



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE
PESADO, EMPACADO Y SELLADO DE PRODUCTOS QUE SE
EXPENDEN EN “FRUTILANDIA ALLAUCA” DEL CANTÓN
BUCA Y PROVINCIA DEL GUAYAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO
Para optar al Grado Académico de:
INGENIERA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORA: ROSA VERÓNICA ALLAUCA PAGUAY
TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2017

©2017, Rosa Verónica Allauca Paguay

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PESADO, EMPACADO Y SELLADO DE PRODUCTOS QUE SE EXPENDEN EN “FRUTILANDIA ALLAUCA” DEL CANTÓN BUCAY PROVINCIA DEL GUAYAS”, de responsabilidad de la Señorita Rosa Verónica Allauca Paguay, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|--|--------------|--------------|
| Dr. Washington Luna E. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA | _____ | _____ |
| Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES | _____ | _____ |
| Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | _____ | _____ |
| Dr. Geovanny Vallejo V. MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | _____ |

“Yo, **ROSA VERÓNICA ALLAUCA PAGUAY**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Rosa Verónica Allauca Paguay

DEDICATORIA

A Dios por su infinita bondad y amor, a mi ángel guardián Enrique Paguay por todas sus bendiciones, porque sé que sin él no hubiera llegado a cumplir con este objetivo. A mis padres Manual Allauca y Beatriz Paguay por su apoyo constante, por enseñarme que la vida por mas sacrificada que sea, siempre tiene sus recompensas, por darme cariño y sobre todo por darme el ejemplo de superación que siempre lo demuestran.

A mis hermanas Martha Nancy que con sus palabras y ejemplos diarios me motivaron a seguir adelante y superarme, para poder ser guía de todas las personas que siguen mis pasos, y por siempre estar juntos en los momentos difíciles que Dios puso en nuestros caminos

Verónica Allauca

AGRADECIMIENTO

Agradezco mi trabajo de titulación al ser supremo Dios por todas las bendiciones recibidas, que me ha permitido cumplir con éxito una etapa más en mi vida. A los profesores de la Facultad de Informática y electrónica por haber compartido su experiencia, conocimiento y sabiduría. A mis padres Manuel Allauca y Beatriz Paguay por apoyarme siempre en cada una de mis decisiones y proyectos.

El más sincero agradecimiento al Ing., Marco Viteri y al Dr., Geovanny Vallejo, Director y miembro del trabajo de titulación respectivamente por haberme permitido recurrir a su capacidad y experiencia para encaminar con éxito el presente trabajo

VERÓNICA

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xii |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiv |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | xv |
| RESUMEN..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | |
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 5 |
| 1.1 Normativas de frutas y Hortalizas..... | 5 |
| 1.2 Importancia y beneficios del consumo de frutas | 6 |
| 1.2.1 <i>Beneficios de la fruta</i> | 7 |
| 1.2.2 <i>Factores que intervienen en la compra de frutas por el consumidor</i> | 8 |
| 1.2.3 <i>Calidad del fruto</i> | 8 |
| 1.2.4 <i>Variables que inciden en la formación de los precios de las frutas</i> | 9 |
| 1.3 Interfaz Hombre Máquina (HMI) | 10 |
| 1.3.1 <i>Definición del HMI</i> | 10 |
| 1.3.2 <i>Objetivos de un HMI</i> | 10 |
| 1.3.3 <i>Ejecución de acciones de mando</i> | 11 |
| 1.4 Software empleado en el sistema | 11 |
| 1.4.1 <i>Software SOLIDWORKS</i> | 11 |
| 1.4.2 <i>Plataforma Arduino</i> | 12 |
| 1.4.2.1 <i>Hardware Arduino</i> | 12 |
| 1.4.2.2 <i>Software Arduino</i> | 12 |
| 1.4.2.3 <i>Editor Nextion</i> | 14 |
| 1.5 Dispositivos y componentes del sistema | 15 |
| 1.5.1 <i>Sensores</i> | 15 |
| 1.5.1.1 <i>Sensor de nivel y proximidad</i> | 15 |
| 1.5.1.2 <i>Sensor de peso (Celda de carga)</i> | 16 |

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| 1.5.1.3 | Sensor capacitivo | 17 |
| 1.5.2 | Actuadores | 18 |
| 1.5.2.1 | Motores DC..... | 18 |
| 1.5.2.2 | Motor paso a paso..... | 19 |
| CAPITULO II | | |
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 20 |
| 2.1 | Introducción | 20 |
| 2.2 | Descripción del Proceso | 21 |
| 2.3 | Diseño e Implementación del Sistema Mecánico | 22 |
| 2.3.1 | Descripción de los mecanismos | 22 |
| 2.3.1.1 | Bandeja contenedora de frutas | 23 |
| 2.3.1.2 | Balanza..... | 24 |
| 2.3.1.3 | Empacado del producto | 25 |
| 2.3.1.4 | Selladora | 25 |
| 2.3.1.5 | Mesa del sistema | 25 |
| 2.3.1.6 | Brazo mecánico..... | 26 |
| 2.3.2 | Implementación de los mecanismos | 27 |
| 2.3.2.1 | Exhibición del producto | 28 |
| 2.3.2.2 | Comodidad de uso..... | 28 |
| 2.3.2.3 | Amigable y entendible..... | 28 |
| 2.3.2.4 | Mantener la calidad del producto..... | 28 |
| 2.4 | Diseño e implementación del Sistema Electrónico | 28 |
| 2.4.1 | Selección de componentes que integran el sistema electrónico | 29 |
| 2.4.1.1 | Motor paso a paso..... | 29 |
| 2.4.1.2 | Driver motor a paso..... | 30 |
| 2.4.1.3 | Motor HIGH TORQUE ATEX MOTORS-Motorreductor 56310-JE500 | 33 |
| 2.4.1.4 | Driver motor DC HIGH TORQUE ATEX MOTORS-Motorreductor 56310-JE500 | 33 |
| 2.4.1.5 | Galgas extensiométrica de 5 kg | 34 |
| 2.4.1.6 | Acondicionamiento Galga Extensiométrica..... | 35 |
| 2.4.1.7 | Selladora | 36 |
| 2.4.1.8 | Motor DC 1.7A..... | 36 |
| 2.4.1.9 | Driver motor DC 24V | 37 |
| 2.4.1.10 | Microcontrolador Arduino Mega..... | 38 |
| 2.4.1.11 | Pantalla táctil NEXTION HMI de 7 pulgadas | 38 |
| 2.4.1.12 | Fuente AC-DC..... | 39 |
| 2.4.1.13 | LCD 16x4..... | 40 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 2.4.1.14 | <i>Teclado matricial</i> | 41 |
| 2.4.1.15 | <i>Pulsadores e indicadores</i> | 41 |
| 2.4.1.16 | <i>Final de Carrera</i> | 42 |
| 2.4.1.17 | <i>Sensor Capacitivo</i> | 43 |
| 2.4.1.18 | <i>Relés 24 VDC</i> | 43 |
| 2.4.2 | <i>Elección de la tarjeta de desarrollo Arduino</i> | 44 |
| 2.4.3 | <i>Esquemas de conexión</i> | 45 |
| 2.4.4 | <i>Programación del controlador Arduino</i> | 45 |
| 2.4.4.1 | <i>Descripción de las librerías Arduino</i> | 46 |
| 2.4.4.2 | <i>Diseño e Implementación de la placa PCB</i> | 47 |
| 2.4.4.3 | <i>Identificación de entradas y salidas</i> | 47 |
| 2.4.5 | <i>Diseño de la interfaz gráfica HMI</i> | 48 |
| 2.4.5.1 | <i>Diseño de la interfaz HMI – Clientes</i> | 49 |
| 2.4.5.2 | <i>Diseño de la Interfaz – Pantalla LCD – Operador</i> | 50 |
| 2.4.6 | <i>Funcionamiento General de la máquina</i> | 52 |

CAPITULO III

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3 | MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS | 54 |
| 3.1 | Introducción | 54 |
| 3.2 | Métodos, técnicas e instrumentos | 54 |
| 3.2.1 | <i>Métodos</i> | 54 |
| 3.2.2 | <i>Técnicas e Instrumentos</i> | 54 |
| 3.3 | Población y muestra | 55 |
| 3.3.1 | <i>Análisis de parámetros y variables a controlar en cada etapa del proceso</i> | 56 |
| 3.3.2 | <i>Análisis de eficiencia del sistema implantado</i> | 57 |
| 3.3.2.1 | <i>Etapas de pesado del fruto</i> | 57 |
| 3.3.2.2 | <i>Análisis de la eficiencia de la etapa de pesado</i> | 62 |
| 3.3.2.3 | <i>Funcionamiento General del sistema</i> | 63 |
| 3.3.2.4 | <i>Análisis de la eficiencia del tiempo que tarda el sistema en realizar el proceso</i> | 65 |
| 3.4 | Análisis de relación beneficio/costo del proyecto | 65 |
| | CONCLUSIONES | 68 |
| | RECOMENDACIONES | 69 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-2: Consideraciones generales..... | 22 |
| Tabla 2-2: Requerimientos mecánicos..... | 23 |
| Tabla 3-2: Dimensiones Nominales de Tableros Eléctricos | 26 |
| Tabla 4-2: Configuración de funciones Driver paso a paso..... | 31 |
| Tabla 5-2: Pines dispositivo LCD..... | 40 |
| Tabla 6-2: Características del microcontrolador arduino..... | 44 |
| Tabla 7-2: Librerías para el control de componentes..... | 46 |
| Tabla 8-2: Librerías de comunicación | 46 |
| Tabla 9-2: Entradas y salidas del microcontrolador..... | 48 |
| Tabla 10-2. Funciones que se ejecutan al accionar el botor de paro | 51 |
| Tabla 1-3: Valores de alfa según el nivel de confianza | 56 |
| Tabla 2-3: Análisis de parámetros y variables del proceso..... | 57 |
| Tabla 3-3: Medias muestrales de la Variable PESO | 58 |
| Tabla 4-3: Datos estadísticos | 59 |
| Tabla 5-3: Cantidad de pérdida de fruto | 60 |
| Tabla 6-3: Datos de medias - variable peso | 61 |
| Tabla 7-3: Medias muestrales - variable tiempo | 63 |
| Tabla 8-3: Costo de la implementación del sistema..... | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Frutos rojos | 5 |
| Figura 2-1: Clasificación de frutas con mayor densidad nutricional | 7 |
| Figura 3-1: Calidad del producto | 8 |
| Figura 4-1: Entorno de trabajo de SolidWorks 2014 | 11 |
| Figura 5-1: Entorno Arduino | 12 |
| Figura 6-1: Entradas y salidas..... | 13 |
| Figura 7-1: Hardware pantalla Nextion | 14 |
| Figura 8-1: Entorno de programación Nextion Editor | 14 |
| Figura 9-1: Clasificación de los sensores de nivel y proximidad | 15 |
| Figura 10-1: Mecanismo de un sensor de peso | 16 |
| Figura 11-1: Esquema celda de carga | 17 |
| Figura 12-1: Estructura de un sensor capacitivo..... | 17 |
| Figura 13-1: Esquema de funcionamiento del motor DC | 18 |
| Figura 14-1: Estructura del motor a paso..... | 19 |
| Figura 1-2: Diseño y construcción de la bandeja contenedora | 23 |
| Figura 2-2: Banda transportadora | 24 |
| Figura 3-2: Diseño y construcción de la balanza | 24 |
| Figura 4-2: Mecanismo de Sellado | 25 |
| Figura 5-2: Diseño y construcción de la mesa | 26 |
| Figura 6-2: Brazo mecánico..... | 27 |
| Figura 7-2: Diseño e implementación de la máquina | 27 |
| Figura 8-2: Motor paso a paso NEMA 23 | 30 |
| Figura 9-2: DRIVER HY-DIV 168 N-3.5 | 31 |
| Figura 10-2: Configuración de funciones | 32 |
| Figura 11-2: Motor 56310-1E500-7 A..... | 33 |
| Figura 12-2: Driver motor DC | 34 |
| Figura 13-2: Galga extensiométrica de 5 kg | 34 |
| Figura 14-2: Circuito de acondicionamiento celda de carga..... | 35 |
| Figura 15-2: Partes que integran una Selladora | 36 |
| Figura 16-2: Motor DC eleva vidrios | 37 |
| Figura 17-2: Diseño PCB, Circuito driver motor DC-1.7 A..... | 37 |
| Figura 18-2: Microcontrolador arduino MEGA | 38 |
| Figura 19-2: Pantalla Nextion..... | 38 |
| Figura 20-2: Fuente AC-DC | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 21-2: LCD 16 x 4 | 40 |
| Figura 22-2: Teclado matricial 4x4 | 41 |
| Figura 23-2: Pulsador e indicadores | 41 |
| Figura 24-2: Selector e indicadores | 42 |
| Figura 25-2: Esquema y funcionamiento - final de carrera | 42 |
| Figura 26-2: LJC18A3-B-Z/BX Sensor capacitivo | 43 |
| Figura 27-2: Relé 24 VDC..... | 43 |
| Figura 28-2: Esquema de conexión del sistema..... | 45 |
| Figura 29-2: Diseño Placa principal de control – microcontrolador..... | 47 |
| Figura 30-2: Implementación, Placa principal de control – microcontrolador | 47 |
| Figura 31-2: Logo de la empresa | 49 |
| Figura 32-2: Menú usuarios..... | 49 |
| Figura 33-2: Menú pantalla operador | 50 |
| Figura 34-2: Mensaje de error | 51 |
| Figura 35-2: Función del teclado matricial, al activar el botón de paro | 52 |
| Figura 36-2: Conexión de dispositivos electrónicos..... | 52 |
| Figura 37-2: Distribución de Dispositivos..... | 53 |
| Figura 1-3: Campana de Gauss..... | 60 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1-1: Consumo promedio de frutas y verduras, por sexo y edad..... | 7 |
| Gráfico 2-1: Factores que afectan a los precios de frutas y hortalizas..... | 9 |
| Gráfico 1-2: Etapas del proceso | 20 |
| Gráfico 2-2: Descripción del proceso | 21 |
| Gráfico 3-2: Etapas de diseño e implementación del sistema..... | 22 |
| Gráfico 4-2: Etapas para el diseño e implementación del sistema electrónico | 29 |
| Gráfico 5-2: Componentes del sistema automatizado..... | 29 |
| Gráfico 6-2: Diagrama de programación microcontrolador..... | 45 |
| Gráfico 7-2: Diagrama HMI | 48 |
| Gráfico 1-3: Análisis de las etapas del proceso | 55 |
| Gráfico 2-3: Proceso Manual vs proceso automatizado- precisión variable peso..... | 59 |
| Gráfico 3-3: Comparación de exactitud en los procesos..... | 62 |
| Gráfico 4-3: Análisis eficiencia del proceso etapa del pesado..... | 62 |
| Gráfico 5-3: Comparación de tiempos de los dos procesos | 64 |
| Gráfico 6-3: Tiempos establecidos utilizados por los dos procesos..... | 64 |
| Gráfico 7-3: Eficiencia - variable tiempo del proceso | 65 |
| Gráfico 8-3: Análisis de costo del sistema..... | 65 |
| Gráfico 9-3: Relación beneficio/ costo de la máquina automatizada..... | 67 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1-3: Ecuación para tamaño muestral | 56 |
| Ecuación 2-3: Fórmula de la media | 61 |
| Ecuación 3-3: Eficiencia | 62 |
| Ecuación 4-3: Relación Beneficio/Costo | 67 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Manual de operación y mantenimiento

Anexo B: Guía para la aplicación de encuestas

Anexo C: Recopilación de datos utilizando el proceso normal y automatizado

Anexo D: Programación Arduino MEGA

Anexo E: Diseño mecánico en SOLIDWORKS – Planos

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---------------|--------------------------------|
| DC | Corriente directa |
| PWM | Modulación por ancho de pulso. |
| RPM | Revoluciones por minuto. |
| CI | Circuito integrado. |
| LCD | Pantalla de cristal líquido. |
| mA | Miliamperios. |
| mV | Milivoltios |
| A | Amperios. |
| V | Voltios. |
| VDC | Voltaje de corriente directa. |
| VAC | Voltaje de corriente alterna. |
| W | Watt o vatio. |
| LB | Libra |
| MHZ | Mega Hertz |
| HMI | Interfaz Maquina Hombre |
| mm | Milímetros |
| m | Metros |
| kg | Kilogramo |
| kg/cm | Kilogramo por centímetro |
| FAT32: | File Allocation Table 32 bits |
| PCB: | Printed Circuit Board |

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo implementar un sistema automatizado de pesado, empaçado y sellado de productos que se expenden en la empresa “Frutilandia Allauca”, con el fin de mejorar su sistema de ventas y garantizar la confiabilidad en los clientes. Se estableció un esquema eléctrico, de control y un sistema mecánico, para la instalación de los componentes necesarios para la automatización. La evolución del proceso se controló mediante un programa desarrollado en un controlador Arduino Mega 2560, que activa el Motorreductor DC 56310-1E500 de la banda transportadora dejando caer el producto hasta llegar al peso seleccionado, determinado por dos celdas de carga. Se usó un motor de corriente continua (DC) para la apertura o cierre de la compuerta de la balanza, comandada por la señal de un sensor capacitivo, para la etapa de sellado se empleó un motor paso a paso encargado de activación y desactivación de la selladora. Se implementaron dos pantallas que sirven de Interfaz Hombre Maquina (HMI), la primera se encarga del monitoreo de las etapas del proceso y su uso es exclusivo del operador; la segunda es destinada para el envío de ordenes por parte del usuario. Los resultados obtenidos de la implementación determinaron que el sistema logró una mejora del 75.26 %, reduciendo el tiempo de 1.5 a 1.3 minutos en comparación con el proceso manual. Además de una reducción del desperdicio de frutas de 46 a 5 libras equivalente a 86.14%. De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el sistema permite mejorar la eficiencia del proceso de pesado, empaçado y sellado. Para mantener el equipo en óptimas condiciones operarias se recomienda efectuar actividades de mantenimiento indicadas en el plan de mantenimiento propuesto.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES>, <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <OPTIMIZACIÓN>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <ACONDICIONAMIENTO DE CELDAS DE CARGA>.

ABSTRACT

The objective of the present titling work was to implement an automated system for weighing, packing and sealing of products that are sold in the “Frutilandia Allauca” company, in order to improve its sales system and guarantee customers’ reliability. An electrical control scheme and a mechanical system were established for the installation of the necessary components for the automation. The process evolution was controlled by a program developed in an Arduino Mega 2560 controller, which activates the DC 56310-1E500 Gearmotor of the conveyor belt to let dropping the product until the selected weight, determined by two load cells. A direct current (DC) motor was used to open or close the scale gate, controlled by the signal of a capacitive sensor, for the sealing step a stepper motor was used to activate and deactivate the sealant. Two screens were implemented that serve as Human-Machine Interface (HMI). The first one is in charge of the monitoring of the process stages and its use it is the operator’s exclusive. The second is destined for sending the user’s orders. The results obtained from the implementation determined that the system achieved an improvement of 75.26%, reducing the time from 1.5 to 1.3 minutes compared to the manual process. In addition to a reduction of waste of fruits of 45 to 5 pounds equivalent to 86.14%. According to the obtained results, it is concluded that the system allows improving the efficiency of the process of weighing, packing and sealing. To maintain the equipment in optimum working conditions it is recommended to perform maintenance activities indicated in the proposed maintenance plan.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <TECHNOLOGY OF THE AUTOMATIC CONTROL>, <INDUSTRIAL PROCESS AUTOMATION>, <AUTOMATED SYSTEM>, <OPTIMIZATION>, <HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <CONDITIONING OF LOAD CELL>.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Estudios realizados por el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones PRO ECUADOR establecen que, debido al incremento en el consumo de fruta, jugos y derivados, se ha reconocido a la fruta como un elemento básico nutricional para las personas. En países industrializados se invierten grandes cantidades de dinero en el beneficio de las propiedades nutricionales, curativas y vitamínicas de las frutas, así como en lograr que el consumidor promedio las consuma para el mejoramiento de su calidad de vida (PRO ECUADOR, 2016)

Los comerciantes minoristas de frutas dependen de la demanda del mercado; éstos invierten su dinero en la compra de mercadería, con el riesgo de que el producto no sea del agrado del consumidor y no pueda concretar la venta. Los clientes basan su selección en criterios de color, tamaño, forma, nivel de maduración y olor; dependiendo del comerciante pueden llegar incluso a probar la fruta, lo cual puede ser un factor decisivo al momento de la compra. Además, existen otros factores como limpieza, precio y peso justo, integridad o maltrato de la fruta, los cuales también inciden en la decisión de compra.

Las frutas que se producen y comercializan todo el año en el Ecuador son la mora, frutilla, tomate de árbol, manzanas, duraznos y uvillas. En orden de preferencia, aquellas que más se venden son: manzanas, uvas, frutilla, duraznos y mora. El proceso de pesaje y empaque de las frutas en bolsas plásticas se lo realiza comúnmente de manera manual; esto conlleva principalmente problemas de higiene al manipular el producto con las manos, y produce retardo en la atención a los clientes. Los clientes generalmente suelen tener la percepción de recibir una menor cantidad que la ofrecida cuando el proceso de pesaje y empaque es manual, lo cual inclina al vendedor a regalar una cierta cantidad de producto para asegurar la venta.

Con la finalidad de mejorar la atención al cliente e incentivar el consumo de sus productos, la empresa “Frutilandia Allauca” requiere implementar un sistema automatizado de pesaje, empaque y sellado de productos de mayor demanda: mora y frutilla; el presente proyecto pretende resolver esta necesidad mediante la aplicación de procesos técnicos y la evaluación final de los resultados obtenidos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La implementación de un sistema automatizado de pesado, empacado y sellado de productos permite mejorar los procesos de comercialización realizados en la empresa “Frutilandia Allauca”. ?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿El empleo de tecnología mejora los procesos manuales que se realizan en Frutilandia Allauca?

¿El sistema automatizado optimizará en tiempo los procesos de entrega de productos a los usuarios?

¿La implementación del sistema proporcionará un mejor pesaje de los productos que se expenden en Frutilandia Allauca?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La motivación principal del presente trabajo investigativo se sustenta en el ineficaz proceso de pesado y enfundado de frutas realizado por los comerciantes de manera manual, el cual le resta eficiencia al proceso general de comercialización. Se propone entonces la implementación de un sistema automatizado capaz de controlar las variables: peso, tiempo, distancia, presión y exactitud.

Para el sistema automático se dispondrá de un microcontrolador. Dicho controlador analizará la información recibida de la interfaz HMI y, por medio de la programación interna, ordenará acciones a los dispositivos actuadores, con los parámetros adecuados a cada etapa del proceso. Para el control del peso del producto se utilizará celdas de carga, debido a que el sistema debe ser capaz de brindar la confianza de entregar la cantidad justa de producto.

La realización de este trabajo conllevará varios beneficios, ya que al ser un sistema autónomo capaz de pesar, empacar y sellar frutas ayudará a los comerciantes a realizar sus ventas de una manera más eficaz, al reducir los tiempos en los procesos. Este sistema generará beneficios tanto para los consumidores como para los vendedores.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La construcción de un mecanismo que cumpla los procesos de pesaje, empaçado y sellado de productos es de gran aporte para las microempresas, debido al uso que se puede dar a la tecnología actual para la automatización de los procesos manuales.

El diseño a implementar será apto para productos que se expenden en Frutilandia Allauca, el cual será un sistema confiable tanto para el cliente como para el microempresario, en cuanto al pesado y calidad del producto empaçado. Es así que esta empresa será insertada a la modernización del control automático.

El sistema consta de tres etapas: la etapa de pesado, empaçado y sellado.

La primera etapa será controlada por celdas de carga, con un acondicionamiento que permita que el proceso en esta etapa sea lo más preciso y exacto tratando de brindar menores pérdidas de producto y así brindar confiabilidad en el cliente y comerciante.

La segunda etapa será controlada mediante un sensor capacitivo. El fruto debe mantener las condiciones más adecuadas, para la cual se debe tomar en consideración la calidad del fruto, que depende del aseguramiento de la calidad del proceso y las cualidades del producto para la aceptación por el comprador

La última etapa que es el sellado de la funda contenedora de la fruta, está compuesta por una niquelina, que es controlada mediante finales de carrera el cual indicará cuando está cerrada o abierta. La funda que va a contener la fruta debe ser de material que proporcione una adecuada protección, conservación e higiene

Para controlar la evolución del proceso se usa una tarjeta de desarrollo Arduino, misma que trabaja en base a la información recibida por los sensores y actuadores que es procesada mediante el programa interno desarrollado, y que permite comandar las acciones de los actuadores.

El sistema cuenta con interfaces gráficas HMI, desarrollada en una pantalla táctil y otra pantalla con teclado que permite permanente monitorear el sistema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema automatizado de pesado, empaçado y sellado de productos que se expenden en la empresa “Frutilandia Allauca”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar parámetros y variables a controlar en cada etapa del proceso.
- Seleccionar los elementos eléctricos, electrónicos y de control que componen el sistema para cada una de las etapas.
- Interconectar los sistemas de control y automatización.
- Diseñar la interfaz gráfica HMI para la selección del peso de productos de la frutería.
- Comprobar el funcionamiento del sistema.
- Analizar los resultados mediante un periodo de prueba.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se desarrolla una breve descripción de los beneficios y las formas de procesamiento que debe tener una fruta, tratando de obtener el mayor beneficio de sus propiedades. Además, se presenta información puntual de los componentes necesarios para poder diseñar e implementar el sistema de pesado, empaçado y sellado, como del software empleado para desarrollar el presente trabajo de titulación.

1.1 Normativas de frutas y Hortalizas

El MINISTERIO DE SALUD con resolución 14712 de 1980 (MINISTERIO DE SALUD, 1984 pág. 1) la cual está relacionado con producción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de vegetales como frutas y hortalizas, como se observa en la Figura 1-1, resuelve:



Figura 1-1: Frutos rojos
Fuente: (Frutos Rojos, 2011 pág. 1)

ARTÍCULO 1: El control sanitario de los vegetales como frutas y hortalizas destinadas al consumo humano.

ARTÍCULO 2: Para los efectos de la presente resolución se aplicarán las definiciones establecidas en los decretos reglamentarios

ARTÍCULO 4: Las disposiciones de la presente resolución estarán relacionadas con las frutas, vegetales y hortalizas tanto en su estado natural como en su estado de productos elaborados, debiendo en cada caso estar en buen estado de higiene y conservación.

ARTÍCULO 5: Los productos que trata la presente resolución deberán tener consistencia, color, sabor y olor

ARTÍCULO 7: Los productos que trata la presente resolución se envasarán en materiales que le proporcionen una adecuada protección, conservación e higiene durante el transporte de almacenamiento. (MINISTERIO DE SALUD, 1984 págs. 1-2)

1.2 Importancia y beneficios del consumo de frutas

Las frutas deben estar presente en el menú diario de una persona, y según los expertos, deben ser consumidas en una cantidad de al menos 5 raciones por día.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) explica que su ingesta es un factor determinante para un individuo se mantenga saludable. Esa recomendación está respaldada en los beneficios que estas aportan al organismo, por ejemplo, la enorme cantidad de antioxidantes (vitamina A y C); además, de su contenido bajo en calorías y alto en fibra.

