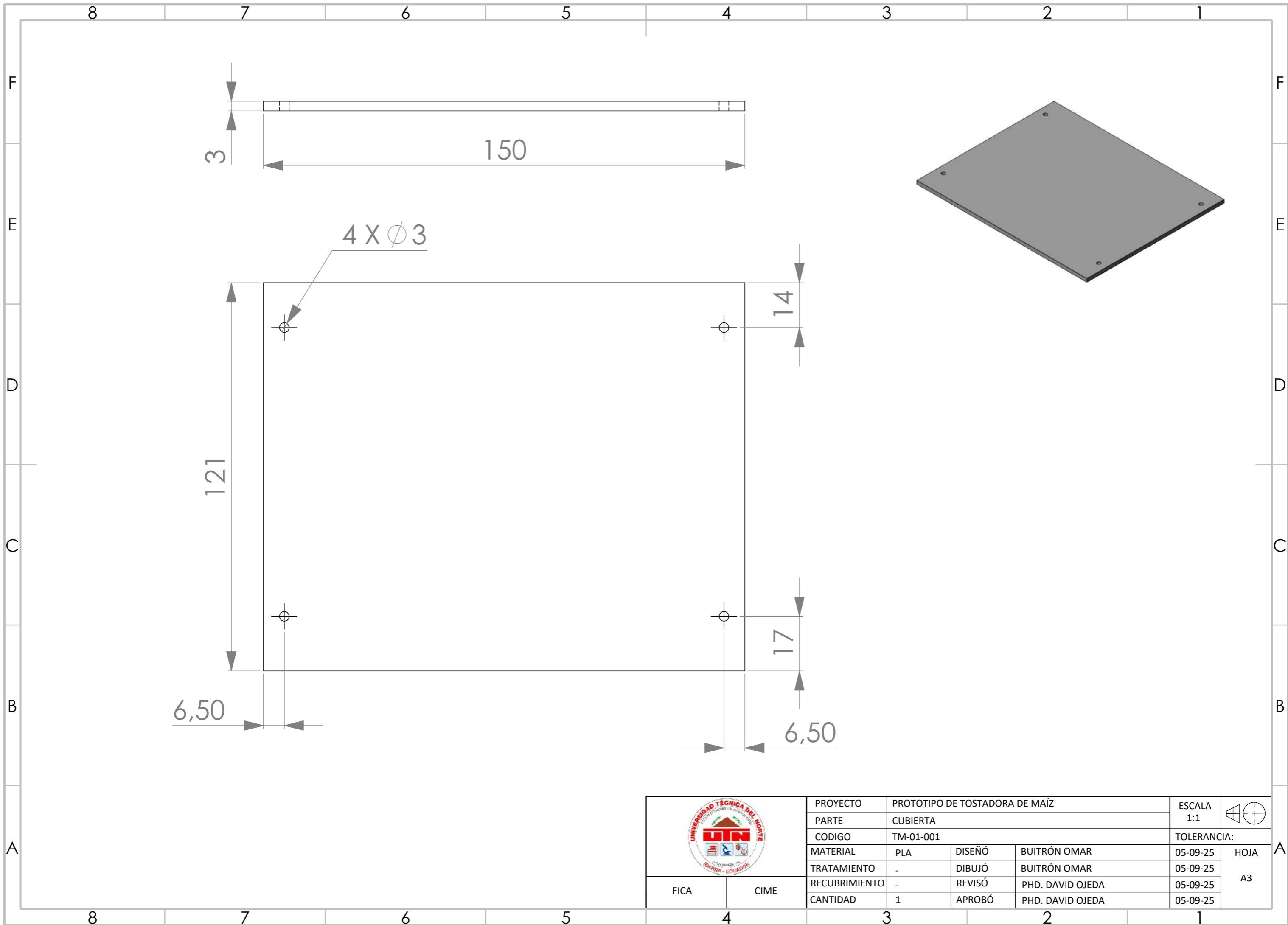
HOJA A2



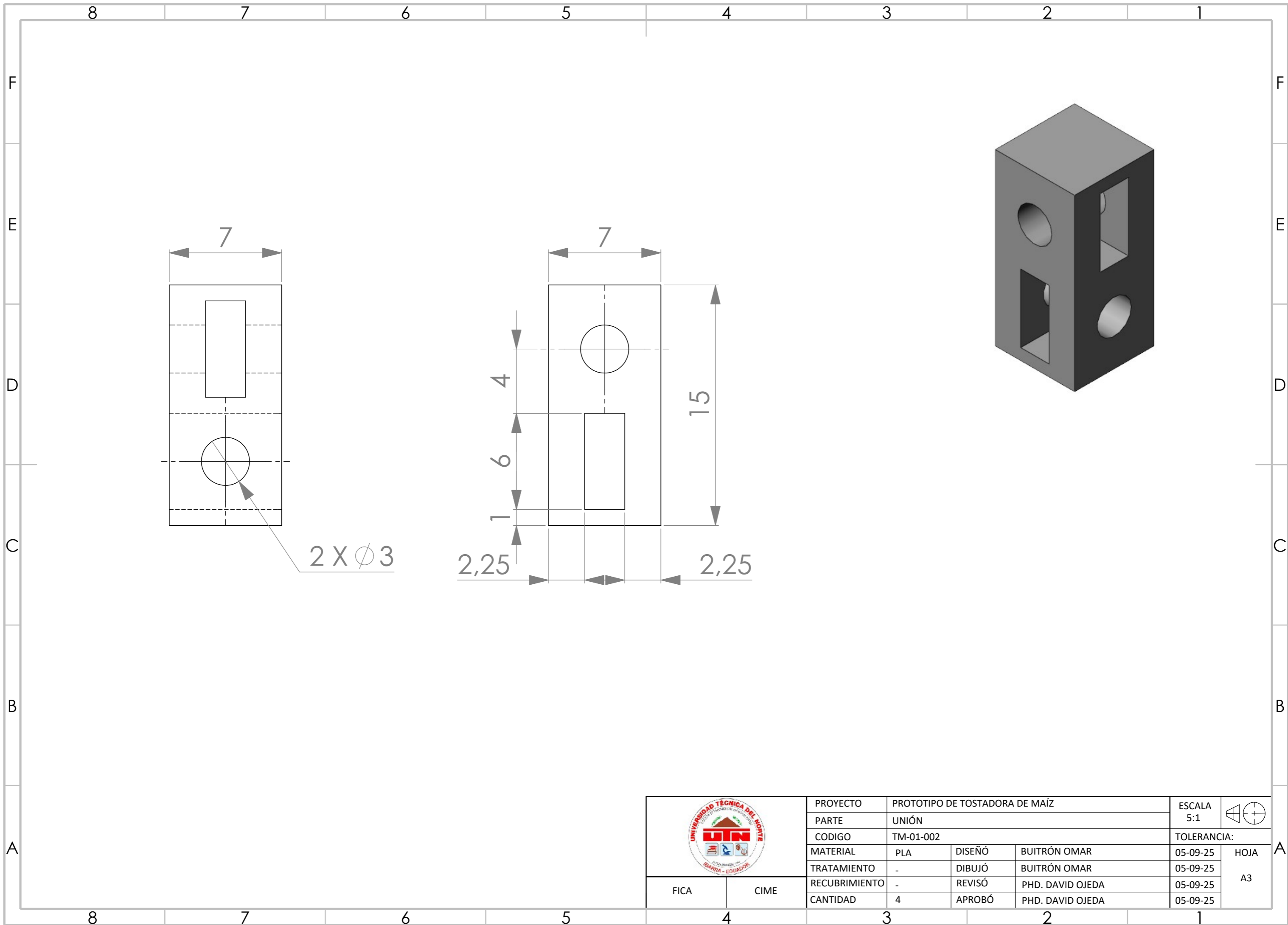
|    |                     |           |    |
|----|---------------------|-----------|----|
| 14 | Pin dupont          |           | 10 |
| 13 | Conector JST        |           | 1  |
| 12 | Bornera             |           | 1  |
| 11 | Baquelita perforada |           | 1  |
| 10 | Capacitor 100 uF    |           | 1  |
| 9  | Driver A4988        |           | 1  |
| 8  | Arduino UNO         |           | 1  |
| 7  | Conector DC         |           | 1  |
| 6  | Base                | TM-01-003 | 1  |
| 5  | Módulo LM2596       |           | 1  |
| 4  | Unión               | TM-01-002 | 4  |
| 3  | Módulo MAX6675      |           | 1  |
| 2  | Perno M3            |           | 19 |
| 1  | Cubierta            | TM-01-001 | 1  |

| Nº DE ELEMENTO | DENOMINACIÓN | DESCRIPCIÓN                    | CANTIDAD |              |                  |          |                   |
|----------------|--------------|--------------------------------|----------|--------------|------------------|----------|-------------------|
|                | PROYECTO     | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |          |              |                  |          |                   |
|                | SUBCONJUNTO  | CAJA ELECTRÓNICA               |          |              |                  |          |                   |
|                | CODIGO       | TM-01-000                      |          |              |                  |          |                   |
|                | PESO         | -                              | DISEÑO   | BUITRÓN OMAR |                  |          |                   |
