

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DISEÑO DE SISTEMA MECATRÓNICO DE TOSTADORA PARA RESTAURANTE

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Mecatrónico**, que presenta el bachiller:

André Chipoco Lozada

ASESOR: Ericka Madrid Ruiz

Lima, abril de 2015

Resumen

Las tostadas son un elemento popular en la cultura culinaria occidental y fuera de los hogares son producidas en grandes cantidades por empresas y negocios dedicadas al rubro alimenticio y afines, de modo que además de modelos caseros, existen modelos de hornos-tostadoras para la producción industrial de tostadas. Dentro de la presente propuesta se diseñó una tostadora que permita una producción continua para un restaurante con 2 elementos que pretenden mejorar su utilidad y son poco encontrados comercialmente.

El primero es que no requiera atención constante, dando la posibilidad de abastecerse con un pan de molde rebanado de 500 gramos, que se encuentra comercialmente en distintas marcas locales.

La segunda consideración es que las tostadas se entreguen en una presentación lista para servirse. De esta manera el usuario ingresa un pedido de cierto número de tostadas y éstas se presentan en un plato al final del proceso.

El presente documento está estructurado en 5 capítulos, donde se analiza la problemática, los requisitos del diseño, el detalle de los componentes, el presupuesto estimado y finalmente, las conclusiones de este desarrollo y propuestas de mejora.

Índice

CAPÍTULO 1

Presentación de la problemática.....	5
--------------------------------------	---

CAPÍTULO 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	6
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	6
2.1.1 Requerimientos generales.....	6
2.1.2 Requerimientos específicos.....	6
2.2 Concepto del sistema mecatrónico.....	7

CAPÍTULO 3

Sistema mecatrónico.....	11
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	11
3.2 Sensores y actuadores.....	14
3.2.1 Sensor de temperatura.....	14
3.2.2 Sensor fotoeléctrico.....	15
3.2.3 Motor a pasos.....	16
3.2.4 Motor reductor.....	18
3.2.5 Calentador.....	19
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	21
3.3.1 Estructura metálica.....	21
3.3.2 Carcasa.....	22
3.3.3 Chapa base del pan de molde.....	23
3.3.4 Rampa para las rebanadas.....	24
3.3.5 Bandeja giratoria.....	24
3.3.6 Paleta para el pan de molde.....	25
3.3.7 Soporte del calentador.....	26
3.3.8 Faja transportadora.....	26
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	27
3.4.1 Sensor de temperatura y calentadores.....	28
3.4.2 Motores.....	28
3.5 Diagramas de flujo del programa de control.....	29
3.5.1 Control on-off.....	31

CAPÍTULO 4	
Presupuesto.....	33
CAPÍTULO 5	
Conclusiones y recomendaciones.....	35
5.1 Conclusiones.....	35
5.2 Recomendaciones.....	35
Bibliografía.....	36



Capítulo 1

Presentación de la problemática

La industria alimentaria en el Perú y los negocios derivados de ésta, han experimentado un fuerte incremento en los últimos años, instaurándose como un elemento importante de la cultura y una opción de negocio altamente viable. Dentro de este escenario, los restaurantes y otros negocios similares requieren constantemente mejorar su servicio y es donde la mecatrónica puede brindar soluciones a procesos factibles de automatizarse, estandarizando la calidad del servicio y permitiendo un mejor aprovechamiento del personal humano.

Las tostadas son un producto común ofrecido en servicios de desayuno y otros. Los hornos-tostadores comerciales se enfocan en el proceso de tostado y brindar la mayor producción posible, requiriendo aún en muchos casos de una persona que abastezca las rebanadas y disponga de las tostadas. El presente diseño toma en cuenta el almacenamiento, disposición y transporte interno del producto durante el proceso, así como la presentación final.

Sobre el proceso de tostado, según un estudio desarrollado en Julio del 2011 por Dom Lane, consultor en temas de la industria alimentaria, por encargo de Vogel's, una marca con una línea de pan de molde, la "tostada perfecta" se lograría tostando el pan a una temperatura interna de 154°C durante 216 segundos. La temperatura es alcanzable típicamente por un calentador clásico de 900 Watts, puesta a un nivel 5 de 6. [8]

Otras fuentes del mismo modo referencian esta temperatura como la cual donde la reacción química conocida como reacción Maillard comienza y se caramelizan los azúcares y el almidón, lo que se conoce típicamente como tostado. [9]

Quedando claro que la definición de "tostada perfecta" no es objeto de este trabajo, los valores del estudio se toman como referenciales para los requerimientos del sistema.

Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Se pretende un diseño compacto y que cumpla con las normas de seguridad y salubridad acordes a la labor, de tal manera que no ocupe demasiado espacio dentro de una cocina de restaurante y evite accidentes por quemaduras.

2.1.1 Requerimientos generales

- Capacidad para almacenar un pan de molde de 500 gramos como el mostrado en la Figura 2-1.
- Interfaz amigable y sencilla de usar.
- Cómoda disposición de insumo y producto final.
- Capacidad de producción de 4 tostadas en 2 minutos.

2.1.2 Requerimientos específicos

- Temperatura de tostado superior a 154°C.
- Aislar zona de tostado.
- Dimensiones máximas de 400 mm de alto, 400 mm de largo y 200 mm de ancho
- Sistema para conseguir la presentación de la Figura 2-2.
- Alimentación monofásica de 220V y 60 Hz.
- Uso de microcontrolador con capacidad de controlar la interfaz de usuario, sensores y actuadores.



Figura. 2-1: Pan blanco PYC. Producto usado como referencia.



Figura. 2-2: Presentación de las tostadas.

2.2 Concepto del sistema mecatrónico

En la figura 2-3 se muestra la vista general del sistema, mientras que en las figuras 2-4, 2-5 y 2-6 se observan vistas auxiliares sin la carcasa principal permitiendo observar algunos de los elementos del interior, como las fajas y los motores. El sistema abarca unas dimensiones totales de 170 mm de ancho, 385 mm de alto y 385 mm de largo, sin considerar el plato que sobresale por la parte frontal.

En la parte superior se tiene una tapa removible que permite acceder a la zona de almacenamiento, donde es posible colocar un paquete de pan de molde de 300 mm. Una paleta guiada en la parte inferior por motor y una faja permite empujar el molde y dejar caer las rebanadas por una rendija al final del almacenamiento.

La rebanada es llevada por una faja en forma de malla entre los calentadores donde se da el proceso de tostado. Finalmente es dejada sobre un plato previamente colocado sobre una bandeja giratoria, para lograr la presentación mostrada en la figura 2-5. El sistema admite hasta un máximo de 4 tostadas por proceso. La duración es variable según la configuración que seleccione el usuario.

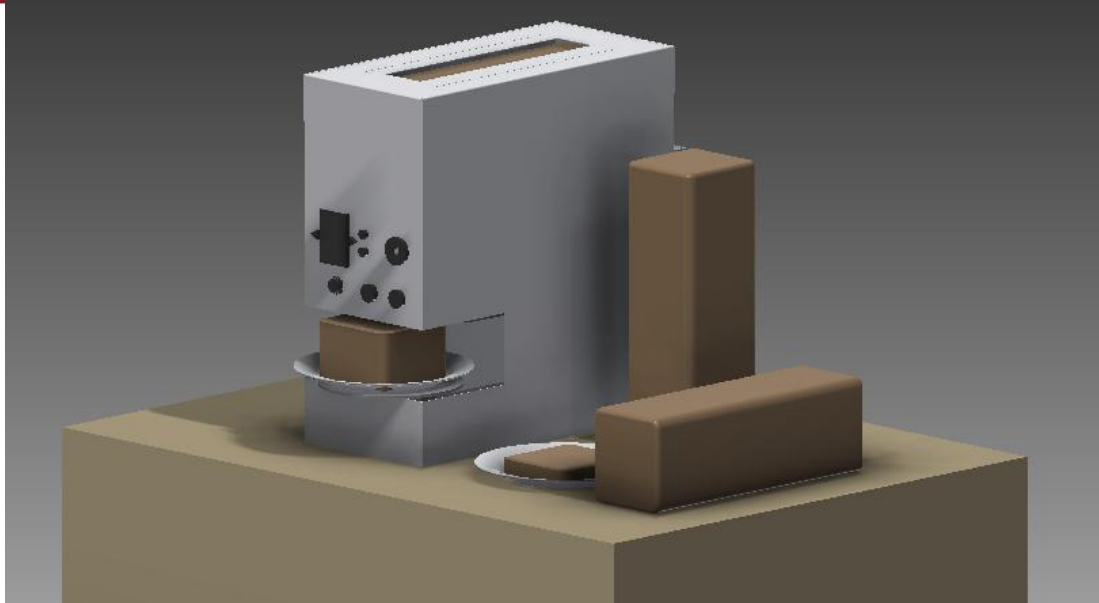


Figura. 2-3: Vista principal del sistema mecatrónico.

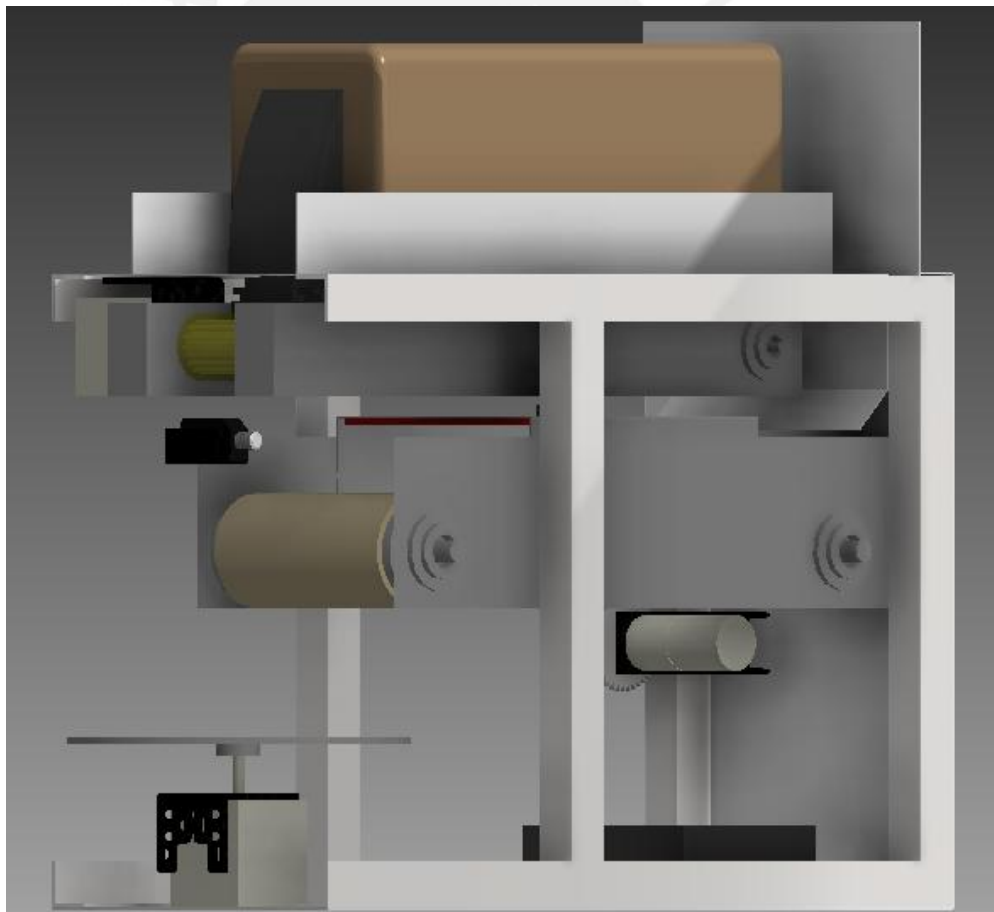


Figura. 2-4: Vista Lateral sin carcasa frontal ni tapa superior.