En Ecuador se gasta mensualmente según datos publicados por el INEC alrededor de 53 millones de dólares en la compra de frutas. Sin embargo, los ecuatorianos no alcanzan el consumo mínimo recomendado por la OMS, que es de 400 gramos diarios: en el país se llega únicamente hasta los 183 gramos. (EXTRA.EC, 2016 págs. 1-2)

Consumo promedio de frutas y verduras, por sexo y edad, a escala nacional (gramos/día), en base al Ministerios de Salud y Nutrición 2011-2013 se observa en el Gráfico 1-1



Gráfico 1-1: Consumo promedio de frutas y verduras, por sexo y edad
Fuente: (EXTRA.EC, 2016 pág. 3)

1.2.1 Beneficios de la fruta

La mayoría de estudios muestran beneficios de la fruta:

- Cada porción de fruta diaria reduce un 7% el riesgo de enfermedad de coronaria
- Mayor consumo de fruta aparece ligado en general a menor peso corporal
- Más ingesta de fruta se asocia a menor enfermedad cardiovascular y cáncer

La siguiente clasificación que se observa en la Figura 2-1 está relacionada a la fruta con mayor densidad nutricional y menor aporte calórico y de carbohidrato (REVOLUCIONARIO, 2010 pág. 4)

| FRUTAS | | | | |
|------------|------------|-----------|-----------|--------------------------|
| PRIORIZAR | | MODERAR | | ELIMINAR |
| Arándanos | Mandarinas | Cerezas | Naranja | Fruta deshidratada |
| Frambuesas | Coco | Ciruela | Nectarina | Frutas en lata o almibar |
| Fresas | Aguacate | Kiwi | Papaya | Mermeladas |
| Moras | | Manzanas | Pera | Zumos/jugos |
| Limón | | Melocotón | Piña | |
| Pomelos | | Melón | Uvas | |

Figura 2-1: Clasificación de frutas con mayor densidad nutricional
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

1.2.2 Factores que intervienen en la compra de frutas por el consumidor

La característica es la creciente segmentación del mercado a través del incremento en las formas, colores, sabores, formas de preparación y/o empaque en la que un producto es presentado, además existe una creciente demanda de una calidad superior tanto externa como interna. Los aspectos externos (presentación, apariencia, uniformidad, madurez, frescura) son los componentes principales de la decisión de compra, la que normalmente es tomada cuando el consumidor ve la mercadería exhibida en el local de venta.

Esto es particularmente importante en los sistemas de autoservicio en donde el producto debe «auto venderse» y aquel que no es seleccionado, representa una pérdida para el comerciante. La calidad interna (sabor, aroma, textura, valor nutritivo, ausencia de contaminantes bióticos y abióticos) está vinculado a aspectos generalmente no perceptibles pero no por ello menos importante para los consumidores.

Como resumen de los párrafos anteriores se puede decir que dentro de una tendencia general a un mayor consumo y variedad, el consumidor demanda calidad en términos de apariencia, frescura, presentación así como valor nutritivo. (Departamento de Agricultura, 2015 pág. 1)

1.2.3 Calidad del fruto



Figura 3-1: Calidad del producto
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Desde el punto de vista de los procedimientos de fabricación, y manipulación de la fruta, según normativa ISO 9000 y sus derivadas, la calidad ISO supone asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos por la propia empresa por medio de unos procedimientos normalizados.

La calidad desde el punto de vista del consumidor es el conjunto de cualidades del producto que el consumidor puede valorar positivamente para quedar satisfecho, Observar la Figura 3-1. (Calidad frutas, 2010 pág. 1)

1.2.4 Variables que inciden en la formación de los precios de las frutas

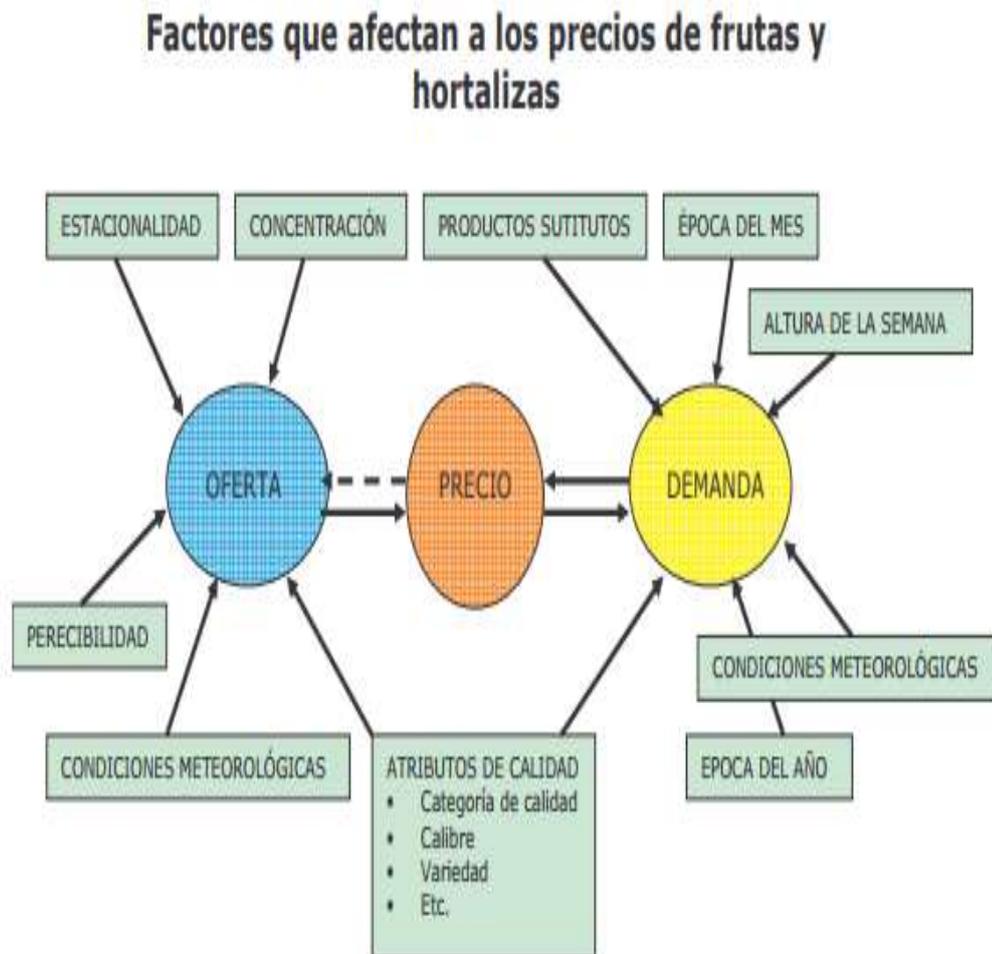


Gráfico 2-1: Factores que afectan los precios de frutas y hortalizas.

Fuente: (Precio de Frutas, 2016 pág. 3)

En este Gráfico 2-1 intenta mostrar en forma simplificada las variables que inciden en la formación de los precios de las frutas y hortalizas en los mercados.

En el proceso de formación de precios, los dos factores fundamentales son la oferta, dada en este caso por la cantidad de calidad de un determinado producto disponible en un momento dado para su comercialización; y la demanda, determinada por la cantidad y calidad de dicho producto que el conjunto de los compradores necesitan en un momento dado.

1.3 Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Los sistemas de control van acompañados de interfaces de comunicación provistas de una tecnología relativamente compleja. Inicialmente los sistemas utilizados en el control de procesos eran simples desde el punto de vista tecnológico, a razón de que los procesos que debían controlar también eran simples, así como las necesidades de control.

Sin embargo, con los años se ha ido incrementado su complejidad de manera exponencial; ya no son suficientes uno o dos indicadores, son necesarios muchos más, los cuales deben estar complementados con indicaciones, esquemas y dibujos. Hoy en día los ordenadores y pantallas de visualización permiten una función de diálogo cada vez más robusta y completa entre el operador y el sistema (Rodríguez, 2010 pág. 133)

1.3.1 Definición del HMI

Los interfaces Hombre-Máquina también conocidas como HMI por sus siglas en inglés, Human Machine Interface, representan el medio de interacción entre un usuario y un determinado hardware, para el caso de control de procesos la HMI.

Éste debe ser capaz de mostrar al usuario datos básicos de todo sistema de control de procesos, tales como variable de proceso, variable de control y set point o variable de consigna, todo esto presentado a tiempo real, es decir en el momento mismo de la ejecución de las diferentes variaciones (Procesos, Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada al control de pág. 71).

1.3.2 Objetivos de un HMI

- **Monitoreo:** se trata de la habilidad de obtener y presentar datos en tiempo real. Dichos datos pueden ser carácter numérico, texto o gráficos, a fin de permitir una fácil interpretación.
- **Supervisión:** la función de supervisión, conjuntamente con la de monitoreo, posibilitan ajustar las condiciones de procesamiento mediante la computadora.
- **Control:** se refiere a la capacidad de aplicar algoritmos que permitan mantener los valores de un proceso dentro de los límites aceptables.

1.3.3 Ejecución de acciones de mando

Estas se pueden realizar por técnicas convencionales (pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc.), o mediante teclados, lápiz óptico, mouse, pantallas táctiles, etc. Las características del puesto de mando deben estudiarse cuidadosamente. Con el puesto de mando se debe buscar comodidad para el operador: temperatura estable, presión atmosférica ligeramente superior al exterior, muebles cómodos y funcionales.

1.4 Software empleado en el sistema

1.4.1 Software SOLIDWORKS

El software SOLIDWORKS es utilizado para el diseño de los mecanismos del sistema, ya que es un entorno potente utilizado en distintas áreas de ingeniería, permite el diseño, modelado y la simulación de la maquina pesadora, empacadora y selladora de frutas. En la Figura 4-2 se muestra el entorno de SolidWorks 2014.

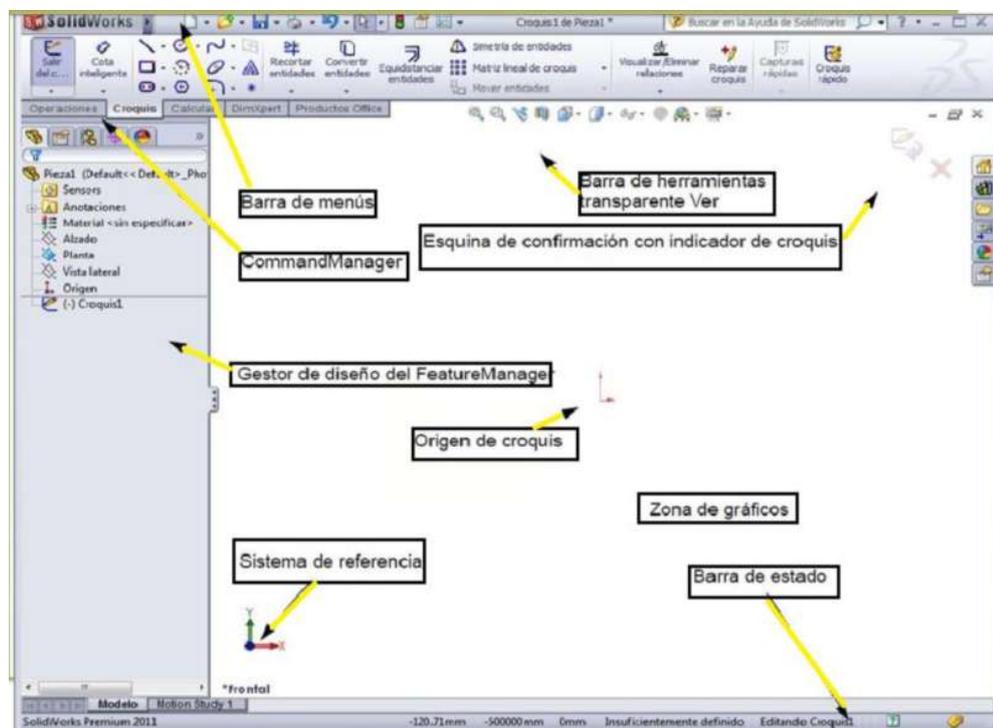


Figura 4-1: Entorno de trabajo de SolidWorks 2014

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

1.4.2 Plataforma Arduino

Arduino es una marca de microcontroladores conocida a nivel mundial por los especialistas en el área de la electrónica, la programación y la robótica. Se trata de un proyecto open source que pone a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en microcontroladores (García.A, 2013 pág. 8).

El Arduino Mega, que se observa en la Figura 5-1, es probablemente el microcontrolador más eficiente de la familia Arduino.

1.4.2.1 Hardware Arduino

Es una placa que se la puede adquirir como también se la puede implementar, estando los planos y la licencia del dispositivo en internet. Observar la Figura 5-1.

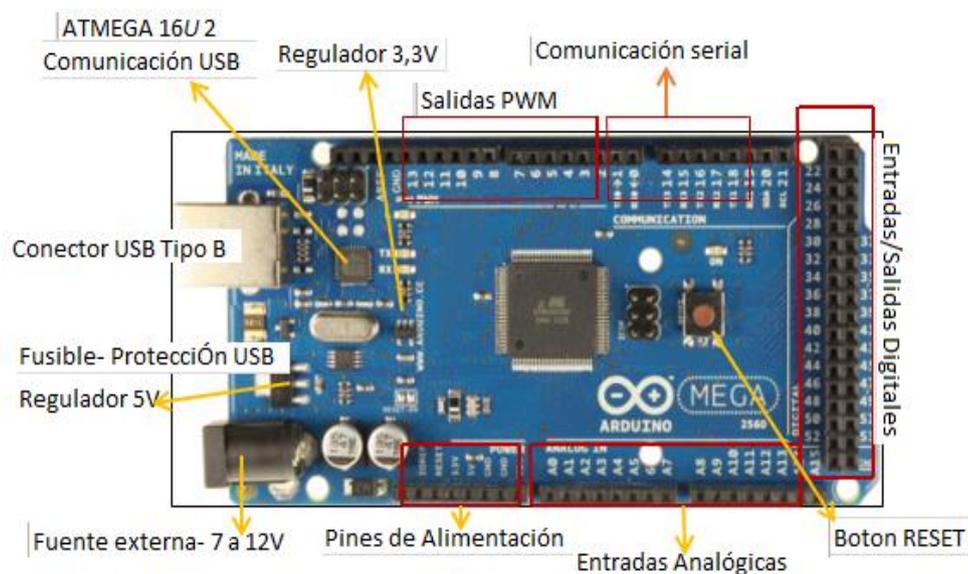


Figura 5-1: Entorno Arduino
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

1.4.2.2 Software Arduino

Entradas y salidas: Cada uno de los 54 pines digitales en el Mega, observar la Figura 6-2, pueden utilizarse como entradas o como salidas usando las funciones `pinMode()`, `digitalWrite()`, y `digitalRead()`. Las E/S operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir una intensidad máxima de 40mA y tiene una resistencia interna de pull-up (desconectada por defecto) de 20-50kOhms. Además, algunos pines tienen funciones especializadas. (Arduino, 2017 pág. 1)

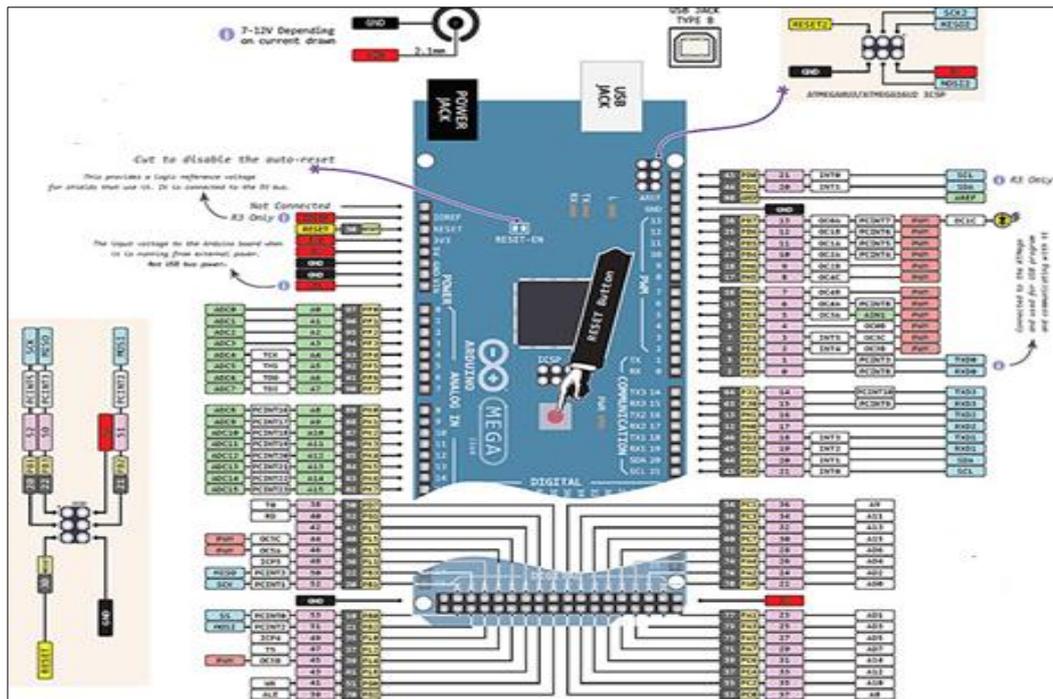


Figura 6-1: Entradas y salidas
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Comunicaciones: EL Arduino Mega facilita en varios aspectos la comunicación con la PC. El ATmega2560 proporciona cuatro puertos de comunicación vía serie UART TTL. Un ATmega16U2 integrado en la placa canaliza esta comunicación serie a través del puerto USB y los drivers (incluidos en el software de Arduino) proporcionan un puerto serie virtual en el ordenador. El software incluye un monitor de puerto serie que permite enviar y recibir información textual de la placa Arduino. Los LEDS RX y TX de la placa parpadearán cuando se detecte comunicación transmitida través de la conexión USB. (Arduino, 2017)

La librería SoftwareSerial permite comunicación serie por cualquier par de pines digitales. El ATmega2560 soporta la comunicación I2C (TWI) y SPI. El software de Arduino incluye una librería Wire para simplificar el uso el bus I2C, ver la documentación para más detalles. Para el uso de la comunicación SPI, ver la hoja de especificaciones (datasheet) del ATmega2560.

Programación: El Arduino Mega se puede programar con el software Arduino, el ATmega2560 en el Arduino Mega viene precargado con un gestor de arranque (bootloader) que permite cargar nuevo código sin necesidad de un programador por hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo STK500 original (referencia, archivo de cabecera C). También puede evitarse el gestor de arranque y programar directamente el microcontrolador a través del puerto ICSP (In Circuit Serial Programming); para más detalles ver estas instrucciones. (Arduino, 2017 págs. 2-3)

1.4.2.3 Editor Nextion

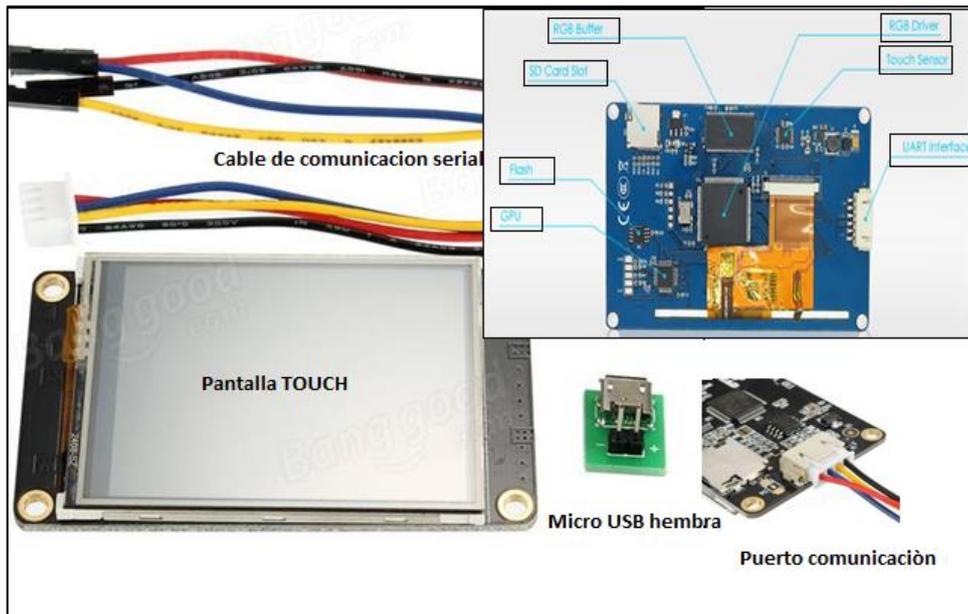


Figura 7-1: Hardware pantalla Nextion
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La pantalla Nextion incluye hardware en parte de una serie de placas de TFT y otro software que es el editor de Nextion. Emplea un único puerto serial para realizar la comunicación, y solo tiene que proporcionar un protocolo UART observar la Figura 7-1. El editor Nextion tiene componentes masivos tales como botones, texto, slider, panel de instrumentos, etc. para enriquecer el diseño de la interfaz, como se observa en la Figura 8-1



Figura 8-1: Entorno de programación Nextion Editor
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

1.5 Dispositivos y componentes del sistema

1.5.1 Sensores

Los sensores y los actuadores constituyen el principal medio de enlace entre un micro controlador y el proceso a controlar o monitorear. Los sensores o transductores son dispositivos que transforman una cantidad física de entrada en otra de salida equivalente. Nos concentraremos especialmente en los sensores eléctricos, es decir aquellos cuya salida es una señal eléctrica de tensión o corriente.

Esta salida puede ser digital, en los casos donde funcionan como elementos de detección, o analógica, cuando se trata de una medición. Por otra parte, los actuadores o accionamientos son los encargados de realizar un trabajo y producir cambios energéticos en el proceso. (Rodríguez, 2010 pág. 133)

1.5.1.1 Sensor de nivel y proximidad

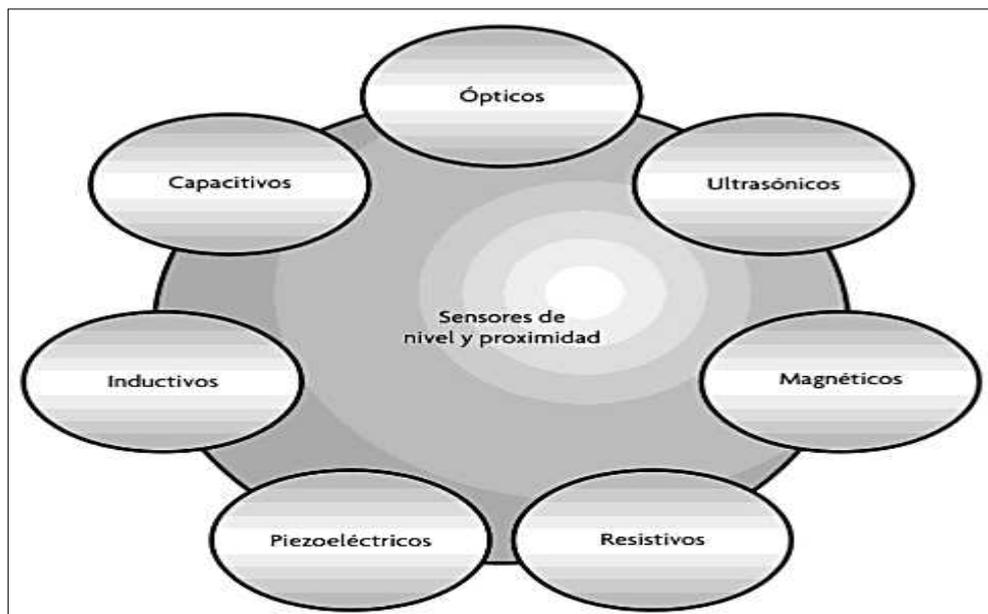


Figura 9-1: Clasificación de los sensores de nivel y proximidad

Fuente: (Abarca, y otros, 2001 pág. 142)

Los sensores de nivel y proximidad son muy usados en aplicaciones como envasado, sistemas de control para monitoreo de llenado, detección de obstáculos en sistemas inteligentes y en algunas configuraciones específicas en sistemas táctiles, para su aplicación en sistemas electrónicos, como teléfonos móviles, pantallas táctiles, etcétera.

Los sensores de nivel y proximidad muchas veces son confundidos con los sensores de posición. No obstante, este tipo de sensores se limita a medir la proximidad de un objeto con respecto al sensor, sin importar su orientación o determinar si el objeto está cerca del sensor para ser detectado, además de determinar el nivel de un contenedor en determinado porcentaje. Al igual que muchos sensores, estos pueden clasificarse de acuerdo con el principio de operación que utilizan; en la Figura 9-1 se muestra una clasificación de estos sensores (Abarca, y otros, 2001 pág. 142)

1.5.1.2 Sensor de peso (Celda de carga)

Las celdas de carga pueden definirse como “sensores de peso electrónicos, cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica” (Bellini, 2009 pág. 3).

Las celdas de carga convencionales consisten en una pieza de metal a la que se adhieren galgas extensiométrica. Estas galgas cambian su resistencia eléctrica al traccionarse o comprimirse cuando se deforma la pieza metálica que soporta el peso del objeto; por tanto, miden peso.

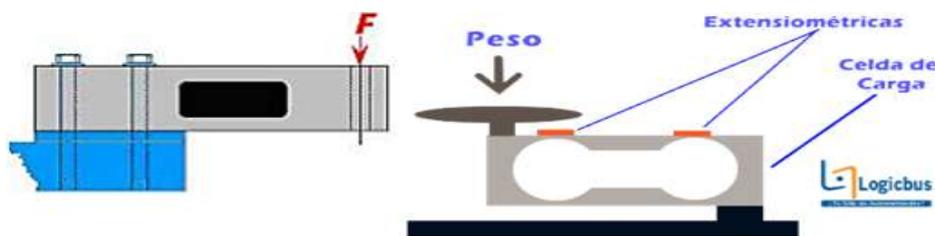


Figura 10-1: Mecanismo de un sensor de peso

Fuente: (Salar, y otros, 2009 pág. 3)

El metal se calcula para que trabaje en su zona elástica; esto es lo que define la operatividad de una celda como se aprecia en la Figura 10-1. El ajuste de las resistencias se hace con un puente de Wheatstone, de modo que al alimentarse con un voltaje entregan una salida de voltaje proporcional a la fuerza aplicada en el metal (en el orden de milivoltios). Asimismo se utilizan filtros electrónicos de pasa bajo para disminuir el efecto de las perturbaciones de alta frecuencia. (Bellini, 2009 pág. 3).

Considerando su funcionamiento puede deducirse que las balanzas electrónicas miden el peso a través de la deformación de un elemento elástico; “la masa indicada es una medida relativa o indirecta que resulta de valorar el esfuerzo correspondiente al peso del objeto” (Salar, y otros, 2009 pág. 2).

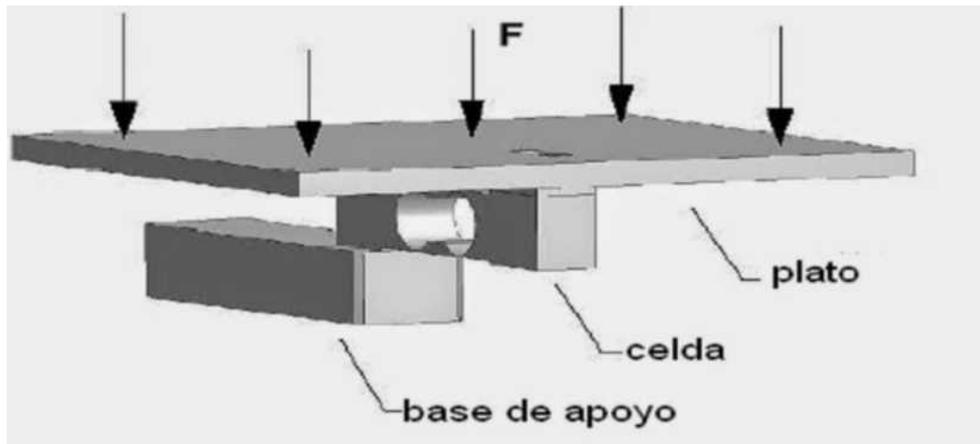


Figura 11-1: Esquema celda de carga

Fuente: (Sánchez, 2014 pág. 5)

El sensor de peso de la balanza es la celda de carga, una de las más económicas, tiene un diseño compacto, buena linealidad y simple colocación en la estructura, Esquemáticamente se puede observar en la Figura 11-1, las señales de la galga se acondicionan con un amplificador de instrumentación como por ejemplo AD-620 y posteriormente se digitaliza en el micro controlador.

1.5.1.3 Sensor capacitivo

Los sensores capacitivos se basan en la modificación de la capacidad de un condensador por presencia de objetos sólidos. El elemento capacitivo es parte de un circuito que es excitado de manera continua por una forma de onda sinusoidal de referencia.