|                | LARGO        | -                              | DIBUJÓ   | BUITRÓN OMAR |                  |          |                   |
| FICA           | CIME         | ANCHO                          | -        | REVISÓ       | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25 | ESCALA<br>1:2<br> |
|                |              | ALTO                           | -        | APROBÓ       | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25 |                   |

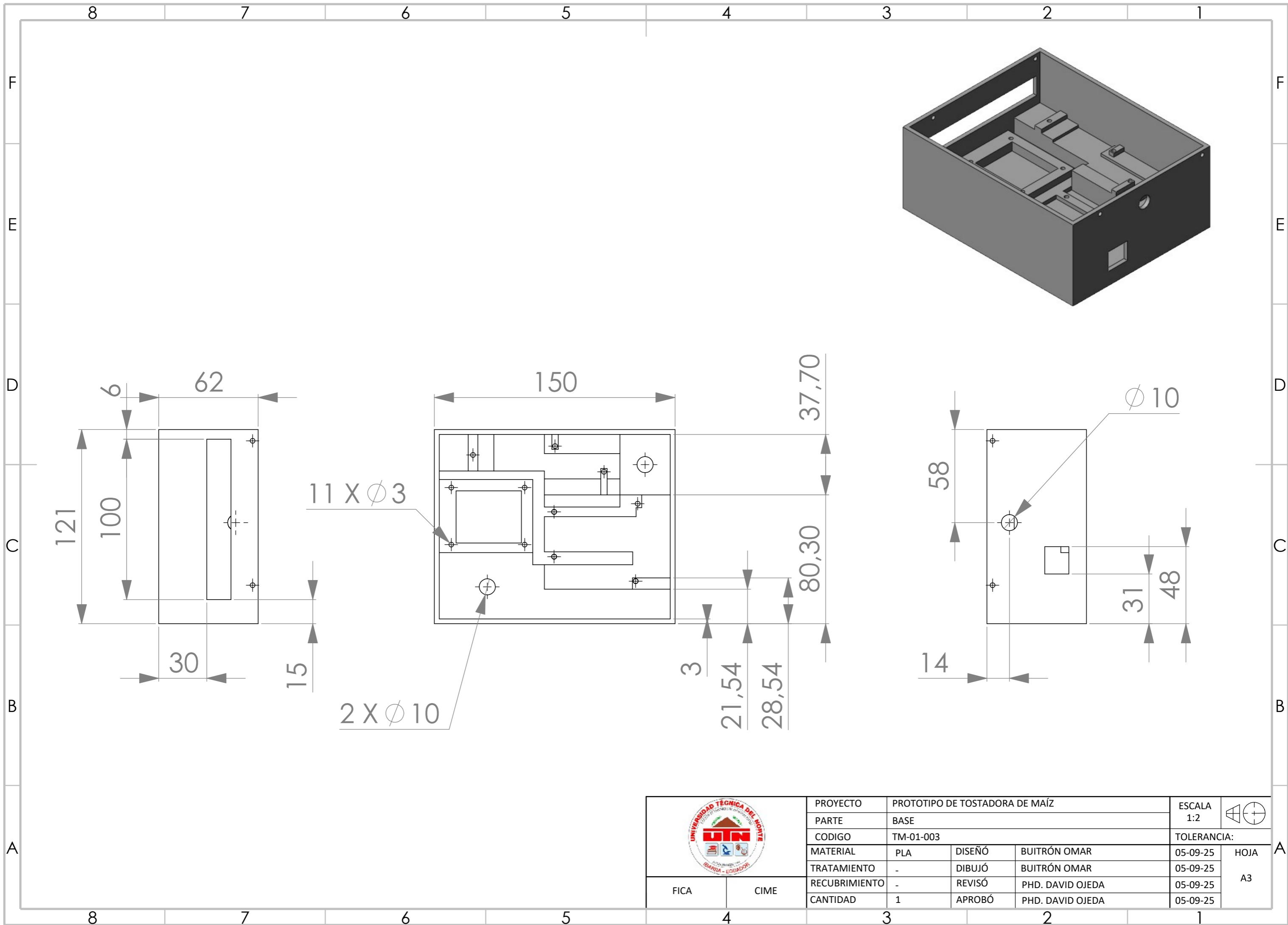
HOJA  
A3



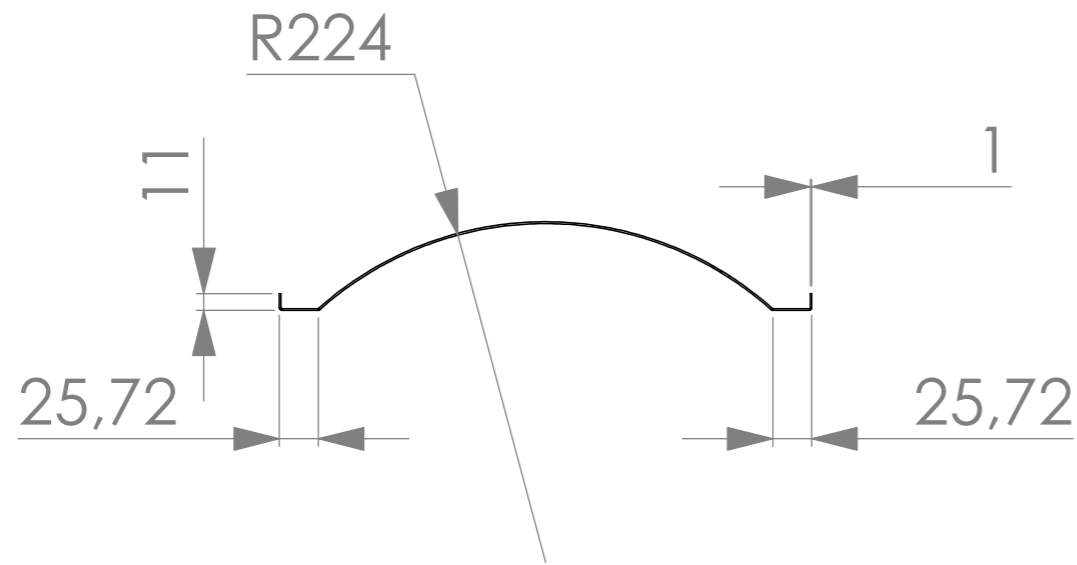
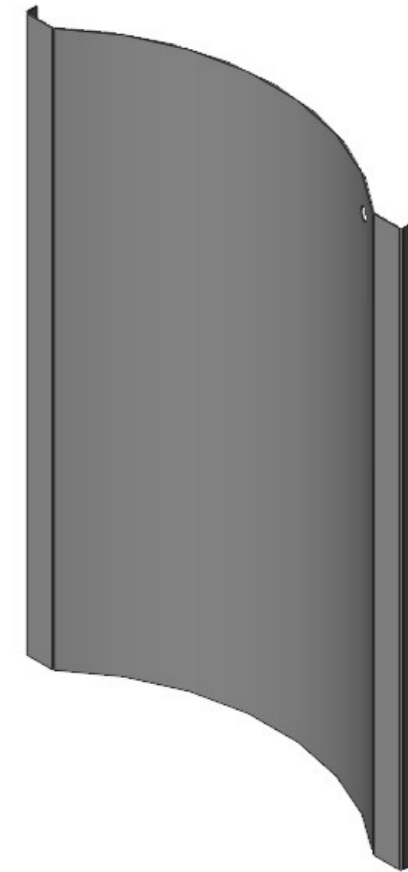
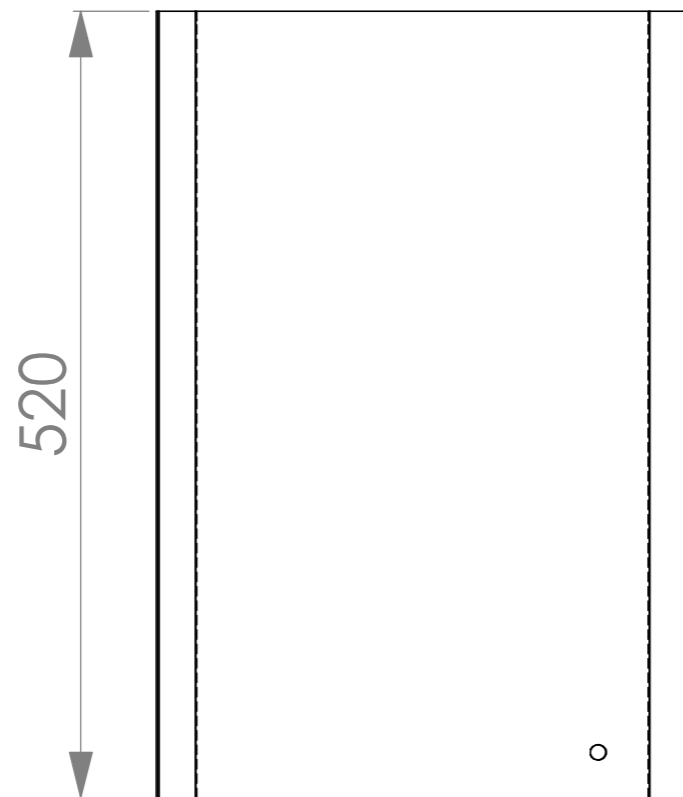
|               |             |   |        |                                |              |               |            |
|---------------|-------------|---|--------|--------------------------------|--------------|---------------|------------|
|               | PROYECTO    |   |        | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |              | ESCALA<br>1:1 |            |
|               | PARTE       |   |        | CUBIERTA                       |              |               |            |
|               | CODIGO      |   |        | TM-01-001                      |              | TOLERANCIA:   |            |
|               | MATERIAL    |   | PLA    | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|               | TRATAMIENTO |   | -      | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR | 05-09-25      |            |
| RECUBRIMIENTO |             | - | REVISÓ | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25     |               |            |
