

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### MÁQUINA PARA HACER POLLOS A LA BRASA

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

**Frank Carlos Blanco Victorio**

**ASESOR: Ing. Carlos Alfredo Ugarte Palomino**

Lima, Abril de 2015

# Resumen

Actualmente, la gastronomía peruana se encuentra en un crecimiento exponencial, lo cual impulsa el incremento de restaurantes que se especializan en la comida nacional. El plato bandera del Perú es el pollo a la brasa ya que su aceptación es mayor que la del ceviche. Esta especialidad culinaria es servida en las pollerías; en las cuales, la buena atención, la rapidez del servicio y la calidad del pollo son los tres aspectos relevantes que marcan la diferencia.

Por otro lado, con el desarrollo industrial y el avance tecnológico se ha desarrollado nuevos métodos, técnicas y máquinas, con los cuales se obtienen productos de mejor calidad a un menor tiempo, evitando así, un producto final que no alcance los niveles de calidad que exige el público.

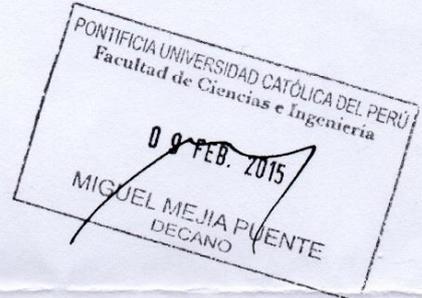
En el ámbito de la cocina, el uso de máquinas capaces de realizar tareas repetitivas y en tiempo real se desarrolló con el objetivo de facilitar los trabajos culinarios. Logrando una mejor calidad de los productos con menor esfuerzo y en menos tiempo, en comparación con la cocina tradicional. En la actualidad, se encuentran una gran variedad de sistemas para cortar, rebanar, cocinar y otras que son de tareas especializadas.

Cocinar pollos a la brasa en un horno es una tarea compleja, a pesar que a simple vista es una actividad sencilla. Por ejemplo, introducir la barra de pollos, esperar que se cocinen, retirarlos y cortarlos en cuartos son las principales acciones. Sin embargo, dichas tareas deben estar controladas y monitoreadas por el cocinero de pollos a la brasa; quien, en muchas pollerías, también sirve los platos. Estas funciones adicionales hacen que el encargado, descuide el control de la cocción de pollos, por ende, la calidad de los pollos es baja y el tiempo que demora en atender a los comensales aumenta, generando incomodidad en los usuarios.

El objetivo de esta tesis es diseñar un sistema mecatrónico que permita realizar los procesos mencionados, desde el ingreso de la barra con pollos hasta la salida de los pollos cocidos y cortados en cuartos. El sistema se ha considerado como una línea de producción dividido en cinco partes; el ingreso del pollo, la cocción del pollo, la salida del horno, el corte del pollo y la manipulación de carbón. El uso de sensores y motores en la línea de producción asegura un alto nivel de precisión y control del funcionamiento.

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

Título : Máquina para hacer pollos a la brasa  
Asesor : Carlos Ugarte  
Alumno : Frank Carlos Blanco Victorio  
Código : 20100798  
Tema N° : 62  
Fecha : 19/12/14

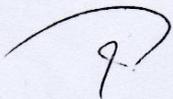


**Descripción y Objetivos**

El objetivo de esta tesis es diseñar un sistema mecatrónico que permita realizar los procesos mencionados, desde el ingreso de la barra con pollos hasta la salida de los pollos cocidos y cortados en cuartos. El sistema se ha considerado como una línea de producción dividido en cinco partes; el ingreso del pollo, la cocción del pollo, la salida del horno, el corte del pollo y la manipulación de carbón. El uso de sensores y motores en la línea de producción asegura un alto nivel de precisión y control del funcionamiento.

Se propondrá la creación un prototipo de sistema mecatrónico que permite realizar los procesos antes mencionadas. Además, se propone un control adecuado del ingreso de las barras con pollos, la verificación de una adecuada cocción y el corte de los pollos en cuartos. Con esta máquina se pretende mejorar la calidad, productividad de la pollería y reducir el tiempo de cocción. Asimismo, se pretende contar con una gran demanda en el mercado internacional porque no existe antecedente de ningún mecanismo autónomo especializado que realiza esta función

*Errika P. Madrid R.*



# Índice

1. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
2. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA MECATRÓNICO Y PRESENTACIÓN DEL CONCEPTO.....	3
2.1    Requerimientos del sistema mecatrónico.....	3
2.2    Concepto del sistema mecatrónico.....	5
3. SISTEMA MECATRÓNICO.....	8
3.1    Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	8
3.1.1    Ingreso de pollo.....	8
3.1.2    Transportar la barra con pollo desde la entrada al horno.....	8
3.1.3    Cocción de pollos en el horno.....	9
3.1.4    Transportar la barra con pollos desde el horno a la salida.....	9
3.1.5    Etapa de corte.....	10
3.1.6    Salida final del pollo.....	11
3.1.7    Manipulación de gases.....	11
3.1.8    Manipulación del carbón.....	11
3.2    Sensores y actuadores.....	13
3.2.1    Sensor de temperatura.....	13
3.2.2    Sensor de proximidad.....	13
3.2.3    Sensor de presencia.....	15
3.2.4    Sensor laser de temperatura.....	16
3.2.5    Actuador lineal eléctrico.....	17
3.2.6    Motores DC.....	18
3.2.7    Motores AC.....	19
3.3    Planos del sistema mecatrónico.....	21
3.3.1    Ingreso de la barra con pollos.....	21
3.3.1.1    Puerta de entrada con manija.....	21
3.3.1.2    Brazo de la puerta de entrada.....	21
3.3.1.3    Brazo derecho e izquierdo que reciben la barra con pollos.....	22

3.3.2	Transporte de la barra al horno.....	23
3.3.2.1	Puerta de horno.....	23
3.3.2.2	Biela de transmisión de movimiento.....	24
3.3.2.3	Pared guía.....	24
3.3.3	Horno y transporte al sistema de corte.....	26
3.3.3.1	Cubierta puerta horno.....	26
3.3.3.2	Cubiertas laterales del horno.....	27
3.3.3.3	Base del horno.....	27
3.3.4	Corte del pollo.....	29
3.3.5	Salida de pollo.....	30
3.4	Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	32
3.4.1	Arduino Mega 2560.....	32
3.4.2	Controlador de motor MC33926.....	33
3.4.3	Controlador de motor VNH5019.....	34
3.4.4	Fuente positiva variable hibrida regulada 1.2V a 30V 5A.....	35
3.5	Diagramas de flujo del programa de control.....	36
3.5.1	Diagrama de flujo principal.....	36
3.5.2	Diagrama de flujo del proceso de entrada de barra al horno.....	39
3.5.3	Diagrama de flujo de la salida de la barra del horno.....	40
3.5.4	Diagrama de flujo del proceso de corte.....	41
4.	PRESUPUESTO.....	42
4.1	Sensores.....	42
4.2	Microcontroladores y circuitos creados.....	42
4.3	Componentes electrónicos adicionales.....	43
4.4	Actuadores y accesorios.....	43
4.5	Sistema completo para horno de pollo a la brasa.....	44
4.6	Componentes mecánicos.....	45
4.7	Planchas.....	46
4.8	Piezas Fundidas.....	46
4.9	Presupuesto total.....	47
5.	CONCLUSIONES.....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	49

# Capítulo 1

## Presentación de la problemática

La cocción del pollo a la brasa es una tarea compleja y ardua, a pesar que, a simple vista no se considere de esa manera. Las tareas del cocinero de pollos a la brasa son: observar de forma continua el proceso de cocción para identificar si los pollos ya están cocidos, verificar si la temperatura del horno es la correcta y si la cantidad de carbón es la adecuada. Para cada decisión y medición que realiza el cocinero no utiliza ningún instrumento electrónico especializado; simplemente se basa en su experiencia. En muchas pollerías, se encargan también de servir los platos. Esta rutina causa irritación en los ojos, quemaduras, fatiga y cansancio en los responsables del procedimiento debido a que los hornos tradicionales no cuentan con un aislamiento, sino, por el contrario, el usuario se encuentra expuesto a altas temperaturas, en promedio están expuestos a 280° C

El método tradicional de preparación, muchas veces, es criticado por los comensales. Esto se debe a que el cocinero solo se basa en su experiencia, por ende, la calidad de los pollos es baja. No obstante, el tiempo de espera de una orden se puede prolongar en momentos de alta concurrencia, hasta cerca de una hora, lo que causa incomodidad en los comensales. Cabe señalar que en algunas

pollerías, el tratamiento equivocado de los residuos de carbón y el mal manejo de los gases que se emiten de la cocción son otras razones para que los clientes se encuentren insatisfechos e incómodos. Todas esas razones, convierten a una pollería en un ambiente poco acogedor y con una mala calidad de productos.

Por tales motivos, se propone una solución que es la creación de un prototipo de sistema mecatrónico que permite realizar los procesos antes mencionados. Además, se propone un control adecuado del ingreso de las barras con pollos, la verificación de una adecuada cocción y el corte de los pollos en cuartos. Con esta máquina se propone mejorar la calidad, productividad de la pollería y reducir el tiempo de cocción.

Tras realizar una encuesta descriptiva con técnicas cuantitativas y cualitativas, se muestra la encuesta y se detalla los resultados en el Anexo 36; se observó que los usuarios necesitan una mejor calidad de producto y una atención más rápida. Esto se debe a que en el mercado nacional se encuentra a la venta hornos para pollos a la brasa tradicionales con capacidad promedio de 24 pollos. Estos hornos, en la mayoría de ocasiones, no tiene la capacidad para abastecer satisfactoriamente a las pollerías.

Cabe mencionar que en el mercado existen hornos con capacidad de 48 pollos; sin embargo, los dueños de las pollerías no los consideran adecuados para el trabajo. Las razones de ello son las siguientes: las dimensiones de los mecanismos son muy grandes, tienen un costo elevado, la implementación del horno en las pollerías requiere un acondicionamiento especial y el mantenimiento tiene un costo elevado. Además, su uso genera costos adicionales porque la potencia para el funcionamiento del horno es elevado.

A continuación se desarrollará, explicará y detallará el prototipo de solución para el cual se analizó un método adecuado de realizar las tareas requeridas de manera sencilla y fácil de operar para el usuario y se elaboró su respectivo diseño.

## Capítulo 2

### Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

#### 2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Ante lo expuesto anteriormente en el Capítulo 1, se requiere diseñar y construir una máquina que se encargue de la cocción del pollo y su corte en cuartos. Para ello, primero se identificó los procesos necesarios, estos no son solo secuenciales, sino, también, se dan de manera paralela:

- a. Ingreso de la barra de pollos al horno.
- b. Cocción de los pollos (horno propiamente dicho)
- c. Salida de la barra del horno y el paso a la etapa de corte
- d. Etapa de corte de los pollos en cuartos
- e. Manejo del carbón y de los gases de combustión

Se ha diseñado un sistema mecatrónico capaz de ejecutar los procesos mencionados de manera monitorizada y efectiva. El funcionamiento debe ser simple, de modo que pueda ser usado y entendido por el usuario sin tener complicaciones. Este prototipo de máquina se ha desarrollado por medio de mecanismos, circuitos de control, sensores y actuadores que cumplan los siguientes requerimientos:

### 2.1.1 Requerimientos Mecánicos:

- Diseñado para tener una capacidad de abastecimiento aproximado de 30 pollos/hora con el uso de sensores de temperatura y temporizadores.
- Abastecimiento de los pollos cortados en cuartos con el uso de cuchillas y sierras.
- Las paredes del mecanismo en contacto con alimentos debe ser de acero inoxidable para no contaminar el pollo.
- Cumplir con las medidas de salud requeridas para la comida, detalladas en el Anexo 35.
- El diseño cumplirá con las normas sanitarias correspondientes a procesos con alimentos.
- Dimensiones máximas de 1.80m x 1.50m x 2.00m para poder ser comercial y adecuado para ambientes pequeños.
- El diseño debería tener aislamiento térmico para incrementar la eficiencia de la cocción.
- Evitar que los humos se impregnen a la carne mientras se cose.
- Cada parte que manipule el usuario estará diseñado ergonómicamente para su fácil uso.
- Evacuación y expulsión de los gases con bajos niveles de contaminación sin perturbar el ambiente.
- Fácil mantenimiento

### 2.1.2 Requerimientos Electrónicos:

- Permitir un funcionamiento seguro, los tomacorrientes debidamente instalados, los cables con protección para altas temperaturas, un adecuado aislamiento y un área limpia
- Sensores para identificar los diferentes elementos en las etapas de todo el proceso.
- Capacidad de memoria suficiente para almacenar las últimas posiciones y realizar una inicialización de acuerdo a su última posición.
- El mecanismo debe tener dos controladores que se encargue de recibir la información de los diferentes sensores y poner en funcionamiento todas las funciones requeridas para la cocción.

- Distribución adecuada de energía y protección de los cables de alimentación.

### 2.1.3 Requerimientos de Control:

- El mecanismo debe tener un funcionamiento autónomo, solo el encendido debe ser manual.
- Los controladores deberán controlar adecuadamente los actuadores durante las funciones de ingreso de barras, salida de barras del horno, la etapa de corte y el manejo de carbón.
- Interfaz amigable para el usuario

## 2.2 Concepto del sistema mecatrónico

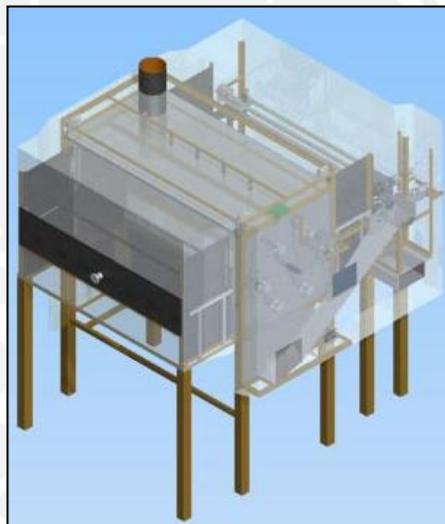


Fig. 2-1: Vista Isométrica

En la figura 2-1 se muestra una vista general del prototipo del Horno para pollos. En el lado izquierdo se observa la puerta de entrada, la cual cuenta con un mecanismo de auto-bloqueo al abrir, se detalla en el Anexo 3. La barra es introducida al mecanismo con los pollos sazonados, esto es una condición que las pollerías tienen porque según lo investigado, la sazón es el elemento diferenciador y característico. La barra, una vez dentro del mecanismo, es detectada por los sensores de proximidad, estos a su vez, activan los motores para el ingreso de la barra al horno, este mecanismo se detalla en el Anexo 4. Los sensores de proximidad son esenciales porque no solo detectan el ingreso de una barra, sino, también,

aseguran el correcto posicionamiento del mismo. Sin estos requerimientos no se inicia el proceso.

Asimismo en la figura 2-1, se observa la cubierta superior del mecanismo, donde se encuentra el conducto destinado a la expulsión de humos y gases, dentro del conducto se encuentra un filtro destinado a purificar las emisiones, de esa manera se pretende cumplir con las normas ambientales. Del mismo modo, se observa la termocupla, sensor que tiene por objetivo determinar la temperatura del horno, el procedimiento se detalla en el Anexo 8. Los sensores laser, ubicados cerca del sensor de temperatura, son utilizados para medir la temperatura de los pollos, se usa sensores no invasivos para evitar dañar el producto y darle mal aspecto al momento de servir la forma de medición se detalla en el Anexo 7.