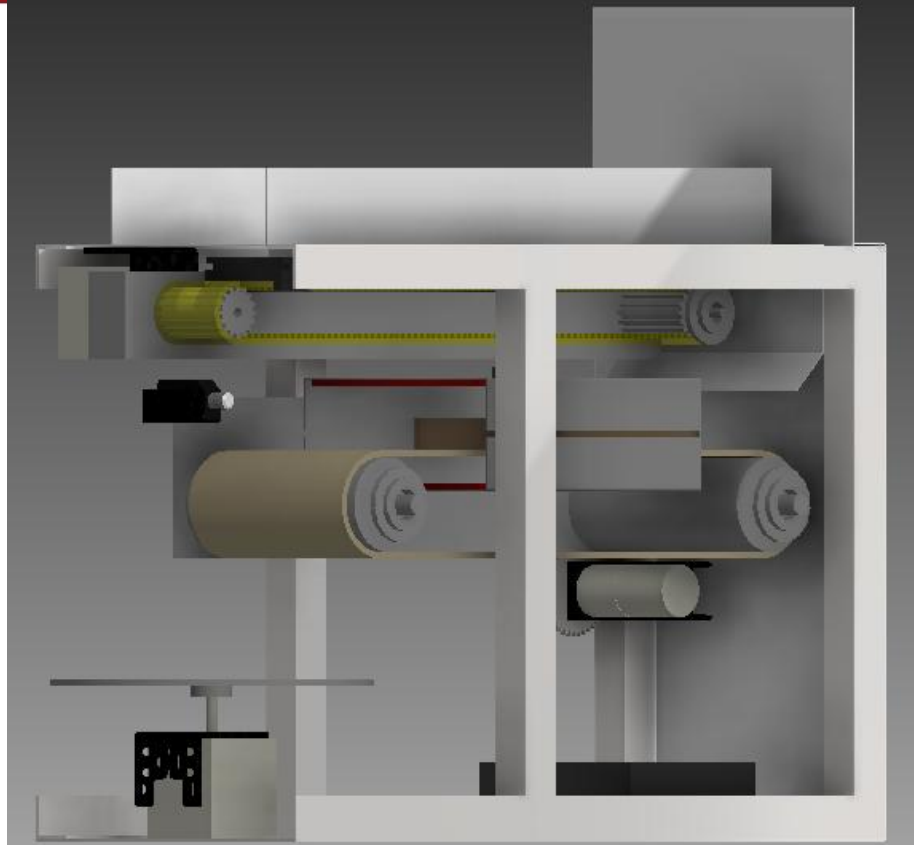


Figura. 2-5: Vista Lateral sin carcasa mostrando elementos de las fajas.

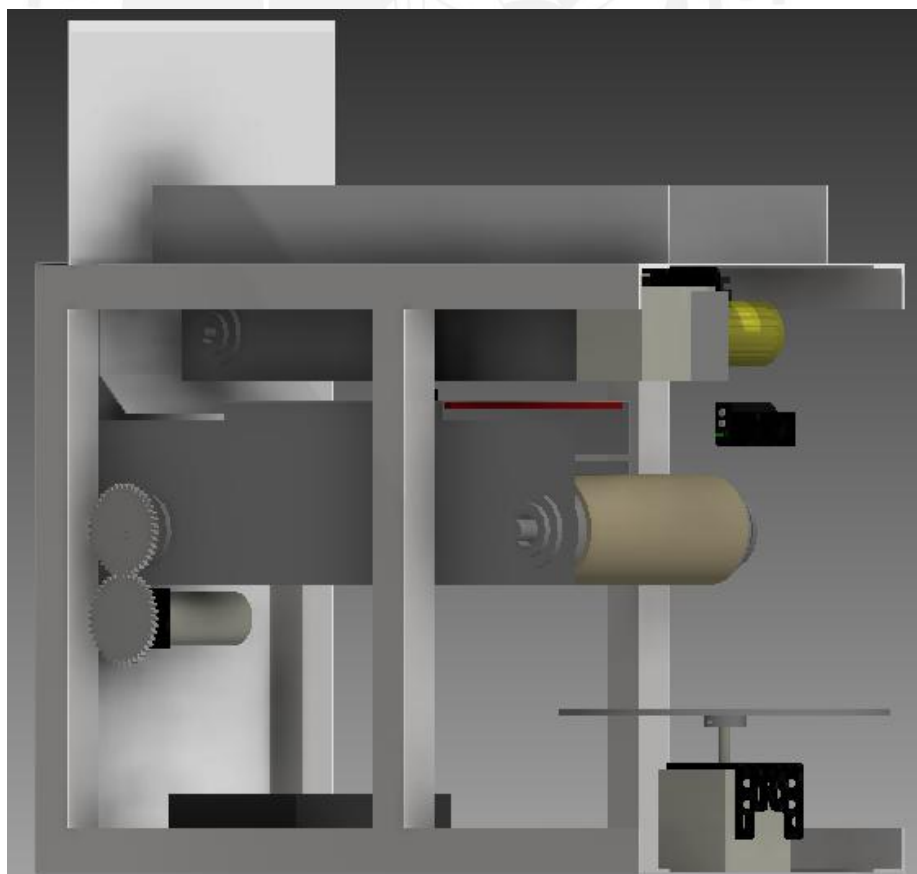


Figura. 2-6: Vista Lateral sin carcasa frontal ni tapa superior.

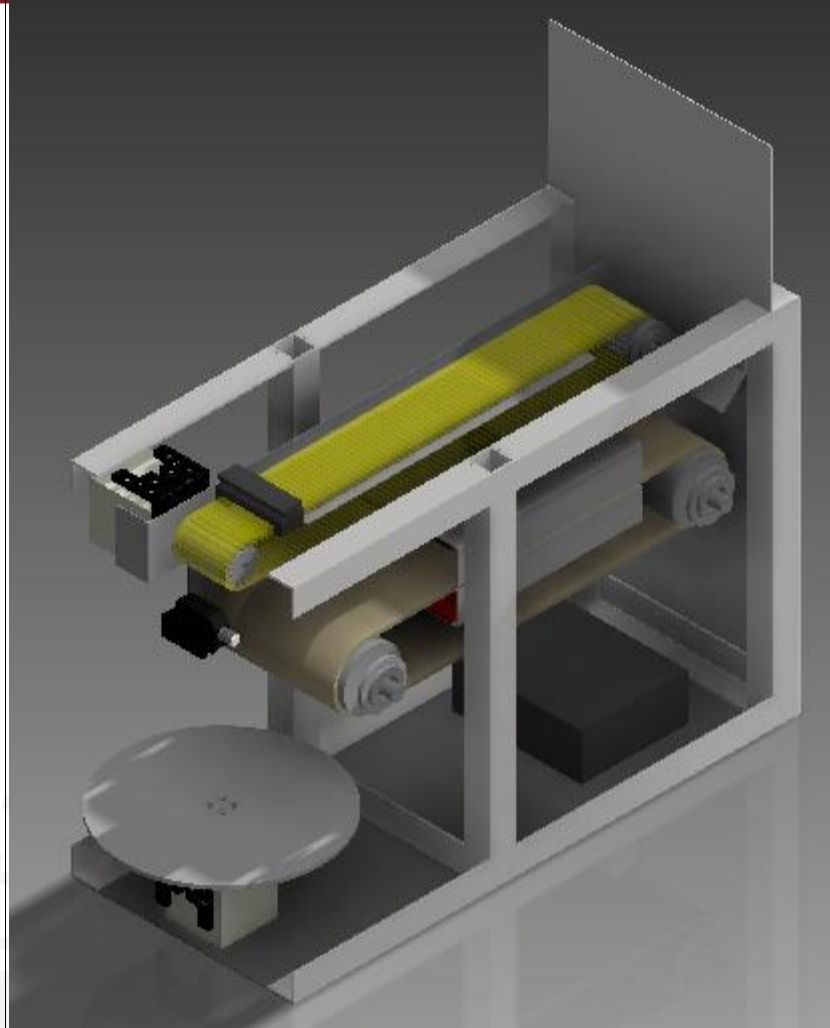


Figura. 2-7: Vista auxiliar sin carcasa ni base para pan.

La interfaz de usuario presentada en la figura 2-8 está diseñada para ser fácilmente manipulada proporcionando un control simple e intuitivo. Primero el usuario debe seleccionar el nivel de calor y tiempo de tostado deseado, así como la cantidad de tostadas deseadas en el pedido. Conforme estos datos, activando el botón de Inicio/Detener comienza el proceso.

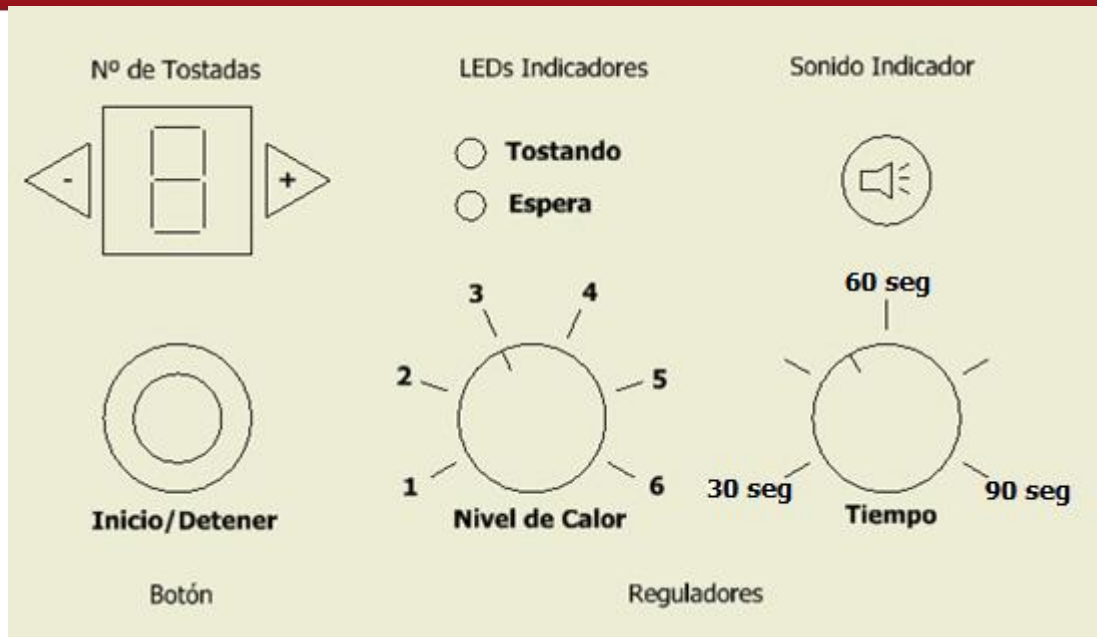
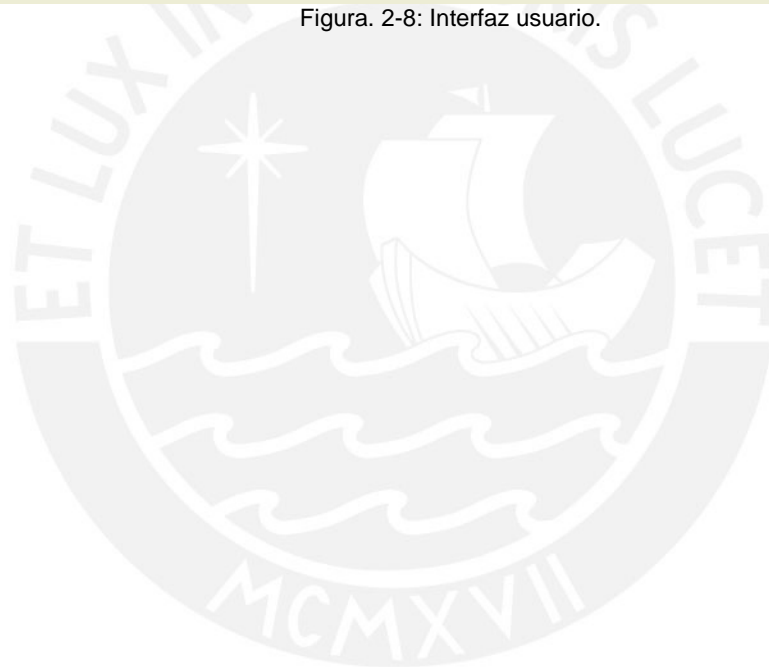


Figura. 2-8: Interfaz usuario.



Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.

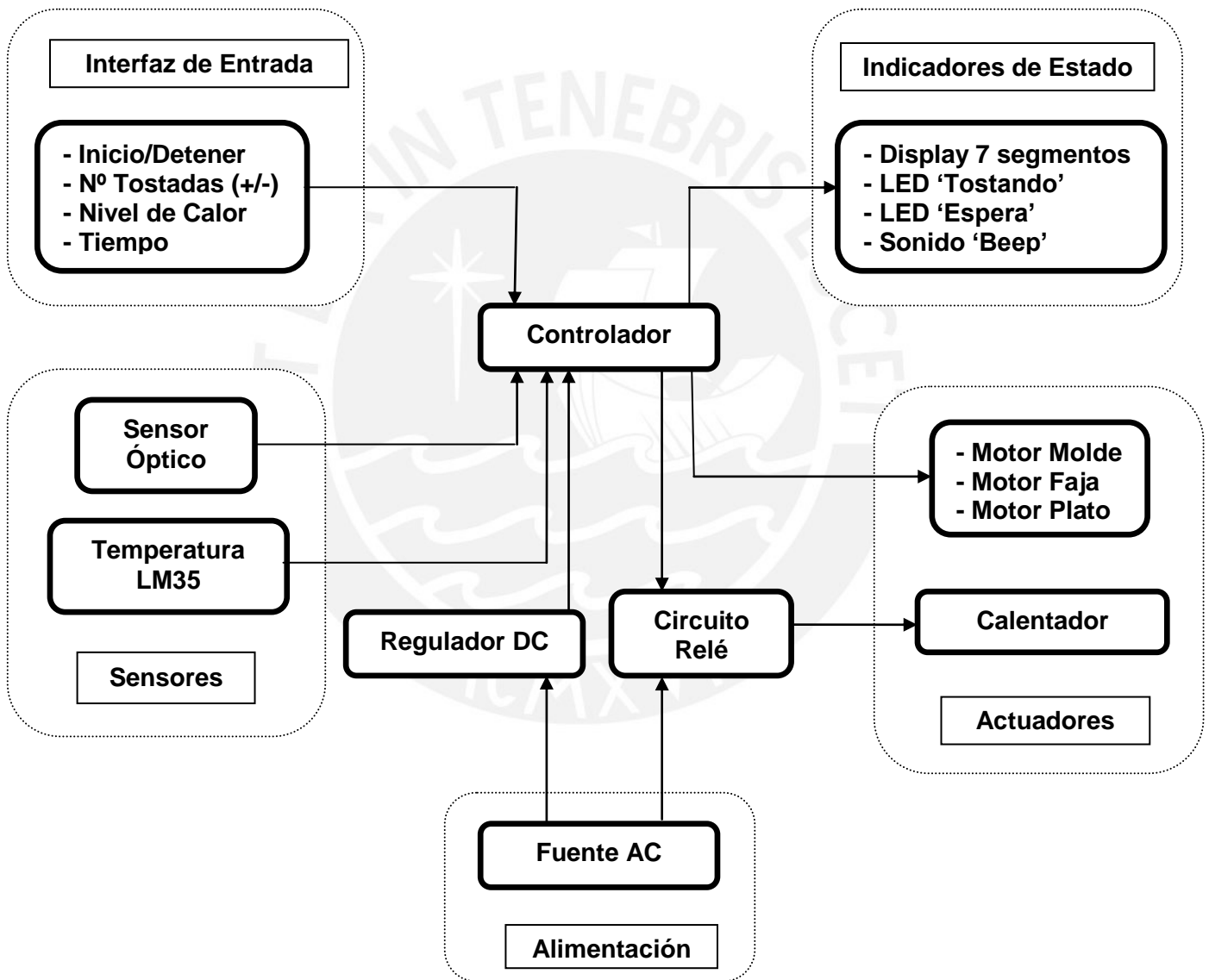


Figura. 3-1: Arquitectura del sistema

El sistema presenta una arquitectura clásica usada en las tostadoras convencionales, dividida en interfaz, indicadores, sensores, actuadores y la fuente de alimentación. La interfaz de usuario permite seleccionar el nivel de calor y tiempo de tostado deseado. Se selecciona además el número de tostadas a prepararse con un tope de 4 tostadas por plato y el proceso inicia presionando el botón de Inicio mientras se deja un plato en la bandeja, que será detectado por el sensor óptico, donde se servirán las tostadas.

Los indicadores muestran el número de tostadas restantes en el display, los dos estados posibles ('Tostando' y 'Espera') y un sonido informa al usuario cuando se terminó con un pedido completo.

El calentador compuesto de un cable de Nicromo, aleación de Níquel y Cromo que por su resistividad es muy usado como calentador eléctrico, permite tostar el pan durante el proceso. Un sensor de temperatura realimenta el sistema para un control on/off entre dos límites, práctico en aplicaciones donde se controla temperatura por ser procesos relativamente lentos.

Además del calentador, la tostadora cuenta con motores internos para disponer del pan. Un motor empuja el pan de molde cortado para dejar caer una rebanada por vez en la faja. El motor en la faja regula el tiempo de tostado, dejando caer la tostada en el plato por el otro extremo. Un motor en la base del plato permite girarlo para obtener la presentación deseada.

El sistema es alimentado por tomacorriente, con 220V a 60 Hz. Internamente cuenta con un Circuito Relé para el calentador de Nicromo y reguladores DC para el resto de componentes.

3.2 Sensores y actuadores

3.2.1 Sensor de temperatura

El LM35 es un sensor de temperatura lineal de bajo costo con una salida de voltaje linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius. Provee de una precisión típica de $\pm 3/4^\circ\text{C}$ sobre el total del rango de -55 hasta $+150^\circ\text{C}$ de temperatura sin necesidad de calibración. La salida de voltaje es de $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ y es leída por una de las entradas ADC del ATmega-16.

Dado que el sensor no soporta las temperaturas dentro de la zona de tostado, no puede colocarse en el interior. Sin embargo, éste puede colocarse en la zona adyacente al soporte de los calentadores, donde se garantiza que la temperatura no supere los $150\text{ }^\circ\text{C}$ haciendo una medición indirecta como se sugiere en [1].



Figura. 3-2: Sensor de temperatura LM35.

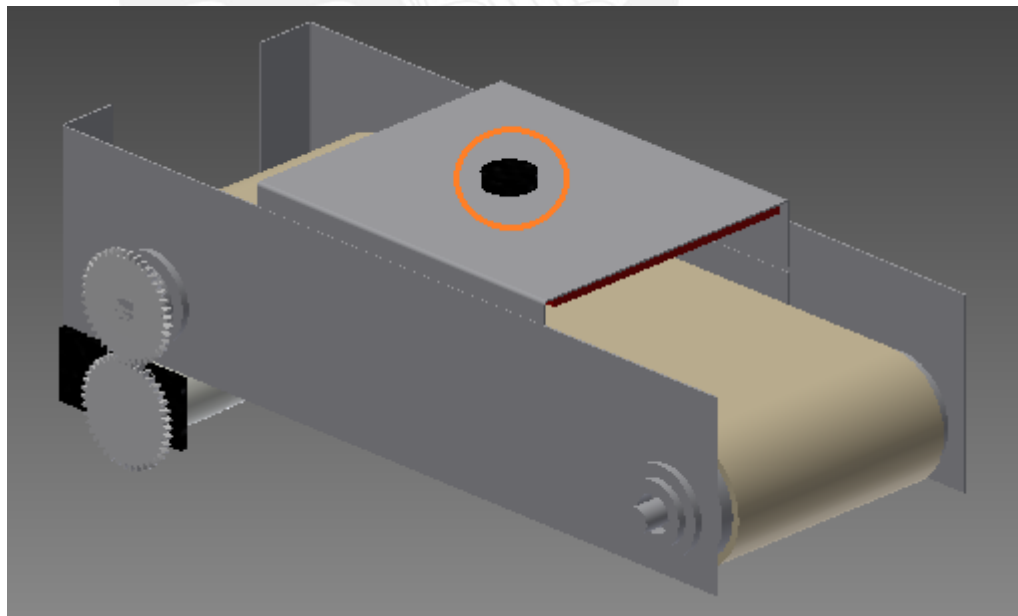


Figura. 3-3: Posición del sensor de temperatura.

3.2.2 Sensor fotoeléctrico

Para detectar la presencia del plato sobre la bandeja giratoria se utilizará el sensor óptico Sharp Microelectronics GP2Y0A51SK0F, capaz de medir distancias en un rango de 2 a 15 centímetros. Se alimenta mediante 4.5 – 5.5 V y ofrece un señal de salida de 400 mA para 15 cm. El sensor se ubica sobre la bandeja a una distancia de 12 cm.

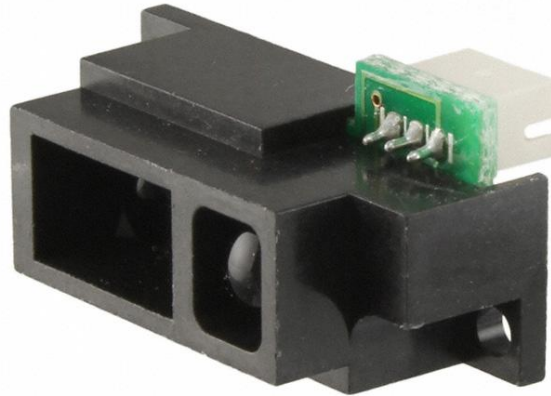


Figura. 3-4: Sharp Microelectronics GP2Y0A51SK0F.