| CANTIDAD      |             | 1 | APROBÓ | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25     |               |            |
| FICA          | CIME        |   |        |                                |              |               |            |



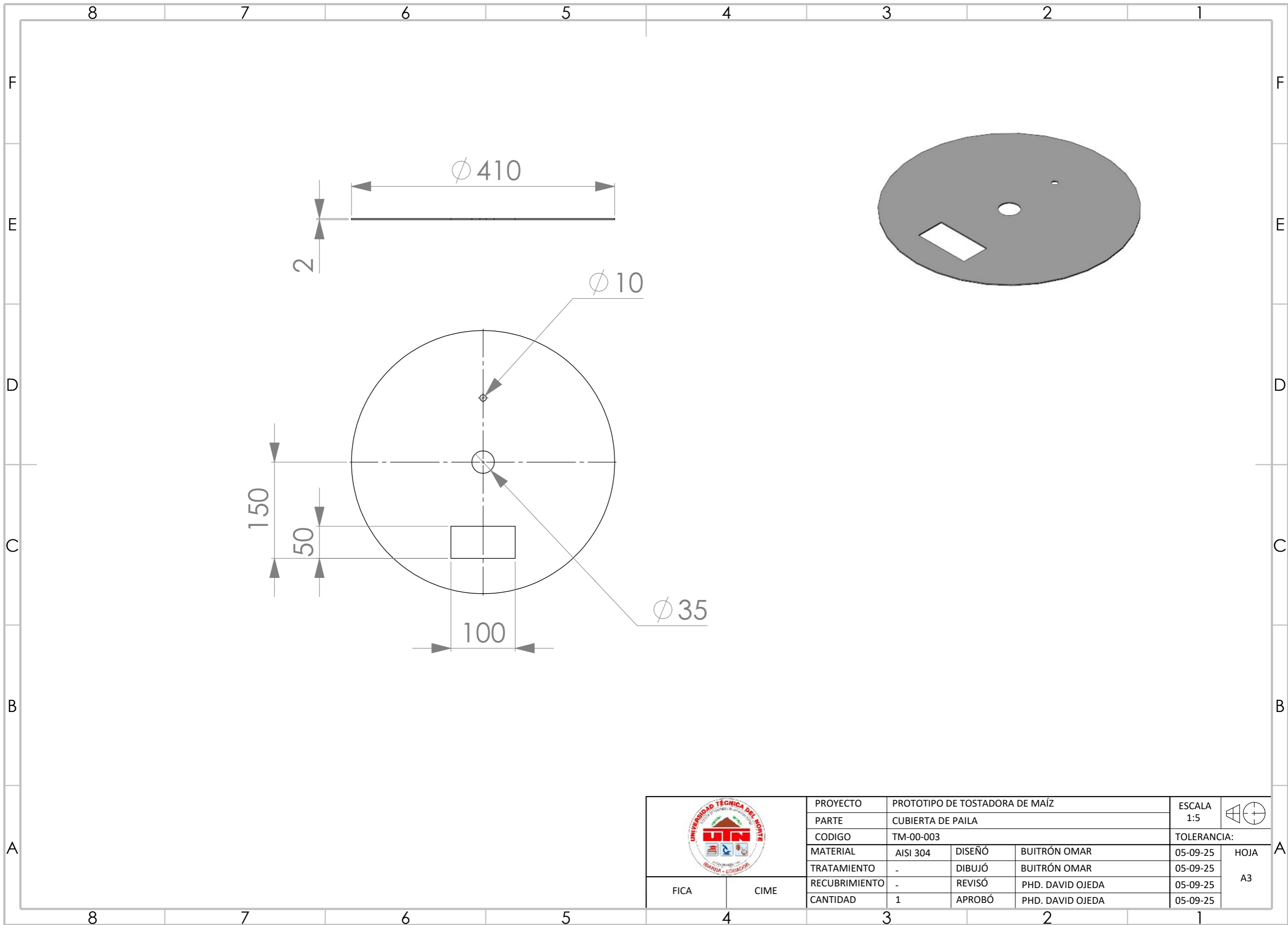
|          |               |   |        |                                |                  |               |            |
|----------|---------------|---|--------|--------------------------------|------------------|---------------|------------|
|          | PROYECTO      |   |        | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA<br>5:1 |            |
|          | PARTE         |   |        | UNIÓN                          |                  |               |            |
|          | CODIGO        |   |        | TM-01-002                      |                  | TOLERANCIA:   |            |
|          | MATERIAL      |   | PLA    | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|          | TRATAMIENTO   |   | -      | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      |            |
|          | RECUBRIMIENTO |   | -      | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25      |            |
| CANTIDAD |               | 4 | APROBÓ | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |               |            |
| FICA     | CIME          |   |        |                                |                  |               |            |



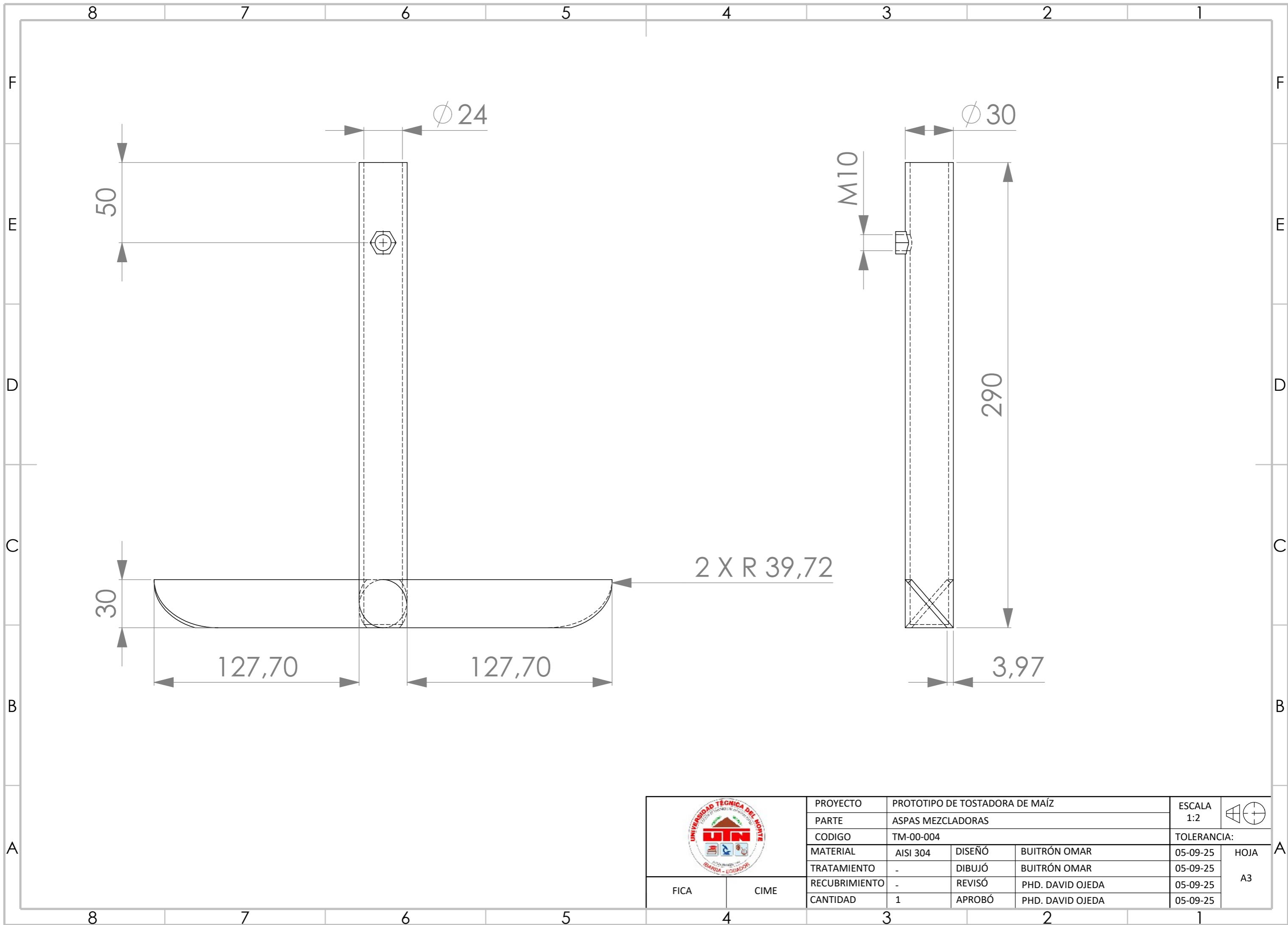
|               |             |          |   |                                |                  |              |                  |            |