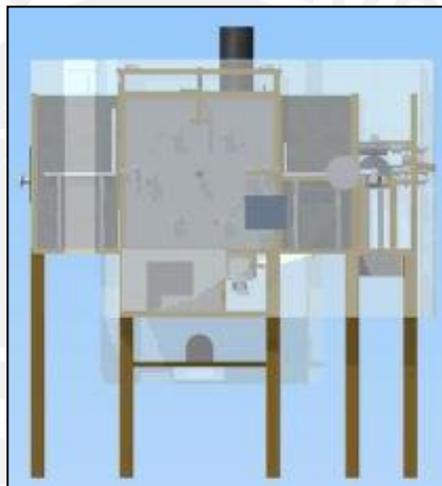


Fig. 2-2: Vista Lateral

En la figura 2-2 se puede apreciar con más detalle el panel de control, que cuenta con botón de encendido, apagado y de parada de emergencia. Además, cuenta con una pantalla LCD, donde el usuario observa el desarrollo del proceso. El usuario no tiene una intervención en el proceso porque el sistema es autónomo. El tablero cuenta con una sirena y led de alerta, los momentos de peligro son detallados en el Anexo 73.

En la parte frontal de la Figura 2-2 se aprecia la salida del contenedor de las cenizas, el depósito se desliza debajo del carbón. Asimismo, se observa la salida del pollo y el recipiente donde se almacenará las barras calientes de pollo que terminan el proceso.

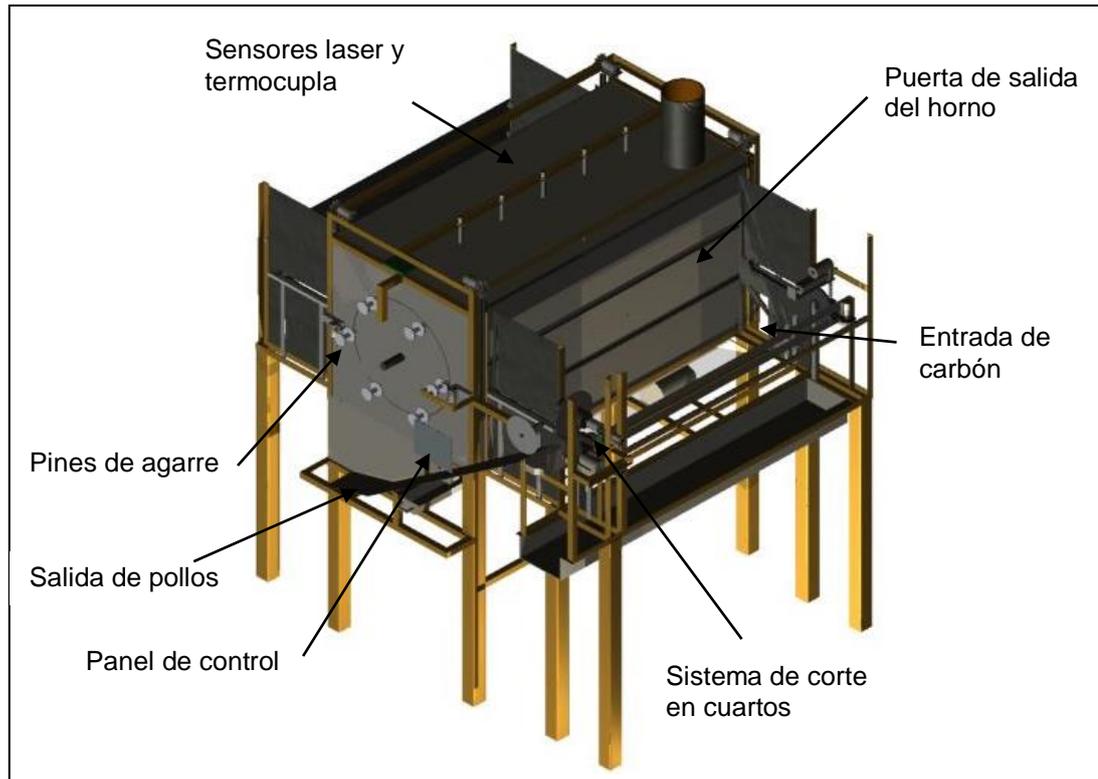


Fig. 2-3: Componentes del sistema mecatrónico

En la figura 2-3 se presenta los componentes más importantes del sistema mecatrónico, con ello se visualiza mejor el funcionamiento. Se tiene los pines de agarre, su mecanismo es detallado está en el Anexo 6, la rampa de la salida de los pollos es donde los pollos esperan ser cogidos por el usuario para ser servidos.

Asimismo, se muestra dos grandes sistemas que son el de la entrada del carbón, su funcionamiento se detalla en el Anexo 4 y el proceso de corte del pollo en cuartos. Este último proceso se divide en tres etapas. En primer lugar, se realiza el corte inferior del pollo. En segundo lugar, el corte divide el pollo a la mitad y lo separa. Por último, el tercer corte termina separando el pollo en cuatro pedazos.

Los sensores laser y la termocupla están descritas con la ayuda de la figura 2-1. Por otro lado, en la figura 2-3 se observa el sistema sin la carcasa, lo cual le da una visión más adecuada de los sub-sistemas existentes que cumplen con las exigencias mencionadas. La carcasa del sistema es fácilmente desmontable, esto es necesario para la correcta limpieza y mantenimiento del sistema evitando el mal funcionamiento o el daño permanente de la máquina.

## Capítulo 3

### Sistema mecatrónico

#### 3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

El diagrama de funcionamiento presenta el sistema mecatrónico como una línea de producción. La figura 3-1 presenta las 8 principales etapas de funcionamiento, las cuales representan los diversos procesos en paralelo que se debe realizar para conseguir el objetivo deseado.

##### 3.1.1 Ingreso de pollo:

La máquina cuenta con una puerta levadiza auto-bloqueable, la descripción del mecanismo se detalla en el Anexo 3. La puerta debe abrirse para colocar la barra con pollos en los brazos de ingreso, el análisis de resistencia de estos brazos se detalla en los Anexos 10 y 11, para el brazo derecho e izquierdo respectivamente. Esta etapa se encarga de detectar la presencia de una nueva barra de pollo y determinar si la barra de pollo se encuentra en la ubicación correcta. Si la barra se coloca de manera errónea el mecanismo no realiza ninguna acción hasta que el usuario cambie y posicione correctamente la barra.

##### 3.1.2 Transportar la barra con pollos desde la entrada al horno:

La etapa de transporte, detallado en el Anexo 4, moviliza la barra de la entrada del horno al interior de este. El proceso se realiza mediante un mecanismo biela-guía. El movimiento vertical de la puerta es posible mediante dos motores que se encuentran en la parte superior. Los motores están acoplados a un piñón, los cuales dirigen el movimiento de dos cadenas que elevan la puerta. Un extremo de la cadena se encuentra soldada a la puerta, de esa manera, cuando el piñón comienza a girar, la puerta se eleva. El otro extremo de la cadena tiene un

contrapeso para evitar generar un torque que no soporte los motores del motor; además, evite que la cadena abandone al piñón. Para el correcto funcionamiento se analizó la resistencia de los elementos del mecanismo, en el Anexo 17 se analiza el acople del eje del motor con el piñón. Seguidamente, en el Anexo 18 se analiza el eje del motor, para determinar si resiste el peso de la puerta y del contrapeso. En el Anexo 19 determina la cantidad de tornillos que necesita la base del motor y en el Anexo 20 se presenta el análisis de la resistencia a las fuerzas generadas por el movimiento.

Cuando la barra es posicionada en los soportes y abandona los brazos, es asegurada con pines en los soportes cuadrados del horno, la descripción detallada de este mecanismo se encuentra en el Anexo 6. Luego de posicionar la barra los brazos salen del horno.

### 3.1.3 Cocción de los pollos en el horno:

En esta etapa se espera aproximadamente 50 minutos, este tiempo es menor al tiempo promedio que demora la cocción en los hornos tradicionales. La ventaja de realizar la actividad en menor tiempo se debe al aislamiento del horno logrado por unas paredes compuestas de acero inoxidable, fibra de vidrio y aire. De esta manera se evita pérdidas considerables de calor; sin embargo, se mantiene la frescura y evita que se seque. El mecanismo de engranajes y funcionamiento del horno se detalla en el Anexo 5.

Después que haya transcurrido el tiempo estimado se comienza con el sensado de las temperaturas de los pollos, este proceso se detallada en el Anexo 7. Con ayuda de los sensores se determina la temperatura externa promedio de los pollos, con este valor se toma la decisión de retirar la barra del horno o dejar que permanezca más tiempo hasta que todos los pollos se encuentran dentro de las temperaturas aceptables de cocción.

### 3.1.4. Transportar la barra con pollos desde el horno a la salida:

El mecanismo de transporte, detallado en el Anexo 4, moviliza la barra con los pollos ya cocidos del horno a la salida del mismo. A diferencia del mecanismo de entrada, en esta etapa la barra sale junto con los brazos, el análisis de la resistencia de los brazos es detallado en los Anexos 12 y 13, para el brazo derecho e izquierdo respectivamente.

Antes que se realice las acciones mencionadas, debe cumplirse con el cumplimiento de dos condiciones o parámetros. La primera, es que la temperatura alcanzada por los pollos sea la adecuada. La segunda, es que se haya soltado el

pin de seguridad, el mecanismo se detalla en el Anexo 6. Con el cumplimiento de estas dos condiciones se procede a recoger la barra con los brazos de salida. Se cuenta con un sensor inductivo de proximidad para determinar si la barra ha sido recogida y posicionada correctamente. Luego de ello la puerta se cierra haciendo que los brazos que soportan la barra con los pollos se alejen del horno.

El movimiento vertical de la puerta es posible mediante el mismo mecanismo detallado en el punto 2, transporte de la barra de pollos de la entrada del horno al interior. Se realiza mediante dos motores que se encuentran en la parte superior. Los Anexos y análisis aplican a este mecanismo de igual forma que al de la entrada. Esta etapa también contempla el transporte de la salida de barras al sistema de corte. Este mecanismo empuja mediante una biela a la barra con los pollos ya cocidos a la etapa de corte, el análisis de la biela se detalla en el Anexo 22, dado que el torque ejercido en este movimiento es alto, se utiliza una tornillo sin fin y un engranaje, mecanismo que disminuye la velocidad pero aumenta el torque, el cálculo de ambos elementos se detalla en el Anexo 24. El análisis de la resistencia del pin que soporta ambos elementos se analiza en detalle en el Anexo 21.

#### 3.1.5. Etapa de corte:

En esta etapa los pollos son empujados por una plancha de hierro fundido recubierto para con las normas legales detalladas en el Anexo 35. El movimiento es lineal y se obtiene mediante un engranaje y una cremallera, se escogió este mecanismo porque la distancia que tiene que recorrer el círculo es aproximadamente de un metro, la selección de cremallera y engranaje se detalla en el Anexo 31, mientras se efectúa esta función, los pollos se van cortando por medio de cierras circulares por el otro extremo. Primero, el pollo es cortado por la parte inferior con una sierra circular, luego es abierto por medio de los rodillos y cortado en dos, también por una sierra circular. Se utilizan rodillos para pasar a la segunda etapa de proceso, en la cual es empujada por un actuador lineal, el pollo es cortado en dos partes más, una vez cortado en cuartos el pollo resbala por una pendiente, muestra que el pollo cae por la pendiente; después, espera ser servido. La espera no es muy larga, caso contrario afectaría a un correcto funcionamiento del sistema y se encenderían las alarmas de seguridad del mecanismo, detallados en el Anexo 73.

#### 3.1.6. Salida final del pollo:

En esta etapa el pollo espera un tiempo máximo en la salida, es decir, espera ser servido. Caso contrario, se emitirán las señales de emergencia de acuerdo al Anexo 73.

#### 3.1.7. Manipulación de gases:

Esta etapa se diseñó con la finalidad de cumplir con las necesidades y normativas de acuerdo a Ley de cuidado del medio ambiente detallado en el Anexo 35. Para conseguir lo deseado se usa un filtro que minimiza la contaminación del medio ambiente. Debido a que es un prototipo, no se está utilizando un sistema más complejo como un extractor de humos, esto se debe a temas de costo.

#### 3.1.8. Manipulación del carbón:

Este proceso se enfoca en al abastecimiento del carbón con el objetivo de mantener la temperatura adecuada del horno para la cocción de los pollos. Se cuenta con un almacén de carbón en la parte inferior del horno, cuando la temperatura del horno descienda a la temperatura crítica se levanta la compuerta del carbón mediante dos motores, un engranaje y una pequeña cremallera, y una determinada cantidad de carbón entra. El análisis de la temperatura del horno se detalla en el Anexo 8.

En esta etapa, también, está la manipulación de las cenizas, que lo guardamos en un recipiente apropiado, de esa manera no ensucia la carne ni un mal aspecto a la pollería.

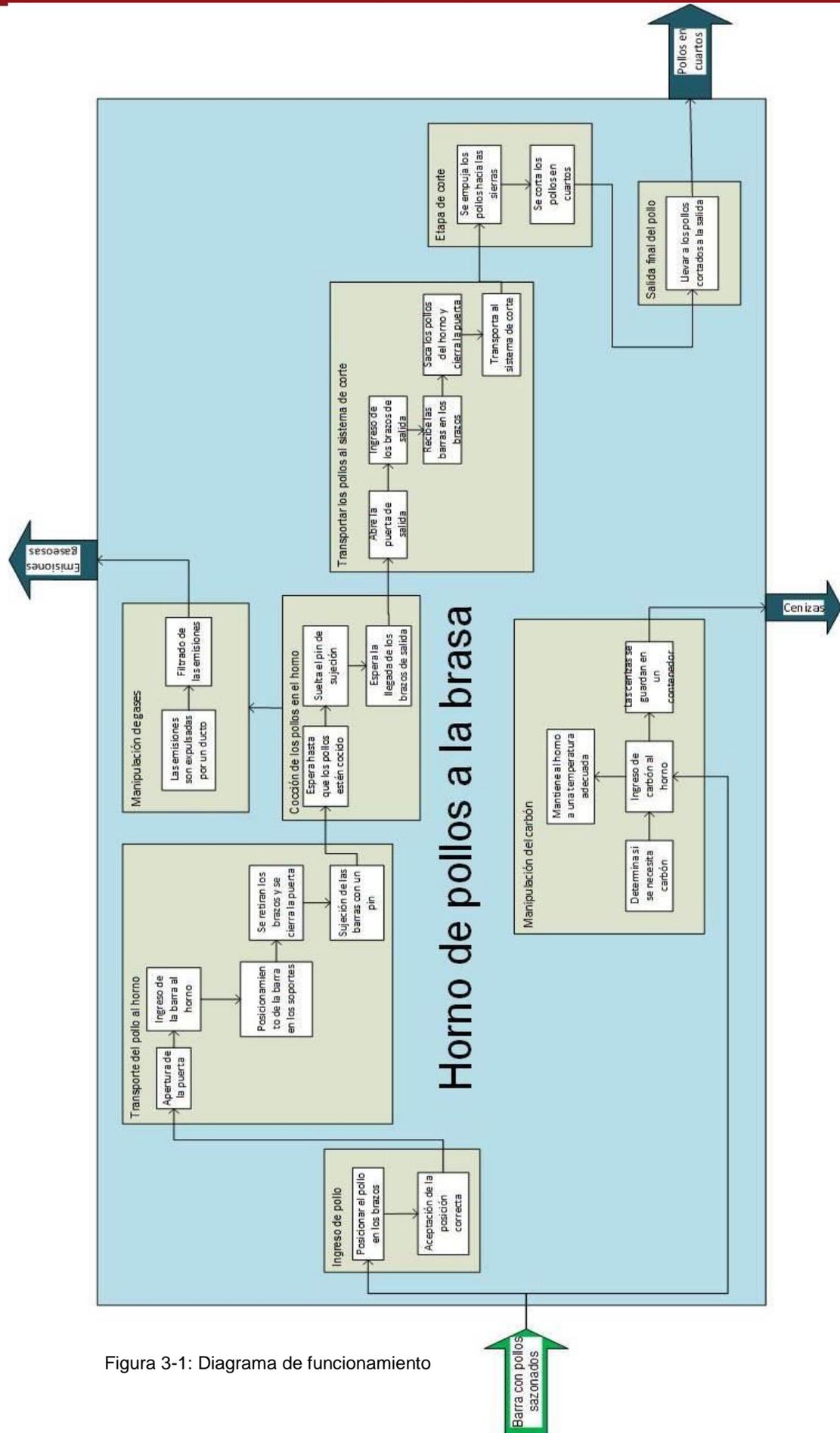


Figura 3-1: Diagrama de funcionamiento

### 3.2 Sensores y actuadores

#### 3.2.1 Sensor de temperatura:

El sensor de temperatura empleado en el sistema es una Termocupla tipo K tiene modelo punzón, especial para paredes de horno. El sensor se presenta en la Figura 3.2-1 y sus especificaciones técnicas se presentan en la Tabla 3.2-1.