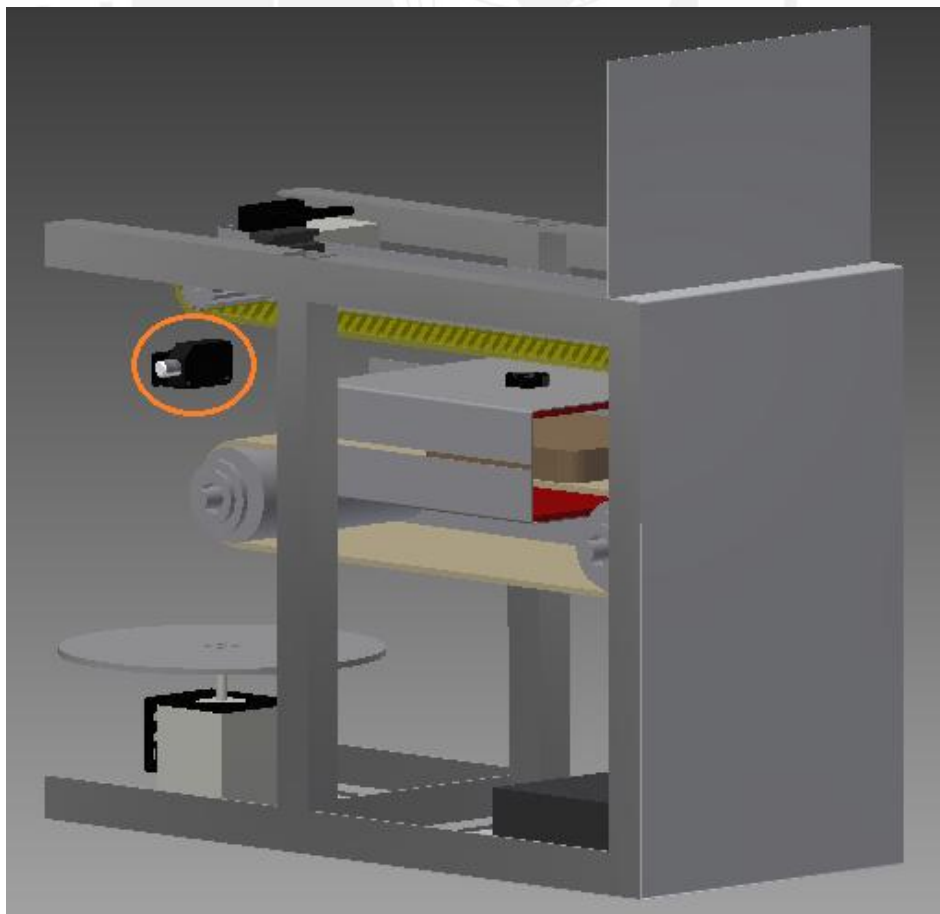


Figura. 3-5: Posición del sensor óptico.

3.2.3 Motor a pasos

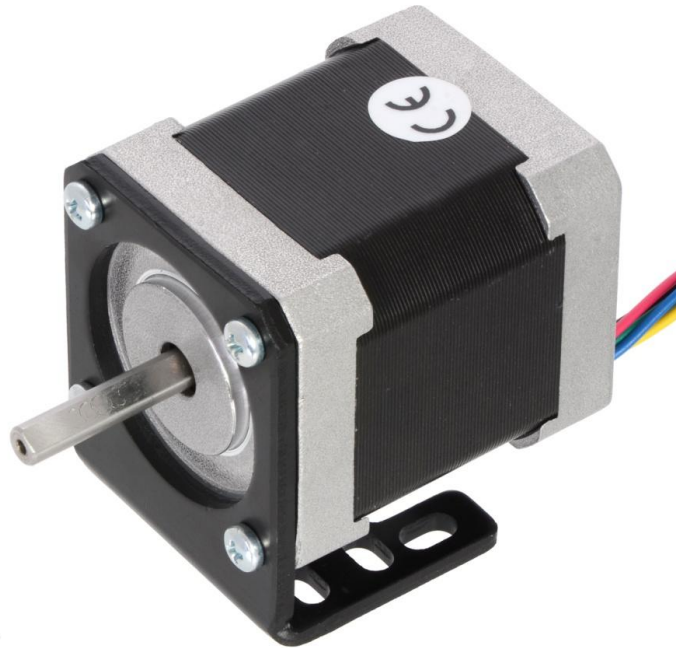


Figura. 3-6: Motor a pasos con soporte.

Estos son motores a paso bipolares de 200 pasos por revolución, 4V, 1.2A por fase y un torque de 3.2 kg-cm. El mismo modelo es usado para accionar la paleta que empuja el pan y rotar la bandeja donde se ubica el plato y las tostadas. Ambos se adquieren con su driver y un soporte como se muestra en la figura 3-6. Además el motor usado en la bandeja giratoria se le añade el acople de aluminio mostrado en la figura 3-7 para fijarla.



Figura. 3-7: Motor a pasos con acople de aluminio.

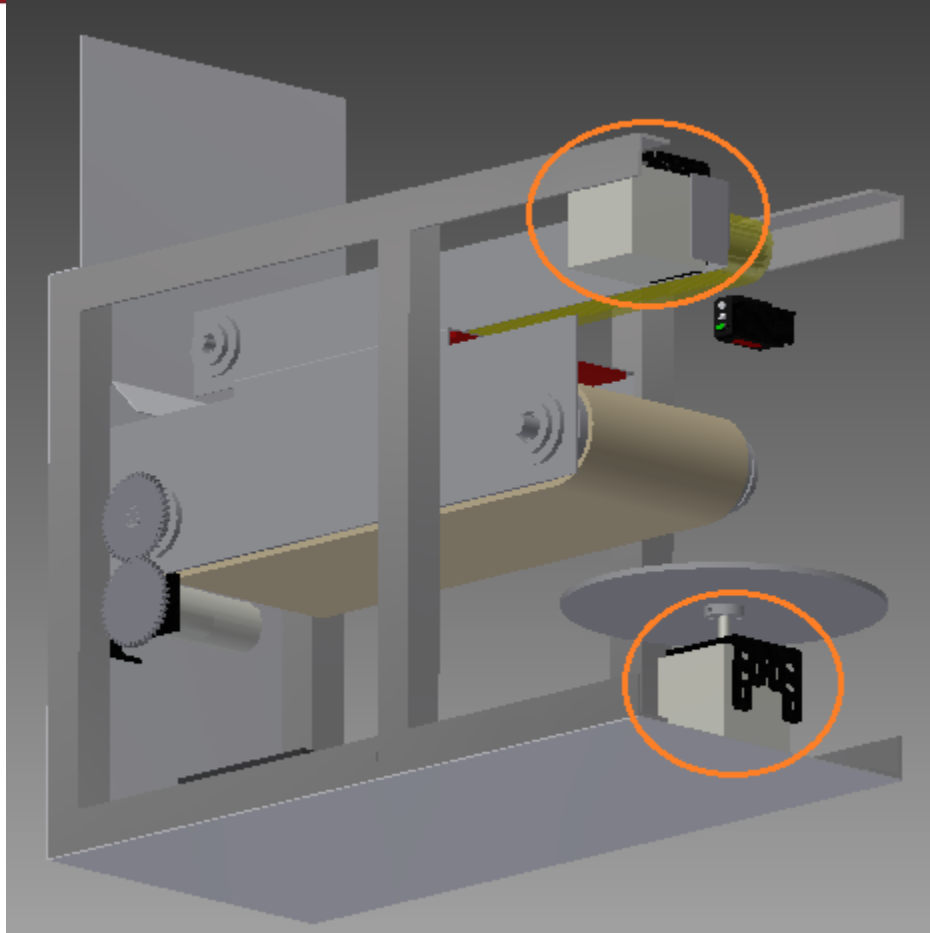


Figura. 3-8: Posición de los motores a pasos.

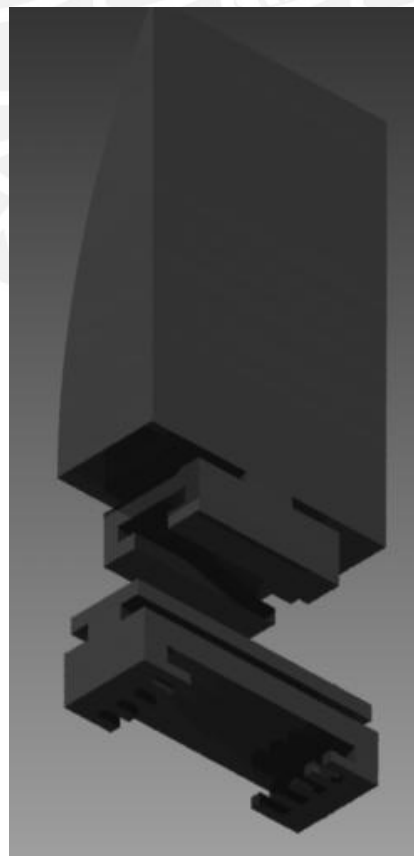


Figura. 3-9: Paleta que empuja el pan.

3.2.4 Motor reductor



Figura. 3-10: Motor reductor con encoder.

Para accionar la faja de malla por donde se desplazan las rebanadas de pan se usará un motor reductor Pololu Metal Gearmotors 25Dx56L mm con una reducción incluida de 172:1 para un torque de 1.2 Nm donde la mayor carga proviene del sistema de faja en sí, dado que las rebanadas ofrecen una carga mínima. Este modelo está disponible con encoder para controlar la velocidad de la faja y con ello el tiempo de tostado.

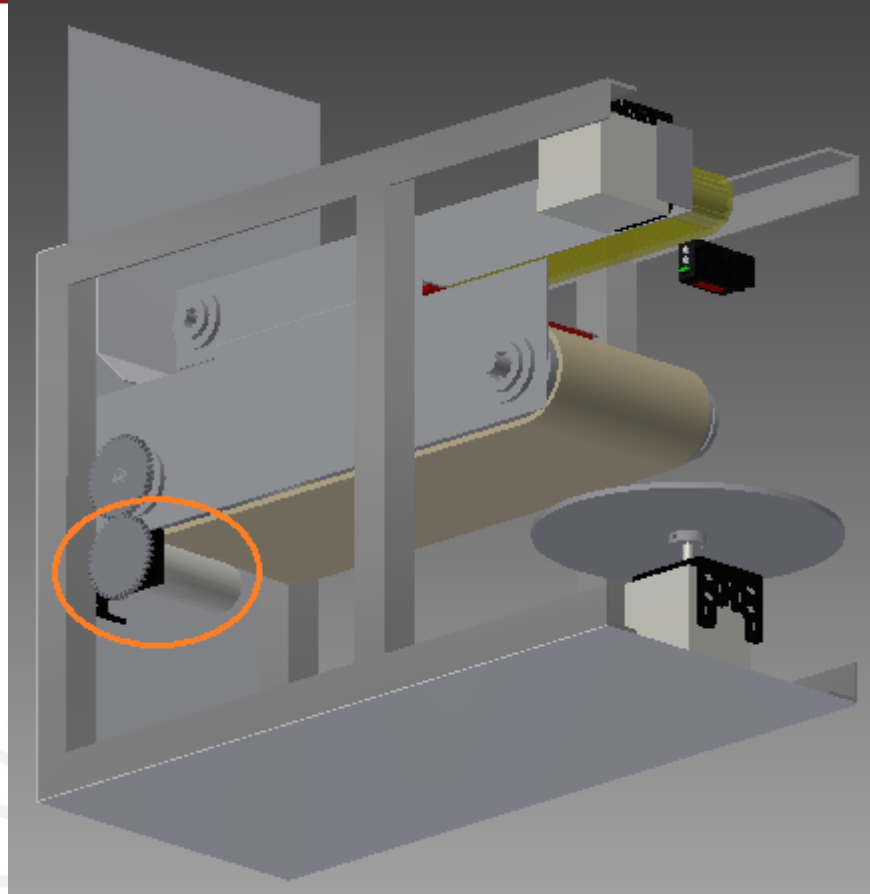


Figura. 3-11: Posición del motor reductor.

3.2.5 Calentador

Los calentadores de mica con cable de nicromo son ampliamente usados en hornos y tostadores. El nicromo es una aleación de níquel y cromo con alta resistencia al paso de la corriente, lo que le permite ser un muy buen calentador eléctrico al transformar esa energía en calor. El cable se enreda alrededor de una hoja de mica que sirve como aislante. Para esta aplicación se consideró calentadores de 450W a 220V, con una superficie de 110x140 mm que provee una adecuada carga por superficie (W/cm^2). [4]



Figura. 3-12: Calentador de Mica y cable de Nicromo.

