

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
CLASIFICADORA Y TRANSPORTADORA DE FRUTAS DE
ACUERDO AL TAMAÑO PARA SUPERMERCADOS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

ISRAEL EMMANUELL PAZMIÑO TAMAYO

profesor_epn@yahoo.es

DIRECTOR: ING. PATRICIO CARRASCO

patricio.carrasco@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2012

DECLARACIÓN

Yo Israel Emmanuell Pazmiño Tamayo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Israel E. Pazmiño T.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Israel Emmanuell Pazmiño Tamayo, bajo mi supervisión.

Ing. Patricio Carrasco

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por brindarme la segunda oportunidad que necesitaba mi vida para poder cambiar y continuar hasta llegar a culminar con la meta propuesta.

A toda mi familia, por el apoyo recibido en todos estos años de estudio.

A la carrera de Mantenimiento Industrial, que supo acogerme y brindarme el apoyo que necesitaba en un momento difícil de mi vida.

A todos los ingenieros, con los que se obtuvo el conocimiento para poderse desempeñar en el ámbito laboral; en especial a mi tutor, Ing. Patricio Carrasco, con el que aprendí una nueva forma de visualizar y aplicar los conocimientos recibidos durante toda la carrera universitaria.

A mis amigos de Mantenimiento Industrial, Wilson, Nacho, Alexandra, Majo, Carmita y Maru, con los que he formado una gran amistad y compartido la mayor parte de mi vida universitaria con muy buenas experiencias y anécdotas que las voy a recordar siempre.

A mis amigos de Electromecánica, Edison, Fernando, Ricardo, Jonathan y Alex, los que siempre me ayudaron a sobrellevar los problemas y con los cuales hemos pasado momentos muy amenos y seguiremos viviendo nuevas experiencias.

A mis amigos de otras universidades, del colegio y de la infancia; que, en su debido momento, supieron dar los ánimos necesarios cuando todo parecía estar perdido.

Un agradecimiento especial a ti Erika, a quien he llegado a considerar mi mejor amiga, la que siempre me apoyado y me ayudado a resolver muchas de las dificultades por las que he pasado y en quien he depositado mi confianza.

Gracias a todos mis amigos y amigas de la Poli.

Israel Emmanuell Pazmiño Tamayo

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi papá Ángel Eduardo Pazmiño Camacho y a mi mamá Judith Heroína Consuelo Tamayo, de quienes he recibido el apoyo incondicional en toda mi vida y me han llevado por el buen camino con sus consejos y enseñanzas hasta lograr mis metas.

A mis hermanos Estanislao, Johanna y Patricio, de quienes he recibido un buen ejemplo de que, con dedicación y esfuerzo, poco a poco se consigue llegar a las metas propuestas.

Además, dedico este proyecto a todas aquellas personas que han sabido aprovechar esa segunda oportunidad que ofrece la vida para demostrar que, a pesar de las adversidades, se puede lograr triunfar en la vida.

Israel Emmanuell Pazmiño Tamayo

CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1 CONTROL DE LOS SISTEMAS DE SELECCIÓN Y TRANSPORTACIÓN DE LAS FRUTAS.....	1
1.1.1 CONTROL GENERAL DE LA MÁQUINA.....	1
1.1.1.1 Encendido General.	3
1.1.1.2 Encendido de sensores, controladores y actuadores.....	4
1.1.1.3 Encendido de las bandas transportadoras.....	4
1.1.2 CONTROL DEL SISTEMA DE SELECCIÓN DE FRUTAS.....	5
1.1.3 CONTROL DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN DE FRUTAS....	7
1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS A UTILIZAR.....	8
1.2.1 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	9
1.2.1.1 Servomotor de Corriente Continua.....	11
1.2.1.1.1 Partes de un servomotor.....	12
1.2.1.1.2 Funcionamiento del servomotor.....	13
1.2.2 FUENTE DE CORRIENTE CONTINUA.....	14
1.2.3 SENSORES A UTILIZAR.	15
1.2.3.1 Tipos de sensores.....	16
1.2.4 PRINCIPALES DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS A UTILIZAR.	17
1.2.4.1 Dispositivos discretos activos y pasivos.....	18
1.2.4.1.1 Resistor.....	18
1.2.4.1.2 Condensador.	19
1.2.4.1.3 Transistor.....	20
1.2.4.2 Dispositivos Integrados.....	23
1.2.4.2.1 Circuito integrado NE555.....	23

1.2.5	ACTUADORES A UTILIZAR.....	27
1.2.5.1	El Relé.....	27
1.3	TRANSFORMADORES MECÁNICOS.....	28
CAPÍTULO II		30
2	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.	30
2.1	DIAGRAMA DE BLOQUES Y FUNCIONAMIENTO.....	30
2.2	CONSTRUCCIÓN DE CADA BLOQUE Y FUNCIONAMIENTO.	32
2.2.1	ETAPA 1: ENCENDIDO Y APAGADO GENERAL.	32
2.2.1.1	Elaboración de una placa de circuito impreso.....	34
2.2.2	ETAPA 2: SISTEMA DE SENSORES, SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA ACTUADOR.	39
2.2.2.1	Sistema de sensores.....	39
2.2.2.2	Sistema de control.	43
2.2.2.3	Sistema actuador.	45
2.2.3	ETAPA 3: SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN.....	48
2.3	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA MÁQUINA.....	49
2.4	ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA.	51
2.4.1	FASE 1: BANDA TRANSPORTADORA PRINCIPAL.	51
2.4.1.1	Ensamblaje de la Fase 1.....	54
2.4.2	FASE 2: BANDA TRANSPORTADORA TAMAÑO GRANDE.....	60
2.4.2.1	Ensamblaje de la Fase 2.....	61
2.4.3	FASE 3: BANDA TRANSPORTADORA TAMAÑO MEDIANO.	63
2.4.3.1	Ensamblaje de la Fase 3.....	63
2.4.4	FASE 4: BANDA ELEVADORA.	66
2.4.4.1	Ensamblaje de la Fase 4.....	67

2.4.5	FASE 5: TOLVA RECEPTORA.....	71
2.4.5.1	Ensamblaje de la Fase 5.....	72
2.4.6	FASE 6: INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	74
2.5	PRUEBAS Y CALIBRACIÓN.....	80
2.5.1	MANUAL DE INSTRUCCIONES.....	82
2.5.1.1	Procedimientos iniciales.....	83
2.5.1.2	Funcionamiento de la máquina.....	83
2.5.1.3	Uso de los controles.....	83
2.5.1.4	Información adicional.....	84
2.6	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.....	85
2.6.1	ANÁLISIS TÉCNICO.....	85
2.6.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	86
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	ANEXOS	92
	ANEXO 1	93

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Fig. 1.1 Diagrama de bloques de encendido del sistema de clasificación y transportación de frutas.....	3
Fig. 1.2 Memorizado de un relé con 2 pulsadores.....	3
Fig. 1.3 Encendido simultáneo de 3 relés con memorizado	4
Fig. 1.4 Diagrama del proceso de encendido de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.	5
Fig. 1.5 Diagrama de flujo del sistema de clasificación de frutas.	6
Fig. 1.6 Diagrama de control del encendido del sistema de transportación de frutas.	7
Fig. 1.7 Esquema de los componentes de un motor de C.C.	10
Fig. 1.8 Partes de un servomotor.	12
Fig. 1.9 PWM para recorrer todo el rango de operación del servo.	13
Fig. 1.10 Ejemplos de posicionamiento de un servomotor.	13
Fig. 1.11 Funcionamiento de una fuente expresado en diagrama de bloques.	14
Fig. 1.12 Fotorresistencia LDR.....	16
Fig. 1.13 Sensor de contacto bumper.	17
Fig. 1.14 Resistencias fijas y resistencias variables.....	19
Fig. 1.15 Varios tipos de condensadores.	20
Fig. 1.16 Regiones del transistor con las junturas NPN y PNP.	21
Fig. 1.17 Pines del C.I. 555	24
Fig. 1.18 Esquema de la aplicación de multivibrador astable del 555.	26
Fig. 1.19 Esquema de la aplicación de multivibrador monoestable del 555.	26
Fig. 1.20 Partes de un relé	27
Fig. 1.21 Motor reductor doble.	28

CAPÍTULO II

Fig. 2.1 Diagrama de bloques de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.	30
Fig. 2.2 Diagrama del proceso de encendido y apagado general.	32
Fig. 2.3 Diseño del circuito en el programa Ares.....	33

Fig. 2.4 Trazado de las pistas.	33
Fig. 2.5 Circuito del sistema de encendido y apagado general.	33
Fig. 2.6 Identificación de los terminales del circuito de encendido y apagado general.	34
Fig. 2.7 Cortado de la baquelita según el tamaño del circuito.	35
Fig. 2.8 Fijado del circuito mediante la transmisión de calor en la baquelita.	35
Fig. 2.9 Sumergido de la placa en agua.	36
Fig. 2.10 Remoción del papel de la placa.	36
Fig. 2.11 Placa sumergida en el ácido.	36
Fig. 2.12 Cobre removido de la placa.	37
Fig. 2.13 Lavado de la placa en agua pura.	37
Fig. 2.14 Lijado de la placa.	37
Fig. 2.15 Circuitos de la placa visibles.	37
Fig. 2.16 Perforado de la placa.	38
Fig. 2.17 Circuito del sistema de encendido y apagado general terminado.	38
Fig. 2.18 Circuito de un transistor para uso en corte o saturación con una LDR.	39
Fig. 2.19 Transistor utilizado como compuerta NOT.	40
Fig. 2.20 Ubicación de los elementos del circuito de sensores.	41
Fig. 2.21 Circuitos del sistema de sensores.	41
Fig. 2.22 Circuito eléctrico para el control de un servomotor.	42
Fig. 2.23 Circuito de control de servomotores.	42
Fig. 2.24 Circuito impreso para control de un servomotor.	43
Fig. 2.25 Circuito de control terminado de un servomotor.	43
Fig. 2.26 Multivibrador monoestable.	43
Fig. 2.27 Circuito unificado del sistema de sensores y control.	44
Fig. 2.28 Circuito del sistema de sensores y control.	45
Fig. 2.29 Circuito del sistema actuador.	45
Fig. 2.30 Circuito general del sistema de clasificación.	46
Fig. 2.31 Circuito eléctrico completo del proceso de clasificación.	46
Fig. 2.32 Placa de circuito impreso del sistema de clasificación etapa 2.	47
Fig. 2.33 Placa de circuito impreso del proceso de clasificación con sus elementos soldados.	47

Fig. 2.34 Sistema de transportación de las frutas.	48
Fig. 2.35 Esquema de la banda transportadora principal y sus medidas en centímetros.....	52
Fig. 2.36 Ubicación de sensores y motores de compuertas.....	52
Fig. 2.37 Ubicación de servomotores y bumpers.	53
Fig. 2.38 Diseño completo de la banda transportadora principal.....	53
Fig. 2.39 Mesa-soporte para la banda transportadora principal.	55
Fig. 2.40 Ubicación de motores reductores y bumpers sobre la estructura principal.....	55
Fig. 2.41 Doblado de las placas de acrílico.....	55
Fig. 2.42 Compuerta ubicada sobre el soporte del motor.....	55
Fig. 2.43 Elementos para armar los rieles.....	56
Fig. 2.44 Riel armado y pegado sobre el acrílico.	56
Fig. 2.45 Estructura móvil para los sensores de tamaño.....	56
Fig. 2.46 Ubicación de la estructura de los sensores de tamaño.	56
Fig. 2.47 Ubicación del servomotor.	57
Fig. 2.48 Sistema Biela-Manivela.	57
Fig. 2.49 Soportes de los rodillos.	57
Fig. 2.50 Soportes instalados sobre la tabla base.....	57
Fig. 2.51 Rodillo instalado sobre los soportes.....	57
Fig. 2.52 Cuerina para la elaboración de la banda transportadora.....	58
Fig. 2.53 Prueba de tensión de la banda transportadora principal.	58
Fig. 2.54 Ubicación de la banda sobre el soporte.	58
Fig. 2.55 Ubicación de los soportes de los sensores en los rieles.	59
Fig. 2.56 Sensor emisor-receptor.....	59
Fig. 2.57 Ubicación de los sensores en los soportes.	59
Fig. 2.58 Montaje de la estructura terminado.	59
Fig. 2.59 Acople asegurado en el rodillo.	60
Fig. 2.60 Caja reductora asegurada al soporte del rodillo.	60
Fig. 2.61 Esquema del sistema de transportación tamaño grande con dimensiones en centímetros.....	60
Fig. 2.62 Estructura de soporte para la banda transportadora.	61
Fig. 2.63 Rodillo para el sistema de transportación.....	62

Fig. 2.64 Ubicación de los soportes para los rodillos.	62
Fig. 2.65 Banda transportadora y soportes del rodillo.	62
Fig. 2.66 Acople entre eje de rodillos y caja reductora.	63
Fig. 2.67 Soporte de rodillo y acople.	63
Fig. 2.68 Esquema de la banda transportadora tamaño mediano con dimensiones en centímetros.	63
Fig. 2.69 Estructura para el sistema de transportación tamaño mediano.	64
Fig. 2.70 Banda transportadora para tamaño mediano.	64
Fig. 2.71 Sistema motriz para la fase 2 y 3 mediante una caja reductora doble. .	65
Fig. 2.72 Ubicación de los rodillos sobre los soportes.	65
Fig. 2.73 Caja reductora doble.	65
Fig. 2.74 vista general de las 3 fases ensambladas.	66
Fig. 2.75 Diseño de la banda elevadora con sus medidas.	66
Fig. 2.76 Estructura metálica de la banda elevadora.	67
Fig. 2.77 Ubicación de la plancha de madera sobre la estructura metálica.	68
Fig. 2.78 Colector sobre la banda elevadora.	68
Fig. 2.79 Fijación de los colectores sobre la banda elevadora.	68
Fig. 2.80 Ubicación de la banda y el rodillo sobre la estructura.	69
Fig. 2.81 Fijación de los soportes sobre la tabla base.	69
Fig. 2.82 Acople sobre el rodillo.	69
Fig. 2.83 Motor reductor de la banda elevadora.	69
Fig. 2.84 Barreras de acrílico.	70
Fig. 2.85 Barrera pegada a la estructura-soporte de la banda.	70
Fig. 2.86 Barrera móvil de plástico.	70
Fig. 2.87 Fases del 1-4 terminadas en su ensamblaje.	71
Fig. 2.88 Diseño de la tolva receptora con dimensiones en centímetros.	71
Fig. 2.89 Barreras de acrílico para la tolva receptora.	72
Fig. 2.90 Pegado de las barreras a la plancha base.	72
Fig. 2.91 Soportes grandes de la tolva receptora.	73
Fig. 2.92 Soportes pequeños de la tolva receptora.	73
Fig. 2.93 Tolva receptora ensamblada e instalada sobre la tabla base.	73
Fig. 2.94 Ensamblado final de las fases 1-5.	74
Fig. 2.95 Cables dentro de la canaleta.	75

Fig. 2.96 Espadines soldados en los cables.....	75
Fig. 2.97 Canaleta ubicada debajo de la banda transportadora principal.....	75
Fig. 2.98 Fuente de poder.	76
Fig. 2.99 Caja para los circuitos de control.....	76
Fig. 2.100 Cables guiados por canaleta.	76
Fig. 2.101 Instalación de la placa de control.	76
Fig. 2.102 Instalación eléctrica para los motores de las compuertas.	77
Fig. 2.103 Conexión de los cables según el código de colores.....	77
Fig. 2.104 Instalación de la placa controladora de los servomotores y conexión de cables.....	78
Fig. 2.105 Instalación de la placa de control de encendido y conexión de cables.....	78
Fig. 2.106 Cableado dentro de canaletas.....	78
Fig. 2.107 Ubicación de los diferentes elementos de control sobre la tapa de la caja de acrílico.	79
Fig. 2.108 Vista superior de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.....	79
Fig. 2.109 Vista lateral de la máquina clasificadora y transportadora de frutas. ...	79
Fig. 2.110 Esferas de diferente tamaño.	80
Fig. 2.111 Ubicación de esferas bajo los sensores.	80
Fig. 2.112 Registro del tamaño de las frutas.....	81
Fig. 2.113 Tablero de control.....	83
Fig. 2.114 Potenciómetros para control de altura y tiempo.	84

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

PRUEBAS Y CALIBRACIÓN

Tabla 2.1 Tiempo de apertura de compuertas según los grupos.	82
---	----

RESUMEN

El mundo tecnológico ha permitido el control automático de casi todos los procesos, siendo ésta la principal razón de la construcción de un sistema de transportación y clasificación de frutas para mejorar los procesos industriales y la calidad de los mismos, mediante un control por sensores de medida.

En el primer capítulo se expone la información necesaria como parte de una explicación general para que el lector tenga una idea del funcionamiento y uso de cada uno de los diferentes tipos de control, una serie de dispositivos eléctricos y electrónicos que son indispensables para el funcionamiento, y transformadores mecánicos que ayudan al movimiento general de la máquina.

En el segundo capítulo se indica la construcción de toda la máquina, en la que se especifica el diseño de cada uno de los bloques de los que se compone la máquina, el ensamblaje de cada uno de ellos, las pruebas de calibración y un análisis técnico – económico que ayudan a complementar todo el sistema de clasificación y transportación de las frutas de acuerdo al tamaño.

La investigación realizada plasmada en este documento, además involucra a las conclusiones y recomendaciones extraídas de la misma, así como los antecedentes que motivaron dicha investigación.

PRESENTACIÓN

En la actualidad los supermercados cuentan con un sistema netamente de bandas transportadoras de las frutas, que lo único que realizan es transportar las frutas de un lugar a otro para su posterior clasificación y empaque en forma manual lo que genera una mayor inversión en tiempos y costos. El sistema actual de clasificación de las frutas no permite un óptimo desempeño ya que se lo realiza netamente “al ojo” sin una estandarización adecuada que genera un desbalance a la hora de fijar los precios en el producto. El simple hecho que las personas manipulen las frutas genera una desconfianza por parte del consumidor ya que mientras se transporta y clasifica, las personas pueden estar faltando a las normativas de salud. En consecuencia, se puede decir que el sistema actual de transporte y clasificación de las frutas se lo realiza de una forma precaria que, para el mundo en que vivimos, no resulta ser competitivo en el mercado.

Con el proyecto se trata de innovar el sistema de transportación incluyendo a éste una clasificadora según el tamaño de las frutas con lo que se reduciría los costos y tiempos que demanda el clasificar y empaclar alimentos. Con el afán de mejorar la calidad y competencia en la industria se creará esta máquina que permitirá un óptimo desempeño y a la vez modernizará a la industria en el mundo actual de la automatización para facilitar un mejor servicio y una mayor rentabilidad.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 CONTROL DE LOS SISTEMAS DE SELECCIÓN Y TRANSPORTACIÓN DE LAS FRUTAS.

Un sistema de control está constituido por varios componentes relacionados entre sí cuya función primordial es establecer parámetros que regulen o dirijan su actuación por sí mismos sin intervención de agentes externos (incluido el factor humano). Estos sistemas de control forman parte del progreso industrial que se ha desarrollado durante las últimas décadas.¹

Los sistemas de control automatizados son fundamentales en los procesos industriales debido a que reducen el costo de los mismos ganando en eficiencia, eliminando la mano de obra pasiva, y corrigiendo los posibles errores que se presenten en el funcionamiento.

Un control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

1.1.1 CONTROL GENERAL DE LA MÁQUINA.

El sistema de control² puede ser de un lazo abierto o un lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control que es la que activa el sistema para producir la salida.

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el que la acción de control es independiente de la salida. Los sistemas de control de lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

¹[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillera to/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillera%20to/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf)

² http://www.sapiensman.com/control_automatico/

- a) La ejecución de una acción con exactitud que está determinada por su calibración.
- b) Estos sistemas no tienen problemas de inestabilidad que presentan los de lazo cerrado.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel que en la acción de control, de cierta manera, es dependiente de la salida y se lo denomina sistema de control por retroalimentación. Generalmente, se afirma que existe retroalimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones causa - efecto entre las variables del sistema. Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

- a) Aumento de la exactitud.
- b) Reducción de la sensibilidad de la salida correspondiente a una determinada entrada ante variaciones en las características del sistema.
- c) Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- d) Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente.
- e) Tendencia a la oscilación o inestabilidad.

Es necesario detallar un sistema que permita encender la máquina por etapas; ya que, esto proporciona un mejor control del proceso de calibración antes de poner en marcha el proceso de clasificación que es su etapa final. Con el fin de ayudar a entender el proceso de encendido es indispensable elaborar un diagrama de bloques en el que se especificará la secuencia de encendido de la máquina, para ello se establecen las siguientes condiciones:

- 1) Encendido y apagado general
- 2) Encendido de los sensores
- 3) Encendido del sistema de control
- 4) Encendido del sistema actuador
- 5) Encendido y apagado de las bandas transportadoras

Con las condiciones anteriormente mencionadas, se realiza un diagrama de bloques para un mejor entendimiento y ubicación de las etapas del proceso de encendido de la máquina, como se muestra en la figura 1.1.

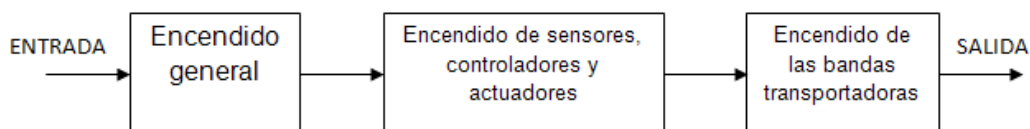


Fig. 1.1 Diagrama de bloques de encendido del sistema de clasificación y transportación de frutas.

Este esquema da a entender que los procesos de encendido están establecidos de tal manera que se los realicen secuencialmente para un mejor control, calibración y funcionamiento de la máquina en sus diferentes etapas.

1.1.1.1 Encendido General.

Para el encendido general, que constituye la primera etapa del diagrama de bloques, se requiere realizar un sistema de memorizado, el cual nos permite encender y apagar un relé mediante pulsadores y memorizándolo con uno de sus contactos. En el gráfico 1.2 se detalla un esquema de control perteneciente al sistema de memorizado del relé con dos pulsadores.

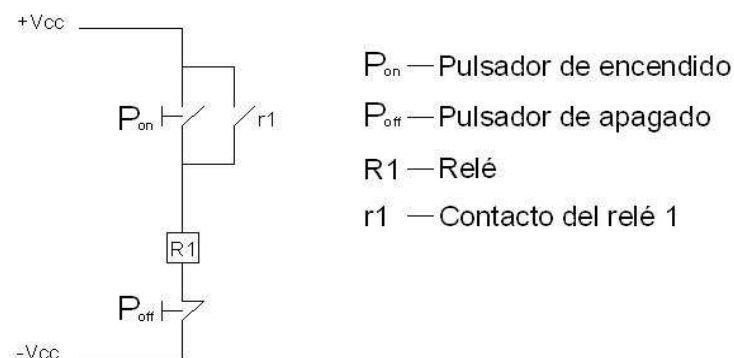


Fig. 1.2 Memorizado de un relé con 2 pulsadores.

El funcionamiento del mecanismo es el siguiente: mediante los pulsadores P_{on} y P_{off} se conecta o desconecta la bobina del relé. Al momento de pulsar P_{on} , la bobina del relé se excita y activa uno de los contactos ($r1$) que se encuentra en paralelo con el pulsador P_{on} , realimentando la energía a la bobina del relé sin necesidad de tener P_{on} pulsado. Si se pulsa P_{off} se corta la alimentación a la

bobina, que se desenergiza, desconectándose su realimentación por el contacto auxiliar.

Es éste el control que permite encender y apagar la máquina clasificadora. El P_{on} permite energizar a la máquina a voluntad del operador; y del mismo modo P_{off} , desenergizarla; constituyendo un sistema de seguridad en caso de que suceda alguna eventualidad.

1.1.1.2 Encendido de sensores, controladores y actuadores.

Este sistema de encendido debe ser dependiente del anterior, en la medida en que el de encendido y apagado general es de seguridad. También constituye un sistema con 3 relés con memorizado, para el encendido respectivamente de los circuitos de sensores, controladores y actuadores, como se detalla en la figura 1.3.

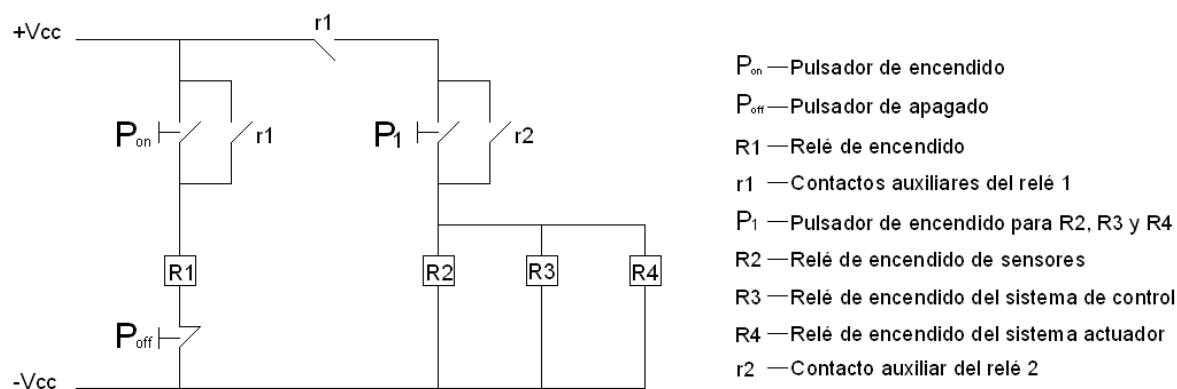


Fig. 1.3 Encendido simultáneo de 3 relés con memorizado

Se tiene un pulsador $P1$ que permitirá energizar las bobinas de los 3 relés ($R2$, $R3$ y $R4$) con un memorizado del contacto del relé 2, y a su vez dependientes de la activación del relé 1; ya que, si éste no se activa, el contacto $r1$ no permite el paso de energía inutilizando el pulsador $P1$ y por consiguiente la activación de los 3 relés y su memorizado.

