



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**AUTOMATIZACIÓN DEL MANIPULADOR DE CANASTAS DE
UNA FREIDORA DE PAPAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

HUGO ALEJANDRO MUÑOZ

DIRECTOR: ING. VLADIMIR BONILLA

Quito, agosto del 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial 2016.
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **HUGO ALEJANDRO MUÑOZ SALAS**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Hugo A. Muñoz S.

C.I. 1719892463

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**AUTOMATIZACIÓN DEL MANIPULADOR DE CANASTAS DE UNA FREIDORA DE PAPAS.**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Hugo A. Muñoz S.**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned above a solid horizontal line.

Ing. Vladimir Bonilla

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1710300045

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719892463
APELLIDO Y NOMBRES:	Muñoz Salas Hugo Alejandro
DIRECCIÓN:	Fernando Dávalos y Jama
EMAIL:	alejo_hms_16@hotmail.es
TELÉFONO FIJO:	023302654
TELÉFONO MOVIL:	0987642487

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Automatización del manipulador de canastas de una freidora de papas.
AUTOR O AUTORES:	Muñoz Salas Hugo Alejandro
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Vladimir Bonilla
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Mecatrónico
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>Se inició por definir las necesidades y peligros a los que están expuestos los operadores de las freidoras de papas no automáticas de grandes y pequeñas empresas, entre las que están las que están las quemaduras por salpicaduras del aceite a altas temperaturas o por convección. Se identificó los problemas y se determinó como solución el diseño y construcción del prototipo de un manipulador de canastas para freír papas que realice el proceso de forma automática.</p> <p>Entre varias opciones propuestas se seleccionaron los componentes que asegurasen el correcto funcionamiento del</p>

prototipo y a su vez se diseñaron los sistemas mecánicos, eléctricos y de control de tal manera que los requerimientos de ingeniería y del cliente fuesen satisfechos. Se utilizaron softwares, sensores, actuadores, entre otros elementos, necesarios para realizar simulaciones, programación, etc., necesarios para llevar a cabo el desarrollo del proyecto

En la etapa final del proyecto se realizó la impresión del circuito en una placa de baquelita en la cual los elementos requeridos para el funcionamiento de la máquina fueron ensamblados. Se procedió a la fabricación del mecanismo móvil, que permitirá posteriormente acoplar los actuadores, sensores, sistema eléctrico y sistema de control con el fin de lograr un funcionamiento sincronizado del sistema. Se redactó un manual de uso en el cual se detalla de manera específica el funcionamiento y uso de cada uno de los elementos empleados en el prototipo que facilitará la correcta manipulación de la máquina.

Finalmente se llevaron a cabo las pruebas necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la máquina y el cumplimiento de los objetivos planteados.

En conclusión se pudo comprobar que la máquina cumple con parámetros que no afectan la producción como son:

El diseño de un mecanismo mediante tornillos sin fin para asegurar que el recorrido del manipulador de canastas de papas cumpla satisfactoriamente con el objetivo.

	<p>El tiempo que toma realizar el proceso no debe sobrepasar el tiempo que tarda una máquina manual, debe producir una cantidad similar y sobre todo que el operador no tenga contacto directo con la máquina o el fluido a altas temperaturas; facilitando el uso y permitiendo que la freidora de papas no requiera de operadores con experiencia, pudiendo ser utilizada por cualquier persona.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Mecatrónico, manipulador, sistema móvil, sincronizado, automatización.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The project starts by defining the different necessities and dangers that the operators of non-automatic potatoes fryers from small and large companies are exposed to. The solution to solve the problems detected was to design a prototype that automate the uplifting system of the frying baskets.</p> <p>In order to ensure the proper operation of the pilot machine, the appropriate devices were selected; as well as the design of the mechanic, electric and control equipment which will allow to conduct simulations and carry out safety tests on the prototype that are going to demonstrate that the machine and client requirements were satisfied.</p> <p>In the final stage of the project all the elements required for the operation of the pilot prototype were assembled through the printing of circuits on a Bakelite plate. We began the manufacturing of the moving mechanism, which will allow the connection between actuators, sensors, electrical and control system in order to get synchronized operation of the system. The manual for the proper handling of the machine was written, in</p>

	<p>which we explain in a specific way the operation and use of all the elements set on the pilot machine.</p> <p>Finally we carried out the necessary tests to ensure the proper functioning of the machine and the fulfillment of the objectives.</p> <p>In conclusion it can be probed that the prototype complies with parameters without affecting the production process, such as:</p> <p>The design of a mechanism by worm gears which ensure the satisfactory operation of the prototype for the frying baskets</p> <p>The process time of the machine shall not exceed the operation time of a manual machine, should produce the same quantity of product but, mainly that the operator doesn't have to be in contact with the machine or by high-temperature fluids; facilitating the use and allowing that operators without experience can handled it properly, which means that anybody can operates it.</p>
KEYWORDS	Mechatronics, manipulator, mobile system, synchronized, automation.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:  _____

Muñoz Salas Hugo Alejandro

CI 1719892463

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Hugo Alejandro Muñoz Salas, CI 1719892463 autor/a del proyecto titulado: **“Automatización del manipulador de canastas de una freidora de papas.”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 24 de Agosto del 2016

f:  _____

Muñoz Salas Hugo Alejandro

CI: 1719892463

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 PROCESO DE FRITURA	3
2.2 CONSUMO DE PAPAS FRITAS	7
2.3 FREIDORAS.....	9
2.4 TIPOS DE FREIDORAS	10
2.5. ACCIDENTES POR CONTACTO TÉRMICO CON FREIDORAS.....	15
3. METODOLOGÍA	
3.1 METODOLOGÍA MECATRÓNICA.....	18
3.2 DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA	20
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA	23
3.4 CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DEL SISTEMA.....	26
3.5 ANÁLISIS DEL DISEÑO MECÁNICO.....	28
3.5.1 CÁLCULO ESFUERZOS MECANISMO MOVIL	29
3.5.2 CÁLCULO BARRA VERTICAL	32
3.6 DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	33
3.6.1 SELECCIÓN DE CONTROLADOR.....	35
3.6.2 CONTROL DE ACTUADORES.....	37
3.6.3 SISTEMA HMI.....	38
3.6.4 CONTROL DE TEMPERATURA.....	40

3.6.5	UBICACIÓN ELÉCTRICA DE CONTROL.....	42
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1	PRUEBAS Y AJUSTES	43
4.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	46
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 1. VARIABLES AFECTADAS POR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MATERIA PRIMA.	5
TABLA 2. CONSUMO PROMEDIO DE PAPAS POR REGIÓN DEL MUNDO.	8
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DEL MANIPULADOR.....	27
TABLA 4. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON TIEMPOS DE LA MÁQUINA.	48
TABLA 5. TABLA COMPARATIVA DE SISTEMAS NO AUTOMÁTICOS Y AUTOMÁTICOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROCESO DE FRITURA DE PAPAS.....	6
FIGURA 2. TIPOS DE FREIDORAS.....	11
FIGURA 3. FREIDORA AUTOMÁTICA INDUSTRIAL	12
FIGURA 4. FREIDORA AUTOMÁTICA SIN HUMOS	12
FIGURA 5. FREIDORA NO AUTOMÁTICA.....	13
FIGURA 6. FREIDORA ELÉCTRICA DOMÉSTICA	14
FIGURA 7. FREIDORA INDUSTRIAL A GAS.....	15
FIGURA 8. MODELO V PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MECATRÓNICOS.....	19
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MANIPULADOR. ...	21
FIGURA 10. DIAGRAMA DE PROCESO PARA FRITURA DE PAPAS.	25
FIGURA 11. DIMENSIONES DE MÁQUINA FREIDORA DE PAPAS.	26
FIGURA 12. DIMENSIONES DE TORNILLO SIN FIN.....	27
FIGURA 13. DIAGRAMA DE CARGAS DEL SISTEMA.	29
FIGURA 14. MECANISMO MÓVIL DEL MANIPULADOR.....	29
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR.....	30
FIGURA 16. DIAGRAMA DE FUERZAS.	32
FIGURA 17. RESISTENCIA ELÉCTRICA CALENTADORA.	35
FIGURA 18. DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y CONEXIONES.....	37
FIGURA 19. CIRCUITO DE CONTROL DE ACTUADORES.....	38
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CONTROL DEL SISTEMA HMI.....	39
FIGURA 21. CIRCUITO DE SISTEMA HMI.....	40
FIGURA 22. CIRCUITO DE CONTROL ON - OFF DE RESISTENCIA ELÉCTRICA.	41
FIGURA 23. UBICACIÓN ELÉCTRICA DE CONTROL.....	42
FIGURA 24. INSTALACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS CALENTADORAS.	43
FIGURA 25. RIEL GUÍA PARA MOVIMIENTO DEL MECANISMO MÓVIL.	44
FIGURA 26. INSTALACIÓN DE ACTUADORES EN LA FREIDORA.....	44
FIGURA 27. RUTEO DE COMPONENTES DEL CIRCUITO.....	45

FIGURA 28. IMPRESIÓN DE DIAGRAMA EN LA PLACA.....	46
FIGURA 29. INSTALACIÓN Y SOLDADO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS EN LA PLACA.	46
FIGURA 30. DIAGRAMA TEMPERATURA VS TIEMPO.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	56
ANEXO 2. MANUAL DE USO.....	57
ANEXO 3. RUTA DE DISEÑO.....	60

RESUMEN

Se inició por definir las necesidades y peligros a los que están expuestos los operadores de las freidoras de papas no automáticas de grandes y pequeñas empresas, entre las que están las quemaduras por salpicaduras del aceite a altas temperaturas o por convección. Se identificó los problemas y se determinó como solución el diseño y construcción del prototipo de un manipulador de canastas para freír papas que realice el proceso de forma automática.

Entre varias opciones propuestas se seleccionaron los componentes que asegurasen el correcto funcionamiento del prototipo y a su vez se diseñaron los sistemas mecánicos, eléctricos y de control de tal manera que los requerimientos de ingeniería y del cliente fuesen satisfechos. Se utilizaron softwares, sensores, actuadores, entre otros elementos, necesarios para realizar simulaciones, programación, etc., necesarios para llevar a cabo el desarrollo del proyecto

En la etapa final del proyecto se realizó la impresión del circuito en una placa de baquelita en la cual los elementos requeridos para el funcionamiento de la máquina fueron ensamblados. Se procedió a la fabricación del mecanismo móvil, que permitirá posteriormente acoplar los actuadores, sensores, sistema eléctrico y sistema de control con el fin de lograr un funcionamiento sincronizado del sistema. Se redactó un manual de uso en el cual se detalla de manera específica el funcionamiento y uso de cada uno de los elementos empleados en el prototipo que facilitará la correcta manipulación de la máquina.

Finalmente se llevaron a cabo las pruebas necesarias que garanticen el correcto funcionamiento de la máquina y el cumplimiento de los objetivos planteados.

En conclusión se pudo comprobar que la máquina cumple con parámetros que no afectan la producción como son:

El diseño de un mecanismo mediante tornillos sin fin para asegurar que el recorrido del manipulador de canastas de papas cumpla satisfactoriamente con el objetivo.

El tiempo que toma realizar el proceso no debe sobrepasar el tiempo que tarda una máquina manual, debe producir una cantidad similar y sobre todo que el operador no tenga contacto directo con la máquina o el fluido a altas temperaturas; facilitando el uso y permitiendo que la freidora de papas no requiera de operadores con experiencia, pudiendo ser utilizada por cualquier persona.

ABSTRACT

The project starts by defining the different necessities and dangers that the operators of non-automatic potatoes fryers from small and large companies are exposed to. The solution to solve the problems detected was to design a prototype that automate the uplifting system of the frying baskets.

In order to ensure the proper operation of the pilot machine, the appropriate devices were selected; as well as the design of the mechanic, electric and control equipment which will allow to conduct simulations and carry out safety tests on the prototype that are going to demonstrate that the machine and client requirements were satisfied.

In the final stage of the project all the elements required for the operation of the pilot prototype were assembled through the printing of circuits on a Bakelite plate. We began the manufacturing of the moving mechanism, which will allow the connection between actuators, sensors, electrical and control system in order to get synchronized operation of the system. The manual for the proper handling of the machine was written, in which we explain in a specific way the operation and use of all the elements set on the pilot machine.

Finally we carried out the necessary tests to ensure the proper functioning of the machine and the fulfillment of the objectives.

In conclusion it can be probed that the prototype complies with parameters without affecting the production process, such as:

The design of a mechanism by worm gears which ensure the satisfactory operation of the prototype for the frying baskets.

The process time of the machine shall not exceed the operation time of a

manual machine, should produce the same quantity of product but, mainly that the operator doesn't have to be in contact with the machine or by high-temperature fluids; facilitating the use and allowing that operators without experience can handle it properly, which means that anybody can operate it.

1. INTRODUCCIÓN

El principal problema que existe en el manejo de estas máquinas es la necesidad de un operario para controlar que se lleve a cabo este proceso. La máquina y el fluido necesario para freír las papas están expuestas a altas temperaturas lo que se convierte en un peligro para el operario.

La mala manipulación de este tipo de máquinas provoca accidentes, por esta razón se busca disminuir el riesgo para los operadores mediante la automatización del manipulador de la canasta de una freidora de papas.

Este proyecto tiene como objeto freír papas de una forma industrial, mejorando la producción y disminuyendo el riesgo de las personas encargadas de operar estas máquinas y mejorando la relación máquina – humano mediante sistema HMI (interfaz hombre-máquina).

Mediante la integración de varios sistemas eléctricos y mecánicos se logrará controlar el proceso. Para el diseño del software se realiza un esquema tomando en cuenta los requerimientos planteados con énfasis en la seguridad del operador y sea de fácil manejo.

El objetivo general que justifica el desarrollo del proyecto es:

Automatizar del manipulador de canastas de una freidora de papas

Los objetivos específicos planteados son:

1. Adecuar la freidora con un sistema móvil en la canasta.
2. Diseñar un sistema de control del movimiento de la canasta.
3. Diseñar un sistema de control de temperatura del aceite en la máquina freidora.
4. Diseñar un HMI para el control del proceso de fritura.