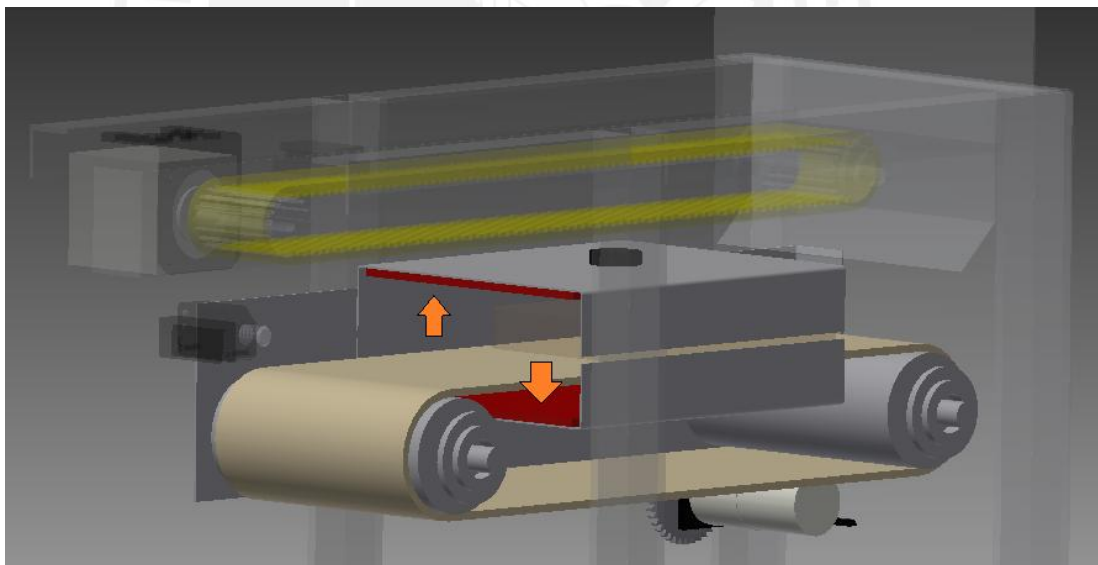


Figura. 3-13: Posición de los calentadores de Nicromo.

3.3 Planos del sistema mecatrónico

En esta sección se presenta una explicación de las partes principales del sistema mecatrónico.

3.3.1 Estructura metálica

La estructura metálica mostrada en la figura 3-7 soporta el sistema y permite sujetar a ella los distintos componentes. Fabricada en ASTM 36, está compuesta de 4 soportes verticales con perfil cuadrado de 20 mm de lado y 2 mm de espesor. Las uniones horizontales están hechas mediante perfiles L de 20 mm de lado y 3 mm de espesor, un total de 12 perfiles L.

Las uniones se hacen mediante soldadura y se le aplica un galvanizado en caliente de acuerdo a la norma ASTM A 123 para evitar corrosión y oxidación.

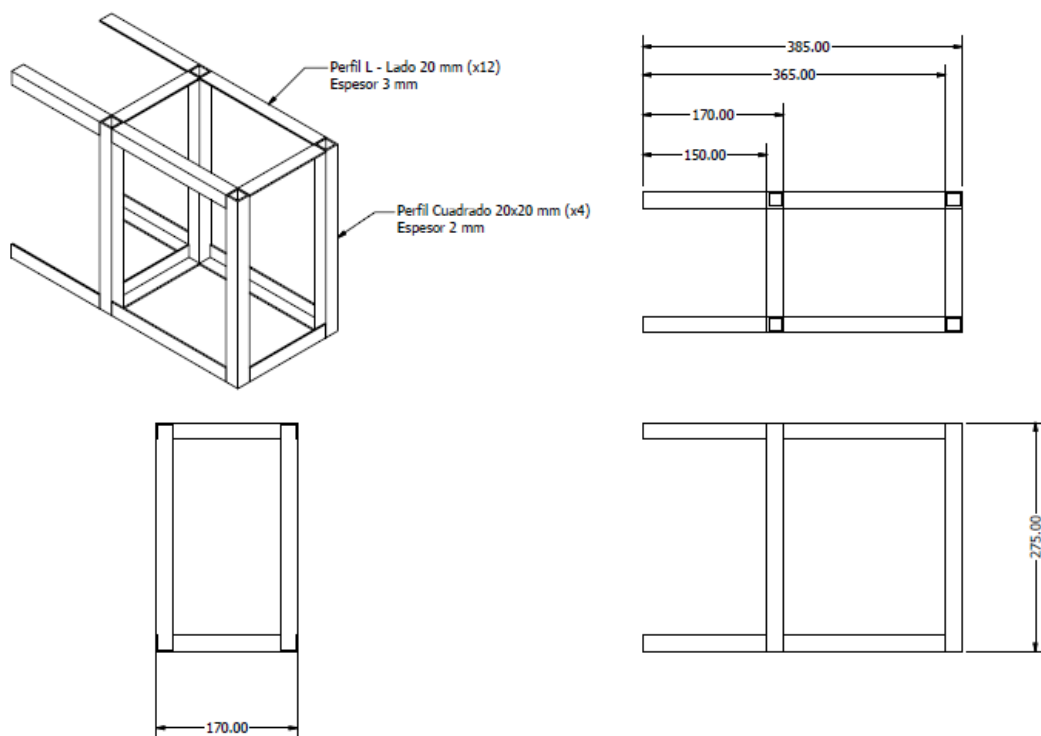


Figura. 3-14: Estructura metálica.

3.3.2 Carcasa

La carcasa y el resto de piezas están fabricadas en chapa de acero inoxidable AISI 304 de 0.8 mm de espesor. Se atornillará a la estructura metálica por medio de tornillos autorroscantes DIN7049 ST 2.9x6.5 para chapa metálica. El acabado será satinado.

Está compuesta de 3 partes: la carcasa frontal y lateral, la carcasa inferior y posterior y la tapa superior.

3.3.2.1 Carcasa Frontal

Abarca el frente y los laterales de la máquina. El corte rectangular en la parte central es donde se ubica el plato, con una altura suficiente para un pedido de 4 tostadas. En la parte frontal superior es donde se instalará la interfaz de usuario.

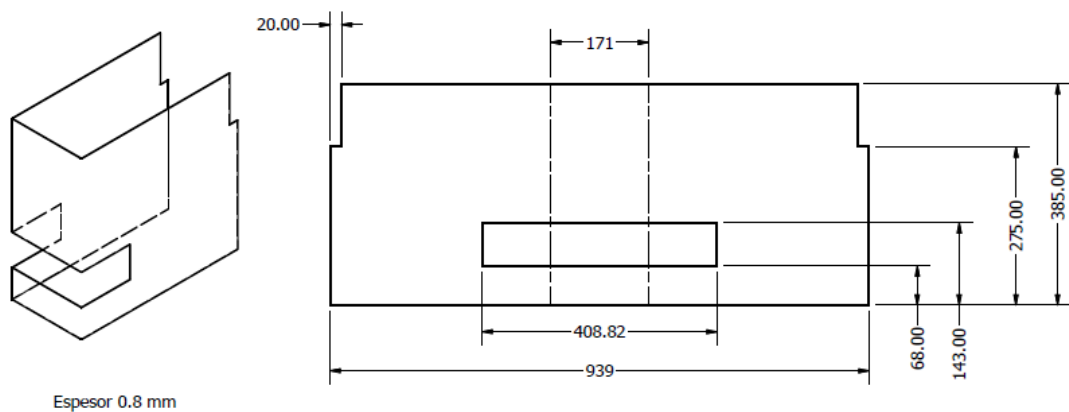


Figura. 3-15: Carcasa Frontal. Despliegue.

3.3.2.2. Carcasa Base

Cubre la parte inferior y posterior de la máquina.

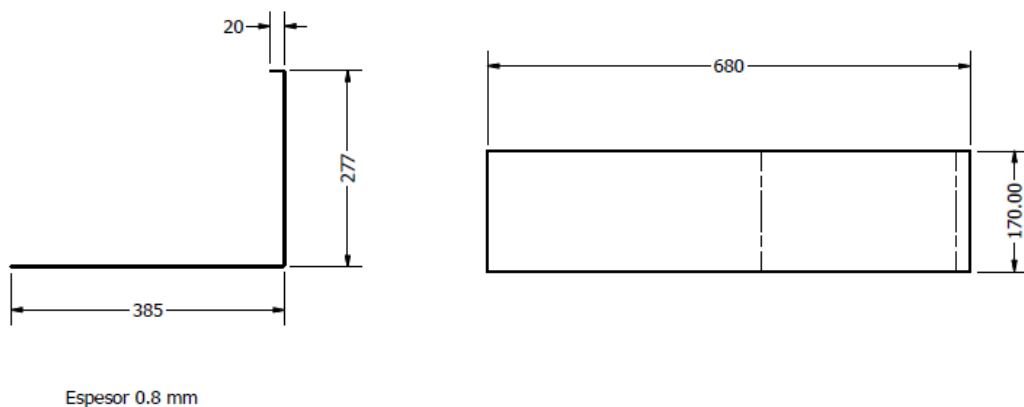


Figura. 3-16: Carcasa Base. Despliegue.

3.3.2.3 Tapa Carcasa

Ubicada en la parte superior, la pieza está diseñada para encajar quedando simplemente apoyada y es extraíble permitiendo reabastecer la tostadora con las rebanadas de pan de molde con facilidad. Las salientes facilitan acomodar el pan. En el corte rectangular de la parte superior se coloca un cristal transparente para vigilar el abastecimiento de pan.

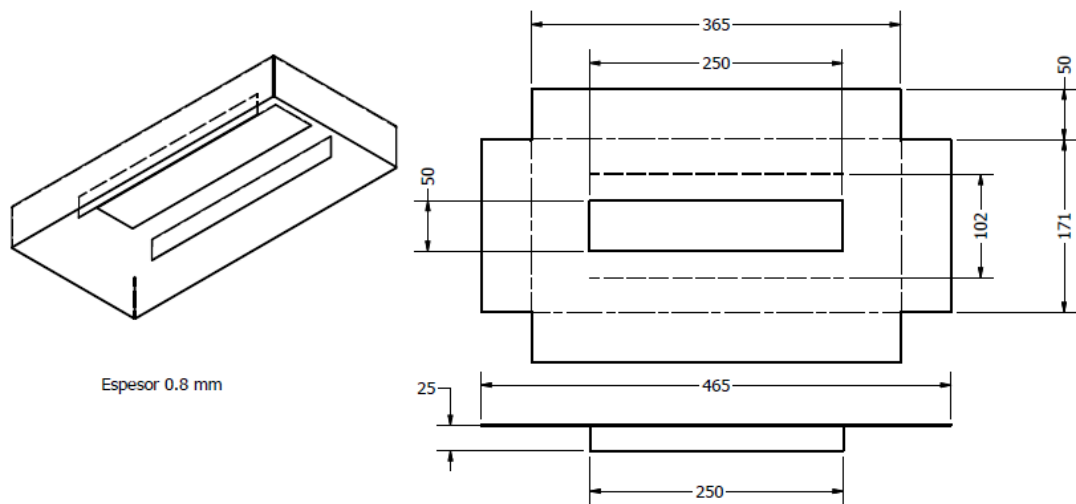


Figura. 3-17: Tapa de la Carcasa. Despliegue.

3.3.3 Chapa base del pan de molde

Esta pieza es la base de la sección donde se almacena el pan. Posee un corte en la parte intermedia donde va la paleta que empuja el pan hacia la rendija ubicada al final donde caen las rebanadas. Dos salientes restringen el movimiento del pan hacia los lados.