1.1.1.3 Encendido de las bandas transportadoras.

El control de esta etapa depende de todos los anteriores, pero a su vez es independiente para poder encender y apagar el sistema cuando se lo requiera.

En el circuito de la figura 1.4, se encuentra el diseño del sistema de control de todo el proceso de encendido, en donde el último de los bloques depende del encendido de los dos anteriores, con un esquema igual al primero contando con un pulsador de encendido (P2) y un pulsador de apagado (P3) que facilitan el segundo proceso, ya que no es necesario apagar toda la máquina para poder realizar una nueva calibración en el tamaño de las frutas, sino sólo el último bloque que pertenece al sistema de transportación.

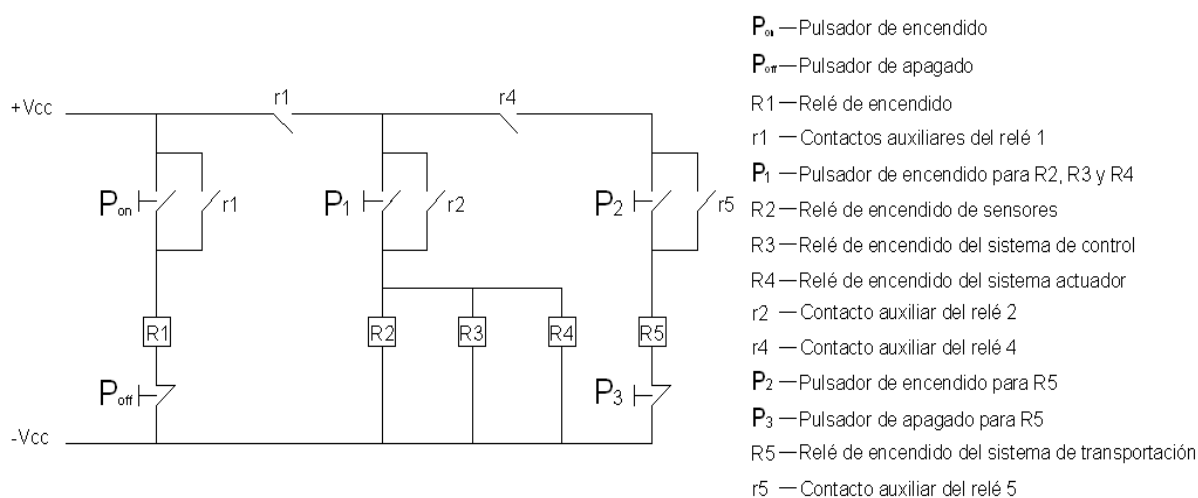


Fig. 1.4 Diagrama del proceso de encendido de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.

En la actualidad, estos sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida. En este caso, se espera que el proceso industrial de clasificación y transportación de frutas pueda aumentar y mejorar la calidad de clasificación del producto, reducir los costes de producción, y obtener una mayor competitividad en el mercado, utilizando los diferentes sistemas de control que lograrán un desempeño óptimo de la máquina a construir.

1.1.2 CONTROL DEL SISTEMA DE SELECCIÓN DE FRUTAS.

Un control efectivo del sistema de selección de frutas requiere la determinación de un sistema ya sea de lazo abierto o lazo cerrado. Para llegar a conocer el tipo de control a utilizar se debe crear los parámetros de entrada y salida, los cuales están dados por el funcionamiento que va a tener la máquina. La elección de un

adecuado sistema de control, demanda de la elaboración de un diagrama de flujo del proceso de clasificación en el que se tiene que determina:

- a) Variable de entrada.
- b) Sistema de control.
- c) Variable de salida.

Con estos parámetros, el proceso productivo de clasificación se muestra en la figura 1.5.

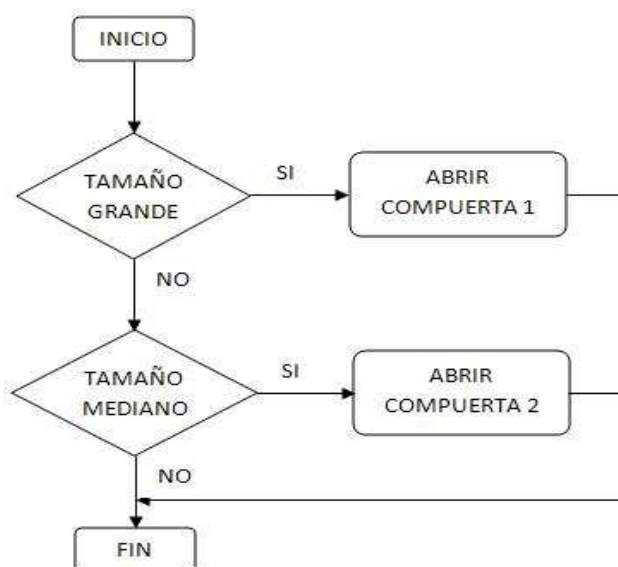


Fig. 1.5 Diagrama de flujo del sistema de clasificación de frutas.

En el diagrama de flujo expuesto, el proceso productivo indica una sola secuencia en el que las variables de salida no realimentan al proceso sino que cumplen la función y terminan con la misma sin aportar nuevamente al proceso productivo. El funcionamiento básico de la máquina está determinado por 2 condicionantes en los cuales se especifica el tamaño y la función que desempeñan. Si el tamaño de la fruta es el calibrado, el condicionante acciona una compuerta, caso contrario procede al siguiente paso o al final del mismo sin recurrir a ninguna acción.

Con estas características se puede deducir que el tipo de sistema de control que se utilizará en la máquina es de un lazo abierto, en el cual la señal de salida no influye sobre la señal de entrada.

La exactitud del sistema depende de la calibración, de manera que al realizar el ajuste, se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

Para el sistema de control es necesario tener en cuenta que los sensores que van a emitir la señal están catalogados en 2 secciones: un sensor para el tamaño grande y otro para el tamaño mediano. Sin embargo, se puede decir que están estrechamente ligados uno con el otro; ya que, el circuito electrónico que los controla es el mismo. En ambos casos es el operador quien determina la altura (diámetro de la fruta) para el tamaño de los sensores, y su ubicación está dispuesta de tal manera que primero se encuentra el sensor que mide el mayor tamaño y posteriormente el sensor que identifica el menor tamaño, asegurando que los tamaños no se mezclen al momento de ser censados.

Todo este proceso agrupa a los elementos que recogen la información (sensores), componentes controladores, y dispositivos que ejecutan la acción del control (actuadores), en un gran bloque que se denomina sistema de selección de frutas.

1.1.3 CONTROL DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN DE FRUTAS.

Para reducir los riesgos potenciales en el sistema de transportación de frutas se debe realizar un diseño de control, que permita el encendido y apagado de forma inmediata y a su vez con un método que asegure su accionamiento posterior al sistema de clasificación. Para ello es indispensable realizar un seguimiento desde la parte inicial de encendido de la máquina (sensores, controladores, actuadores), hasta llegar al sistema de transportación como se muestra en la figura 1.1. El sistema de control de transportación se visualiza en la figura 1.6.

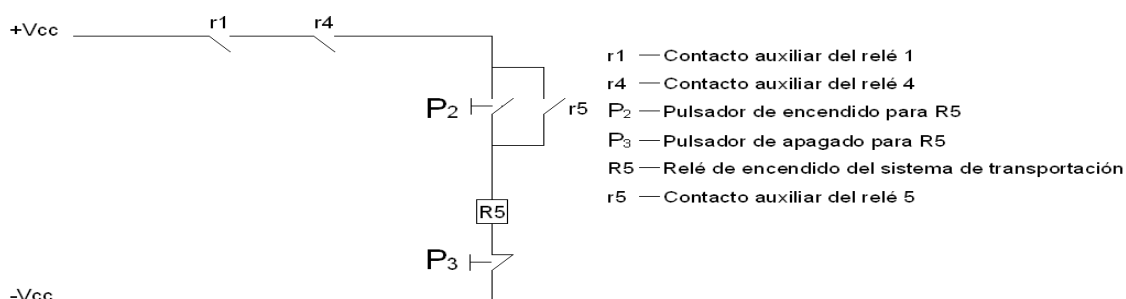


Fig. 1.6 Diagrama de control del encendido del sistema de transportación de frutas.

En este gráfico se detalla el proceso de encendido del sistema de transportación, en el que es dependiente del contacto del relé 1 (encendido general), y del contacto del relé 4 (sistema de selección), para posteriormente pasar a los pulsadores P2 y P3 (encendido y apagado) con la técnica de memorizado. Este diseño de control es un esquema simplificado de cómo funciona el bloque del sistema de transportación ya que, con anterioridad, se diseñó un esquema de control completo para el encendido de la máquina.

Con este sistema, no sólo se espera que cumpla la función especificada, sino también que satisfaga los requisitos especificados para su óptimo desempeño, obteniendo un control por separado del encendido general y del sistema de selección. No obstante, hay que tener claro que todo el proceso de encendido debe ir ubicado en un solo tablero para que el operario pueda manipular de una manera más efectiva y se pueda reducir los riesgos de error humano en este proceso.

Es indispensable incluir este último diseño en un sistema de control general que abarque las características del proceso de encendido, mostrando así, una imagen más generalizada de todo el proceso que conlleva el encendido de la máquina como se muestra en la figura 1.4.

El beneficio que genera el tener un accionamiento por separado de los demás es inmenso, ya que permite que la calibración del sistema de clasificación se realice con mayor precisión y de manera adecuada antes de proceder al encendido del sistema de transportación. Si la máquina estuviera en marcha y fuere necesario cambiar el tipo de frutas, es necesario re calibrar la misma para la selección del tamaño según la fruta colocada tomando en cuenta el sistema diseñado anteriormente que permite apagar solo la sección de transportación hasta que sea calibrada para luego ponerla en marcha sin necesidad de parar todo el proceso de encendido.

1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS A UTILIZAR.

De una forma u otra, la electricidad interviene en la mayoría de los aspectos de nuestra vida y, según avanza la tecnología, se hace cada vez más imprescindible.

Sea como fuere, tanto en electricidad como en electrónica, el movimiento de los electrones es el motivo fundamental del funcionamiento de sus circuitos; la única diferencia es que la segunda utiliza componentes tales como los semiconductores y los circuitos integrados, a los que genéricamente se denomina elementos activos en oposición a los usados en electricidad (resistencias, condensadores, bobinas etc.), llamados elementos pasivos.

Los componentes pasivos son elementos básicos con los que se construyen circuitos, y desempeñan, por lo tanto, las funciones elementales de la electrónica. Cada circuito, ya sea eléctrico o electrónico ha de contener, por lo menos, un componente pasivo que actúe como conductor y que provoque la circulación de una corriente eléctrica por dicho circuito.

Para la construcción de la máquina clasificadora y transportadora de frutas es necesario destacar que se debe utilizar tanto equipos eléctricos como electrónicos fusionados, e inclusive otros tipos de equipos que se les denomina transductores, que permitan un óptimo desempeño y ayuden a cumplir con el objetivo de la máquina tomando en cuenta que el comportamiento de estos dispositivos es diferente ante una excitación y que cada uno de ellos cumple con su función cuando se lo requiera.

1.2.1 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica rotatoria por lo cual se lo denomina como un transductor.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.) La principal característica del motor de corriente continua es la

posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas. (Fig. 1.7)

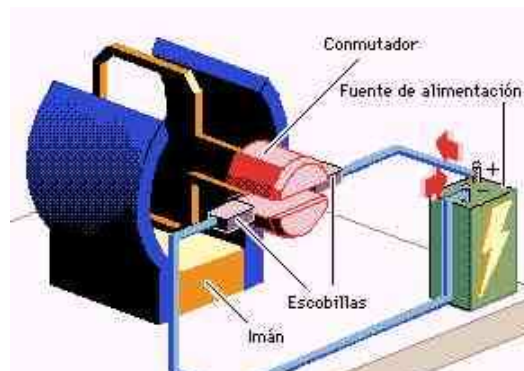


Fig. 1.7 Esquema de los componentes de un motor de C.C.
<http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap2/motores12.jpg>

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

El movimiento giratorio de los motores de C.C. se basa en el empuje derivado de la repulsión y atracción entre polos magnéticos. Creando campos constantes convenientemente orientados en estator y rotor, se origina un par de fuerzas que obliga a que la armadura (también le llamamos así al rotor) gire buscando la posición de equilibrio.

Gracias a un juego de conexiones entre unos conductores estáticos, llamados escobillas, y las bobinas que lleva el rotor, los campos magnéticos que produce la armadura cambian a medida que ésta gira, para que el par de fuerzas que la mueve se mantenga siempre vivo.

Ante estas características de básicas de los motores, su conexión y estructura de ensamblaje pueden ser diferentes y con una funcionalidad para cada caso distinta una de otra, a pesar que tienen un principio básico de funcionamiento. Dentro de los tipos de motores de corriente continua y según las características de construcción, se puede encontrar una gran variedad de máquinas y cada una con diferentes funcionalidades entre ellos los servomotores que, para la elaboración de la máquina clasificadora y transportadora, son de mucha utilidad debido a su precisión y fuerza.³

1.2.1.1 Servomotor de Corriente Continua.

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.

³ http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

1.2.1.1.1 Partes de un servomotor.

Las partes constitutivas del servomotor como se muestra en la figura 1.8 son:

- Motor de corriente continua.- Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.
- Engranajes reductores.- Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.
- Circuito de control.- Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos.

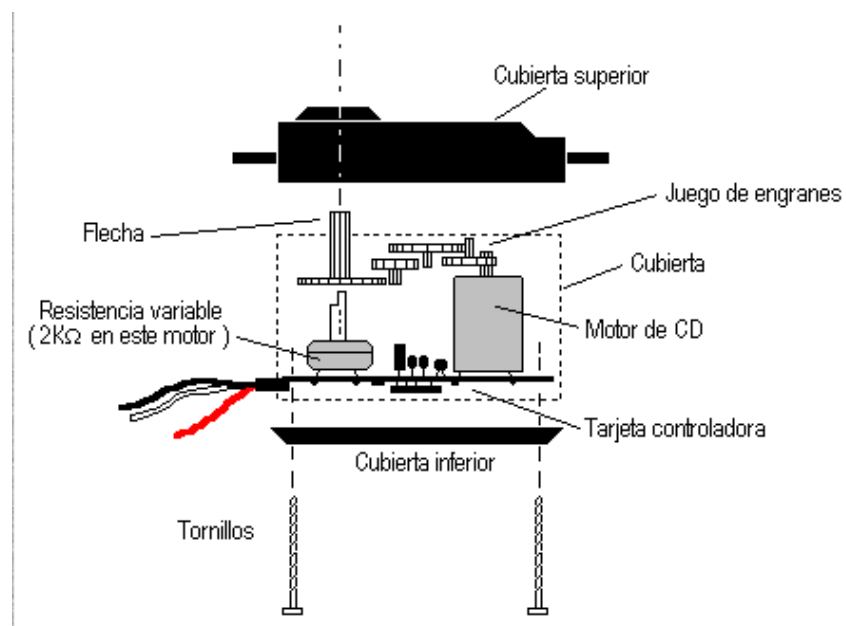


Fig. 1.8 Partes de un servomotor.

<http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/Image26919.gif>

Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo.- Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo.- Referencia tierra del motor (0 voltios)
- Entrada de señal.- Recibe la señal de control del motor

Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante: el cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.

1.2.1.1.2 Funcionamiento del servomotor.

La modulación por anchura de pulso, PWM (Pulse Width Modulation), es una de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee. (Fig. 1.9)



Fig. 1.9 PWM para recorrer todo el rango de operación del servo.
<http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/Image26923.gif>

El sistema de control de un servo se limita a indicar en qué posición se debe situar. Esto se lleva a cabo mediante una serie de pulsos tal que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor.

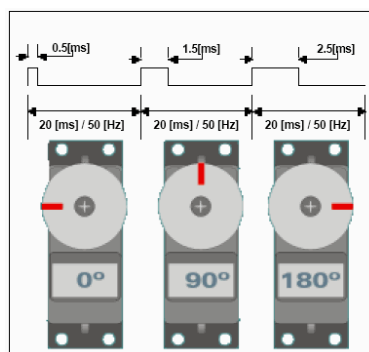


Fig. 1.10 Ejemplos de posicionamiento de un servomotor.
<http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/Image26924.gif>

Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales se corresponden con pulsos de entre 1 ms y 2 ms de anchura, que dejarían al motor en ambos extremos (0° y 180° figura 1.10). El valor 1.5 ms indicaría la posición central o neutra (90°), mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180° . Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos constructivos.⁴

1.2.2 FUENTE DE CORRIENTE CONTINUA.

Muchos circuitos necesitan para su funcionamiento, una fuente de poder o alimentación. Esta fuente de poder entrega normalmente un voltaje en corriente continua (C.C.), pero lo que normalmente se encuentra en los tomacorrientes, de nuestras casas, es corriente alterna (C.A.).

En la figura 1.11 se ve el funcionamiento de una fuente de poder⁵, con ayuda de un diagrama de bloques. También se muestran las formas de onda esperadas al inicio (Entrada en A.C.), al final (Salida en C.C.) y entre cada uno de ellos.

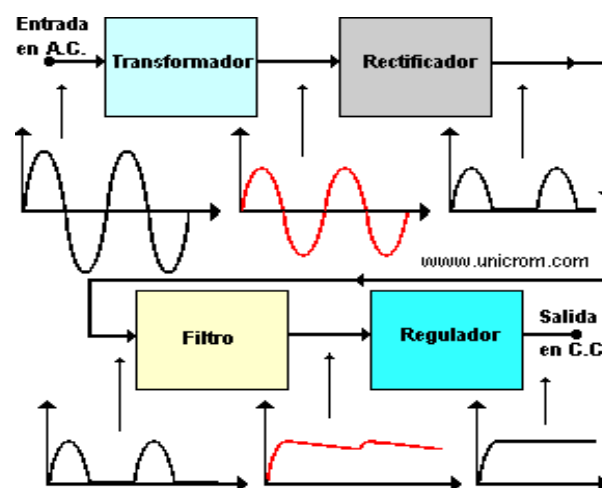


Fig. 1.11 Funcionamiento de una fuente expresado en diagrama de bloques.
<http://imagenes.unicrom.com/fuentetension.gif>

⁴ <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores.shtml>

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n

La señal de entrada, que va al primario del transformador, es una onda senoidal cuya amplitud dependerá del lugar en donde vivimos (110 / 220VAC. u otro).

En primer lugar el transformador adapta los niveles de tensión y proporciona aislamiento galvánico. El circuito que convierte la corriente alterna en continua se llama rectificador, después suelen llevar un circuito que disminuye el rizado como un filtro de condensador. La regulación, o estabilización de la tensión a un valor establecido, se consigue con un componente denominado regulador de tensión. La salida puede ser simplemente un condensador. Esta corriente abarca toda la energía del circuito, esta fuente de alimentación deben tenerse en cuenta unos puntos concretos a la hora de decidir las características del transformador.

Las fuentes de alimentación, para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineal y conmutada. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más compleja y por tanto más susceptible a averías.

Para la construcción de la máquina clasificadora y transportadora de frutas se requiere utilizar una fuente lineal con varias salidas de voltaje, ya que los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos a utilizar ocupan diferentes tensiones. Con este tipo de fuente se trata de minimizar las averías por sobrecarga o a su vez el ruido eléctrico que se puede generar al momento de utilizar varios dispositivos al mismo tiempo.

Las tensiones más comunes a ocupar son establecidas por el consumo de cada dispositivo eléctrico y electrónico, entre los cuales tenemos voltajes desde los 3 a 12 voltios de corriente continua.

1.2.3 SENSORES A UTILIZAR.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad

lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra (transductor).⁶

1.2.3.1 Tipos de sensores.

Existen una infinidad de tipos de sensores, de los cuales sólo se detallan los tipos de sensores a utilizar en la máquina clasificadora y transportadora de frutas que son:

a) Sensores de posición.

Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio, dentro de este grupo se encuentran los captadores fotoeléctricos. La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc.) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores, LDR etc. Este tipo de sensores, se encuentra basado en la emisión de luz, y en la detección de esta emisión realizada por los foto detectores. (Fig. 1.12)



Fig. 1.12 Fotorresistencia LDR

<http://tecnoveron.blogspot.com/2011/02/ldr.html>

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de captadores en: captadores por barrera, o captadores por reflexión. A continuación se detalla de mejor manera la diferencia entre estos dos estilos de captadores:

- Captadores por barrera.- Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.
- Captadores por reflexión.- La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

b) Sensores de contacto.

Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar. Su simplicidad de construcción añadido a su robustez, los hacen muy empleados en los procesos de producción. (Fig. 1.13)



Fig. 1.13 Sensor de contacto bumper.

http://datetecno.blogspot.com/2008_11_01_archive.html

1.2.4 PRINCIPALES DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS A UTILIZAR.

Se denomina dispositivo electrónico a aquel que forma parte de un circuito eléctrico. Se suele encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.

Hay que diferenciar entre dispositivos y elementos. Los dispositivos son físicos, mientras que los elementos son modelos o abstracciones idealizadas que constituyen la base para el estudio teórico de los mencionados componentes. Así, los componentes aparecen en un listado de dispositivos que forman un circuito, mientras que los elementos aparecen en los desarrollos matemáticos de la teoría de circuitos.

De acuerdo con el criterio que se elija podemos obtener distintas clasificaciones. Seguidamente se detallan las comúnmente más aceptadas.⁷

1. Según su estructura física

Discretos: son aquellos que están encapsulados uno a uno, como es el caso de los resistores, condensadores, diodos, transistores, etc.

Integrados: forman conjuntos más complejos, como por ejemplo un amplificador operacional o una puerta lógica, que pueden contener desde unos pocos componentes discretos hasta millones de ellos. Son los denominados circuitos integrados.

2. Según su funcionamiento.

Activos: proporcionan excitación eléctrica, ganancia o control.

Pasivos: son los encargados de la conexión entre los diferentes componentes activos, asegurando la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel.

1.2.4.1 Dispositivos discretos activos y pasivos.

Para la construcción del sistema de control de la máquina clasificadora y transportadora de frutas, es necesario destacar los siguientes dispositivos electrónicos que se van a utilizar.

1.2.4.1.1 Resistor.

Se denomina resistor al componente electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito. En el propio

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Componente_electr%C3%B3nico

argot eléctrico y electrónico, son conocidos simplemente como resistencias. En otros casos, como en las planchas, calentadores, etc., se emplean resistencias para producir calor aprovechando el efecto Joule. (Fig. 1.14)

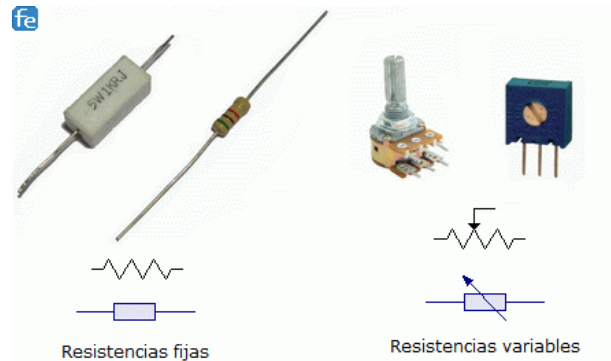


Fig. 1.14 Resistencias fijas y resistencias variables.

<http://logica.webcindario.com/chuletario/electronica/resistencias/simbolo.gif>

Es un material formado por carbón y otros elementos resistivos para disminuir la corriente que pasa. Se opone al paso de la corriente. La corriente máxima en un resistor viene condicionado por la máxima potencia que puede disipar su cuerpo. Esta potencia se puede identificar visualmente a partir del diámetro sin que sea necesaria otra indicación. Los valores más comunes son 0,25 W, 0,5 W y 1 W. Existen resistencias de valor variable, que reciben el nombre de potenciómetros.

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente.⁸

1.2.4.1.2 Condensador.

Un condensador es un dispositivo que almacena energía eléctrica, es un componente pasivo. Está formado por un par de superficies conductoras en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra), generalmente en forma de láminas, separadas por un material dieléctrico que disminuye el campo eléctrico (actúa como aislante) o por el vacío, que, sometidas a una diferencia de potencial

⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Resistor>

adquieren una determinada carga eléctrica, positiva en una de las placas y negativa en la otra (siendo nula la carga total almacenada). (Fig. 1.15)

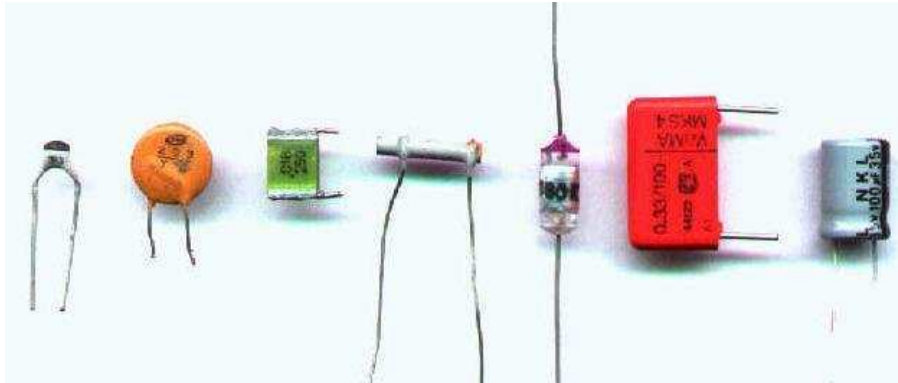


Fig. 1.15 Varios tipos de condensadores.