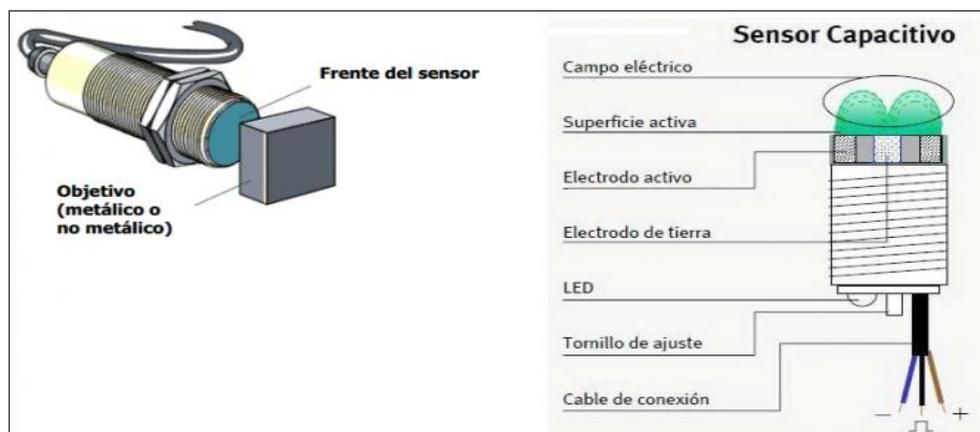


Figura 12-1: Estructura de un sensor capacitivo

Fuente: (Wikifab, 2012 pág. 2)

Un cambio en la capacidad, produce un desplazamiento de fase entre la señal de referencia y una señal obtenida a partir del elemento capacitivo. (Bellini, 2009 pág. 2).

En general los sensores capacitivos tienen un tamaño pequeño, construcción robusta y un pequeño desplazamiento volumétrico, como se ve en la Figura 12-1. La señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir errores en la medición y son sensibles a variaciones de temperatura (Bellini, 2009 pág. 3)

1.5.2 Actuadores

Los motores eléctricos son máquinas utilizadas para transformar la energía eléctrica en mecánica. Estos motores son empleados en la industria, pues combinan las ventajas del uso de la energía eléctrica (bajo, costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de la puesta en marcha, etc.) con una construcción relativamente simple, costo reducido y buena adaptación a los más diversos tipos de carga. (Bolaños, 2009 pág. 5)

1.5.2.1 Motores DC

El motor de corriente continua, también denominado motor de corriente directa, motor CC o motor DC (corriente directa), es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica gracias a la acción de un campo magnético que provoca movimiento rotatorio.

El campo magnético (básicamente conformado por un imán o un electroimán) permite la transformación de energía eléctrica recibida por la armadura en energía mecánica entregada a través del eje. Para funcionar, precisa de dos circuitos eléctricos: el circuito de campo magnético y el circuito de la armadura, como se observa la Figura 13-1.

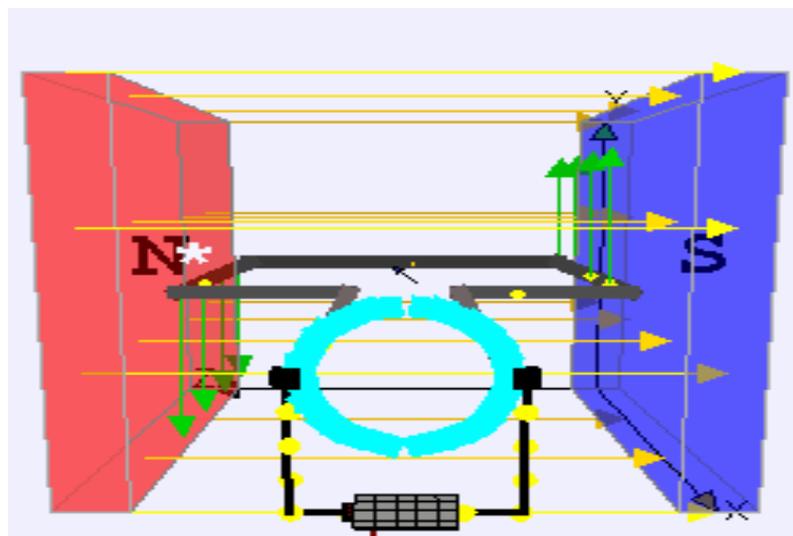


Figura 13-1: Esquema de funcionamiento del motor DC
Fuente: (Esquembre, 2011 pág. 11)

Este tipo de motor es empleado cuando es importante poder regular la velocidad del eje continuamente, y cuando se requiere de un torque de arranque elevado. Se utilizan además cuando es imprescindible usar corriente continua (trenes y automóviles eléctricos, por ejemplo).

1.5.2.2 Motor paso a paso

Se encuentra compuesto por un estator, cuyos devanados se llaman fases, y un rotor de un elevado número de polos, como se observa la Figura 14-1.

Su funcionamiento es síncrono y la alimentación cíclica de sus fases debe originar en cambio de configuración un giro elemental del rotor, constante, llamado paso. (Fernández, 2011 pág. 22)

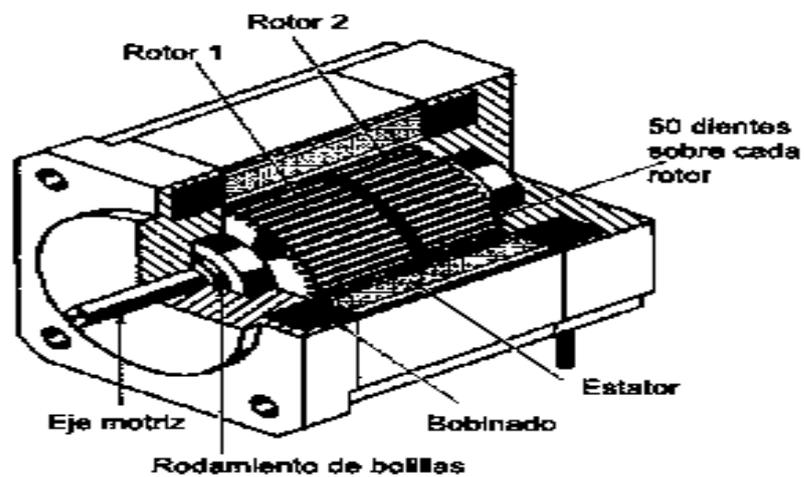


Figura 14-1: Estructura del motor a paso
Fuente: (Fernández, 2011 pág. 13)

Existe una gran variedad de modelos de estos motores, los cuales varían en relación al número de fases de su estator, el tipo de alimentación, del número de paso por vuelta, el tipo de imanes, entre otras características. Respecto al control, existen tres modos: paso entero, medio paso y micropaso. (Fernández, 2011 pág. 16)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Introducción

Una vez analizada la parte teórica, se presenta el proceso empleado para realizar la implementación de un sistema automatizado de pesado, empacado y sellado de productos en “Frutilandia Allauca” del cantón Bucay provincia del Guayas. Se especifica los elementos, requerimientos y concepción del sistema, así como las etapas que lo conforman. Se justifica la selección de los componentes que lo integran. Al final se presenta un esquema del sistema diseñado. La modelación de la estructura realizada en el software SOLIDWORKS.

A continuación en el Gráfico 1-2 muestra las etapas de diseño que conforman el sistema.

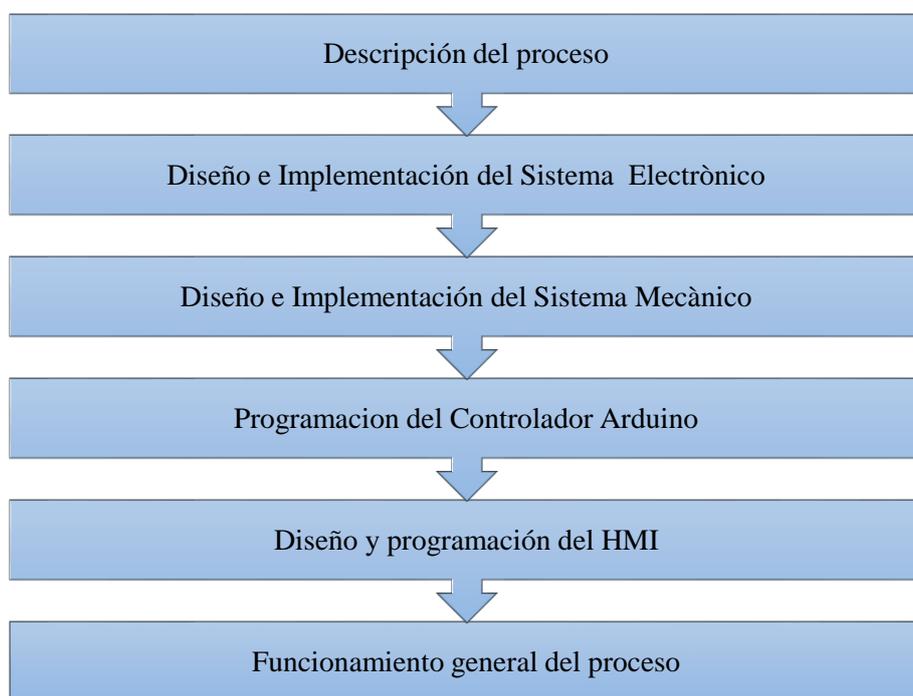


Gráfico 1-2: Etapas del proceso
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

El diseño y la implementación del sistema automatizado, se realizó en el Cantón Bucay Provincia Guayas, “Frutilandia Allauca”, ubicada en las calles Sargento 6 y Av. Paquisha,

2.2 Descripción del Proceso

En el Gráfico 2-2 se observa un diagrama general del funcionamiento del sistema:

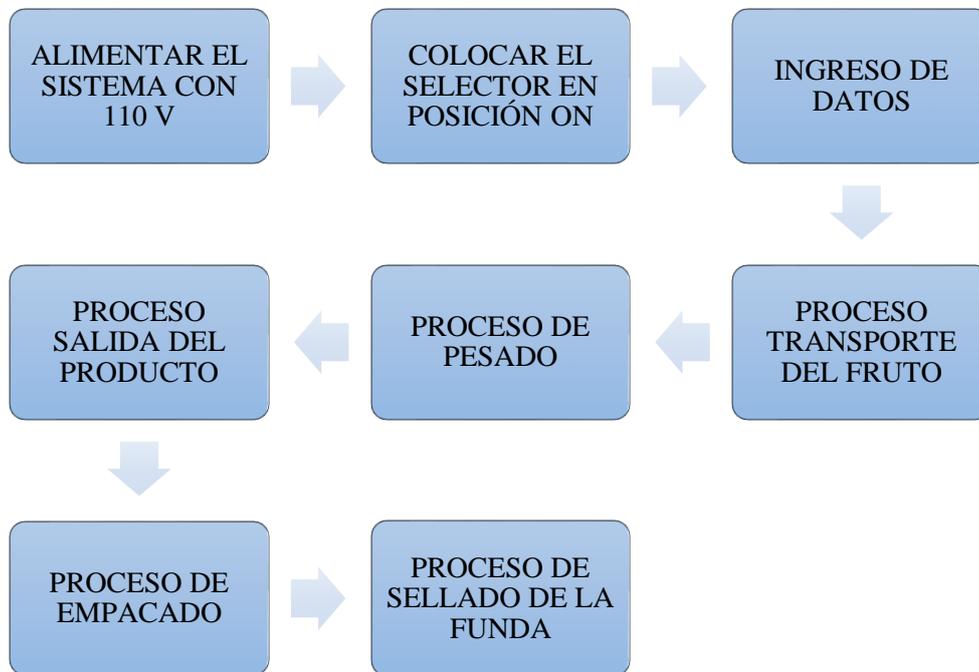


Gráfico 2-2: Descripción del proceso
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Una primera fase se constituye en la selección de la cantidad (peso) de producto a despachar, mediante una interfaz de pantalla HMI, esta orden es enviada por el operario o cliente. En dependencia de esta selección, se ejecutará la segunda fase que es la de pesado.

El cliente puede visualizar el proceso de su orden mediante pantallas que están integradas en la máquina, esto ocurre con el accionamiento de un motor DC que hace caer el producto desde la tolva contenedora mediante una banda transportadora; sobre una bandeja (balanza) que está sujeta a dos celdas de carga de 5 Kg cada una.

La fase final consiste en el empacado y sellado del producto. El sensor capacitivo detecta la correcta ubicación de la funda plástica emitiendo una señal al microcontrolador para que la bandeja de la balanza permita abrir la compuerta, que deja caer el producto en una bolsa plástica, para posteriormente proceder al cierre de la funda mediante la niquelina de la selladora comercial.

2.3 Diseño e Implementación del Sistema Mecánico

Tomando en cuenta la norma (INEN 1672-2, 2009 pág. 2) que hace referencia al diseño, procesamiento de alimentos y requisitos de higiene en la implementación de máquinas que procesan alimentos. Con la ayuda de normas y la aplicación de técnicas de diseño adquiridas en la carrera se logró el diseño de los mecanismos que van a ser implementados en el sistema. (MINISTERIO DE INDUSTRIAS, 2014 pág. 3)

Para la cual se debe considerar las limitantes del sistema, observar la Tabla 1-2:

Tabla 1-2: Consideraciones generales

| REQUERIMIENTOS GENERALES | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Peso mínimo- Balanza | ½ libra |
| Peso máximo- balanza | 2.5 libras |
| Frutos a pesar | Moras, frutillas, pasas, uvillas |
| Peso mínimo- Bandeja Contenedora | 25 libras |
| Peso máximo- Bandeja contenedora | 40 libras |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

En el Gráfico 3-2, se muestra un diagrama de bloques de las etapas para el diseño de los mecanismos.

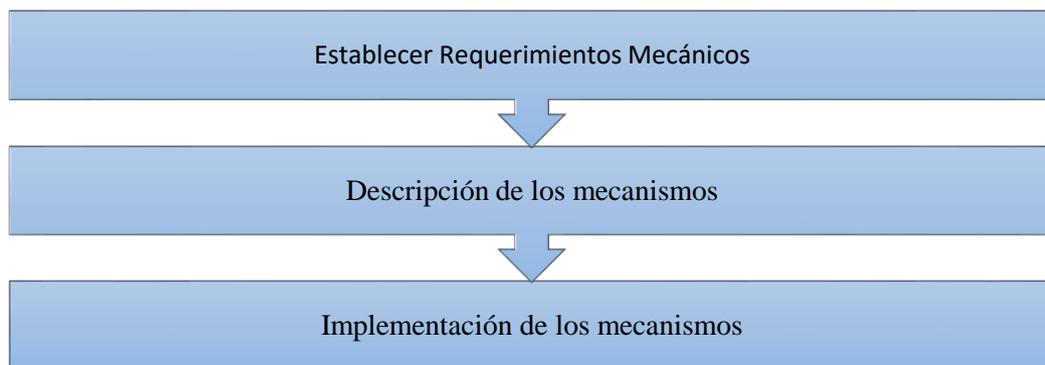


Gráfico 3-2: Etapas de diseño e implementación del sistema

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.3.1 Descripción de los mecanismos

Una vez analizado el proceso, mediante la observación del desarrollo del mismo se procede a la descripción de los mecanismos considerando los requerimientos de la Tabla 2-2,

Tabla 2-2: Requerimientos mecánicos

| CONSIDERACIONES MECÁNICAS | |
|----------------------------------|--|
| Bandeja contenedora del producto | Acero inoxidable de 55 cm de largo, ancho 55 cm, alto 16 cm, ángulo de inclinación 148.57° |
| Balanza | Acero inoxidable de 14 cm x 14 cm |
| Selladora | Selladora comercial de 40 cm x 15 cm |
| Mesa de soporte | Acero inoxidable de 58 cm de largo, 56 cm de ancho, 93 cm de alto |
| Soporte de pantalla | Acero inoxidable de 27 cm x 15 cm |
| Alcance de brazo | Acero inoxidable de 75 longitud y una apertura de 20 cm |
| Altura total máquina | Acero inoxidable de 115 cm |
| Ancho total de la máquina | Acero inoxidable de 1.5 m |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

El diseño se divide en: mecanismo de transporte del fruto, mecanismo de pesado, mecanismo de salida de frutos, y mecanismo de sellado de funda plantica.

2.3.1.1 Bandeja contenedora de frutas

Para la implementación mecánica de esta etapa del proceso se debe considerar los requerimientos y necesidades de la empresa, para la cual se inicia diseñando y dimensionando la bandeja contenedora del producto, como se observa en la Figura 1-2,

Se sabe que la demanda en ventas cada fin de semana de la empresa 'FRUTILANDIA ALLAUCA' es de 500 libras de diferentes productos (uvillas, moras y frutillas); considerando los parámetros de calidad del productos la bandeja tiene la capacidad de abarcar 25 lbs de los productos ya mencionados, debido al maltrato que la fruta puede sufrir si la bandeja se llena con más de la cantidad establecida.

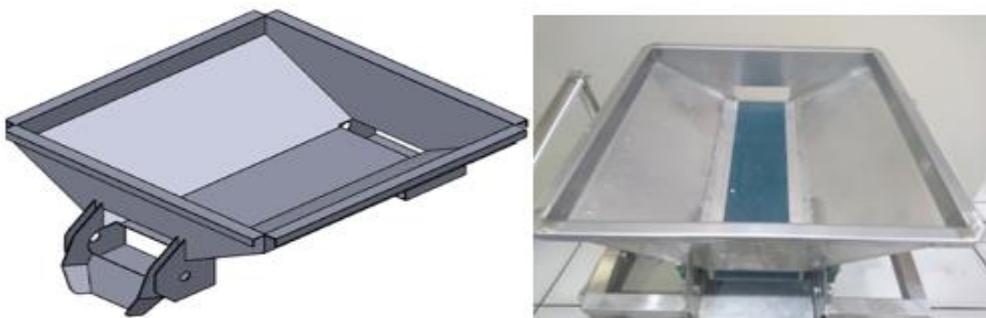


Figura 1-2: Diseño y construcción de la bandeja contenedora

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

El producto que contenga la bandeja es movilizada mediante una banda transportadora la cual esta sujeta por una vincha facilitando la limpieza que se debe realizar a la máquina, la misma que permite sacar la banda cuando sea necesario y así mismo sujetarla a la estructura, como se muestra en la Figura 2-2.



Figura 2-2: Banda transportadora
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Además la bandeja tiene disponible un espacio como se observa en la Figura 2-2 por donde cae el producto a cantidades considerables hacia la balanza mediante la banda transportadora, de la misma manera contiene un espacio donde se almacena residuos o jugos que puede derramar el fruto, cuidando la máquina de futuros daños.

2.3.1.2 Balanza

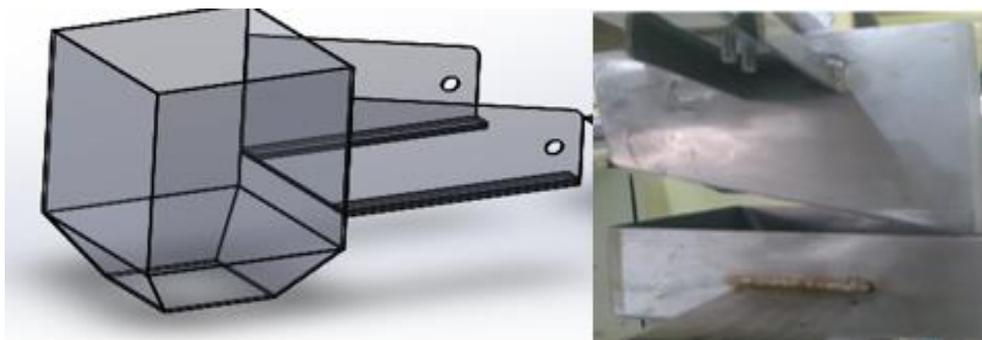


Figura 3-2: Diseño y construcción de la balanza
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La bandeja, que se observa en la Figura 3-2, tiene la capacidad de contener un máximo de dos libras y media, está sujeta mediante una L en cada lado, en los extremos de la bandeja de peso se dispone de dos celdas de cargas de 5 kg cada una, este será nuestro sensor que nos permite controlar el proceso de pesado. La bandeja de la pesa contiene una compuerta en el fondo la cual se abrirá dejando caer el fruto para permitir ejecutar la siguiente etapa del proceso.

2.3.1.3 Empacado del producto

En esta fase una vez que el producto se encuentra sensado en la balanza, la compuerta se abre mediante la señal de un sensor capacitivo, para la cual el operador debe colocar una funda para el llenado de la fruta seleccionada, el paso siguiente es el sellado.

2.3.1.4 Selladora

Considerando costos, la selladora que se adquirió es comercial, en esta etapa la distancia entre balanza y selladora es importante por el espacio requerido, este debe ser suficiente para ingresar la funda donde caerá el fruto debidamente pesado, como se observa en la Figura 4-2.



Figura 4-2: Mecanismo de Sellado
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La apertura que va a tener los extremos de la selladora, se realiza mediante un mecanismo de tornillo sin fin el cual está sujeto a un motor paso a paso, al momento de que la selladora está cerrada se accionara un final de carrera que permite operar a la niquelina y finalmente entregar el producto totalmente empacado y sellado.

2.3.1.5 Mesa del sistema

La mesa está construida capaz de soportar el peso la bandeja contenedora del fruto, además debe poseer una estabilidad que permitan que nuestros dispositivos electrónicos funciones correctamente sin ninguna interferencia, o vibraciones, como se observa en la Figura 5-2.



Figura 5-2: Diseño y construcción de la mesa
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fundamentando, la estabilidad que necesita cada etapa del proceso se realizó su construcción con bases planas y un material confortable, además en la mesa se ubicó el tablero eléctrico como se observa en la Figura 5-2.

Según medidas estándar que se observa en la Tabla 3-2 se escogió el tablero de 40 cm de alto, 30 cm de ancho y 20 cm de fondo, que fue suficiente para la distribución de todos los dispositivos, y además alejar la parte eléctrica y electrónica de los usuarios

Tabla 3-2: Dimensiones Nominales de Tableros Eléctricos

| DIMENSIONES NOMINALES | | |
|-----------------------|-------|-------|
| ALTO | ANCHO | FONDO |
| 400 | 300 | 200 |
| 500 | 400 | 200 |
| 600 | 400 | 250 |
| 700 | 500 | 250 |
| 800 | 600 | 250 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: (Tableros Electricos, 2010 pág. 5)

2.3.1.6 Brazo mecánico

Esta construido con el propósito que la pantalla Nextion (cliente envía su orden de compra) sea totalmente independiente de la estructura, debido a que por movimientos de motores, derrame de frutos sobrantes estos tengan contacto con la pantalla y sufra daños posteriores, además se consideró un brazo móvil debido a que es considerado cliente a niños y adultos, este tipo de mecanismo permite tener alcance y comodidad a todas las personas que deseen comprar y utilizar el sistema automatizado. Observar la Figura 6-2

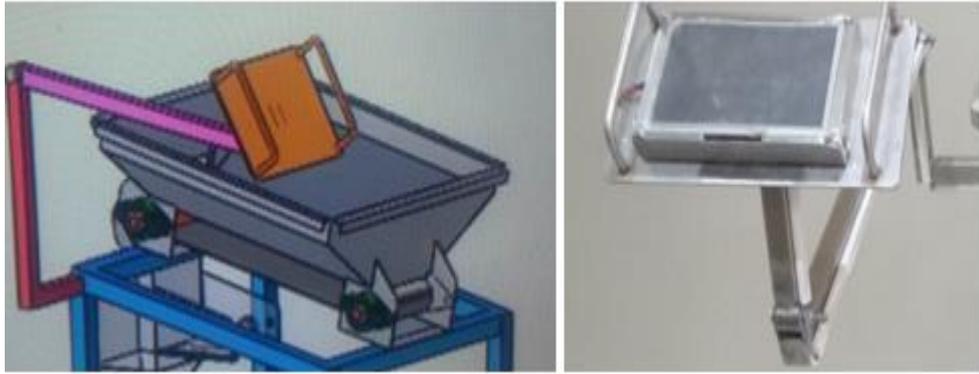


Figura 6-2: Brazo mecánico
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.3.2 Implementación de los mecanismos

Considerando los requisitos de seguridad que debe cumplir la máquina para procesamiento de alimentos, está construida totalmente de acero inoxidable, como se observa en la Figura 7-2, aislando a todos los elementos eléctricos y electrónicos que puedan perjudicar la seguridad y salud de clientes.

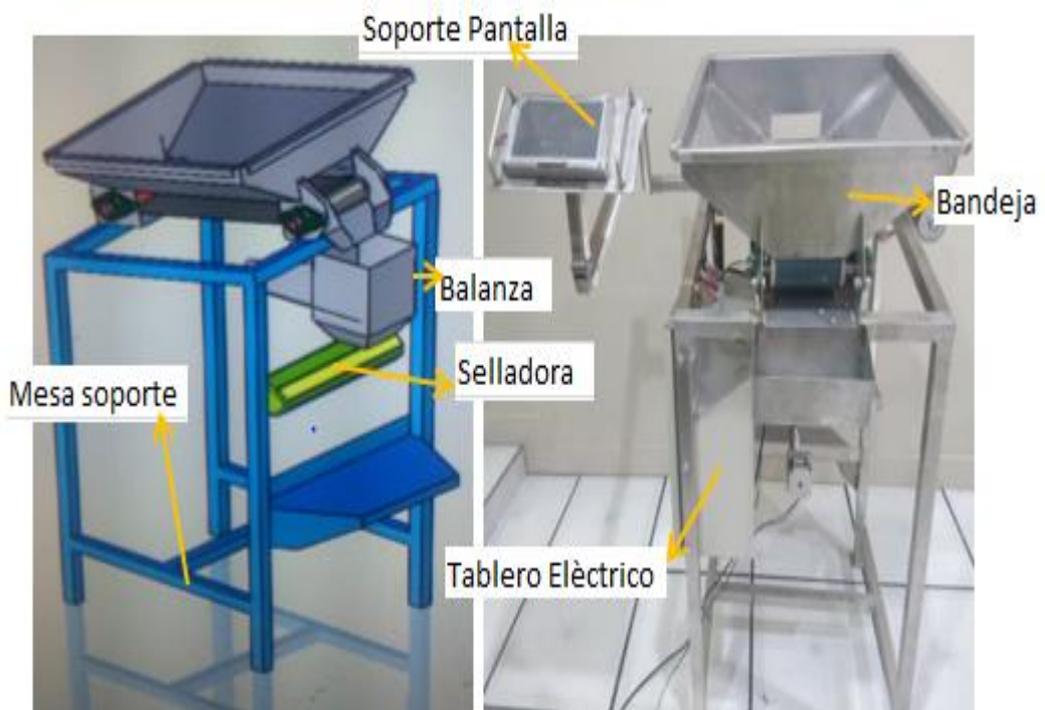


Figura 7-2: Diseño e implementación de la máquina
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Los resultados expuestos de la entrevistas (VER ANEXO A), permiten establecer características técnicas de diseño del sistema (Costos, Necesidades), las cuales se describen a continuación

2.3.2.1 Exhibición del producto

Utilización de una “charola” la cual mantenga una pequeña inclinación hacia el cliente para que el producto por más pequeñas cantidades que contenga la bandeja sea siempre visible a los usuarios.

2.3.2.2 Comodidad de uso

Para el cliente y el vendedor; el tamaño no debe sobrepasar dimensiones estándar, para el fácil acceso al panel de mando. La estructura tendrá una altura máxima de 1.15 metros. Para comodidad del cliente su pantalla de mando tendrá movilidad para que no tenga dificultad de visualizar todas las órdenes que tenga a su disponibilidad.

2.3.2.3 Amigable y entendible

En la parte de delante de la maquina existe una pantalla HMI, el cual esta con órdenes precisas, claras y entendibles, en caso de que el cliente se sienta incómodo y no sea tan amigable con la tecnología, existe una segunda pantalla que tiene acceso el operador el cual puede enviar las ordenes que el cliente indique para que el proceso automatizado se ejecute con normalidad.