Para el desarrollo del proyecto se eligió componentes mecánicos, eléctricos

y de control fácilmente accesibles de encontrar en el mercado, de manera que el cliente se sienta respaldado en caso de mantenimiento o un eventual cambio de componentes que se requiera.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PROCESO DE FRITURA

El principal objetivo de la fritura consiste en sellar los alimentos en aceite caliente para que los sabores y jugos presentes en él sean retenidos en una corteza crujiente, es así como la mayoría de las características deseables de los productos fritos proviene de la formación de una estructura compuesta por una capa externa o corteza crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocinado que fueron formadas durante el proceso de fritura (Bouchon, 2002).

La calidad de los alimentos fritos por inmersión no solo depende del tipo de aceite y alimento utilizado durante el proceso sino también de otros factores como: la temperatura del aceite, el tiempo de fritura y el tipo de freidora utilizada.

El aceite es el ingrediente principal en la preparación de alimentos fritos ya que éste sirve como medio de transferencia de calor entre el alimento y la freidora.

La primera fase en el proceso de fritura es la transferencia de humedad. Este proceso ocurre al momento de sumergir el alimento en el aceite, el flujo de calor sale del medio de fritura a la superficie del alimento, es decir que debido a la transferencia de calor, el agua de la superficie se evapora y escapa al medio de freído y, el agua del interior del alimento migra hacia la superficie.

En la segunda fase ocurre la transferencia de aceite. El agua que sale a la superficie deja agujeros vacíos en el alimento que son ocupados después por el aceite, la velocidad de entrada del aceite en el alimento depende de la densidad de este.

Es en esta fase en la que el alimento absorbe de un 4% a un 30% del aceite de cocción, la cual va a variar según: el tiempo de cocción del alimento, el área superficial del mismo, el contenido final de humedad del producto y la naturaleza del alimento (Paul y Mittal, 1997).

- **ACEITE COMO MEDIO DE FRITURA**

De acuerdo al estudio realizado por la FAO el principal uso del aceite en la cocina es la fritura, cuya función primordial es la de actuar medio transmisor de calor, aportando y textura a los alimentos. Uno de los requisitos del aceite es que sea estable en las condiciones verdaderamente extremas de fritura por inmersión, esto es, altas temperaturas y humedad.

Un buen alimento frito no se puede conseguir si no se utiliza un aceite de excelente calidad, sin embargo, casi todos los tipos de grasas y aceites pueden ser utilizados para la fritura, incluyendo aceites vegetales con y sin hidrogenar, grasas animales, mezclas de los anteriores y margarinas (Recabarren, 2008).

- **MATERIA PRIMA: PAPA**

La papa es uno de los principales cultivos tradicionales en Ecuador, es el segundo más importante después del maíz. En cada zona del Ecuador se producen diversas variedades de papás que pueden ser nativas o mejoradas; se debe tener en cuenta que de la variedades antes mencionadas no todas son utilizadas en el procesamiento de la papá ya que presentan diferentes características y formas de uso.

En Ecuador las variedades más cotizadas en locales de comidas rápidas, restaurantes y servicios de catering son: Superchola (79%), Única (10%), Gabriela (10%), Cecilia (9%), Fripapa (1%), y en menor porcentajes: Esperanza, Roja, María, y las nativas Uvilla, Leona Blanca, Bolona, Jubaleña (Ministerio de Agricultura, 2009).

La variedad destacada y preferida por los consumidores es la Superchola puesto que es una papa para consumo fresco (sopas y puré) y para procesamiento (papa frita en forma de hojuelas y de tipo francesa (Ministerio de Agricultura, 2009).

La calidad final de los bastones de papa frita depende en gran medida de la calidad de la materia prima con la que se elaboran, por lo que luego de la fritura el producto debe tener las siguientes características:

- Baja retención de aceite
- Dorado uniforme
- Textura interna arenosa y externa crocante
- Tiempo máximo de fritura: 5 minutos
- Luego de la fritura los bastones de papá deben mantener la crocancia por 15 minutos. (U.T.A, 2005)

En la tabla 1, se muestra las variables afectadas por las características que deben los tubérculos para poder ser empleados como materia prima para la elaboración de bastones de papas fritas.

Tabla 1. Variables afectadas por las características técnicas de la materia prima.

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	VARIABLE AFECTADA
Forma y tamaño del tubérculo	Rendimiento del producto final
Profundidad de los ojos	Tiempo requerido para mover los ojos
Cáscara delgada/grosor	Cantidad de desecho, rendimiento
Porcentaje de defectos	Trectificado, rendimiento
Gravedad específica	Absorción de aceite, tiempo de fritura, rendimiento
Materia seca	
Contenido de azúcares	Color, sabor y textura

(FPD, 2004)

La apariencia, color, sabor, textura, humedad, contenido de grasa y valor nutritivo que junto la influencia del medio tecnológico empleado para su elaboración, la calidad de la materia prima utilizada y los insumos usados determinan la calidad de la papa frita (FPD, 2004).

- **TEMPERATURA IDEAL PARA FRITURA DE PAPAS**

Las temperaturas de fritura están en el rango de 120°C a 200°C, pero las

temperaturas más comunes se encuentran en el rango de 170°C a 190°C. (Bouchon, 2002).

En la figura 1, se observa el proceso que se realiza para llevar a cabo la fritura de papas.

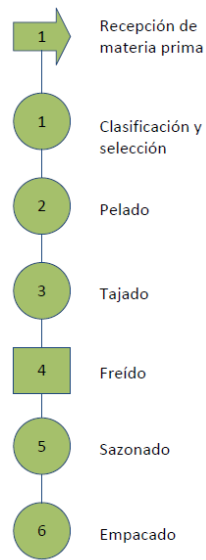


Figura 1. Proceso de fritura de papas. (U.T.A, 2005)

En el diagrama se detalla los pasos necesarios que lleva el proceso de fritura de papas, desde el ingreso de la materia prima pasando por todos los procesos hasta la obtención del producto final.

- **SELECCIÓN DE PAPAS**

Se deben escoger papas con alto contenido en sólidos, de variedad harinosa, que proporcionan a la patata frita acabada las mejores calidades comestibles, de apariencia y color atractivo (U.T.A, 2005).

- **PREPARACIÓN DE PAPAS PARA FRITURA**

El pelado correcto es importante para retirar todos los rastros de piel, los ojos y defectos de la papa antes del cortado en tiras. Los cortes rectos en la

papa a la francesa deben ser simétricos y estos miden de 9.5 a 12.7 mm de ancho por 60 a 140 mm de largo aproximadamente, esto se debe tener en cuenta debido a que cuando se fríen simultáneamente piezas de espesor muy variable, existirá una gran diferencia en la calidad de las papatas fritas producidas (Lawson, 1999).

En la estructura de la papa se aprecian dos zonas: una costra crujiente de 1 a 2 mm de grosor, donde se encuentra la mayor cantidad del aceite, y una miga suave en la parte interior. El contenido de aceite en papas a la Francesa oscila entre 10 y 15%.

El remojo de las tiras de papas en agua fría prevendrá el que las piezas de patata se vuelvan marrones y ayudara a mantener la frescura de las piezas. Después del remojo, debería tenerse cuidado en escurrir o sacudir las papas y retirar la mayor cantidad posible de agua antes de freírse (Lawson, 1999).

FRITURA POR INMERSIÓN

- Toda la fritura debe realizarse entre 160° C y 180°C, para permitir la formación del color dorado y disminuir la cantidad de aceite absorbido por el alimento.
- Retirar todo el exceso de humedad antes de comenzar la fritura.
- Mantener la relación de alimento/aceite entre 1:6 -1:10.
- Escurrir entre 10 y 15 segundos el alimento antes de servir.
- No permitir que las papas fritas permanezcan en el aceite luego de haber finalizado el proceso de fritura (Lawson, 1999).

2.2 CONSUMO DE PAPAS FRITAS

La tendencia global del consumo de papa ya no es más como alimento básico sino que apunta hacia una mayor demanda de producto procesado. El principal referente de los productos elaborados es la papa frita, ofrecida

sobre todo en los restaurantes de paso. Actualmente su comercialización en todo el mundo representa más de 11 millones de toneladas, según el Centro Internacional de la Papa (CIP).

Debido a sus propiedades nutricionales, la papa se ha convertido en el alimento más importante para más de mil millones de seres humanos, motivo que llevó a las Naciones Unidas a declarar al 2008 como “Año Internacional de la Papa” (Recabarren, 2008).

Sobre el consumo de la papa a nivel mundial se pudo determinar que existe un consumo de más de 200 millones de toneladas de papa al año, con un consumo promedio de 31 kg por persona.

Según la tabla 2, los continentes de Europa y Norteamérica son los mayores consumidores de papas a nivel mundial con un consumo por persona de 88 y 60 kilos respectivamente; por el contrario en los continentes de Asia y Oceanía el consumo de papa está muy por debajo del consumo promedio por persona, este alcanza los 24 kg al año, es decir que en estos continentes se consume casi el 50% de la producción a nivel mundial de papas.

El consumo más bajo se da en África con solo 14 kilos por persona al año (Recabarren, 2008).

En la tabla 2, se observa el porcentaje de consumo de papa a nivel mundial.

Tabla 2. Consumo promedio de papas por región del mundo.

Región	Población (miles)	Consumo (miles ton)	kg/persona/año
Asia y Oceanía	3.934.644	94.038	24
Europa	739.203	64.902	88
EE.UU. y Canadá	330.4	19.824	60
África	904.388	12.571	14
América Latina	562.27	11.639	21

(Recabarren, 2008)

En América Latina se consumen aproximadamente 21 kg de papas por persona al año, muy por debajo del promedio mundial de 31 kg. Bolivia y Perú son los mayores consumidores, con 90 y 80 kg/persona/año, seguidos por Colombia, con 60 kg, Chile y Guatemala, con 50 kg, y Argentina, con 44 kg. Los países que menos consumen papas por persona en América son Venezuela (12 kg) y Brasil (14 kg), donde se privilegia el consumo de yuca (Recabarren, 2008).

La papa es un alimento clave en Ecuador, al ser muy nutritivo desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra (Recabarren, 2008).

En el Ecuador la industrialización de la papa es insuficiente, sin embargo el consumo de productos procesados de papa va en aumento, especialmente los bastones de papa frita; esto se debe a que el incremento de la población urbana y el ritmo de vida han originado un crecimiento de locales de comidas rápidas, pero cuya demanda es actualmente abastecida con producto importado proveniente de Bélgica, Holanda, EE.UU., y Canadá.

El consumo per cápita de Ecuador es muy inferior a los de otros países de la región andina, mientras el consumo promedio anual de Ecuador de papa procesada es de 30 kg por persona año, en Perú consume 68.4 kg, Colombia 64,1 kg y Bolivia 43.3 kg. (Flores R., 2012)

2.3 FREIDORAS

Una freidora es un electrodoméstico que se utiliza en la cocina para la fritura de alimentos.

Existen freidoras industriales y domésticas. Para garantizar que los resultados de su uso sean los deseados, las freidoras deben cumplir una serie de requisitos que se menciona a continuación:

- No debe existir presencia de zonas o esquinas muertas que dificulten la renovación del aceite.
- El material del cual deben estar fabricadas es acero inoxidable.
- En el diseño de la freidora se debe considerar la colocación de una tapa para evitar que la luz incida sobre el aceite.
La misma debe permitir la instalación de un sistema de extracción de humos; el cuál recogerá y canalizará el vapor, las sustancias volátiles y las pequeñas gotas de aceite derramadas.
- La correcta ubicación de la fuente de calentamiento del aceite debe asegurar que éste alcance la temperatura adecuada sin necesidad de elevarla excesivamente.
- Se requiere la colocación de un termostato que garantice la temperatura mínima necesaria y que evite variaciones bruscas en la misma.
- Poner un filtro, en la propia freidora o cerca del intercambiador de calor, para eliminar las partículas de producto que se requeman y carbonizan en el aceite.
- La freidora de ser de fácil limpieza (Buitrago, 2014).

2.4 TIPOS DE FREIDORAS

Existen varios tipos de freidoras de papas dentro del mercado, podemos encontrar no automáticas y automáticas.

Dentro del grupo de freidoras no automáticas se encuentran las que son completamente manuales y necesitan de un operario para poner en funcionamiento, deben calcular los tiempos necesarios para realizar el proceso. Y las automáticas que son diseñadas para desarrollar un proceso para el cual fueron diseñadas sin necesidad de tener un operario.

En la figura 2, se puede observar los tipos de freidora que existen en el mercado. Dentro de las que encontramos freidoras industriales, sin humos y domésticas.

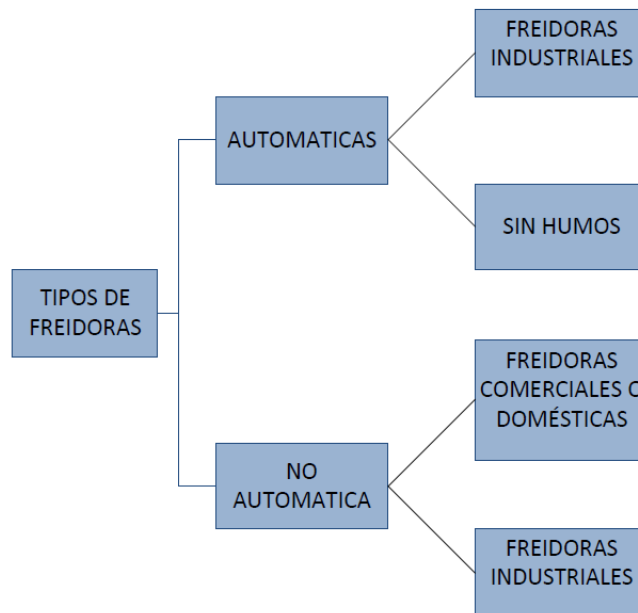


Figura 2. Tipos de Freidoras.
(Buitrago, 2014)

A continuación se detalla las características importantes de la clasificación de las freidoras:

- **AUTOMÁTICAS**

Las freidoras de papas automáticas hay de tipo industrial que se utilizan en empresas que generan producto en grandes cantidades y de tipo sin humo que son más pequeñas pero de igual manera generan cantidades industriales, las freidoras automáticas poseen las siguientes características:

- Disponen de un control de temperatura del aceite para evitar los cambios de temperatura bruscos.
- Disponen de un temporizador, para alertar el límite de tiempo necesario para freír las papas.
- Disponen de un sistema mecánico para subir la canasta.
- Dispone de un encendedor automático.