Fig. 3.2-1: Termocupla tipo K<sup>1</sup>

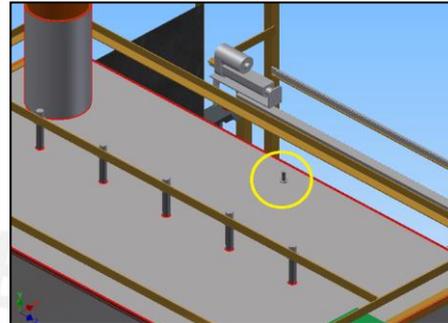


Fig. 3.2-2: Ubicación de la termocupla en el sistema

Tabla 3.2-1: Especificaciones técnicas del sensor de temperatura

Especificaciones Técnicas	
Longitud de cable	1 m
Temperatura mínima de trabajo	100 °C
Temperatura máxima de trabajo	1250°C
Precisión	Alta

Este sensor se utilizará para la medición de la temperatura del horno, a partir de ello se tomará acciones de ingreso de carbón o encendido y apagado de ventilador. Esto se precia con más claridad en el Anexo 3.2-2. Como se muestra en la Figura 3.2-2 se encontrará ubicado en la parte superior del horno, en la cual se tiene la temperatura máxima, de la cual depende de la cocción del pollo.

#### 3.2.2 Sensor de proximidad:

La Figura 3.2-3 presenta al sensor inductivo de proximidad de alta temperatura. La marca del sensor es Kriz M18 HT, su modelo es EN60947-5-2 y su código es IN5F-18HT-230EXT-T-2-NSM. Las características técnicas se muestran en la Tabla 3.2-2.

<sup>1</sup> Fuente: Mercado Libre. Termocupla Tipo K. <http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-412571472-termocupla-tipo-k- JM#redirectedFromParent>. Consultado el 19 de octubre del 2014.



Fig. 3.2-3: Sensor inductivo de alta temperatura<sup>2</sup>

La función principal de este sensor es detectar la barra de pollo cuando se llega a las posiciones deseadas, es decir cuando este a menos de 5mm de la posición. Este sensor se ubica tanto al ingreso y salida del horno, y en el sistema de corte, como se muestra en la Figura 3.2-4. Es un sensor de precisión, lo cual es esencial para el funcionamiento.

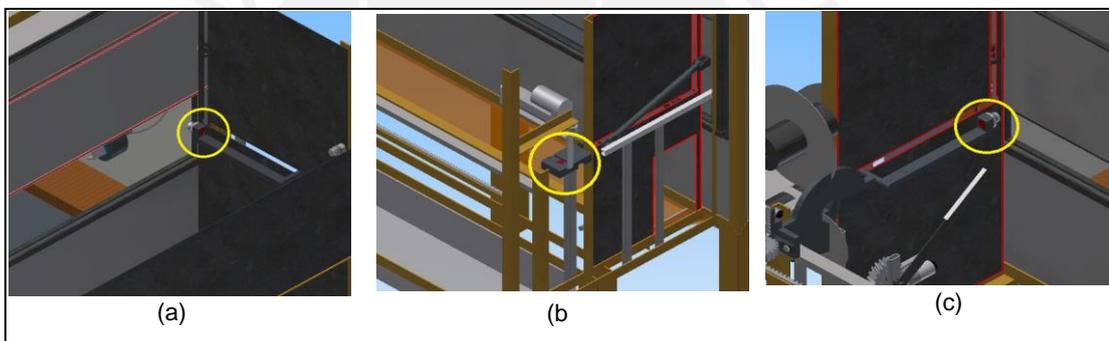


Fig. 3.2-4: Ubicaciones del sensor en el sistema: En la figura a) muestra el sensor ubicado en la entrada de barra. La figura b) muestra al inductor al sistema corte. En la figura c) se presenta en la salida de horno.

Tabla 3.2-2: Especificaciones técnicas del sensor de proximidad inductivo

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de entrada	10-30 Vdc
Señal de salida	NPN-N.O.
Tipo de conexión	2 m de cable recubierto
Temperatura Máxima	230°C
Montaje	18mm de agujero
Distancia de sensado	5 mm
Tipo de sensor	Inductivo de alta temperatura

<sup>2</sup> Fuente: Automatitaton systems Inerconnect. Sensor inductivo de alta temperatura. <https://www.asi-ez.com/member/~IN5F-18HT-230EXT-T-2-NSM.asp>? Consultado el 22 de octubre del 2014

### 3.2.3 Sensor de presencia:

La figura 3.2-5 muestra el sensor de ultrasonido, utilizado como sensor de presencia. La marca es Arduino, su modelo es Hc-sr04. Su código es #411936586. Las características técnicas del sensor se muestran en la Tabla 3.2-3.



Fig. 3.2-5: Sensor de ultrasonido HC.sr04<sup>3</sup>

Al igual que los sensores inductivos, la función principal de los sensores de ultrasonido en el sistema mecatrónico es detectar la presencia de un elemento metálico o no metálico. Se utilizan en zonas donde la temperatura es menor a 50 °C, aunque este sensor de ultrasonido puede trabajar a una temperatura máxima de 80 °C, no es preferible llevar al límite el sensor. En la figura 3,2-6 se muestra las ubicaciones del sensor dentro del sistema.

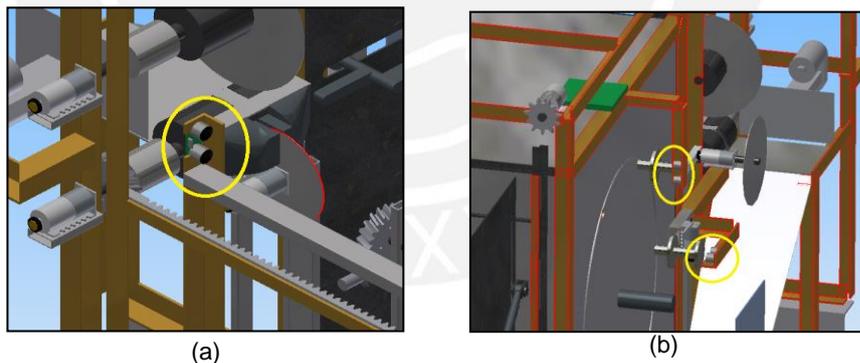


Fig. 3.2-6: Ubicaciones del sensor en el sistema. En la Figura a) se aprecia los sensores como sensor de fin de carrera. En la Figura b) sensor de fin de carrera del empuje es por la ubicación del pollo dentro del horno.

<sup>3</sup> Fuente: Mercado Libre Sensor de Ultrasonido Hc-sr04. <http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-413656433-sensor-de-ultrasonido-hc-sr04-soporte-arduinoopic-JM> Consultado el 25 de octubre del 2014

Tabla 3.2-3: Especificaciones técnicas del sensor de Ultrasonido HC-SR04

Especificaciones Técnicas	
Alimentación	5V
Ángulo de sensado	15°
Rango de distancia	2cm a 400cm
Número de pines	4 (VCC,TRIG,ECHO,GND)
Frecuencia de trabajo	40kHz
Corriente de trabajo	15 mA
Dimensiones	45mm x 20mm x 15mm

### 3.2.4 Sensor laser de temperatura:

La figura 3.2-7 presenta el termómetro infrarrojo laser de marca Yougamebay y modelo YPEC0S-CA-1166Y. Sus principales características técnicas se presentan en la Tabla 3.2-4.



Fig. 3.2-7: Termómetro infrarrojo<sup>4</sup>

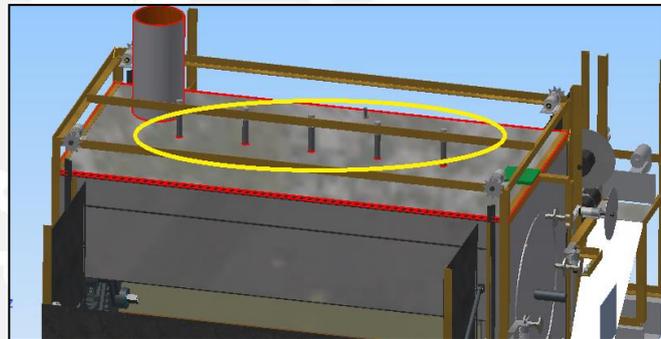


Fig. 3.2-8: Ubicación de los termómetros en el ensamble

Tabla 3.2-4: Especificaciones técnicas del termómetro laser

Especificaciones Técnicas	
Rango de temperatura	-50 °C ~ 550 °C
Precisión	± 1.5 °C
Capacidad de repetición	± 1.0 °C
Cociente del punto de distancia	12:01
Resolución	0.1 °C/°F
Tiempo de respuesta	500 ms
Longitud de onda	8-14 Mm

<sup>4</sup> Fuente: Electrónica y avances. Termómetro Láser <http://www.yougamebay.com/es/product/termometro-infrarrojo-digital-con-mira-laser---color-aleatorio--32--c--380c--26f--716f> Consultado el 02 de noviembre del 2014

La función principal del circuito interno del termómetro es medir la temperatura del pollo durante su paso por la parte superior del horno pollero, lo medirá en diferentes instantes, para sacar un promedio de temperatura de cada pollo, luego en conjunto los cinco pollos de una barra deben tener una temperatura promedio de cocción. Como se muestra en la Figura 3.2-8 se ubica en la cubierta superior del mecanismo para poder medir correctamente.

### 3.2.5 Actuador lineal eléctrico:

La figura 3.2-9 muestra el Actuador lineal, su marca OK, su modelo es OK648. Sus especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 3.2-5. El sustento de estas características se detalla en el Anexo 45.



Fig. 3.2-9: Actuador lineal<sup>5</sup>

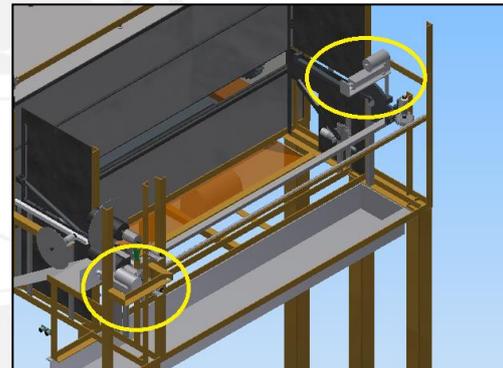


Fig. 3.2-10: Ubicación de los actuadores en el sistema

Tabla 3.2-5: Especificaciones técnicas del termómetro laser

Especificaciones Técnicas	
Alimentación	12 Vdc
Carrera	100 mm
Fuerza	100 N
Velocidad de trabajo	40 mm/s

Se ha escogido estos dispositivos eléctricos para generar movimientos lineales en espacios pequeños, en los cuales un mecanismo de más de un elemento no sería adecuado.

<sup>5</sup> FuenteShangyu Oukai Electrical Appliance Co. Actuador lineal eléctrico <http://spanish.alibaba.com/p-detail/micro-actuador-lineal-a-12v-para-puertas-de-autom%C3%B3vil-300002278001.html> Consultado el 27 de octubre del 2014

Cabe señalar que el voltaje y la corriente necesaria para su funcionamiento están en el rango de nuestras tarjetas reguladoras. Como se puede apreciar en la Figura 3.2-10 los actuadores se ubican en la salida del pollo y en la etapa de corte para empujar la barra.

### 3.2.6 Motores DC

La figura 3.2-11 muestra el Motor DC de 12.2 kg-cm de torque marca Pololu. Su modelo es Metal Gearmotor 25Dx56L mm y su código es Pololu ítem #2288, en la tabla 3.2-6 se muestran sus especificaciones técnicas.

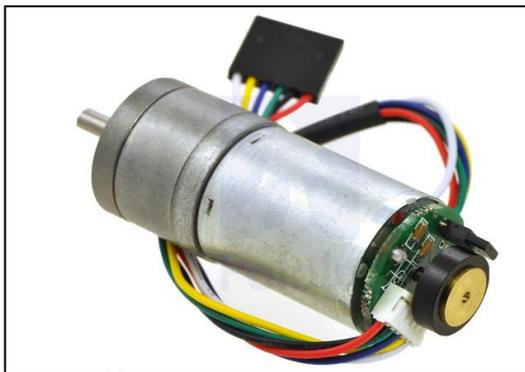


Fig. 3.2-11: Motor DC 12.2 kg-cm<sup>6</sup>

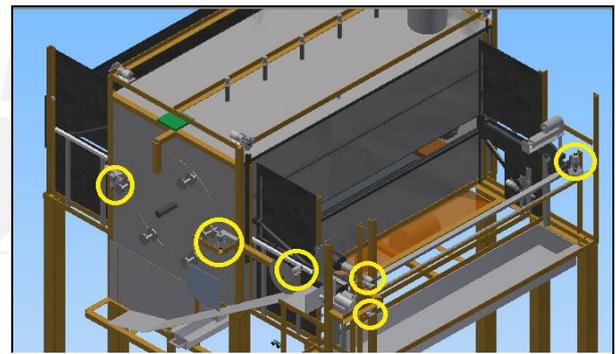


Fig. 3.2-12: Ubicación de los motores DC 12.2 kg-cm en el sistema: Sistema de corte, de aseguramiento y de control de entrada de carbón

Tabla 3.2-6: Especificaciones técnicas del Motor DC 12.2 kg-cm

Especificaciones Técnicas	
Relación de transmisión	171.79:1
Velocidad de libre funcionamiento	33 RPM
Corriente de libre funcionamiento	80 mA
Máxima corriente	2200 mA
Máximo torque	12.2 kg-cm

Este motor se encargará del funcionamiento de los rodillos, de las sierras circulares, de la sujeción de pin y del movimiento de empuje por cremallera. La demostración de porque ha sido escogido está en los Anexos 37, 40, 41, 42 y 44. Se ubicará en todas las posiciones mostradas en la figura 3.2-12. El torque es menor a 12.2 Kg-cm. Se está trabando al 80% de su operación máxima.

<sup>6</sup> Fuente: Pololu. Metal Gearmotor 25Dx56L. <http://www.pololu.com/product/2288> Consultado el 02 de noviembre del 2014

La figura 3.2-13 muestra el Motor DC de 18 kg-cm de torque de marca Pololu. Su modelo es Metal Gearmotor 25Dx56L mm y su código es Pololu ítem #2266, en la tabla 3.2-7 se muestran sus especificaciones técnicas.