2.3.2.4 Mantener la calidad del producto

Se utilizó una banda transportadora para evitar el maltrato del producto, considerando también que la bandeja contenedora tiene una inclinación y al momento de que la banda este en movimiento no trate de mover todo el producto para que este vaya cayendo según la necesidad para cumplir la orden del cliente.

2.4 Diseño e implementación del Sistema Electrónico

Previo al diseño de la placa electrónica que conforma el sistema electrónico de control, se selecciona los componentes que integran el sistema y esquema de conexión. En el Gráfico 4-2, se enlistan los pasos que se siguieron para el diseño e implementación del sistema electrónico.

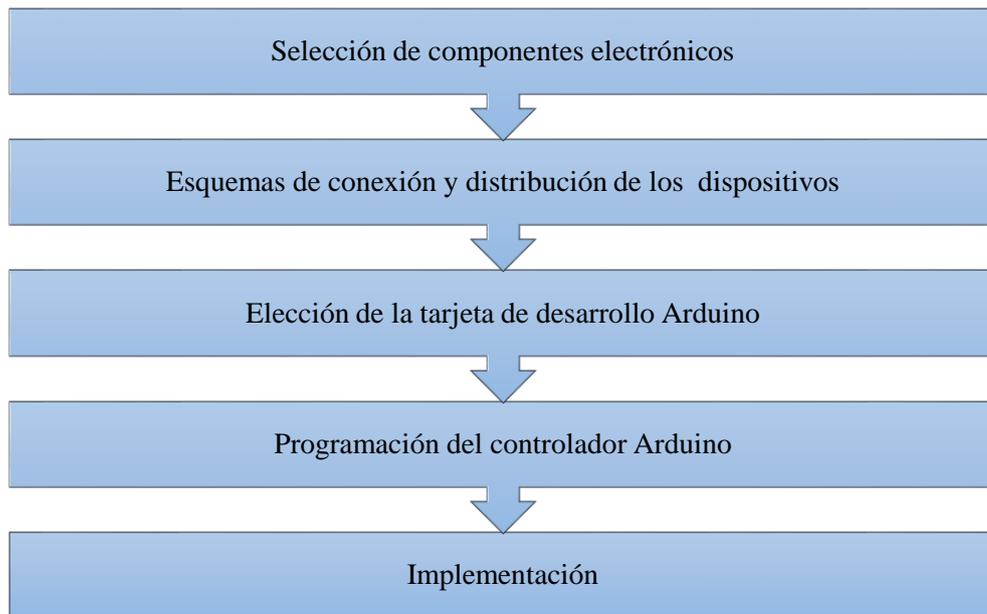


Gráfico 4-2: Etapas para el diseño e implementación del sistema electrónico
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1 Selección de componentes que integran el sistema electrónico

Una vez analizado las necesidades y funcionamiento del proceso, además implementando el diseño de la máquina, se seleccionan los componentes del equipo para implementar el sistema automatizado. A continuación en el Gráfico 5-2 se describe estos componentes y su funcionalidad en el sistema.



Gráfico 5-2: Componentes del sistema automatizado
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1.1 Motor paso a paso

Para la selección de los motores, se debe considerar su torque, que sea capaz de mover uno de los ejes de la máquina con la suficiente fuerza y velocidad.

Analizando la clasificación de motores paso a paso se estableció que se necesita un motor que sea capaz de desplazar una carga de máximo 3 kg/cm muy bien se pudo seleccionar un motor a paso NEMA 17 con un torque de 3.2 Kg/cm, pero para no someter a estrés continuo y un daño

premature se optó por utilizar un motor con mayor capacidad como es el motor a paso NEMA 23 con torque de 14 Kg/cm que se observa en la Figura 8-2.

Motor a pasos nema 23: Debido a la gran precisión y control de los movimientos que puede poseer y además al gran torque que tiene este será de gran utilidad para la etapa de sellado de la funda, consume una corriente 2 A en cada una de sus fases para la cual se necesita un driver que suministre la corriente suficiente para activar el motor.

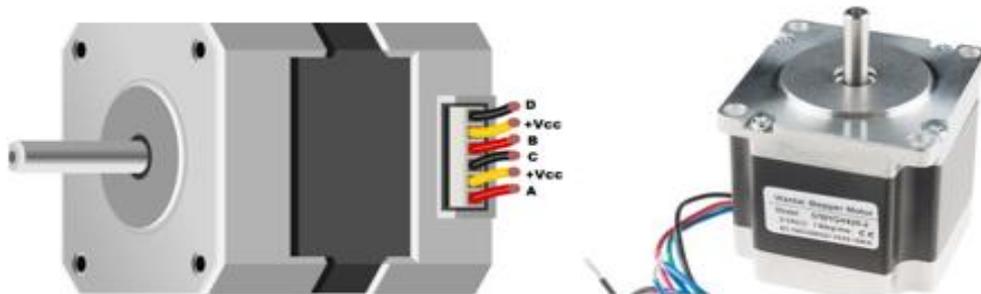


Figura 8-2: Motor paso a paso NEMA 23
Fuente: Allauca, Verónica, 2017.

Características:

Ángulo de paso: 1,8 grados

Pasos: 200 por vuelta

Voltaje: 4.5 V

Corriente: 2 A/fase

Diámetro de eje: 6.35 mm

Holding Torque: 14 Kg/cm que es la fuerza con la que el motor puede mantenerse en un paso.

2.4.1.2 Driver motor a paso

Para la selección del driver se debe considerar que la corriente que va a aportar sea la suficiente para que el motor funcione adecuadamente, considerando que vamos a utilizar un motor Nema 23 con un par de 14 Kg/cm y consumo de corriente de 2 A en cada fase se estableció que el Driver HY-DIV168N-3.5 A, como se observa en la Figura 9-2.

Suministra la corriente necesaria que necesita el motor, además el driver cuenta con aislamiento óptico eléctrico para mayor seguridad al momento de conectarlo al microcontrolador, una carcasa robusta con disipador incluido.



Figura 9-2: DRIVER HY-DIV 168 N-3.5
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Características:

Nombre: HY-DIV 168-3.5 A

Voltaje de entrada: 12 -36 VDC

Corriente de entrada: 1-4 A

Corriente de salida: 0.5 – 3.5 A

Peso: 200 gramos

El Driver HY-DIV168N-3.5A presenta las siguientes funciones según la configuración que sea necesaria para la activación del motor como se observa en la Tabla 4-2:

Tabla 4-2: Configuración de funciones Driver paso a paso

| Motor por paso revolución | | |
|---------------------------|-----|-----|
| SUB | SW1 | W2 |
| 1 | ON | ON |
| 2 | ON | OFF |
| 8 | OFF | OFF |
| 16 | OFF | ON |

| Ajuste la corriente de fase de salida | | |
|---------------------------------------|-----|-----|
| CUR | SW3 | SW4 |
| 1.5 A | OFF | OFF |
| 2.5 A | ON | OFF |
| 3 A | OFF | ON |
| 3.5 A | ON | ON |

| % corriente | | |
|-------------|-----|-----|
| CUR | SW5 | SW6 |
| 25% | OFF | OFF |
| 50% | ON | OFF |
| 75% | OFF | ON |
| 100% | ON | ON |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017
 Fuente: <https://es.aliexpress.com>

La unidad para ajustar el número de pasos por revolución del motor es 200 (todo paso), 400 (2 segmentos), 1600 (8 segmentos), 3200 pasos (16 segmentos).

El usuario puede manejar el interruptor DIP del panel frontal según sea su necesidad.

Ajuste la corriente de fase de salida:

Para conducir Torque Motor paso a paso, el usuario puede empujar el interruptor DIP del panel SW1, SW2 es establecer la unidad actual fase de salida (RMS) unidad de amperios, la posición del interruptor correspondiente a la corriente de salida. (Drivers motors Dc, 2016 p. 1)

La funcionalidad de porcentaje de paso de corriente:

La función semi-flow es un pulso de paso 500 ms, la corriente de salida del conductor se reduce automáticamente a la corriente nominal de salida 50%, que se utiliza para evitar el calentamiento del motor. (Drivers motors Dc, 2016 p. 1)

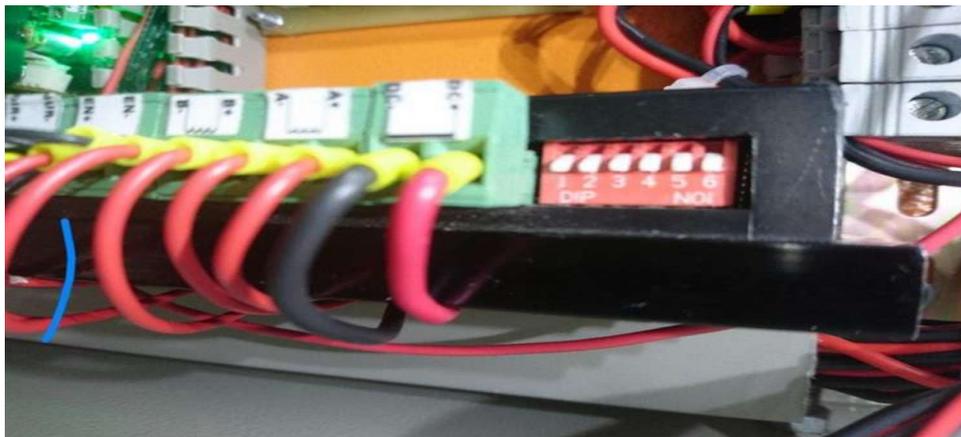


Figura 10-2: Configuración de funciones
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

El driver, que se observa en la Figura 10-2, está configurado de la siguiente manera:

| SUB | SW1 | SW2 |
|-----|-----|-----|
| 1 | ON | ON |

Indica que se obtiene un pulso, un paso, logrando más fuerza que es lo que se requiere en el motor, pero obtiene menos precisión.

| CUR | SW3 | SW4 |
|-------|-----|-----|
| 3.5 A | ON | ON |

Se dispone de 3.5 A /2 en cada una de las fases es decir 1.75 A, considerando que el motor a pasos soporta 2 A e cada una de sus fases

| CUR | SW5 | SW6 |
|------|-----|-----|
| 100% | ON | ON |

Se suministra el 100% de la corriente al motor paso a paso, es decir se deja pasar 3.5 A de la corriente que se está suministrando.

2.4.1.3 Motor HIGH TORQUE ATEX MOTORS-Motorreductor 56310-JE500

El motor, que se observa en la Figura 11-2, trabaja con 12 VDC, tiene capacidad de trabajos pesados, es bidireccional y posee un torque máximo de 8Nm (81kg x cm). Suficiente para mover la banda transportadora, cuando la bandeja está completamente llena de fruto la banda debe sobrellevar 15 kg/cm, en condiciones extremas.

El Motorreductor tiene una buena regularidad de marcha, en la velocidad y en la potencia dando así un buen control para esta etapa del proceso debido a que este proceso requiere una cantidad de RPM baja.



Figura 11-2: Motor 56310-1E500-7 A
Fuente: (Lizarte, 2013 pág. 6)

2.4.1.4 Driver motor DC HIGH TORQUE ATEX MOTORS-Motorreductor 56310-JE500

El Driver, que se observar en la Figura 12-2, está construido con cuatro transistores TIP 147 conectados en paralelo, como se observa en la Figura 18-2, soporta una corriente máxima de 15 A .Para realizar el control de potencia del motor DC-7A se utiliza la modulación por ancho de pulsos (PWM) que permite modificar el ciclo de trabajo de una señal periódica (0V-24V) para controlar la cantidad de energía que se envía al motor.

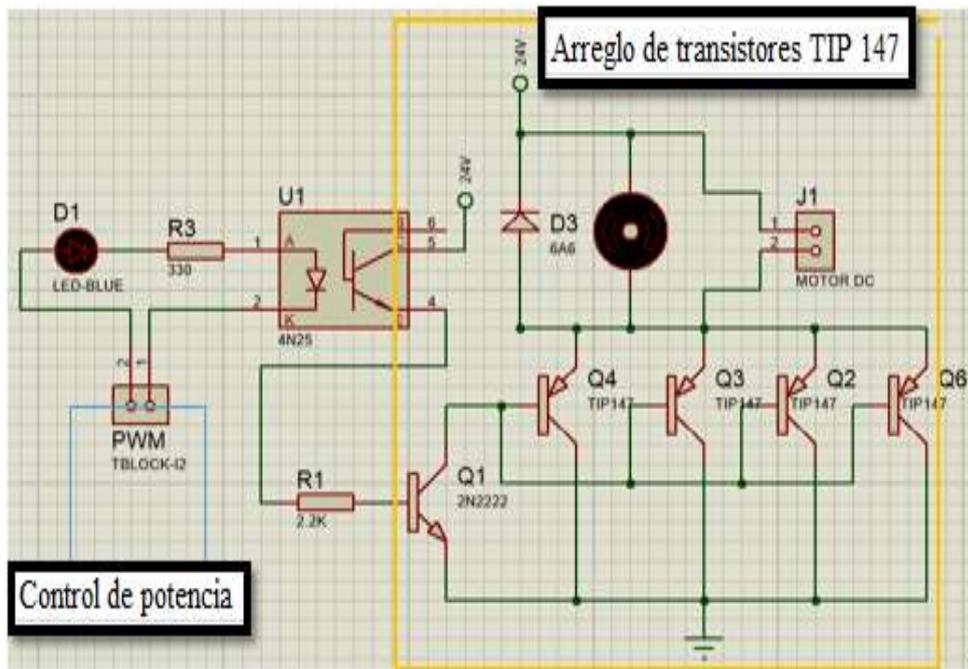


Figura 12-2: Driver motor DC
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1.5 Galgas extensiométrica de 5 kg

Dentro de los parámetros se estableció que el peso máximo que va a soportar la balanza es de 2.5 libras, analizando los diferentes tipos de celda muy bien se pudo escoger una galga de 2 kg, pero se debe sumar el peso de la estructura de la balanza que es de 3 kg y añadir este peso para escoger la celda correcta, de esta manera se optó por dos celdas de 5 kg, como se observa en la Figura 13-2, la cual están distribuidas en los extremos de la bandeja de la pesa para obtener mediante la fuerza que realice una señal eléctrica debido a la deformación que presenta.

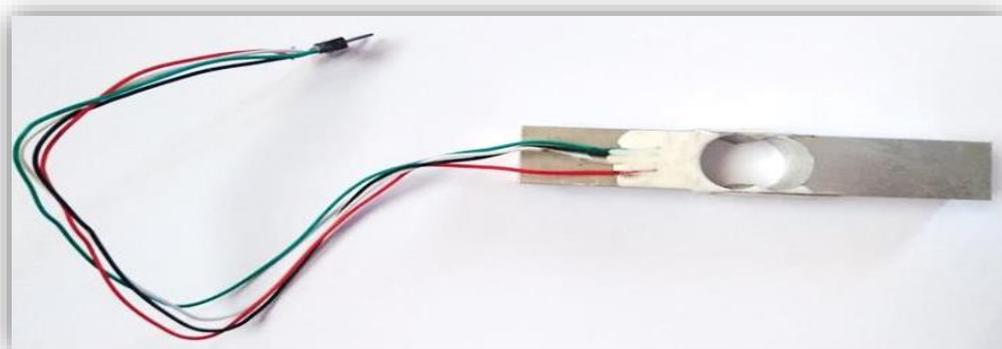


Figura 13-2: Galga extensiométrica de 5 kg
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Características:

Carga: 5 kg

Voltaje de salida: 1 m V

Voltaje en cero: -0.1 m V a +0.1 m V

Voltaje recomendado: 3 a 12 V

Impedancia de entrada: 1115 Ohms

Impedancia de salida: 1000 Ohms

Material: Aleación de aluminio

Conexión

Rojo: Voltaje

Negro: Referencia o GND

Verde: Señal +

Blanco: Señal -

2.4.1.6 Acondicionamiento Galga Extensiométrica

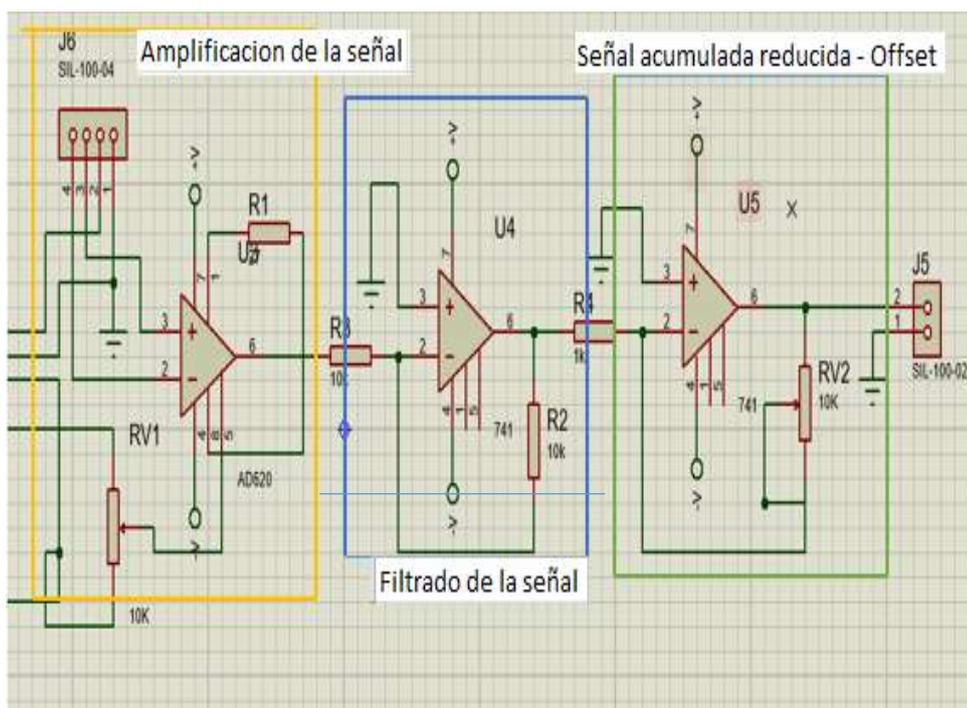


Figura 14-2: Circuito de acondicionamiento celda de carga
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Después de sensar el flujo, se procede a la etapa de acondicionamiento de señal, observar la Figura 14-2, esta etapa está conformada por 3 partes. La primera de ellas es la de Amplificación de la señal, cuya finalidad es amplificar la señal proveniente de la celda de carga (0-5V) ya que ésta se encuentra en el rango de los milivoltios, por lo tanto, se necesita escalar la señal para que pueda ser procesada por el microcontrolador.

La segunda parte consiste en el Filtrado de la señal, que está diseñada para eliminar, o atenuar lo más posible, las frecuencias no deseadas y el ruido eléctrico. La tercera parte de esta etapa consiste en un arreglo electrónico que reduce la señal de offset acumulada hasta este punto,

2.4.1.7 Selladora

La selladora comercial, que se observa en la Figura 15-2, fue desarmada para adaptar su estructura a la máquina, fue utilizada debido a su facilidad de manejo y bajo costo.



Figura 15-2: Partes que integran una Selladora
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Para la activación se utilizó desde el microcontrolador un relé de 24 V con temporizador off delay y un circuito de accionamiento y aislamiento eléctrico, posee un regulador de temperatura y utilizamos el número 5 que fue suficiente para un correcto sellado de la funda.

2.4.1.8 Motor DC 1.7A

El motor DC funciona a 24 V corriente directa, el torque que posee es de 7 kg/cm, como se observa en la Figura 16-2, es suficiente para abrir y cerrar la compuerta de la balanza que tiene un peso de 1 Kg, al ser un motor reductor la apertura y cierre de la compuerta es relativamente suave para que las vibraciones no afecten el correcto funcionamiento de las celdas de carga. EL consumo de corriente del motor es de 1.7 A.



Figura 16-2: Motor DC eleva vidrios
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1.9 Driver motor DC 24V

Para el diseño del driver se utilizó un puente H, como se observa en la Figura 17-2 con un arreglo de transistores TIP 41 y TIP 42 básicamente, acompañado de un circuito opto acoplado, manejado por PWM mismo que se utilizara para abrir y cerrar la compuerta de la balanza automáticamente.

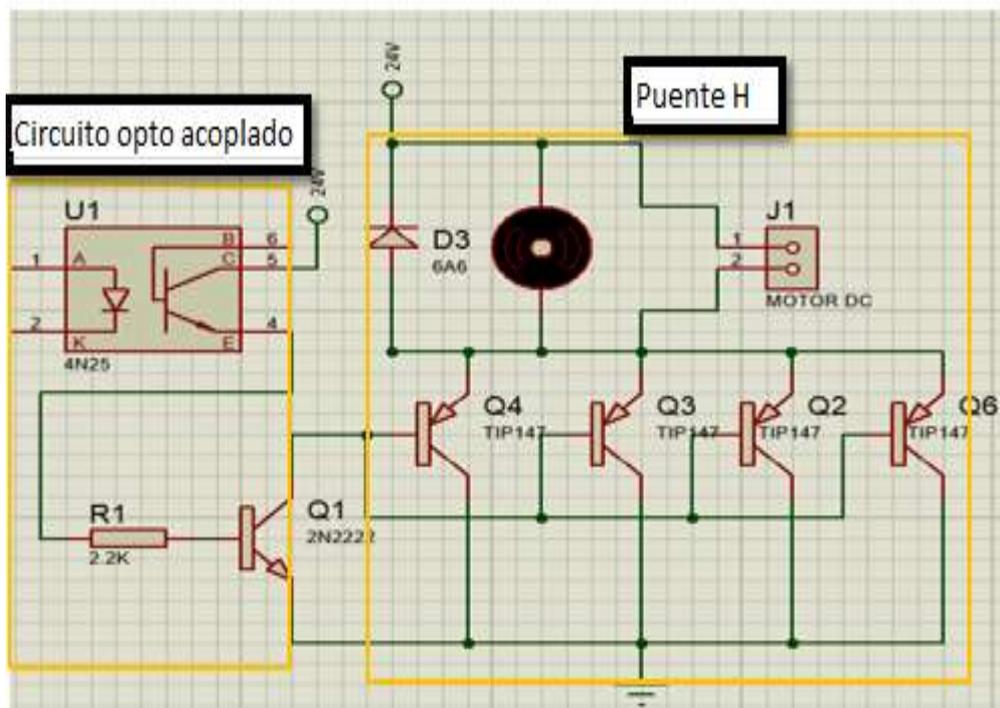


Figura 17-2: Diseño PCB, Circuito driver motor DC-1.7 A
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La corriente que suministra el Driver es de 3 A suficiente para la activación correcta del motor DC.

2.4.1.10 Microcontrolador Arduino Mega

Al ser mucho más comunes los PLC y robustos suelen ser razonablemente caros, especialmente en comparación con un Arduino. Eso no significa que sea la mejor opción sin embargo al hacer comparaciones Arduino (microcontrolador) es mucho más potente que un PLC debido a que es más restringido en sus funciones, observar la Figura 18-2.

Su entorno de programación es simple y directo, más sencillo de manejar e intuitivo y el software es de distribución de licencia libre.

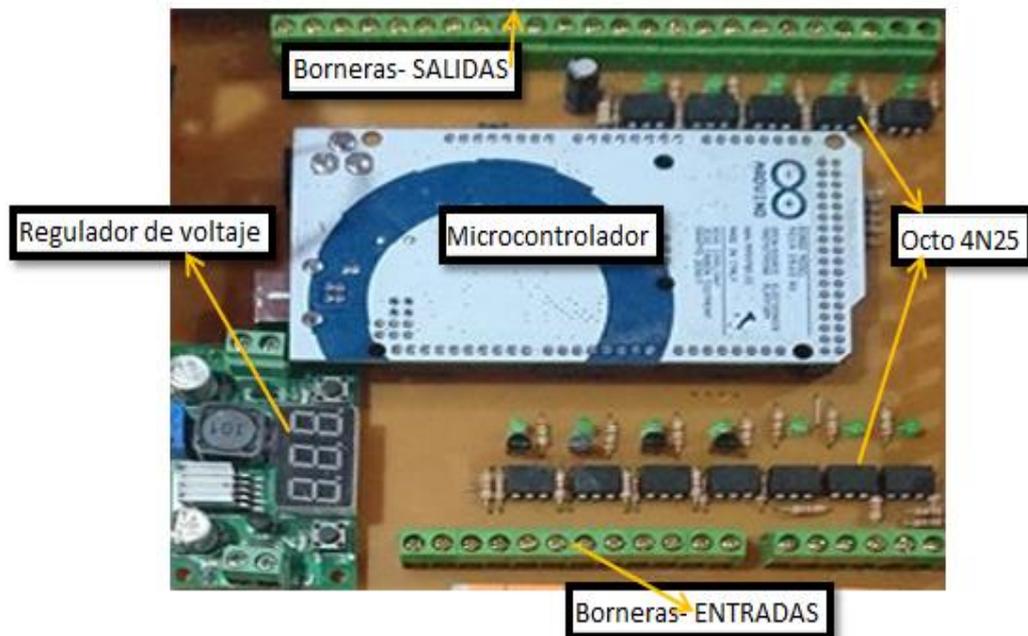


Figura 18-2: Microcontrolador arduino MEGA
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1.11 Pantalla táctil NEXTION HMI de 7 pulgadas

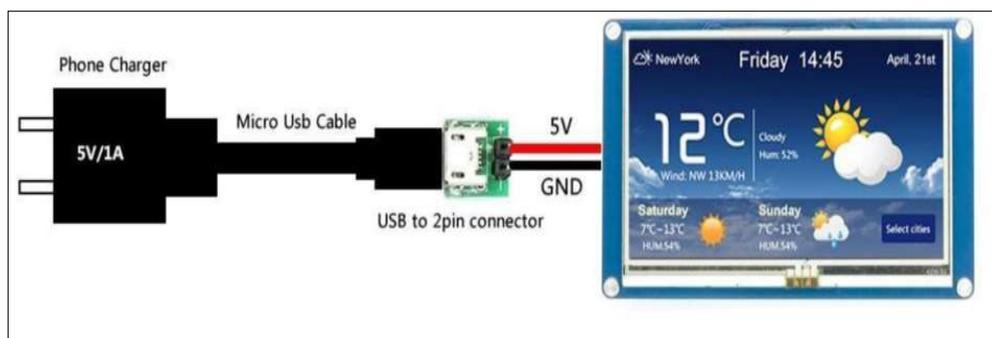


Figura 19-2: Pantalla Nextion
Fuente: (Pantalla Nextion, 2014 pág. 1)

A más de su bajo costo, esta tipo de pantalla, que se observa en la Figura 19-2 es completa y muy simple de programar. Su interfaz de control y visualización (humano, máquina y proceso) es la mejor opción, remplazando las HMI tradicionales, proporciona una interfaz de control y visualización amigable con el usuario. Utiliza un solo puerto serie para la comunicación evitando el problema del cableado.

Características:

Pantalla: 7.0’’

Resolución: 800 x 480

Voltaje: 5 V

Corriente: 510 mA

Memoria: 16 MB

2.4.1.12Fuente AC-DC

La fuente de 24 V DC, que se observa en la Figura 20-2, es utilizada debido a la corriente y voltaje que suministra para accionar a cada motor. Convierte la CA 110 V a DC 24 V, tensión de salida estable y precisa con sus protecciones de sobrecarga y contra sobretensiones.



Figura 20-2: Fuente AC-DC
Fuente: (DC 24V 12.5A, 2017 pág. 2)

Características:

Entrada= 110/220 V

Salida voltaje= 24 V

Salida de corriente= 15 A

Potencia nominal=400 W

2.4.1.13 LCD 16x4

Mediante una LCD de 16 X 4, que se observa en la Figura 21-2, se puede visualizar información de forma gráfica, posee entradas y salidas de datos, es compatible con arduino, además gracias a la librería LiquidCrystal que viene junto a Arduino IDE es sencillo el envío de datos al circuito integrado de la pantalla LCD.