En la figura 3, se observa el modelo de una freidora industrial de tipo automática (Buitrago, 2014).



Figura 3. Freidora automática industrial.
(RO CA, 2016)

En el mercado se puede encontrar varios tipos de freidoras entre ellas las compactas, en la actualidad son las más modernas gracias a sus controles automáticos y su tamaño compacto.

El funcionamiento de esta freidora comienza al programar el tiempo de cocción, luego se inserta el alimento en la freidora, se espera la cocción del mismo y finalmente la máquina dispensará el alimento. Por lo general estas freidoras son utilizadas en lugares cerrados donde no se cuenta con ductos de extracción de humos (RO CA, 2016).

En la figura 4, se puede observar el diseño compacto de las freidoras, que permite la especialización en la cocción de alimentos de diversos tamaños, formas y colores.



Figura 4. Freidora automática sin humos.
(RO CA, 2016)

Una de las mayores ventajas que tienen este tipo de freidoras es que debido al alto nivel de automatización de sus procesos, la mano de obra de personal calificado no es indispensable (EUROCHEF, 2014).

- **NO AUTOMÁTICAS**

Las freidoras de papas no automáticas se dividen en dos tipos: de tipo industrial y domésticas, tienen las siguientes características:

- Disponen de una perilla, que sirve para variar la intensidad de llama, necesaria para variar la temperatura del aceite.
- El encendedor es manual.
- Para manipular las canastas de papas se necesita supervisión y correcta operación por parte del operario (Buitrago, 2014).

En la figura 5, se observa la imagen de una freidora no automática común que se encuentra en el mercado (Buitrago, 2014).



Figura 5. Freidora no automática.
(Productosgarden, 2016).

Dentro de las freidoras de papas no automáticas podemos encontrar dos tipos de freidoras: las comerciales que son de uso domésticos y las industriales que están destinadas al uso en bares y restaurantes. Las freidoras de tipo domésticas son las que se utilizan en la cocina de una

casa, usualmente eléctricas y como fuente de calor utilizan una resistencia eléctrica controlada por un termostato ajustable a la temperatura necesaria. Los modelos eléctricos son buscados en el mercado doméstico por su fácil movilidad, ergonomía y bajo consumo; así como también por el corto tiempo que tardan en recuperar la temperatura entre una cocción y otra, manteniendo más estable el punto de óptimo de cocción (Buitrago, 2014).

En la figura 6, se puede observar el modelo de una freidora de papas doméstica. Su principal característica es su tamaño pequeño.



Figura 6. Freidora Eléctrica Doméstica
(Oster Latinoamérica,2016)

En la actualidad existen freidoras que han mejorado su eficiencia energética debido a que utilizan nuevos sistemas de transferencia de calor y control de temperatura. Son pequeñas debido al poco espacio que se dispone dentro de una cocina.

Las freidoras industriales son utilizadas en hoteles, bares, restaurantes entre otros, está diseñada para freír en grandes cantidades, depende del tamaño de las freidoras el precio de venta.

Las freidoras a gas utilizan para su funcionamiento gas propano o gas natural, lo cual brinda diversas ventajas energéticas y cuantitativas en relación a las eléctricas como por ejemplo el empleo de sistemas de inyección de calor dentro del aceite, diseñados para conservar una temperatura precisa y uniforme dentro de la freidora.

Las freidoras eléctricas basan su funcionamiento en la utilización de resistencias eléctricas comandadas por el usuario o controladas a través de termostatos (Buitrago, 2014).

Actualmente las freidoras industriales se han modernizado y emplean materiales duraderos, resistentes a la corrosión. En su diseño ya se cuenta con zonas de filtrado de aceites y zonas frías que optimizan la duración del aceite, la graduación de temperatura y tiempo de cocción es cada vez más precisa gracias a la utilización de controles y sensores.

En la figura 7, se observa una freidora de papas la industrial no automática.



Figura 7. Freidora Industrial a gas.
(Freidoras Pallomaro, 2012)

Existe gran variedad de fabricantes de freidoras industriales a nivel nacional e internacional que ofrecen diferentes diseños y capacidades que se adecuan a las necesidades del mercado.

2.5. ACCIDENTES POR CONTACTO TERMICO CON FREIDORAS

La industria de alimentos y bebidas es uno de los sectores que genera más empleos a nivel mundial, esta industria también representa uno de los grupos más grandes de empleados que sufren lesiones en su trabajo. Las

quemaduras son la segunda causa de accidentes graves en las cocinas industriales; este tipo de lesiones y accidentes son costosas y perjudiciales para la salud del operario o personal que sea encargado del funcionamiento.

El aceite caliente constituye un riesgo significativo para los trabajadores que utilizan freidoras de fondo profundo. Pueden producirse quemaduras graves si el aceite no se deja enfriar antes de su manejo, o no se emplean los utensilios adecuados (Burn Foundation, 2015).

Existen dos momentos críticos que fijan la seguridad en la manipulación de un alimento durante el proceso de fritura: la correcta inmersión del producto en el aceite caliente y el retiro del producto una vez frito. En las freidoras tradicionales abiertas, las quemaduras son frecuentes, este riesgo se puede minimizar con la utilización de equipos de fritura de alta tecnología que sean compactos, cerrados y aislados térmicamente.

Las personas que trabajan en restaurantes de comida rápida como cocineros están expuestos a un riesgo especial de lesiones por quemaduras.

Cuando los períodos de trabajo son demasiados largos, la inexperiencia y la presión de cuidar su puesto de trabajo pueden dar lugar a lesiones por quemadura. En la fritura el aceite caliente puede llegar de 150 ° a 260 ° C, haciendo que esta tarea se encuentre dentro de las 50 ocupaciones con un alto potencial de riesgo a presentar lesiones de quemadura (Burn Foundation, 2015).

Los accidentes son causadas por quemaduras suelen ocurrir cuando:

- La administración en el lugar de trabajo no ha impuesto normas de seguridad.
- Los trabajadores o empleadores ignoran las reglas de seguridad.
- Se toman atajos o los trabajadores son presionados en el tiempo.

- Las personas se vuelven demasiado familiarizadas con su trabajo y toman riesgos innecesarios.
- Los trabajadores están enfermos, cansados o comprometidos con drogas o con el alcohol lo que le hace ser incapaz de concentrarse.
- Mala manipulación de maquinaria expuesta a altas temperaturas.
- Falta de mantenimiento a la máquina.
- Mala ubicación de la máquina dentro del lugar de trabajo.

Las quemaduras generadas por accidentes de trabajo resultan por el contacto con:

- Líquidos calientes y vapor.
- Aceite caliente y grasa.
- Sustancias calientes, tales como alimentos o salsas.
- Superficies calientes – estufas, parrillas, hornos.
- Incendios debido a grasa o aceite caliente (Burn Fundation, 2015).

3. METODOLOGÍA

Este capítulo explica los métodos a realizar para llevar a cabo el proyecto, analizando y describiendo el funcionamiento que tendrá la máquina.

La mecatrónica es la integración de la ingeniería mecánica con la ingeniería eléctrica y electrónica basada en control inteligente computarizado para el diseño y manufactura de productos y procesos (Rojas, 2005).

3.1 METODOLOGÍA MECATRÓNICA

Tiene como propósito el desarrollo de máquinas de tipo mecatrónico, que abarcan muchas partes de la ingeniería mecánica, electrónica y de control que interactúan de forma directa en el diseño de la máquina, teniendo como punto de partida una necesidad o un problema. La metodología mecatrónica ayuda a:

- Reducir los tiempos de diseño e implantación
- Reducir los costos asociados al diseño e implementación.
- Tener un orden de actividades en un proyecto integral
- Reducir la interacción de varios o muchos operadores.
- Reemplazar métodos manuales por métodos automáticos (Ingenieure, 2004).

Existen varios modelos que se usan para el desarrollo de proyectos mecatrónicos, el “Modelo en V” es el que mejor se adapta a este tipo de proyectos, integrando el diseño mecánico, diseño electrónico y diseño de control automático.

El “Modelo en V” da un enfoque más moderno para el desarrollo de sistemas mecatrónicos, en la figura 8, se describe el funcionamiento y el proceso que debe realizar para el desarrollo de proyectos mecatrónico, desde el planteamiento de requerimientos o problema del sistema hasta la obtención del producto final que satisfaga las necesidades (Ingenieure, 2004).

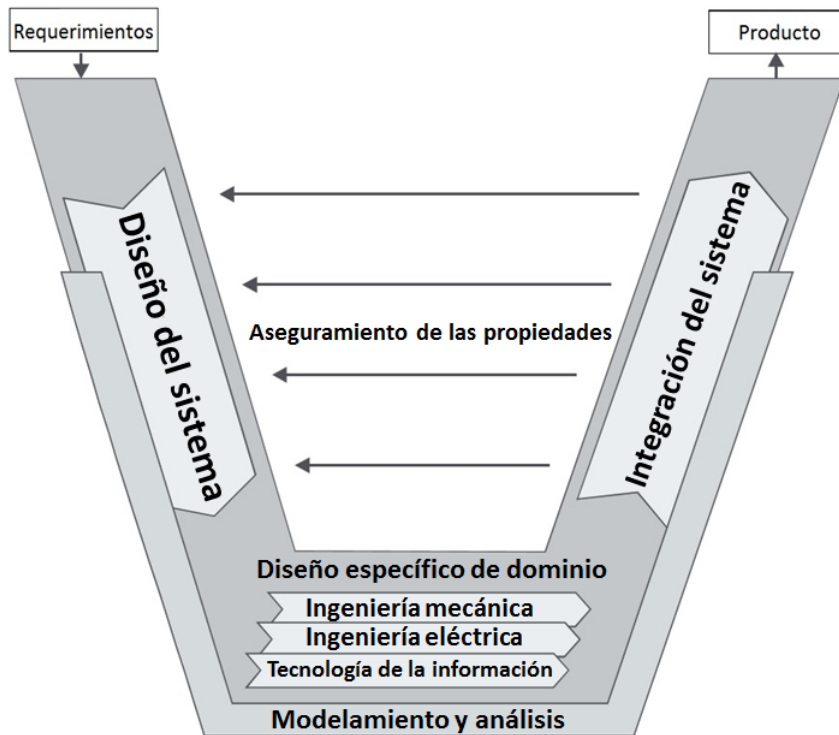


Figura 8. Modelo V para el desarrollo de sistemas mecatrónicos.
(Ingenieur, 2004)

Este modelo busca establecer una solución integral a un problema o necesidad, en el que describe las principales características físicas y operativas del producto a desarrollar, poniendo como prioridad el problema que debe solucionar o el proceso que se va a mejorar.

- Estudio previo para desarrollo del proyecto, Automatizar el manipulador de una máquina freidora de papas.
- Diseño de sistema mecánico para realizar los movimientos necesarios para realizar el proceso de fritura de papas.
- Diseño de sistema de seguridad para resguardar la integridad del operario de la máquina en caso de que existiera alguna falla en el funcionamiento.
- Diseño de sistema de control para temperatura necesario para freír las papas a la temperatura adecuada.
- Diseño de circuito de potencia para control de actuadores, para alimentar los motores necesarios para mover el manipulador para que cumpla con el proceso específico.

- Diseño de un sistema HMI en la freidora para que el usuario pueda observar en el display, el proceso que está llevando a cabo la máquina.
- Fuente para alimentar motores, microcontrolador y dispositivos electrónicos, dispositivos que necesitan entre 5 y 12[V].
- Circuito que permita la comunicación de dispositivos externos como son el sensor de temperatura max6675 y el display 16X2.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- Freír 2 libras de papas fritas en 5 minutos.
- El sistema mecánico y electrónico deben ser controlados de manera simultánea para llevar a cabo el proceso.
- Debe tener un sistema HMI que le permita visualizar proceso que realiza máquina desde su inicio hasta su conclusión, temperatura del aceite y estado de la máquina.
- Material del mecanismo debe soportar temperaturas altas, resistente a la corrosión, tomando en cuenta que mantiene contacto con los alimentos.
- Tener un paro de emergencia.
- Alimentación de papas sin cocinar es manual, el resto del proceso debe ser automático.

Una vez planteado los requerimientos que describen el funcionamiento que debe realizar la máquina con sus características físicas y operativas del sistema. Procedemos al diseño del sistema, en el siguiente capítulo se realiza los cálculos, selección de materiales y simulaciones para validar la correcto funcionamiento del proyecto.

3.2 DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA

El diseño específico realiza una interpretación más detallada y especificando los parámetros necesarios para asegurar el desempeño de cada función.

En la Figura 9, se detalla la función que desempeña cada bloque que conforma la máquina.

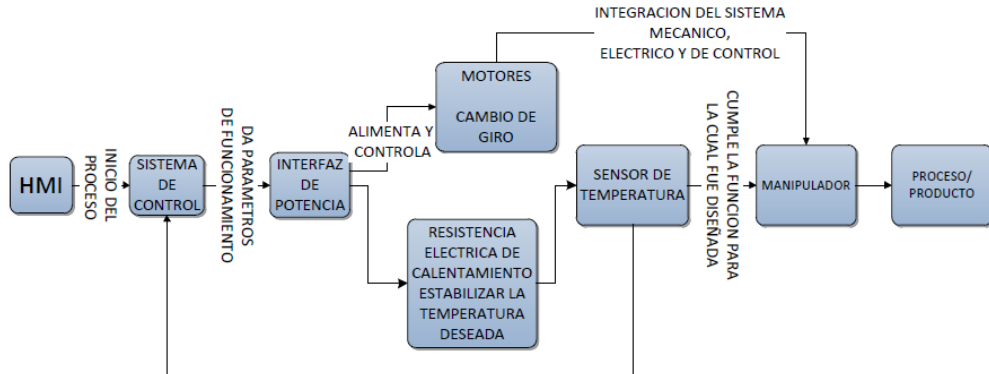


Figura 9. Diagrama de funcionamiento del manipulador.