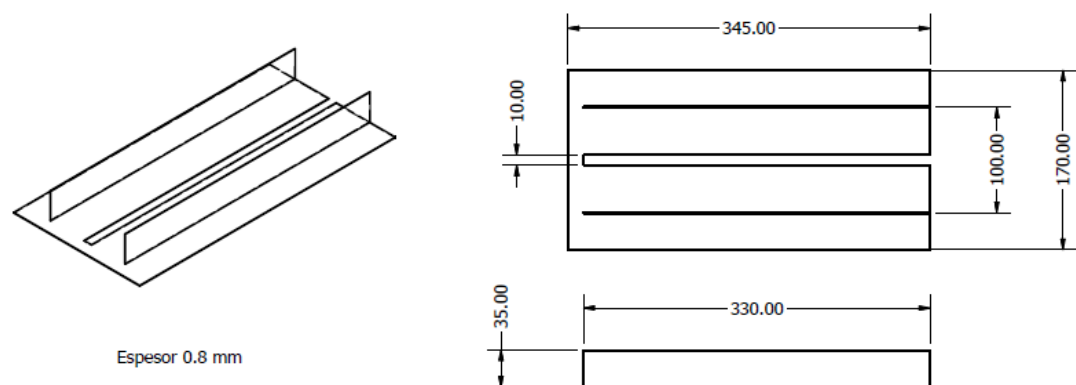
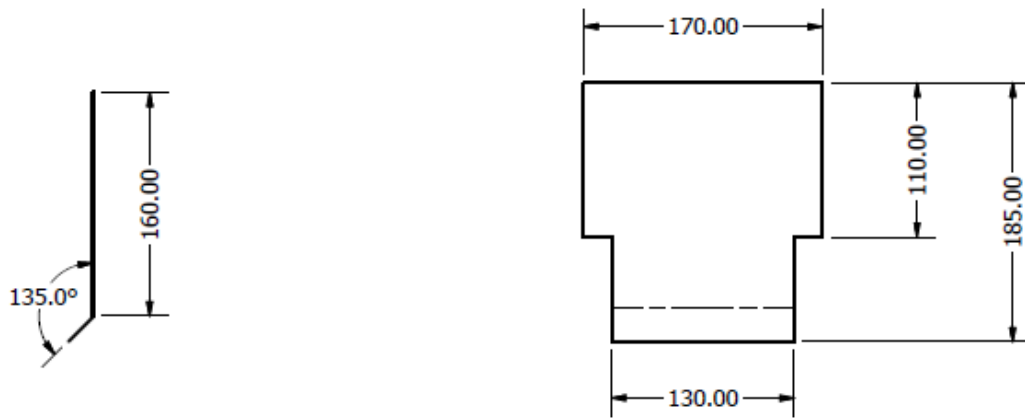


Figura. 3-18: Chapa base del pan de molde

3.3.4 Rampa para las rebanadas

Ubicada al final de la sección donde se almacena el pan, posee un ángulo de 45 grados al final que acomoda la rebanada antes de caer sobre la faja, donde pasará al área de los calentadores.



Espesor 0.8 mm

Figura. 3-19: Rampa para las rebanadas. Despliegue.

3.3.5 Bandeja giratoria

Sobre la bandeja se ubica el plato donde se presentan las rebanadas al final del proceso. Los agujeros M3 están puestos acorde a la montura de aluminio que viene como accesorio con los motores de paso.

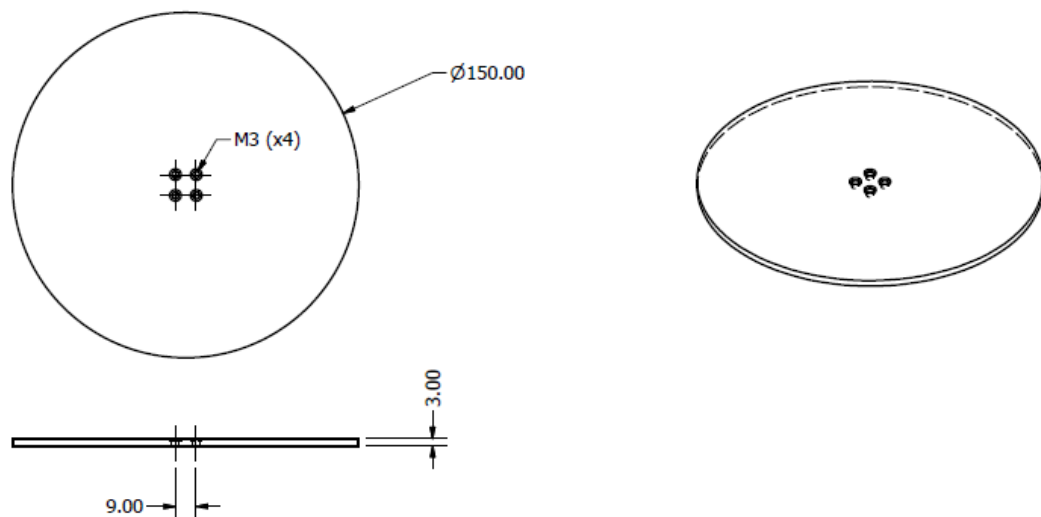


Figura. 3-20: Bandeja giratoria.

3.3.6 Paleta para el pan de molde

La paleta de poliestireno armada en 2 piezas se coloca en la rendija de la base del pan y es guiada por una faja en la parte inferior accionada por uno de los motores a paso. Se procuró tener un área amplia en la parte frontal similar al área del pan, ya que de otra manera podría hundirse en el pan antes de empujarlo.

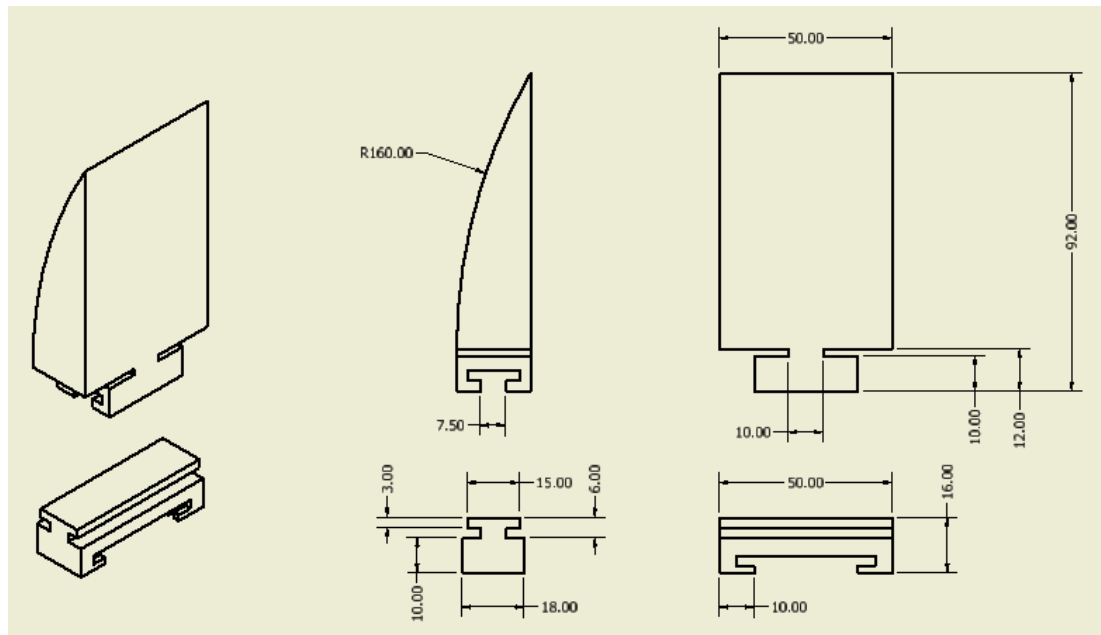


Figura. 3-21: Paleta para pan de molde.

3.3.7 Soporte del calentador

El soporte cumple con 2 funciones: facilitar la fijación de los calentadores y ayudar a aislar del calor al resto de componentes.

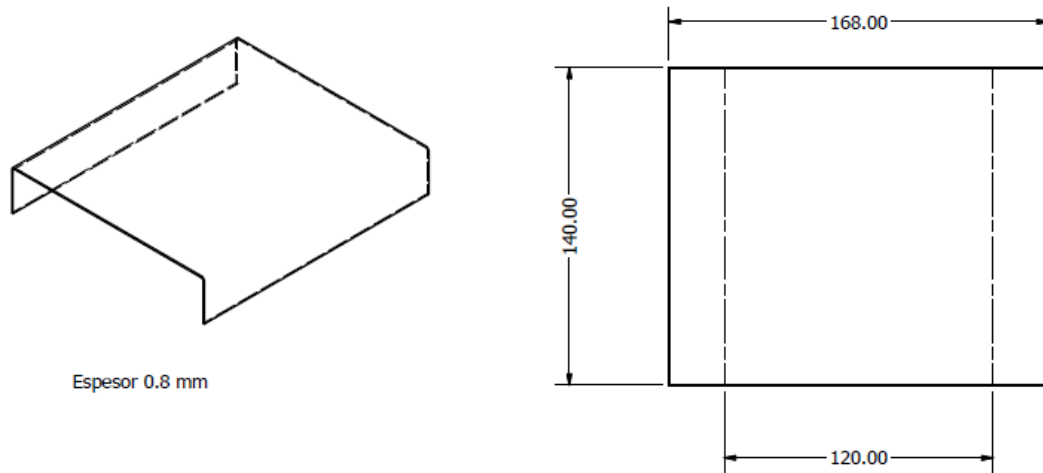


Figura. 3-22: Soporte del calentador. Despliegue

3.3.8 Faja transportadora

Para el transporte de las rebanadas se emplea una malla de acero inoxidable recomendada para aplicaciones de procesamiento de alimentos y que permita tostar el pan por ambos lados. La malla tendrá un ancho de 100 mm y una longitud total de 658 mm con una vuelta de 50 mm de diámetro.

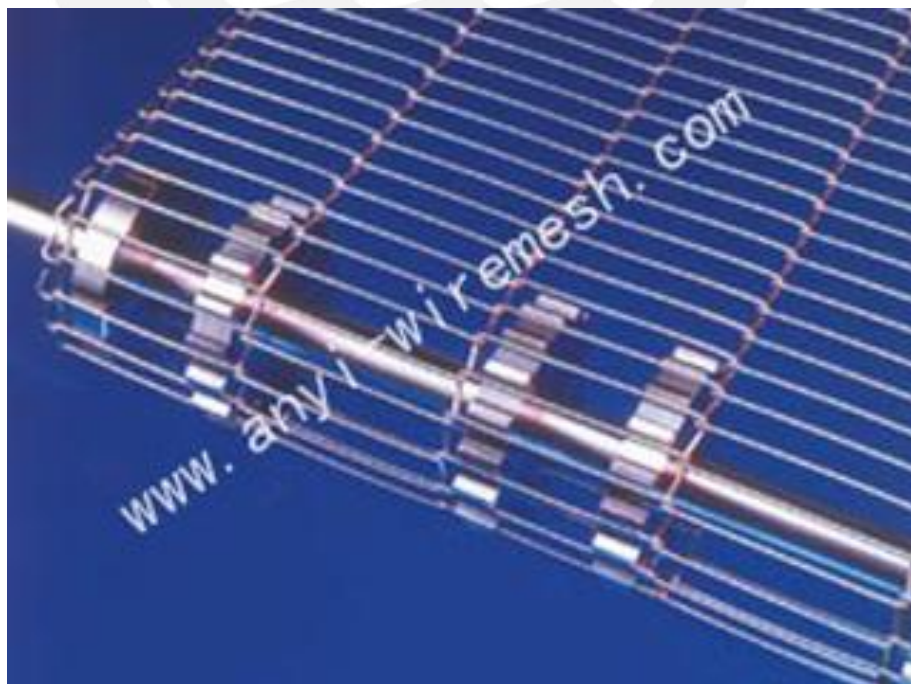


Figura. 3-23: Faja transportadora de malla.