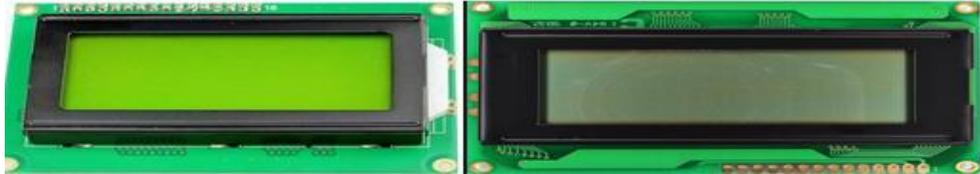


Figura 21-2: LCD 16 x 4
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Las pantallas LCD constan de 16 pines como se observa en la Tabla 5-2 y sus usos son los siguientes:

Tabla 5-2: Pines dispositivo LCD

| Pin 1 | Pin 2 | Pin 3 | Pin 4 | Pin 5 |
|--|--------------------------|---|---|--|
| VSS o GND | VDD o alimentación (+5V) | Voltaje de contraste. Se conecta a un potenciómetro | Selección de registro. Aquí se selecciona el dispositivo para su uso. | Lectura/Escritura. Dependiendo del estado (HIGH o LOW), se podrá escribir o leer datos en el LCD |
| Pin 6 | | Pin 7 hasta Pin 14 | Pin 15 | Pin 16 |
| Enable. Es el pin que habilita o deshabilita el LCD. | | Son los pines de datos por donde se envía o recibe información. | El ánodo del LED de iluminación de fondo (+5v). | El cátodo del LED de iluminación de fondo (GND). |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017
Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Esta pantalla será de uso exclusivo del operador, mediante este podrá visualizar las órdenes enviadas por el cliente y así mismo estar pendiente de cualquier falla que puede tener la maquina automatizada.

2.4.1.14 Teclado matricial

El teclado matricial, que se observa en la Figura 22-2 se utiliza para ingresar órdenes de peso de forma manual por el usuario, conectado al microcontrolador, está constituido por una matriz de pulsadores con la intención de reducir el número de pines necesario para la conexión.



Figura 22-2: Teclado matricial 4x4
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.1.15 Pulsadores e indicadores

El sistema automatizado cuenta con indicadores y selectores como se observa en la Figura 23-2 que se detalla a continuación:



Figura 23-2: Pulsador e indicadores
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

➤ Pulsador de paro

Pulsador industrial, es tomado como entrada y está conectada al arduino en el pin digital 2, que posee una interrupción por hardware, es el encargado de deshabilitar todos los actuadores en cualquier etapa del proceso dejando actuar al operador de forma manual

➤ Luz piloto roja

Indica cuando el sistema ha parado por alguna avería que presente alguna etapa del proceso, el cual se enciende cuando el botón de paro ha sido accionado.

➤ Luz piloto verde

Indica cuando el sistema automatizado está en funcionamiento y no presenta ninguna falla.



Figura 24-2: Selector e indicadores
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

➤ **Selector**

Selector industrial, que se observa en la Figura 25-2 posee dos estados que son encender y apagar el sistema según sea la necesidad de los usuarios.

2.4.1.16 Final de Carrera

El sistema utiliza cuatro sensores (finales de carrera), observar la Figura 25-2, dos conectados a las entradas del arduino los mismos que detecta la posición de la selladora cuando está abierta y cuando se cierra (sellado de la funda), un tercer sensor detecta la posición de la compuerta de la balanza cuando está abierta y un último final de carrera se encuentra ubicado en el tablero eléctrico el cual es utilizado para detectar si la compuerta del tablero está abierta y si es así se enciende una luz, ayudando con la iluminación y una correcta visualización de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos.

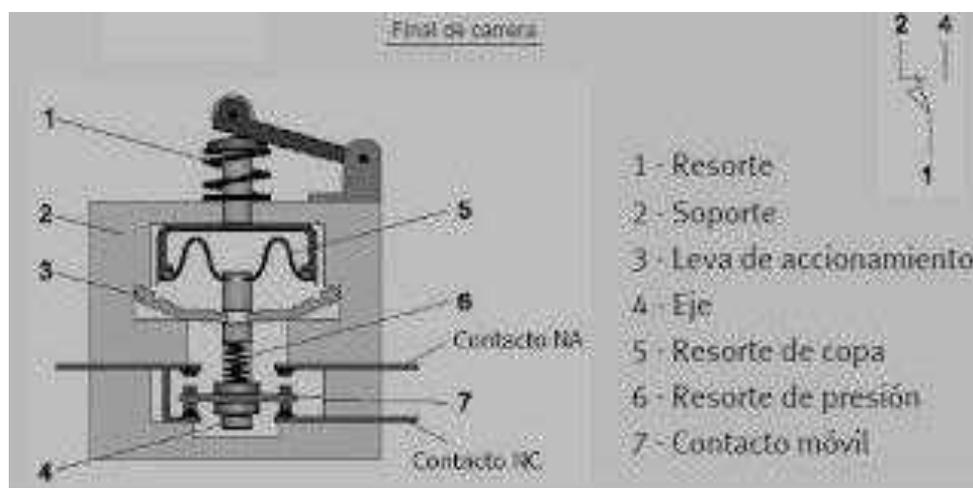


Figura 25-2: Esquema y funcionamiento - final de carrera
Fuente: (Diana Sánchez, 2011 pág. 2)

2.4.1.17 Sensor Capacitivo

Para detectar la correcta ubicación de la funda plástica, es necesario utilizar un sensor de tipo capacitivo, como se observa en la Figura 26-2 en este caso se usó un sensor genérico NPN de 6 a 30 V, corriente de salida 300 m A con una distancia de sensado de 1 a 10 mm de forma cilíndrica con 3 tipos de cable (marrón, negro, azul)

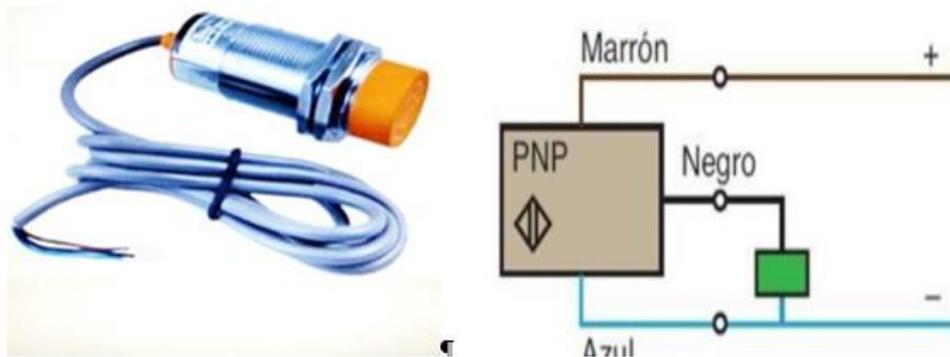


Figura 26-2: LJC18A3-B-Z/BX Sensor capacitivo
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Características:

Tipo de salida: NPN

Distancia de detención: 1-10 mm

Objetos a detectar: metálico y no metálico

Corriente de alimentación: 6-36 V DC

Corriente de salida: 300 m A

2.4.1.18 Relés 24 VDC

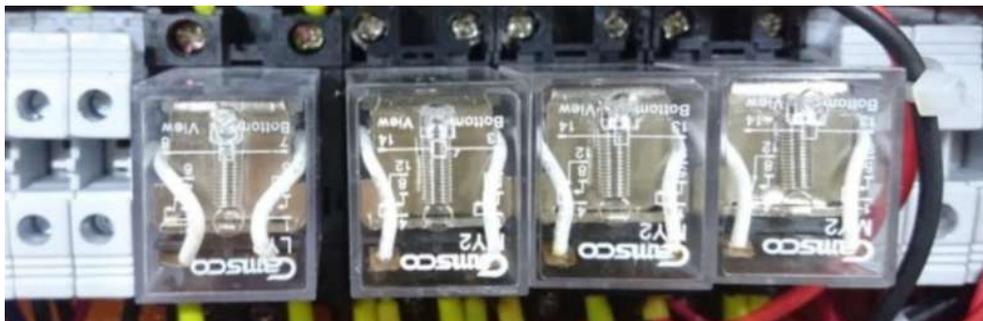


Figura 27-2: Relé 24 VDC
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Está controlado por un circuito eléctrico, que acciona uno o varios contactos mismos que alimentan otros circuitos independientes, observar la Figura 27-2, es decir me permite controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de la entrada.

Están conectados a los driver de los motores paso a paso, motor DC HIGH TORQUE ATEX MOTORS-Motorreductor, y motor DC 1.7 A, para encenderlos o apagarlos desde el microcontrolador.

2.4.2 Elección de la tarjeta de desarrollo Arduino

Tabla 6-2: Características del microcontrolador arduino

| Modelo | Microcontrolador | Voltaje | I/O digitales | I Analógicas | Memoria | Velocidad de reloj |
|-------------------|------------------|---------|---------------|--------------|---------|--------------------|
| Arduino Uno | ATmega 328 | 5V | 14 | 6 | 32KB | 16MHz |
| Arduino Leonardo | ATmega 32u4 | 5V | 20 | 12 | 32KB | 16MHz |
| Arduino Yun | ATmega 32u4 | 5V | 20 | 12 | 32KB | 16MHz |
| Arduino Mega 2560 | ATmega 2560 | 5V | 54 | 16 | 256KB | 16MHz |
| Arduino Mini | ATmega 328 | 5V | 14 | 8 | 32KB | 16MHz |
| Arduino Nano | ATmega 168 | 5V | 14 | 8 | 16KB | 16MHz |
| Arduino Pro Mini | ATmega 168 | 3.3V | 14 | 8 | 16KB | 8MHz |
| Arduino Pro | ATmega 168 | 3.3V | 14 | 6 | 16KB | 8MHz |
| Arduino Micro | ATmega 32u4 | 5V | 20 | 12 | 32KB | 16MHz |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: (Arduino, 2014 pág. 8)

Una de las limitantes para el sistema de pesado, empacado y sellado, son las E / S entradas, y salidas del microcontrolador que se necesita, Observar la Tabla 6-2, analizando sus características es suficiente la utilización de un Arduino MEGA, su velocidad de procesador y capacidad de memoria son idóneas para permitir el control del sistema.

Se escoge la tarjeta Arduino MEGA, ya que permite establecer comunicaciones con componentes mediante UART e I2C. Posee los terminales de conexión analógicos y digitales necesarias para conectar los demás componentes del sistema.

2.4.3 Esquemas de conexión

El esquema de conexión electrónico se presenta en la Figura 28-2, el elemento central es una tarjeta Arduino MEGA que tiene la función de controlador, se comunica con todos los componentes que integran la placa y se encarga del control de los mismos.

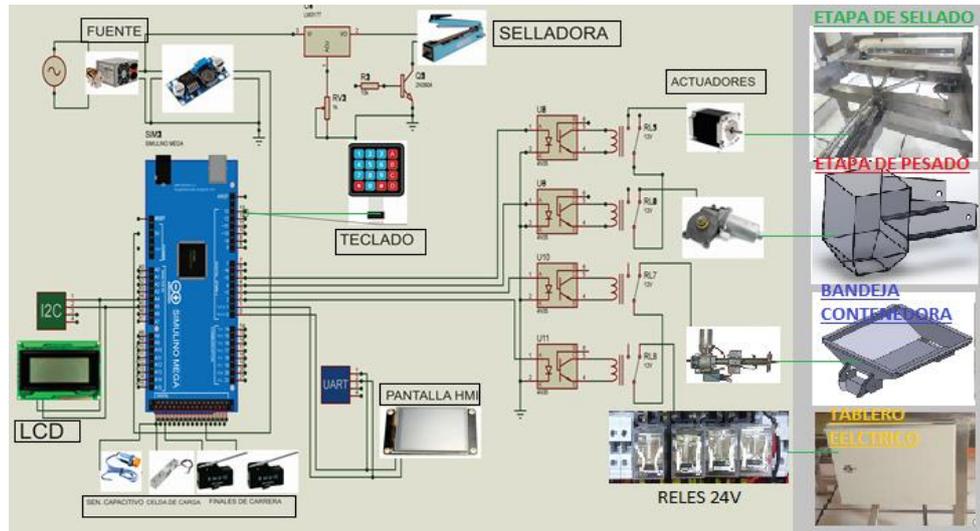


Figura 28-2: Esquema de conexión del sistema
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.4 Programación del controlador Arduino

La programación del controlador Arduino MEGA, se efectúa en el entorno de desarrollo integrado Arduino IDE. Para empezar a trabajar se debe seleccionar el tipo de tarjeta Arduino a programar, configurar la comunicación serie entre la placa y el computador seleccionando el número de puerto al que está conectado Arduino.

En la Gráfico 6-2 se presentan los pasos que se siguieron para la programación.

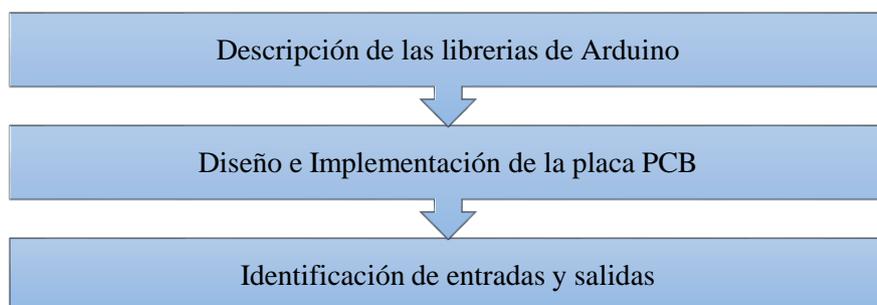


Gráfico 6-2: Diagrama de programación microcontrolador
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.4.1 Descripción de las librerías Arduino

Para que Arduino controle los componentes del sistema, se instaló una serie de librerías con extensión .h propias de cada componente, estas permiten que la programación se facilite al emplear menos líneas de programación.

Librerías para el control de componentes

En la Tabla 7-2 se presentan las librerías de Arduino instaladas para controlar los componentes instalados en el sistema electrónico.

Tabla 7-2: Librerías para el control de componentes

| Componente | Librería |
|-------------------------|-----------------|
| Pantalla Táctil Nextion | Nextion.h |
| Teclado Matricial | Keypad.h |
| Pantalla LCD 16 x 4 | LiquidCrystal.h |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Las librerías también ayudan con el establecimiento de las comunicaciones empleadas en el sistema mediante I2C, así como la comunicación serie con las pantallas HMI.

Librerías para la comunicación

Las librerías que permiten establecer la comunicación mediante serial e I2C en el sistema, se describen en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Librerías de comunicación

| Librería | Descripción |
|------------------|--|
| SoftwareSerial.h | Permite la creación de puertos seriales, y la comunicación serie entre dispositivos mediante protocolo UART. |
| Wire.h | Establece la comunicación I2C, permitiendo la recepción y transmisión de datos por una línea de datos. |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

2.4.4.2 Diseño e Implementación de la placa PCB

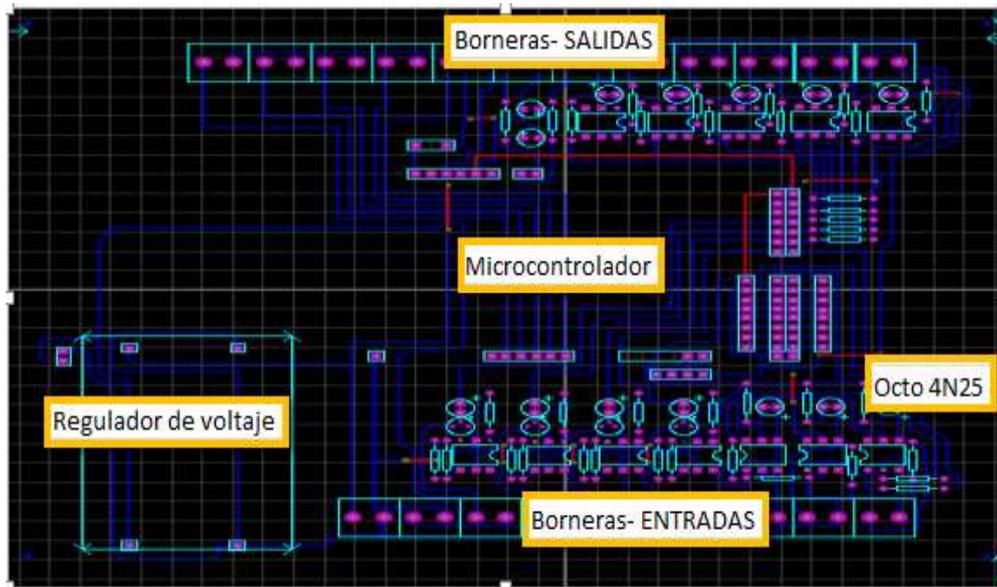


Figura 29-2: Diseño Placa principal de control – microcontrolador
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Una vez culminado el diseño como se observa en la Figura 29-2 y considerando el esquema de conexión se procede a la implementación de la placa electrónica de control, que se observa en la Figura 30-2

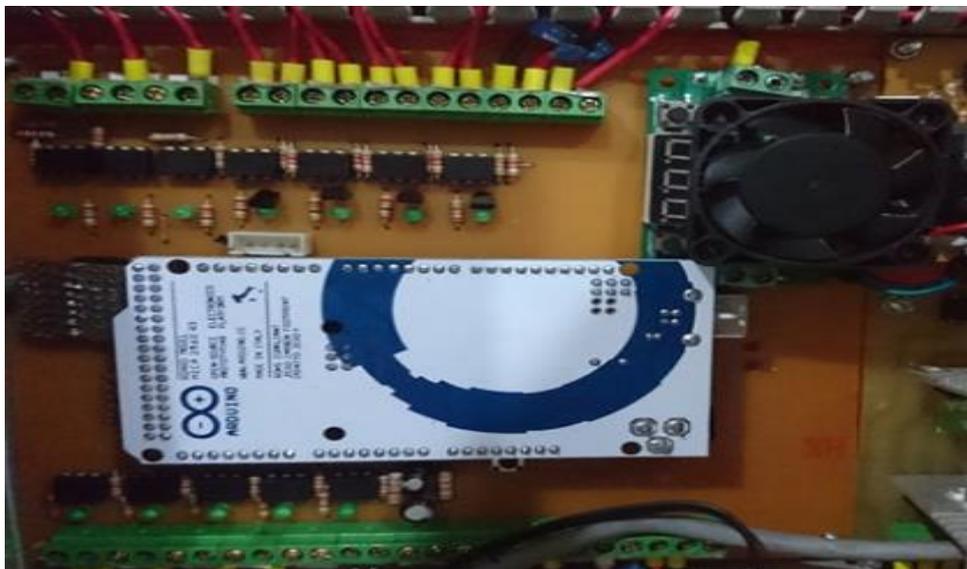


Figura 30-2: Implementación, Placa principal de control – microcontrolador
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.4.3 Identificación de entradas y salidas

En la Tabla 9-2 se detalla las entradas y salidas utilizadas por el microcontrolador que se utilizó para programar y controlar el sistema:

Tabla 9-2: Entradas y salidas del microcontrolador

| Pin | Número |
|---------------------------------------|--------|
| SALIDAS | |
| Luz de paro – relé | 42 |
| Driver motor DC- relé | 44 |
| Driver motor paso a paso | 46 |
| Niquelina selladora | 48 |
| Cierre compuerta | 3 |
| Abre compuerta | 4 |
| Banda motor | 5 |
| Pulso motor paso a paso | 34 |
| Dirección motor paso a paso | 43 |
| Eneable motor paso a paso | 36 |
| ENTRADAS | |
| Sensor inductivo | 45 |
| Final de carrera 1- selladora abierta | 47 |
| Final de carrera 2- selladora cerrada | 49 |
| Botón PARO | 2 |
| Puerta balanza | 51 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

2.4.5 *Diseño de la interfaz gráfica HMI*

Una consideración importante para la arquitectura de la interfaz es la cantidad de pantallas disponibles para este fin, en el presente proyecto se utiliza dos pantallas, una para los usuarios y una especialmente para el operador, es importante notar que para la metodología en este caso es diferente, debido que el operador tiene un área más amplia que supervisar. El ciclo HMI se observa en la Gráfico 7-2

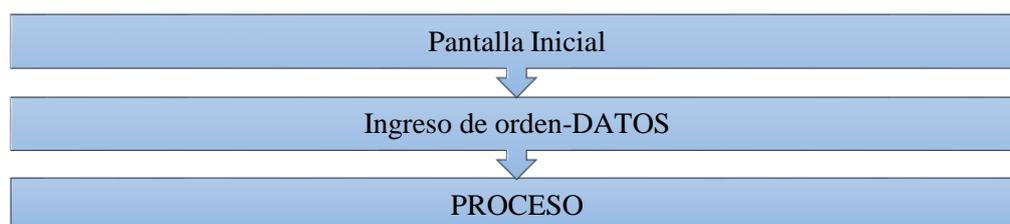


Gráfico 7-2: Diagrama HMI

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.5.1 Diseño de la interfaz HMI – Clientes



Figura 31-2: Logo de la empresa
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

El diseñar una HMI, observar la Figura 31-2, conlleva una serie de consideraciones de estructuración de imágenes con la finalidad de que el objeto cumpla con las expectativas y facilite el trabajo de los usuarios finales, además debe ser amigable para los usuarios poder interactuar con el proceso.



Figura 32-2: Menú usuarios
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La presente página de la pantalla, que se observa en la Figura 32-2, permite al operador realizar las siguientes acciones generales de:

- **PESO:** en el cual se visualizara el peso requerido por el cliente.
- **1 -2 -1/2:** son botones para mandar la orden de la cantidad de peso que se requiera.
- **< -:** botón que me permite borrar órdenes mal ingresadas.
- **PESAR:** botón que me permite ejecutar la orden según lo requerido.

2.4.5.2 Diseño de la Interfaz – Pantalla LCD – Operador



Figura 33-2: Menú pantalla operador
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Al encender el sistema automáticamente aparece en la pantalla el mensaje que se muestra en la Figura 33-2. El menú para el operador está diseñada de la siguiente manera:

- **0.5:** media libra
- **1:** una libra
- **1.5:** una libra y media
- **2:** dos libras
- **2.5:** dos libras y media
- **3 en adelante:** error
- **El botón A:** me permite borrar cualquier orden mal ingresada
- **El botón B:** me permite mandar a ejecutar la orden ingresada.

Si el operador o cliente desea mandar una orden de 3 libras o más, muestra un mensaje como se muestra en la Figura 34-2, indicado al operar que ingrese nuevamente su orden.



Figura 34-2: Mensaje de error
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Se ha tomado esta limitante para que el fruto trate de mantener sus condiciones más adecuadas (sin maltratos), por esta condición el sistema de pesaje está construido en un tamaño adecuado que no abarca más de la cantidad establecida.

El proceso podrá ser interrumpido en cualquier momento presionando el botón de paro, si esto sucede aparecerá en la pantalla un mensaje con lo ocurrido, se ha asignado a cada botón una función específica como se talla en la siguiente Tabla 10-2

Tabla 10-2. Funciones que se ejecutan al accionar el botón de paro

| FUNCIÓN | BOTÓN |
|------------------|-------|
| Banda ON | 1 |
| Banda OFF | 2 |
| Abrir selladora | 3 |
| Abrir compuerta | 4 |
| Cerrar compuerta | 5 |
| Cerrar selladora | 6 |
| PAP Enable | 7 |
| PAP Enable | 8 |
| Driver ON | A |
| Driver OFF | B |
| PAP Activado | C |
| PAP desactivado | D |
| PAP Disable | * |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017
Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Estas funciones serán ejecutadas de forma manual y según sea la necesidad del operador, se ejecutan según se muestra en la Figura 35-2, si la maquina presenta problemas de conexión y se requiere abrir el tablero eléctrico es prudente revisar el manual (VER ANEXO A). Las pantallas LCD y Nextion estarán en comunicación para visualizar cualquier etapa del proceso que se esté ejecutando.

| | |
|--|---------------------------------|
|  +  | Activar Banda transportadora |
|  +  | Desactivar Banda transportadora |
|  +  | Abrir compuerta de la balanza |
|  +  | Cerrar compuerta de la balanza |
|  +  +  | Abrir Selladora |
|  +  +  | Cerrar Selladora |

Figura 35-2: Función del teclado matricial, al activar el botón de paro
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

2.4.6 Funcionamiento General de la máquina

El cableado y conexión de los componentes se realizó, como se observa en la Figura 36-2.

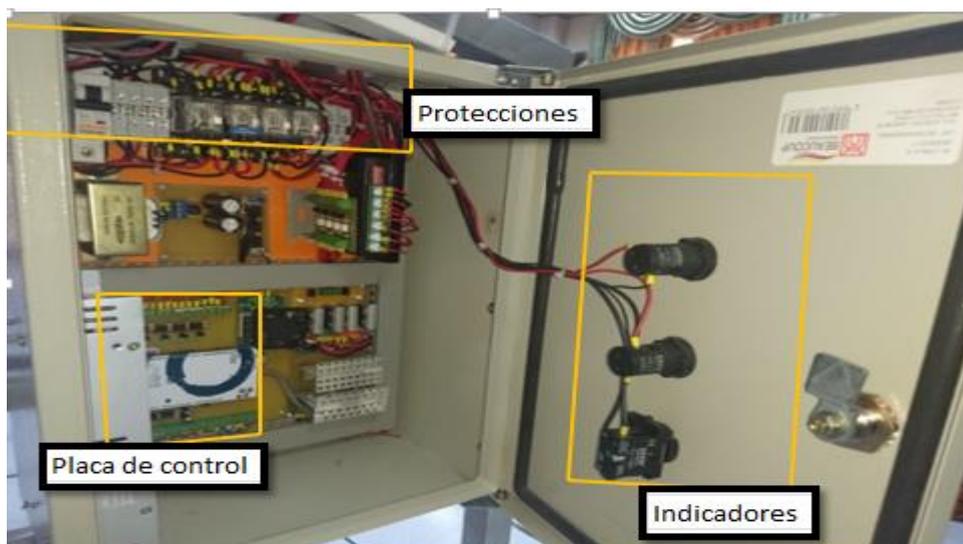


Figura 36-2: Conexión de dispositivos electrónicos
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Una vez realizada la distribución de placas y dispositivos electrónicos como se observa en la Figura 37-2 se procede a la conexión de las entradas y salidas verificando el correcto funcionamiento.

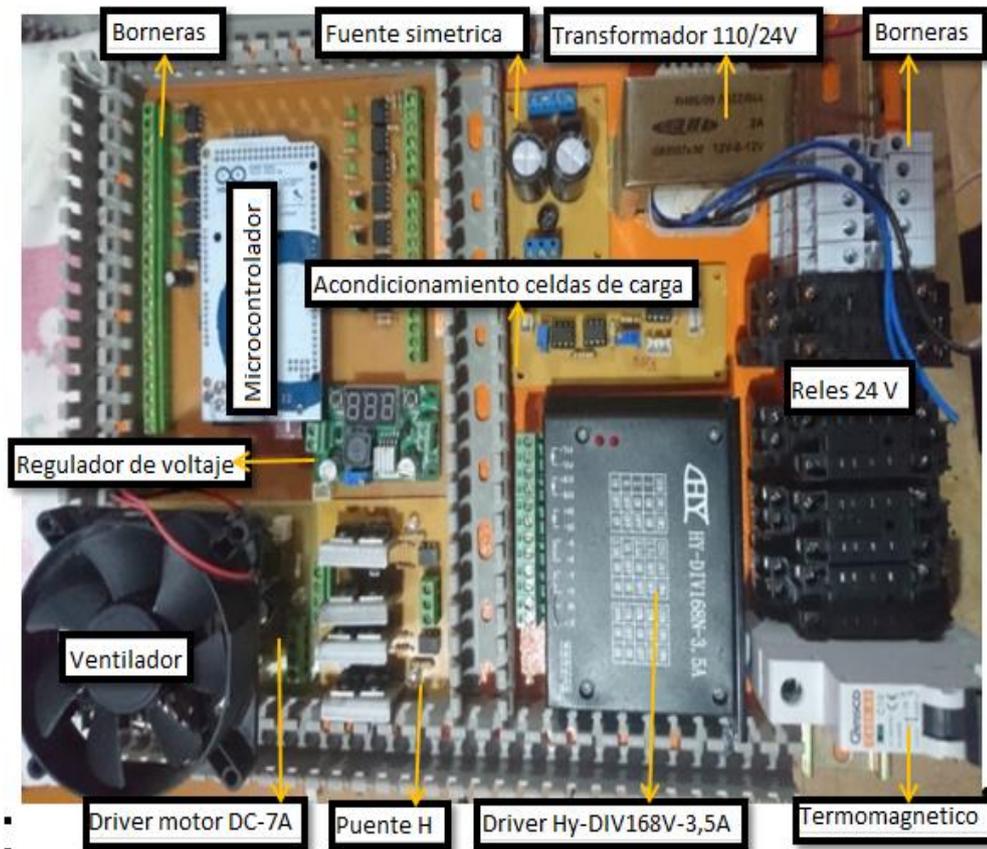


Figura 37-2: Distribución de Dispositivos
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Al alimentar el sistema con 110 V corriente alterna seguidamente mover el selector en la posición de encendido, se enciende la luz piloto verde indicando que el sistema está listo para funcionar. En la entrada del ARDUINO, y todos los circuitos que trabajan a baja corriente, se utiliza un relé de 24 V que sirve como un circuito de potencia. Para enfriar los dispositivos electrónicos se utiliza ventiladores, los cuales se encienden al iniciar el sistema.