|---------------|-------------|----------|---|--------------------------------|------------------|--------------|------------------|------------|
|               | PROYECTO    |          |   | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA       |                  |            |
|               | PARTE       |          |   | BASE                           |                  | 1:2          |                  |            |
|               | CODIGO      |          |   | TM-01-003                      |                  | TOLERANCIA:  |                  |            |
|               | MATERIAL    |          |   | PLA                            | DISEÑO           | BUITRÓN OMAR | 05-09-25         | HOJA<br>A3 |
|               | TRATAMIENTO |          |   | -                              | DIBUJÓ           | BUITRÓN OMAR | 05-09-25         |            |
| RECUBRIMIENTO |             |          | - | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25     |                  |            |
| FICA          | CIME        | CANTIDAD |   |                                | 1                | APROBÓ       | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25   |



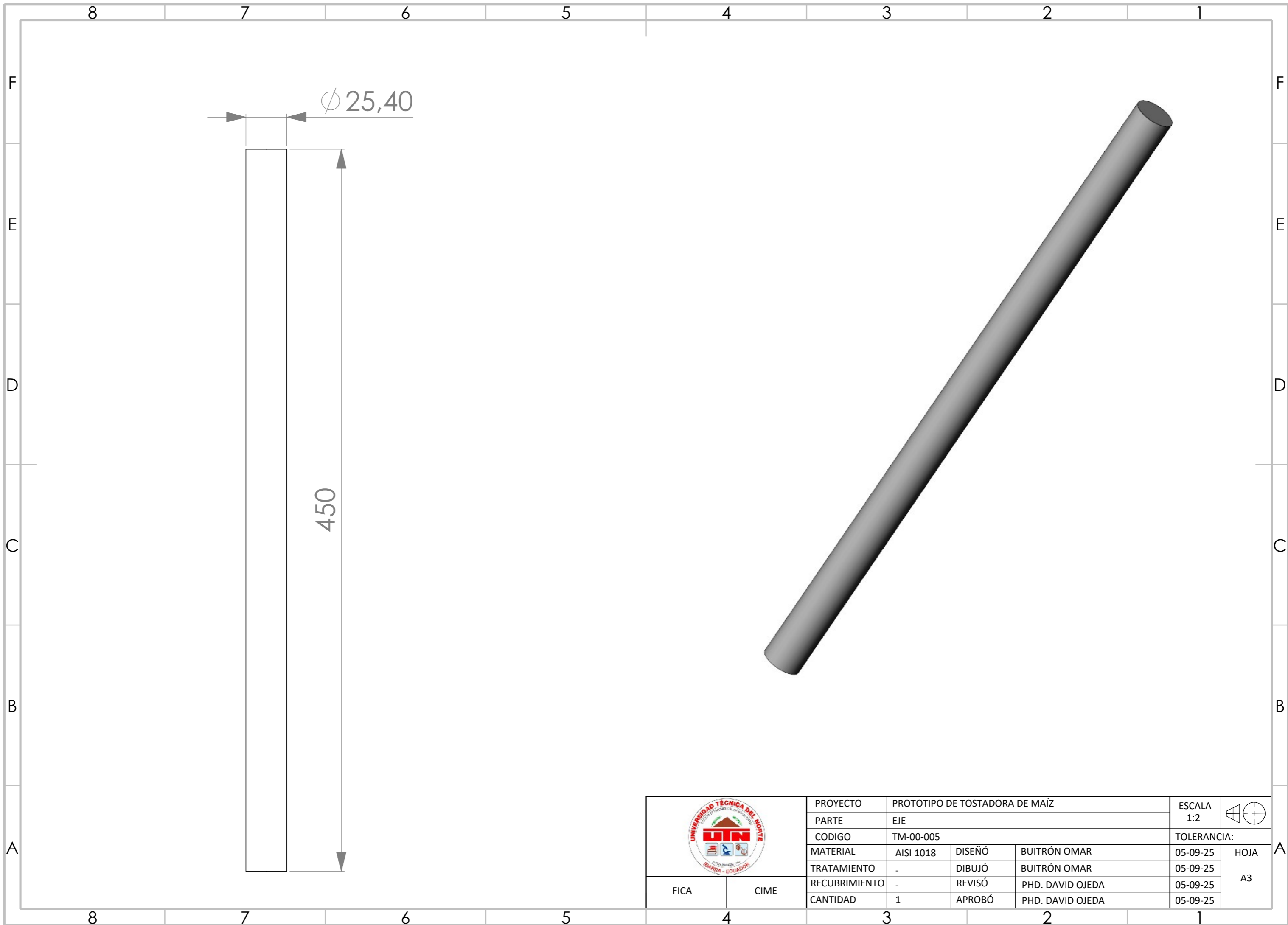
|          |               |   |          |                                |                  |               |            |
|----------|---------------|---|----------|--------------------------------|------------------|---------------|------------|
|          | PROYECTO      |   |          | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA<br>1:5 |            |
|          | PARTE         |   |          | RECUBRIMIENTO FRONTAL          |                  |               |            |