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

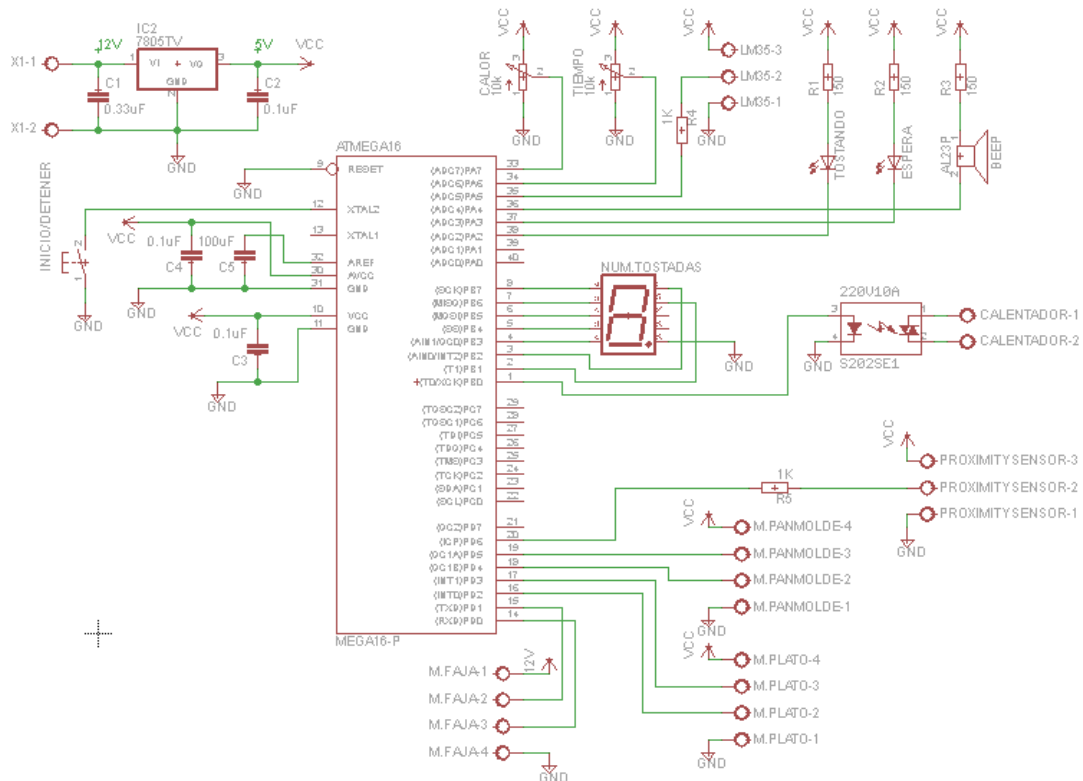


Figura. 3-24: Diagrama esquemático del circuito de control.

En la figura 3-24 se observa el diagrama esquemático del circuito de control. Esta tarjeta se encarga de realizar el control mediante un microcontrolador ATmega-16. El circuito trabaja a 5V, a excepción del motor de la faja que trabaja a 12V. Por ello se usará una fuente rectificadora que convierta 220V AC en 12V DC y luego un regulador de voltaje LM7805 para convertirlo a 5V para el circuito. La línea de 5V está denominada como VCC en el diagrama.

Se observa en la parte superior los potenciómetros para el nivel de calor y tiempo de tostado, el sensor de temperatura LM35, los LEDs indicadores y el speaker. En la parte intermedia el display 7 segmentos y el calentador controlado mediante un Solid State Relay (SSR). En la parte inferior se observa la conexión a los motores de paso, controlados mediante un driver.

3.4.1 Sensor de temperatura, fotoeléctrico y calentadores

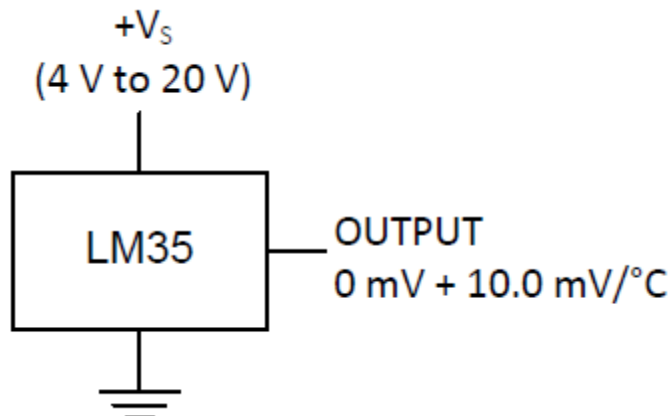
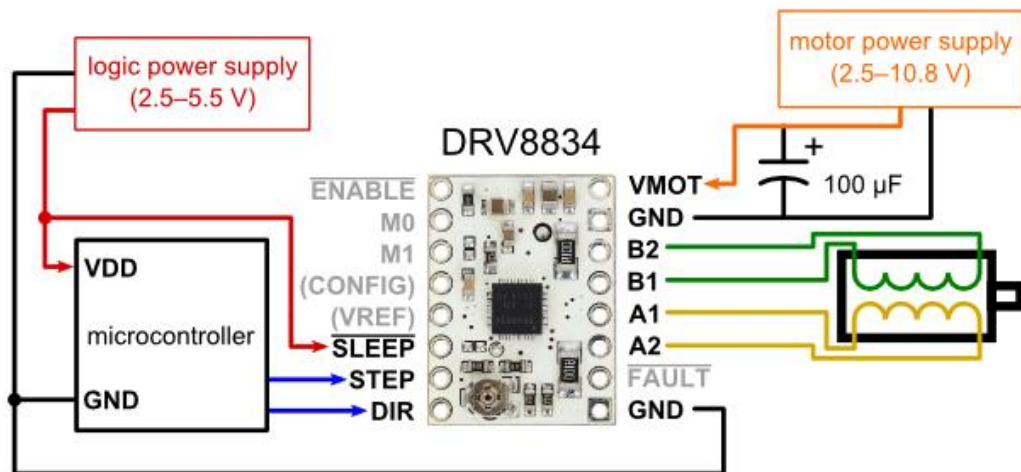


Figura. 3-25: Diagrama de la hoja de datos del sensor de temperatura.

El sensor de temperatura LM35 entrega una señal analógica proporcional a la temperatura sensada, en un rango de +2°C a +150°C. Para el control del calentador se usará un relé de estado sólido (SSR) con señal de control de 5V y circuito de potencia alterna 220V. Dado que el calentador se seleccionó de 900W, se eligió un relé de 30A@220VAC. [3]

3.4.2 Motores

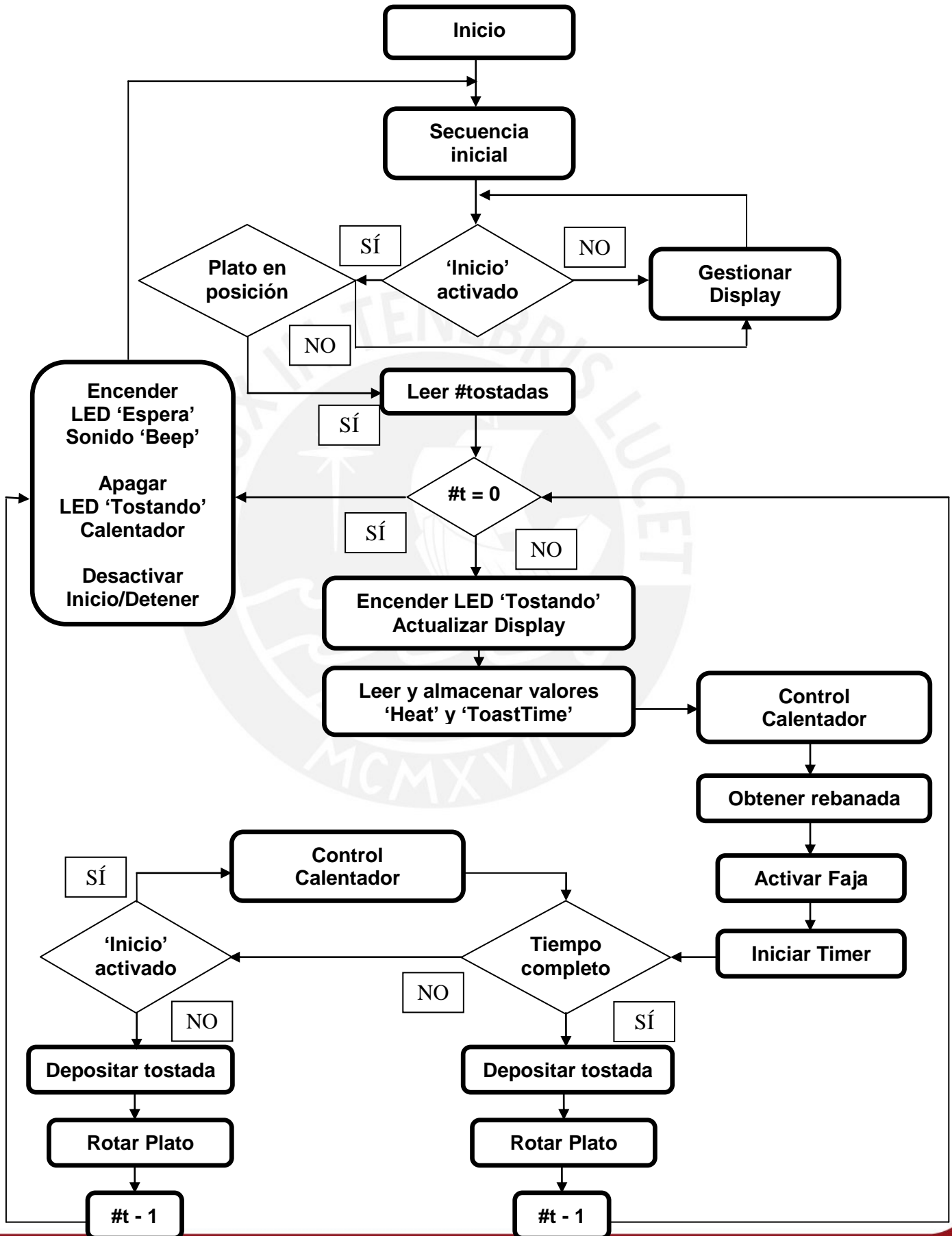


Minimal wiring diagram for connecting a microcontroller to a DRV8834 stepper motor driver carrier (1/4-step mode).

Figura. 3-26: Diagrama del driver de los motores de paso.

Los motores de paso son controlados mediante el driver DRV8834, proporcionado por el proveedor. Este modelo permite controlar motores entre 2.5 a 10.8V con una corriente de hasta 1.5A sin necesidad de enfriamiento. Los motores seleccionados funcionan a 4V y 1.2A. En el caso del motor de la faja se realimenta mediante encoder.