<http://electronicaCompleta.com/wp-content/uploads/capacitor-12-300x112.png>

El condensador almacena carga eléctrica, debido a la presencia de un campo eléctrico en su interior, cuando aumenta la diferencia de potencial en sus terminales y devolviéndola cuando ésta disminuye.⁹

1.2.4.1.3 Transistor.

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término "transistor" es la contracción en inglés de transfer resistor ("resistencia de transferencia").

Consistente en dos uniones PN muy cercanas entre sí, que permite controlar el paso de la corriente a través de sus terminales. La denominación de bipolar se debe a que la conducción tiene lugar gracias al desplazamiento de portadores de dos polaridades (huecos positivos y electrones negativos), y son de gran utilidad en gran número de aplicaciones; pero tienen ciertos inconvenientes, entre ellos su impedancia de entrada bastante baja.

Un transistor de unión bipolar está formado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha. De esta manera quedan formadas tres regiones (Fig. 1.16):

⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador_el%C3%A9ctrico

- Emisor.- Se diferencia de las otras dos por estar fuertemente dopada, comportándose como un metal. Su nombre se debe a que esta terminal funciona como *emisor* de portadores de carga.
- Base.- La intermedia, muy estrecha, que separa el emisor del colector.
- Colector.- de extensión mucho mayor.

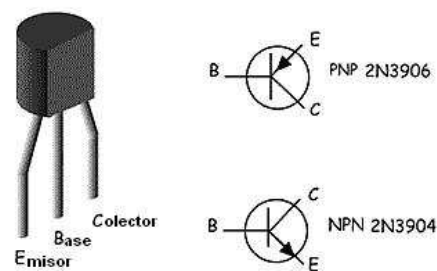


Fig. 1.16 Regiones del transistor con las junturas NPN y PNP.
<http://www.uelectronica.com/img/p/20-65-large.jpg>

NPN es uno de los dos tipos de transistores bipolares, en los cuales las letras "N" y "P" se refieren a los portadores de carga mayoritarios dentro de las diferentes regiones del transistor. La mayoría de los transistores bipolares usados hoy en día son NPN, debido a que la movilidad del electrón es mayor que la movilidad de los "huecos" en los semiconductores, permitiendo mayores corrientes y velocidades de operación.

Los transistores NPN consisten en una capa de material semiconductor dopado P (la "base") entre dos capas de material dopado N. Una pequeña corriente ingresando a la base en configuración emisor-común es amplificada en la salida del colector.

La flecha en el símbolo del transistor NPN está en la terminal del emisor y apunta en la dirección en la que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en funcionamiento activo (fig. 1.16).

El otro tipo de transistor de unión bipolar es el PNP con las letras "P" y "N" refiriéndose a las cargas mayoritarias dentro de las diferentes regiones del

transistor. Pocos transistores usados hoy en día son PNP, debido a que el NPN brinda mucho mejor desempeño en la mayoría de las circunstancias.

Los transistores PNP consisten en una capa de material semiconductor dopado N entre dos capas de material dopado P. Los transistores PNP son comúnmente operados con el colector a masa y el emisor conectado al terminal positivo de la fuente de alimentación a través de una carga eléctrica externa. Una pequeña corriente circulando desde la base permite que una corriente mucho mayor circule desde el emisor hacia el colector.

La flecha en el transistor PNP está en el terminal del emisor y apunta en la dirección en la que la corriente convencional circula cuando el dispositivo está en funcionamiento activo (fig. 1.16).

En su funcionamiento normal, la unión base-emisor está polarizada en directa, mientras que la base-colector en inversa. Los portadores de carga emitidos por el emisor atraviesan la base, porque es muy angosta, hay poca recombinación de portadores, y la mayoría pasa al colector. El transistor posee tres estados de operación: estado de corte, estado de saturación y estado de actividad.¹⁰

- Región activa

Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector (I_c) depende principalmente de la corriente de base (I_b), de β (ganancia de corriente, es un dato del fabricante) y de las resistencias que se encuentren conectadas en el colector y emisor. Esta región es la más importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador de señal.

- Región de corte.

Un transistor está en corte cuando:

$$\text{Corriente de colector} = \text{corriente de emisor} = 0, (I_c = I_e = 0)$$

¹⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_uni%C3%B3n_bipolar

En este caso el voltaje entre el colector y el emisor del transistor es el voltaje de alimentación del circuito. (Como no hay corriente circulando, no hay caída de voltaje). Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base = 0 ($I_b = 0$)

- Región de saturación.

Un transistor está saturado cuando:

Corriente de colector = corriente de emisor = corriente máxima ($I_c = I_e = I_{máxima}$)

En este caso la magnitud de la corriente depende del voltaje de alimentación del circuito y de las resistencias conectadas en el colector o el emisor o en ambos. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es lo suficientemente grande como para inducir una corriente de colector β veces más grande.

1.2.4.2 Dispositivos Integrados.

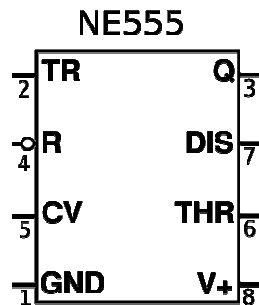
Los dispositivos integrados pueden ser tanto analógicos como digitales, aunque todos tienen como base un material semiconductor, normalmente el silicio. El circuito integrado más utilizado, y el que se ocupará en el sistema de control, es el NE555.

1.2.4.2.1 Circuito integrado NE555.

El circuito integrado 555 es de bajo costo y de grandes prestaciones. En la actualidad es construido por muchos otros fabricantes. Entre sus aplicaciones principales cabe destacar las de multivibrador astable y monoestable, detector de impulsos, etcétera.

Este Circuito Integrado (C.I.) es para los experimentadores y aficionados, un dispositivo barato con el cual pueden hacer muchos proyectos. Este temporizador es tan versátil que se puede utilizar para modular una señal en Amplitud Modulada (A.M.) Está constituido por una combinación de comparadores lineales, *flip-flops* (biestables digitales), transistor de descarga y excitador de salida.

A continuación, como se muestra en la figura 1.17, se encuentra la descripción de los terminales del C.I.



)px-555-schem.svg.png

- **GND** (normalmente la 1): es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra.
- **Disparo** (normalmente la 2): Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monostable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
- **Salida** (normalmente la 3): Aquí se ve el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monostable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{cc}) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reset (normalmente la 4).
- **Reset** (normalmente la 4): Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a V_{cc} para evitar que el 555 se "resetee".
- **Control de voltaje** (normalmente la 5): Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar

casi desde V_{cc} (en la práctica como $V_{cc} - 1$ voltio) hasta casi 0 V (aprox. 2 Voltios). Así es posible modificar los tiempos en que la salida está en alto o en bajo independiente del diseño (establecido por los resistores y condensadores conectados externamente al 555). El voltaje aplicado a la patilla de control de voltaje puede variar entre un 45 y un 90 % de V_{cc} en la configuración monostable. Cuando se utiliza la configuración astable, el voltaje puede variar desde 1.7 voltios hasta V_{cc} . Modificando el voltaje en esta patilla en la configuración astable causará la frecuencia original del astable sea modulada en frecuencia (FM). Si esta patilla no se utiliza, se recomienda ponerle un condensador de $0.01\mu F$ para evitar las interferencias.

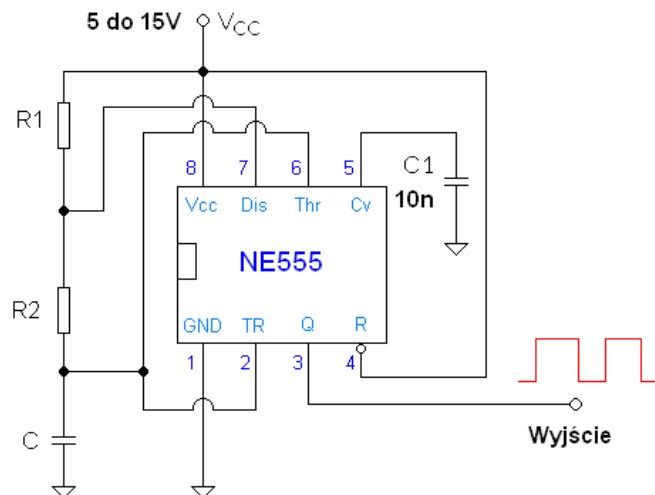
- **Umbral** (normalmente la 6): Es una entrada a un comparador interno que tiene el 555 y se utiliza para poner la salida a nivel bajo.
- **Descarga** (normalmente la 7): Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.
- **V+** (normalmente la 8): También llamado V_{cc} , alimentación, es el pin donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 voltios hasta 18 voltios (máximo). Hay versiones militares de este integrado que llegan hasta 18 Voltios.

El temporizador 555 se puede conectar para que funcione de diferentes maneras, entre los más importantes están: como multivibrador astable y como multivibrador monoestable.¹¹

Como multivibrador astable, el funcionamiento se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada continua de ancho predefinido por el diseñador.

El esquema de conexión es el que se muestra en la figura 1.18. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo t_1 y un nivel bajo por un tiempo t_2 . La duración de estos tiempos dependen de los valores de R_1 , R_2 y C .

¹¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado_555

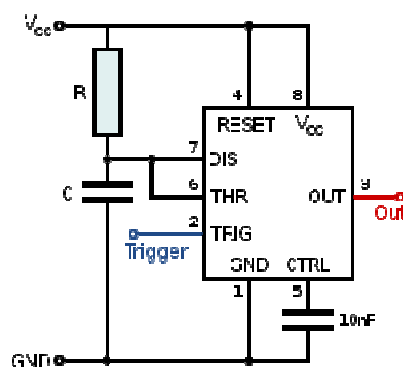


555.
lpx-555-asta1.PNG

Como multivibrador monoestable, el circuito entrega a su salida un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador. El esquema de conexión es el que se muestra en la figura 1.19. La fórmula para calcular el tiempo de duración (tiempo en el que la salida está en nivel alto) es:

$$T = \ln(3) \cdot R \cdot C \text{ [segundos]}$$

$$T \approx 1,1 \cdot R \cdot C \text{ [segundos]}$$



del 555.
1onostable.sv

Nótese que es necesario que la señal de disparo, en la terminal #2 del 555, sea de nivel bajo y de muy corta duración para iniciar la señal de salida.

1.2.5 ACTUADORES A UTILIZAR.

No existe una única definición de actuador aceptada de manera universal. Se considera, en general, que es todo dispositivo que convierte una magnitud eléctrica en una salida, generalmente mecánica, que puede provocar un efecto sobre el proceso automatizado.

El tipo de energía que se utilizara en la máquina, requiere de un actuador que pueda regular la misma de forma independiente del sistema de control, para lo cual, el actuador ideal es un relé.

1.2.5.1 El Relé.

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

En la figura 1.20 se representa, de forma esquemática, la disposición de los distintos elementos que forman un relé de un único contacto de trabajo o circuito.

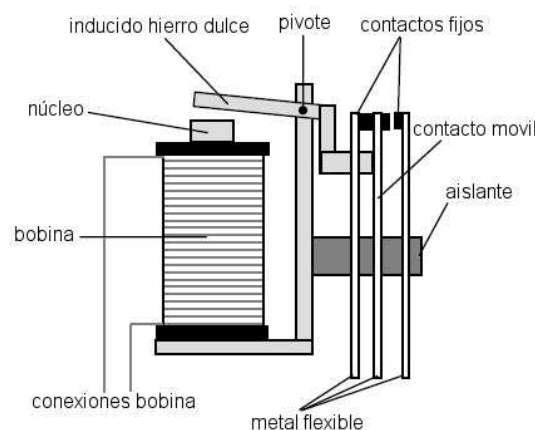


Fig. 1.20 Partes de un relé

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Rele_partes.jpg

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.¹²

1.3 TRANSFORMADORES MECÁNICOS.

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algunos países también se le denomina caja reductora.

Los Reductores ó Motor reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente (Fig. 1.21). Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.¹³



Fig. 1.21 Motor reductor doble.

http://www.carrodelectronica.com/store/index.php?_a=viewProd&productId=15748

¹² <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

¹³ http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad

Al emplear reductores o moto reductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Para la máquina a construir, es indispensable utilizar este tipo de transformadores mecánicos, ya que el control y precisión que generan, otorgan una mayor fidelidad al momento de controlar el encendido y el apagado en el sistema de transportación de frutas.

CAPÍTULO II

2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES Y FUNCIONAMIENTO.

El sistema de funcionamiento de la máquina clasificadora y transportadora de frutas está basado en diferentes etapas que controlan cada uno de los circuitos y que se especificaron en el capítulo 1, estableciendo los siguientes parámetros:

- 1) Encendido y apagado general
- 2) Sistema de sensores
- 3) Sistema de control
- 4) Sistema actuador
- 5) Sistema de transportación.

Todos estos parámetros se los puede agrupar de la siguiente manera por etapas:

- Etapa 1.- Encendido y apagado general.
- Etapa 2.- Sistema de sensores, sistema de control y sistema actuador.
- Etapa 3.- Sistema de transportación.

Basado en los parámetros, y una vez establecidas las etapas, el diagrama de bloques se visualiza en la figura 2.1.



Fig. 2.1 Diagrama de bloques de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.

Cada una de las etapas representa la forma ideal de iniciar el encendido para el correcto funcionamiento de la máquina, ya que en cada una de ellas el proceso de control y calibración es diferente.

En la etapa 1, se encuentra el encendido general que es el que permite se activen los demás circuitos con un control de prendido y apagado como sistema de seguridad general para toda la máquina.

Los tres sistemas de los que está conformada la etapa 2, abarcan gran parte del funcionamiento de la máquina ya que éstos son los gestores de la clasificación que es uno de los objetivos de la misma.

La etapa 3 consiste en la transportación por medio de diferentes bandas continuas en las cuales se movilizan las frutas hasta un nuevo procedimiento de empaque del producto.

Unidas todas estas etapas, el funcionamiento de la máquina empezaría con el encendido general y la etapa 2. En esta etapa, los sensores, el control, y los actuadores están enlazados entre sí, de tal manera que permite al operario realizar el calibrado para el tamaño y el control de tiempo de apertura de las compuertas para cada uno, percatándose que los sensores recojan la información exacta antes de proceder con el encendido del sistema de transportación. En la etapa final, el operario debe prever que no existan agentes extraños en las frutas a clasificar para evitar que se atranquen en el sistema de transportación y por lo tanto el funcionamiento incorrecto de la máquina.

Una vez controlado todos estos pasos, el encendido de la etapa 3 es el que pone en actividad todos los procesos de la máquina, con un sistema de control adicional que permite recoger las frutas de forma individual y cada cierto tiempo, para evitar lecturas erróneas de los sensores. Con este sistema, cada una de las frutas recorre la banda transportadora principal, de tal manera que el sistema de control tiene el tiempo adecuado para abrir y cerrar la compuerta una vez censado el producto y pasándolo a una nueva banda que la transporta a otro sitio cuando ya ha sido clasificada.

Terminado el proceso de clasificación, y si se desea realizar una nueva calibración, es necesario detener sólo el sistema de transportación para evitar el apagado general y nuevamente el encendido de toda la máquina, lo que produciría una pérdida de tiempo.

2.2 CONSTRUCCIÓN DE CADA BLOQUE Y FUNCIONAMIENTO.

Basados en la figura 2.1, el proceso de encendido de la máquina clasificadora y transportadora consta de tres bloques, en el que la construcción y funcionamiento de cada uno de ellos se detalla a continuación.

2.2.1 ETAPA 1: ENCENDIDO Y APAGADO GENERAL.

Tomando en cuenta que todos los sistemas de encendido deben constar en un solo tablero de control, es indispensable revisar la figura 2.2, en donde el encendido de toda la máquina está basado en un único diagrama de control.

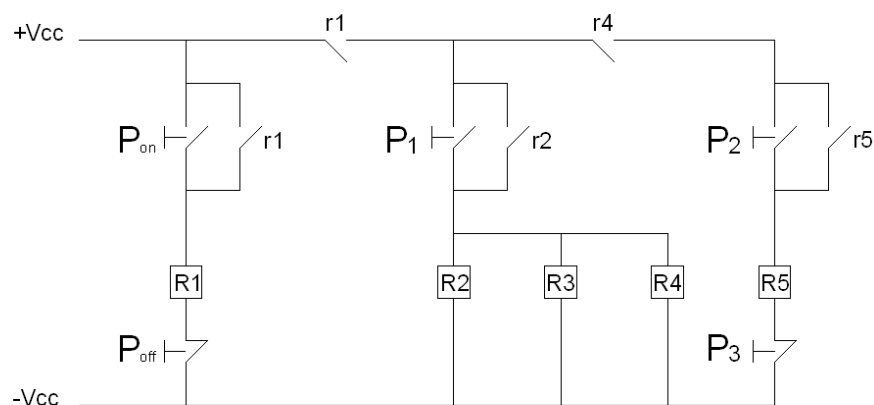


Fig. 2.2 Diagrama del proceso de encendido y apagado general.

Para realizar los circuitos existe un programa de computador denominado Proteus y dentro del mismo una aplicación Ares, en la que se puede diseñar los circuitos para posteriormente hacer un circuito impreso del mismo.

Antes de diseñar el circuito, la lista de los materiales a utilizar debe estar bien definida, en este caso y como se muestra en la figura 2.2, existen 5 relés de 8 pines (R1, R2, R3, R4 y R5), 3 pulsadores normalmente abiertos (P_{on}, P₁ y P₂), y 2 pulsadores normalmente cerrados (P_{off} y P₃).

En la pantalla inicial del programa, se deben colocar los elementos antes señalados para tener una idea de cómo van a estar ubicados según la función que cumplen. (Fig. 2.3)

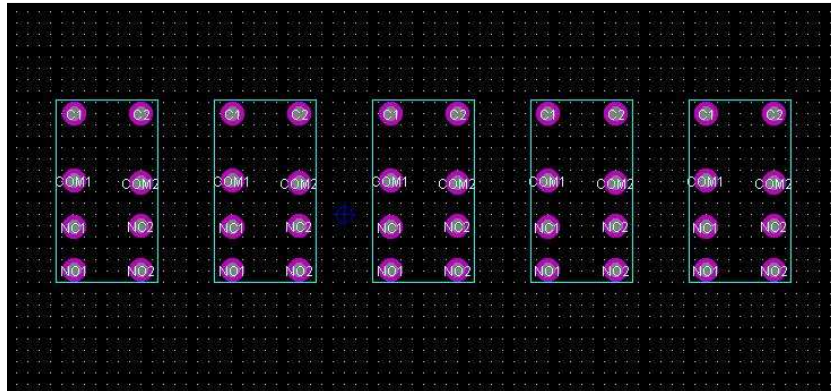


Fig. 2.3 Diseño del circuito en el programa Ares.

Colocados los elementos que se van a utilizar, se empieza con el trazo de las pistas, procurando que no se crucen para evitar realizar puentes externos y que estas sigan el diseño del circuito original como se muestra en la figura 2.4.

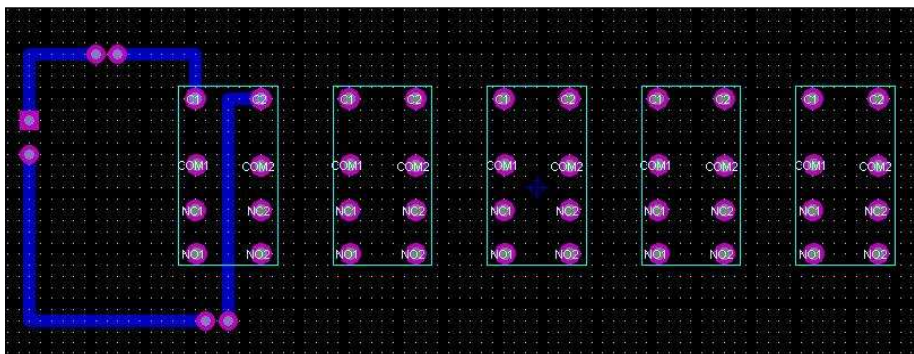


Fig. 2.4 Trazado de las pistas.

Una vez terminado los trazos y revisado todo el esquema del circuito, se procede a retirar los elementos, quedando así sólo las pistas para poder realizar el circuito impreso en la baquelita como se muestra en la figura 2.5.

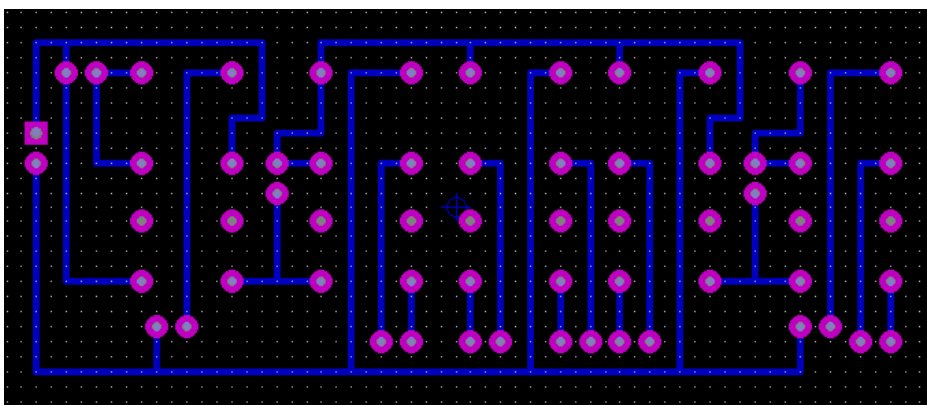


Fig. 2.5 Circuito del sistema de encendido y apagado general.

Es necesario detallar un poco más del circuito de la figura 2.5, ya que sin los elementos el circuito por sí sólo no es entendible, para mayor referencia de dónde van los pulsadores y los terminales que van hacia los diferentes circuitos como se muestra en la figura 2.6.

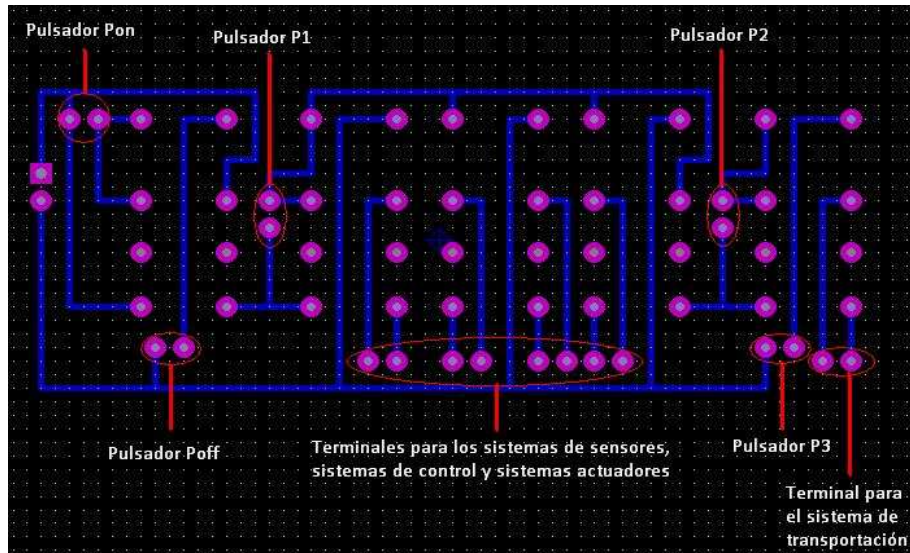


Fig. 2.6 Identificación de los terminales del circuito de encendido y apagado general.

Realizado este proceso es necesario detallar cómo hacer una placa de circuito impreso que se va a explicar a continuación y que servirá para posteriores elaboraciones de circuitos impresos.

2.2.1.1 Elaboración de una placa de circuito impreso.

Para la elaboración de una placa de circuito impreso se requiere tener los siguientes elementos:

- Papel couché o papel brillante
- Impresora laser
- 1 baquelita
- Plancha
- Recipiente plástico
- Bolsas de cloruro férrico
- Agua
- Lija de agua
- Taladro pequeño

Como primer paso es imprimir el circuito antes elaborado sobre el lado brillante del papel en la impresora laser, ya que ésta posee un tipo de tinta que es indeleble ante la solución ácida para eliminar el cobre y que se puede transmitir por calor a la baquelita. Con el circuito ya en el papel se requiere determinar el tamaño de la baquelita y proceder a cortarla como se muestra en la figura 2.7.



Fig. 2.7 Cortado de la baquelita según el tamaño del circuito.

Ya realizado el corte a la medida, hay que colocar la impresión centrada sobre la baquelita y asegurarla con cinta adhesiva para que no se mueva. Realizado esto, se ubica la baquelita sobre una tabla y con una plancha se procede a calentar el papel del circuito como en la figura 2.8, tratando de que no se mueva y pasándola de un lado a otro para asegurar el fijado de la tinta en la baquelita.



Fig. 2.8 Fijado del circuito mediante la transmisión de calor en la baquelita.