Este motor se encargará del funcionamiento de la elevación de las puertas y de hacer pasar la barra de pollo de la salida al corte, esto se puede apreciar en la figura 3.2-14. La demostración de la razón por la que ha sido escogido esta detallado en el Anexo 38 y 39.

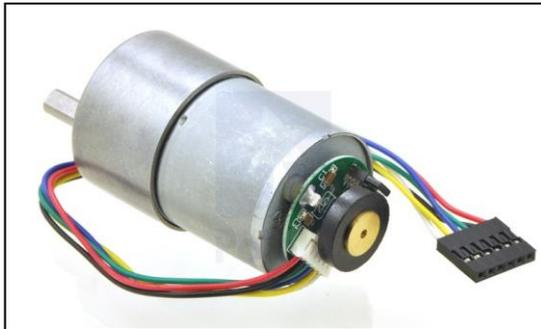


Fig. 3.2-13: Motor DC 18 kg-cm<sup>7</sup>

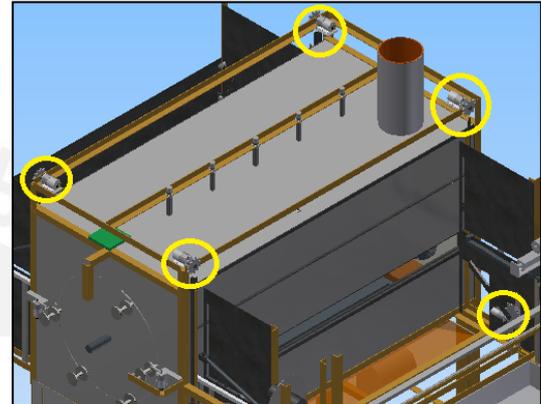


Fig. 3.2-14: Ubicación de los motores DC 18 kg-cm en el sistema: Sistema de elevación y apertura de puertas y paso a sistema de corte

Tabla 3.2-7: Especificaciones técnicas del Motor DC 18 kg-cm

Especificaciones Técnicas	
Relación de transmisión	171.79:1
Velocidad de libre funcionamiento	80 RPM
Corriente de libre funcionamiento	300 mA
Máxima corriente	5000 mA
Máximo torque	18 kg-cm

### 3.2.7 Motor AC

La figura 3.2-15 se muestra el motor principal, Motor AC de 1/3 hp modelo jaula de ardilla. Se determinó el uso de los engranajes y motores tomando en consideración el empleo del uso del mecanismo comercial.

<sup>7</sup> Fuente: Pololu. Metal Gearmotor 37Dx57L <http://www.pololu.com/product/1447> Consultado el 02 de noviembre del 2014

Las especificaciones del motor están determinada por sistema de engranajes planetarios. El sistema adquirido, con todas sus modificaciones, tiene incluido el motor con su caja reductora. Por ello se menciona, que es comercial y no es necesario su demostración.



Fig. 3.2-15 Motor AC<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Fuente: Aguirre com. <http://www.aguirrecomer.com/todos-los-productos/motores-electricos/magnetek-century-ac-motor-0066.html>. Consultado 29 de noviembre del 2014

### 3.3 Planos del sistema mecatrónico

A continuación se explicará los componentes mecánicos de mayor importancia del Horno para pollos por etapas.

#### 3.3.1 Ingreso de la barra con pollos

Consta de tres partes, la puerta de entrada con manija, los brazos que soportan la puerta y permiten el mecanismo de auto-bloqueo, y los brazos que reciben la barra con los pollos.

##### 3.3.1.1 Puerta de entrada con manija

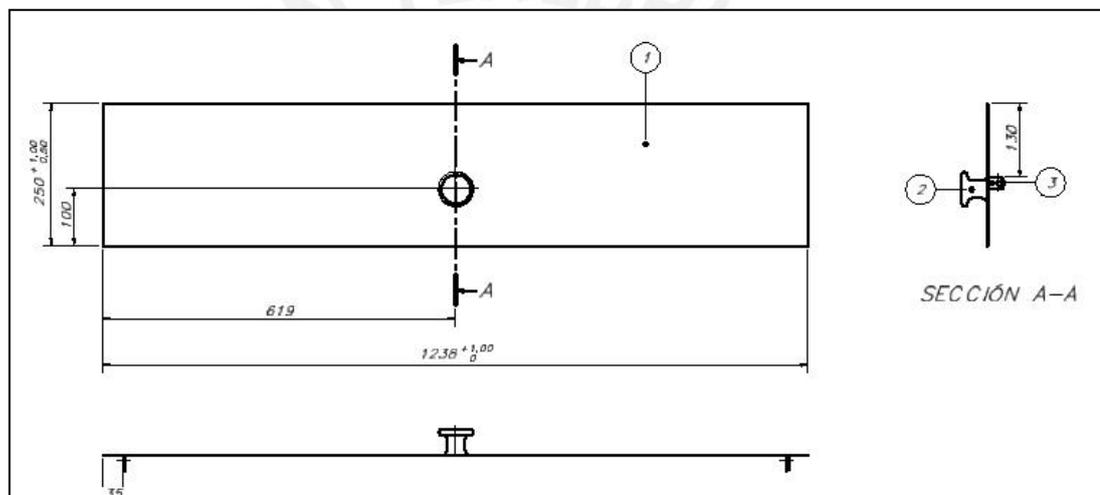


Fig. 3.3.-1: Puerta de entrada con manija

En la figura 3.3-1 se observa la puerta de entrada con la manija ergonómica, es un ensamble que está constituido por una plancha de acero, esto con la finalidad de proteger la barra de los contaminantes externos. En la parte posterior de la puerta, se tiene dos soportes que se fijarán con tornillos a los brazos, de esta manera permite el movimiento vertical de la puerta y su auto-bloqueo.

##### 3.3.1.2 Brazo de la puerta de entrada.

En la figura 3.3-2 se muestra el brazo que soporta la puerta de entrada, el análisis de resistencia de este elemento se realiza en el Anexo 25, es de acero ASTM 1008 por razones de resistencia e higiene. Como es una plancha se presenta solo su forma y espesor.

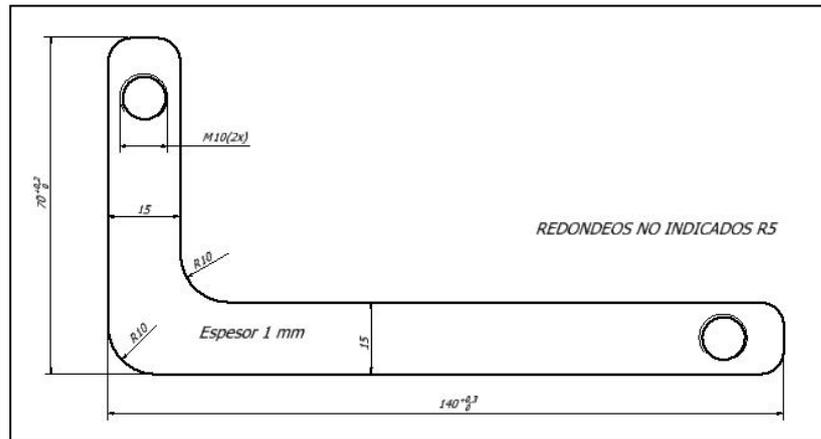


Fig. 3.3.-2: Brazo de la puerta de entrada

3.3.1.3 Brazo derecho e izquierdo que reciben la barra con pollos.

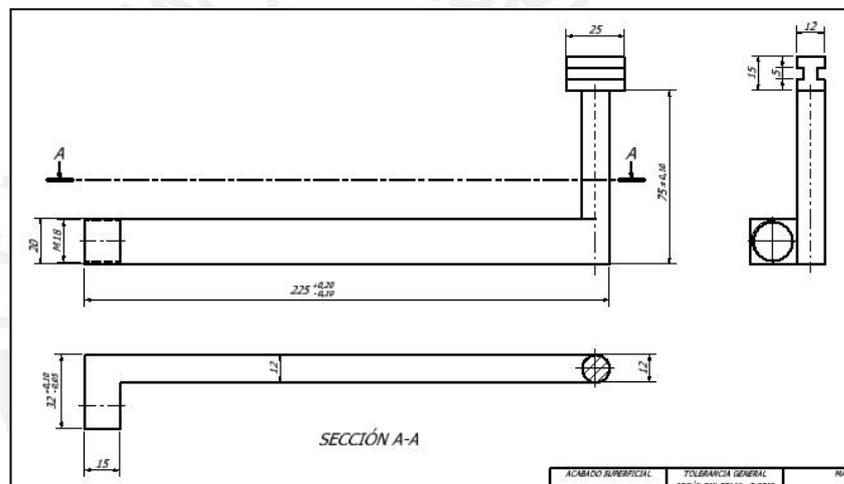


Fig. 3.3.-3: Brazo derecho de entrada

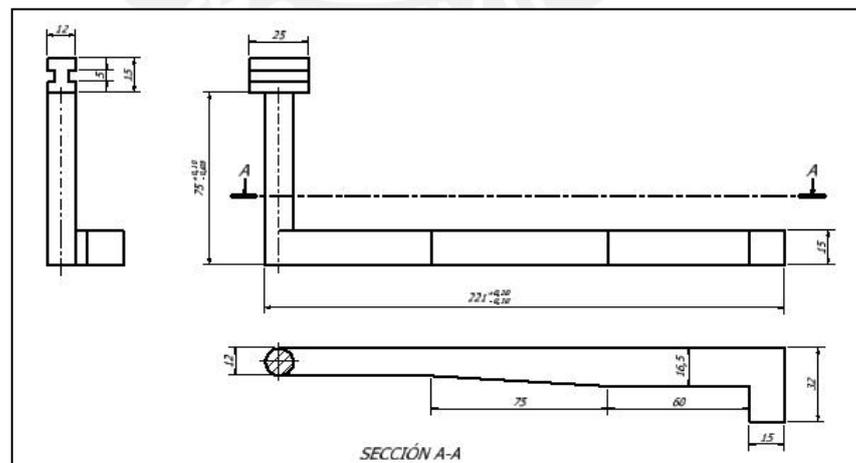


Fig. 3.3.-4: Brazo izquierdo de entrada

En las figuras 3.3-3 y 3.3-4 se observan los brazos que recibirán la barra de pollos. Están fabricados de hierro fundido porque soportarán temperaturas alrededor de 250°C por algunos instantes, lo cual no afecta a su composición química ni estructural. En el brazo derecho se encuentra el agujero roscado que contendrá el sensor inductivo. La diferencia de alturas de los elementos es porque la barra de pollos tiene extremos diferentes.

La figura 3.3-5 muestra un detalle del ensamble general que se encuentra en el Anexo 75. En la imagen se puede apreciar la ubicación de los elementos mencionados líneas arriba. También, se encuentra las planchas de protección de la entrada para asegurar la higiene del proceso.

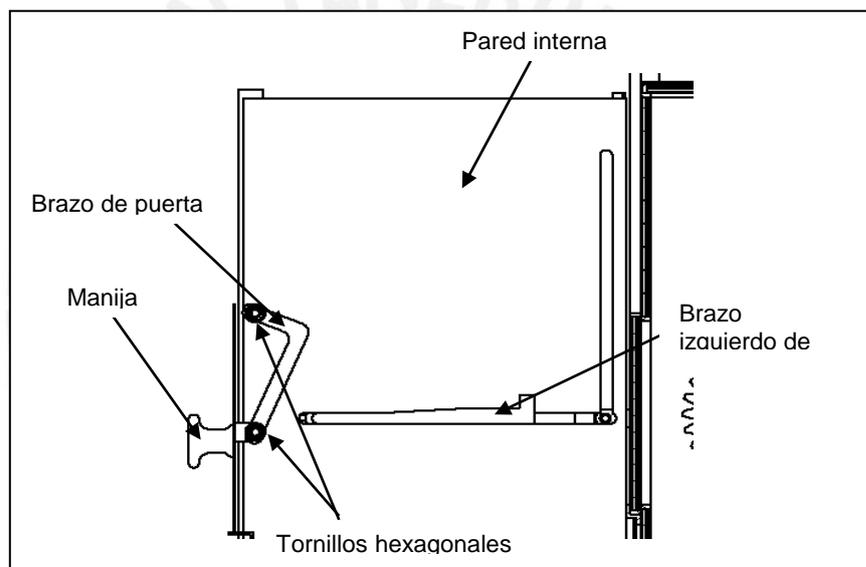


Fig. 3.3-5: Detalle de la entrada

### 3.3.2 Transporte de la barra al interior del horno:

Consta de los brazos de tres partes. La primera, el sistema biela guía que llevará al brazo, con las barras con pollo, al interior del horno. En segundo lugar, los acoples de motores y piñones que elevan la puerta. Por último, la sujeción de la barra con los pines de seguro.

#### 3.3.2.1 Puerta de horno:

En la figura 3.3-6 se muestra la puerta de horno, la puerta está compuesta por tres materiales distintos: acero inoxidable, fibra de vidrio y aire. Las planchas de acero inoxidable son usadas por medidas de higiene y sanidad. Estas son soldadas a las

cubiertas para formar un elemento compuesto. Al interior están ubicados la fibra de vidrio y la capa de aire.

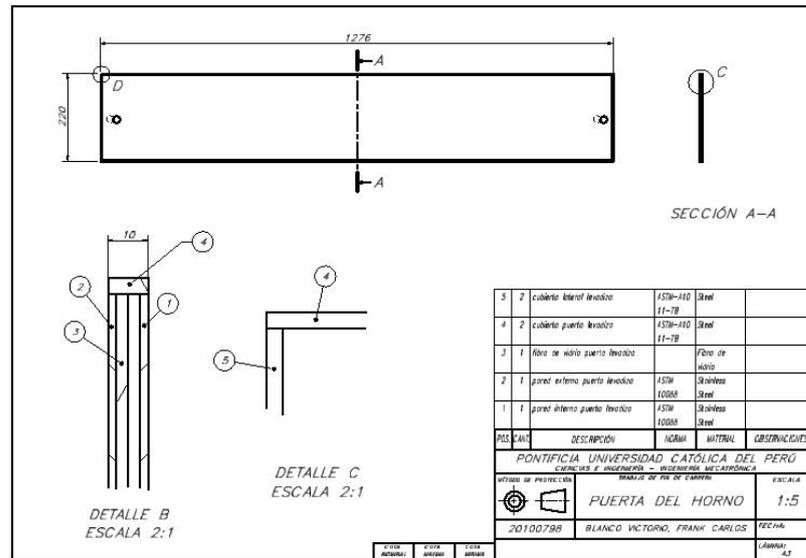


Fig. 3.3-6: Puerta de horno

### 3.3.2.2 Biela de transmisión de movimiento

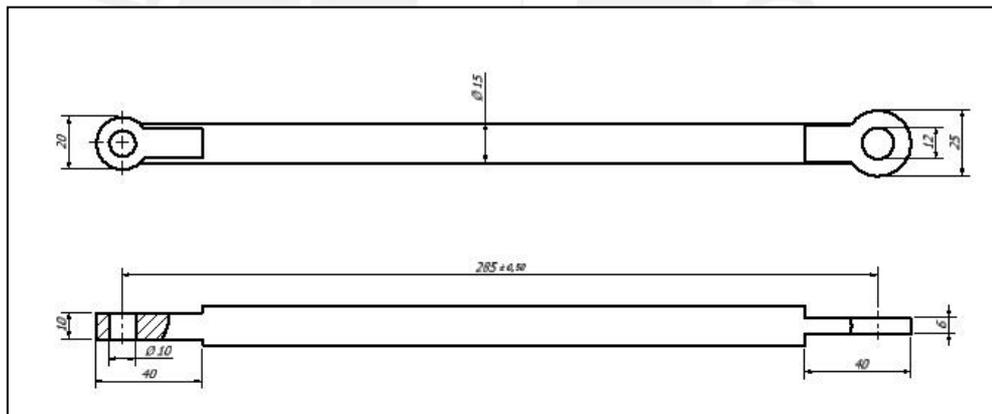


Fig. 3.3-7 Biela de transmisión

La figura 3.3-7 muestra la biela que se utiliza para transmitir el movimiento en el mecanismo biela-guía. La biela es de hierro fundido, se manda a fabricar de acuerdo a las exigencias del mecanismo. Mediante los agujeros en los extremos se acopla a los pines de sujeción tanto en la puerta como en los brazos de entrada.