El sistema se divide en 3 partes principales para el desarrollo del proyecto: Diseño Mecánico, Diseño Electrónico y Diseño de Control.

- **DISEÑO MECANICO**

Diseño de sistema mecánico móvil conformado por dos tornillos sin fin, que permiten el desplazamiento del manipulador en sentido vertical y horizontal para cumplir los parámetros de funcionamiento de la máquina.

Para diseñar el sistema mecánico móvil se debe tener en cuenta que la máquina tiene contacto con alimentos, por esta razón todos los materiales son de acero inoxidable.

Para avalar el funcionamiento del mecanismo y para resguardar la seguridad del usuario es necesario realizar una variedad de cálculos los cuales se detallan a continuación

- Cálculos de esfuerzos y cargas que soportan el mecanismo, que evite fallas estructurales y provoque accidentes al operador y a la máquina.
- Cálculos para selección del mosfet para amplificar la señal de ingreso a los actuadores.

- **DISEÑO ELECTRÓNICO**

Para el desarrollo del proyecto el sistema electrónico debe tener la capacidad de ejecutar las acciones configuradas en el programa.

Se debe tomar en cuenta las protecciones necesarias para evitar daños en los componentes electrónicos que conforman el circuito, de manera que si se produce un exceso de corriente no afecte directamente a los elementos principales y de esta manera será fácil para el usuario el mantenimiento y reparación de la máquina.

Para seguridad de los operadores de la máquina se debe implantar un botón de paro de emergencia, que se encargará de desactivar los controladores de los motores, fuente de alimentación y resistencia eléctrica.

- **DISEÑO DE CONTROL**

Dentro del diseño de control el programa que controla las acciones de la máquina, estará configurado para poder asegurar el funcionamiento y cumpliendo los parámetros establecidos. Se debe controlar el desplazamiento del sistema móvil en los ejes X, Y, y Z limitando el recorrido máximo y mínimo por medio de finales de carrera.

Se podrá visualizar el proceso que está cumpliendo la máquina, así como la temperatura que debe ser de 170° C. (+-20° C.), mediante la implantación de un sistema HMI para mantener una comunicación más amigable entre humano – máquina, de manera que el usuario pueda saber la función que cumple la máquina, seleccionar la temperatura que desea y poner en marcha el proceso.

El control de la temperatura para freír las papas debe evitar un cambio brusco de temperatura para mantener el proceso de cocción de la papa sin que ésta se queme o salga crudo.

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA

En el desarrollo del proyecto, esta máquina se va a encargar de freír papas disminuyendo el riesgo de accidentes para los operarios. Esta máquina está diseñada para contener 10 litros de aceite y freír aproximadamente 2 libras de papas.

Para llevar a cabo la automatización del proceso se debe diseñar un mecanismo que permita realizar los movimientos de bajada y subida del manipulador, mediante el uso de 2 motores DC a 12[V] que se desplazan en forma lineal, de esta manera el usuario no tiene contacto con el aceite a altas temperaturas.

La temperatura del aceite debe alcanzar una temperatura de 170° C. (+-20° C.), para llevar a cabo una correcta fritura y de manera equitativa para que el producto sea de calidad. El tiempo estimado para la fritura es de 5 minutos. El tiempo de espera es controlado por un temporizador y puede ser visualizado por el operador en el display que se encuentra en la parte frontal de la máquina.

Una vez terminado el proceso de fritura, se activa un actuador permitiendo a la canasta subir para evitar que se quemen las papas, cuando la canasta está en la parte superior, se activa el segundo actuador (M2), encargado de llevar las papas a la siguiente estación (empacado), limitado por un fin de carrera que detiene el actuador y al mismo tiempo activa un tercer actuador que gira la canasta para depositar las papas en una bandeja para su posterior empacado.

El producto final (papas) debe tener una correcta cocción de manera que el cliente quede satisfecho.

Como último paso se debe realizar pruebas a la máquina, los resultados deben ser ponderados en una tabla para comparar los tiempos que toma una realizar el mismo proceso con una máquina automática necesita

supervisión completa de un operario y una máquina manual, de esta manera se puede optimizar tiempo, dinero materia prima y disminuyendo accidentes.

En la figura 10, se detalla paso a paso el proceso que debe realizar cada componente de la máquina para obtener el producto final.

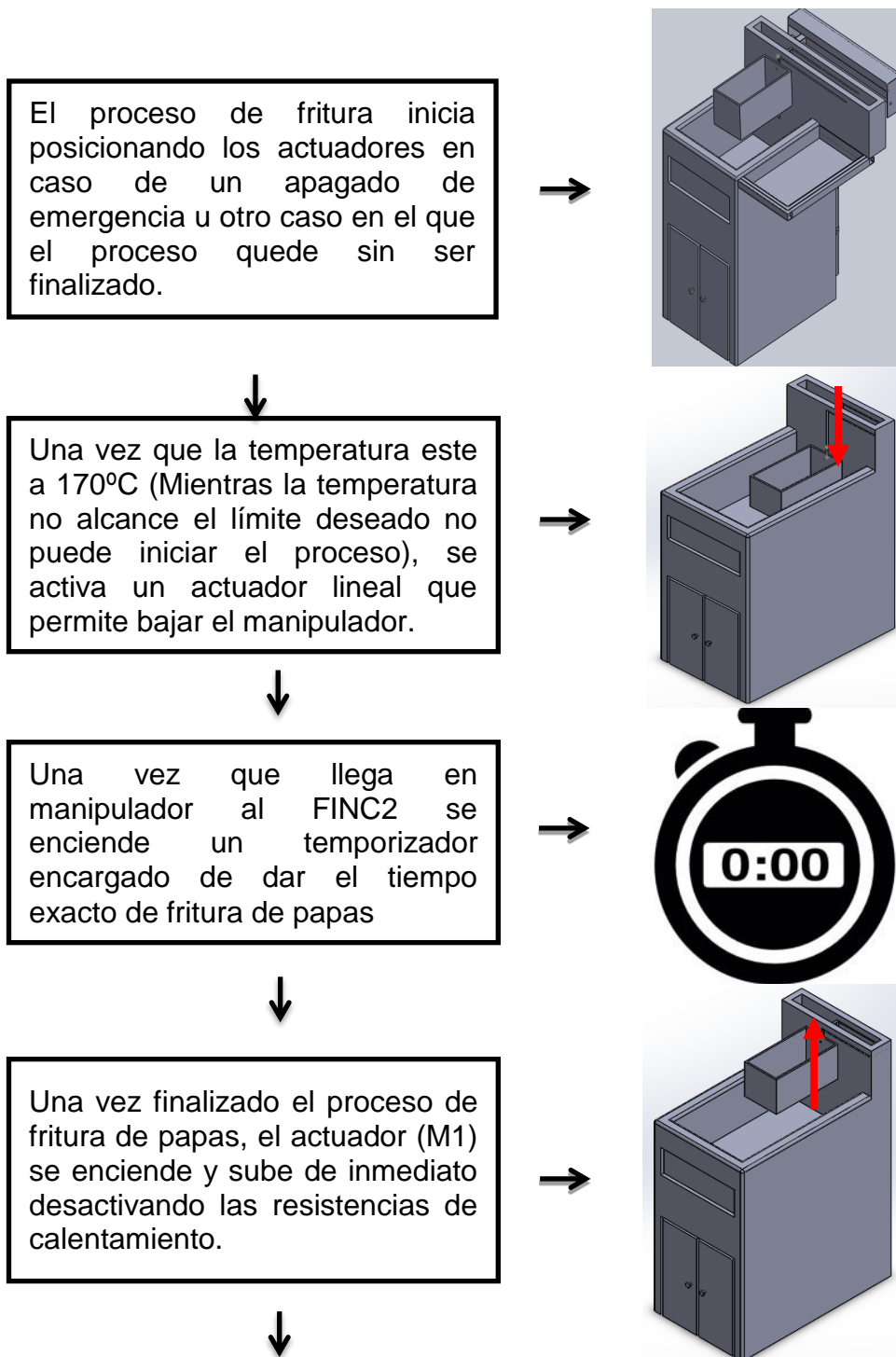


Figura 10. Continuación Diagrama de proceso de fritura de papas.

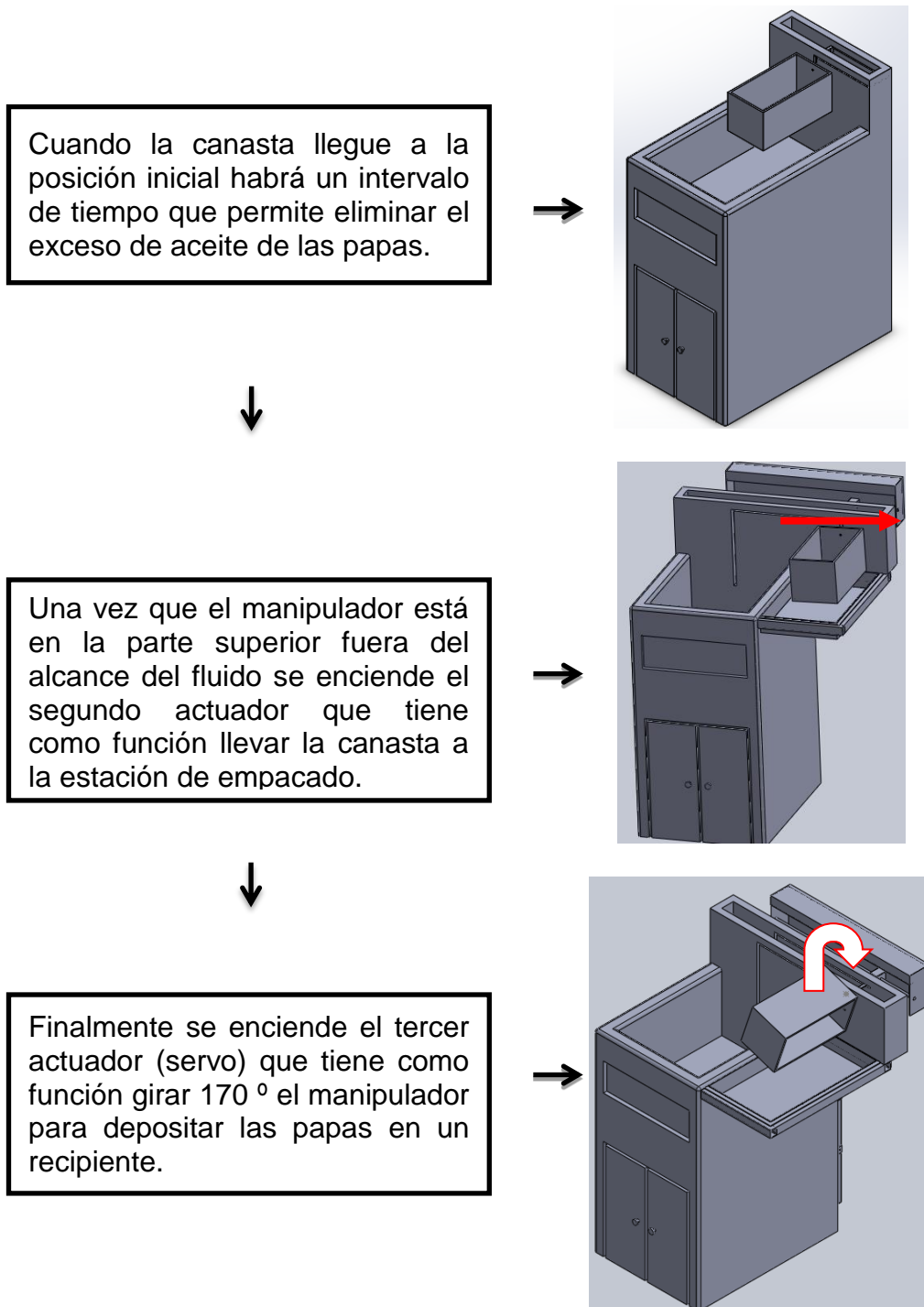
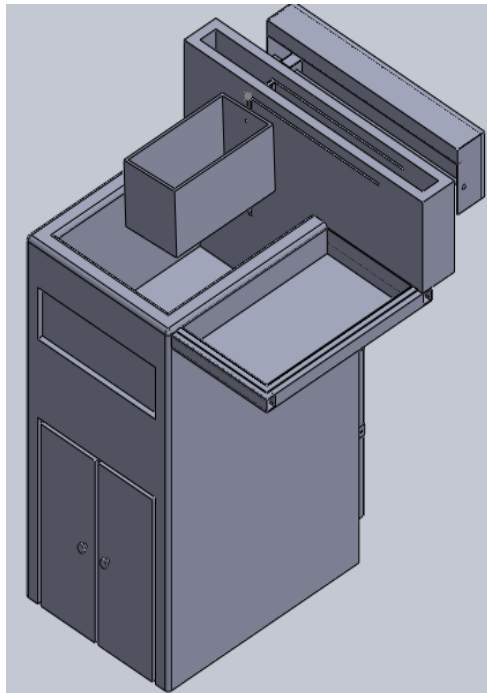


Figura 10. Diagrama de proceso para fritura de papas.

Para asegurar el buen funcionamiento de la máquina, es indispensable el correcto montaje de los sistemas mecánicos y eléctricos, de manera que encajen correctamente en el ensamblaje.

3.4 CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS DEL SISTEMA

En la figura 11, se detalla las dimensiones de la freidora de papas utilizadas para realizar el presente proyecto, el material del que está compuesta la máquina debe ser de acero inoxidable.



MAQUINA		
ALTURA	ANCHO	LARGO
90 cm	60 cm	50 cm

Figura 11. Dimensiones de máquina freidora de papas.

Las dimensiones utilizadas para el desarrollo del proyecto fueron tomadas de una freidora de papas estándar, que fácilmente se encuentran en el mercado, una de las más conocidas e importantes se encuentran en (AcerosInoxidablesEcuador, 2016).

Para facilitar el desarrollo del proyecto se utilizó una base realizada con tubo estructural 20x20[mm].