El sistema cuenta con un pulsador de paro el cual al ser presionado deshabilita todas las etapas que funcionan automáticamente y nos permite realizar todo el proceso de manera manual, para restablecer el funcionamiento automático el pulsador de paro debe deshabilitarse, tomando en cuenta que para que el sistema empiece a funcionar debe estar cerrada la puerta de la balanza y la selladora debe estar abierta si estas no están en la posición indicada el sistema automáticamente en segundos los coloca en su posición correcta.

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta las pruebas y los resultados obtenidos de la implementación de la máquina automatizada tanto de hardware como en software, cuales cumplen con requerimientos del sistema. Además se realiza un análisis del costo de fabricación y la relación beneficio/ costo.

Con la finalidad de recabar información que sustente técnicamente la presente propuesta investigativa, se aplicaron una serie de técnicas y métodos, que nos sirven para recaudar información y realizar un correcto análisis.

3.2 Métodos, técnicas e instrumentos

3.2.1 *Métodos*

Científico: Con este método se logró un procedimiento riguroso y de orden lógico, a fin de obtener resultados coherentes y verídicos.

Síntesis: Este método permitió esclarecer el proceso llevado a cabo; recopilando datos para estudiarlos en su totalidad, a fin de dar una solución.

3.2.2 *Técnicas e Instrumentos*

Documental: Se apoyó en la recopilación de antecedentes bibliográficos, mediante documentos y gráficos formales e informales, respecto a la automatización de un despachador de frutas. Mediante este proceso se fundamentó la parte aplicativa del proyecto, y se complementó con la investigación y análisis de una correcta atención al cliente.

De campo: La investigación se realizó directamente en el medio donde se presenta la necesidad, analizando los parámetros que pueden influir en el proceso, como también las necesidades y problemas existentes. En este escenario se realizó la manipulación directa de las variables de investigación a analizar, así como la correspondiente recolección de datos.

Entrevista: Se recopiló información mediante una conversación personal con los empleados y trabajadores de la empresa, centrándose en preguntas concretas y de fácil entendimiento, mediante las cuales se conocieron las necesidades de los comerciantes de Frutilandia Allauca. Este proceso permitió entender de mejor manera el problema a resolver.

3.3 Población y muestra

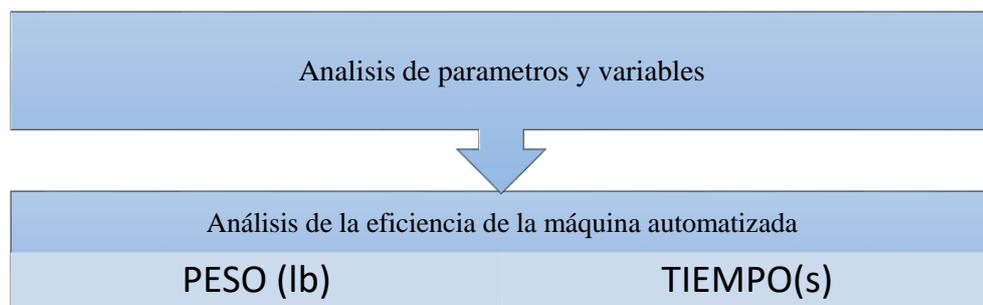


Gráfico 1-3: Análisis de las etapas del proceso
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Dentro del análisis de variables y parámetros, que intervienen en el proceso, observar el Gráfico 1-3, y la implementación de la máquina automatizada se consideró que la empresa Frutilandia Allauca, dentro de su proceso de comercialización, cuenta con un total de 6 trabajadores, en el área administrativa del negocio laboran 2 empleados directamente relacionados en el área comercial.

Considerando entonces que la población de estudio son 8 personas, todas ellas formarán también parte de la muestra. Esto se debe que el tamaño de la población es demasiado pequeño para el cálculo de una muestra representativa.

En el análisis de la eficiencia del proceso y para poder asegurar que los resultados obtenidos son adecuados y confiables, debemos conocer el número de muestras necesarias mediante el cálculo del tamaño muestral y estimar una media poblacional infinita para lo cual se procedió a utilizar la fórmula estadística 1.3 haciendo uso de la Tabla 1-3 para determinar valores.

Tabla 1-3: Valores de alfa según el nivel de confianza

| Valor de α | Nivel de confianza |
|-------------------|--------------------|
| 90% | 1,645 |
| 95% | 1,96 |
| 99% | 2,58 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: (Valores Alfa, 2016 pág. 6)

Ecuación 1-3: Ecuación para tamaño muestral

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \sigma^2}{e^2}$$

Donde:

n= número de muestras

Z_{α} = para el nivel de confianza del 99% es de 2.58

σ^2 = variación presentada de 0.1 lb

e^2 = error deseado de 0.1 lb

$$n = \frac{2.58^2 * 0.1}{0.1^2}$$

$$n = 66,56$$

$$n = 77$$

Según la Ecuación 1.3 debemos realizar 77 pruebas en las mediciones del experimento, de modo que al comparar los resultados con la media hallada estos valores sean válidos y confiables.

3.3.1 Análisis de parámetros y variables a controlar en cada etapa del proceso.

Las variables independientes de la investigación son: el peso y tiempo; considerando que éstas pueden ser medidas en diversos escenarios experimentales, fueron empleadas para verificar que tan eficiente es el sistema automatizado, respecto al proceso manual o convencional, para de esta manera afirmar o rechazar la hipótesis de investigación. Observar la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Análisis de parámetros y variables del proceso

| ETAPAS DEL PROCESO | VARIABLES | PARÁMETROS |
|----------------------------|--------------|----------------------|
| Etapa transporte del fruto | Peso, tiempo | Distancia, calidad, |
| Etapa pesado | Peso, tiempo | Exactitud, precisión |
| Etapa sellado | Tiempo | Calidad |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Es importante considerar los parámetros que intervienen en nuestro proceso, para abarcar con los objetivos planteados inicialmente, la precisión y exactitud son importantes en el proceso, ya que al lograr controlar estos parámetros se logrará que el proceso de pesado sea eficiente, así mismo la distancia está relacionada con la calidad del producto, entre menos distancia logre recorrer el fruto en más perfectas condiciones se entrega al cliente.

3.3.2 Análisis de eficiencia del sistema implantado

En la industria actual es importante determinar el rendimiento y eficiencia obtenidos de los equipos y/o el talento humano empleado en los procesos productivos o de servicio. Estos afectan de manera directa al nivel de satisfacción del cliente, como un parámetro de calidad, y tienen además una afectación económica, positiva o negativa, en la empresa.

Durante esta fase se realizó pruebas de eficiencia con el objetivo de determinar si el sistema automatizado cumple con los objetivos planteados, tomando datos del proceso automatizado y el manual.

3.3.2.1 Etapa de pesado del fruto

Proceso: La etapa de pesado requiere que la bandeja contenedora del fruto no este vacía, además de verificar que la estructura este en una superficie plana y que ninguna fuerza externa influya para obtener presión en las celdas de carga y así tener un proceso de pesado óptimo.

También se debe considerar que la bandeja de la balanza tiene la capacidad de contener máximo 2.5 libras y un mínimo de 0.5 libras.

A continuación en la Tabla 3-3 se describe los datos obtenidos en el proceso de pesado tomando medidas de la variable independiente PESO al utilizar el proceso tradicional o manual y el proceso de manera automática.

Tabla 3-3: Medias muestrales de la Variable PESO

| N | PESO- ORDEN –Lbr | PESO REAL - Proceso automático | PESO REAL-Proceso normal |
|----|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,5 | 0,49 | 0,52 |
| 2 | 0,5 | 0,5 | 0,53 |
| 3 | 0,5 | 0,5 | 0,55 |
| 4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| 5 | 0,5 | 0,52 | 0,53 |
| 6 | 0,5 | 0,52 | 0,54 |
| 7 | 1 | 1,02 | 1,08 |
| 8 | 1 | 1,03 | 1,09 |
| 9 | 1 | 1,03 | 1,07 |
| 10 | 1 | 0,99 | 1,2 |
| 11 | 1 | 1,03 | 1,01 |
| 12 | 1 | 1,01 | 1,12 |
| 13 | 1,5 | 1,51 | 1,56 |
| 14 | 1,5 | 1,49 | 1,55 |
| 15 | 1,5 | 1,49 | 1,54 |
| 16 | 1,5 | 1,51 | 1,55 |
| 17 | 1,5 | 1,49 | 1,6 |
| 18 | 1,5 | 1,54 | 1,61 |
| 19 | 2 | 2,01 | 2,2 |
| 20 | 2 | 2,02 | 2,3 |
| 21 | 2 | 2,03 | 2,2 |
| 22 | 2 | 2,03 | 2,4 |
| 23 | 2 | 2 | 2,09 |
| 24 | 2 | 2,01 | 2,09 |
| 25 | 2,5 | 2,51 | 2,52 |
| 26 | 2,5 | 2,51 | 2,53 |
| 27 | 2,5 | 2,51 | 2,54 |
| 28 | 2,5 | 2,52 | 2,55 |
| 29 | 2,5 | 2 | 2,54 |
| 30 | 2,5 | 2,5 | 2,51 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Representando los datos de la Tabla 3-3 en forma gráfica, se puede observar a simple vista que existen diferencias en los resultados de ambos procesos, observar el Gráfico 2-3; sin embargo se debe demostrar que estas diferencias son significativas.

Se establecieron parámetros para analizar el proceso estadísticamente, y una vez implantados se buscó la distribución más adecuada:

Al no conocer la desviación estándar de la población σ^2 , la muestra es igual a 30, además se sabe que el mecanismo opera de manera normal, la distribución más adecuada es la DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT.

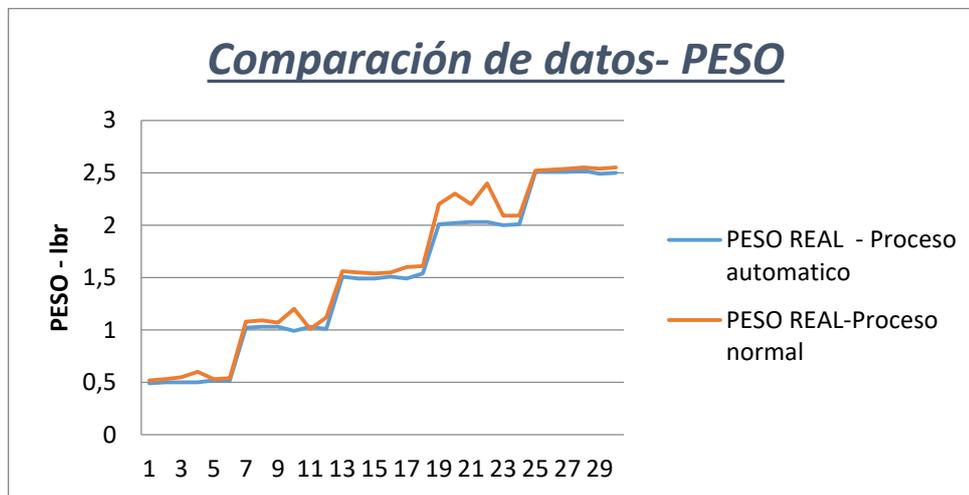


Gráfico 2-3: Proceso Manual vs proceso automatizado- precisión variable peso
Realizado por Allauca, Verónica, 2017

Al realizar los cálculos mediante el Software EXCEL se obtiene los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 4-3:

Tabla 4-3: Datos estadísticos

| | <i>Proceso Automatizado</i> | <i>Proceso Normal</i> |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| Media | 1,510333333 | 1,592 |
| Varianza | 0,517803333 | 0,54669931 |
| Observaciones | 30 | 30 |
| Varianza agrupada | 0,532251322 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 58 | |
| Estadístico t | -0,433542907 | |
| P(T<=t) una cola | 0,333114334 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,671552762 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,666228668 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,001717484 | |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Establecido el método estadístico a utilizar, se busca verificar que la maquina automatizada tiene una menor pérdida (desperdicios de frutas) en el peso del fruto en comparación del proceso manual-tradicional que realizaba la empresa, por consiguiente se plantearon las siguientes hipótesis:

La hipótesis nula H_0 y la alternativa H_1 son:

H_0 : $x_1=x_2$, la maquina automatizada y el proceso manual no tienen diferencia significativa en precisión y exactitud en el proceso de pesado (quiere decir que utilizando los dos procesos de pesado de fruta el margen de error es inexistente o no significativo).

H_1 : $x_1 \neq x_2$, la maquina automatizada brinda mayor precisión en el proceso de pesado de las frutas (se interpreta como un margen de error significativo a favor del proceso automatizado).

Representando los datos en una curva Gaussiana, que se observa en la Figura 1-3, considerando un $\alpha=0.05$ y un $n= 30$, se adquiere de la Tabla (Educate, 2010 p. 1) un valor de 2.04.

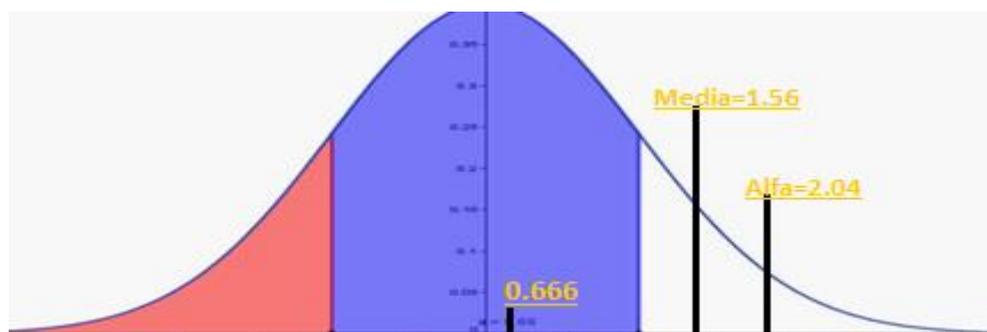


Figura 1-3: Campana de Gauss
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Dando como resultado que la hipótesis nula es rechazada, y se aprueba la hipótesis alternativa H_1 , afirmando que la máquina automatizada brinda mayor precisión y exactitud en la etapa de pesado de las frutas, disminuyendo notablemente las pérdidas que tenía la empresa.

Interpretando las medias muestrales se presenta en diagramas de barras la comparación de los procesos manual y automatizado y así visualizar las diferencias existentes. Como también un análisis de las pérdidas en libras, semanales y anuales como se observa en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Cantidad de pérdida de fruto

| | Pérdida en cada proceso | Pérdidas * 500 lbr |
|---|-------------------------|--------------------|
| Pérdida de fruto - proceso automatizado | 0,01 | 5 |
| Pérdida de fruto-proceso normal | 0,092 | 46 |
| AHORRO EN LIBRAS en 1 semana | | 41 lbr |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

La empresa tiene la capacidad de vender un promedio de 500 libras de frutillas, moras, uvillas o pasas a la semana, implementando el sistema el ahorro es de 41 lbs semanales, que multiplicando por las 48 semana que tiene el año el ahorro anual es de 1968 libras.

El ahorro monetario que representa el proceso automatizado dependerá del precio en que se comercialice el fruto, conociendo que el valor mínimo es de \$1 por libra, se considera un ahorro de \$1968. Para la representación de datos en diagramas de barras se utiliza las medias de cada conjunto de datos, para la cual se utilizó la Ecuación 2-3.

Ecuación 2-3: Fórmula de la media

$$\text{MEDIA} = \frac{(X1+X2+X3+X4+\dots+Xn)}{XN}$$

Dónde: **x1, x2, x3, xn**, son los datos obtenidos, Observar la Tabla 6-3.

XN= número de datos

Tabla 6-3: Datos de medias - variable peso

| PESO- ORDEN –Lbr | MEDIA-PROCESO NORMAL | MEDIA-PROCESO AUTOMATIZADO |
|------------------|----------------------|----------------------------|
| 0,5 | 0,54 | 0,50 |
| 1 | 1,044 | 1,02 |
| 1,5 | 1,60 | 1,503 |
| 2 | 2.3 | 2.013 |
| 2,5 | 2.61 | 2.509 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

En el Gráfico 3-3 se observa las diferencias existentes en cada proceso utilizado en la etapa de pesado de frutas, utilizando la máquina automatizada se obtiene una mayor precisión y exactitud en comparación al sistema tradicional utilizado por la empresa.

El margen de error utilizando el proceso normal por la empresa es de 9.2% mientras que utilizando el proceso automatizado el error es de 1%, siendo evidente la disminución de pérdidas para la empresa

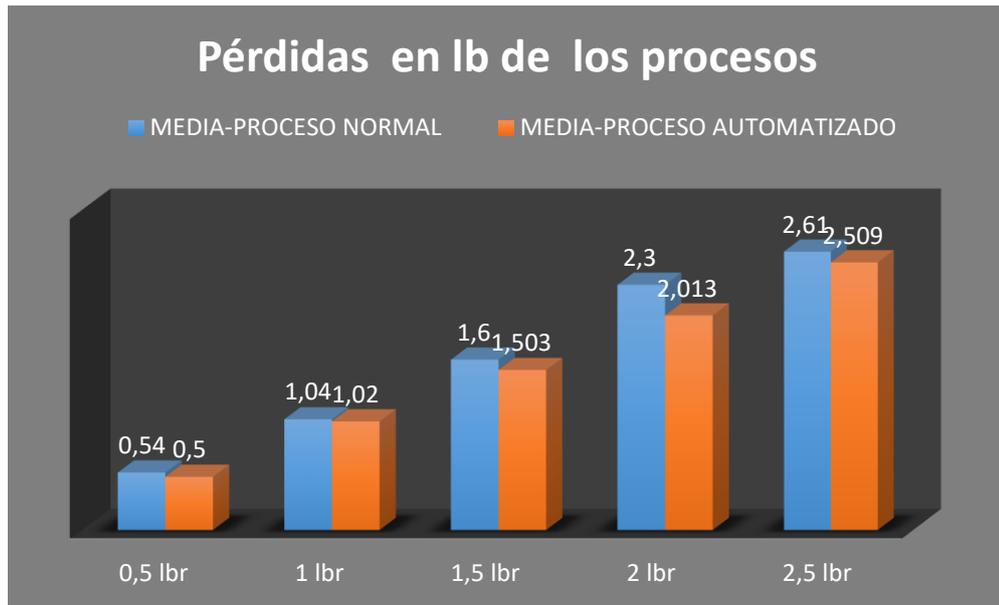


Gráfico 3-3: Comparación de exactitud en los procesos
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

3.3.2.2 Análisis de la eficiencia de la etapa de pesado

Una vez establecido los valores se procede a un análisis de la eficiencia utilizando la Ecuación 3-3, del proceso automatizado vs el proceso tradicional, que realizaba la empresa como se observa en el Gráfico 4-3.

Ecuación 3-3: Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultados alcanzados}}{\text{Costo Real}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{5\text{lb}}{46\text{lb}}$$

$$\text{Eficiencia} = 0.10 \approx 10\%$$



Gráfico 4-3: Análisis eficiencia del proceso etapa del pesado
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

3.3.2.3 Funcionamiento General del sistema

Para realizar el análisis del tiempo que tarda el sistema automatizado y el sistema tradicional utilizado por la empresa, se detalla brevemente como está distribuida y el funcionamiento de la máquina.

Una vez suministrado al sistema a 110 VDC y acondicionada las corrientes y voltajes necesarios para cada dispositivo, el microcontrolador lee los pines digitales a los cuales está conectado el teclado matricial: Si el operador no ha presionado ningún botón lee el puerto serial al cual está conectado la pantalla HMI dispuesta para el usuario, por lo tanto el proceso de pesado puede empezar por una orden del operador o del usuario.

Una vez que se ha ingresado el peso deseado la banda transportadora se mueve hasta que se complete el peso, posteriormente el operador deberá colocar una funda en la parte inferior de la balanza donde está un sensor que detecte que esto ocurra; entonces se abrirá la compuerta dejando caer suavemente el producto pesado, luego ésta se cierra, y después de un tiempo prudencial empieza a cerrarse la selladora de la funda.

Una vez establecido y comprobado el correcto funcionamiento de la máquina se procede a cronometrar los tiempos que se tarda en completar todo el proceso tradicional y el automatizado, obteniendo datos que se muestran en la siguiente Tabla 7-3, representando las medias muestrales de los datos que se aprecian en el (ANEXO C) de la variable tiempo:

Tabla 7-3: Medias muestrales - variable tiempo

| PESO- ORDEN- lb | MEDIA-PROCESO NORMAL (s) | MEDIA-PROCESO AUTOMATIZADO (s) |
|----------------------------|-------------------------------------|---|
| 0,5 | 1:31 | 0:22 |
| 1 | 1:33 | 0:23 |
| 1,5 | 1:34 | 0:23 |
| 2 | 1:34 | 0:23 |
| 2,5 | 1:34 | 0:24 |
| Promedio | 1:33 | 23 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

En el Grafica 5-3 se observa las diferencias de tiempos existentes, utilizando el proceso manual y la maquina automatizada:

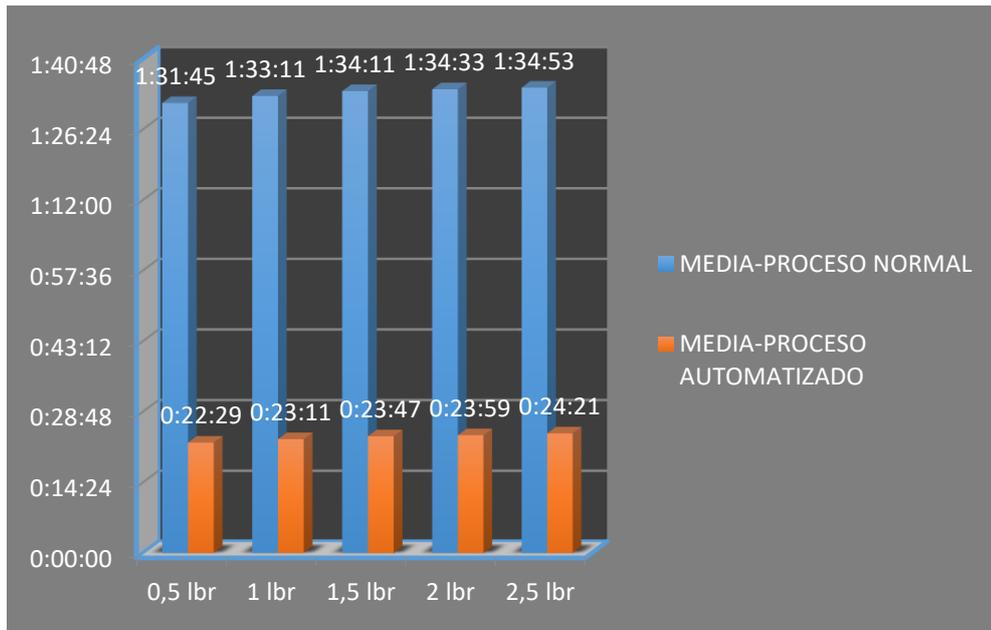


Gráfico 5-3: Comparación de tiempos de los dos procesos
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Mediante el diagrama de barras se puede observar en el Gráfico 6-3, que la máquina automatizada finaliza el proceso en un tiempo promedio de 23 segundos, mientras que el método tradicional se toma un tiempo de 1:33 (un minuto con treinta y tres segundos), siendo evidente la optimización de tiempo en realizar todo el proceso (pesado, empacado y sellado).

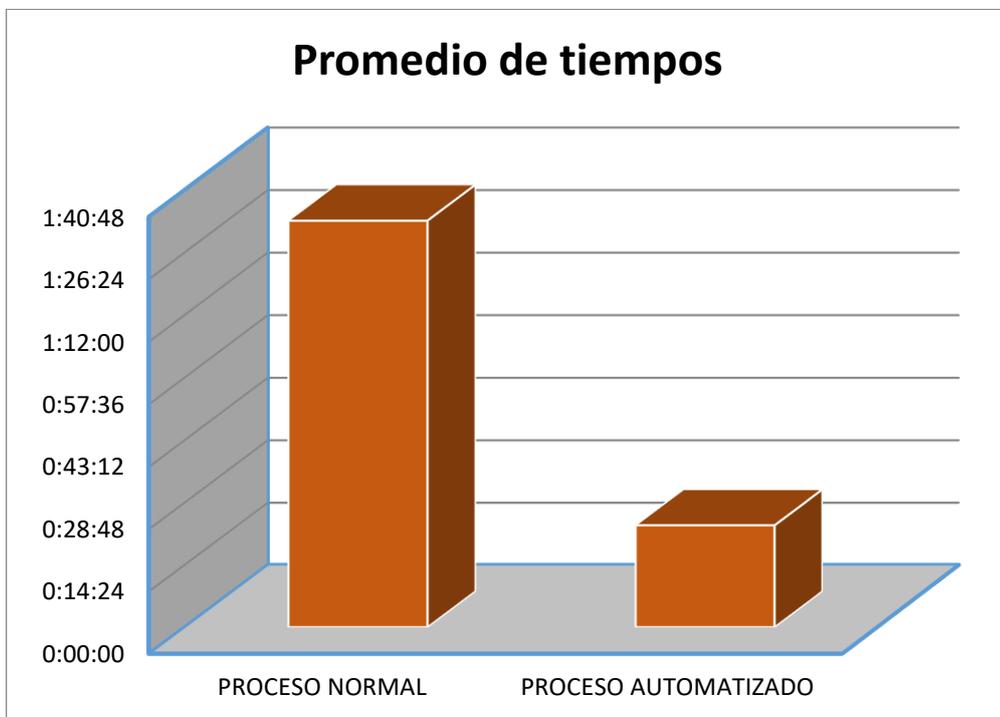


Gráfico 6-3: Tiempos establecidos utilizados por los dos procesos
 Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

3.3.2.4 Análisis de la eficiencia del tiempo que tarda el sistema en realizar el proceso

Se procede a un análisis de la eficiencia en tiempo del proceso automatizado en comparación al proceso tradicional que utilizaba la empresa, basándonos en la utilización de la Ecuación 3-3:

Ecuación 3-3: Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultados alcanzados}}{\text{Costo Real}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.23s}{1.33s}$$

$$\text{Eficiencia} = 0.173 \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 17.3\%$$

La eficiencia que presenta el sistema respecto al tiempo es de 0.173 equivalente al 17.3% como se observa en el Gráfico 7-3.