|          | CODIGO        |   |          | TM-00-001                      |                  | TOLERANCIA:   |            |
|          | MATERIAL      |   | AISI 201 | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|          | TRATAMIENTO   |   | -        | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      |            |
|          | RECUBRIMIENTO |   | -        | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25      |            |
| CANTIDAD |               | 1 | APROBÓ   | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |               |            |
| FICA     | CIME          |   |          |                                |                  |               |            |


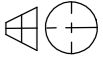


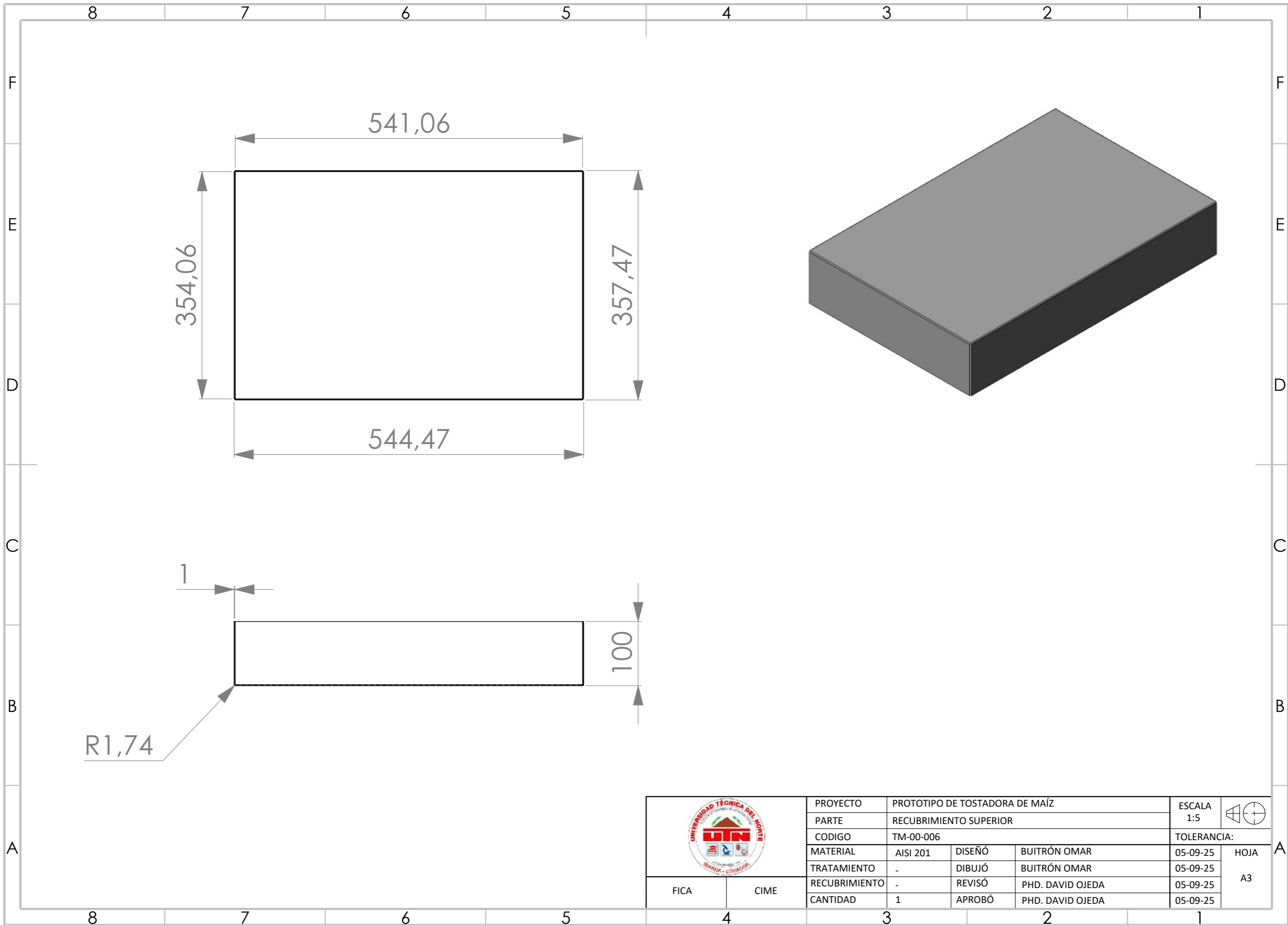
|          |               |   |          |                                |                  |               |            |
|----------|---------------|---|----------|--------------------------------|------------------|---------------|------------|
|          | PROYECTO      |   |          | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA<br>1:5 |            |
|          | PARTE         |   |          | CUBIERTA DE PAILA              |                  |               |            |
|          | CODIGO        |   |          | TM-00-003                      |                  | TOLERANCIA:   |            |
|          | MATERIAL      |   | AISI 304 | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|          | TRATAMIENTO   |   | -        | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      |            |
|          | RECUBRIMIENTO |   | -        | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25      |            |