TORNILLO SIN FIN

El recorrido que necesita hacer el manipulador es de 50 cm por esta razón se buscó en el mercado un tornillo sin fin con longitud superior para que no

sea exacto y de diámetro que sea capaz de soportar la carga del mecanismo móvil.

En la figura 12, se detalla las dimensiones del tornillo sin fin utilizado para realizar los movimientos del sistema, el material del cual está hecho es acero inoxidable.

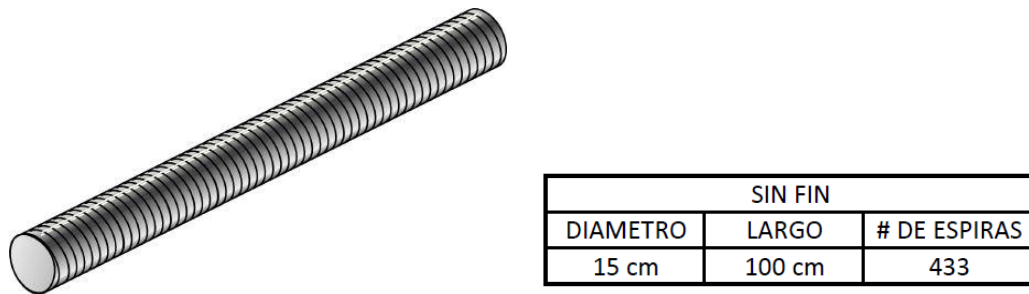


Figura 12. Dimensiones de tornillo sin fin.

El tornillo sin fin es indispensable en el sistema mecánico, sirve para generar los movimientos del manipulador en los ejes X y Y. es de acero inoxidable. Es indispensable conocer las especificaciones técnicas del material que va ser utilizado para realizar los cálculos.

PARAMETROS DE DISEÑO

En la tabla 3, se observa los parámetros impuestos para el desarrollo de la máquina donde está especificado la capacidad de carga del manipulador, distancias de recorrido.

Tabla 3. Características y dimensiones del manipulador.

Parámetros	mm	min	kg
Capacidad			4
Recorrido Horizontal	750		
Recorrido Vertical	500		
Tiempo De Trabajo		480	
Peso de canasta con papas (P1=P2)			1,8
Peso mecanismo móvil (Q1)			9,1

Es indispensable citar los parámetros dados por el diseñador para el desarrollo de la máquina, de esta tabla depende el funcionamiento, la carga máxima y mínima de uso para que el usuario tenga claro y no haga mal uso de la máquina, así como el tiempo de trabajo que realiza la máquina, se puede observar el manual en el anexo 2.

El motor debe realizar 216 revoluciones en 0.5 [m] para subir el mecanismo y llegar a su posición final.

$$\omega = 216 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = 27,14 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

Realizamos la transformación de la velocidad angular que se necesita para desplazar el mecanismo de la posición mínima a la posición máxima.

3.5 ANÁLISIS DEL DISEÑO MECÁNICO

Dentro del diseño mecánico de la máquina, se requiere implementar un mecanismo para llevar a cabo los movimientos necesarios para cumplir los requerimientos de diseño de la máquina.

Para generar el movimiento horizontal se requiere de un tornillo sin fin, sujetado en sus extremos por chumaceras para permitir el giro del tornillo sin fin. Todos estos materiales son encontrados en el mercado, ninguno de estos es diseñado, los cálculos avalarán el funcionamiento de la máquina.

$$P1 = 1.8 \text{ [N]}$$

$$Q1 = W = 9.1 \text{ [N]}$$

$$W1 = 10.9 \text{ [N/m]}$$

Donde → P1 = Peso de canasta con 2 lb. de papas

Q1 = W1 = Peso del sistema mecánico móvil

W1 = Carga distribuida total (sumado P1 + Q1)

En la Figura 13. Observamos el diagrama del sistema con las cargas a las que está siendo sometida, con sus dimensiones necesarias para proceder al cálculo de esfuerzos.

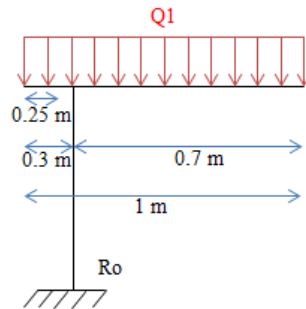


Figura 13. Diagrama de cargas del sistema.

El sistema está compuesto por 2 tornillos sin fin, para el cálculo son tomados como vigas, una horizontal con una carga distribuida y otra vertical con una carga distribuida que representa el peso del mecanismo con todos sus componentes que lo conforma y el vertical que está sometido al peso del mecanismo que afecta directamente al tornillo sin fin.

3.5.1 CÁLCULO ESFUERZOS MECANISMO MOVIL

La estructura móvil diseñada para realizar los movimientos del manipulador debe ser resistente debido a las fuerzas a las que está sometido, para los cálculos seguimos la ruta de diseño que se observa en el anexo 3.

En la figura 14, se observa el mecanismo móvil que fue simulado mediante el software SolidWorks.

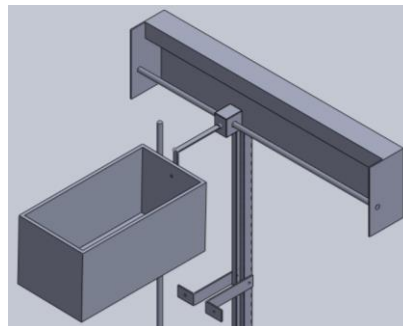


Figura 14. Mecanismo móvil del manipulador.

El mecanismo es indispensable tener simulado para posteriormente realizar los cálculos para avalar el correcto funcionamiento y resistencia del sistema bajo las cargas a las que va a ser sometida.

$$\begin{aligned} \sum_F &= 0 & \sum_{MP1} &= 0 \\ \sum_F &= -Q1 - R_o & \sum_{MP1} &= (Q1 \times d) \\ R_o &= -10.9 \text{ [N/m]} & \sum_{MP1} &= 5.45 \text{ [Nm]} \end{aligned}$$

En la figura 15, se observa los diagramas de momentos que soporta el mecanismo móvil con las cargas al que está sometido.

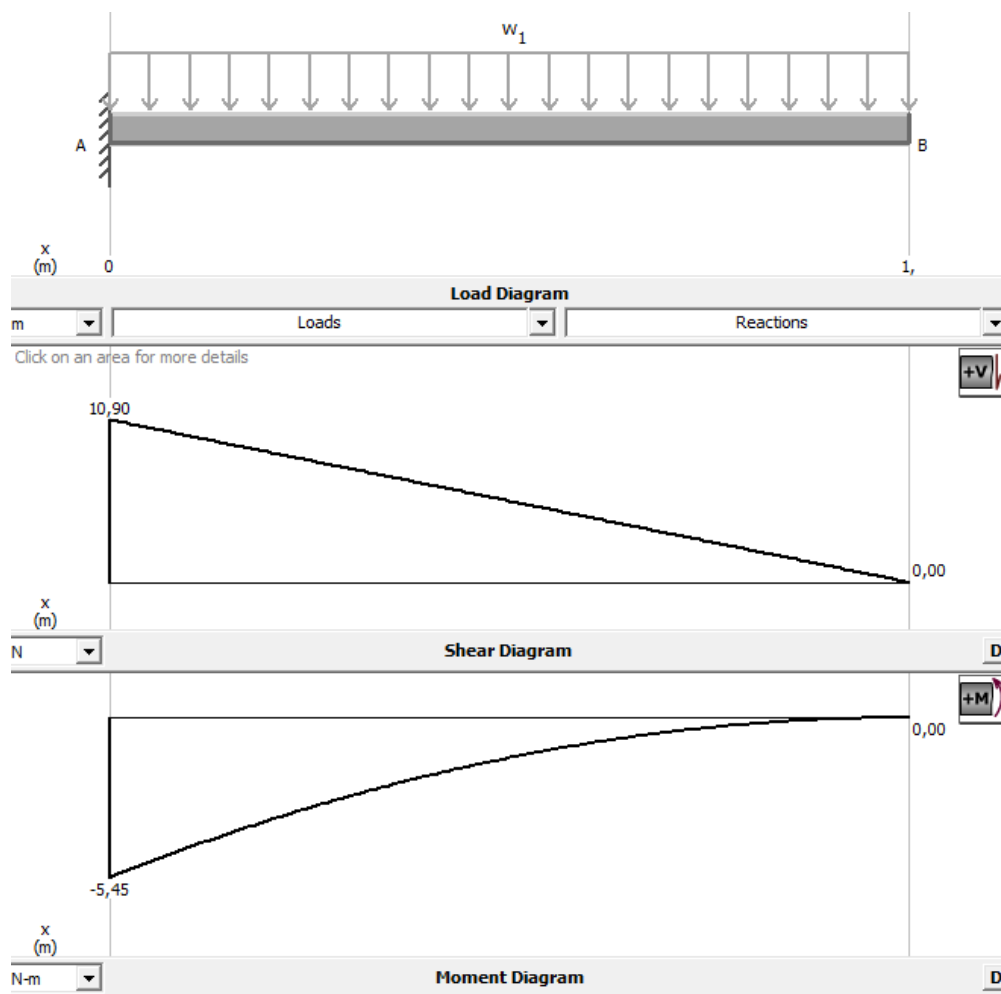


Figura 15. Diagrama de cortante y momento flector.

Una vez obtenido el momento y la carga, se realiza el cálculo del esfuerzo normal y de torsión que soportará mediante las siguientes ecuaciones (Mott, 2006).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad [1]$$
$$\sigma = 1.16 \text{ [MPa]}$$

Los esfuerzos debido a torsión se presentan cuando al objeto de estudio se le aplica una fuerza de giro. La ecuación que describe los esfuerzos debido a torsión según (Mott, 2006):

$$\tau = \frac{T * r}{J} \quad [2]$$
$$\tau = 8.35 \text{ [MPa]}$$

Calculado el esfuerzo normal y de torsión se procede a comparar con los esfuerzos admisibles para comprobar que soportará la carga con el uso de las siguientes ecuaciones.

$$\sigma = \frac{S_y}{N} \quad [3]$$
$$\sigma = 61.58 \text{ Kpa}$$

Para evitar la falla del cálculo de esfuerzo se lo debe compara con el S_y del material que se está ocupando

$$\sigma < \sigma_{adm}$$
$$61.58 \text{ Kpa} < 155 \text{ MPa}$$

El esfuerzo Cortante Máximo se determina el esfuerzo máximo que soporta el material antes de fallar y se calcula mediante el círculo de Mohr, cuya ecuación es (Mott, 2006):

$$\tau_{\max} = \frac{0.5 S_y}{N} \quad [4]$$

$$\tau_{\max} = 8.35 \text{ MPa}$$

Se compara el esfuerzo se lo debe compara con el admisible del material que se encuentra en catálogos.

$$\tau_{\max} < \tau_{\text{adm}}$$

$$8.35 \text{ MPa} < 77.5 \text{ MPa}$$

El resultado del cálculo de esfuerzos nos permite verificar que los esfuerzos calculados son menores a los admisibles de cada material por lo tanto el sistema móvil soporta la carga a la que está sometida.

3.5.2 CÁLCULO BARRA VERTICAL

El mecanismo que permite el movimiento está conformado por un tornillo sin fin ubicado en forma vertical permitiendo el movimiento de subida y bajada del manipulador.

En la Figura 16. Se observa el diagrama de fuerzas del tornillo sin fin vertical sometido a una fuerza P2 que representa el peso total del mecanismo sumado el manipulador y el peso de las papas.

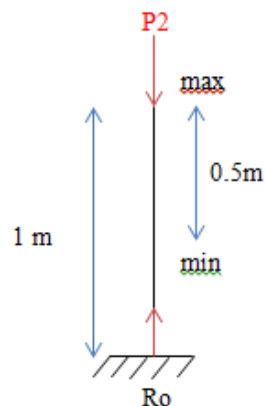


Figura 16. Diagrama de fuerzas.

Este movimiento vertical tiene un punto crítico, el de levantar todo el peso del mecanismo sumado el peso de las papas. Se debe tomar en cuenta todos estos parámetros para la selección del motor.

Se procede a realizar el cálculo del esfuerzo normal [1]. Sabiendo que $P_2 = 10.9$ [N]. Por medio de la fórmula 1.

$$\sigma = 61.58 \text{ KPa}$$

Por medio de la siguiente ecuación procedemos a calcular el trabajo realizado por el mecanismo.

$$W = F \times d \quad [5]$$

$$W = 5.45 \text{ [Nm}^2\text{]}$$

A continuación se realiza el cálculo de la potencia que requiere el mecanismo para romper el momento de inercia mediante la ecuación [7]. Debido a que los motores en el mercado vienen dado en HP realizamos la transformación sabiendo que:

$$1\text{HP} = 746\text{W}$$

$$P = 68.45 \text{ W} = 0.092 \text{ HP}$$

3.6 DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

Para el desarrollo del sistema electrónico se seleccionó componentes fáciles de encontrar en el mercado, bajo costo pero debe cumplir con la función para la que fue diseñada.

PULSADOR

El pulsador controlará el inicio y paro del proceso que realiza la máquina, este pulsador seleccionado tiene como característica normalmente abierto,

funcionará solo el momento que sea presionado y dará paso al proceso antes detallado.

Una vez que el operario presione el pulsador, enciende la máquina para que lleve a cabo el proceso, encendiendo las resistencias eléctricas de calentamiento y posteriormente activar los actuadores para que mueva el manipulador cumpliendo el proceso que se planteó en el programa. De lo contrario la máquina no realizará ninguna orden.

SISTEMA DE SEGURIDAD

En caso de existir algún inconveniente ya sea propio de la máquina, software o hardware, este pulsador implementado al ser accionado realizara el paro inmediato de todo el proceso, para salvaguardar la integridad del operador.

Es indispensable que la máquina cuente con un sistema de paro de emergencia, que detenga el proceso de inmediato. Para llevar a cabo esta acción debe estar correctamente diseñada en el programa para que cumpla la función requerida.

RESISTENCIA ELÉCTRICA CALENTADORA

Las resistencias eléctricas calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se libera calor. La mayoría de resistencias calentadoras son fabricadas de alambre, que tiene una aleación de níquel y cromo, (80%) y (20%) respectivamente.

Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

En la figura 17, se puede observar la resistencia eléctrica que se implementó en el proyecto.



Figura 17. Resistencia eléctrica calentadora.

Se implementó 2 resistencias calentadoras para disminuir el tiempo de calentamiento del aceite, el control se realiza por medio de un triac que soporta 45[A], debido a que cada resistencia consume 10[A].

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En el diseño de control, se diseñará el circuito que se encargará de enlazar los componentes electrónicos con el software que se diseña para controlar los dispositivos. Se analiza los tipos de elementos necesarios para controlar las señales de los sensores de temperatura, controladores de los motores, finales de carrera, temporizadores y demás dispositivos.

Para limitar el funcionamiento de cada proceso se analizó en el diseño de control, los medios que se necesitan para aprovechar el manejo de señales PWM, entradas, salidas, comunicación I2C, SPI, HMI, así como la fuente alimentación necesaria para generar los voltajes de 3.3 [V], 5 [v] y 12 [v] que se pueden usar para alimentar los diferentes dispositivos.

3.6.1 SELECCIÓN DE CONTROLADOR

De acuerdo a los requerimientos del proyecto se seleccionó el microcontrolador ATmega328 debido a su alto rendimiento y bajo consumo de energía, los pines de entrada y salida se pueden configurar de forma

independiente, dispone de 28 pines, dispone de la memoria suficiente y sus diferentes herramientas internas que permiten la comunicación con dispositivos externos, a continuación se detalla diferentes razones por las cuales se ha seleccionado el microcontrolador:

- **Costo:** Los dispositivos de Arduino ya sean placas o microcontroladores son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras.
- **Compatibilidad:** El software de Arduino son compatibles con varios sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux, sin embargo la mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados su trabajo a Windows.
- **Programación:** El entorno de programación que utiliza Arduino es fácil de usar para principiantes. Pero al mismo tiempo puede ser aprovechada por usuarios con conocimientos avanzados.

El microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria, está compuesto por varios bloques y cada uno realiza una función específica que permite enlazar el software con los componentes electrónicos, determinando las entradas y salidas óptimas. Dentro de cada bloque contienen herramientas internas que facilitan la comunicación de interfaces, entre las cuales podemos mencionar las siguientes: SPI, I2C, UART, USB, entre otros. Además tiene integrado conversores analógicos y digitales.

La familia de microcontroladores AVR pertenecen a ATMEL, estos microcontroladores tienen una arquitectura moderna.

CIRCUITO ELECTRICO Y CONECCIONES

En la figura 18, se observa el circuito completo que permitirá automatizar el manipulador de canasta de papas, con sus respectivas conexiones.

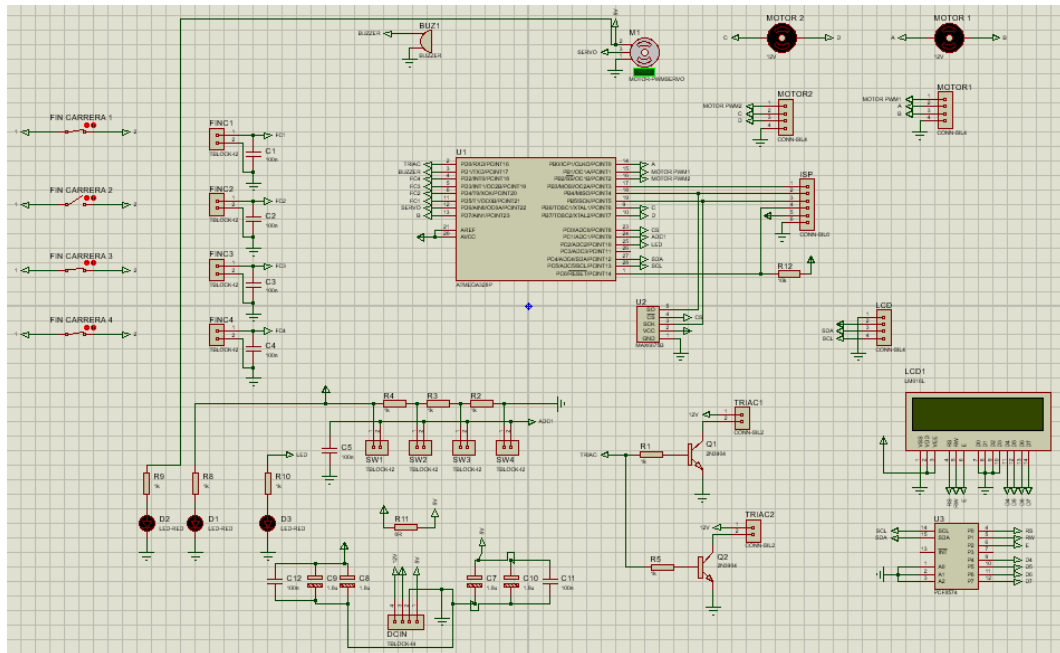


Figura 18. Diseño del circuito eléctrico y conexiones.

En esta figura se muestra el circuito diseñado para automatización del manipulador en el cual se puede observar las instalaciones con los componentes como son, el display, finales de carrera, botones de control,

3.6.2 CONTROL DE ACTUADORES

Para el control de las señales de los motores se utiliza un circuito conformado por un puente H, para control de giro. Por medio de señales PWM controla la velocidad del motor y el torque que para que pueda romper el momento de inercia.

Para generar el cambio de sentido del motor el circuito necesita que se alimente la input1 con un 1 lógico mientras que la input2 se mantiene con un 0 lógico, .permitiendo al motor girar en sentido horario. Y cambiando la alimentación en las entradas se cambia el giro.

En la figura 19, se observa el circuito que permite controlar el cambio de giro de los actuadores.

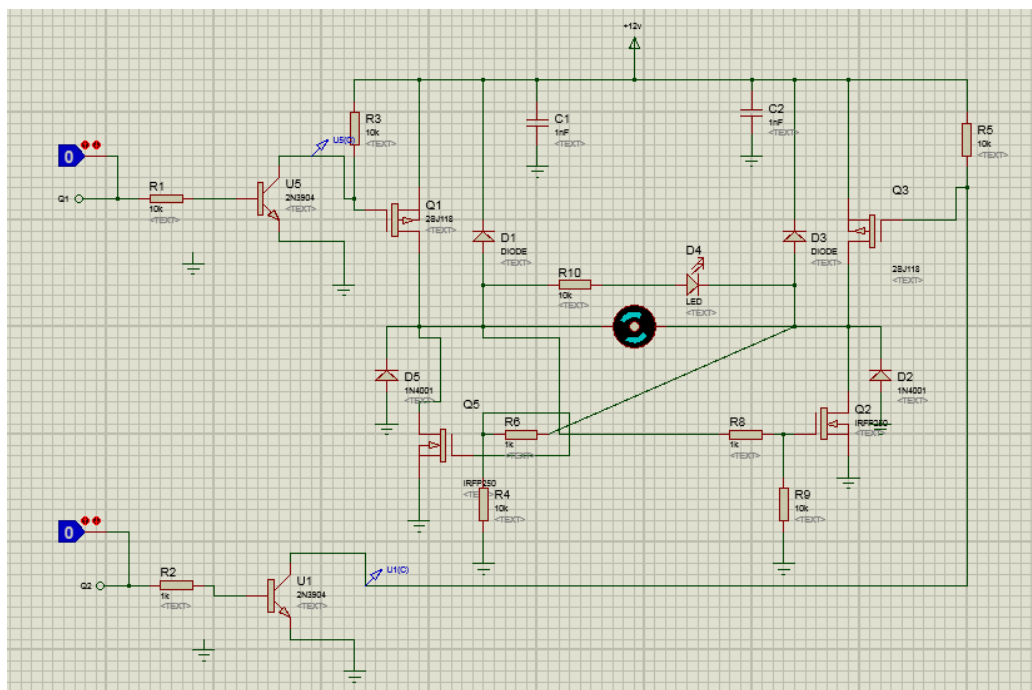


Figura 19. Circuito de control de actuadores.

El transistor mosfet se encarga de alimentar al motor y los capacitores ayudan a estabilizar el voltaje que recibe el motor.

SELECCIÓN DE TRANSISTOR

El amperaje que necesita para el funcionamiento del motor DC es de 6 [A] por esta razón se seleccionó el transistor STP60NF06 que soporta 60[V] y 60[A].

3.6.3 SISTEMA HMI

HMI o (Human Machine Interface), es un dispositivo o sistema que permite la comunicación entre el operador y la máquina.

La máquina ha sido diseñada para brindar al operador un sistema de control donde se pueda manipular la máquina de una forma rápida y sencilla.

En la figura, 20, se observa el diagrama de funcionamiento del sistema HMI y los componentes empleados.

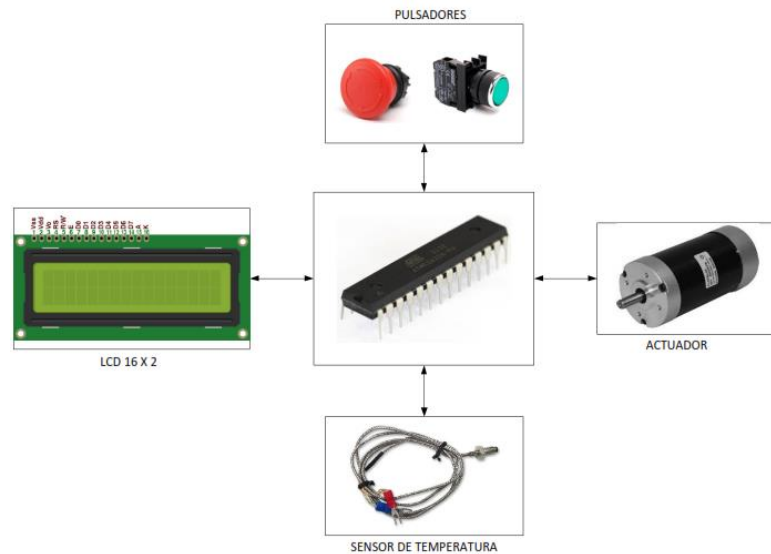


Figura 20. Diagrama de control del sistema HMI.

Se configuró una interfaz de manera que el usuario este informado de los pasos que está realizando cada dispositivo que conforma la máquina, el proceso de la máquina desde una pantalla LCD incorporada en el tablero de control.

Posee 4 botones encargados de cumplir funciones específicas como son: poner en funcionamiento la máquina, subir la temperatura deseada, bajar la temperatura y el botón de emergencia.

MODULO LCD

Se seleccionó el LCD 16x2 debido a la cantidad de caracteres que se va a mostrar de manera que sea visible para el operario, en este display se indicará la temperatura en la que se encuentra el aceite y el proceso que se encuentra realizando la máquina.

El modulo tiene 16 pines y puede ser operado en el modo de 4 bits o el modo de 8 bits.

En la figura 21, se puede observar el circuito implementado en el proyecto, el LCD está conectado por medio de comunicación I2C.

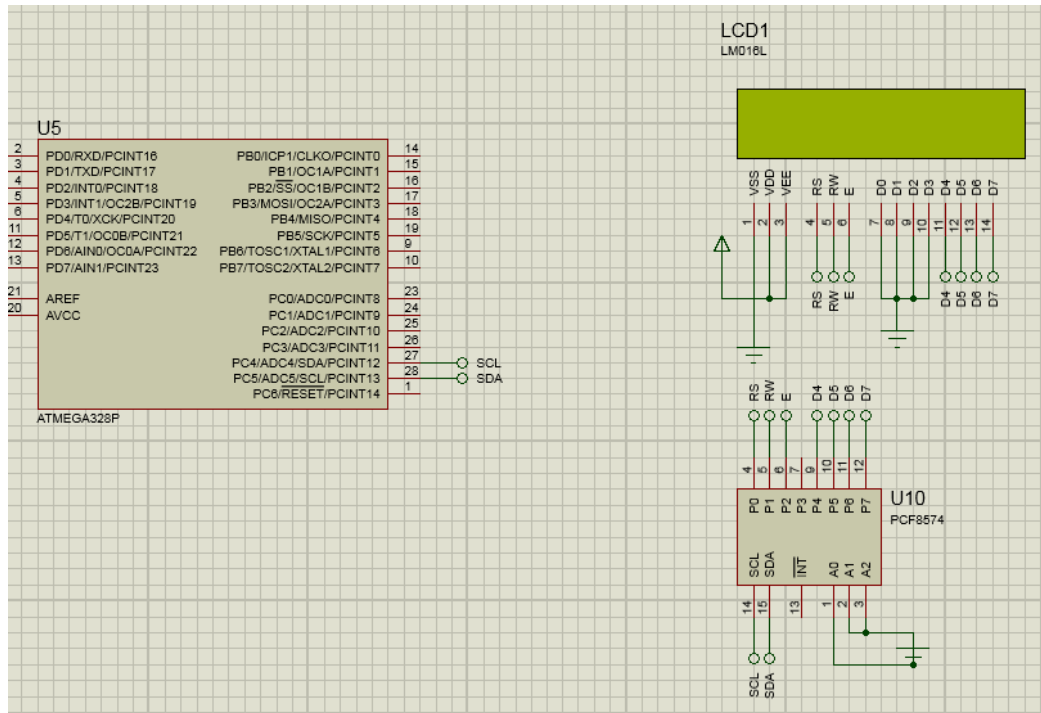


Figura 21. Circuito de sistema HMI.

Se simuló el funcionamiento del display con ayuda del software Proteus de manera que se pueda comprobar su correcto funcionamiento para llevar a cabo el circuito físico.

3.6.4 CONTROL DE TEMPERATURA

El control de temperatura es importante para el desarrollo del proyecto, de este depende la calidad del producto final.

Se desarrolló un control ON – OFF de temperatura, de esta manera se puede mantener en el rango deseado. En el proyecto se necesita una temperatura de 170°C. La alimentación de las resistencias eléctrica de calentamiento es de 110[V] por esta razón usamos un triac.

En la figura 22, se puede observar el circuito de control de la resistencia eléctrica calentadora. Se simuló por medio del software Proteus para su posterior ruteo e impresión en una placa de baquelita.