### 3.3.2.3 Pared guía.

La figura 3.3-8 presenta la pared guía que dirige el movimiento de los brazos, es decir, limita a 1 grado de libertad el movimiento de los brazos, esto para que la entrada al horno sea adecuada y no ocurra una colisión entre los elementos.

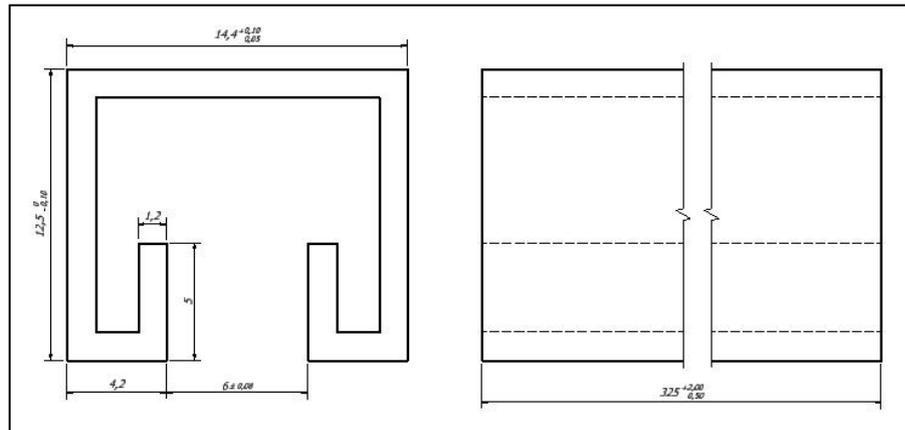


Fig. 3.3-8: Pared guía

La figura 3.3-9 muestra los elementos mencionados anteriormente. Con ayuda de esta vista, se observa el movimiento del mecanismo biela-guía. Cabe resaltar, que los planos de los demás componentes se encuentran en los Anexos 75.

En la parte superior de la imagen, se aprecia el motor de 18 kg-cm que se muestra en la figura 3.3-9, el pin de acople y el piñón, los cuales son elementos motrices del sistema, con ellos la puerta del horno se eleva y los brazos ingresan al horno.

La biela es sujeta a la pared del horno mediante una cabeza de horquilla y un prisionero. Estos soportan la fuerza de arrastre y el peso de la barra cuando se realiza el movimiento.

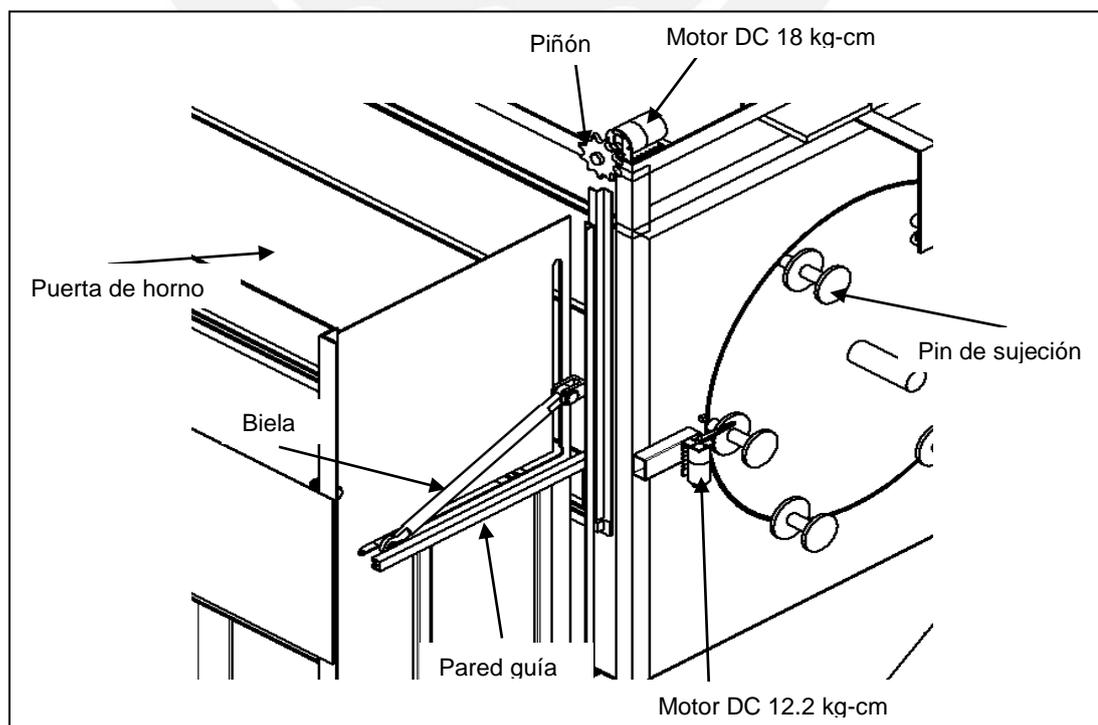


Fig. 3.3-9: Entrada de la barra al horno

En la parte derecha de la imagen se aprecia el mecanismo de sujeción de la barra mediante el pin de agarre. Este mecanismo se detalla en el Anexo 6. También se aprecia el motor de 12.2 kg-cm con el cual se genera el movimiento del pin.

### 3.3.3 Horno y transporte al sistema de corte

El horno tiene cuatro elementos principales que son: la cubierta superior del horno, las paredes del horno, la base del horno y las puertas.

#### 3.3.3.1 Cubierta superior del horno.

En la figura 3.3-10 se presenta la cubierta superior del horno. En la imagen se puede observar una cubierta, al igual que en la puerta, compuesta de tres materiales que son: acero inoxidable, fibra de vidrio y una capa de aire. Las planchas de acero son soldadas a las cubiertas para formar un solo elemento. Además, se observa el conducto utilizado para expulsar las emisiones gaseosas de la combustión del carbón y de la cocción del pollo. Dentro del conducto se encuentra el filtro de aire, para que las emisiones no cumplan con las medidas de seguridad detallada en el Anexo 35.

La cubierta tiene orificios diseñados para la medición de temperatura de los pollos, tienen un vidrio que enfoca la medición y evita que el sensor este expuesto a altas temperaturas.

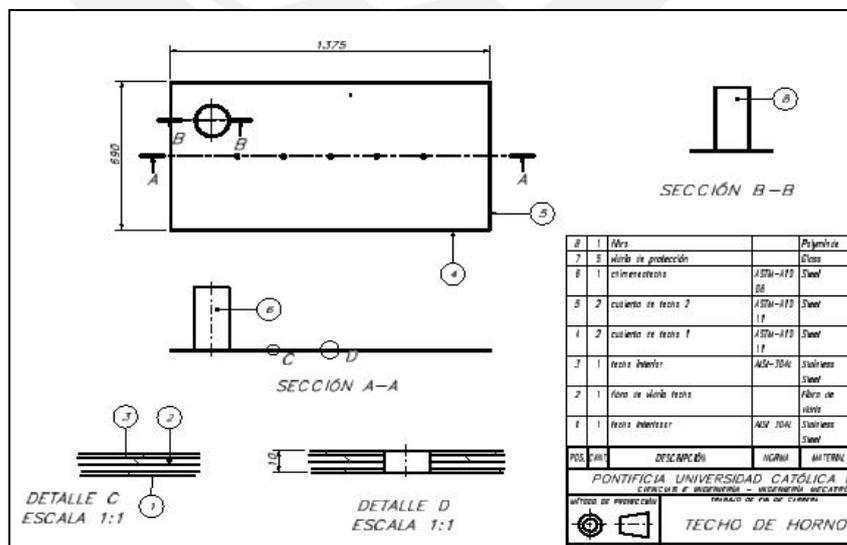


Fig. 3.3-10 Cubierta superior del horno

### 3.3.3.2 Cubiertas laterales del horno

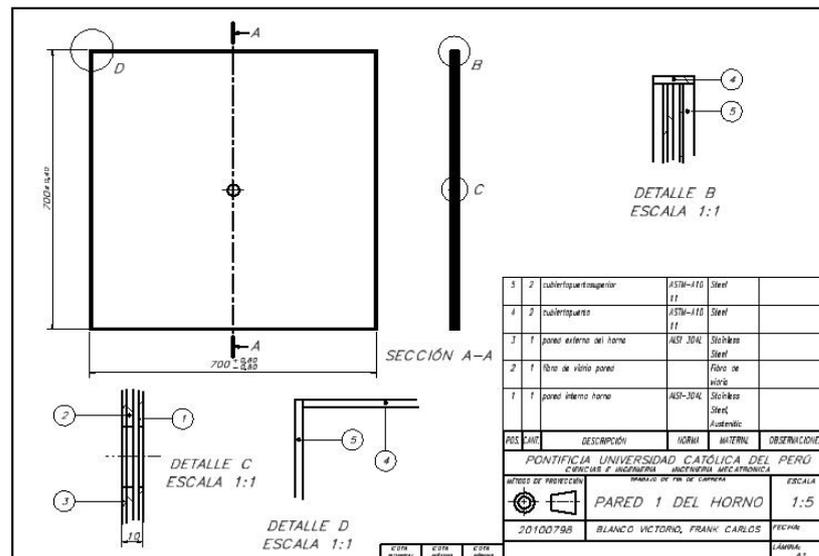


Fig. 3.3-11: Cubierta lateral del horno

La figura 3.3-11 muestra la estructura de las cubiertas laterales del horno. En el prototipo existen 4 diferentes cubiertas laterales; sin embargo esta es la más representativa porque es la base de las demás y donde se coloca el sistema de engranajes planetarios. Como se puede apreciar en el plano, al igual que la anterior estructura está constituida de tres elementos. La razón del uso de esta pared compuesta es para aislar el interior del horno del exterior, de esa manera se evita las pérdidas de calor, la demostración se detalla en el Anexo 29.

### 3.3.3.3 Base del horno

En la figura 3.3-12 se presenta la base del horno, este ensamble está compuesto por una base de hierro fundido donde ingresará el carbón para su combustión. Asimismo, se puede observar el mecanismo de ingreso del carbón. El ingreso del carbón es regulado mediante una compuerta y dos motores. El movimiento lineal de la puerta se genera mediante dos engranajes que recorren dos cremalleras pequeñas. Los motores que se utilizan en esta etapa son los de 12.2 kg-cm, los cuales permiten levantar y bajar la compuerta con suficiente fuerza para evitar una posible obstrucción con la materia prima, en este caso el carbón.

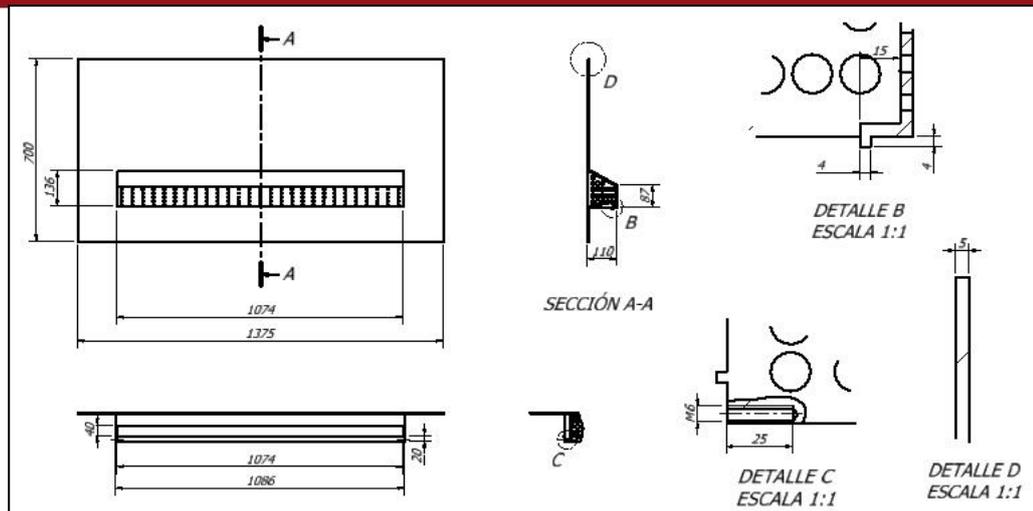


Fig. 3.3-12: Base del horno

En la parte inferior del ensamble se puede apreciar la placa con agujeros, por estos agujeros se desecha las cenizas del carbón, de esa manera se evita que el pollo se contamine con los residuos.

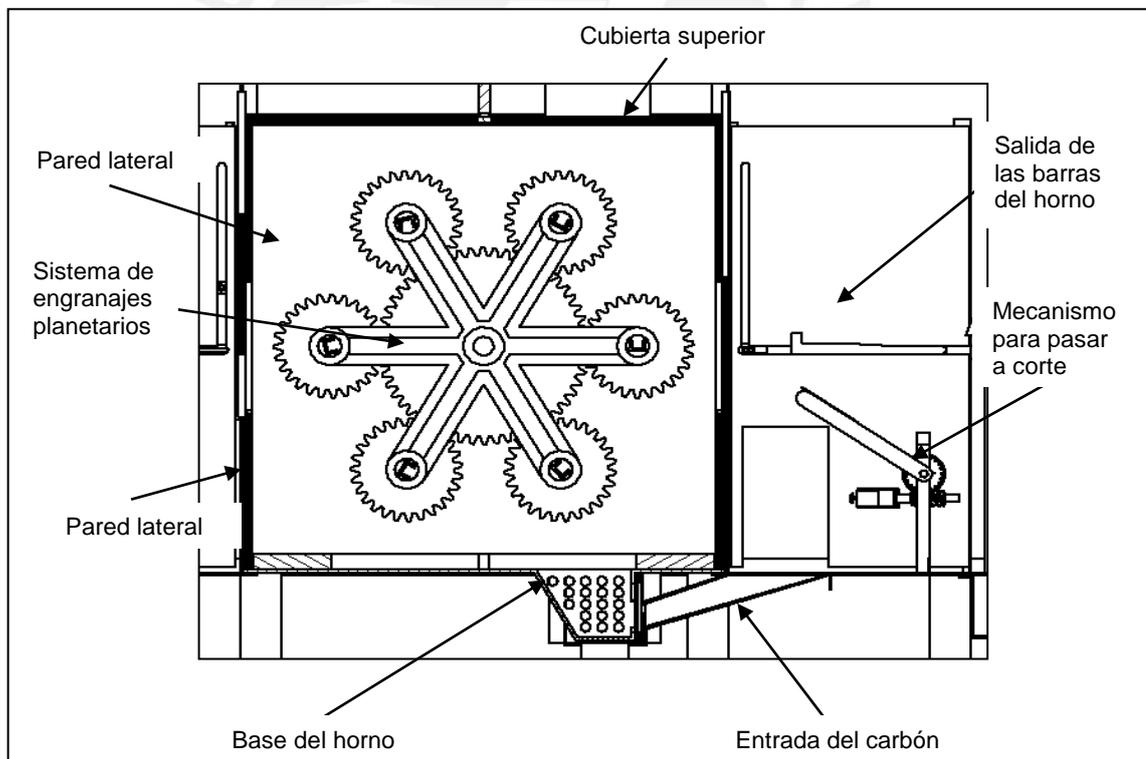


Fig. 3.3-13: Sección del mecanismo

En la figura 3.3-13 se detalla las posiciones de los elementos descritos anteriormente, en el sistema completo. La vista seccionada también presenta la entrada del carbón, el mecanismo de salida de la barra, el cual es similar al mecanismo de entrada y tienen los mismos elementos. Los planos de detalle se presentan en el Anexo 75.