| CANTIDAD |               | 1 | APROBÓ   | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |               |            |
| FICA     | CIME          |   |          |                                |                  |               |            |



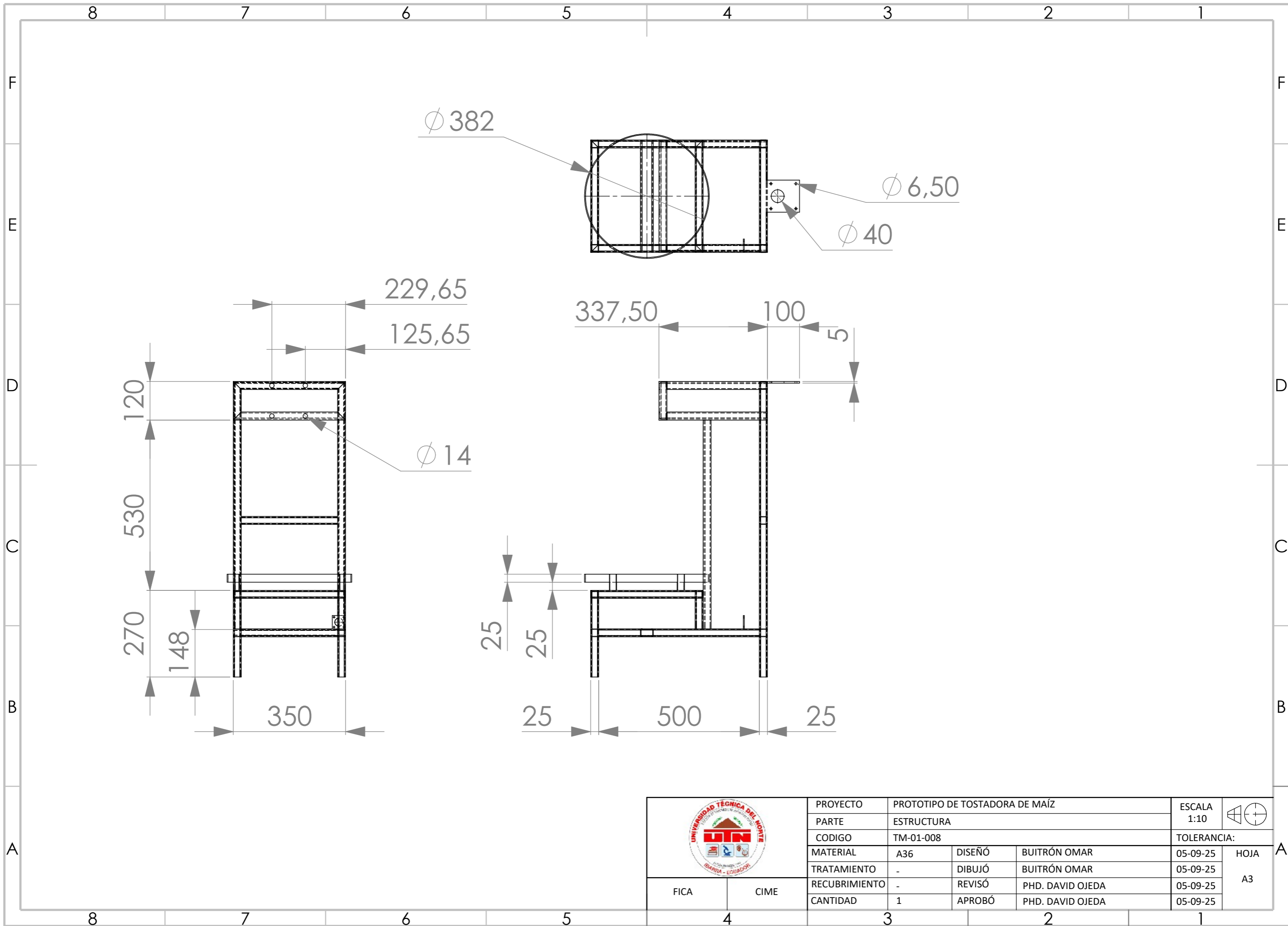
|               |             |   |          |                                |              |               |            |
|---------------|-------------|---|----------|--------------------------------|--------------|---------------|------------|
|               | PROYECTO    |   |          | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |              | ESCALA<br>1:2 |            |
|               | PARTE       |   |          | ASPAS MEZCLADORAS              |              |               |            |
|               | CODIGO      |   |          | TM-00-004                      |              | TOLERANCIA:   |            |
|               | MATERIAL    |   | AISI 304 | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|               | TRATAMIENTO |   | -        | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR | 05-09-25      |            |
| RECUBRIMIENTO |             | - | REVISÓ   | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25     |               |            |
| CANTIDAD      |             | 1 | APROBÓ   | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25     |               |            |
| FICA          | CIME        |   |          |                                |              |               |            |



|   |             |          |           |                                |                  |               |   |