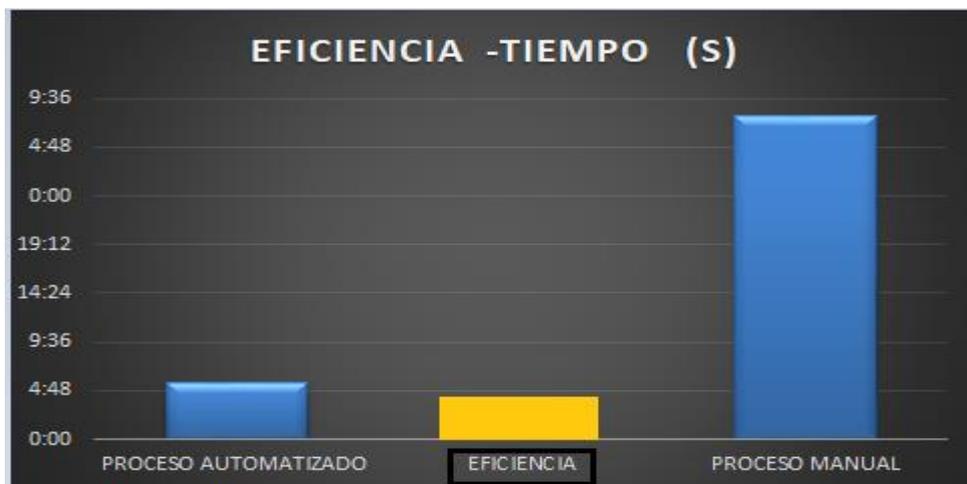


Gráfico 7-3: Eficiencia - variable tiempo del proceso

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

3.4 Análisis de relación beneficio/costo del proyecto

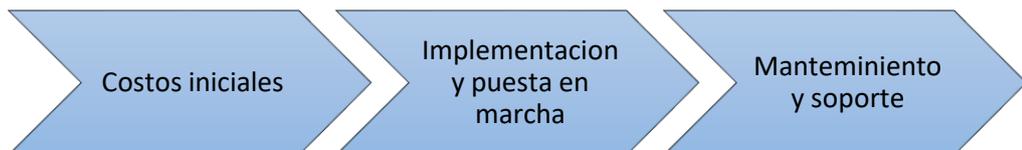


Gráfico 8-3: Análisis de costo del sistema

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

La empresa tiene la capacidad de vender 500 lbs de frutillas, moras o uvillas a la semana, el producto generalmente se comercializa en un valor mínimo de \$1 por libra, además para operar la maquina se necesita de una persona. Observar el Gráfico 8-3, a continuación se detalla en la Tabla 8-3 los costos que presenta el presente proyecto.

Tabla 8-3: Costo de la implementación del sistema

| CANTIDAD | NOMBRES | PRECIO UNIDAD | PRECIO TOTAL |
|----------|----------------------------------|---------------|-------------------|
| 1 | Estructura | | \$600 |
| 1 | Motor dc 7 A | | \$120 |
| 1 | Motor dc 1.7 A | | \$20 |
| 1 | Motor a pasos NEMA 23 | | \$23 |
| 1 | Botonera | | \$2 |
| 4 | indicadores verde y rojo | \$1.30 | \$5,20 |
| 1 | Selector | | \$3 |
| 1 | Tablero eléctrico | | \$35 |
| 1 | Selladora comercial | | \$25 |
| 1 | LCD | | \$7 |
| 1 | Teclado matricial | | \$4 |
| 1 | Pantalla Touch Nextion | | \$105 |
| 1 | sensor capacitivo | | \$21 |
| 1 | celda de carga de 5 kg | | \$11 |
| 1 | Fuente de 110/24 V 3,5 A | | \$37 |
| 1 | Arduino Mega | | \$21 |
| 5 | borneras | \$1,1 | \$5,50 |
| 4 | Relés 24 V | \$3 | \$12 |
| 1 | Driver HY-DIV168N- 3,5 A | | \$15 |
| 1 | Placa principal | | \$18 |
| 1 | driver motor 7 A | | \$10 |
| 1 | Driver motor 1,7 A | | \$12 |
| 1 | Ventilador | | \$2 |
| 1 | Acondicionamiento | | \$7 |
| 1 | Termo magnético | | \$7 |
| | Otros | | \$100 |
| 1 | Mantenimiento preventivo , | | \$20 |
| | Operador | | \$360 |
| | COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA | | \$1 607,70 |

Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

Fuente: Allauca, Verónica, 2017

Considerando que el uso de la máquina va ser utilizada solo los fines de semana (104 días) lo más aconsejable es realizar un mantenimiento preventivo a la máquina como limpieza, lubricación y revisión y chequeo del campo eléctrico.

En la Tabla 8-3, se indica el costo de cada uno de componentes, elementos y servicios que fueron necesarios para la implementación de la máquina automatizada. Para expresar el beneficio/ costo se relaciona el beneficio obtenido y los costos incurridos la cual se representa en la siguiente Ecuación 4-3.

Ecuación 4-3: Relación Beneficio/Costo

$$\text{Relación beneficio costo} = \frac{\text{Valor presente de los beneficios}}{\text{Valor presente de los costos}} \times 100$$

$$\text{Relación beneficio costo} = \frac{1607.70}{1968} \times 100$$

$$\text{Relación beneficio costo} = 0.8170 \times 100$$

$$\text{Relación beneficio costo} = 81.70\%$$

El beneficio que tiene la empresa en adquirir e implementar la máquina es de 81.70%, como se observa en el Gráfico 9-3, y la inversión que realiza la empresa será recuperada en menos de un año, tomando en cuenta el análisis de precisión y exactitud en la etapa de pesado (perdidas de fruto que tenía la empresa).

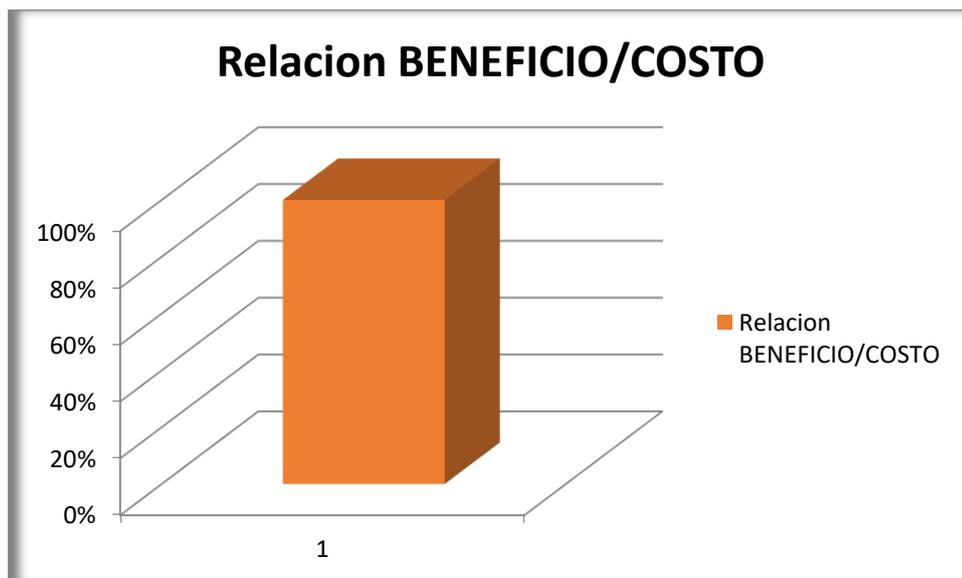


Gráfico 9-3: Relación beneficio/ costo de la máquina automatizada
Realizado por: Allauca, Verónica, 2017

CONCLUSIONES

- El sistema automatizado de pesado, empaçado y sellado de productos responde satisfactoriamente al objetivo principal planteado en este trabajo, permitiendo mejorar los procesos de comercialización realizados en la empresa “Frutilandia Allauca”.
- La implementación del sistema incide positivamente en la empresa Frutilandia Allauca, en base a las necesidades requeridas por ésta: reduce tiempos y posee un porcentaje mínimo de error en la etapa de pesado.
- Al comparar los resultados de tiempo obtenidos cronometrando las tres etapas del proceso (pesado, empaçado y sellado) respecto al método tradicional manual, con un tiempo promedio de 1 minuto con 33 segundos respecto a las tres etapas del proceso (pesado, empaçado y sellado) y del sistema automatizado, con un tiempo promedio de 23 segundos, se estableció que la reducción de tiempo que provee el sistema automatizado es de 1 minuto con 10 segundos, equivalente a una reducción del 75.26%.
- Con la automatización del proceso se reduce el desperdicio de futa de 46 libras a 5 libras, obteniendo un porcentaje de eficiencia de 10.86% y en reducción en pérdidas de un 89.14%.
- La implementación de la Interfaz HMI permite el monitoreo constante del estado de cada una de las etapas del proceso, permitiendo a los operadores intervenir de forma oportuna e inmediata cuando el caso lo requiera.

RECOMENDACIONES

- Al implementar un proceso automatizado, se debe investigar los parámetros que intervienen en cada una de las etapas, el funcionamiento de los dispositivos a ser utilizados, con el fin de no alterar ninguna etapa del proceso y de esta forma obtener los resultados que se requieren.
- Antes de encender la maquina se debe realizar una inspección de todo el equipo para encontrar piezas dañadas, fallas leves o imperfecciones. Es importante además realizar un mantenimiento en periodos semestrales del equipo para evitar fallas a futuro y que se realice un mantenimiento correctivo periódico.
- Se debe limpiar la maquina diariamente una vez terminada la jornada de trabajo. Cabe mencionar que, después de los trabajos de limpieza realizados a la máquina entera, ésta debe quedar completamente seca para evitar oxidación de los materiales que no son de grado alimenticio.
- La persona que va operar la máquina debe realizar una lectura minuciosa del manual de operación y mantenimiento. El plan de mantenimiento va relacionado directamente con la buena operación de la misma, ya que el usuario deberá entender y conocer las precauciones de seguridad antes de usarla
- La máquina debe trabajar a temperatura ambiente y sin la presencia de factores externos tales como el contacto directo de la luz solar, corrientes bruscas de aire y polvo. Cabe mencionar que se debe verificar que la máquina esté libre de sustancias y artículos extraños para evitar alteraciones en su funcionamiento y fallas

BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, Griselda; MARES, Jesús & CORONA, Germán. *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino.* Distrito Federal, MÉXICO : Grupo Editorial Patria. págs. 20-33.

AC 110V / 220V a DC 24V 12.5A. [En línea] 2017. [Citado el: 06 de Febrero de 2017.] Disponible en: http://www.dx.com/es/p/ac-110v-220v-to-dc-24v-12-5a-300w-switching-power-supply-for-led-strip-389936#.WTE8Qes1_IU.

ARDUINO. *Arduino MEGA 2560.* [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Noviembre de 11.] Disponible en: <http://saber.patagoniatec.com/arduino-mega-2560-atmega-mega-arduino-clon-compatible-argentina-tutorial-basico-informacion-arduino-argentina-ptec/>.

BELLINI, Bruno. *Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía.* [En línea] [Citado el: 2017 de Enero de 19.] Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202009/Monografias%20seminario%202009/Bellini-Celdas%20de%20carga%20para%20plataforma.pdf>.

Beneficios de los frutos rojos y azules. [En línea] 2011. [Citado el: 11 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <http://www.Frutosrojos.com>.

BOLAÑOS, D. *Motores Eléctricos.* [En línea] 2009. [Citado el: 2017 de Noviembre de 15.] Disponible en: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOTORES/MOTORES.PDF>.

Calidad de la fruta. [En línea] 2010. [Citado el: 8 de Noviembre de 2017.] Disponible en: http://oa.upm.es/6289/1/Valero_34.pdf.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. *Calidad de frutas y hortalizas.* [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm>.

Drivers motores DC. [En línea] 2016. [Citado el: 07 de Febrero de 2017.] Disponible en: https://es.aliexpress.com/store/product/New-3-5A-2-Phase-Single-Axis-TB6560-CNC-Stepping-Motor-Driver-Controller-SM478-SD/402081_776759508.html.

EDUCATE. *Tabla de 2 Dos Colas.* [En línea] 2010. [Citado el: 9 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/todocello/tabla-distribucin-t-2-colas-3454436>.

ESQUEMBRE, Francisco. *Motor DC.* [En línea] 2011. [Citado el: 06 de Diciembre de 2016.] Disponible en: <http://iwant2study.org/ospsg/index.php/interactive-resources/physics/05-electricity-and-magnetism/09-electromagnetic-induction/313-ejs-model-dcmotor10>.

EXTRA.EC. *El top 5 de frutas que consumen en ecuador.* [En línea] 2016. [Citado el: 2017 de Octubre de 10.] Disponible en: <http://www.extra.ec/buena-vida/salud-alimentacion-inec-frutas-estadisticas-LF1700951>.

FERNÁNDEZ, I. *Control de un motor paso a paso: PIC, USB y C#.* [En línea] 2011. [Citado el: 18 de Mayo de 2017.] Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3547/577435.pdf?sequence=1>.

GARCÍA, Antony. *Arduino Mega: Características, Capacidades.* [En línea] 2013. [Citado el: 08 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>.

INEN 1672-2, NTE. *Maquinaria para procesados de alimentos.*

Ingeniería y diseño electrónico. [En línea] 2017. [Citado el: 07 de Julio de 2017.] Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/motor-paso-a-paso-nema-23-125-oz-in-200-pasos-vuelta/>.

LIZARTE. *Columna de Dirección 08.35.1000.* [En línea] 2013. [Citado el: 06 de Agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.lizarte.com/ObtenerImagenProducto.ashx?f=CD%2F08351000R.JPG&an=595>.

MINISTERIO DE INDUSTRIAS. *Parámetros de Calidad del producto.* [En línea] [Citado el: 05 de Abril de 2017.] Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/RTE-131.pdf>.

MINISTERIO DE SALUD. *Beneficios de las frutas.* [En línea] [Citado el: 11 de Noviembre de 2017.] Disponible en: <https://www.invima.gov.co/images/pdf/red-nal-laboratorios/resoluciones/R-84-14712.pdf>.

Pantalla Nextion 7" TFT Intelligent LCD Touch Display. [En línea] 2014. [Citado el: 06 de Agosto de 2017.] Disponible en: <http://bricotronica.com/pantallas/206-nextion-generic-7-tft-intelligent-lcd-touch-display.html>.

Precio de frutas y hortalizas. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Noviembre de 2017.] Disponible en: http://www.mercadomodelo.net/c/document_library/get_file?uuid=c7850978-c57c-4a8a-925f-3c06a4cbfdc8&groupId=10157.

PRO ECUADOR. *Alimentos frescos y procesados.* [En línea] 2016. [Citado el: 27 de Enero de 2016.] Disponible en: <http://www.proecuador.gob.ec/sector1-1/>.

RUIZ, Lizama; INCHE, Edgar; MITMA, Jorge Luís & CHUNG , Alfonso Ramón. *Procesos, Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada al control* Industrial Data, Vol. 11, págs. 70-72. Disponible en.

REVOLUCIONARIO, Fitness. *Guía de las frutas: beneficios, cantidades recomendadas, zumos, piel y otras dudas habituales.* [En línea] 2010. [Citado el: 06 de Febreo de 15.] Disponible en: <https://www.fitnessrevolucionario.com/2017/08/19/frutas/>.

RODRÍGUEZ, Aquilino. *Sistemas SCADA.* Segunda. Barcelona, ES : Marcombo, págs. 6-7.

SALAR, Ismael; ALCANÍZ, Juan & DÍEZ, Eduardo. *Detección del peso de un objeto mediante básculas.* [En línea] 2009. [Citado el: 01 de Febrero de 2017.] Disponible en: http://coolab.umh.es/sea/instrumentacion/trabajos_grupos/G19_Trabajo%20SEA.pdf.

SÁNCHEZ, Diana. *Sensores.* [En línea] 2011. [Citado el: 05 de Noviembre de 2017.] Disponible: <http://dianamsanchezv.blogspot.com/2011/08/finales-de-carrera-sensores.html>.

SÁNCHEZ, Luis. *Autómatas - Instrumentación & Mediciones estadísticas.* [En línea] 2014. Disponible en: <http://autkomatas.blogspot.com/2015/03/instrumentation-mediciones.html>.

Tableros eléctricos. [En línea] 2010. [Citado el: 23 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://www.domme.cl/tableros-electricos/>.

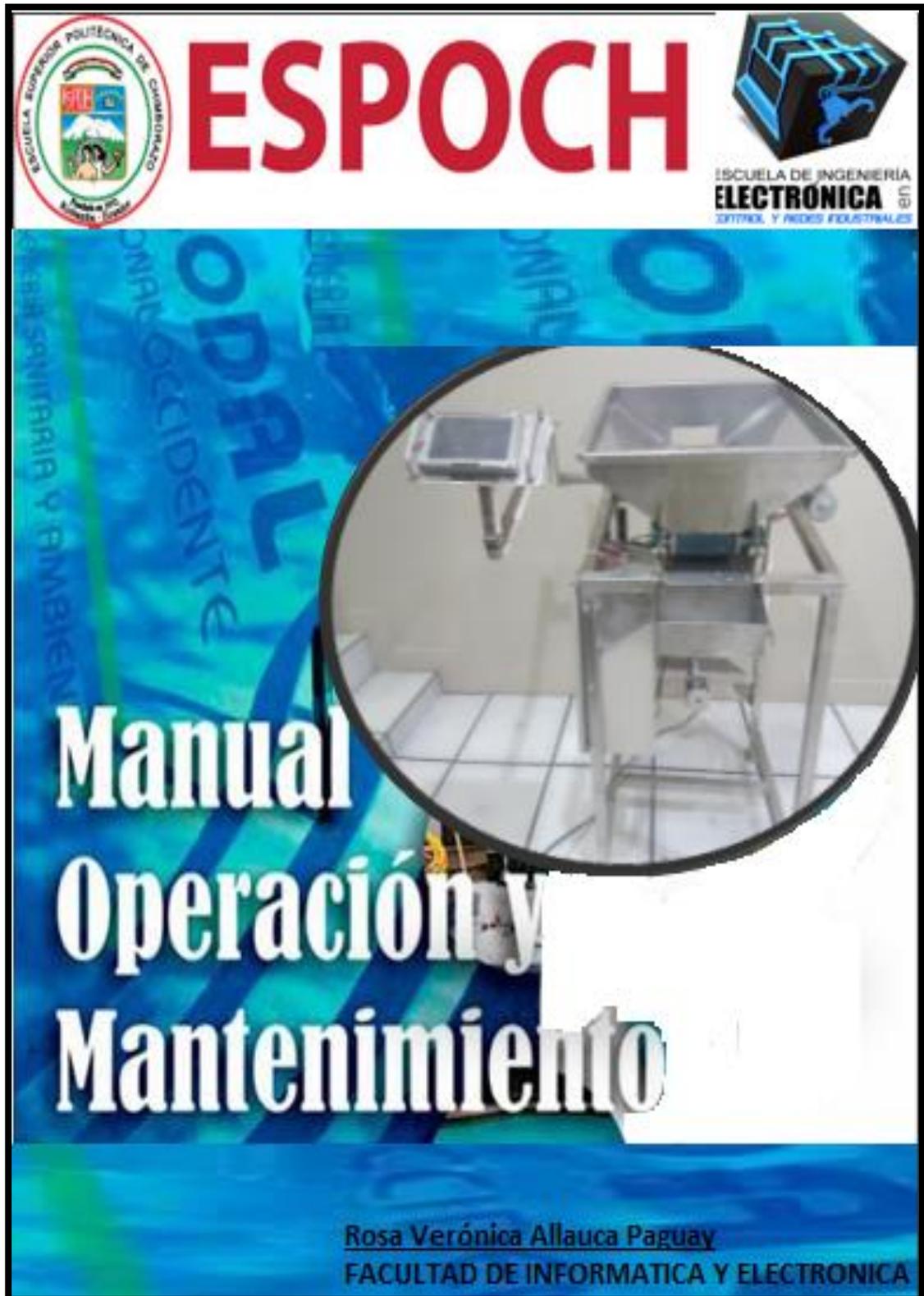
Tipos de Arduino. [En línea] 2014. [Citado el: 15 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://hacedores.com/cuantos-tipos-diferentes-de-arduino-hay/>.

Valores de alfa para valores diferentes. [En línea] 2016. [Citado el: 06 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/tca/v1n1/a6c2.jpg>.

WIKIFAB. *Sensor capacitado.* [En línea] 2012. [Citado el: 19 de Febrero de 2017.] Disponible en: http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Imagen:Sens_09473.png.

ANEXOS

Anexo A: Manual de operación y mantenimiento





MANUAL DE USUARIO



MANUAL DE OPERACIÓN.

INTRODUCCIÓN:

La finalidad del presente manual es servir como una guía básica de operación del sistema, brindando al usuario conocimientos y herramientas necesarias para el correcto uso de la máquina, siendo una fuente inmediata de consulta en cualquier momento.

El presente manual está dirigido a todo el personal que opera esta máquina, para la cual se dará a conocer la ejecución de operación y mantenimiento del equipo.

Factores a considerar

Antes de iniciar con el proceso y hacer trabajar a la maquina se debe tener en cuenta varios factores para tener un correcto funcionamiento:



1.- Es muy importante que antes de operar la máquina se realice la lectura minuciosa del manual de operación y mantenimiento. El plan de mantenimiento va relacionado directamente con la buena operación de la misma, ya que el usuario deberá entender y conocer las precauciones de seguridad antes de usarla.

- 2.- Verificar que la máquina se encuentre libre de sustancias y artículos extraños para evitar alteraciones en su funcionamiento y fallas.
- 3.- Estar seguros de que todos los sistemas y componentes se encuentren en su estado y posición óptima para comenzar a operar.
- 4.- Comprobar que el espacio donde será colocada la máquina cuente con la superficie totalmente plana, ya que de lo contrario esto afectaría a la operación de la misma.
- 5.- Verificar que la máquina se encuentre conectada a la corriente eléctrica.
- 6.- Encender el sistema y esperar un momento (2 minutos) a que todo el sistema se estabilice.
- 7.- Por ningún motivo se debe apagar la máquina a la mitad del proceso, siempre se debe apagar cuando el proceso haya terminado.

1.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO

PANTALLA USUARIO

Mediante una pantalla Touch el usuario envía la orden de la cantidad de fruto que desee (PESO), para la cual obtiene botones de 1 libra, 2, libras, ½ libra.



La presente, permite al usuario realizar las siguientes acciones generales como:

- **PESO:** en el cual se visualizara el peso requerido por el cliente.
- **1 -2 -1/2:** son botones para mandar la orden de la cantidad de peso que se requiera.

- < -: botón que me permite borrar órdenes mal ingresadas.
- **PESAR**: botón que me permite ejecutar la orden según lo requerido
- **ZERO**: resetear el PESO

Una vez ejecutada el pedido por parte del usuario, la máquina automatizada procede a pesar el producto.



Una vez realizado el proceso de pesado de la fruta, el usuario debe colocar una funda debajo de la balanza, y una vez que este seguro que este bien colocada, colocar su dedo junto al sensor capacitivo, para que el producto pueda caer por gravedad en la funda.



El usuario no deberá sacar la bolsa hasta que la tercera etapa se ejecute, es decir hasta que la selladora actué sobre la bolsa plástica.



De esta manera se obtiene el producto pesado, empacado y sellado



Apagar y desconectar la fuente de alimentación al finalizar la jornada laboral

PANTALLA OPERADOR



El sistema puede ser interrumpido en cualquier momento si este lo requiere, esto ocurre si el botón de PARO es presionado, y será comandado mediante un teclado Matricial el cual está distribuido de la siguiente manera.

| | |
|---|---------------------------------|
|  +  | Activar Banda transportadora |
|  +  | Desactivar Banda transportadora |
|  +  | Abrir compuerta de la balanza |
|  +  | Cerrar compuerta de la balanza |
|  +  +  | Abrir Selladora |
|  +  +  | Cerrar Selladora |

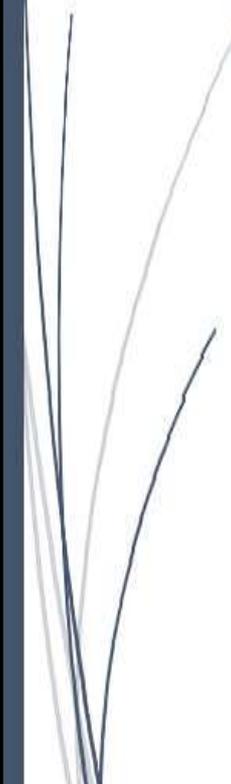
Funcionamiento técnico del sistema

Al alimentar el sistema con 110 V corriente alterna seguidamente mover el selector en la posición de encendido, se enciende la luz piloto verde indicando que el sistema está listo para funcionar. En la entrada del ARDUINO, y todos los circuitos que trabajan a baja corriente, se utiliza un relé de 24 V que sirve como un circuito de potencia. Para enfriar los dispositivos electrónicos se utiliza ventiladores, los cuales se encienden al iniciar el sistema.

El sistema cuenta con un pulsador de paro el cual al ser presionado deshabilita todas las etapas que funcionan automáticamente y nos permite realizar todo el proceso de manera manual, para restablecer el funcionamiento automático el pulsador de paro debe deshabilitarse, tomando en cuenta que para que el sistema empiece a funcionar debe estar cerrada la puerta de la balanza y la selladora debe estar abierta si estas no están en la posición indicada el sistema automáticamente en segundos los coloca en su posición correcta.



MANUAL DE MANTENIMIENTO



MANUAL DE MANTENIMIENTO.

El objetivo principal de darle un buen mantenimiento a esta máquina, es lograr que no presente fallas ni paros y al mismo tiempo trabaje lo más silenciosamente posible.

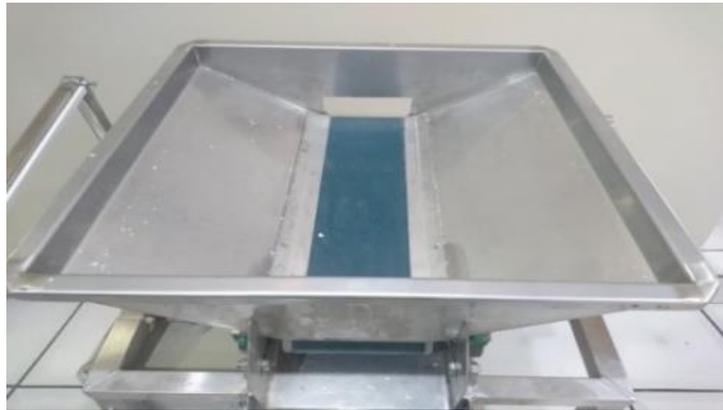
Existen áreas críticas en la realización del mantenimiento, y para este mecanismo se contemplaron las siguientes:

- Inspección
- Limpieza
- Ajustes
- Lubricación

INSPECCIÓN: se recomienda una inspección diaria de todo el equipo para encontrar piezas dañadas, fallas leves o imperfecciones en el equipo. La máquina debe ser monitoreada durante su operación para identificar anomalías durante el proceso y éstas sean corregidas. Durante la operación, si se identifica que no se está realizando alguna etapa del proceso correctamente, es señal de que se requieren hacer ajustes o reparaciones o en caso extremo recurrir a un chequeo general y detallado de la máquina. Durante la inspección si se encuentran partes rotas, éstas deben ser reemplazadas o reparadas antes de hacer que el problema se agrave y afecte a otros sistemas y sea causa de un paro.



LIMPIEZA: se tienen que mantener todos los componentes de los sistemas completamente limpios y libres de polvo, grasa o residuos de jugo de fruto, ya que éstos pueden hacer que la sincronía del sistema se desajuste o dañe, y por consiguiente generar algún daño en alguno de los elementos que forman el sistema. Es importante realizar la limpieza de la bandeja contenedora de residuos constantemente, por lo menos cada hora, ya que si no se limpia se tendrán problemas de estancamiento de jugo.



Este proceso debe ser monitoreado constantemente para que el fruto cumpla con el procesado satisfactoriamente.

Se recomienda realizar una limpieza detallada del mecanismo cada 24 horas.

AJUSTES: es indispensable analizar todos los tornillos de la estructura que pudieran llegar a aflojarse debido a las vibraciones, de ser necesario realizar un apriete severo.

LUBRICACIÓN: una de las partes más importantes del mantenimiento es la lubricación, que se lleva a cabo en los puntos y partes que se encuentran en constante fricción, dentro de los componentes a lubricar se encuentran el tornillo sin fin.