Finalizado el proceso de fijado del circuito, inmediatamente y teniendo cuidado con la baquelita que debe estar caliente, se debe sumergir en agua para que el choque térmico acabe de fijar la tinta en el cobre de la baquelita (Fig. 2.9), dejándolo reposar por unos minutos hasta que el papel se haya humedecido totalmente para luego retirarlo sin forzar el mismo, y que en la superficie quede el circuito diseñado. (Fig. 2.10)



Fig. 2.9 Sumergido de la placa en agua.



Fig. 2.10 Remoción del papel de la placa.

Si en el proceso de quitar el papel de la placa, el impreso no se ha pegado bien o faltan partes del circuito, se debe remarcar con un marcador de tinta indeleble o permanente según como esté en el circuito antes de sumergirlo en el ácido.

Para el siguiente paso, es necesario tomar las precauciones debidas, ya que la manipulación de un ácido puede traer graves quemaduras en la piel y daños permanentes en vestimenta, para lo cual es indispensable la utilización de guantes y de ropa de trabajo antes de operar el ácido. Con las indicaciones dadas, se debe conseguir un recipiente plástico donde quepa la placa del circuito impreso para la preparación del ácido.

Por lo general en las tiendas de electrónica el cloruro férrico lo venden en polvo, y para la preparación se requiere de agua procurando que la cantidad cubra lo suficiente la placa. Con la cantidad de agua ideal, se empieza a disolver el cloruro férrico en el recipiente, esto causa que el agua se caliente por la reacción química que se produce y es en ese momento en donde se debe sumergir la placa para que el proceso se acelere. (Fig. 2.11)

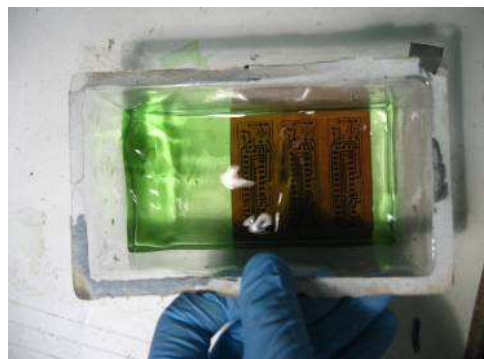


Fig. 2.11 Placa sumergida en el ácido.

Para agilizar el proceso de eliminación del cobre, se puede mover el recipiente suavemente creando unas pequeñas olas. Este proceso dura alrededor de unos 8 a 10 minutos hasta que todo el cobre sea removido y quede solo el circuito como en la figura 2.12.



Fig. 2.12 Cobre removido de la placa.

Ya que el cobre ha sido removido totalmente y sólo ha quedado el circuito impreso, se lo retira del ácido y se lo pasa a una fuente con agua para eliminar cualquier residuo y verificar que el circuito esté correcto. (Fig. 2.13)



Fig. 2.13 Lavado de la placa en agua pura.

Con una lija de agua, se retira toda la tinta que cubre las pistas tratando de no lijar demasiado para evitar borrarlas (Fig. 2.14). Después del lijado se lava la placa para que no quede manchada con la tinta que se retiró, dejando el cobre de las pistas visibles. (Fig. 2.15)



Fig. 2.14 Lijado de la placa.

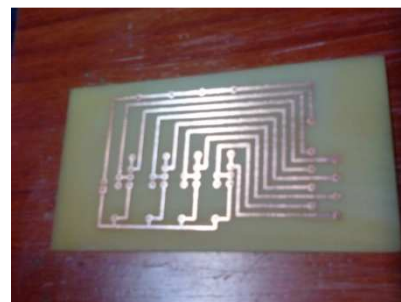


Fig. 2.15 Circuitos de la placa visibles.

En la parte final, el perforado se debe realizar con cuidado y con las brocas adecuadas para evitar que se dañe el cobre del circuito o que sea demasiado grande y que el estaño no se acople de manera correcta. (Fig. 2.16)



Fig. 2.16 Perforado de la placa.

Con la placa terminada, se procede a colocar los elementos para poder soldarlos y dejar el circuito terminado con todos sus elementos listos para ser utilizados. Los elementos deben ser ubicados y soldados según el circuito original quedando como se muestra en la figura 2.17.

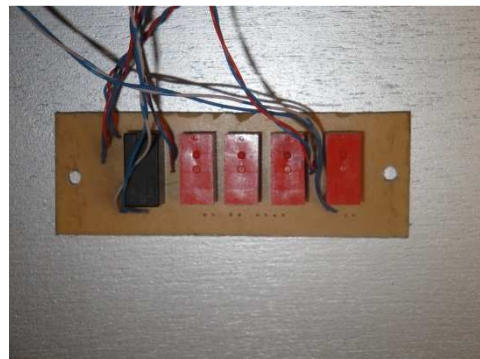


Fig. 2.17 Circuito del sistema de encendido y apagado general terminado.

Cada uno de los elementos se encuentran en su ubicación correcta, con lo que finaliza la elaboración del circuito del sistema de encendido y apagado general. Con este circuito se espera controlar todo el encendido de la máquina y cada una de sus etapas, tomando en cuenta que cada uno de los relés controla un sistema diferente y el encendido es secuencial e individual para cada uno de ellos.

2.2.2 ETAPA 2: SISTEMA DE SENSORES, SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA ACTUADOR.

En esta etapa se encuentran los sistemas más importantes de la máquina, ya que son la base fundamental para el proceso de clasificación.

2.2.2.1 Sistema de sensores.

Este sistema comprende la parte de recepción de la información realizando un circuito con un transistor 2N3904 que hace las veces de un interruptor electrónico que depende de la señal que emite una LDR.

El circuito base para la elaboración de este sistema sensorial es muy sencillo, en el que el transistor trabaja en las dos regiones: corte y saturación. En la región de corte se comporta como un interruptor abierto mientras que en la región de saturación se comporta como un interruptor cerrado. Esto se logra con un divisor de voltaje proporcionado por una resistencia y una LDR en serie para obtener los voltajes de umbral con los que trabaja en transistor. (Fig. 2.18)

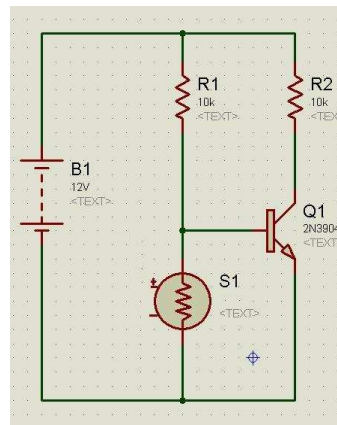


Fig. 2.18 Circuito de un transistor para uso en corte o saturación con una LDR.

Como se indica en la figura 2.18, el divisor de voltaje está entre R1 y S1, siendo S1 quien controla los voltajes de umbral. El voltaje crece o decrece en función de la resistencia que proporciona la LDR según la intensidad lumínica, obteniendo así un voltaje de umbral de 0.6 v. entre base-emisor cuando se encuentra a plena luz (transistor en corte), o a su vez un voltaje mayor a 0.6 v. entre base-emisor sobre la sombra (transistor en saturación). Con este sistema, la carga R2 se energiza o des energiza según sea el caso.

En base al circuito anterior, se puede obtener una función que permite desplegar un sistema binario como si fuera una compuerta NOT sacando un terminal entre el colector y la resistencia R2. (Fig. 2.19)

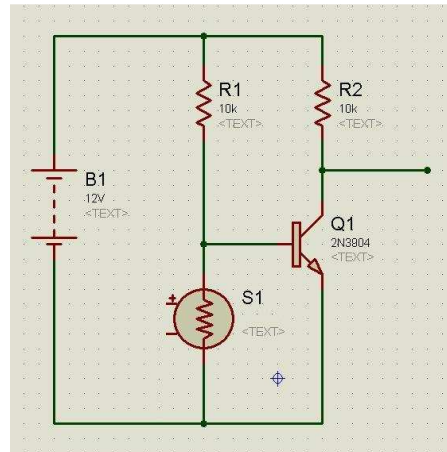


Fig. 2.19 Transistor utilizado como compuerta NOT.

Cuando el transistor está en corte, en el terminal que se encuentra entre R2 y el colector se obtiene un voltaje aproximado al de la fuente (1 lógico). Cuando el transistor entra en saturación, en el terminal se obtiene un voltaje aproximado de cero (0 lógico), ya que se comporta como un interruptor cerrado y el terminal se encuentra en la parte de menor diferencia de potencial de la resistencia R2. Este circuito es el que va a permitir unir el sistema de sensores con el sistema de control. (Fig. 2.19)

El cálculo de R1 a partir de un divisor de tensión resulta fácil de realizar, tomando como referencia el voltaje de umbral 0.6 v. para la LDR y su resistencia a plena luz (3000Ω).

$$V_{S1} = \frac{R_{S1}}{R_1 + R_{S1}} V_T$$

Corte: $V_{\text{umbral}} < 0.6 \text{ V}$

$$0.6 \text{ v} = \frac{3000}{R_1 + 3000} 5 \text{ v}$$

$$R_1 = 22000$$

$$R_1 = 22 \text{ k}\Omega$$

Con el valor de R1 calculado, el circuito se asegura que genere un mayor voltaje de umbral al momento que la LDR incremente su resistencia cuando está sobre la sombra y así el transistor pase a su zona de saturación comportándose como un interruptor cerrado. La resistencia R2 se la determina mediante las siguientes fórmulas:

$$I_B = I_{LDR} = \frac{0.6}{3000} \quad I_B = 0.2mA \quad I_T = \beta I_B = 2.1 \times 0.2mA = 0.42mA$$

$$R_2 = \frac{V_T - V_{BE}}{I_T} = \frac{5 - 0.6}{0.42 \times 10^{-3}} = 10340 \Omega$$

Se escoge para R2 una resistencia de 10KΩ. Con los valores calculados de todo el circuito, se asegura que funcione de una manera adecuada sin causar daños a los elementos.

Valorados los elementos, se procede a realizar el diseño de la placa de circuito impreso en el programa Ares ya antes mencionado, ubicando los elementos para tener una idea del espacio requerido siempre que se siga con el circuito original (Fig. 2.19), como se indica en la figura 2.20.

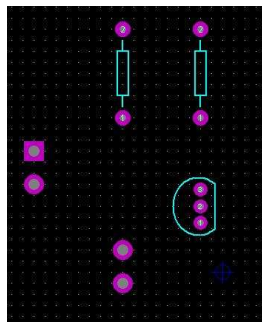


Fig. 2.20 Ubicación de los elementos del circuito de sensores.

Ubicados los elementos se procede a realizar el trazo de las pistas y al retiro de los elementos guías para dejar sólo el circuito que se va a imprimir y duplicándolo, ya que son 2 los sensores que se van a utilizar. (Fig. 2.21)

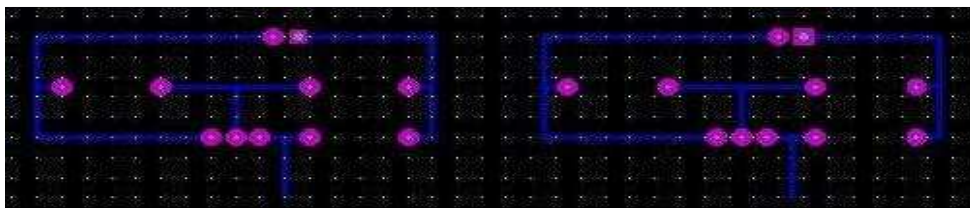


Fig. 2.21 Circuitos del sistema de sensores.

El circuito del sistema de sensores debe ser guardado ya que en un futuro se irá acoplando cada uno de los sistemas para formar un sólo circuito que comprenderá toda la etapa 2.

Adicional a este circuito se debe realizar uno para controlar los servomotores, los cuales servirán para subir o bajar los sensores según se requiera calibrar el tamaño.

El circuito base está realizado con un integrado 555 en su función astable, ya que el servomotor funciona con frecuencias de onda cuadrada y periodos estables. El circuito eléctrico está determinado como en la figura 2.22.

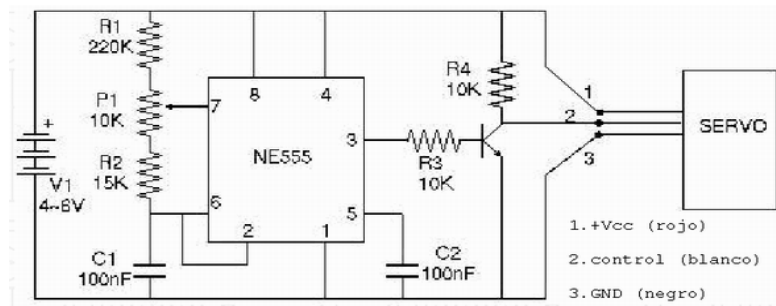


Fig. 2.22 Circuito eléctrico para el control de un servomotor.

Este circuito eléctrico y sus componentes ya son preestablecidos y no es necesario realizar cálculos. El circuito eléctrico que va a ser diseñado debe estar fundamentado en la figura 2.22, utilizando el programa Ares se diseña el circuito quedando como en la figura 2.23.

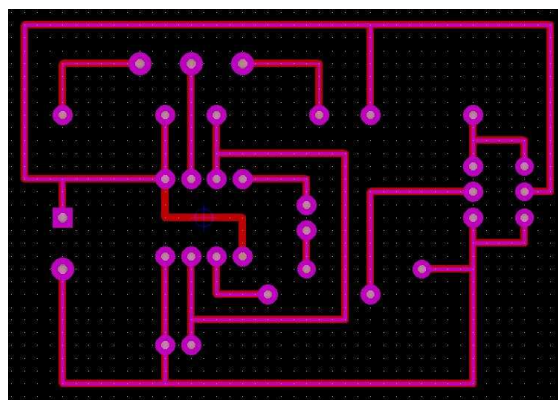


Fig. 2.23 Circuito de control de servomotores.

Ya con el circuito diseñado se procede a realizar la placa de circuito impreso como se muestra en la figura 2.24.

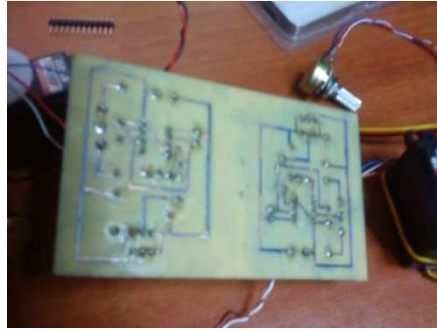


Fig. 2.24 Circuito impreso para control de un servomotor.

Plasmado el circuito en la baquelita, se procede a soldar los componentes para con esto finalizar el sistema de sensores. (Fig. 2.25)

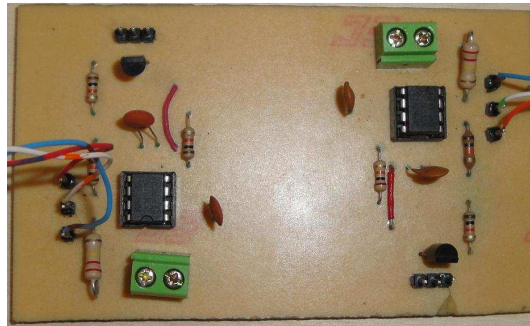


Fig. 2.25 Circuito de control terminado de un servomotor.

2.2.2.2 Sistema de control.

El sistema de control está elaborado con un temporizador que determina el tiempo de apertura de las compuertas, y para ello se utilizará un circuito integrado NE555 en su función monoestable.

El integrado NE555 es uno de los más útiles y didácticos debido a las innumerables funciones que cumple. Para este caso, se lo ocupa como un temporizador regulable en la señal de salida. El circuito eléctrico del integrado 555 como monoestable se muestra en la figura 2.26.

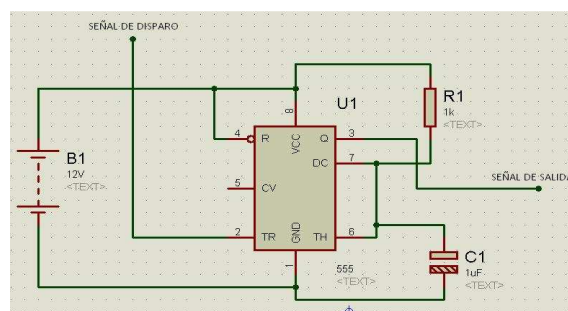


Fig. 2.26 Multivibrador monoestable.

El funcionamiento de este circuito es muy sencillo, la señal de entrada que dispara el circuito debe ser aproximada a cero (0 lógico) y rápida, ya que ésta activa el circuito interno del integrado cargando el condensador hasta 2/3 del voltaje de la fuente y posterior a esto lo desactiva. El tiempo de descarga del condensador es el tiempo que se tiene la señal de salida.

Para el cálculo del tiempo se emplea una fórmula sencilla, en la cual el tiempo es dependiente del valor del capacitor y de la resistencia como se indica a continuación:

$$t = 1.1 * R1 * C1$$

$$R1 = \frac{2}{100\mu F * 1.1} = 18181.81 \Omega$$

Para un tiempo de 2 segundos y un capacitor de 100uF, el valor de una resistencia comercial sería de 20KΩ. Para variar el tiempo se puede colocar un potenciómetro en vez de la resistencia, siempre y cuando sea del mismo valor. El tiempo establecido es el máximo para la apertura de las compuertas y se lo puede regular con el potenciómetro.

Es necesario unir los circuitos del sistema de sensores y el de control con el fin de que el primero sea quien envíe la señal de disparo para que el circuito integrado se active y realice la función de temporizador. (Fig. 2.27)

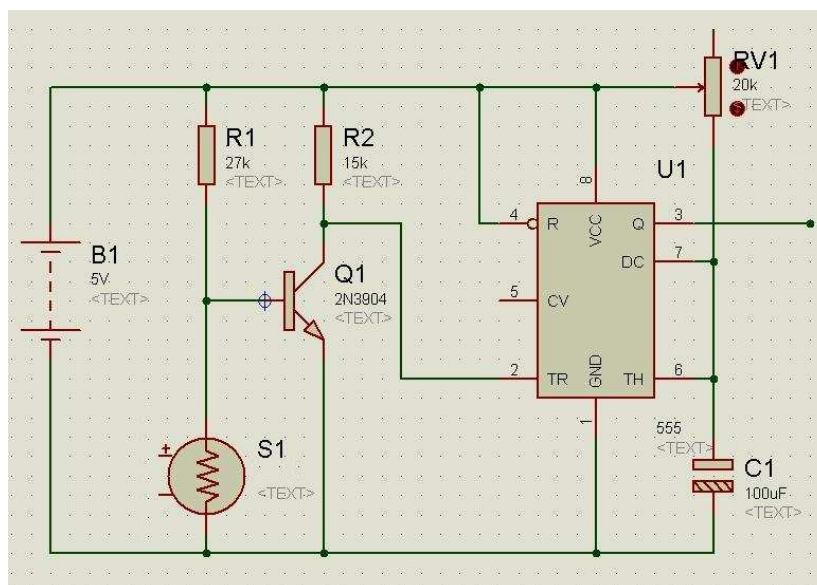


Fig. 2.27 Circuito unificado del sistema de sensores y control.

Tomando en cuenta que ya se realizó el circuito del sistema de sensores, se debe realizar el circuito del sistema de control para posteriormente unir ambos como se muestra en la figura 2.28.

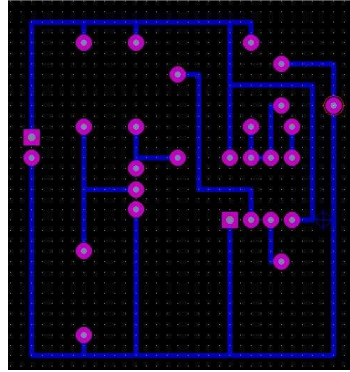


Fig. 2.28 Circuito del sistema de sensores y control.

2.2.2.3 Sistema actuador.

En esta parte finaliza la etapa 2 y con la que se cierra todo el sistema de clasificación. Los actuadores son los que ejecutan la orden que ha sido receptada por los sensores y procesada por el sistema de control. La señal que emite el sistema de control es receptada por un transistor 2N3904 y ejecutada por un relé.

De igual manera que el sistema de sensores, el transistor se comporta como un interruptor abierto (estado de corte), o como un interruptor cerrado (estado de saturación), de esta manera activa o desactiva el relé. En la figura 2.29 se muestra el esquema del circuito del sistema actuador utilizando los elementos señalados.

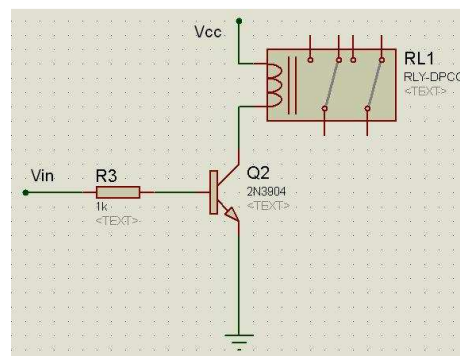


Fig. 2.29 Circuito del sistema actuador.

La resistencia R3 es una limitadora de corriente para la señal que envía el sistema de control evitando así daños en el transistor, ya que sólo se necesitan los voltajes de umbral para activar o desactivar el transistor.

El circuito final de todo el proceso de clasificación está determinado por los tres sistemas enlazados uno con otro para obtener un resultado óptimo del sistema y con el cual se tiene en una sola placa el bloque 2. (Fig. 2.30)

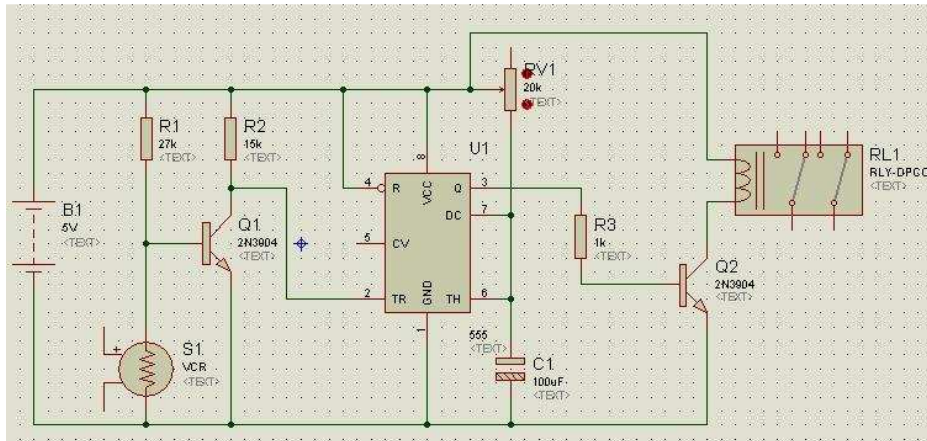


Fig. 2.30 Circuito general del sistema de clasificación.

El funcionamiento del sistema de clasificación empieza en los sensores, que son los que se encargan de convertir la señal lumínica en señal eléctrica entendible mediante la lógica binaria para que posteriormente sea analizada en el sistema de control, el cual emite una nueva señal para el sistema actuador y que convierte la señal eléctrica en movimiento.

Como se puede dar cuenta, todos los sistemas forman un solo circuito que se lo denomina de lazo abierto, en donde la señal de salida no interviene nuevamente en la señal de entrada sino que se comporta en una forma lineal y unidireccional.

Para finalizar este proceso, el circuito eléctrico se debe realizar como se muestra en la figura 2.30 en el programa Ares, procurando se siga cuidadosamente el circuito evitando fallos en el mismo. (Fig. 2.31)

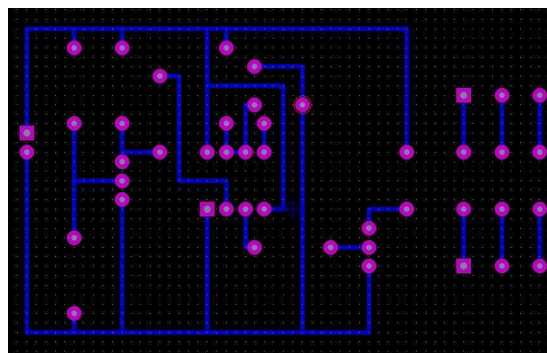


Fig. 2.31 Circuito eléctrico completo del proceso de clasificación.

Luego, se procede a la elaboración de una placa del circuito impreso siguiendo los pasos indicados en el ítem 2.2.1.1, duplicando el circuito inicial ya que son 2 sensores y cada uno necesita un sistema de control independiente del otro, quedando la placa de circuito impreso como en la figura 2.32.

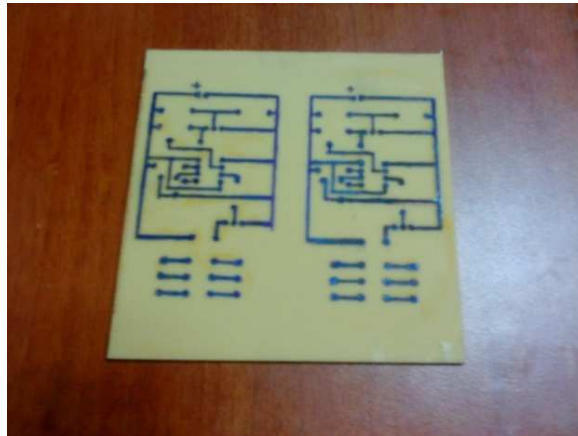


Fig. 2.32 Placa de circuito impreso del sistema de clasificación etapa 2.