3.5 Diagramas de flujo del programa de control



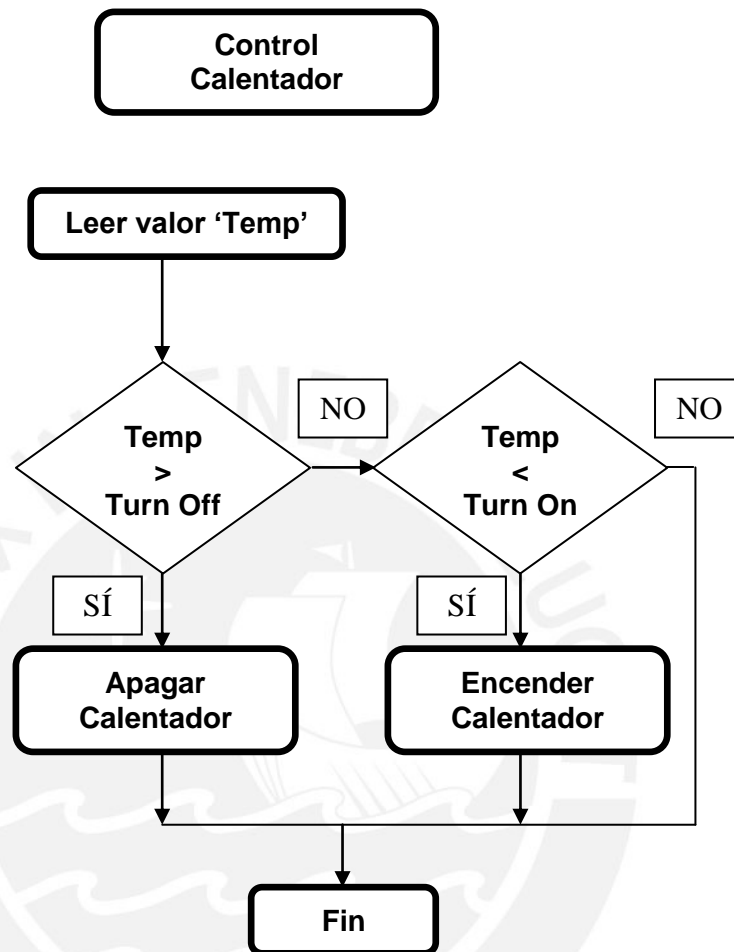
La secuencia inicial comprende la inicialización de variables, como el valor de temperatura, el tiempo seleccionado y el contador interno para el tiempo. Además activa el LED de 'Espera' por defecto.

La interfaz de usuario comprende un botón de Inicio/Detener, 2 botones para aumentar/disminuir el pedido de tostadas y 2 ruedas para seleccionar el nivel y tiempo de tostado. Mientras el botón de Inicio permanece desactivado, es posible modificar la cantidad de tostadas en la función de 'Gestionar Display' y éstas son mostradas en el display. Una vez activado el botón de Inicio, el sistema verifica la presencia del plato sobre la bandeja, toma los datos de Nivel de Calor y Tiempo seleccionados en ese momento y comienza con el proceso de tostado. El nivel de temperatura del calentador se regula con la función de 'Control Calentador'

Mientras el botón de Inicio/Detener esté activado, el sistema bloquea el número de pedidos pues sólo están disponibles en 'Gestionar Display', pero permite cambios en el nivel y tiempo de tostado, que son tomados en cuenta al finalizar una tostada y comenzar la siguiente, no afectando la que esté en proceso. Si bien lo recomendable es trabajar con una sola configuración para un mismo pedido, la posibilidad de modificarla queda como opción para el usuario. En el intervalo entre una tostada y otra, el sistema actualiza los pedidos verificando si no se han cumplido todos. Dado el caso de cumplirse con los pedidos, se procede a la secuencia final descrita en el siguiente párrafo.

Si el botón de Inicio/Detener es desactivado durante el tostado, el sistema lo detectará mientras controla el tiempo de tostado, depositará la tostada en proceso en el plato y ejecutará la secuencia final donde se apaga el calentador y actualizarán los indicadores, para finalmente volver a inicializar las variables internas. Aquí el sistema permite modificar una vez más el número de pedidos. Mientras el botón de Inicio/Detener permanezca activado, el sistema estará en un bucle de verificar tiempo y temperatura hasta que se cumpla el tiempo requerido durante la fase de tostado.

3.5.1 Control on-off



El control on-off es el tipo más simple de control y es usado en casi todos los hornos-tostadores domésticos. Cuando la temperatura es menor de la deseada, el calentador se enciende. Luego de alcanzar la temperatura deseada, el calentador se apaga. El calentador no varía su intensidad, tan sólo es encendido y apagado y mantiene ese estado hasta regresar al bucle.

El control on-off puede ser usado en aplicaciones no-críticas, cuando una ligera variación en la salida es aceptable. Sistemas como éste son baratos, efectivos y representan una buena elección de diseño. [1]

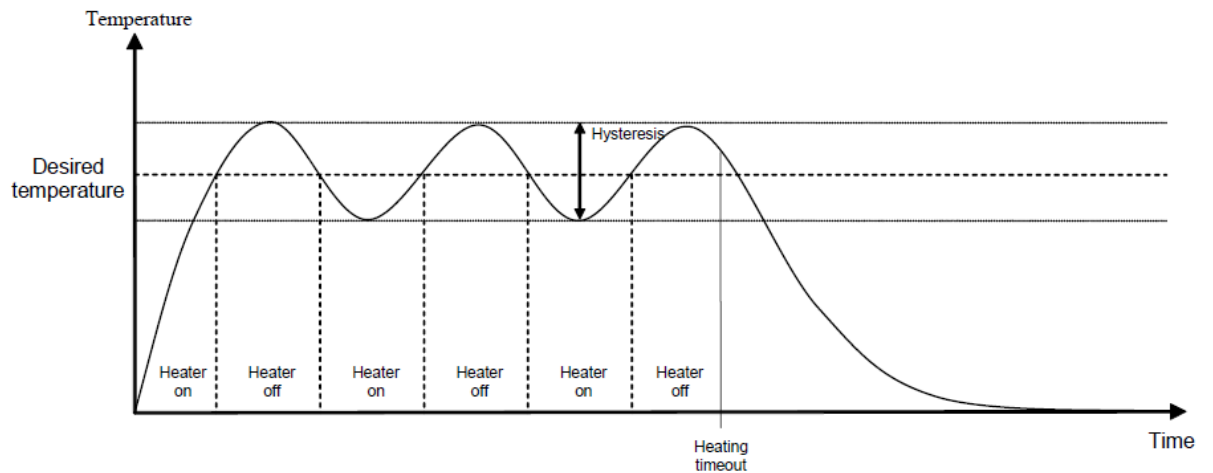


Figura. 3-27: Comportamiento del sistema on-off. [1]

La función de Control Calentador utiliza un bucle de control on/off entre 2 fronteras. La variable 'Temp' corresponde a la temperatura dada por el sensor. Cuando la temperatura supera el nivel de "turn off", el calentador se apaga y cuando está por debajo del "turn on", se enciende.

Capítulo 4

Presupuesto

Se detalla a continuación el presupuesto de los principales elementos del sistema, tanto en la parte mecánica como en la parte electrónica. Se consideraron el precio unitario para la fabricación de 100 tostadoras, además de los gastos de envío y de los siguientes impuestos aplicables: Ad valorem (6%) y el Impuesto General a la Venta (18%). [7]

Tabla 4-1: Cotización parte electrónica

Cotización parte Electrónica					
Producto	Cantidad	Precio \$	Total \$	Proveedor	
Stepper Motor: Unipolar/Bipolar #1200	2	15,96	31,92	Pololu	
DRV8834 Motor Driver	3	3,95	11,85		
Stamped Aluminum L-Bracket	2	3,12	6,24		
Universal Aluminum Mounting Hub	1	6,74	6,74		
172:1 Metal Gearmotor 25Dx56L mm HP	1	19,76	19,76		
25D Metal Gearmotor Bracket Pair	1	6,33	6,33		
Envío	-	-	14,95		
Impuestos	-	-	19,88		
LM35 Sensor de Temperatura	1	18,644	18,644		Digikey
Atmega-16	1	1,4783	1,4783		
Regulador LM7805	1	0,67	0,67		
TDK-Lambda LS75-12	1	25,08	25,08		
Capacitor 100uF	1	0,95	0,95		
Capacitor 0,33uF	1	0,3	0,3		
Capacitor 0.1uF	3	0,48	1,44		
Resistencia 150 ohm	3	0,1	0,3		
Potenciómetro 10k	2	0,9	1,8		
Display 7 segmentos	1	3,8	3,8		
Speaker	1	3,28	3,28		
Relé	1	4	4		
Envío	-	-	100		
Impuestos	-	-	14,82		
Mica Heating Element 220V 900W	2	12	24	Abhi Corp.	
			318,23		

Tabla 4-2: Cotización parte mecánica

Cotización parte Mecánica				
Producto	Material	Precio \$	Impuestos	Total \$
Estructura	ASTM A 36	27,50	4,95	32,45
Carcasa, chapas y mecanizado	AISI 304	155,00	27,9	182,90
Faja de malla	Acero inoxidable	15,00	2,7	17,70
Paleta	Polietireno	5,00	0,9	5,90
				238,95

Tabla 4-3: Cotización del Sistema Mecatrónico

Cotización del Sistema Mecatrónico	
Parte Mecánica \$	238,95
Parte Electrónica \$	318,23
Total \$	557,18



Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Este diseño muestra un sistema mecatrónico de tostadora orientado a ofrecer facilidades para su uso en restaurantes que no se encuentran comúnmente en los modelos comerciales, tales como el abastecimiento de un molde de aproximadamente 500 gramos y la presentación de la orden final. El abastecimiento permite trabajar por periodos más largos depositando un paquete de pan de molde completo, a diferencia de la mayoría de modelos comerciales que necesitan abastecerse tostada por tostada. Por otro lado la presentación final del producto resultante mejora su prestación al rubro de servicio.

Estas propuestas pueden servir para mejorar diseños industriales existentes enfocados principalmente en el volumen de producción.

5.2 Recomendaciones

- Con un sistema con varios actuadores internos, sería oportuno contar con sensores que alerten de su correcto funcionamiento durante el proceso y cierre el lazo del mismo. Por ejemplo, conocer la posición de la rebanada durante el proceso, en caso termine en una posición indeseada que altere el resultado esperado.
- Es posible realizar modificaciones a este modelo agregando líneas paralelas de tostado que permitan aumentar la capacidad de producción, dando como resultado una máquina más voluminosa pero apta para mayores exigencias.

Bibliografía

- [1] Freescale Semicondutor
2007 "Toaster Oven Control System Using MC9S08QD2" Samuel Quiroz Corkidi, RTAC Americas
<www.freescale.com>
- [2] POLOLU, Robotics and electronics
2014 Stepper Motors. Consulta 15 de septiembre de 2014.
<<http://www.pololu.com/category/87/stepper-motors>>
- [3] SPARKFUN ELECTRONICS
2014 Controllable Power Outlet. Consulta 23 de noviembre de 2014
<<https://www.sparkfun.com/tutorials/119>>
- [4] ALLOY WIRE INTERNATIONAL
2014 Heating Element Design. Consulta 22 de noviembre de 2014
<http://www.alloywire.com/heating_element_design.html>
- [5] WIRE MESH PRODUCTS
2014 "Comparison among 3 drive styles for food industry"
<<http://wire-mesh.com/belts-101/>>
- [6] MICAMAFCO
2014 Mica Heating Elements. Consulta 22 de noviembre de 2014
<<http://www.micaworld.in/micaheatingelements.html>>
- [7] SUNAT
2014 "Tributación aduanera". Consulta 26 de noviembre de 2014
<<http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informag/tribadua.htm>>
- [8] DAILY MAIL
2014 "The perfect piece of toast: Scientist test 2000 slices and find 216 seconds is the optimum time" 22 July 2011
<<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2017338/The-perfect-piece-toast-Scientists-test-2-000-slices-216-seconds-optimum-time.html>>
- [9] TOASTER ARTICLES
2014 "Toasters: The Inside Story". Consulta 29 agosto de 2014
<<http://www.toaster.org/works.html>>
- [10] MOTT, Robert L.
2006 "Diseño de elementos de máquinas". Naucalpan de Juarez: Pearse Educación. 4^{ta} ed.
- [11] Malvino, Albert.
2000 "Principios de electrónica". McGraw Hill; España. 6^{ta} ed.