Cabe mencionar, que después de los trabajos de limpieza realizados a la máquina entera, ésta debe quedar completamente seca para evitar oxidación de los materiales que no son de grado alimenticio.

| | | | | |
|------------------------|---|-----------------------|----|---------------|
| | ESPOCH | | | |
| | FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA | | | |
| | ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA | | | |
| | LABORATORIO | | | |
| | CHECKLIST | | | |
| Equipo: | Equipo de pesado, empacado y sellado | Fecha : | | |
| Lectura: | | Hora de Inicio: | | |
| Responsable | | Hora final: | | |
| | | Cumplimiento | | |
| N° | Requisitos | Si | No | Observaciones |
| 1 | Verificar que la base del equipo se encuentra bajo cimentación horizontal plana (a nivel) | | | |
| 2 | Comprobar el ajuste apropiado de todos los elementos que constituye el equipo | | | |
| 3 | Verificar si se dispone de lubricante los puntos indicados | | | |
| 5 | Verificar si no existen filtraciones en la balanza | | | |
| 6 | Inspeccionar el estado del tablero eléctrico | | | |
| 7 | Verificar el estado de red, para conectar el sistema | | | |
| 8 | Disponer de elementos de higiene para el despacho de frutas | | | |
| Observaciones: | | | | |
| <hr/> Revisado por: | | <hr/> Operado por: | | |



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ENTREVISTA

Paso 1: Inducir al entrevistado al objetivo principal de la encuesta. Indicar que las respuestas serán manejadas de manera anónima.

OBJETIVOS:

Conocer la lógica de negocio del proceso de comercialización que se ha propuesto automatizar o tecnificar.

Identificar los problemas existentes en la empresa “Frutilandia Allauca”, respecto a los procesos de comercialización.

Determinar las variables o parámetros del proceso de comercialización susceptibles de ser medidos.

Paso 1: Dar a conocer al entrevistado los siguientes conceptos: Automatización de procesos, parámetros de evaluación o indicadores.

Paso 2: Preguntar al entrevistado si ha comprendido lo explicado anteriormente. Si lo hizo, continuar, si no repetir los pasos anteriores.

Paso 3: Aplicar las siguientes preguntas de investigación. Luego de cada pregunta se evaluará la certeza con la cual responda el entrevistado; de notarse titubeante explicar con detalle la pregunta.

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

- **VARIABLE 1:** Proceso de pesado

- ¿En qué consiste el proceso de pesado, paso a paso?
- ¿Cuál(es) considera Ud. son los principales inconveniente técnico-humano en el proceso de pesado de productos?
- ¿Conoce Ud. la percepción que tienen los clientes respecto a los resultados de esta fase?
- De ser posible evaluar la efectividad del proceso de pesado, ¿Cuál(es) serían los parámetros que podrían, en su criterio, ser medidos?

- **VARIABLE 2:** Proceso de empacado y sellado

- ¿En qué consiste el proceso de empacado, paso a paso?
- ¿Cuál(es) considera Ud. son los principales inconveniente técnico-humano en el proceso de empacado de productos?
- ¿Conoce Ud. la percepción que tienen los clientes respecto a los resultados de esta fase?
- De ser posible evaluar la efectividad del proceso de empacado, ¿Cuál(es) serían los parámetros que podrían, en su criterio, ser medidos?

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Sistema automatizado de pesado, empacado y sellado de productos.

¿Considera Ud. que la implementación de un sistema automatizado de pesado, empacado y sellado de productos permitirá mejorar los procesos de comercialización realizados en la empresa “Frutilandia Allauca”?

¿Cuáles serían, a su criterio, los principales beneficios de la implementación de dicho sistema?

¿Sus perjuicios?

Paso 4: Agradecer la colaboración al entrevistado

Anexo C: Recopilación de datos utilizando el proceso normal y automatizado

PROCESO AUTOMATIZADO

Tabla1: Datos de peso y tiempo- media libra

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 0.5 | 00:22:9 | 0.49 |
| 0.5 | 00:23:6 | 0.50 |
| 0.5 | 00:23:5 | 0.50 |
| 0.5 | 00:22:6 | 0.50 |
| 0.5 | 00:20:5 | 0.52 |
| 0.5 | 00:21:2 | 0.56 |
| 0.5 | 00:29:3 | 0.52 |
| 0.5 | 00:20:8 | 0.50 |
| 0.5 | 00:21:1 | 0.49 |
| 0.5 | 00:23:4 | 0.48 |

Tabla2 Datos de peso y tiempo – una libra

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 00:31:1 | 1.02 |
| 1 | 00:22:5 | 1.03 |
| 1 | 00:22:2 | 1.03 |
| 1 | 00:24:1 | 0.99 |
| 1 | 00:25:2 | 1.03 |
| 1 | 00:22:3 | 1.01 |
| 1 | 00:21:6 | 1.03 |
| 1 | 00:22:7 | 1.01 |
| 1 | 00:23:2 | 1.04 |
| 1 | 00:31:5 | 1.00 |

Tabla3:Datos de peso y tiempo – una libra y media

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 1.05 | 00:24:5 | 1.49 |
| 1.05 | 00:23:3 | 1.49 |
| 1.05 | 00:23:9 | 1.51 |
| 1.05 | 00:23:7 | 1.49 |
| 1.05 | 00:24:3 | 1.54 |
| 1.05 | 00:23:2 | 1.50 |
| 1.05 | 00:20:7 | 1.52 |
| 1.05 | 00:24:8 | 1.49 |
| 1.05 | 00:23:5 | 1.50 |
| 1.05 | 00:24:0 | 1.50 |

Tabla4 Datos de peso y tiempo- dos libras

| PESO- ORDEN –lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 2 | 00:25:0 | 2.00 |
| 2 | 00:24:5 | 2.02 |
| 2 | 00:24:8 | 2.00 |
| 2 | 00:26:3 | 2.01 |
| 2 | 00:26:9 | 2.02 |
| 2 | 00:23:6 | 2.03 |
| 2 | 00:22:6 | 2.02 |
| 2 | 00:23:9 | 2.00 |
| 2 | 00:22:8 | 2.01 |
| 2 | 00:24:1 | 2.02 |

Tabla5 Datos de peso y tiempo – dos libras y media

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 2.05 | 00:24:9 | 2.53 |
| 2.05 | 00:24:3 | 2.50 |
| 2.05 | 00:24:2 | 2.50 |
| 2.05 | 00:23:7 | 2.49 |
| 2.05 | 00:24:3 | 2.54 |
| 2.05 | 00:23:9 | 2.50 |
| 2.05 | 00:24:7 | 2.52 |
| 2.05 | 00:24:8 | 2.51 |
| 2.05 | 00:23:5 | 2.50 |
| 2.05 | 00:24:0 | 2.50 |

Lo que se observó a simple vista durante la toma de datos es que los tiempos varía dependiendo de cuan llena este la bandeja contenedora del producto, a más llene este, el tiempo es más corto pero el rango de error del peso es mayor; a menor cantidad que contenga la bandeja contenedora, se tarda más tiempo pero la exactitud en el peso es mucho mayor.

PROCESO NORMAL

Tomando en cuenta que Frutilandia Allauca utiliza balanzas mecánicas se ha obtenido los siguientes datos:

Tabla6: Datos de peso y tiempo – media libra

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 0.5 | 1:32:2 | 0.51 |
| 0.5 | 1:31:6 | 0.50 |
| 0.5 | 1:33:3 | 0.52 |
| 0.5 | 1:29:4 | 0.51 |
| 0.5 | 1:33:5 | 0.53 |
| 0.5 | 1:32:2 | 0.52 |
| 0.5 | 1:31:3 | 0.52 |
| 0.5 | 1:33:5 | 0.53 |
| 0.5 | 1:31:1 | 0.52 |
| 0.5 | 1:32:4 | 0.54 |

Tabla7: Datos de peso y tiempo – una libra

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 1:33:1 | 1.02 |
| 1 | 1:32:5 | 1.03 |
| 1 | 1:32:2 | 1.04 |
| 1 | 1:34:1 | 1.04 |
| 1 | 1:35:2 | 1.03 |
| 1 | 1:36:3 | 1.01 |
| 1 | 1:34:6 | 1.03 |
| 1 | 1:37:7 | 1.01 |
| 1 | 1:38:2 | 1.04 |
| 1 | 1:34:5 | 1.01 |

Tabla8: Datos de tiempo y peso – una libra y media

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 1.05 | 1:34:5 | 1.59 |
| 1.05 | 1:33:3 | 1.59 |
| 1.05 | 1:33:9 | 1.51 |
| 1.05 | 1:33:7 | 1.59 |
| 1.05 | 1:34:3 | 1.54 |
| 1.05 | 1:33:2 | 1.51 |
| 1.05 | 1:30:7 | 1.52 |
| 1.05 | 1:34:8 | 1.59 |
| 1.05 | 1:33:5 | 1.50 |
| 1.05 | 1:34:0 | 1.52 |

Tabla9 Datos de peso y tiempo – dos libras

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 2 | 1:35:0 | 2.01 |
| 2 | 1:34:5 | 2.02 |
| 2 | 1:34:8 | 2.04 |
| 2 | 1:36:3 | 2.01 |
| 2 | 1:36:9 | 2.02 |
| 2 | 1:34:6 | 2.03 |
| 2 | 1:35:6 | 2.02 |
| 2 | 1:33:9 | 2.00 |
| 2 | 1:37:8 | 2.03 |
| 2 | 1:34:1 | 2.02 |

Tabla10 Datos de peso y tiempo – dos libras y media

| PESO- ORDEN –Lbr | Tiempo | PESO REAL - lbr |
|-------------------------|---------------|------------------------|
| 2.05 | 1:35:9 | 2.53 |
| 2.05 | 1:35:3 | 2.50 |
| 2.05 | 1:35:2 | 2.52 |
| 2.05 | 1:34:7 | 2.50 |
| 2.05 | 1:34:3 | 2.54 |
| 2.05 | 1:33:9 | 2.50 |
| 2.05 | 1:34:7 | 2.52 |
| 2.05 | 1:34:8 | 2.51 |
| 2.05 | 1:33:5 | 2.50 |
| 2.05 | 1:34:0 | 2.51 |

Anexo D: Programación Arduino MEGA

```
#include <Keypad.h>
#include <Nextion.h>
#include <LiquidCrystal.h>
Nextion myNextion(Serial1, 9600);
LiquidCrystal LCD(32, 30, 28, 26, 24, 22);
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {37, 35, 33, 31};
byte colPins[COLS] = {29, 27, 25, 23};
const int pinReleDC = 44; // rele drivers
      motores DC
const int pinRelePap = 46; // Rele Driver motor
      PAP
const int pinBanda = 5; //Motor banda
const int pinOpen = 4; //Abrir Compuerta
const int pinClose = 3; //Cerrar Compuerta
const int pinEnable = 36;
const int pinDir = 43;
const int pinPull = 34;
const int pinNiquelina = 48;
const int pinFcSelladora2 = 49;
const int pinFcSelladora1 = 47;
const int pinSensorInductivo = 45;
const int pinBotonParo = 2;
const int pinReleLuzParo = 42;
int i = 3;
int libra = 285;
float peso_tecladoE, peso_tecladoD,
      peso_teclado;
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys),
      rowPins, colPins, ROWS, COLS );
boolean a, b, P0, P1, Q0, Q1, f;
float libras, peso_HMI;
float pesoDeseado;
void setup() {
  delay(100);
  attachInterrupt( 0, bandera, FALLING);
  delay(100);
  lcd.begin(16, 4);
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  myNextion.init();
  lcd.blink();
  reset_Display();
  pinMode(pinBanda, OUTPUT);
  pinMode(pinReleDC, OUTPUT);
  pinMode(pinOpen, OUTPUT);
  pinMode(pinClose, OUTPUT);
  pinMode(pinRelePap, OUTPUT);
  pinMode(pinEnable, OUTPUT);
  pinMode(pinDir, OUTPUT);
  pinMode(pinPull, OUTPUT);
  pinMode(pinNiquelina, OUTPUT);
  pinMode(pinFcSelladora1, INPUT);
  pinMode(pinFcSelladora2, INPUT);
  pinMode(pinSensorInductivo, INPUT);
  pinMode(pinBotonParo, INPUT);
  pinMode(pinReleLuzParo, OUTPUT);
  delay(50);
  iniciar();
  lcd.begin(16, 4);
  reset_Display();
}
void loop()
{
  if (f == true)
  {
    funcionBoton() ;
    iniciar();
    lcd.begin(16, 4);
    reset_Display();
  }
  if (P0 == true || P1 == true)
  {
    pesoDeseado = peso_HMI + peso_teclado;
    pesar(pesoDeseado);
    peso_HMI = 0;
    peso_teclado = 0;
    P0 = false;
    P1 = false;
    reset_Display();
    peso_tecladoD = 0;
    peso_tecladoE = 0;
    peso_teclado = 0;
    peso_HMI = 0;
    i = 3;
    lcd.setCursor(i, 1);
  }
  else
  {
    leer_Peso_Teclado();
    leer_HMI();
  }
}
//.....
void leer_Peso_Teclado() {
  char key = keypad.getKey();
  if (key != 'A' && key != 'B' && key != 'C' &&
      key != 'D' && key != '*' && key != '#' && i !=
      1)
  {
    if (key) {
```

```

if (i == 3 )
{
    peso_tecladoE = int(key) - 48.0 ;
    lcd.setCursor(i, 1);
    lcd.print(key - 48);
    i = i + 2;
}
else
{
    peso_tecladoD = (int(key) - 48) / 10.0;
    lcd.setCursor(i, 1);
    lcd.print(key);
    lcd.print("0");
    i = 3;
}
}
}
if (key == 'A')
{
    reset_Display();
    peso_tecladoD = 0;
    peso_tecladoE = 0;
    peso_teclado = 0;
    peso_HMI = 0;
    i = 3;
    lcd.setCursor(i, 1);
}
if (key == 'B' )
{
    peso_teclado = peso_tecladoE +
    peso_tecladoD;
    if (peso_teclado > 3)
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(" Pesar Maximo ");
        lcd.setCursor(0, 2);
        lcd.print(" 3 LIBRAS");
        delay(3000);
        reset_Display();
        peso_tecladoD = 0;
        peso_tecladoE = 0;
        peso_teclado = 0;
        peso_HMI = 0;
        i = 3;
        lcd.setCursor(i, 1);
    }
    else {
        myNextion.setComponentValue("n0",
    peso_tecladoE );
        myNextion.setComponentValue("n1",
    int(peso_tecladoD * 10.0) );
        if (i == 5)
        {
            lcd.noBlink();
            lcd.setCursor(i, 1);
            lcd.print("00");
        }
        if (peso_teclado != 0)
        {
            i = 1;
            lcd.noBlink();
            lcd.setCursor(0, 2);
            lcd.print("Pesando:");
            lcd.print(peso_teclado);
            P1 = true;
        }
    }
}
//.....
void leer_HMI()
{
    String message = myNextion.listen();
    if (message == "65 0 b 1 ffff ffff ffff")
    {
        myNextion.buttonToggle(a, "b4", 0, 1);
    }
    if (message == "65 0 c 1 ffff ffff ffff")
    {
        myNextion.buttonToggle(b, "b5", 0, 1);
    }
    if (a == true)
    {
        lcd.noBlink();
        int v, u;
        delay(50);
        u = myNextion.getComponentValue("n0");
        v = myNextion.getComponentValue("n1");
        peso_HMI = u + v * 0.1;
        lcd.setCursor(3, 1);
        lcd.print(peso_HMI);
        lcd.setCursor(7, 1);
        lcd.print(" ") ;
        a = false;
        P0 = true;
    }
}
//.....
void pesar( float pesoDeseado)
{
    activarDrivers();
    int u, d, c;
    float x, r, r2;
    int celda = analogRead(A0) - 0;
    float limInf = pesoDeseado * 285.0 - 50;
    int limSup = pesoDeseado * 285.0;
    while ( pesoDeseado * 285.0 >= celda && f
    == false )
    {
        celda = analogRead(A0);
        Serial.println(celda);
        u = int(celda / 285.0);
        r = (celda / 285.0 - u) * 10.0;
        d = int(r);
        r2 = (r - d) * 10.0;
        c = int(r2);
        lcd.setCursor(6, 3);
        lcd.print(celda / 285.0);
        lcd.setCursor(6, 3);
    }
}

```



```

//.....
void GiroPAP(int S )
{
  while (Q0 == true && f == false )
  {
    int d = digitalRead(S);
    pulso();
    if (d == 1)
    {
      Q0 = false;
    }
  }
}
//.....
void GiroE(int S )
{
  while (Q0 == true &&
digitalRead(pinBotonParo)==0)
  {
    int d = digitalRead(S);
    pulso();
    if (d == 1)
    {
      Q0 = false;
    }
  }
}
//.....
void pulso()
{
  digitalWrite(pinPull, HIGH);
  delayMicroseconds(750);
  digitalWrite(pinPull, LOW);
  delayMicroseconds(750);
}
//.....
void abrirSelladora()
{
  digitalWrite(pinDir, HIGH);
  Q0 = true;
  GiroPAP(pinFcSelladora2);
}
//.....
void cerrarSelladora()
{
  digitalWrite(pinDir, LOW);
  Q0 = true;
  GiroPAP(pinFcSelladora1);
  for (int i = 0; i <= 200; i++)
  {
    pulso();
  }
}
//.....
void enablePAP()
{
  digitalWrite(pinEnable, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(pinEnable, LOW);
}

//.....
void disablePAP()
{
  delay(10);
  digitalWrite(pinRelePap, LOW);
  digitalWrite(pinEnable, HIGH);
}
//.....
void reset_Display()
{
  myNextion.setComponentValue("n0", 0 );
  myNextion.setComponentValue("n1", 0 );
  lcd.clear();
  lcd.blink();
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print("Libras");
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Ingreso el peso");
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print("_.");
  lcd.setCursor(i, 1);
}
//.....
void iniciar()
{
  digitalWrite(pinRelePap, HIGH);
  delay(100);
  activarDrivers();
  delay(100);
  cerrarCompuerta();
  cerrarCompuerta();
  delay(100);
  desactivarDrivers();
  enablePAP();
  delay(100);
  abrirSelladora();
  disablePAP();
}
//.....
void bandera()
{
  f = true;
}
//.....
void funcionBoton() {
  digitalWrite(pinReleLuzParo, HIGH);
  lcd.begin(16, 4);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" Boton de Paro ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" Presionado ");
  while (f == true)
  {
    if (digitalRead(pinBotonParo) == 1)
    {
      f = false;
      digitalWrite(pinReleLuzParo, LOW);
    }
    delay(1);
    char key = keypad.getKey();
  }
}

```

```

if (key) {
  lcd.setCursor(7, 2);
  lcd.print(key);
  switch (key) {
    case 'A':
      //Activar Drivers
      digitalWrite(pinReleDC, HIGH);
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Drivers ON ");
      break;
    case 'B':
      // Desactivar Drivers
      digitalWrite(pinReleDC, LOW);
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Drivers OFF ");
      break;

    case '1':
      //Mover Banda Grande
      analogWrite(pinBanda, 100);
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Banda ON ");
      break;

    // Parar banda Grande
    case '2':
      digitalWrite(pinBanda, LOW);
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Banda OFF ");
      break;
    //abrir compuerta
    case '4':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Open ");
      abrirCompuerta();
      break;

    case '5':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" Close ");
      cerrarCompuerta();
      break;

    case 'C':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" PAP Activado ");
      digitalWrite(pinRelePap, HIGH);
      break;

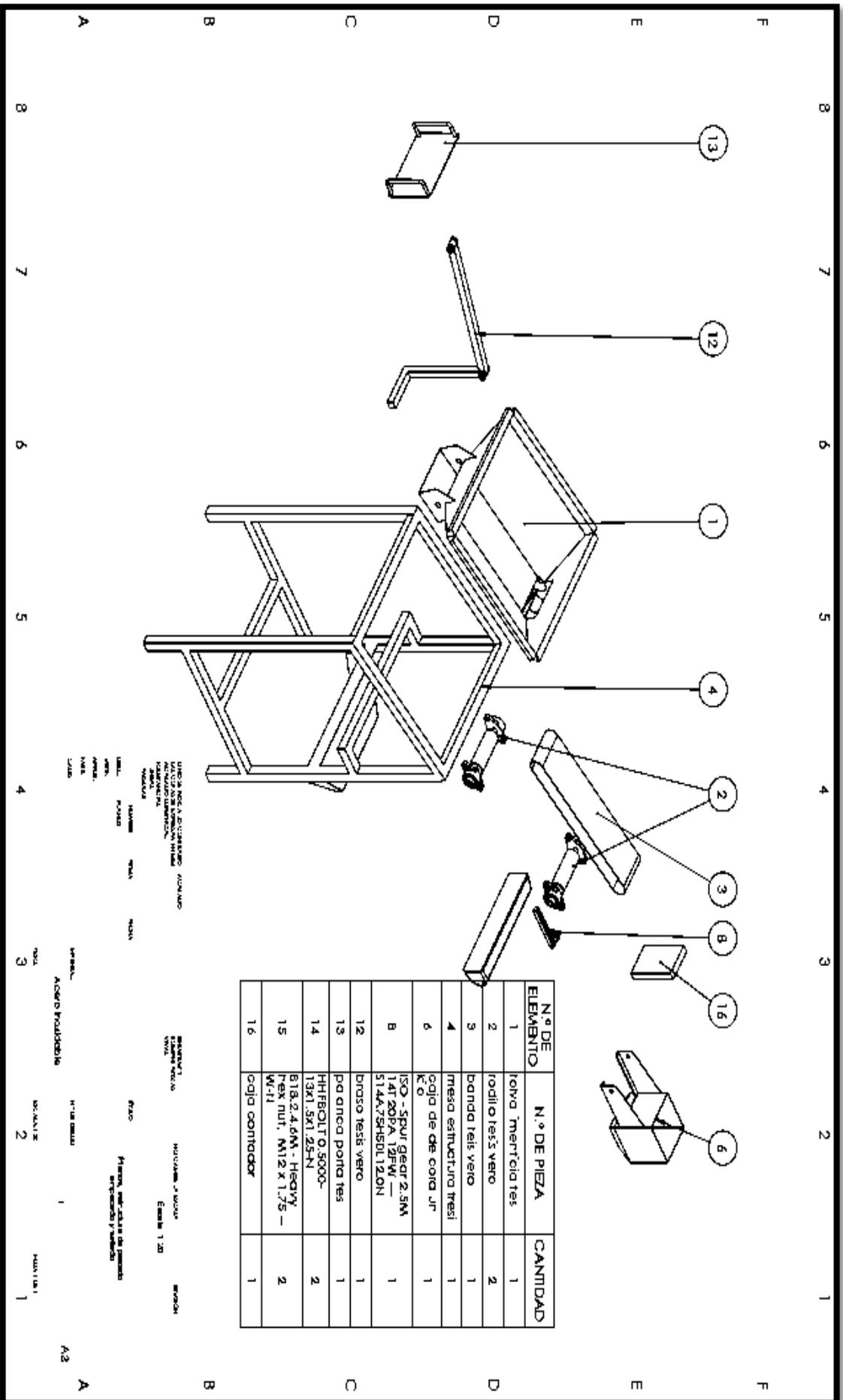
    case 'D':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" PAP Desactivado");
      digitalWrite(pinRelePap, LOW);
      break;

    case '7':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" PAP Enable ");
      digitalWrite(pinEnable, HIGH);
      break;
    case '*':
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.print(" PAP Disable ");
      digitalWrite(pinEnable, LOW);

```

Anexo E: Diseño mecánico en SOLIDWORKS – Planos





| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | CANTIDAD |
|-----------------|---|----------|
| 1 | teja terciada tes | 1 |
| 2 | rodillo tesis vero | 2 |
| 3 | banda tesis vero | 1 |
| 4 | mesa estructura tesis | 1 |
| 6 | caja de eje corda jr K O | 1 |
| B | ISO - spur gear 2,5M 141 20/P/12PW - 514A/SHSOL120N | 1 |
| 12 | brasa tesis vero | 1 |
| 13 | pa anca porta tes | 1 |
| 14 | HHBOLTO 5000-13X1,5X1,25-N | 2 |
| 15 | B18,2,4,6M - Heavy flex nut. M12 x 1,75 - W-11 | 2 |
| 16 | caja contrador | 1 |

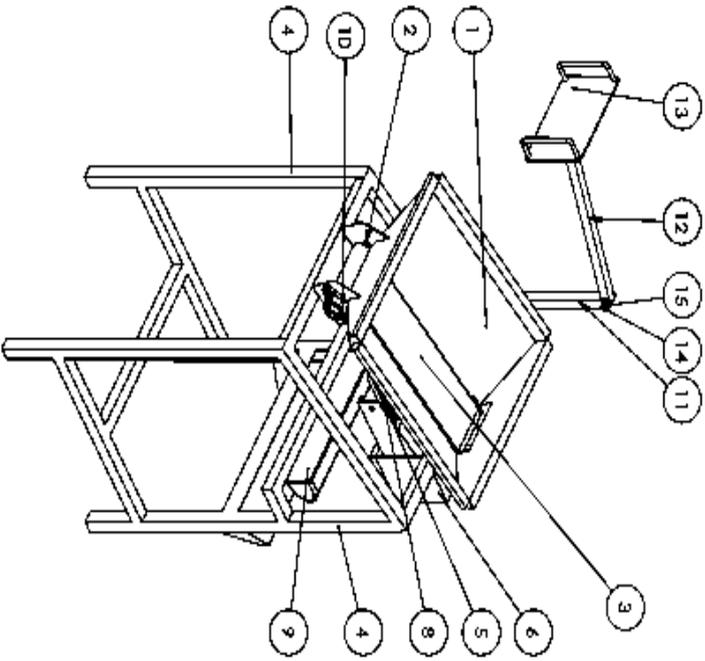
UNICIA NESTA APLICACIONES: APLICACIONES
 PARA USO EN AMBIENTES DE TRABAJO
 INDUSTRIAL Y LABORATORIO
 DE INVESTIGACION
 Y DESARROLLO

MATERIAL
 ESTRUCTURAL
 ACERO INOXIDABLE

FINISH
 PINTURA
 POLIURETANO

MONTAJE
 Y DESMONTAJE
 FACIL

A3



| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | CANTIDAD |
|-----------------|---|----------|
| 1 | foya liménica res | 1 |
| 2 | rodillo tesis vero | 2 |
| 3 | banda tesis vero | 1 |
| 4 | mesa estructura res | 1 |
| 5 | ISO - Post-spur - Rectángulo 2,5M 20PA, 15PW 15PH 15OL -SA1 | 1 |
| 6 | caja de de cora un kilo | 1 |
| 7 | tapa comedisa compuerta | 1 |
| 8 | ISO - Spur gear 2,5M 14T 20PA, 12PW -S 14A, 75H50L12,0H | 1 |
| 9 | NIQUELINA CELADORA | 1 |
| 10 | chumascera | 4 |
| 11 | palanca tesis vero | 1 |
| 12 | brasa tesis vero | 1 |
| 13 | palanca punto res | 1 |
| 14 | HHFBOLT_0,5000-15X1,5X1,25-H | 2 |
| 15 | B1B2,4,6M - Heavy hex nut, M12 x 1,75 -W-N | 2 |
| 16 | caja cortador | 1 |

MATERIAL: **ALUMINIO**
 TOLERANCIAS: **ISO 2875**
 FINISADO: **ANODIZADO**
 MONTAJE: **MANUAL**
 MANTENIMIENTO: **MANUAL**
 SERVICIO: **MANUAL**
 OTRAS: **MANUAL**

MATERIAL: **ALUMINIO**
 TOLERANCIAS: **ISO 2875**
 FINISADO: **ANODIZADO**
 MONTAJE: **MANUAL**
 MANTENIMIENTO: **MANUAL**
 SERVICIO: **MANUAL**
 OTRAS: **MANUAL**

Partes que constituyen el sistema automatizado

A 8 7 6 5 4 3 2 1
 A3 A