|---|-------------|----------|-----------|--------------------------------|------------------|---------------|---|
|  | PROYECTO    |          |           | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA<br>1:2 |  |
|   | PARTE       |          |           | EJE                            |                  |               |   |
|   | CODIGO      |          |           | TM-00-005                      |                  | TOLERANCIA:   |   |
|   | MATERIAL    |          | AISI 1018 | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      | HOJA<br>A3  |
|   | TRATAMIENTO |          | -         | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      |   |
| RECUBRIMIENTO   |             | -        | REVISÓ    | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |               |   |
| FICA  | CIME        | CANTIDAD | 1         | APROBÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25      |   |



|          |               |   |          |                                |                  |               |            |
|----------|---------------|---|----------|--------------------------------|------------------|---------------|------------|
|          | PROYECTO      |   |          | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA<br>1:5 |            |
|          | PARTE         |   |          | RECUBRIMIENTO SUPERIOR         |                  |               |            |
|          | CODIGO        |   |          | TM-00-006                      |                  | TOLERANCIA:   |            |
|          | MATERIAL      |   | AISI 201 | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      | HOJA<br>A3 |
|          | TRATAMIENTO   |   | -        | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25      |            |
|          | RECUBRIMIENTO |   | -        | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25      |            |
| CANTIDAD |               | 1 | APROBÓ   | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |               |            |
| FICA     | CIME          |   |          |                                |                  |               |            |



|          |               |   |        |                                |                  |             |      |
|----------|---------------|---|--------|--------------------------------|------------------|-------------|------|
|          | PROYECTO      |   |        | PROTOTIPO DE TOSTADORA DE MAÍZ |                  | ESCALA      |      |
|          | PARTE         |   |        | ESTRUCTURA                     |                  | 1:10        |      |
|          | CODIGO        |   |        | TM-01-008                      |                  | TOLERANCIA: |      |
|          | MATERIAL      |   | A36    | DISEÑO                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25    | HOJA |
|          | TRATAMIENTO   |   | -      | DIBUJÓ                         | BUITRÓN OMAR     | 05-09-25    |      |
|          | RECUBRIMIENTO |   | -      | REVISÓ                         | PHD. DAVID OJEDA | 05-09-25    |      |
| CANTIDAD |               | 1 | APROBÓ | PHD. DAVID OJEDA               | 05-09-25         |             |      |
| FICA     | CIME          |   |        |                                |                  |             | A3   |