Plasmado el circuito en la baquelita, se procede a soldar todos los elementos según corresponden, tratando de que queden bien asegurados y siguiendo el esquema indicado anteriormente. (Fig. 2.33)

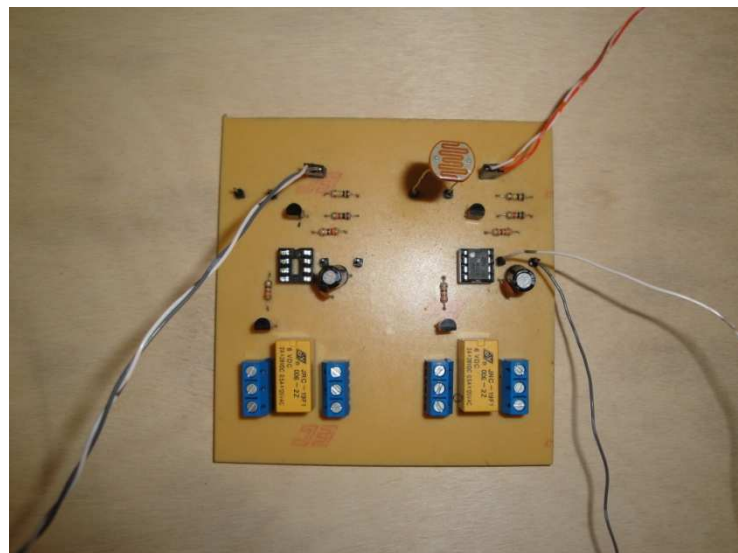


Fig. 2.33 Placa de circuito impreso del proceso de clasificación con sus elementos soldados.

Tal y como se muestra en la figura 2.33, los elementos principales están ubicados en su lugar. Los elementos como LDR y potenciómetros están con extensiones en

sus terminales ya que estos elementos irán ubicados en diferentes lugares según se lo requiera al momento de ensamblar la máquina.

Con la placa del circuito impreso se finaliza la etapa 2 en la que se encuentran los tres sistemas unidos.

2.2.3 ETAPA 3: SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN.

Para esta etapa, el diseño de un modelo de transportación debe estar determinado por los parámetros de clasificación, en el que los sensores establecen el tamaño según el diagrama de flujo de la figura 1.5. Tomando como referencia este diagrama, la clasificación se realiza en base a dos tamaños: grandes y medianos. Este tipo de clasificación requiere de un sistema de transportación para cada tamaño, con los que se obtiene dos bandas transportadoras secundarias y una banda transportadora principal previa a la clasificación. Con el fin de evitar lecturas erróneas, es necesario implementar una banda elevadora, la cual se va a encargar de recoger las frutas de la tolva receptora mediante un sistema de temporizado mecánico para enviarlas en tiempos espaciados. El esquema del sistema de transportación quedaría como se muestra en la figura 2.34 desde una vista superior.

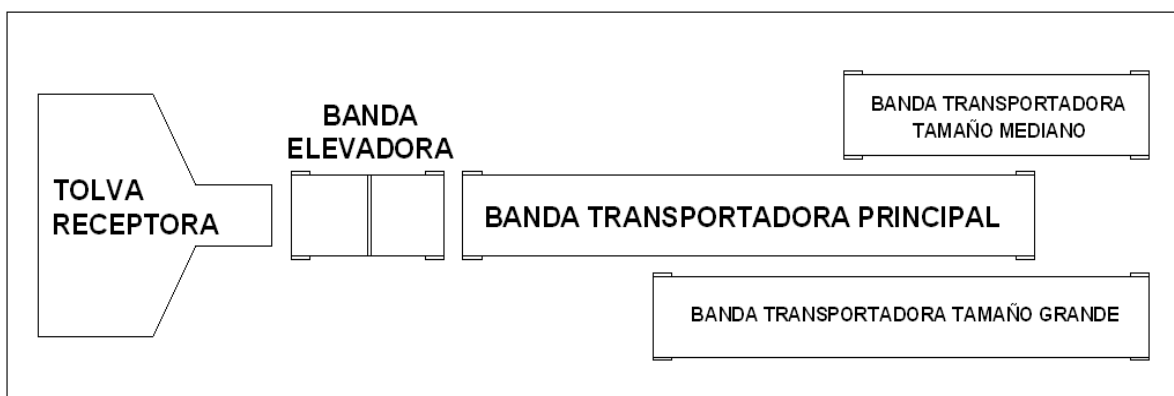


Fig. 2.34 Sistema de transportación de las frutas.

El proceso de transportación empieza en la tolva receptora, en donde se canalizan las frutas para que la banda elevadora, mediante unas paletas, pueda recoger las frutas de forma individual espaciadas en el tiempo entre una y otra. Realizado este proceso, las frutas caen de forma individual sobre la banda

transportadora principal en la cual van a ser clasificadas para que posteriormente pasen a unas bandas secundarias según el tamaño clasificado (grande o mediano). En caso de no ser censadas continúan en la banda principal hasta llegar a un receptor que se encuentra al final de la misma las cuales serían de un tamaño inferior al de los anteriores denominándolas como pequeñas. De esta manera, la máquina clasifica no sólo en dos, sino en tres tamaños: grande, mediano y pequeño; siendo sólo censadas las grandes y medianas.

2.3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA MÁQUINA.

Tomando en cuenta que la máquina va a ser un prototipo, los materiales que se van a escoger deben ser en función del precio, calidad y desempeño. El precio debe ser razonable y de acuerdo con la calidad del producto y en un promedio de los que se encuentran en el mercado. Al evaluar la calidad del producto, se debe tomar en cuenta los materiales o componentes del mismo, sus características, sus atributos, su durabilidad, etc. El desempeño del producto es una parte fundamental, debe satisfacer los requerimientos para los cuales va a ser utilizado de una manera efectiva y versátil.

Los elementos que se detallan a continuación, están escogidos en función de los parámetros nombrados anteriormente.

- **Servomotor HITEC Hs 311.-** Es el servo comúnmente más usado en aeromodelismo y robótica, esto debido a su bajo precio (17 Usd.) y alta calidad¹⁴ (piñones de nylon). El desempeño es muy bueno, ya que proporciona un torque de 3 Kg cm, y los voltajes de operación entre 4.5 y 6 voltios DC. A éste servo se lo puede modificar para obtener un motor reductor con las mismas características anteriores.
- **Caja reductora TAMIYA.-** Es una caja reductora didáctica para uso en robótica de cuatro velocidades, puede ser simple o doble¹⁵. El costo es

¹⁴.http://www.robotmexico.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=42&category_id=10&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=54&vmcchk=1&Itemid=54

¹⁵.http://www.dynamoelectronics.com/dynamo-tienda-virtual.html?page=shop.browse&category_id=102

accesible y similar al del servomotor (16 Usd.) y de muy buena calidad (elaborada en plástico). Su desempeño es muy conveniente, ya que permite modificar la velocidad configurando el juego de engranes, proporcionando así velocidades desde 38 rpm hasta 1039 rpm, tomando en cuenta que el voltaje de operación en el motor es de 3 voltios DC.

- **Acrílico.-** El acrílico es el mejor, entre todos los plásticos, por su resistencia a la intemperie y por excelentes cualidades para el mecanizado y el termo doblado¹⁶. El costo de una plancha de 1x1 m. está alrededor de los 42 dólares. El acrílico constituye un material utilizado en diferentes aplicaciones donde resulta necesario que el material permanezca inalterable por un largo período de tiempo, ideal para ser utilizado en el prototipo.
- **Cuerina.-** En términos generales, es un tejido plano de poliéster filamento, revestido con plastisoles que imitan al cuero delgado¹⁷. El costo del metro cuadrado oscila entre los 3,8 dólares. A diferencia del caucho, la cuerina tiene una buena resistencia al estiramiento y es más fácil de unir ya sea mediante una costura o pegamento, conservando su flexibilidad y propiedades.
- **Estructuras metálicas Meccano.-** Meccano tiene aplicaciones en el mundo educativo y la robótica, por lo didáctico que resulta la construcción de estructuras y articulaciones¹⁸. El costo de este tipo de estructuras depende de la cantidad de elementos que contenga, por ejemplo, el de un juego de 198 piezas es 12 dólares. La resistencia mecánica que ofrece y la facilidad para el ensamblaje son excelentes para utilizar en el prototipo.
- **Madera Triplex.-** Es una lámina formada por un número impar de capas de madera superpuestas, de tal forma que la dirección de las fibras entre dos capas adyacentes forman un ángulo recto. Las capas de madera son unidas por un proceso de presión y temperatura, mediante un adhesivo, creando un ensamble integral con características de resistencia iguales o

¹⁶ <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-acrilico.html>

¹⁷ <http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-textil/respuestas/2533793/acerca-de-la-cuerina>

¹⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Meccano>

superiores a las de la misma madera¹⁹. El costo depende de su grosor y es de mucha utilidad para procesos de construcción y carpintería.

2.4 ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA.

Para poder ensamblar la máquina es preciso revisar el esquema de transportación de la figura 2.34, ya que según este esquema se deben ubicar los sensores, motores, actuadores y demás componentes que van a conformar la máquina.

Una forma de facilitar el ensamblaje de la máquina es realizarlo por partes, cada una de ellas elaborada por separado para luego unir todo en una sola máquina. Lo ideal es clasificar por fases de diseño y ensamblaje de la siguiente manera:

- Fase 1: Banda transportadora principal
- Fase 2: Banda transportadora tamaño grande
- Fase 3: Banda transportadora tamaño mediano
- Fase 4: Banda elevadora
- Fase 5: Tolva receptora
- Fase 6: Instalaciones eléctricas

2.4.1 FASE 1: BANDA TRANSPORTADORA PRINCIPAL.

En esta fase se pretende realizar un diseño del sistema de transportación principal y de los elementos que van a gestionar el proceso de clasificación ubicándolos según convenga antes del ensamblaje final.

Para iniciar se realiza un esquema de la banda principal en su vista superior y frontal con acotaciones de medidas que pueden ser las reales, a fin de que el proceso sea eficaz, como se muestra en la figura 2.35.

¹⁹ <http://www.pizano.com.co/productos/triplex/triplex.pdf>

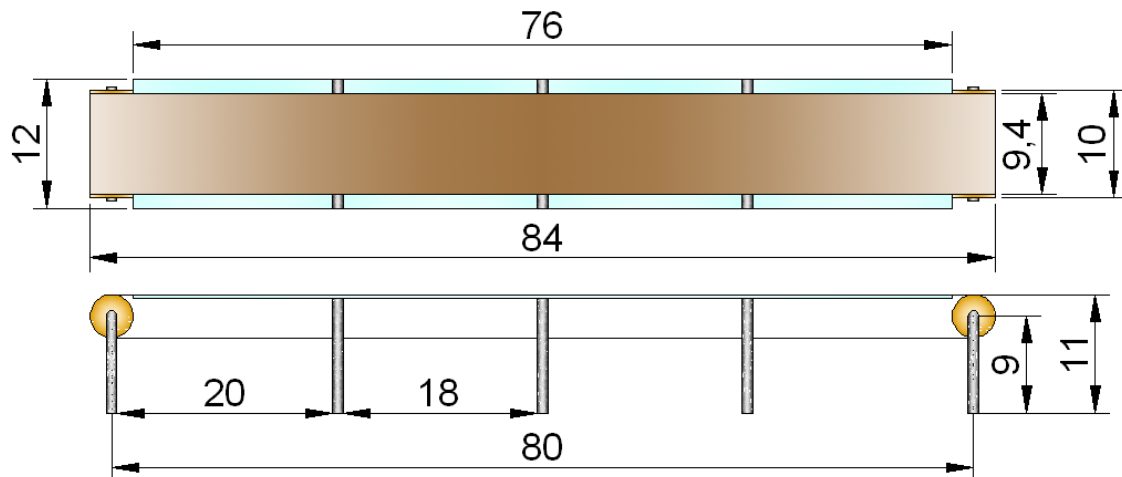


Fig. 2.35 Esquema de la banda transportadora principal y sus medidas en centímetros.

En la figura 2.35 se detallan las dimensiones que deben tener la banda transportadora principal y sus elementos. Como se puede observar requiere de soportes de 9 cm para los rodillos y de 11 cm para la placa que va a sostener la banda. Rodillos de 4 cm de diámetro por 10 cm de largo, una placa de 76x12 cm y una banda de aproximadamente 1.76 m de largo por 9.4 cm de ancho.

Sobre este mismo sistema se debe establecer el lugar adecuado donde deben ir los sensores y los motores de las compuertas como se muestra en la figura 2.36.

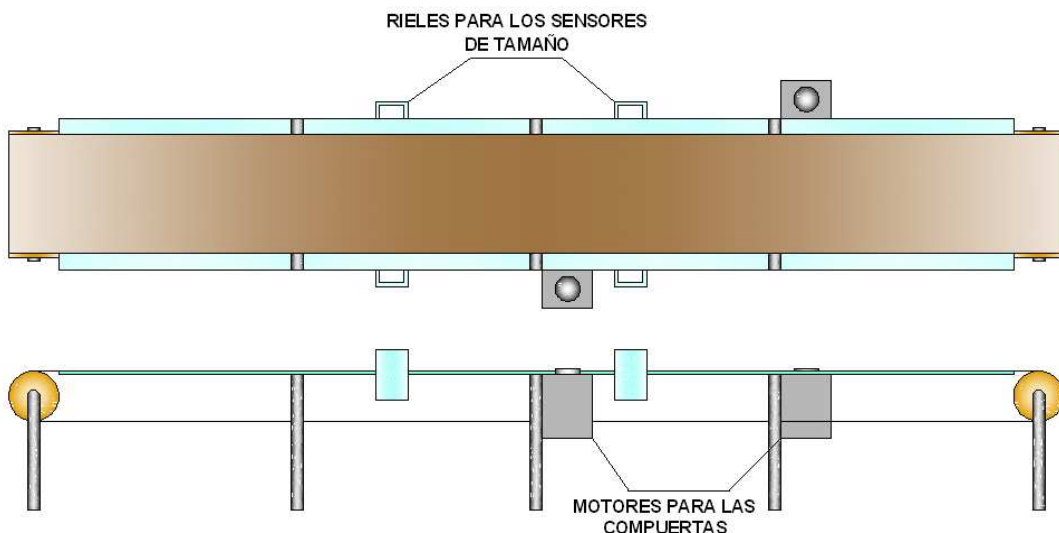


Fig. 2.36 Ubicación de sensores y motores de compuertas.

Siguiendo con el diseño, se debe implementar los sensores de contacto o bumpers para cada compuerta y el servomotor para cada sensor de tamaño junto con el sistema biela-manivela. (Fig. 2.37)

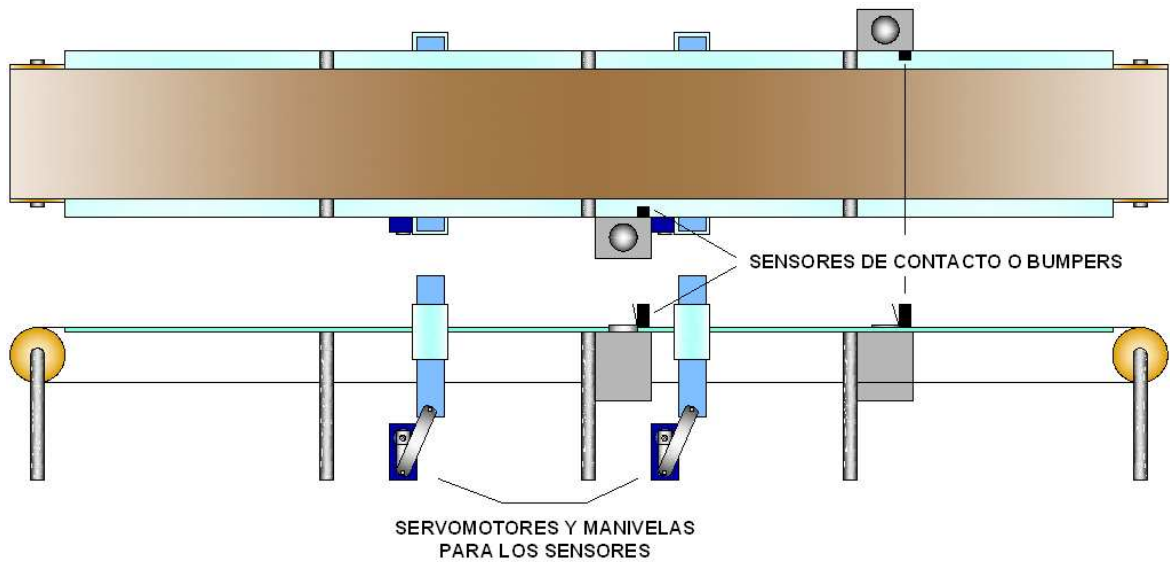


Fig. 2.37 Ubicación de servomotores y bumpers.

Como parte final del diseño de la fase 1 es la ubicación de las compuertas sobre cada uno de los motores, con lo que se obtiene el esquema completo de la banda transportadora principal. (Fig. 2.38)

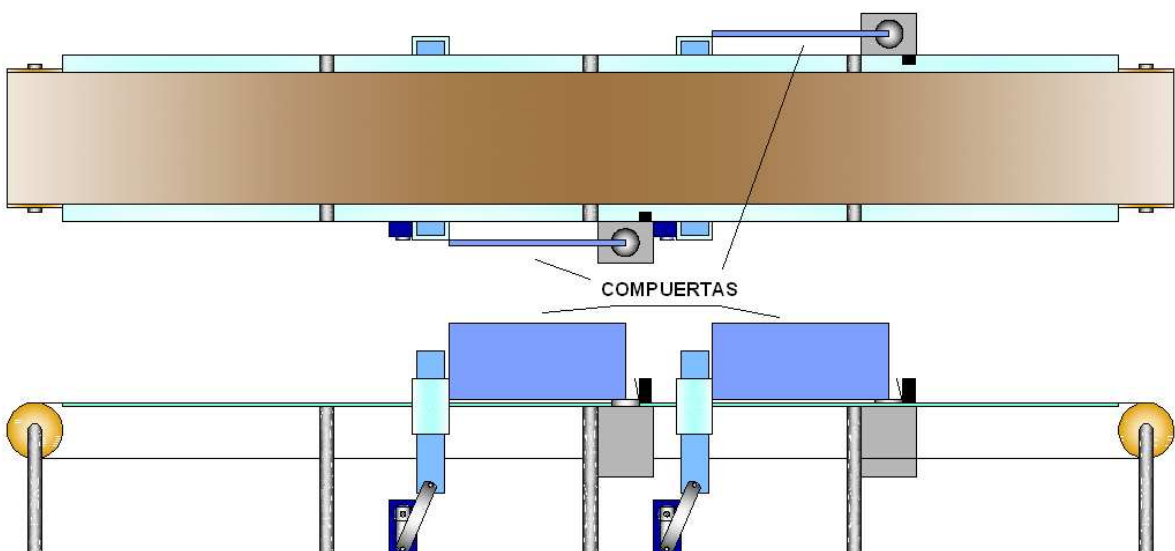


Fig. 2.38 Diseño completo de la banda transportadora principal.

2.4.1.1 Ensamblaje de la Fase 1.

Para el ensamblaje de la Fase 1 se requiere establecer un listado de materiales que se van a utilizar como se indica a continuación:

- 1 plancha de acrílico transparente de 76 x 12 x 0.3 cm
- 10 soportes metálicos
- Cuerina café de 176 x 9.4 cm
- 2 rodillos de madera de 4 cm diámetro por 10 cm de largo
- 4 rieles de 4 x 1.5 x 1 cm
- 2 servomotores
- 2 motores reductores
- 1 caja reductora
- 4 bumpers o sensores de contacto
- 2 soportes para sensores de 1.5 x 10 x 12 cm
- 2 emisores laser
- 2 LDRs
- 2 planchas de acrílico transparente de 6 x 12
- 1 tabla de 170 x 70 x 1 cm
- Tornillos y tuercas
- Pega para tubería de PVC

Con las herramientas apropiadas y guiándose en el diseño de la figura 2.35, lo primero que se debe ensamblar es el sistema de transportación y su base. Con la plancha de acrílico cortada en las dimensiones indicadas en el listado y los soportes, se empieza a ensamblar una especie de mesa sobre la cual rodará la banda transportadora elaborada con la cuerina. Los soportes metálicos deben ir separados uniformemente, para lo cual se requiere dividir el acrílico en cuatro secciones ya que son 6 soportes los que se deben ubicar para que no se doble la plancha y así soportar el peso de las frutas que van a ser clasificadas. Cada soporte debe ir sujetado firmemente y asegurado con tornillos para que la estructura sea estable. (Fig. 2.39)

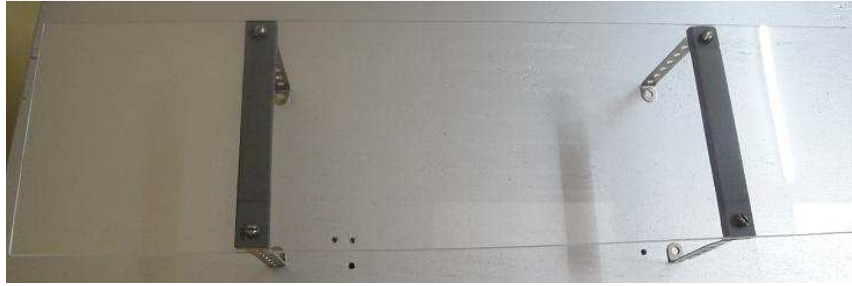


Fig. 2.39 Mesa-soporte para la banda transportadora principal.

Sobre este mismo soporte se ubican los motores de las compuertas y los sensores de contacto o bumpers como en la figura 2.40. Cada motor debe ir sujeto con tornillos sobre la base de acrílico para evitar el movimiento cuando se activen; de igual manera, los bumpers deben ser pegados al acrílico con el pagamento para PVC según el esquema de la figura 2.37.

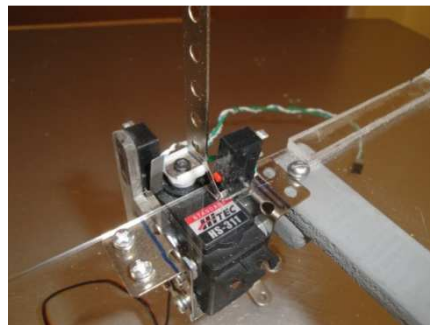


Fig. 2.40 Ubicación de motores reductores y bumpers sobre la estructura principal.

Las compuertas que van sobre los motores, deben ser en forma cóncava, asegurándose de esta manera que se recoja adecuadamente el producto censado. Las dimensiones establecidas en el listado de materiales consta de dos placas de acrílico de 6 x 12 cm, las cuales deben ser dobladas mediante la transmisión de calor (Fig. 2.41) y ubicadas en los soportes de los motores reductores. (Fig. 2.42)

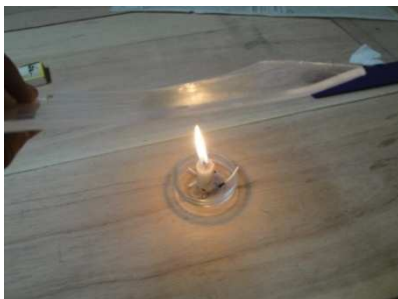


Fig. 2.41 Doblado de las placas de acrílico.



Fig. 2.42 Compuerta ubicada sobre el soporte del motor.

Con los motores, compuertas y los bumpers instalados, se requiere elaborar los rieles que van a formar parte del sistema de sensores con las medidas especificadas anteriormente (Fig. 2.43) y unirlos para formar la guía ubicándolos sobre la estructura principal, adhiriéndolos con la pega para PVC sobre el acrílico y separándolos 16 cm de los motores que abren las compuertas. (Fig. 2.44)

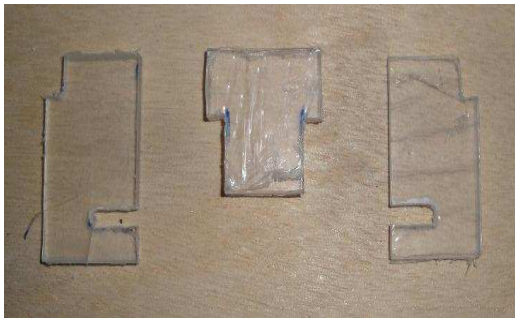


Fig. 2.43 Elementos para armar los rieles.

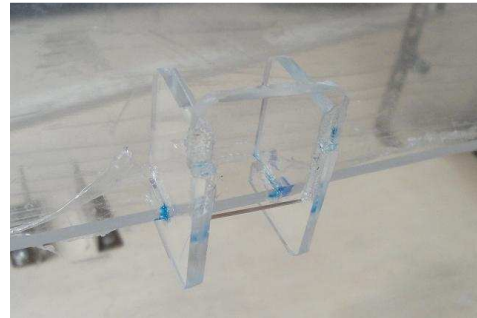


Fig. 2.44 Riel armado y pegado sobre el acrílico.

La estructura que va dentro del riel, debe tener una forma de u con las medidas antes especificadas para evitar que quede apretado y así tenga la movilidad adecuada para poder subir o bajar según se lo requiera (Fig. 2.45). Se debe ubicar por debajo de la plancha de acrílico para que no interrumpa el movimiento de la banda transportadora. (Fig. 2.46)



Fig. 2.45 Estructura móvil para los sensores de tamaño.



Fig. 2.46 Ubicación de la estructura de los sensores de tamaño.

Los servomotores que van a controlar el movimiento de la estructura y los sensores, deben estar ubicados en la parte inferior de la estructura y por debajo de la banda transportadora principal asegurados con tornillos sobre la tabla base para evitar su movimiento al momento de entrar en funcionamiento (Fig. 2.47),

junto con un sistema biela-manivela entre la estructura que sostiene los sensores y el servomotor para convertir el movimiento circular en movimiento rectilíneo, similar a un pistón del automóvil. (Fig. 2.48)



Fig. 2.47 Ubicación del servomotor.