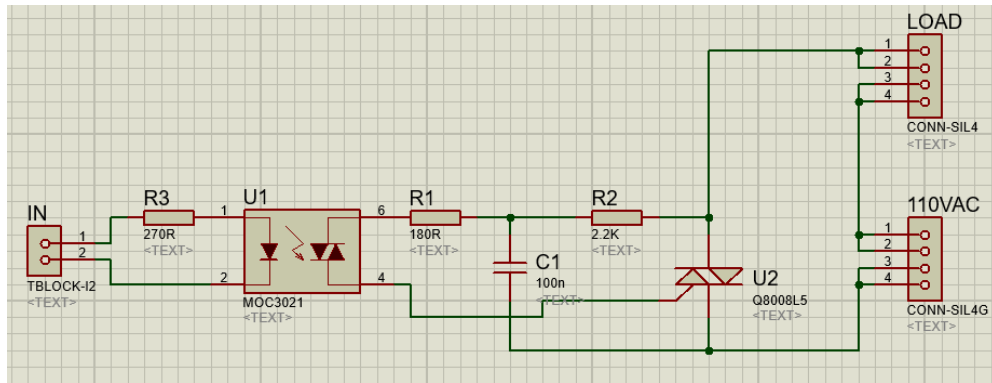


Figura 22. Circuito de control ON - OFF de resistencia eléctrica.

Para el control de temperatura se realizó un circuito independiente con un triac para las 2 resistencias eléctricas calentadoras.

Cada resistencia calentadora utiliza 10[A] entre las 2 suman 20[A] por lo cual se seleccionó un triac que soporte 45[A].

CÁLCULO DE SECCIÓN DE CABLE PARA RESISTENCIA

Para determinar el calibre del cable que se necesita para la conexión de la resistencia eléctrica de calentamiento sabemos que $V=120[V]$ y $P=1100[W]$, para lo cual necesitamos calcular la corriente I .

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = 10 [A]$$

Una vez determinada la corriente que necesita la resistencia eléctrica de calentamiento se debe seleccionar el calibre del cable correcto, por potencia que se requiere de (1100 watts) no se puede seleccionar cualquier cable.

Para el presente proyecto el cable optimo es el N° 18 que soporta 10[A] y 1270 [W] pero es el límite máximo es muy justo de manera que cualquier variación podría recalentar el cable y provocar un accidente. Por lo tanto seleccionamos el siguiente calibre que es el N° 16 que soporta 13 [A] y 1651 [W].

3.6.5 UBICACIÓN ELÉCTRICA DE CONTROL

El panel de control está ubicado en la parte frontal de la máquina conformado por 3 botones que cumplen las funciones de dar inicio al proceso, aumentar y disminuir la temperatura que se desea para llevar a cabo la fritura de las papas.

En la figura 23, se observa el lugar donde se encuentra ubicado el panel de control.

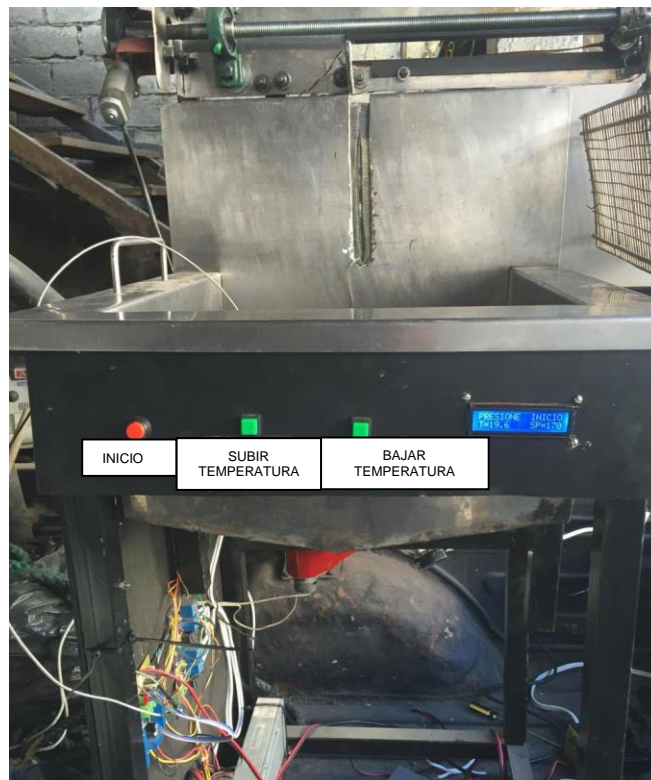


Figura 23. Ubicación eléctrica de control.

Se ubicó en la parte frontal para una facilitar la manipulación y visión del operario de manera que no se puede equivocar en el momento de poner en marcha la máquina.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 PRUEBAS Y AJUSTES

Para analizar los resultados que se obtuvieron con el desarrollo del proyecto, se debe observar y asegurar que los sistemas funcionen adecuadamente con la carga para la cual fue diseñada, cumpliendo los parámetros que fueron impuestos por el diseñador.

En el proceso de montaje se procede a integrar el sistema mecánico con el sistema electrónico y de control, a continuación se detalla el procedimiento de ensamblaje para posteriormente pasar a las pruebas de funcionamiento.

MONTAJE SISTEMA MECÁNICO

La resistencia eléctrica de calentamiento debe estar en contacto con la base que mantiene el aceite, caso contrario la resistencia se calentara hasta estar al rojo vivo y esta puede dañarse.

Debido al contacto con la base de la freidora habrá pérdida de calor por lo que el sensor de temperatura va a estar en el aceite, de esta manera se tomara el valor real de la temperatura sin pérdida de calor.

Debido al tiempo que se demora en calentar la resistencia eléctrica y llegar a la temperatura deseada se instaló 1 resistencia adicional, de esta manera se acorta el tiempo de calentamiento.

En la figura 23, se puede observar la instalación de las 2 resistencias eléctricas de calentamiento.



Figura 24. Instalación de resistencias eléctricas calentadoras.

Para realizar el montaje de sistema móvil se requiere que el tornillo no tenga desviación, es decir debe estar recto para que el manipulador pueda desplazarse sin inconvenientes. Caso contrario va a pandearse y puede sufrir daños tanto el sistema mecánico como los actuadores debido a que realizaran más fuerza de la necesaria.

En la figura 24, se muestra el mecanismo guía que se instaló para mejorar el movimiento de subida y baja del mecanismo móvil, debido al peso y al movimiento del actuador realizaba movimientos erróneos que dificultaba el desplazamiento del tornillo sin fin.



Figura 25. Riel guía para movimiento del mecanismo móvil.

En la figura 25, se puede observar la instalación de los actuadores que permiten el movimiento del mecanismo móvil.



Figura 26. Instalación de actuadores en la freidora.

Se realizaron placas sujetadoras de manera que los motores queden completamente fijos y no tenga vibraciones el momento de girar.

MONTAJE SISTEMA ELECTRONICO

Como primer paso se realiza la simulación del circuito usando Proteus como software facilitador para esta tarea. En el circuito deben constar todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del circuito.

El siguiente paso es el ruteo del circuito, este paso es muy importante y se debe tener cuidado ya que no se puede unir ninguna línea de las pistas ya que puede provocar corto circuito y dañar la placa y los componentes. El circuito ruteado para su posterior impresión se puede observar en la figura 26.

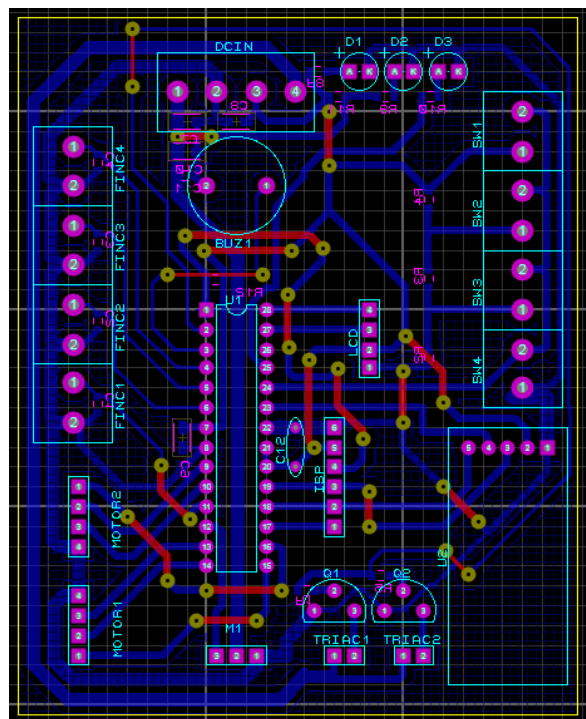


Figura 27. Ruteo de componentes del circuito.

Imprimir el circuito en una hoja termotransferible para traspasarlos a la placa de baquelita. Aplicándole calor mediante una plancha, el circuito impreso se traslada del papel a la placa. En la figura 27, se observa como quedó la impresión en la placa original que se utilizará en el proyecto.

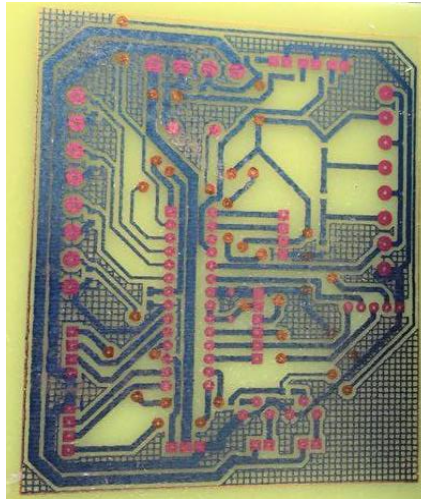


Figura 28. Impresión de diagrama en la placa.

La placa se sumerge en la solución de cloruro férrico hasta que el cobre de la baquelita se elimine y luego se limpia con agua o alcohol.

En la figura 28, se observa la placa finalizada con sus respectivos componentes.

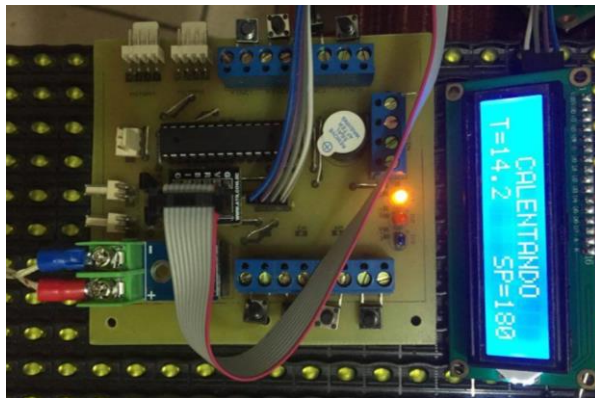


Figura 29. Instalación y soldado de componentes electrónicos en la placa.

Se realiza la instalación y soldadura de los componentes en la placa, para pasar a realizar las comprobaciones del correcto funcionamiento del circuito

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento, comienza desde el posicionamiento automático del manipulador en el punto de origen, para la posterior

activación de la máquina, mediante el pulsador de inicio que activa el proceso de calentamiento de las resistencias eléctricas de calentamiento para el aceite.

Es importante realizar varias pruebas para avalar la correcta medición del sensor. La temperatura que se requiere es de 170° C. con un rango de (+/- 20°C), por lo que el usuario puede seleccionar la temperatura entre 170 y 190 °C, mediante botones de aumento y disminución de temperatura se puede observar en el display.

Una vez obtenida la temperatura que se seleccionó, inicia el funcionamiento del primer actuador (M1), bajando el manipulador de la canasta hasta llegar al fin de carrera 1(FINC1) para detener el funcionamiento del actuador y activar el temporizador hasta finalizar el proceso de fritura.

El temporizador, debe dar el tiempo exacto para la fritura de papas. Una vez finalizada esta acción el manipulador sube hasta llegar al fin de carrera 2 (FINC2) alejando el manipulador del aceite a altas temperaturas evitando que se queme el producto.

A continuación activa el motor 2 (M2) que se encarga de llevar el manipulador a la siguiente estación para el posterior empacado, limitado por el fin de carrera 3 (FINC3), al mismo tiempo activa el actuador 3 (servo) para girar en un ángulo de 180 grados para depositar las papas en un recipiente.

Y finaliza el proceso regresando el manipulador a su posición inicial hasta llegar al fin de carrera 4 (FINC4) que se encarga de activar un buzzer como alarma de fin de proceso.

Si en las pruebas la máquina cumple todos estos pasos podemos determinar que el funcionamiento es correcto y satisface el propósito para el que fue diseñado.

A continuación podemos observaren la tabla 4, el tiempo que toma realizar cada acción.

Tabla 4. Prueba de funcionamiento con tiempos de la máquina.

ACCIÓN	TIEMPO	PESO
Carga aplicada.		2 lb
Tiempo de calentamiento de resistencias eléctricas.	15 m.	
Tiempo de bajada.	40 s.	
Tiempo de fritura.	3.5 m.	
Tiempo de subida.	40 s.	
Tiempo de traslado a otra estación de vaciado.	1 m.	
Tiempo de giro de manipulador.	30 s.	
Tiempo total del proceso.	21 m.	

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento obtenemos que el tiempo total que toma realizar el proceso de fritura es de 21 minutos aproximadamente, es decir en una jornada laboral de 8 horas la máquina realizaría 22 repeticiones.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla 8, se muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con la máquina, donde se indica la carga aplicada, con los tiempos que toma realizar cada paso del proceso.

En el proceso de calentamiento de la resistencia, el tiempo es muy largo por lo que se procedió a incorporar una resistencia de calentamiento adicional para disminuir el tiempo de calentamiento y que sea igual al tiempo que le toma a una máquina manual que usa gas.

El sistema funcionó en forma óptima, de manera que se cumplieron los parámetros establecidos que es automatizar el manipulador de canastas de papas, instalar un control de temperatura de manera que se mantenga en la adecuada para freír papas.

DIAGRAMA TEMPERATURA vs TIEMPO

La temperatura es un factor que afecta directamente al producto final

En la figura 29, se puede observar el diagrama de comportamiento tiempo vs temperatura que genera la máquina.