Es importante resaltar, que el sistema de engranajes planetarios no se ha desarrollado en detalle porque es un sistema comercial. Las adaptaciones de mostrarán en los planos de despiece en el Anexo 75. Adicionalmente, el gráfico muestra el mecanismo de transporte de la salida al sistema de corte. Esta etapa está compuesta por un motor de 18 kg-cm, el cálculo se detalla en el Anexo 39, y una plancha de acero que empujará la barra desde los brazos hasta los soportes del sistema de corte

### 3.3.4 Corte del pollo

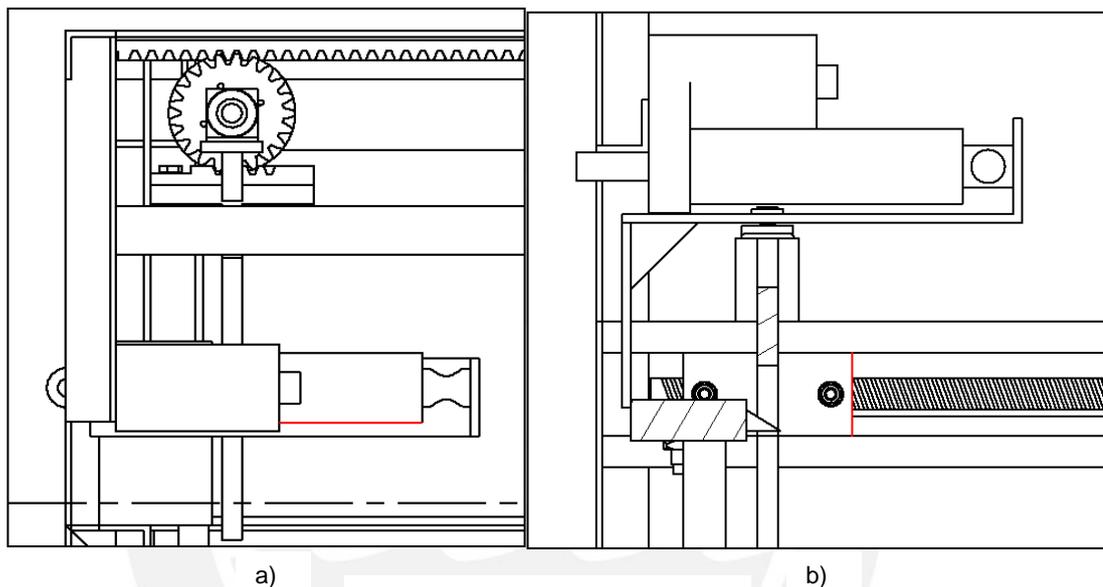


Fig. 3.3-14: Vista de planta(a) y de detalle del empuje del pollo (b)

En la figura 3.3-14 se observa en detalle el mecanismo de empuje de los pollos. Este proceso se realiza a través de un engranaje helicoidal y una cremallera, mediante este sistema, el círculo de empuje avanza de forma controlada la distancia aproximada de un pollo. Este movimiento no es constante, porque espera que el pollo termine de cortarse para empujar el siguiente pollo hacia las sierras circulares.

La figura 3.3-15 muestra en detalle las tres etapas de corte. En la primera etapa el pollo es cortado por abajo y abierto en dos. La segunda etapa el pollo es completamente cortado en dos. Las cuchillas se pueden apreciar en b), donde son representadas por las circunferencias más grandes. En a) solo se ve el perfil de las cuchillas. En ambas imágenes se aprecia la bandeja donde el pollo descende después del segundo corte. En este punto existe un actuador lineal que empuja al pollo a la tercera cuchilla para ser cortada en cuatro pedazos.

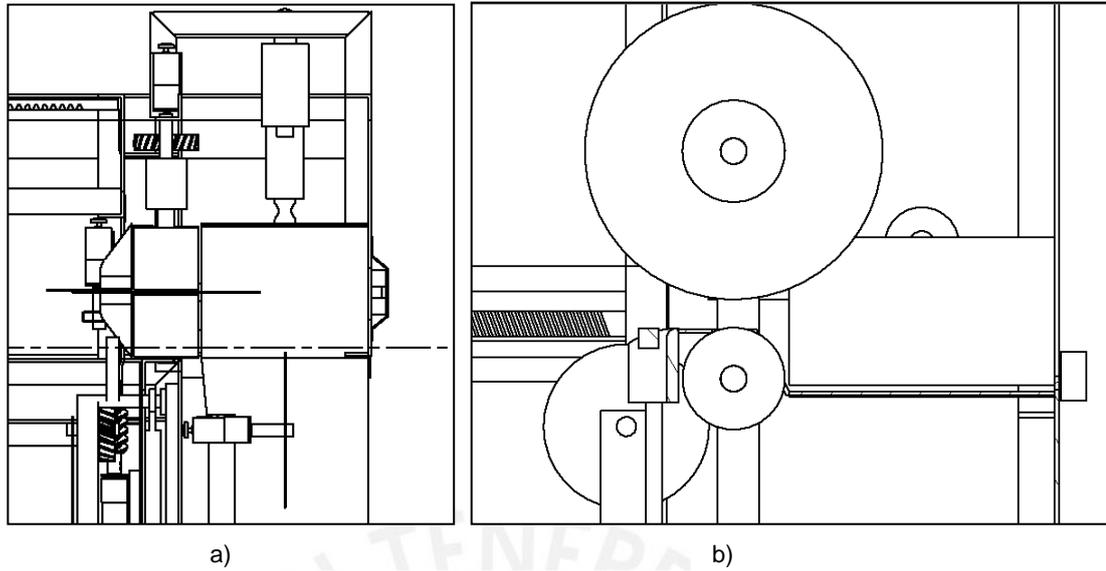


Fig. 3.3-15: En a) se detalla el plano de planta del sistema de tres cortes y en b) es un plano seccionado donde se aprecia solo dos cortes

En la figura a) también se puede observar otro actuador lineal, este es usado para llevar la barra de pollos que ha terminado el proceso a contenedor que está debajo. Para ello, solo empuja axialmente la barra y esta cae en la bandeja de acero.

### 3.3.5 Salida de pollo.

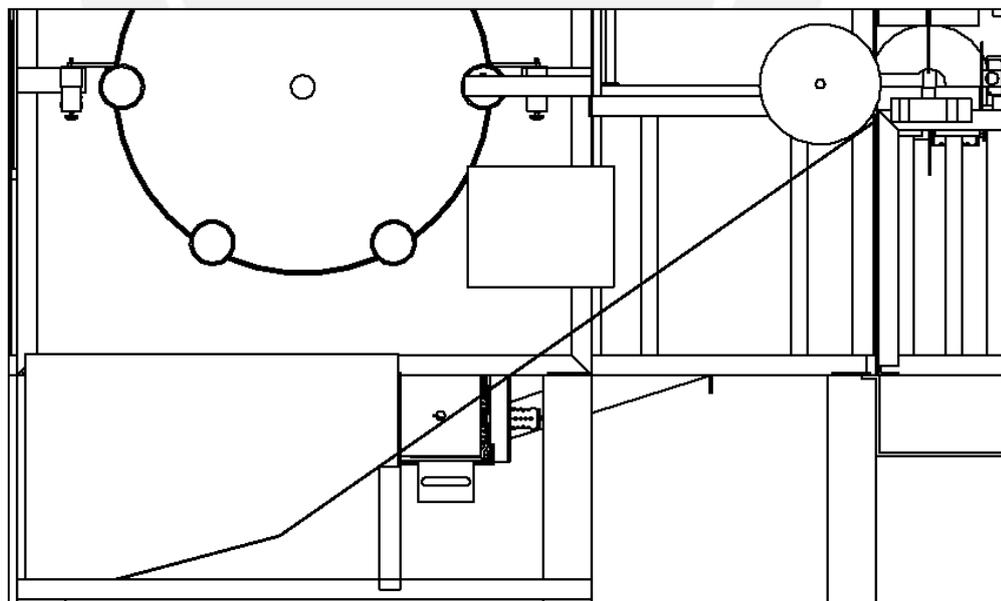


Fig. 3.3-16: Salida del pollo

En la figura 3.3-16 se muestra de frontalmente, la tercera etapa de corte. Siguiendo la línea de producción, se aprecia la salida de los pollos. La salida constituye la

plancha inclinada de acero, por la cual el pollo deslizará y esperará su recepción por parte del usuario.

En esta sub-capítulo no se ha detallado completamente, los planos de despiece ni de ensamble del prototipo del sistema mecatrónico. Por ende, en el Anexo 75, se presenta los planos completos, tanto de despiece como los de ensamble.



### 3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

#### 3.4.1 Arduino Mega 2560:

La hoja de datos donde se menciona las características técnicas del microcontrolador se detalla en el Anexo 70.

La carga computacional del sistema de estar realizando lecturas de sensores en todo instante y esperando realizar acciones, al igual que un sistema a tiempo real, es elevada. Por tal motivo, se ha escogido un Arduino Mega 2560 para controlar el sistema, la capacidad de esta tarjeta es de 10 000 ciclos de escritura en la Flash y 100 000 en la EEPROM. Consecuentemente, se puede realizar el control completo con la utilización de un solo Arduino; a pesar que la carga computacional es considerable porque los códigos de programación no son muy amplios pero si son paralelos, la frecuencia de funcionamiento del circuito es mayor y suficiente para manejar el sistema. Sin embargo, se decidió trabajar con dos microcontroladores porque los pines analógicos y digitales no son suficientes para poder manejar los 16 actuadores 14 sensores necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Es importante resaltar una característica que lo hace adecuado para el uso en este tipo de sistemas, el circuito puede funcionar sin variación apreciable de velocidad hasta los 85 °C industrialmente, como este circuito estará afuera del horno alcanzará temperaturas de 35 °C aproximadamente, lo cual es su temperatura ideal de trabajo.

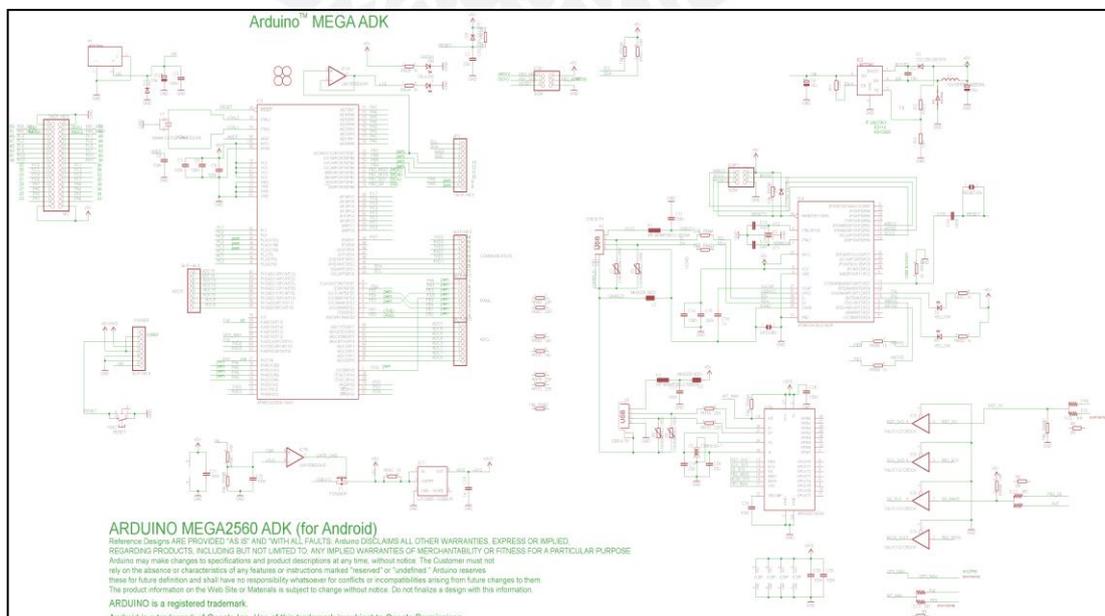


Fig. 3.4-1: Esquemático del Arduino Mega 2560<sup>9</sup>





### 3.4.4 Fuente positiva variable híbrida regulada 1.2V a 30V 5A

Esta tarjeta se construirá, con la necesidad de alimentar los motores de 12V que son los que levantan las puertas de los hornos, los de 6V, que realizan todos los otros movimientos, el pulsador, los actuadores eléctricos, tarjetas y drivers, detallados en el punto 3.2. Como bien se puede saber de las características técnicas de los elementos, tienen una corriente pico de 5A.

Las necesidades de los elementos son diversas, entre ellos 12V, 6V y 5V, por ello es una fuente regulable. Las necesidades de corriente también son diversas, por ello los controladores y sensores trabajarán con un factor de seguridad, por eso no se trabajará al máximo de sus indicaciones sino al 80% y 85% de su capacidad.

La ventaja de utilizar tarjetas reguladoras distintas para el control de motores, actuadores, sensores, pulsadores y para la parte digital es que no hay riesgo de mezclar tierras. En consecuencia, se eliminará el ruido que se puede generar e interferir al correcto funcionamiento digital del sistema.

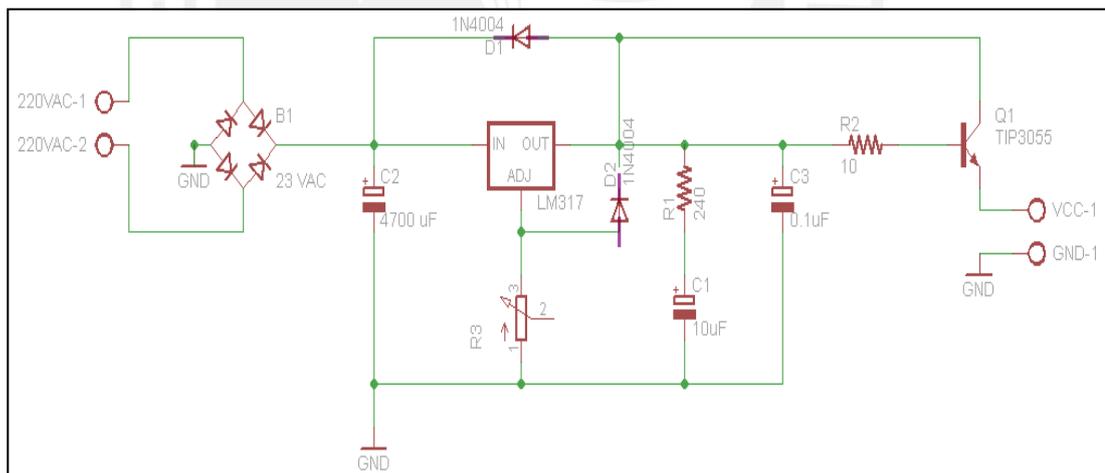


Fig. 3.4-4: Tarjeta de voltaje regulable

Los demás circuitos y componentes utilizados en el sistema se detallan en el Anexo 61

### 3.5 Diagrama de flujo del programa de control

#### 3.5.1 Diagrama de flujo principal:

En la figura 3.5-1 se presenta el diagrama de flujo general del funcionamiento del sistema mecatrónico. El proceso inicia cuando el botón de inicio se presiona, de esta manera da paso a la alimentación de energía de los actuadores y de los sensores. Como ya se había mencionado, las tareas que desarrolla el mecanismo se da de manera paralela y en tiempo real.