Fig. 2.48 Sistema Biela-Manivela.

Sobre la tabla de 170 x 70 x 1 cm, se debe colocar los primeros soportes de los rodillos (Fig. 2.49), que van a estar a una distancia aproximada de 54 cm en el largo de la tabla y a la mitad del ancho. Tomando en cuenta que los rodillos son de 10 cm de largo, hay que dejar un espacio prudencial para que éstos puedan girar libremente. Los soportes deben ir instalados sobre la tabla asegurándolos con tornillos para que queden rígidos (Fig. 2.50), a una distancia de 80 cm entre los soportes del primer rodillo y el segundo. Como parte final se colocan los rodillos sobre los soportes a una altura de 9 cm por encima de la tabla base procurando que el eje quede bien centrado y libre en su movimiento giratorio. (Fig. 2.51)



Fig. 2.49 Soportes de los rodillos.



Fig. 2.50 Soportes instalados sobre la tabla base.



Fig. 2.51 Rodillo instalado sobre los soportes.

Se requiere cortar la cuerina de 176 x 9.4 cm para elaborar la banda transportadora principal (Fig. 2.52). Se debe coser sus extremos para crear una cinta sin fin, tratando de que quede bien fijada para que no ceda al momento de ser tensionada. Con estas medidas y unidos los extremos de la banda, se debe colocarla entre los rodillos y revisar que no quede demasiada tensionada, ya que esto puede ocasionar que se quede trabada o tenga la tendencia a irse hacia uno de los extremos del rodillo. (Fig. 2.53)



Fig. 2.52 Cuerina para la elaboración de la banda transportadora.



Fig. 2.53 Prueba de tensión de la banda transportadora principal.

Con las pruebas de tensión finalizadas, el proceso de ensamblaje y fijación sobre la tabla base es un poco más compleja. Tomando en cuenta que los soportes de los rodillos se encuentran fijados sobre la tabla base, se debe realizar un encuadre entre éstos y la estructura, la banda transportadora debe ser colocada previamente antes de poder ubicar la estructura sobre tabla base. (Fig. 2.54)



Fig. 2.54 Ubicación de la banda sobre el soporte.

Los soportes que sostienen los sensores de tamaño deben ser colocados en los rieles como se mencionó anteriormente (Fig. 2.55).



Fig. 2.55 Ubicación de los soportes de los sensores en los rieles.

Una vez ubicados los soportes, se construyen los sensores, de tal manera que se puedan sujetar sobre la estructura móvil, que consta de un emisor laser y un LDR como receptor (Fig. 2.56). Cada emisor-receptor debe estar ubicado uno en frente de otro y sobre los soportes móviles para que se muevan de forma simultánea. (Fig. 2.57)



Fig. 2.56 Sensor emisor-receptor.

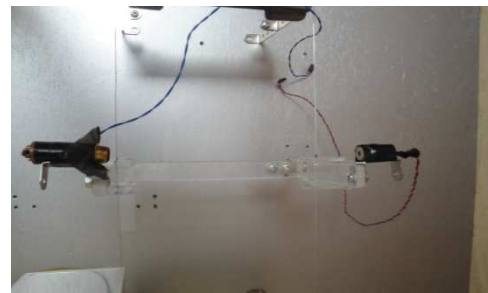


Fig. 2.57 Ubicación de los sensores en los soportes.

Con estos lineamientos expuestos, se empieza a fijar la estructura sobre la tabla base y por último, unir los sistemas biela-manivela con los soportes de los sensores, con lo que se termina el montaje de la estructura. (Fig. 2.58)

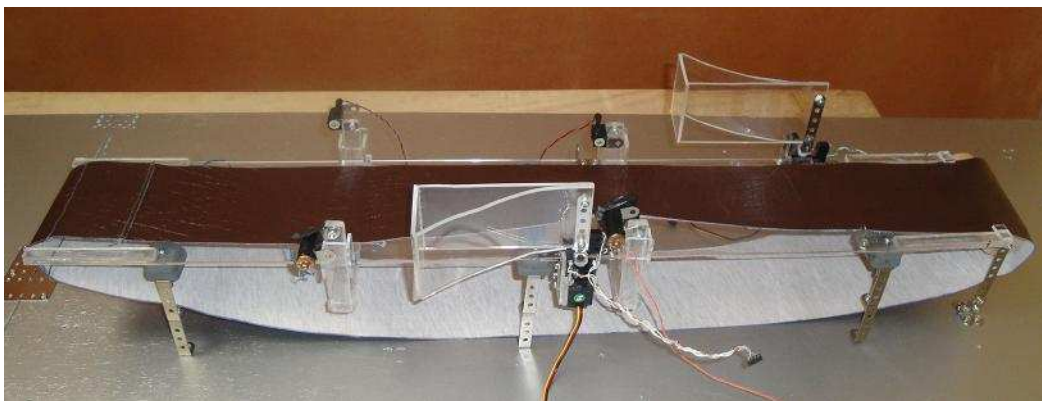


Fig. 2.58 Montaje de la estructura terminado.

Para finalizar el ensamblaje de la fase 1, se debe colocar un sistema de arrastre que permita girar el rodillo junto con la banda transportadora, para ello es necesario realizar un acople entre una caja reductora y el rodillo. El acople debe estar sujetado con pernos al rodillo para que este gire conforme al eje de la caja reductora (Fig. 2.59). Realizado este acople, se procede a tensionar la banda transportadora colocando los rodillos en cada uno de sus soportes y asegurando la caja reductora a éstos para evitar que se mueva mientras gira. (Fig. 2.60)



Fig. 2.59 Acople asegurado en el rodillo.



Fig. 2.60 Caja reductora asegurada al soporte del rodillo.

2.4.2 FASE 2: BANDA TRANSPORTADORA TAMAÑO GRANDE.

En esta fase, de igual manera que la anterior, se debe realizar un diseño de las proporciones que va a tener la banda transportadora para el tamaño grande como en la figura 2.61, mostrando el diseño desde una vista frontal y una superior.

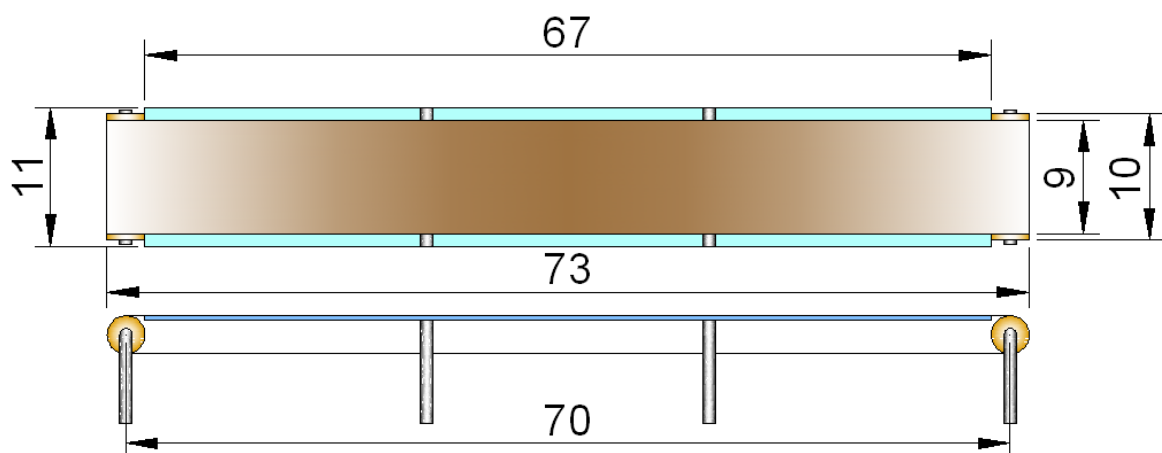


Fig. 2.61 Esquema del sistema de transportación tamaño grande con dimensiones en centímetros.

2.4.2.1 Ensamblaje de la Fase 2.

A diferencia del sistema de transportación principal, esta fase sólo se encarga de transportar las frutas ya clasificadas para dirigirlas hacia un nuevo colector. Para elaborar el sistema de transportación se requiere de los siguientes materiales:

- 1 plancha de acrílico transparente de 67 x 11 x 0.3 cm
- 8 soportes metálicos
- Cuerina café de 150 x 9 cm
- 2 rodillos de plástico de 3 cm diámetro por 10 cm de largo
- 1 caja reductora
- Tornillos y tuercas
- Pega para tubería de PVC

Con la plancha de acrílico se procede a realizar la estructura que va a soportar la banda transportadora. Se debe dividir en tres secciones la plancha para poder ubicar los soportes metálicos asegurándolos al acrílico con tornillos y tuercas, quedando así una estructura en forma de mesa rectangular como se indica en la figura 2.62.



Fig. 2.62 Estructura de soporte para la banda transportadora.

En función de la banda transportadora principal, se debe colocar de forma paralela a ésta los soportes para los rodillos que tienen 10 cm de largo (Fig. 2.63) y que deben permitir el libre giro del ellos. Los soportes deben ser asegurados

sobre la tabla base separados entre sí una distancia de 70 cm ubicados entre la compuerta y el final de la banda transportadora principal. (Fig. 2.64)



Fig. 2.63 Rodillo para el sistema de transportación.



Fig. 2.64 Ubicación de los soportes para los rodillos.

Las dimensiones de la cuerina para elaborar la banda transportadora son de aproximadamente 150 x 9 cm, la cual se debe unir en sus extremos para crear una cinta sin fin. Esta banda debe ser instalada sobre el soporte antes elaborado para luego ser fijado en la tabla base como se muestra en la figura 2.65.



Fig. 2.65 Banda transportadora y soportes del rodillo.

Una vez fijado y antes de tensionar la banda transportadora, se requiere realizar un acople entre el eje de los rodillos motrices y en eje de la caja reductora como se indica en la figura 2.66. Es necesario indicar que el rodillo motriz y su acople van a ser unidos a una caja reductora doble que mueve simultáneamente las bandas de tamaño grande y mediano, para ello se deben colocar previamente los soportes de los rodillos sobre el eje para luego ser asegurados sobre la tabla base. (Fig. 2.67)

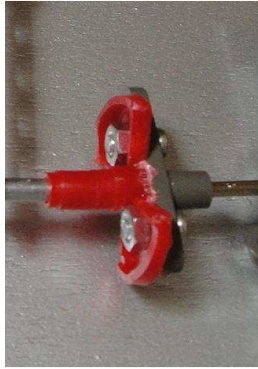


Fig. 2.66 Acople entre eje de rodillos y caja reductora.



Fig. 2.67 Soporte de rodillo y acople.

Antes de colocar los rodillos se debe preparar el otro sistema de transportación para hacer un solo bloque de transmisión de movimiento.

2.4.3 FASE 3: BANDA TRANSPORTADORA TAMAÑO MEDIANO.

El diseño de esta banda transportadora no es muy diferente al de la principal y de tamaño grande, las medidas se especifican en el esquema de la figura 2.68 desde una vista superior y frontal.

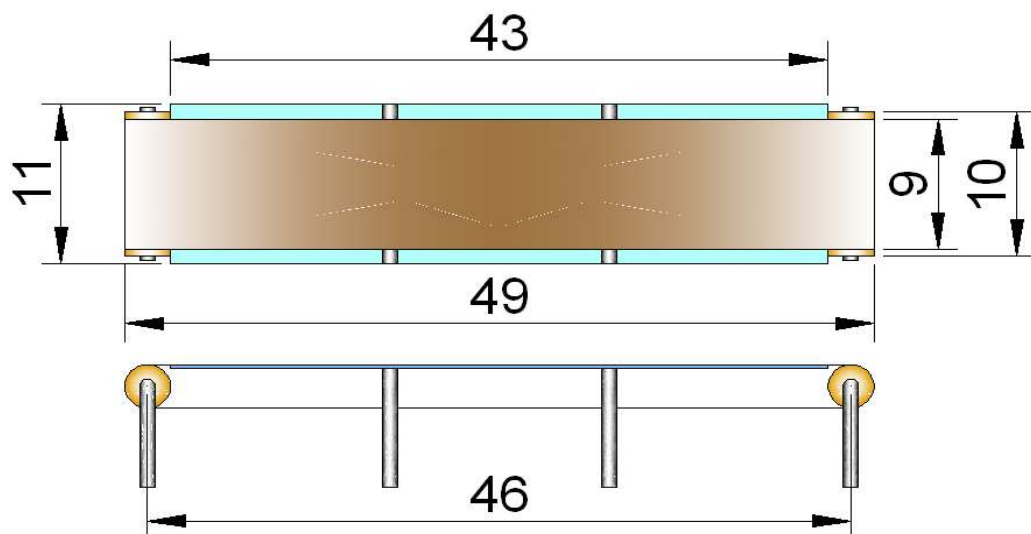


Fig. 2.68 Esquema de la banda transportadora tamaño mediano con dimensiones en centímetros.

2.4.3.1 Ensamblaje de la Fase 3.

Para la fase 3, al igual que la fase 2, el sistema es neto de transportación y se requiere de los siguientes componentes para elaborar el sistema de transportación:

- 1 plancha de acrílico transparente de 43 x 11 x 0.3 cm
- 8 soportes metálicos
- Cuerina café de 102 x 9 cm
- 2 rodillos de plástico de 3 cm diámetro por 10 cm de largo
- 1 caja reductora
- Tornillos y tuercas

Al igual que en la fase 2, la estructura debe realizarse con la plancha de acrílico dividiéndola en tres partes para poder ubicar cada uno de los soportes como en la figura 2.69.



Fig. 2.69 Estructura para el sistema de transportación tamaño mediano.

La banda transportadora debe realizarse en función de las medidas indicadas y los extremos unidos para crear una cinta sin fin. Debe ser ubicada sobre la estructura-soporte e instalada sobre la tabla base paralela a la banda transportadora principal. Los soportes del rodillo deben estar colocados similarmente al de la fase 2, ya que los rodillos son del mismo tamaño. (Fig. 2.70)



Fig. 2.70 Banda transportadora para tamaño mediano.

Para finalizar, el sistema de arrastre debe ser implementado junto con el sistema anterior, ya que la caja reductora sirve para ambas bandas transportadoras. Las uniones deben realizarse previas a la instalación sobre la tabla base, ya que se convierte en un solo eje motriz como se muestra en la figura 2.71.

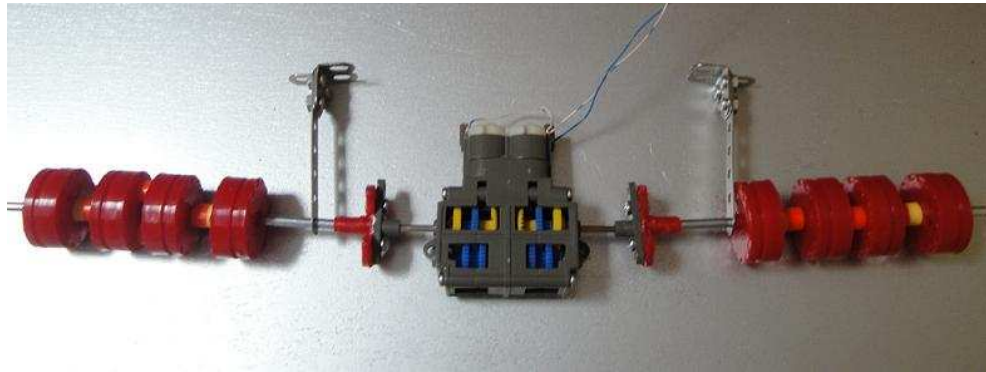


Fig. 2.71 Sistema motriz para la fase 2 y 3 mediante una caja reductora doble.

Ya terminado todo el eje motriz, se debe templar las bandas transportadoras de la fase 2 y 3 colocando los rodillos en su lugar (Fig. 2.72).



Fig. 2.72 Ubicación de los rodillos sobre los soportes.

Fijando los soportes sobre la tabla base y asegurando el motor reductor doble para evitar el movimiento cuando entre en funcionamiento, se finaliza el templado de las dos bandas y la colocación del eje motriz. (Fig. 2.73)

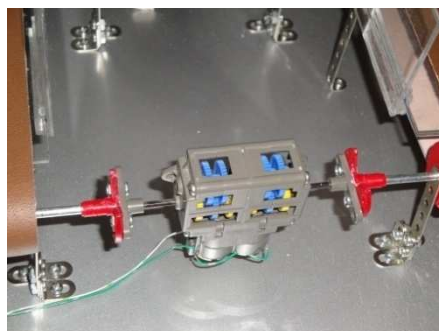


Fig. 2.73 Caja reductora doble.

Una vista general de las tres fases ensambladas se muestra en la figura 2.74, en la que constan todos los elementos instalados sobre la tabla base y según el diseño de la figura 2.34.



Fig. 2.74 vista general de las 3 fases ensambladas.

2.4.4 FASE 4: BANDA ELEVADORA.

La elaboración de esta banda elevadora necesita de un diseño especial, ya que ésta se convierte en una especie de temporizador mecánico que recoge las frutas en espacios separados de tiempo, las eleva para luego dejarlas caer en la banda transportadora principal. El diseño de esta banda elevadora se muestra en el gráfico 2.75 con las dimensiones en centímetros requeridas para elaborarla.

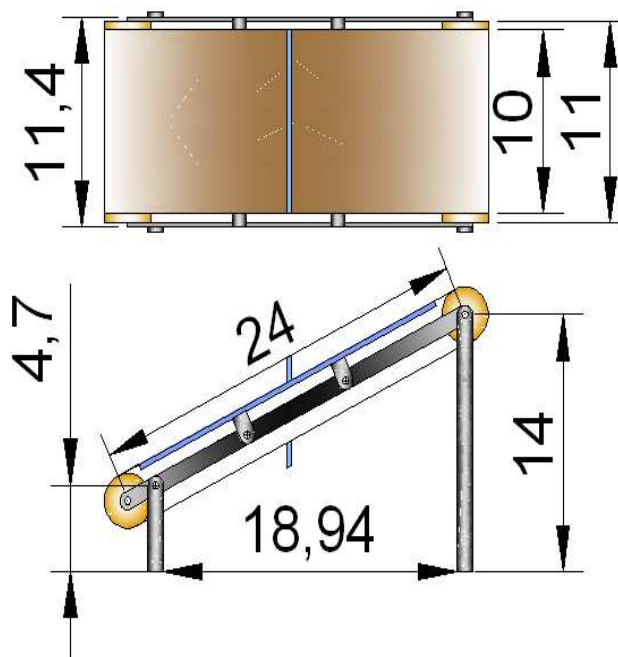


Fig. 2.75 Diseño de la banda elevadora con sus medidas.

2.4.4.1 Ensamblaje de la Fase 4.

Los materiales que se requieren para ensamblar la banda elevadora se presentan a continuación:

- 1 plancha de madera de 4.5 x 21 x 0.5 cm
- 2 soportes metálicos de 24 cm largo
- 2 colectores de 1.5 x 10 cm
- 4 soportes metálicos para los rodillos
- 2 separadores metálicos
- Cuerina café de 58 x 10 cm
- 2 rodillos de plástico de 3 cm diámetro por 11 cm de largo
- 1 caja reductora
- Tornillos y tuercas

Par la elaboración de la banda se requiere fabricar una estructura metálica con los soportes y separadores metálicos como se indica en la figura 2.76, ya que estos son los que van a contener a los rodillos y la base que soporta a la banda.

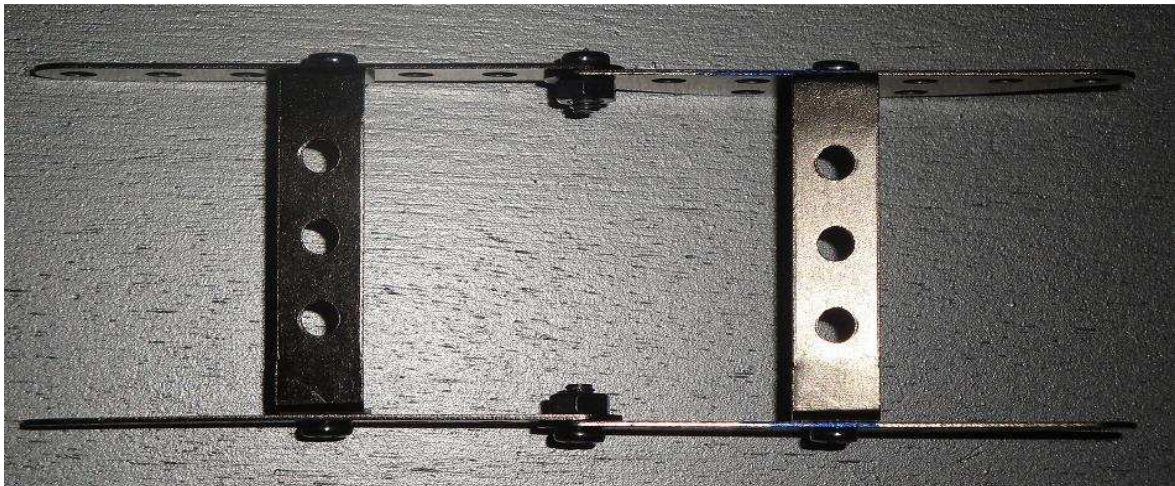


Fig. 2.76 Estructura metálica de la banda elevadora.

Elaborado el soporte metálico, se procede a colocar la plancha de madera en la mitad de los separadores y con las dimensiones antes especificadas como está en la figura 2.77.

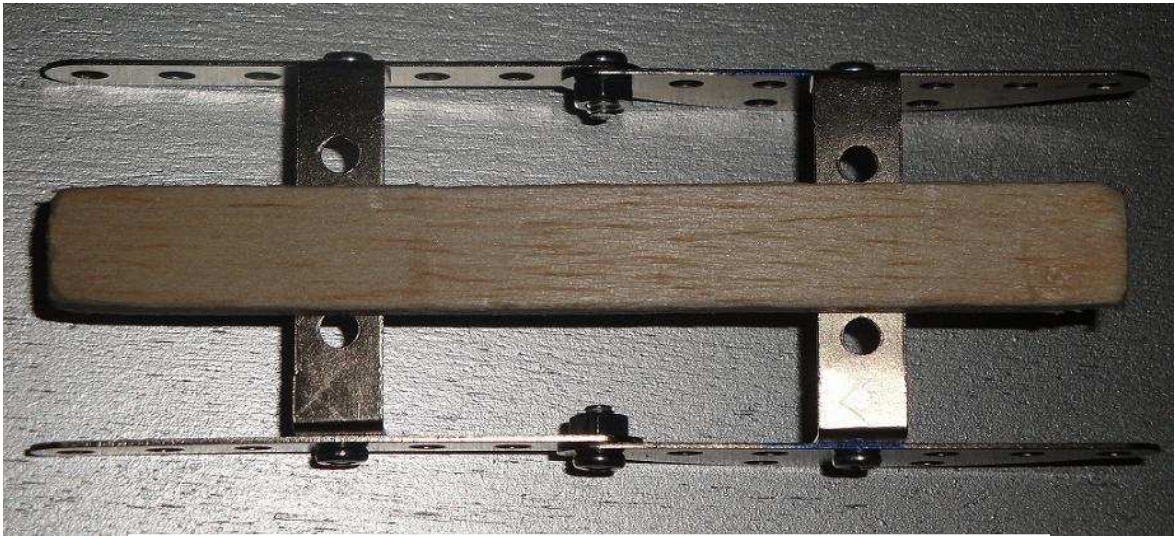


Fig. 2.77 Ubicación de la plancha de madera sobre la estructura metálica.

Para la elaboración de la banda transportadora se requiere de cuerina con las medidas especificadas en el listado de materiales uniendo los extremos para así crear una cinta sin fin. Adicional a este punto se debe realizar los colectores que son los que van a recoger las futas (Fig. 2.78). Estos deben ir asegurados sobre la banda transportadora con tornillos y puestos de tal manera que queden separados sobre la banda equitativamente. (Fig. 2.79)



Fig. 2.78 Colector sobre la banda elevadora.

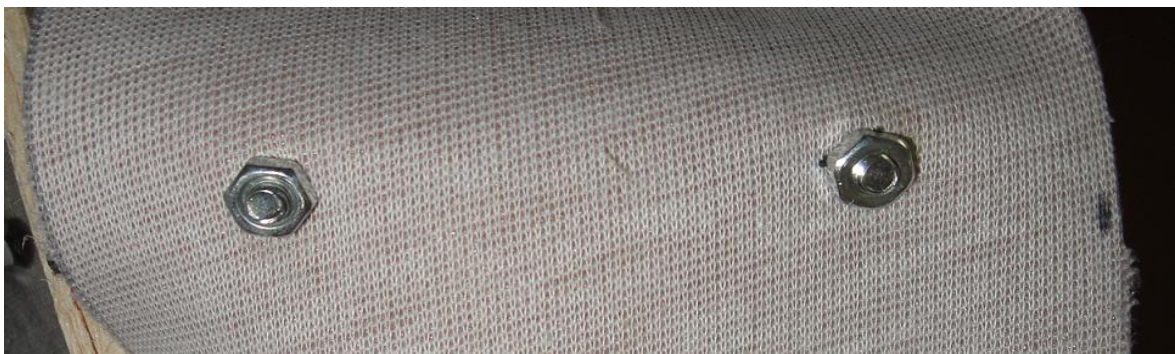


Fig. 2.79 Fijación de los colectores sobre la banda elevadora.