TIEMPO[m]	TEMPERATURA[°C]
1	12
2	24
3	36
4	48
5	60
6	72
7	84
8	96
9	108
10	120
11	132
12	144
13	156
14	168
15	180
16	176
17	169
18	170

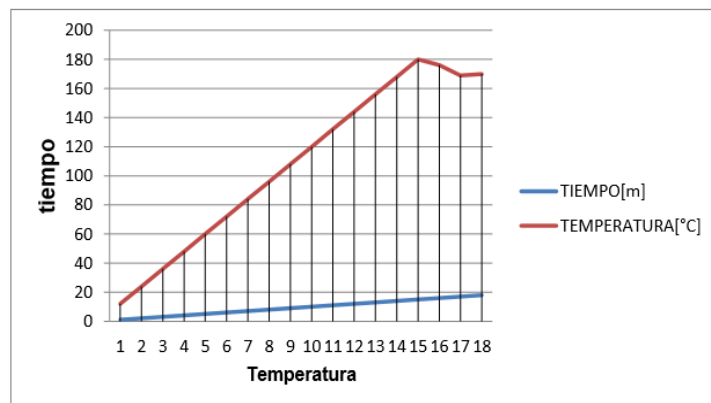


Figura 30. Diagrama temperatura vs tiempo.

Es importante la representación del comportamiento del control de temperatura, que nos da como resultado el tiempo que toma llegar a la temperatura de 170°C. El momento que ingresan las papas se reduce la temperatura y debemos saber el tiempo que toma llegar a los 170°C de manera definitiva.

VENTAJAS DE LA MÁQUINA

Una vez realizada la prueba de funcionamiento, podemos asegurar que mediante la automatización del manipulador de la freidora de papas puede disminuir los riesgos de sufrir accidentes por las altas temperaturas, simplificar los procesos.

A continuación se observa la tabla 5, donde se compara el proceso que realiza una freidora convencional no automática, con un sistema automatizado.

Tabla 5. Tabla comparativa de sistemas no automáticos y automáticos.

SISTEMA NO AUTOMATIZADO	SISTEMA AUTOMATIZADO	VENTAJA
El encendido de la llama calentadora de aceite era manual	El encendido es automático	Evita el contacto del operario con el gas. Disminuyen accidentes.
El operario bajaba el manipulador de forma manual.	La canasta baja de forma controlada.	Evita que salpique aceite y evita quemaduras.
En una freidora no automática el tiempo de fritura no es exacto.	El tiempo de fritura está establecido, sustentado con un previo estudio.	Estandarizar el tiempo de fritura de manera que sea exacto.
El operario debía mantener una supervisión permanente mientras se realiza el proceso.	El proceso es automático de manera que no se necesita supervisión.	Se optimiza tiempo de manera que el operador puede realizar otra tarea.

Como resultado podemos decir que el proyecto tiene muchas ventajas para el operario comparado con los sistemas no automáticos y el proyecto cumple con los objetivos para el que fue diseñado.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- o El mecanismo diseñado para automatizar el manipulador de la freidora de papas, cumple con todos objetivos y alcance establecidos.
- o La automatización del manipulador de papas permitió disminuir el contacto del operador con freidora, esto aumenta la seguridad y disminuye los riesgos de quemaduras por las altas temperaturas del fluido y del material de la freidora.
- o Cada elemento que conforma la máquina es accesible para realizar cambios o mantenimientos, debido a que son materiales que se encuentran fácilmente en el mercado.
- o La freidora de papas no requiere de operadores con experiencia, puede ser utilizada por cualquier persona con la debida capacitación. (Observar manual en Anexo 2).
- o El tiempo que tomó realizar el proceso es similar al que produce una máquina manual, debido a que una máquina manual usa gas por ello el mayor tiempo que toma el proceso es calentar el aceite hasta llegar a 170°C.
- o La temperatura que es seleccionada para realizar el proceso es fija, lo cual es una ventaja en comparación a una máquina manual que el operario debe calcular la temperatura que desea.
- o Realizar el proceso completo lleva 21 minutos por lo tanto en una jornada laboral de 8 horas la máquina realizará 22 repeticiones de manera continua.

- o Para protección en caso de variación de voltaje se incorporó en circuito 2 fusibles, los mismos que se queman y detiene el proceso.

RECOMENDACIONES

- o Para la realización del proyecto se debe tener en cuenta los tipos de entradas y salidas que se requiere para evitar problemas al momento de realizar las conexiones.
- o Es indispensable que el material sistema mecánico móvil sea acero inoxidable, debido a que la máquina tiene contacto con alimentos.
- o Realizar mantenimientos preventivos y correctivos para alargar la vida útil de componentes eléctricos y mecánicos.
- o Implementar un HMI industrial, de manera que los operadores puedan realizar el proceso sin necesidad de estar cerca de la máquina y no afecte la temperatura y la humedad que produce a los componentes.
- o Se recomienda tener la placa de control en un lugar seguro, fuera del alcance del calor de las resistencias eléctricas calentadoras y del aceite.
- o Se puede reducir el tiempo que dura en realizar cada proceso, encendiendo las resistencias eléctricas antes de poner en marcha la máquina. de esta manera puede reducir el tiempo de proceso.

BIBLIOGRAFÍA

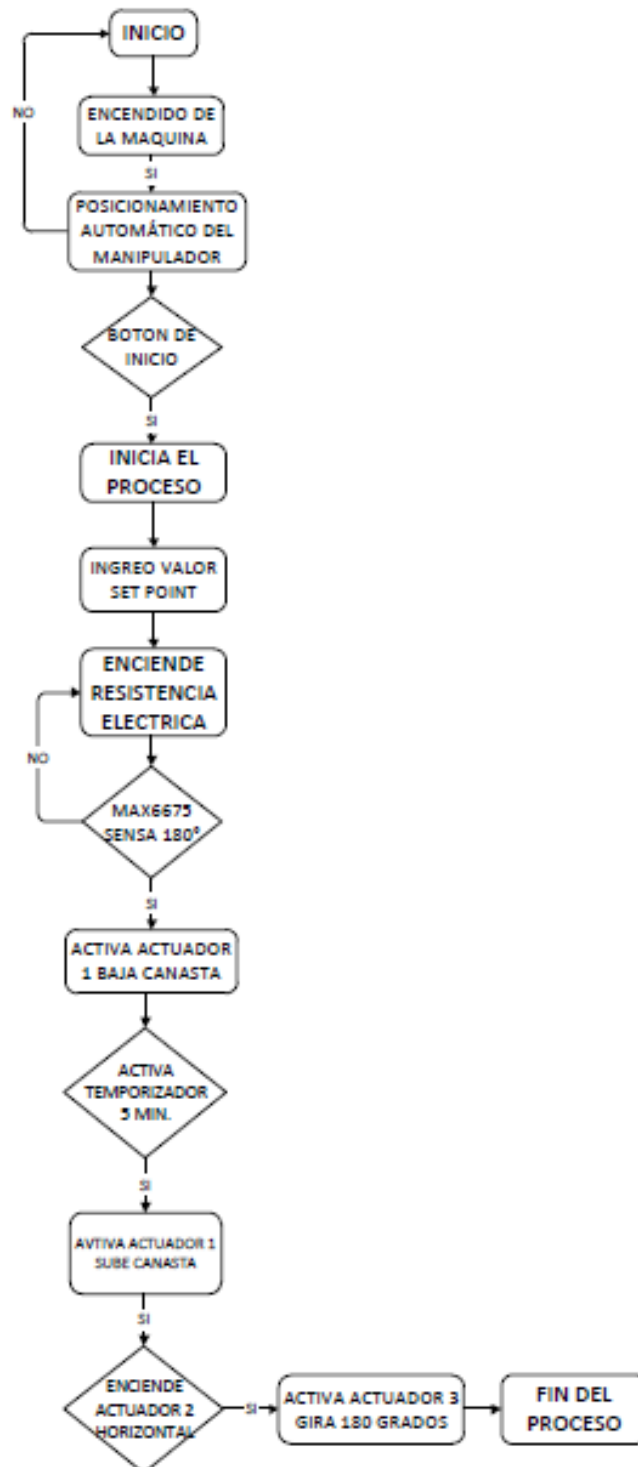
- Arduino. (2014). Recuperado el 05 de junio de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping168>
- EUROCHEF. (2014). Recuperado el 25 de 01 de 2016
- Burn Fundation. (2015). Recuperado el 30 de 04 de 2016
- RO CA. (2016). Recuperado el 12 de 03 de 2016
- AcerosInoxidablesEcuador. (2016). Recuperado el 2016 de 05 de 12
- Alejandro, M. L. (2011). Estudio del proceso de picado de papas y su factibilidad de automatización, en el restaurante stars del cantón de patate”. Ambato.
- Bolton, W. (2006). Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en la Ingenieria Mecánica y Electrica. Mexico : Pearson Education Limited.
- Bonnet . (2014). Clasificación de los aceros inoxidable . suministros y maquinarias , 7.
- Boylestad, R. (2004). Introduccion al analisis de circuitos. México: Décima ed.
- Buitrago, J. L. (2014). Diseño y construcción de prototipo freidor y dispensador de alimentos precocidos con control automático. Bogotá.
- Charles K. Alexander, M. N. (2000). Fundamentos de Circuitos Electricos (3ra Edicion ed.). (P. E. Vázquez, Ed.) Mexico: Mexicana, Reg. Núm. 736.
- Dallas. (2015). Sparkfun. Recuperado el 03 de Junio de 2016, de <http://sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>
- Flores R., N. H. (2012). Estudio de la demanda de semilla de papa de calidad en Ecuador. Quito.
- FPD, F. p. (2004). Proyecto Centro de Acopio, Comercialización y Agroindustria de la Papa. Quito.
- Ingenieure, V. D. (June de 2004). Design methodology for mechatronic systems. Düsseldorf, Germany.

- Ivan Bohman C.A. (2011). Aceros Inoxidables. En I. B. C.A., Aceros (pág. 96). Quito.
- Juan Arturo Mendoza Razo, J. Z. (2008). Diseño De Máquina Cortadora y Freidora De Papas. Puebla, Mexico.
- Kuo, B. C. (2005). Sistemas De Control Automatico. 7ma Edicion.
- Lawson, H. (1999). En Aceites y grasas alimentarias. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Ministerio de Agricultura, G. A. (2009). Recuperado el 10 de 03 de 2016
- Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas (Cuarta ed.). Mexico: Pearson Educación.
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. Madrid: Pearson.
- Recabarren, P. E. (2008). En Agricultura orgánica. Santiago de Chile.
- Rojas, J. H. (2005). Automatización y mecatrónica en la educación. Revista De La Universidad De La Salle.
- Shetty, D., & Kolk, R. A. (1997). The Mechatronics Design Process. Stamford, USA.
- U.T.A. (2005). Estudio sobre el Pardeamiento Enzimático de Papa. Ambato.

ANEXOS

Anexo 1

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA



Anexo 2

MANUAL DE USO

COMPONENTES PARA CONTROL DE LA MÁQUINA.

En la siguiente tabla se detalla los componentes que conforman la máquina, de manera que el usuario conozca la función de cada componente utilizado en la máquina.

COMPONENTES	ACCIÓN
SW 1	Botón de inicio
SW 2	Botón aumento temperatura
SW 3	Botón disminuir temperatura
SW 4	Botón de emergencia
LED 1	Indicador funcionamiento
LED 2	Indicador alimentación 12 [v]
LED 3	Indicador alimentación 5 [v]
BUZZER	Indicador de inicio y fin de proceso
LCD	Indica el proceso que se lleva a cabo
M1	Motor vertical
M2	Motor horizontal
SERVOMOTOR	Motor de salida del producto
FC1	Fin de carrera abajo
FC2	Fin de carrera arriba
FC3	Fin de carrera derecha
FC4	Fin de carrera izquierda

En la siguiente tabla se muestran las características generales de operación de la máquina.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA	
Dimensiones de la freidora	
Alto	0,9[m]
Ancho	0,6[m]
Largo	0,9[m]
Dimensiones del mecanismo móvil	
Alto	0,3[m]
Ancho	0,3[m]

Largo	1[m]
Peso	20[lb]
Características Mecánicas	
Motor	2[Hp]
Servomotor	25[lb]
Característica de control	
Controlador	Micro ATmega328
Número de fines de carrera	4
Número de pulsadores	4
Características eléctricas	
Voltaje del motor	110[V]
Voltaje del servomotor	5[V]
Voltaje de la resistencia eléctrica calentadora	110[V]
Potencia de la resistencia eléctrica calentadora	1100[W]

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Los pasos para la puesta en marcha de la máquina son los siguientes:

1. Verificar que la conexión del circuito y alimentación de la fuente sea adecuada.
2. Automáticamente la canasta se posicionará para iniciar el proceso.
3. Colocar las papas se encuentren e la canasta
4. Seleccionar la temperatura que se desea para freír las papas con los botones de set point.
5. Presionar el botón INICIO, para que la máquina entre en funcionamiento.
6. En caso de existir problemas con el funcionamiento de la máquina, o exista una mala manipulación de la máquina, se debe presionar el botón de emergencia que sirve para detener el funcionamiento de la máquina de inmediato.

FACTORES DE SEGURIDAD A TENER EN CUENTA

Para el uso correcto de la máquina no es necesario que el personal tenga constantes capacitaciones, pero debe tener en cuenta ciertas

consideraciones de seguridad para evitar daños en la máquina o perjuicios en su salud.

1. El personal debe recibir una capacitación en la que conozca el proceso para uso de la máquina.
2. Usar los equipos de seguridad.
3. No se debe colocar mayor cantidad de materia al recomendado debido a que pueden colapsar los componentes de la máquina.
4. Si uno de los elementos de la máquina no funciona correctamente se aconseja no forzar el proceso y comunicarse con el proveedor para.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para el mantenimiento preventivo es necesario que el usuario tome en consideración las siguientes recomendaciones:

1. No sobrecargar la máquina con más carga del indicado
2. Verificar la condición de los cables de conexión
3. Comprobar la correcta operación del sensor de temperatura y demás componentes.

Recordar que cada cierto tiempo debe realizarse un mantenimiento completo de la máquina que debe ser realizado por personal capacitado, cada cierto periodo de tiempo que será indicado por el diseñador.

Anexo 3

ruta de DISEÑO