Cuando se prende la máquina, esta comienza a realizar mediciones y lecturas de los diferentes sensores que posee el sistema para definir el punto de inicio del funcionamiento, también conocido como “el punto cero de la máquina”. Terminado la inicialización la máquina es capaz de realizar toda actividad encomendada de manera eficiente y eficaz.

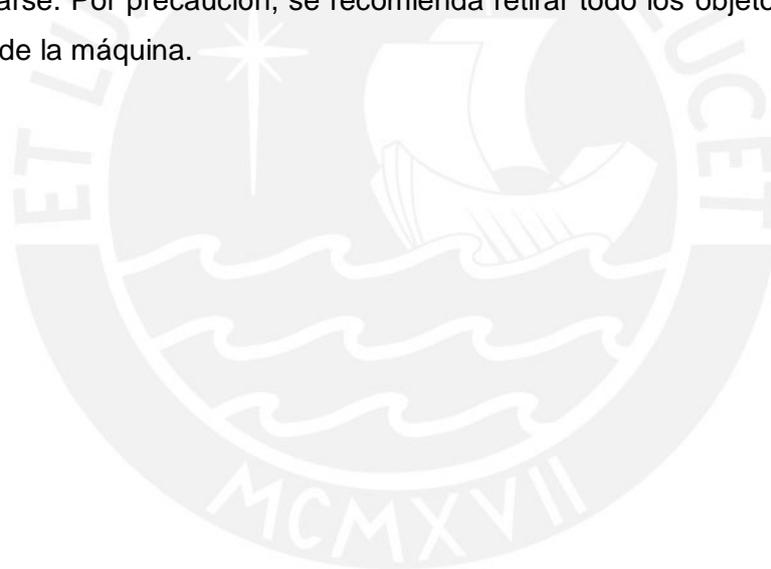
El proceso comienza con la espera de la primera barra con pollos, en la figura 3.5-2 se detalla mejor el funcionamiento de este proceso. Cuando la barra es recibida por la máquina, esta la introduce al interior del horno. Seguidamente, se pasa a ejecutar el proceso de sujeción de la barra con los pines de seguridad, detallado en el Anexo 53.

La cocción de los pollos tarda aproximadamente 50 minutos, durante los cuales se puede desarrollar actividades en paralelo sin afectar el proceso de la cocción. Incluso, pueden ingresar más barras, siempre en cuando cumplan con las condiciones detalladas en la figura 3.5-2. Después de transcurrido el tiempo necesario, comienza con la medición de temperaturas de los pollos, detallado en el Anexo 48 y 49. Siguiendo con el proceso, la barra con pollos sale del horno, las condiciones de salida se detalla en la figura 3.5-3.

A la salida del horno, la barra espera para ser conducida a la etapa de corte, las condiciones que debe cumplir se explica en el Anexo 55. En la etapa de corte, la barra es detectada por los sensores y comienza con el corte de los pollos en cuartos. El corte se realiza en tres etapas, como se explicará mediante la figura 3.5-4. Es necesario realizar esta cantidad de cortes para asegurar la buena calidad del producto y la separación completa del pollo.

Cuando termina de ser cortado en cuartos, el pollo espera en la salida. En esta etapa termina el recorrido de los pollos a través de todas las etapas mencionadas. Sin embargo, la máquina también se encarga de mantener el horno a una temperatura adecuada, para ello controla la entrada de carbón, el encendido de ventiladores, todo esto se detalla en el Anexo 56.

El funcionamiento general termina cuando el usuario presiona el botón de apagado. No obstante, el apagado de la máquina puede ser abrupta o de emergencia, las condiciones de parada de emergencia son aquellas que pone en riesgo la integridad del usuario y el correcto funcionamiento del mecanismo, para evitar afectar al usuario se realiza una parada de emergencia apagando inmediatamente toda actividad, los condiciones de emergencia se detalla en el Anexo 73. Es importante mencionar, que cuando se apaga de emergencia la máquina esta podrá retener la información del último proceso realizado y al encender volverá a inicializarse. Por precaución, se recomienda retirar todo los objetos y productos del interior de la máquina.



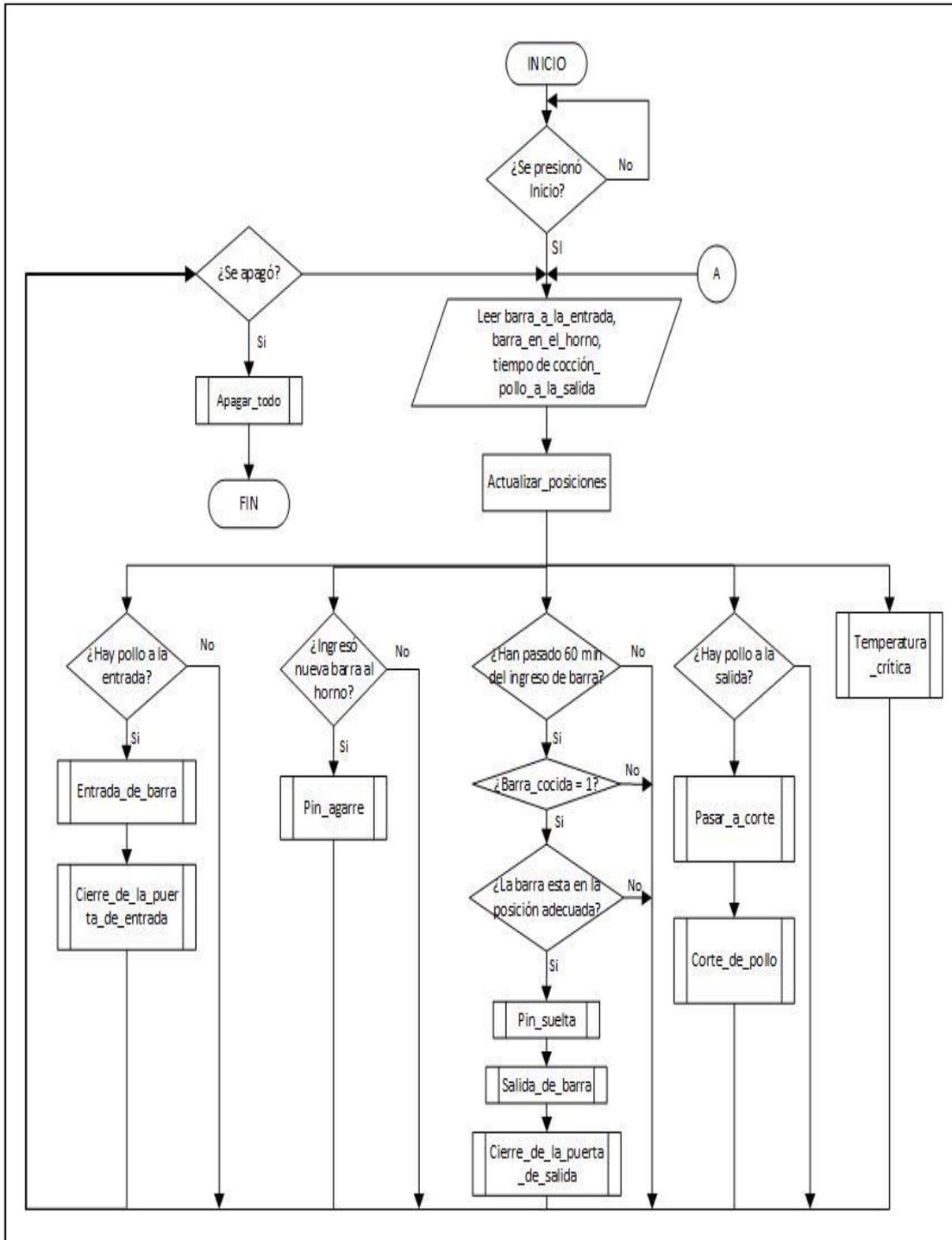


Fig. 3.5-1: Diagrama de flujo principal

3.5.2 Diagrama de flujo del proceso de entrada de barra al horno:

El proceso de la figura 3.5-2 tiene como finalidad introducir la barra con pollos de la entrada del horno al interior de este. Para la ejecución del proceso requiere algunas condiciones como: la cantidad de pollos en la salida no debe exceder a lo previsto, no debe haber ninguna barra en la etapa de corte, ni en la salida del horno. Por último, la cantidad de barras dentro del horno debe ser menor a 6. Cuando se cumpla todas las condiciones, se procede a activar los motores del mecanismo de entrada, de esta manera con ayuda del sistema biela-guía las barras son introducidas al horno. Si se da el caso que la barra no ingresa totalmente y el mecanismo está en riesgo se apaga de emergencia, se detalla en el Anexo 73.

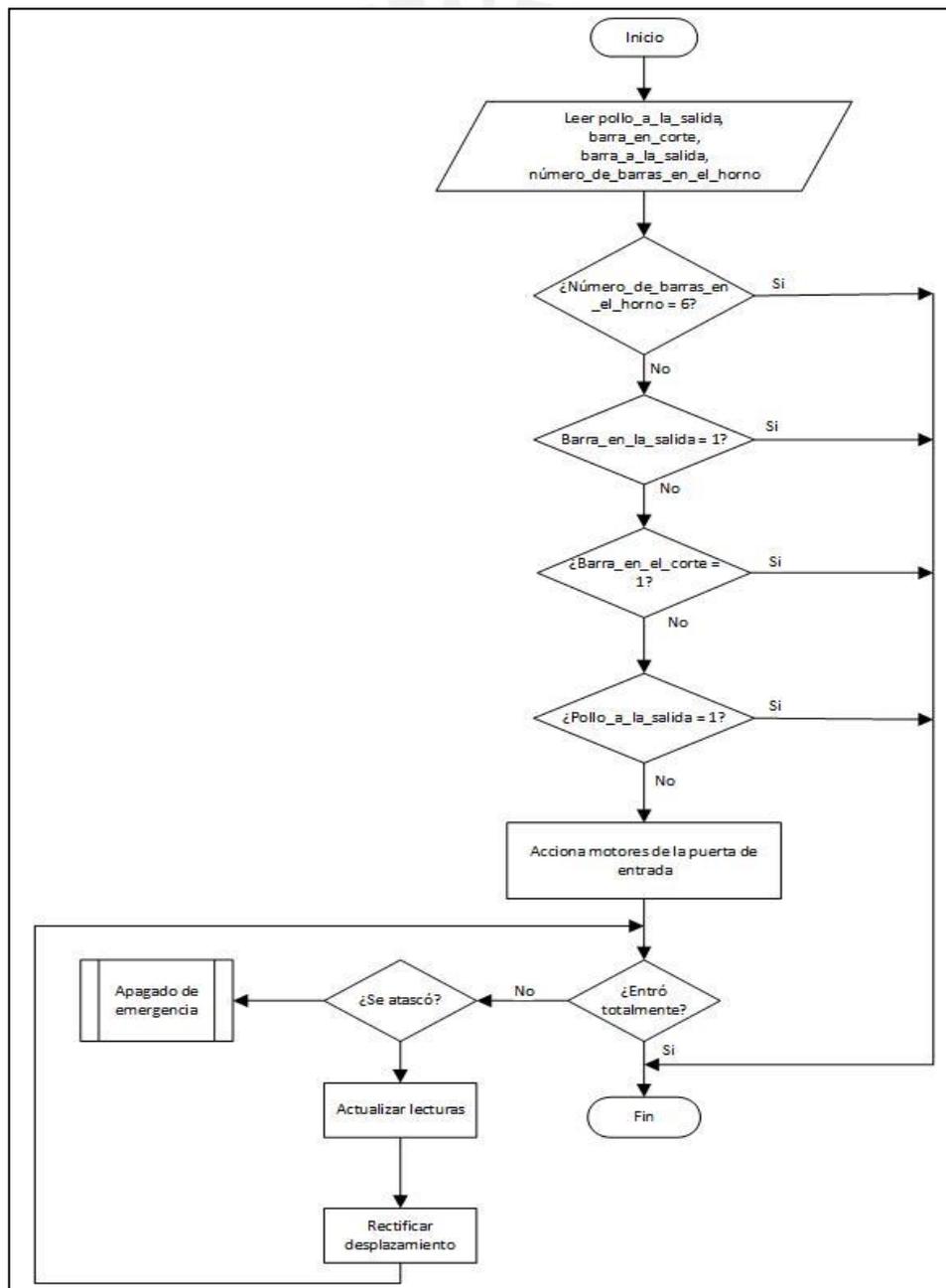


Fig. 3.5-2: Diagrama de flujo de la entrada de barra

3.5.3 Diagrama de flujo de la salida de la barra del horno.

El proceso de la figura 3.5-3 tiene como finalidad retirar la barra con los pollos cocidos del horno, para ello se debe cumplir con condiciones por ejemplo: no debe haber ningún pollo a la salida, el proceso de corte debe estar libre y los pines de sujeción se hayan soltado, este proceso se detalla en el Anexo 54. Si la lectura en estas etapas es positiva, se espera un tiempo adecuado de 1 minuto antes de emitir la señal de alarma. Cuando se cumple las condiciones, la barra es retirada del horno mediante los motores de apertura. Solo en caso de una posible obstrucción y esté en peligro el funcionamiento y la integridad del usuario se activa la parada de emergencia, se detalla en el Anexo 73.

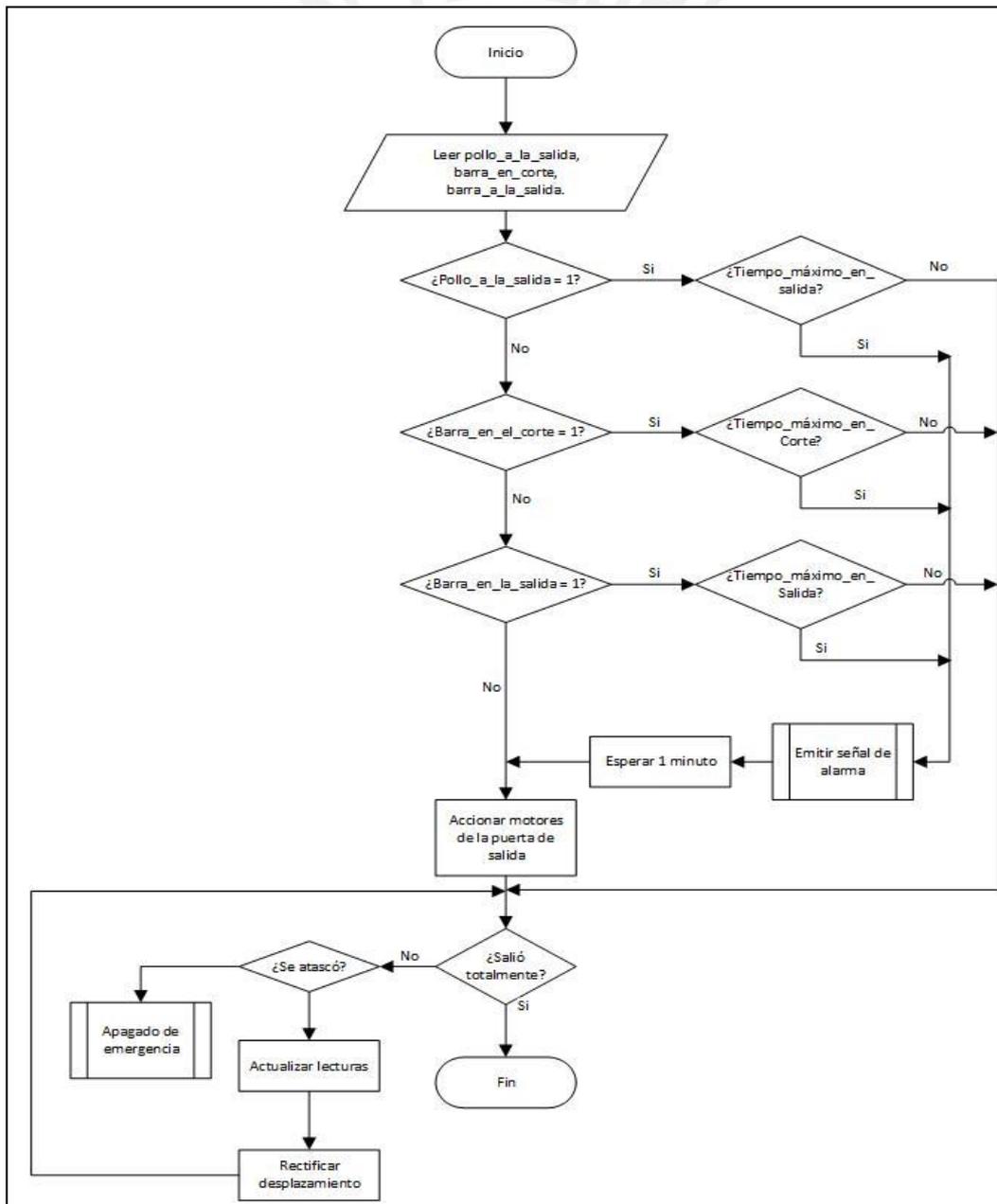


Fig. 3.5-3: Diagrama de flujo de la salida de barra

3.5.4 Diagrama de flujo del proceso de corte.

El proceso de la figura 3.5-4 detalla el proceso de corte del pollo, para ello la salida de pollos debe estar libre o con espacio suficiente para recibir cinco pollos, sino, se esperará el tiempo adecuado de y emitir un alarma de emergencia, esta detallado en la figura 3.5-1. Además, es indispensable que el cortador, la plancha de empuje se encuentre en la posición inicial; de lo contrario, se apagará de emergencia el mecanismo para evitar daños. El proceso se da en tres etapas; en primer lugar, el pollo se corta en dos y se abre. Seguidamente, se completa la separación en dos y por último, se corta en cuatro pedazos. Los riesgos que se pueden presentar se detallan en el Anexo 73.

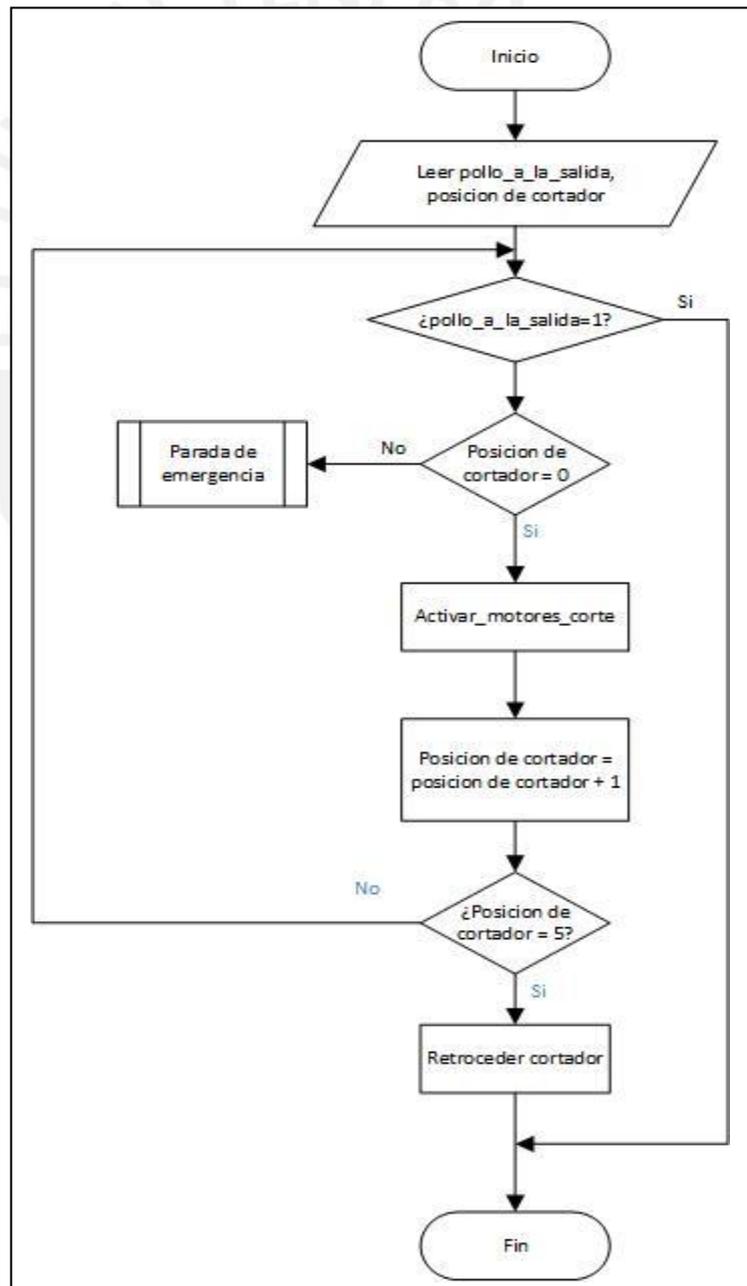


Fig. 3.5-4: Diagrama de flujo del sistema de corte

## Capítulo 4

### Presupuesto

#### 4.1 Sensores

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Termocupla	10.40	1	0.00	<b>10.40</b>	NACIONAL
2	Sensor inductivo de alta temperatura	30.00	3	20.00	<b>110.00</b>	INTERNACIONAL
3	Sensor de ultrasonido	8.30	4	0.00	<b>33.20</b>	NACIONAL
4	Termómetro láser	28.10	5	0.00	<b>140.50</b>	INTERNACIONAL
Total sensores					<b>294.10</b>	

Tabla 4-1: Presupuesto de sensores

#### 4.2 Microcontroladores y circuitos creados

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	MC33926 Motor driver	17.95	7	0.00	<b>125.65</b>	INTERNACIONAL
2	VNH5019 Motor Driver Carrier	24.95	6	0.00	<b>149.70</b>	INTERNACIONAL
3	Circuito Amplificador de termocupla	2.10	1	0.00	<b>2.10</b>	NACIONAL
4	Circuito divisor de voltaje del pulsador	0.50	1	0.00	<b>0.50</b>	NACIONAL

5	Circuito de control del actuador lineal	1.00	2	0.00	<b>2.00</b>	NACIONAL
6	Tarjeta Reguladora de voltaje variable de 5A	11.10	16	0.00	<b>177.60</b>	NACIONAL
7	Arduino	27.60	2	0.00	<b>55.20</b>	NACIONAL
8	Variador de velocidad	127.80	1	25.00	<b>152.80</b>	INTERNACIONAL
Total de microcontroladores y circuitos					<b>665.55</b>	

Tabla 4-2: Presupuesto de microcontroladores y circuitos creados

#### 4.3 Componentes electrónicos adicionales

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Pulsadores	1.21	1	0.00	<b>1.21</b>	NACIONAL
2	Leds SMD	1.70	4	0.00	<b>6.80</b>	NACIONAL
3	Sirena	2.41	2	0.00	<b>4.82</b>	NACIONAL
4	Pantalla LCD	16.50	1	0.00	<b>16.50</b>	NACIONAL
Total de componentes adicionales					<b>29.33</b>	

Tabla 4-3: Presupuesto de componentes electrónicos adicionales

#### 4.4 Actuadores y accesorios

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Motor DC 18 Kg-cm con Encoder	39.95	6	0.00	<b>239.70</b>	INTERNACIONAL
2	Motor DC 12.2 Kg-cm con Encoder	34.95	7	0.00	<b>244.65</b>	INTERNACIONAL

3	Actuador Lineal	22.50	2	0.00	<b>45.00</b>	INTERNACIONAL
4	Soporte de motor 131:1	7.95	6	0.00	<b>47.70</b>	INTERNACIONAL
5	Soporte motor 172:1	7.45	7	0.00	<b>52.15</b>	INTERNACIONAL
Total de actuadores y accesorios					<b>729.20</b>	

Tabla 4-4: Presupuesto de Actuadores y accesorios

#### 4.5 Sistema completo para horno de pollos a la brasa

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Eje central	327.60	1	0	327.6	NACIONAL
2	Soporte de barras principal		1			NACIONAL
3	Soporte de barras		1			NACIONAL
4	Engranajes planetarios		6			NACIONAL
5	Engranaje central		1			NACIONAL
6	Ejes para engranajes satelites		6			NACIONAL
7	Soporte cuadrado de engranaje		6			NACIONAL
8	Ejes pequeños para el soporte secundario		6			NACIONAL
9	Soporte cuadrado de soporte		6			NACIONAL
10	Barras de pollo		6			NACIONAL
11	Motor AC		1			NACIONAL
12	Caja reductora		1			NACIONAL
Total de sistema completo					<b>327.6</b>	

Tabla 4-5: Presupuesto del sistema completo de horno

## 4.6 Componentes Mecánicos:

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Soporte puerta	16.18	4	0.00	64.72	INTERNACIONAL
2	Pasador con clavija	9.24	4	0.00	36.96	INTERNACIONAL
3	Riel en U	7.5	1	0.00	7.5	NACIONAL
4	Disco de corte de 100 mm de diámetro	17.25	1	7	24.25	INTERNACIONAL
5	Disco de corte de 150 mm de diámetro	19.25	1	7	26.25	INTERNACIONAL
6	Disco de corte de 180 mm de diámetro	22.00	1	7	29	INTERNACIONAL
7	Rodillo de goma	76.62	2	4.26	157.5	INTERNACIONAL
8	Acoplamiento de eje	14.68	2	4.26	33.62	INTERNACIONAL
9	Engranajes	13.7	5	0.00	68.5	NACIONAL
10	Tornillos sin fin	6.9	2	0.00	13.8	NACIONAL
11	Cremallera	13.7	2	0.00	27.4	NACIONAL
12	Ladrillos refractarios	2.5	16	0.00	40	NACIONAL
13	Soporte de barras rectangulares huecas	2.79	0.5	0.00	1.395	NACIONAL
14	Piñones	8.62	4	0.00	34.48	NACIONAL
15	Cadena de bicicleta	5.17	1	0.00	5.17	NACIONAL
16	Cadena de motocicleta	17.25	1	0.00	17.25	NACIONAL
	Total de componentes mecánicos				587.795	

Tabla 4-6: Presupuesto de componentes mecánicos

## 4.7 Planchas

Ítem	Nombre	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Shipping (USD)	Costo (USD)	PROCEDENCIA
1	Planchas de 1mm ASTM A1008 TB	80.00	0.5	0	40	NACIONAL
2	Planchas de 2mm ASTM A1008 TB	120.00	4	0	480	NACIONAL
3	Planchas de 1.2mm ASTM A1008 TB	100.00	0.25	0	30	NACIONAL
4	Planchas de 4mm ASTM A1011 TB	150.00	0.25	0	37.5	NACIONAL
5	Plancha de acero inoxidable	175.00	4	0	700	NACIONAL
6	Fibra de vidrio	25.00	18	0	550	NACIONAL
7	Mano de obra	80.00	1	0	80	
Total					1817.5	

Tabla 4-7: Presupuesto de componentes mecánicos

## 4.8 Piezas Fundidas:

Ver con más detalle Anexo 74.

Modelos de Madera: 516 USD

Piezas Fundidas: 211.58 USD

## 4.9 Presupuesto Total

Ítem	Nombre	Costo (USD)
1	Sensores	294.1
2	Microcontroladores y circuitos creados	665.55
3	Componentes electrónicos adicionales	29.33
4	Actuadores y accesorios	729.2
5	Sistema completo para horno	327.6
6	Componentes mecánicos	587.795
7	Planchas	1817.5
8	Piezas fundidas	727
	Total	5178.075

El costo es elevado por la calidad de la máquina y las múltiples funciones que puede realizar. Analizando, la capacidad y la envergadura del sistema se considera dentro del rango aceptable de precio.

## Capítulo 5

### Conclusiones

- El horno de pollos a la brasa satisface las necesidades de los comensales de un establecimiento de una alta capacidad de clientes. Con las modificaciones realizadas se mejora el aislamiento del horno y con ello se logra disminuir el tiempo de cocción en comparación a los hornos tradicionales, resolviendo de esta manera unos de los problemas principales que es el tiempo de demora de las órdenes. Cabe mencionar, que se procuró mantener el sabor y evitar que se seque, estas cualidades caracteriza a los mejores pollos a la brasa.
- La calidad de cocción de los pollos es uniforme, puesto que se procuró mantener una temperatura uniforme en todo el interior del horno. De esta manera los clientes reciben un pollo de buena calidad.
- Con el diseño del prototipo se consiguió una máquina autónoma que opera a tiempo real, capaz de realizar el control y funcionamiento de toda la línea de producción sin intervención humana, desde el ingreso del pollo en barras hasta la salida del pollo cortado en cuartos, listo para servir.
- Se consiguió diseñar un horno ecológico, las emisiones de gases son menores a las de un horno de pollo tradicional, ya que se cuenta con un filtro en el conducto por donde se expulsan los gases, lo cual evita la expulsión de contaminantes al ambiente.
- Adicionalmente, el sistema tiene un consumo de carbón natural o de madera menor a lo previsto porque se mejoró la eficiencia del dosificado del carbón. De esta manera se llega a temperaturas adecuadas de cocción eficazmente.

## Bibliografía

- [1] ¿Qué son y Cómo funcionan las termocuplas? (Página Web)  
<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf> Revisado el 07 de octubre del 2014
- [2] Dinámica de las Estructuras (Página Web)  
<http://dinamicaingenieroleon.blogspot.com/2011/04/tablas-de-perfiles-estructurales.html> Revisado el 22 de octubre del 2014
- [3] Propiedades y usos del acero inoxidable (Página Web)  
[http://www.ehowenespanol.com/propiedades-usos-del-acero-inoxidable-lista\\_318289/](http://www.ehowenespanol.com/propiedades-usos-del-acero-inoxidable-lista_318289/) Revisado el 22 de octubre del 2014
- [4] Acero inoxidable con Acabado Mate (Página Web)  
[http://www.constructalia.com/espanol/productos/fachadas/recubrimientos\\_y\\_materiales\\_para\\_fachadas/ugitop\\_acero\\_inoxidable\\_con\\_acabado\\_mate#.VlcTqMkbhWJ](http://www.constructalia.com/espanol/productos/fachadas/recubrimientos_y_materiales_para_fachadas/ugitop_acero_inoxidable_con_acabado_mate#.VlcTqMkbhWJ) Revisado en 25 de octubre del 2014
- [5] Russel Hibbleer “Mecánica de Materiales”,  
Octava Edición, pp. 65-473, 2011.
- [6] Benjamín Barriga Gamarra. “Métodos de Diseño en Ingeniería Mecánica”  
2013
- [7] Horno Ecológico para pollos a la brasa (Video)  
<https://www.youtube.com/watch?v=6pVdhEYozx8> Revisado el 20 de setiembre del 2014
- [8] MOTT Robert, “Diseño de Elementos de Máquinas”, México, 2006.