Previo a la colocación de los soportes, la banda debe ser ubicada sobre la estructura metálica y puesto uno de los rodillos antes de tensionarla. (Fig. 2.80)

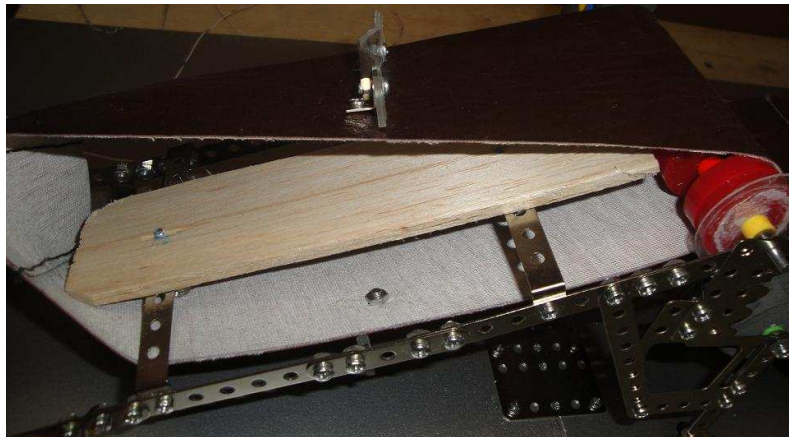


Fig. 2.80 Ubicación de la banda y el rodillo sobre la estructura.

El siguiente paso es ubicar los soportes en la estructura para fijarlos a la tabla base (Fig. 2.81), tomando en cuenta el diseño de la figura 2.75.

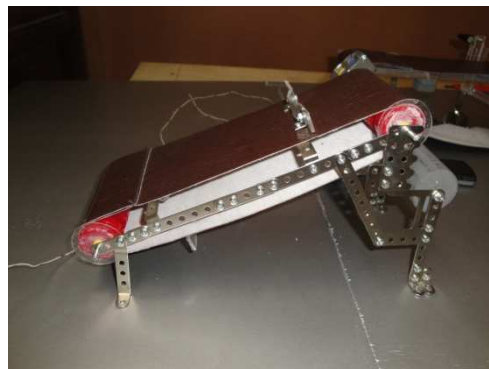


Fig. 2.81 Fijación de los soportes sobre la tabla base.

Como paso final, es ubicar la caja reductora con el eje motriz del rodillo mediante un acople para realizar el arrastre de la banda elevadora (Fig. 2.82). El motor reductor debe ser fijado sobre el soporte para que al momento de entrar en funcionamiento no se mueva. (Fig. 2.83)

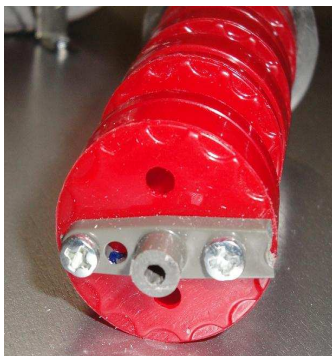


Fig. 2.82 Acople sobre el rodillo.

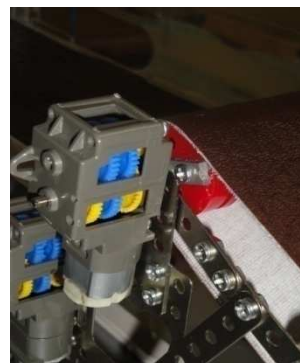


Fig. 2.83 Motor reductor de la banda elevadora.

Con las cuatro fases ensambladas y fijadas sobre la tabla base, se requiere colocar unas barreras para cada una de las bandas para evitar que las frutas se salgan de su carril o produzcan comportamientos erróneos del sistema de transportación. Para la elaboración de las barreras se requiere cortar planchas de acrílico según el largo de cada banda transportadora (Fig. 2.84), y unir las a cada una de las estructuras de soporte con el pegamento para PVC. (Fig. 2.85)

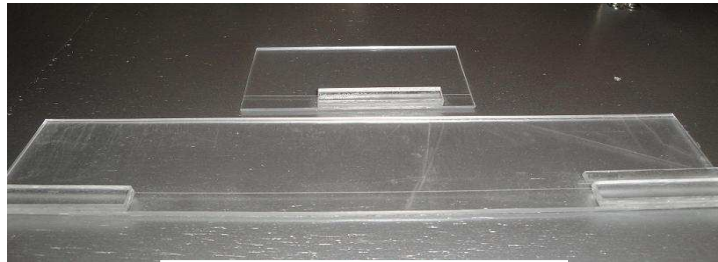


Fig. 2.84 Barreras de acrílico.

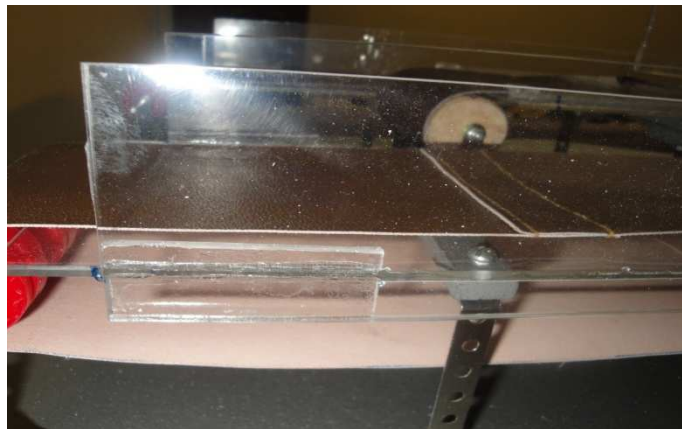


Fig. 2.85 Barrera pegada a la estructura-soporte de la banda.

Sobre la estructura de la banda elevadora se debe colocar una barrera móvil de plástico para que al momento que las frutas lleguen hasta la parte superior no salgan disparadas y se amortigüe su caída sobre la banda transportadora principal como se indica en la figura 2.86.



Fig. 2.86 Barrera móvil de plástico.

Las cuatro fases están terminadas según el esquema de la figura 2.34 y se muestran en la figura 2.87 ensambladas en su totalidad.



Fig. 2.87 Fases del 1-4 terminadas en su ensamblaje.

2.4.5 FASE 5: TOLVA RECEPTORA.

La tolva receptora es el lugar donde se colocan las frutas antes de ser clasificadas. Esta debe tener un diseño especial, para que las frutas no se aglomeren y tengan la facilidad de ser recogidas una por una. El diseño de la tolva receptora se muestra en la figura 2.88.

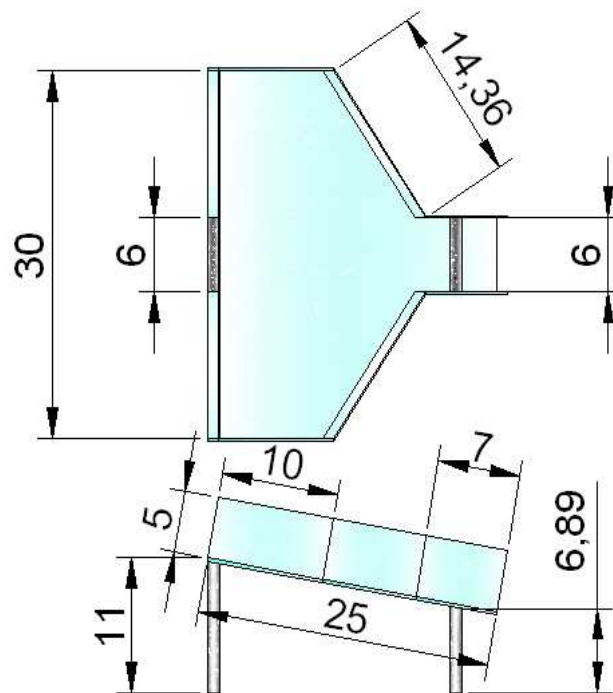


Fig. 2.88 Diseño de la tolva receptora con dimensiones en centímetros.

2.4.5.1 Ensamblaje de la Fase 5.

Los elementos que se requieren para ensamblar la tolva receptora se detallan a continuación:

- 1 plancha de acrílico de 30 x 25 cm
- 4 soportes metálicos
- Pegamento para tubería de PVC
- Tornillos y tuercas

Como primer paso se debe cortar la plancha de acrílico según las medidas especificadas en la figura 2.88 para hacer la base. Las barreras deben ser cortadas de 5 cm de alto por cada una de las medias de la plancha de acrílico. (Fig. 2.89)

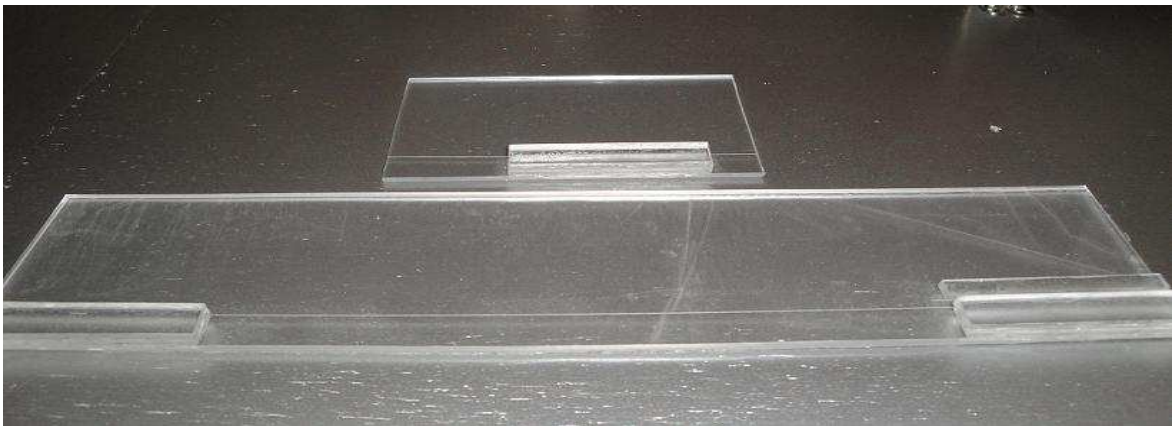


Fig. 2.89 Barreras de acrílico para la tolva receptora.

Cada una de las barreras debe ser pegada a la base de acrílico con el pegamento para PVC, procurando que quede fijo y no se mueva. (Fig. 2.90)

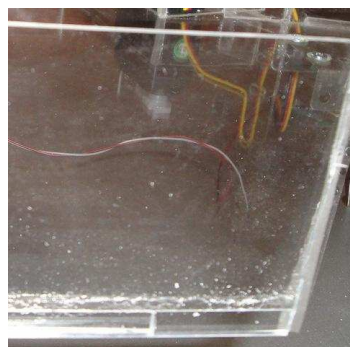


Fig. 2.90 Pegado de las barreras a la plancha base.

Una vez pegadas las barreras, se debe ubicar los soportes más grandes en la parte anterior del ahorcamiento de la tolva (Fig. 2.91), los de menor tamaño debajo del estrechamiento (Fig. 2.92) para así generar la inclinación que se requiere, logrando que las frutas se muevan por efecto de la gravedad.



Fig. 2.91 Soportes grandes de la tolva receptora.

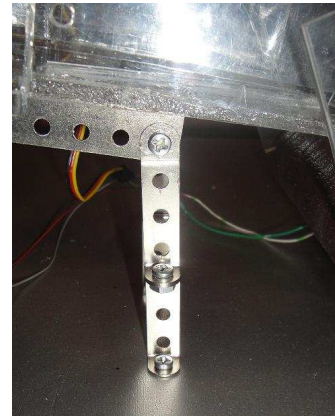


Fig. 2.92 Soportes pequeños de la tolva receptora.

Como parte final se debe fijar la tolva receptora a la tabla base, procurando que la parte del estrechamiento no tope con las paletas de la banda elevadora. Sobre uno de los costados se debe implementar un motor con una paleta para asegurar que las frutas no se aglomeren y se aflojen para poder circular libremente. (Fig. 2.93)

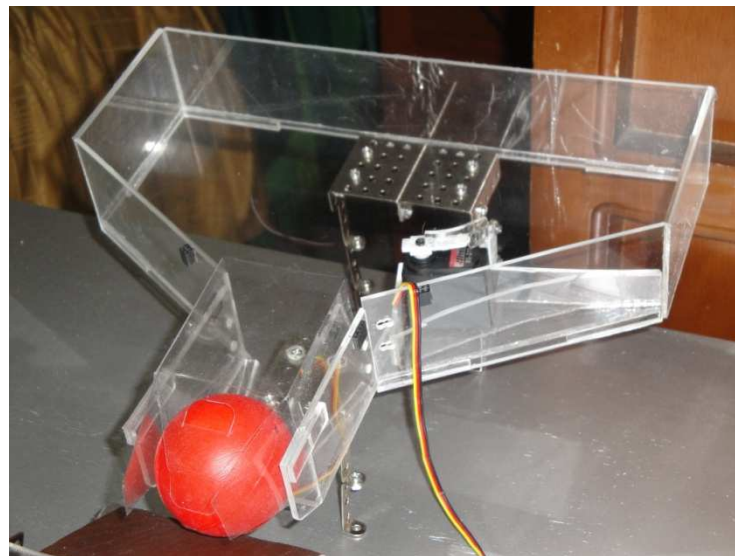


Fig. 2.93 Tolva receptora ensamblada e instalada sobre la tabla base.

Según el gráfico de la figura 2.34, las cinco fases ensambladas se observan en de la figura 2.94.

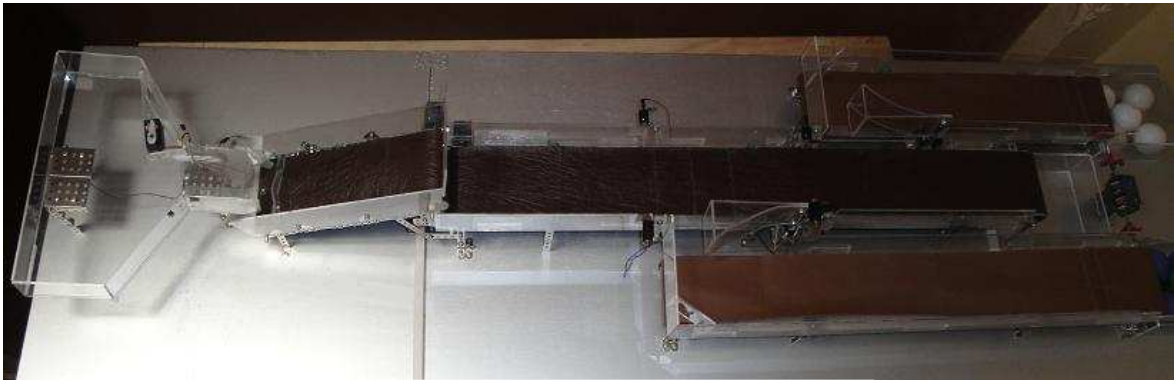


Fig. 2.94 Ensamblado final de las fases 1-5.

2.4.6 FASE 6: INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Para las instalaciones eléctricas de todo el proceso de clasificación y transportación de las frutas se requiere de los siguientes materiales:

- 3 metros de cable multipar
- Espadines
- Conectores para espadines
- Cautín
- Estaño
- Tape negro
- 1 plancha de acrílico
- Pegamento para tubería PVC
- 1 fuente de poder para computador
- 2 fuentes pequeñas de 4.5 voltios
- 2 canaletas de 0.8 x 1.2 x 200 cm

Antes de realizar las conexiones, se necesita establecer la cantidad de cables que se requieren en cada uno de los elementos emisores, receptores y actuadores como se indica a continuación:

- 2 emisores laser – 4 cables
- 2 receptores LDR – 4 cables
- 2 motores de compuertas – 4 cables

- 4 sensores de contacto – 8 cables
- 2 servomotores – 6 cables
- 4 cajas reductoras – 8 cables

El total de cables suma 34. Se debe tomar en cuenta que en algunos casos sólo se debe realizar derivaciones de un cable principal que lleva la energía como son los emisores laser y las cajas reductoras. Con estas aclaraciones el número total de cables se reduce a 26, que son los que van a ir dentro de la canaleta identificados claramente con un código de colores para cada elemento a funcionar. (Fig. 2.95)

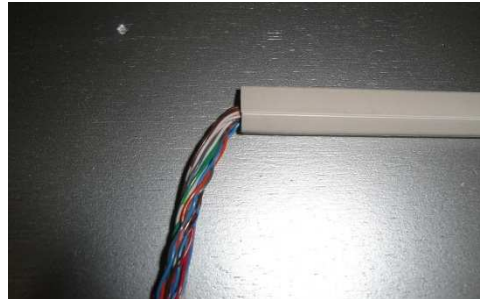


Fig. 2.95 Cables dentro de la canaleta.

La canaleta que va a contener los cables debe tener la medida del largo de la banda transportadora principal, ya que sobre ésta se encuentra la mayoría de elementos que emiten y reciben señales. Cada uno de los elementos se encuentra predispuesto a diferente distancia y el cable que debe llegar a éstos, debe tener la medida adecuada. Sobre la canaleta se debe realizar agujeros para sacar los diferentes cables que llegan hacia cada uno de los elementos. Sobre los terminales del cable se debe soldar espadines (Fig. 2.96), que el caso de ser necesario reemplazar el dispositivo, se lo haga de una mejor manera. La canaleta debe ser ubicada por debajo de la banda transportadora principal. (Fig. 2.97)

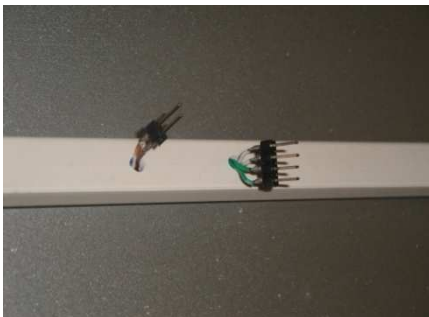


Fig. 2.96 Espadines soldados en los cables.

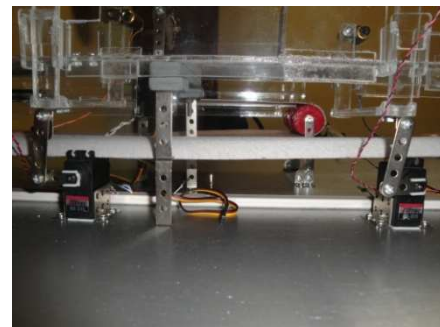


Fig. 2.97 Canaleta ubicada debajo de la banda transportadora principal.

Antes de seguir instalando los cables, se debe ubicar el espacio para la fuente de poder, la cual va a estar instalada paralela al primer rodillo de la banda transportadora principal (Fig. 2.98). Con la plancha de acrílico se debe realizar una caja de 12 x 22 x 7 cm., donde se van a colocar los circuitos electrónicos y de control. (Fig. 2.99)



Fig. 2.98 Fuente de poder.

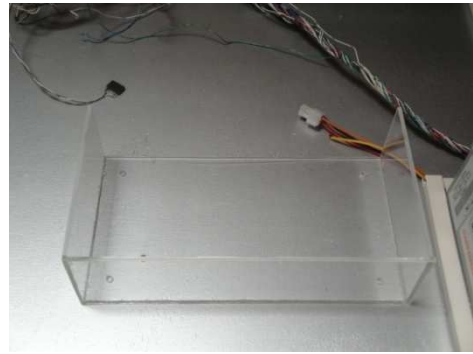


Fig. 2.99 Caja para los circuitos de control.

Con la fuente de poder y la caja instaladas sobre la tabla base, los cables deben ser dirigidos hacia los controles mediante la canaleta. (Fig. 2.100)



Fig. 2.100 Cables guiados por canaleta.

El primer circuito que se va a instalar es el sistema de control completo asegurándolo con tornillos en la caja de acrílico. (Fig. 2.101)

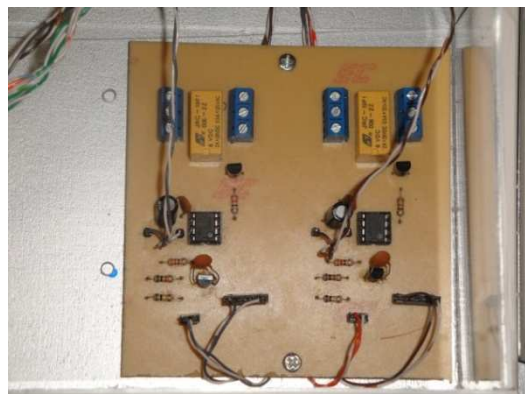


Fig. 2.101 Instalación de la placa de control.

El sistema que controla los relés que activan los motores de las compuertas tiene una instalación eléctrica especial, ya que ésta permite que el sistema funcione adecuadamente como se muestra en la figura 2.102.

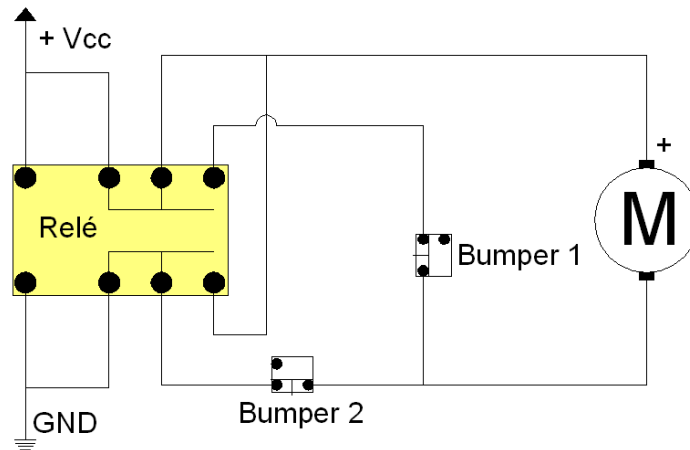


Fig. 2.102 Instalación eléctrica para los motores de las compuertas.

Cuando el relé se activa, polariza inversamente al motor haciéndolo girar y abrir la compuerta hasta que ésta topa en el bumper 1 que desenergiza el sistema abriendo su contacto interno. El motor permanece en este estado hasta que el relé se desactive. Cuando el relé se desactiva, polariza directamente el motor haciéndolo girar y cerrar la compuerta hasta que topa en el bumper 2 que desenergiza el sistema abriendo su contacto interno. Cada una de las instalaciones se vuelve independiente ya que el relé se encarga de activar un sólo sistema cuando éste se acciona. Según las instalaciones de la figura 2.102, se procede a realizar las conexiones basándose en el código de colores de cada dispositivo para no equivocarse al momento de conectar. (Fig. 2.103)

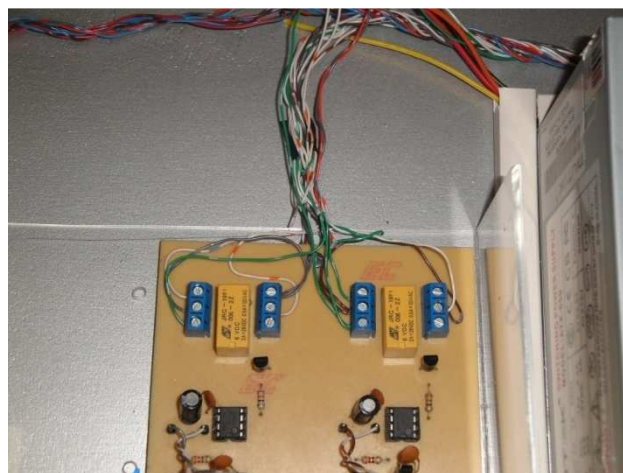


Fig. 2.103 Conexión de los cables según el código de colores.

El paso siguiente es fijar la placa que controla los servomotores con tornillos a la base de la caja de acrílico y de igual manera realizar la conexión de los cables según el código de colores de cada uno de los elementos. (Fig. 2.104)

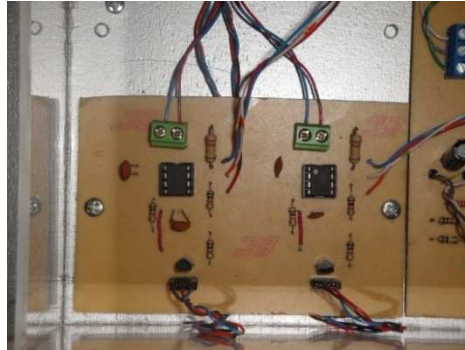


Fig. 2.104 Instalación de la placa controladora de los servomotores y conexión de cables.

La última placa que se debe fijar es la del control de encendido, y de igual manera utilizando el código de colores, se debe realizar las conexiones eléctricas. (Fig. 2.105)

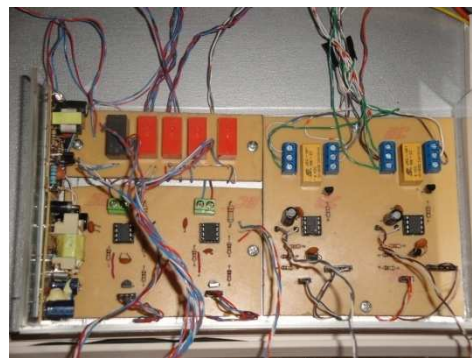


Fig. 2.105 Instalación de la placa de control de encendido y conexión de cables.

Realizada la instalación de todas las placas, los cables que se conectaron en cada una de ellas deben ser ubicados en el interior de las canaletas para mayor seguridad y estética visual. (Fig. 2.106)

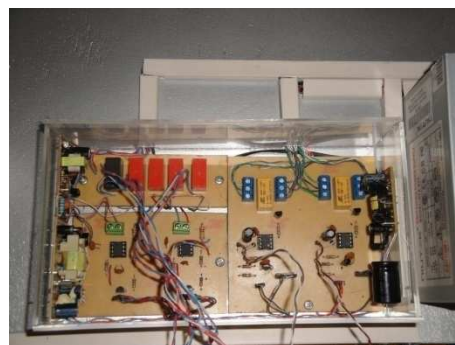


Fig. 2.106 Cableado dentro de canaletas.

Sobre la tapa de la caja de acrílico se debe colocar los pulsadores de encendido y apagado, los potenciómetros de los sensores de tamaño y los potenciómetros de los temporizadores del sistema de control. (Fig. 2.107)



Fig. 2.107 Ubicación de los diferentes elementos de control sobre la tapa de la caja de acrílico.

Una vez ubicada la tapa, finaliza todo el proceso de ensamblaje de la máquina clasificadora y transportadora de frutas de acuerdo al tamaño como se indica en la figura 2.108 desde una vista superior, y en la figura 2.109 desde una vista lateral.

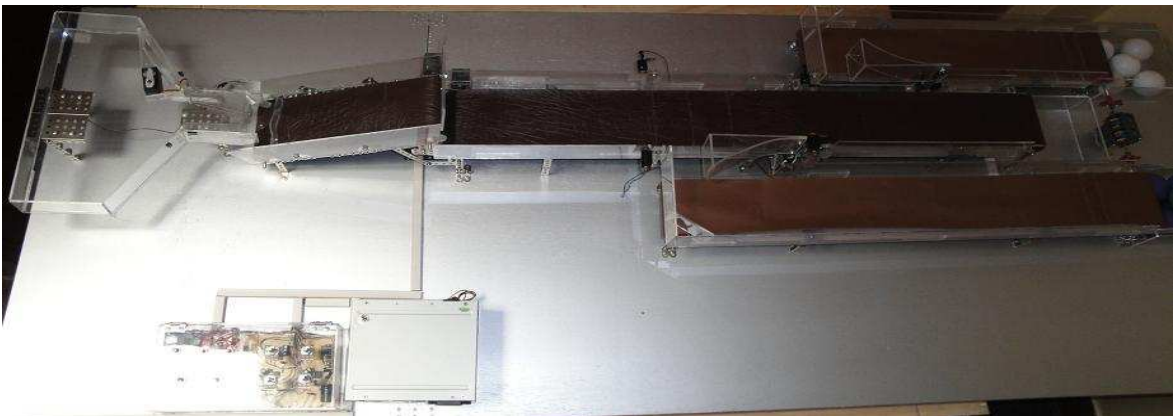


Fig. 2.108 Vista superior de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.



Fig. 2.109 Vista lateral de la máquina clasificadora y transportadora de frutas.

2.5 PRUEBAS Y CALIBRACIÓN.

Para las pruebas de la maqueta es necesario conseguir esferas de diferente tamaño para representar los diferentes tipos de frutas. Los valores comerciales que se puede encontrar son de 6, 5, 4 y 3 centímetros de diámetro (Fig. 2.110). Las esferas son muy ligeras como para utilizar en la máquina, así que es necesario rellenarlas para conseguir un peso similar al de una fruta.

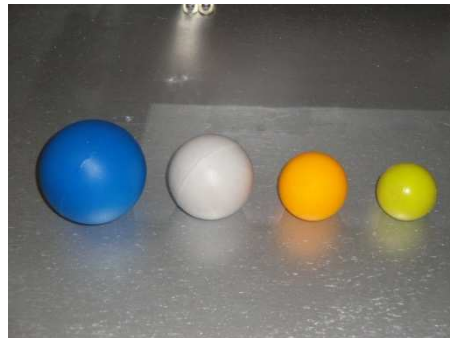


Fig. 2.110 Esferas de diferente tamaño.

Antes de empezar a realizar las pruebas, es necesario encender la máquina para ver su correcto funcionamiento, empezando con el encendido general, luego el sistema de control y por último el sistema de transportación. Si existiera algún error en el sistema, es necesario identificarlo y corregirlo antes de poner en funcionamiento la máquina.

Lo primero que se debe hacer es tomar dos esferas, que pueden ser las de 6 y 5 centímetros de diámetro. Con la máquina encendida hasta la etapa de control, se debe ubicar cada una de las esferas debajo de los sensores, la de mayor diámetro bajo el primer sensor y la de menor diámetro bajo el segundo sensor, con esto se asegura que no exista error de lectura por parte de los sensores. (Fig. 2.111)

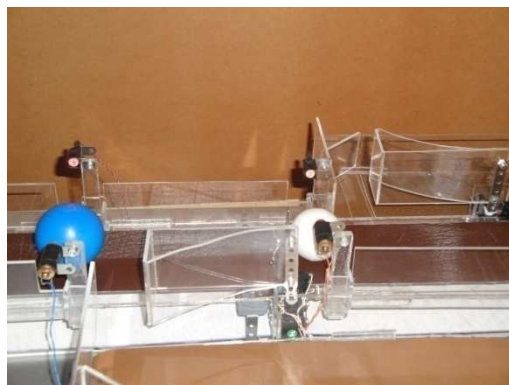


Fig. 2.111 Ubicación de esferas bajo los sensores.

Con las esferas ubicadas debajo de cada sensor, se procede a mover los sensores, con cada uno de los potenciómetros, hasta que el haz de luz sea cortado y la compuerta de cada uno de los sensores se abra. Si la compuerta se abre, significa que el tamaño está registrado y es factible censar las frutas que tengan esa medida (Fig. 2.112). Este procedimiento es muy importante y se lo debe realizar con cada uno de los tamaños a censar.

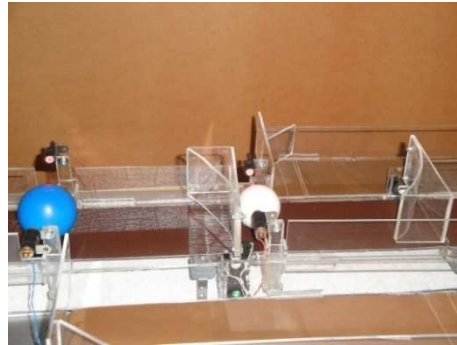


Fig. 2.112 Registro del tamaño de las frutas.

Asumiendo que las esferas de 6 y 5 centímetros pertenecen a un mismo tipo de fruta, se procede a probar la máquina encendiendo el sistema de transportación. Si el tamaño está bien registrado, la máquina segregará cada una de las frutas a las bandas auxiliares.

El tiempo de apertura de cada una de las compuertas, debe ser determinado según el tamaño de cada una de las frutas. Con los cuatro tamaños de esferas, se arman tres grupos en los que cada uno de ellos pertenece a un mismo tipo de fruta. Los grupos se arman de la siguiente manera:

- Grupo 1: 6 y 5 cm.
- Grupo 2: 5 y 4 cm.
- Grupo 3: 4 y 3 cm.

Para cada uno de los tamaños, la apertura de las compuertas es diferente, tomando en cuenta que la banda transportadora principal avanza a una velocidad constante, el tiempo depende netamente del porte de la fruta. Mientras más grande, se tarda menos tiempo en llegar hacia la compuerta abierta, caso contrario con las pequeñas.

Para cada grupo se tomó tiempos de apertura de las compuertas que se indican en la tabla 2.1, en la que consta cada tamaño de las frutas y tiempo de apertura de compuertas.

TIEMPO DE APERTURA DE LAS COMPUERTAS		Compuerta 1	Compuerta 2
Grupo 1	Tamaño	6 cm.	5 cm.
	Tiempo	1,4 s.	1,5 s.
Grupo 2	Tamaño	5 cm.	4 cm.
	Tiempo	1,5 s.	1,6 s.
Grupo 3	Tamaño	4 cm.	3 cm.
	Tiempo	1,6 s.	1,7 s.

Tabla 2.1 Tiempo de apertura de compuertas según los grupos.

Según la tabla 2.1, los tiempos que se muestran entre grupos es mínima, ya que la velocidad de la banda transportadora principal es constante y eso sólo permite que varíen en décimas de segundo el tiempo que permanece abierta una compuerta. Se puede considerar un tiempo promedio para todos los tamaños de 1.55 segundos de apertura para cada compuerta, sin que esto perjudique al sistema completo de clasificación. Con las acotaciones antes dispuestas, el sistema de la máquina está completo y listo para su funcionamiento.

2.5.1 MANUAL DE INSTRUCCIONES.

Para el correcto funcionamiento de la máquina clasificadora y transportadora de frutas, se requiere elaborar un manual de instrucciones que permita al operario manejar adecuadamente la misma. En el manual deben constar procedimientos iniciales, funcionamiento de la máquina, uso de los controles y por último la información adicional.

Cada uno de estos procedimientos debe ser concreto y de fácil entendimiento para la persona que vaya a operar la máquina, ya que de esto depende el correcto funcionamiento de la misma. A continuación se detallan cada una de las instrucciones antes especificadas.

2.5.1.1 Procedimientos iniciales.

Antes de encender la máquina, se debe realizar una inspección general de todos los elementos que conforman la máquina (sistemas mecánicos, bandas transportadoras, sensores, etc.) de una manera visual, comprobando que todo se encuentre correctamente ubicado y en cada uno de sus lugares. Si existiera algún agente extraño a la máquina se debe retirar previo a su funcionamiento.

2.5.1.2 Funcionamiento de la máquina.

La máquina clasificadora y transportadora de frutas funciona en base a 2 sensores que detectan el tamaño previamente calibrado y mediante un sistema de compuertas clasifican las frutas mientras son transportadas en diferentes bandas giratorias.

2.5.1.3 Uso de los controles.

En el tablero de control existen 5 botones, 3 de color rojo y 2 de color negro, cada uno denominado con una letra mayúscula como se indica en la figura 2.113.

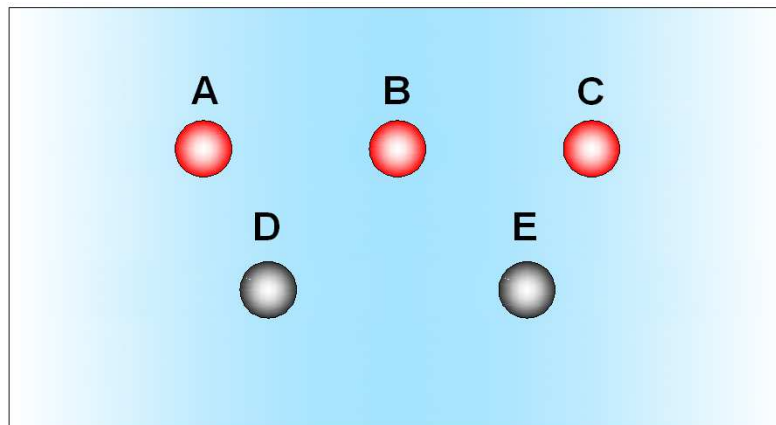


Fig. 2.113 Tablero de control.

Cada letra pertenece a un botón que controla los diferentes sistemas que se especifica a continuación:

- Botón A.- Encendido general
- Botón B.- Encendido de los sistemas de sensores, sistemas de control y sistemas actuadores
- Botón C.- Encendido del sistema de transportación
- Botón D.- Apagado general

- Botón E.- Apagado del sistema de transportación

El encendido tiene una secuencia de accionado, empezando con el botón A para prender toda la máquina, el botón B para el sistema de control, en la que se debe realizar la calibración de sensores para los tamaños que se desea clasificar, y por último el encendido del sistema de transportación.

El botón D sirve para apagar todo el circuito general o a su vez se lo puede utilizar como un botón de emergencia para apagar la máquina cuando se presente alguna eventualidad. El botón E controla el apagado sólo del sistema de transportación para cuando se requiera realizar una nueva calibración o cuando suceda algún inconveniente en este sistema.

Adicional a este circuito se encuentra 4 potenciómetros, 2 de los cuales controlan la altura para cada sensor, y los dos restantes el tiempo para cada una de las compuertas como se muestra en la figura 2.114.



Fig. 2.114 Potenciómetros para control de altura y tiempo.

2.5.1.4 Información adicional.

Para que la máquina funcione correctamente, se deben seguir las instrucciones preparadas anteriormente.

Se debe controlar que el voltaje de entrada oscile entre los 110 o 120 voltios, voltajes superiores o inferiores pueden causar daños en la máquina.

Si la máquina presenta algún problema de estabilidad mientras está realizando el proceso de clasificación, se debe detener totalmente el sistema, controlar la falla, despejar la banda transportadora principal y proceder a encender nuevamente la máquina.

Para sustituir algún componente defectuoso del sistema de sensores, se debe tomar en cuenta la forma de conexión de los cables y seguir el procedimiento del código de colores para su buen funcionamiento una vez remplazado el elemento.

Cuando el sistema de control, o a su vez el sistema de sensores dejen de funcionar o funcione de forma incorrecta, es probable que el integrado que los controle esté defectuoso y sea necesario remplazarlo por uno de iguales características. Para retirar el elemento defectuoso se debe utilizar un destornillador plano para evitar la ruptura de alguno de sus pines. La colocación del nuevo elemento debe ser en el sentido correcto para su buen funcionamiento.

2.6 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.

2.6.1 ANÁLISIS TÉCNICO.

La máquina clasificadora y transportadora de frutas de acuerdo al tamaño, es una solución práctica para los supermercados o pequeños empresarios que desean utilizar un sistema moderno e innovador. Esta máquina es de alto rendimiento ya que puede trabajar de forma continua y por largos períodos de tiempo.

La fiabilidad que presenta la máquina es muy buena, los sensores de calibración del tamaño permiten seleccionar las frutas según se lo requiera y los actuadores responden de forma inmediata y efectiva, evitando así errores de lectura y clasificación.

Una de las características de la máquina es el fácil mantenimiento, el sistema de transportación es sencillo de desmontar para el mantenimiento y los dispositivos son fáciles de remplazar y no representan un problema en adquisición o fabricación de los mismos.

En cuanto a la productividad, la máquina resulta muy efectiva, ya que aproximadamente clasifica una fruta cada 3 segundos en cada uno de los sensores de tamaño y lo distribuye hacia su banda transportadora respectiva.

Esto significa que si antes la clasificación se determinaba de forma visual y no precisa, se obtiene un sistema efectivo y de forma exacta que conviene en el ahorro de personal pasivo y costos de producción.

2.6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.

La inversión inicial que representa el elaborar una máquina de estas características, es muy alto. Sin embargo, la productividad que genera cubre los gastos iniciales logrando así un mejor aprovechamiento del presupuesto económico.

Si se compara los gastos que representan el tener varios elementos humanos realizando el mismo proceso de clasificación y transportación, con el que realiza una sola máquina, el costo por mano de obra es mayor a largo plazo que el invertir en una sola máquina.

Con la máquina clasificadora y transportadora de frutas se logra eliminar la mano de obra pasiva y errores de calibración visual, lo que conlleva a un ahorro económico y una ganancia en eficiencia productiva.

En la actualidad, la automatización es una de las piezas fundamentales en las industrias ya que proporcionan un óptimo desempeño y a la vez modernizan sistemas precarios de clasificación y transportación creando así una mejor competitividad en el mercado.

CONCLUSIONES

La construcción del prototipo de máquina clasificadora y transportadora de frutas requirió de la elaboración de una planificación para el funcionamiento de la misma, en la que se determinaron los diferentes sistemas de los que está conformada y con lo que fue factible cumplir el objetivo general planteado en éste proyecto, obteniendo las siguientes conclusiones:

- Cada uno de los sistemas que conforman la máquina, permiten que el operador calibre el tamaño de las frutas y éstas sean clasificadas con exactitud, evitando así errores visuales que se generan con una clasificación manual.
- Debido a que es un prototipo de máquina clasificadora y transportadora, los materiales que se utilizaron en la construcción son didácticos y fáciles de adquirir, tomando en cuenta el costo, calidad y aporte al funcionamiento de la misma.
- La estructura del prototipo está basada en diseños convencionales de transportación por bandas, utilizando materiales plásticos y metálicos que proporcionan soporte y rigidez al sistema conservando la estética visual.
- La cuerina con la que está elaborado el sistema de bandas transportadoras, representó el material idóneo por el comportamiento similar al de una banda transportadora industrial de grandes proporciones.
- El sistema motriz representó un reto, ya que cada uno de los servomotores, motores reductores y cajas reductoras debieron ser ajustados y modificados para que, con el fin de obtener los resultados esperados, se desempeñen adecuadamente y cumplan la función para la que fueron seleccionados.
- De entre todos los tipos de sensores, los que se ajustaron a los requerimientos del sistema de clasificación fueron los sensores de luz y los de contacto. Los sensores de luz, elaborados con un laser, permitieron que la luz generada sea puntual y no dispersa, siendo así más fácil de reconocer por el receptor cuando se corta el haz de luz, obteniendo mayor

precisión. Los sensores de contacto, en cambio funcionaron como finales de carrera para cada compuerta, consiguiendo desenergizar el sistema para evitar que los motores se recalienten por seguir en funcionamiento y controlar el desplazamiento máximo de apertura y cierre de las compuertas.

- Con el prototipo de máquina clasificadora, se logró modernizar un sistema de clasificación obsoleto para las frutas, automatizándolo para facilitar un mejor servicio y una mayor rentabilidad.
- Al automatizar el sistema de clasificación de las frutas, lo que se pretendió es minimizar la manipulación de las frutas, obteniendo así un mayor control de salubridad.
- Con este prototipo de máquina, el empresario puede estandarizar los tamaños y fijar los precios según éstos, abarcando así un mayor mercado de consumidores.

RECOMENDACIONES

- En el presente proyecto se puede implementar unos sensores adicionales en las bandas transportadoras laterales, de forma que se convierta en un sistema tipo cascada; en el cual, si el tamaño es intermedio, lo pueda segregar nuevamente.
- Se recomienda que el operador de la máquina lea previamente el manual de instrucciones adjunto en el proyecto para un óptimo desempeño de la misma.
- Antes de encender la máquina, se debe realizar una inspección general de todos los elementos que conforman la máquina (sistemas mecánicos, bandas transportadoras, sensores, etc.) de una manera visual, comprobando que todo se encuentre correctamente ubicado y en cada uno de sus lugares. Si existiera algún agente extraño a la máquina se debe retirar previo a su funcionamiento.
- Se recomienda realizar el proceso de calibración antes de poner en funcionamiento el sistema de transportación.
- Si la máquina presenta algún problema de estabilidad mientras está realizando el proceso de clasificación, se debe detener totalmente el sistema, controlar la falla, despejar la banda transportadora principal y proceder a encender nuevamente la máquina.
- Para sustituir algún componente defectuoso del sistema de sensores, se debe tomar en cuenta la forma de conexión de los cables y seguir el procedimiento del código de colores para su buen funcionamiento una vez remplazado el elemento.
- Cuando el sistema de control, o a su vez el sistema de sensores dejen de funcionar o funcione de forma incorrecta, es probable que el integrado que los controle esté defectuoso y sea necesario remplazarlo por uno de iguales características.
- Se recomienda realizar un estudio del diseño de la tolva receptora para adaptar a los diferentes tamaños de las frutas y así obtener un mejor funcionamiento del prototipo de máquina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
2. <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>
3. http://www.sapiensman.com/control_automatico/
4. http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf
5. <http://www.elwe-online.de/download/technik/pdfs-e/prospekt/wp120340%20Banda%20de%20transporte.pdf>
6. <http://www.monografias.com/trabajos16/componentes-electronicos/componentes-electronicos.shtml>
7. <http://es.wikipedia.org/wiki/Transductor>
8. http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua
9. <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores.shtml>
10. <http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
11. http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso
12. <http://html.rincondelvago.com/generadores-y-motores-de-corriente-continua.html>
13. http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n
14. <http://www.mitecnologico.com/Main/FuentesDePoder>
15. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
16. <http://apuntes.rincondelvago.com/tipos-de-sensores.html>
17. http://es.wikipedia.org/wiki/Componente_electr%C3%B3nico
18. <http://www.slideshare.net/guestc815895f/dispositivos-electronicos-presentation>
19. <http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica>
20. <http://html.rincondelvago.com/dispositivos-electronicos.html>

21. <http://www.slideshare.net/guestc815895f/dispositivos-electronicos-presentation>
22. <http://www.monografias.com/trabajos16/componentes-electronicos/componentes-electronicos.shtml>
23. http://es.wikipedia.org/wiki/Componente_electr%C3%B3nico
24. <http://es.wikipedia.org/wiki/Resistor>
25. http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador_el%C3%A9ctrico
26. http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_uni%C3%B3n_bipolar
27. http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado_555
28. <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>
29. http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad
30. <http://html.rincondelvago.com/reductores-de-velocidad-o-motorreductores.html>
31. <http://apuntes.rincondelvago.com/disenio-de-una-caja-reductora-de-velocidad.html>
32. <http://www.webelectronica.com.ar/news29/nota05.htm>
33. http://lc.fie.umich.mx/~jfelix/LabDigi/Practicas/P3/Lab_Digital%20I-3.html
34. http://www.robotmexico.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=42&category_id=10&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=54&vmcchk=1&Itemid=54
35. http://www.dynamoelectronics.com/dynamo-tienda-virtual.html?page=shop.browse&category_id=102
36. <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-acrilico.html>
37. <http://es.wikipedia.org/wiki/Meccano>
38. <http://www.pizano.com.co/productos/triplex/triplex.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

Manual de Instrucciones

Manual de Instrucciones

PROTOTIPO DE MÁQUINA CLASIFICADORA Y TRANSPORTADORA DE FRUTAS



Israel Pazmiño

PROCEDIMIENTOS INICIALES

Antes de encender la máquina, se debe realizar una inspección general de todos los elementos que conforman la máquina (sistemas mecánicos, bandas transportadoras, sensores, etc.) de una manera visual, comprobando que todo se encuentre correctamente ubicado y en cada uno de sus lugares. Si existiera algún agente extraño a la máquina se debe retirar previo a su funcionamiento.

FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

La máquina clasificadora y transportadora de frutas funciona en base a 2 sensores que detectan el tamaño previamente calibrado y mediante un sistema de compuertas clasifican las frutas mientras son transportadas en diferentes bandas giratorias.

USO DE LOS CONTROLES

En el tablero de control existen 5 botones, 3 de color rojo y 2 de color negro, cada uno denominado con una letra mayúscula como se indica en la figura 1.

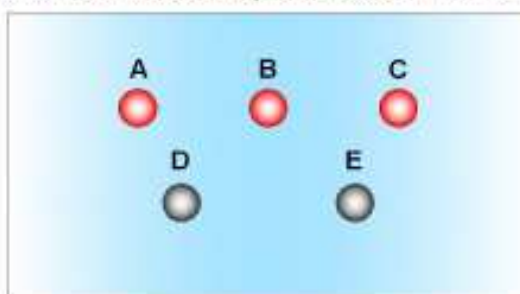


Fig. 1 Tablero de control.

Cada letra pertenece a un botón que controla los diferentes sistemas que se especifica a continuación:

- Botón A.- Encendido general
- Botón B.- Encendido de los sistemas de sensores, sistemas de control y sistemas actuadores
- Botón C.- Encendido del sistema de transportación
- Botón D.- Apagado general
- Botón E.- Apagado del sistema de transportación

El encendido tiene una secuencia de accionado, empezando con el botón A para prender toda la máquina, el botón B para el sistema de control, en la que se debe realizar la calibración de sensores para los tamaños que se desea clasificar, y por último el encendido del sistema de transportación.

El botón D sirve para apagar todo el circuito general o a su vez se lo puede utilizar como un botón de emergencia para apagar la máquina cuando se presente alguna eventualidad. El botón E controla el apagado sólo del sistema de transportación para cuando se requiera realizar una nueva calibración o cuando suceda algún inconveniente en este sistema.

Adicional a este circuito se encuentra 4 potenciómetros, 2 de los cuales controlan la altura para cada sensor, y los dos restantes el tiempo para cada una de las compuertas como se muestra en la figura 2.



Fig. 2 Potenciómetros para control de altura y tiempo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para que la máquina funcione correctamente, se deben seguir las instrucciones preparadas anteriormente.

Se debe controlar que el voltaje de entrada oscile entre los 110 o 120 voltios, voltajes superiores o inferiores pueden causar daños en la máquina.

Si la máquina presenta algún problema de estabilidad mientras está realizando el proceso de clasificación, se debe detener totalmente el sistema, controlar la falla, despejar la banda transportadora principal y proceder a encender nuevamente la máquina.

Para sustituir algún componente defectuoso del sistema de sensores, se debe tomar en cuenta la forma de conexión de los cables y seguir el procedimiento del código de colores para su buen funcionamiento una vez remplazado el elemento.

Cuando el sistema de control, o a su vez el sistema de sensores dejen de funcionar o funcione de forma incorrecta, es probable que el integrado que los controle esté defectuoso y sea necesario remplazarlo por uno de iguales características. Para retirar el elemento defectuoso se debe utilizar un destornillador plano para evitar la ruptura de alguno de sus pines. La colocación del nuevo elemento debe ser en el sentido correcto para su buen funcionamiento.

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
CARRERA DE: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

ORDEN DE EMPASTADO

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 83 del Reglamento del Sistema de Estudios de las Carreras de Formación Profesional y de Postgrados aprobado por el Consejo Politécnico en sesión del 16 de agosto de 2011 y una vez verificado el cumplimiento del formato de presentación establecido, se autoriza la impresión y encuadernación final del Proyecto de Titulación presentado por el señor ISRAEL EMMANUELL PAZMIÑO TAMAYO.

Fecha de autorización: Quito, D.M, 13 de marzo de 2012.



Ingeniero Carlos Posso Játiva
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS