

Desarrollo de un equipo clasificador de naranjas

Development of an orange sorting equipment

Mariuxi Yomaira Olvera Morán

<https://orcid.org/0000-0002-4188-6683>

mariuxi_olvera@hotmail.com

Instituto Tecnológico Superior Juan Bautista Aguirre

Resumen

La naranja es parte fundamental de la mesa de millones de hogares en el mundo por sus cualidades medicinales a través de sus vitaminas y minerales. Es por ello, que la selección debe estar entre los mas altos estándares de calidad por lo que un proceso manual conlleva a que el producto final sea de baja calidad por efecto de estrés o postura forzosa que aplica el trabajador. La implementación de un sistema automatizado clasificador de naranjas ayuda a la mejora de la productividad, así como ofrecer el fruto en buen estado y de diversidad de tamaños. Por lo cual, el objetivo general de la investigación es analizar el desarrollo de un equipo clasificador de naranjas. La metodología empleada se basa en técnicas documentales y bibliográfica a través de diversos documentos. Los resultados están basados en el análisis de la importancia de la automatización e identificar los sistemas mecatrónicos del equipo clasificador de naranjas. Como conclusión se plantea la automatización del proceso; con un sistema de control, como el PLC, que gobierna a los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos; a través de una cámara digital se optimen las imágenes que serán comparadas con la base de datos para que luego se tome la decisión sobre la madurez del fruto; por medio de la aplicación de servomotores que accionan las cintas transportadoras, compresor y solenoide se ejecuta la acción de desecho del fruto en mal estado; y para el tamaño se opta por un sistema netamente mecánico por medio de una bandeja giratoria conectada a un motor DC y entrelaza al sistema de control.

Palabras Clave: naranja, madurez, tamaño, sistema, mecatrónica

Abstrac

Orange is a fundamental part of the table of millions of homes in the world for its medicinal qualities through its vitamins and minerals. For this reason, the selection must be among the highest quality standards, so a manual process means that the final product is of low quality due to the effect of stress or forced posture applied by the worker. The implementation of an automated orange sorting system helps to improve productivity, as well as offering fruit in good condition and with a variety of sizes. Therefore, the general objective of the research is to analyze the development of an orange sorting team. The methodology used is based on documentary and bibliographic techniques through various documents. The results are based on the analysis of the importance of automation and identifying the mechatronic systems of the orange sorting equipment. In conclusion, the automation of the process is proposed; with a control system, like the PLC, that governs the mechanical, electrical, and electronic systems; through a digital camera, the images that will be compared with the database are optimized so that later the decision about the maturity of the fruit is made; by means of the application of servomotors that drive the conveyor belts, compressor and solenoid, the action of discarding the fruit in poor condition is carried out; and for the size, a purely mechanical system is chosen by means of a turntable connected to a DC motor and interlocking with the control system.

Keywords: orange, maturity, size, system, mechatronics

Introducción

La necesidad del hombre de la edad de piedra para poder sustentarse fuera de la caza y pesca requirió de su ingenio para poder realizar la siembra de sus principales alimentos. Con ello lograron avanzar a través de los tiempos gracias a la inteligencia adquirida por esa buena alimentación. Dentro de estos alimentos se encuentra la naranja como principal fuente de energía para el organismo humano.

La naranja se ha convertido es una de las principales frutas que se encuentran en las mesas de los hogares a nivel mundial. Esto conlleva a que el sistema de siembre, cosecha, selección y distribución sean fundamentales en el desarrollo industrial y social de la humanidad. De aquí recae la importancia de poder conocer los aspectos más importantes de la naranja como alimento y sustento de la sociedad. Es por ello, que Según Swingle (1993) la naranja (*Citrus sinensis* Osbeck.) especie del grupo de los cítricos pertenece a la familia *Rutaceae*, subfamilia *Aurantoideae*, género *Citrus* y subgénero *Eucitrus* (León Vallejo & Alvarez de la Pava, 1998). Las características más fundamentales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Características de la naranja

Son árboles en general, de porte medio, que desarrollan copas redondeada/ o, más o menos, piramidales. Las ramas son angulares cuando muy jóvenes y posteriormente toman una forma redondeada. No presentan espinas en las ramas viejas sino en las jóvenes; las cuales se ubican, en forma solitaria en las axilas de las hojas, que son simples o unifoliada, de textura coriacea, con glándulas de aceites esenciales, que se aprecian como puntos translúcidos en su limbo. La forma y tamaño de la hoja es variable, según la especie y variedad, y el pecíolo puede ser alado o estar ausente.

Las flores pueden ser solitarias o en racimos terminales o axilares; completas o escatimadas por abortamiento más o menos completo del pistilo. El cáliz muestra de cuatro a cinco sépalos, aunque pueden existir de cuatro a ocho provistos de glándulas oleíferas, las cuales son de color blanco, únicamente, o de color blanco con tonalidades rosada. Presentan de 20 a 40 estambres y un solo pistilo en forma de cabezuela; el ovario es pluricarpelar, es decir, formado por 8 a 18 carpelos, con cuatro a ocho rudimentos seminales en cada uno, dispuestos en filas colaterales. Por lo general, las flores son extremadamente fragantes. (ver Figura 1)

El fruto es una baya denominada hesperidio, policarpelar, que tiene un epicarpio (flavedo) delgado, glanuloso y de colores vivos o intensos; el mesocarpio o albedo es esponjoso y seco; y el endocarpio, también denominado pulpa, está dispuesto en forma de tabiques tapizados de células muy jugosas, las cuales envuelven totalmente a las semillas y penetran hasta el centro del fruto. (ver Figura 2)

Fuente: (León Vallejo & Alvarez de la Pava, 1998)

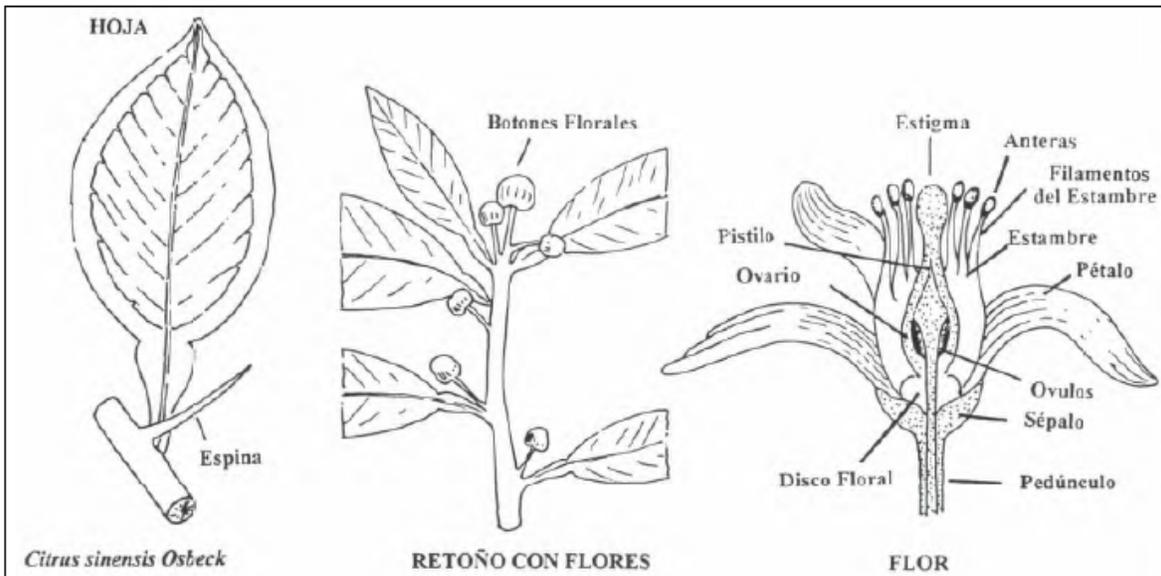


Figura 1. Características morfológicas de las hojas y las flores del naranjo. Fuente: (León Vallejo & Álvarez de la Pava, 1998)

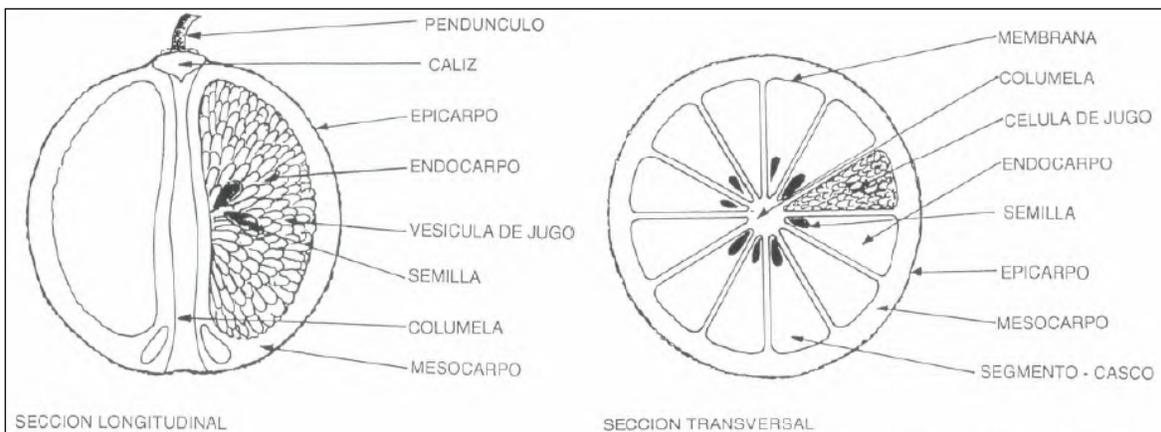


Figura 2. Características morfológicas del fruto del naranjo, corte longitudinal y transversal. Fuente: (León Vallejo & Álvarez de la Pava, 1998)

Estos alimentos deben ser cosechos al momento de que el fruto cumpla con las características físicas y químicas pertinentes. En la mayoría de los campos agrícolas los procesos de extracción del fruto son de manera manual. Están determinadas por factores económicos, así como también olvida aspectos como la facilidad del transporte del producto recolectado, el trabajo simultaneo con ambas manos, el vaciado de los contenedores, seguridad industrial, ergonomía, la calidad y la productividad (Castiblanco, Ocampo, Galvis, Tabares, & Figueroa, 2016). La recolección manual de las naranjas se detalla en la Figura 3.



Figura 3. Recolección tradicional de naranjas. Fuente: (Castiblanco, Ocampo, Galvis, Tabares, & Figueroa, 2016)

En este mismo proceso se realiza la clasificación de la naranja a través de dos variables como lo son el tamaño del fruto y la madurez del mismo. Este proceso no es efectivo porque depende de la condición humana por lo que factores como estrés, cansancio y posturas forzadas hacen una mala selección de la naranja. De aquí parte la necesidad de poder realizar un proceso de automatización para clasificar las naranjas de acuerdo a los dos parámetros descritos y por medio de implementos mecatrónicos que ayuden a una productividad elevada y por ende un producto de calidad que llega al consumidor.

La automatización empezó a surgir a partir de 1940 con el fin de poder bajar los tiempos de producción en las grandes empresas. La historia de la automatización comienza con la introducción de las máquinas para producir grandes cantidades, para lo cual era imprescindible dividir el trabajo en tareas más pequeñas y sencillas (Ruedas, 2010). El concepto de automatización (del griego *autos* que significa “por sí mismo”. y *maiomai* que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral (Nieto, 2006).

De la misma forma, la automatización implica la conjunción de varias ciencias de la ingeniería. Según DiFrank (2007) define la automatización como operaciones automáticas

realizadas por un aparato, proceso o sistema que están controladas por aparatos mecánicos o electrónicos que actúan como los órganos del ser humano de olfato, vista (Lorenzo, 2009). En esta se logra usando diversos dispositivos, sensores, actuadores, técnicas y equipos capaces de controlar todos los aspectos del proceso, de tomar decisiones acerca de cambios que se deben hacer en la operación y de controlar todos los aspectos de ésta (Kalpakjian, 2002). En la Figura 4 se detalla el esquema de la automatización en procesos de manufactura.

La interacción de la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería eléctrica, ingeniería de sistemas e ingeniería de control permite el nacimiento de una nueva ciencia ingenieril, la ingeniería mecatrónica, tal como se detalla en la Figura 5. Esta ciencia trabaja en lo que se conoce como sistemas, los cuales pueden concebirse como una caja con una entrada y una salida y de la cual interesa la relación que existe entre ambas (Bolton, 2005). La Figura 6 muestra algunos ejemplos de sistemas.

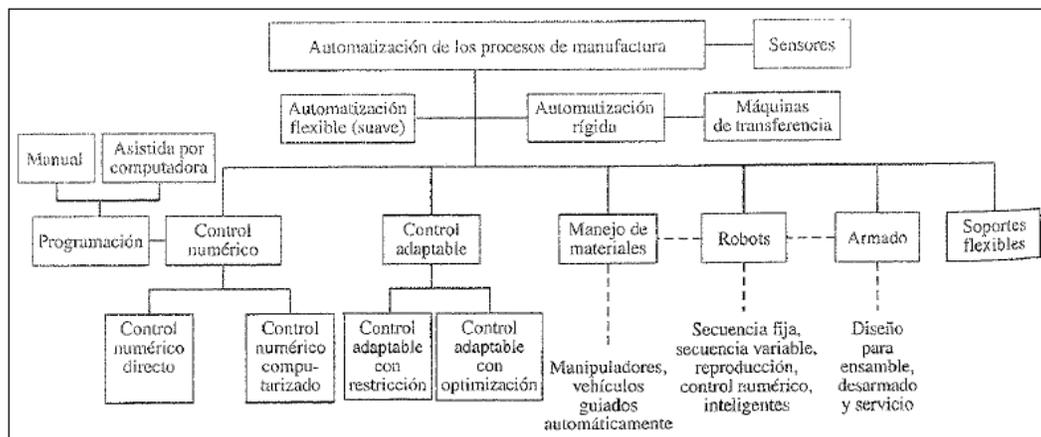


Figura 4. Esquema de la automatización en procesos de manufactura. Fuente: (Kalpakjian, 2002)

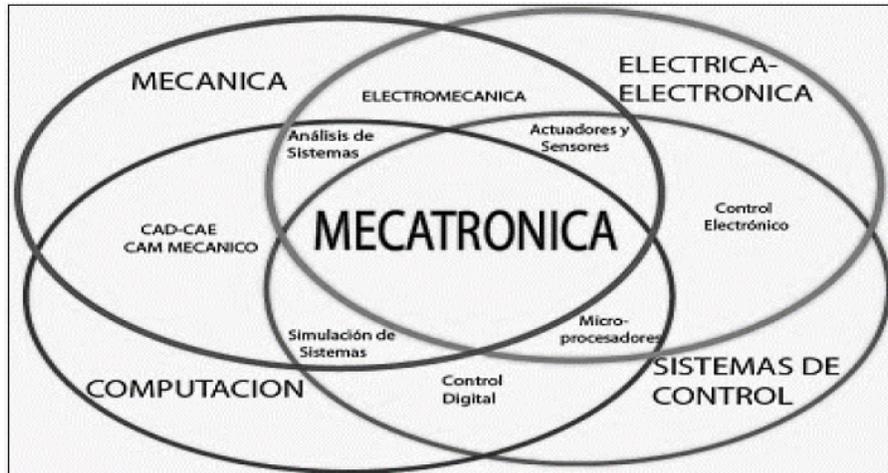


Figura 5. Áreas de las ciencias vinculadas para formar la mecatrónica.
Fuente: (Macas, 2017)

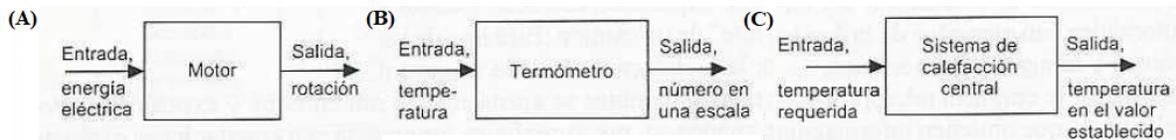


Figura 6. (A) Ejemplo de un sistema, (B) ejemplo de un sistema de medición y (C) ejemplo de un sistema de control. Ejemplo: (Bolton, 2005)

Es por ello, que el propósito puntual de un sistema es aumentar la producción de clasificación de naranjas por tamaño y defecto, el cual es detectado a través de un algoritmo de visión artificial que también contiene una interfaz usuario-maquina, la cual permite un fácil manejo por operarios sin que estos tengan un conocimiento extenso sobre el funcionamiento del sistema.

Por lo tanto, el objetivo general de la investigación es analizar el desarrollo de un equipo clasificador de naranjas. La metodología empleada se basa en técnicas documentales y bibliográfica a través de diversos documentos.

Método

Los objetivos específicos de esta investigación se basan en definir la importancia de la naranja en los grupos de alimentos, comparar los sistemas de selección de naranja de manera

manual y automatizada, describir la importancia de la automatización e identificar los sistemas mecatrónicos del equipo clasificador de naranjas. Esto permite un desarrollo metodológico a través de investigaciones documentales y bibliográficas por medio de herramientas como libros textos, revistas científicas, trabajos de grado de universidades internacionales y documentos web.

Resultados

En los sistemas de clasificación de alimentos es necesario tomar en cuenta el tamaño y grado de madurez de alguna fruta o verdura. Esto con el fin de ofrecer productos de excelente calidad. Una de las maneras más rápidas y efectivas es a través de sistemas mecatrónicos. Conjugando una serie de instrumentos se podrá lograr los resultados esperados en tiempos muchos más cortos que los ofrecidos por la clasificación convencional.

La clasificación tradicional es aplicada en la mayoría de los países en vías de desarrollo, pero desde hace un tiempo los agricultores han entendido la importancia de mejorar sus procesos. Esto es debido a que se observan problemas de los trabajadores por la falta de selección y clasificación, ya que los de distintos tamaños se asignan en la misma bolsa y los de tamaño menor son dañados a causa de golpes (Saldaña, 2018).

Los sistemas mecatrónicos a gran escala son equipos multifuncionales que poseen una serie de equipos y herramientas que permiten un desarrollo óptimo de la selección. La desventaja es que estos equipos son de alto costo, por lo que la adquisición de los pequeños y medianos productores es cuesta arriba. En la Figura 7 se detalla un equipo selector multinivel mecatrónico de gran escala.



Figura 7. Equipo multinivel mecatrónico para seleccionar arándanos. Fuente: (Rudas Ramirez, 2015)

Para evitar esta problemática se plantean proyectos mucho más sencillos con la utilización de los equipos o herramientas más básicas. Para esto se desarrollan diagramas de bloques que expliquen el funcionamiento mecánico, electrónico y de control. Primero se debe realizar los flujogramas del proceso de selección por color y luego por tamaño. La selección por color es primordial porque con ella se basa el estado de madurez del fruto, indistintamente del tamaño. Esta se realiza a partir de un cámara que permite la captura en imagen de la fruta y la compara con una imagen almacenada en la base de datos a través de la técnica de los pixeles. Esta selección se puede detallar a través de la Figura 8. Si estos no concuerdan, el fruto es desechado. El flujograma se puede detallar en la Figura 9.

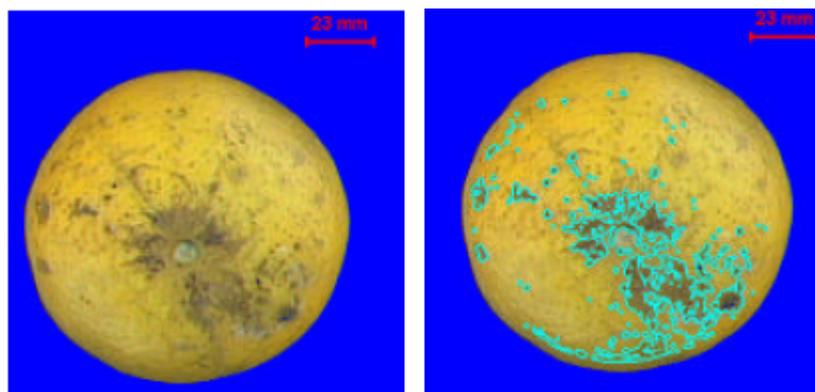


Figura 8. Resultados obtenidos por la detección y cuantificación de los defectos. Fuente: (Pencue-Fierro & Téllez, 2003)

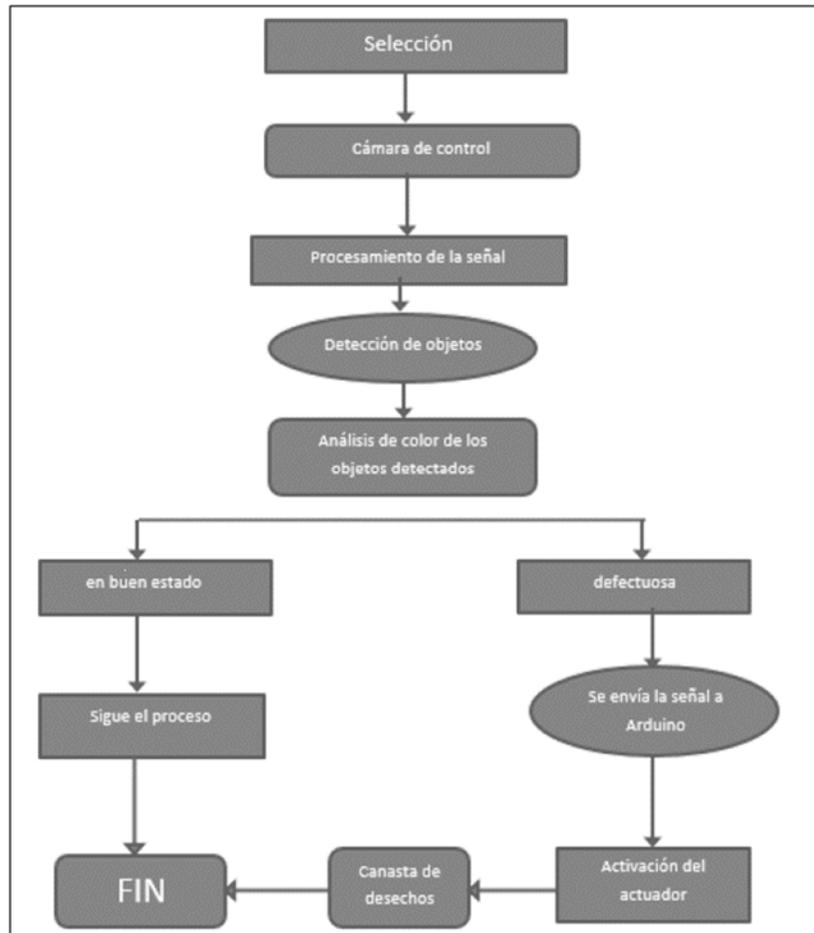


Figura 9. Flujo de proceso de clasificación por color. Fuente: (Saldaña, 2018)

Luego de la selección por color, es decir por el estado de madurez de la naranja se procede a realizar el tamaño de la fruta la cual puede arrojar diversidad de precios para el consumidor, es por ello la importancia de la selección. En la Figura 10 se detalla el flujograma de la selección por tamaño ejecutado por un robot.

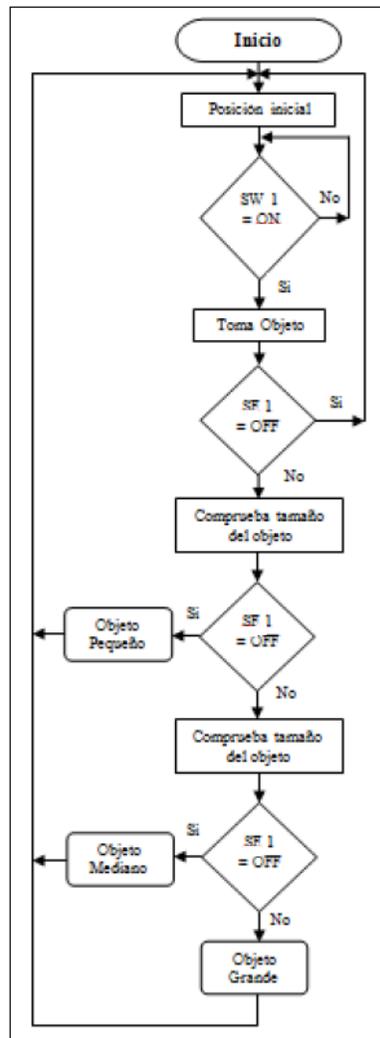


Figura 10. Flujo de proceso de clasificación por tamaño. Fuente: (Pacheco Argandoña & Carbo Villacreses, 2010)

A partir de obtener el desarrollo del trabajo a realizar para la selección por color y tamaño del producto es necesario aplicar los diagramas mecatrónicos. El diagrama mecánico comprende la cinta transportadora, la estructura metálica que soporta la base, el sistema clasificador a través de un trompo giratorio, y los cálculos de diseño que toman en cuenta las vibraciones que tiene el sistema con el fin de evitar ruidos que generen distorsiones en las señales eléctricas de los actuadores y sistemas de control. el diagrama de bloques se distingue en la Figura 11.

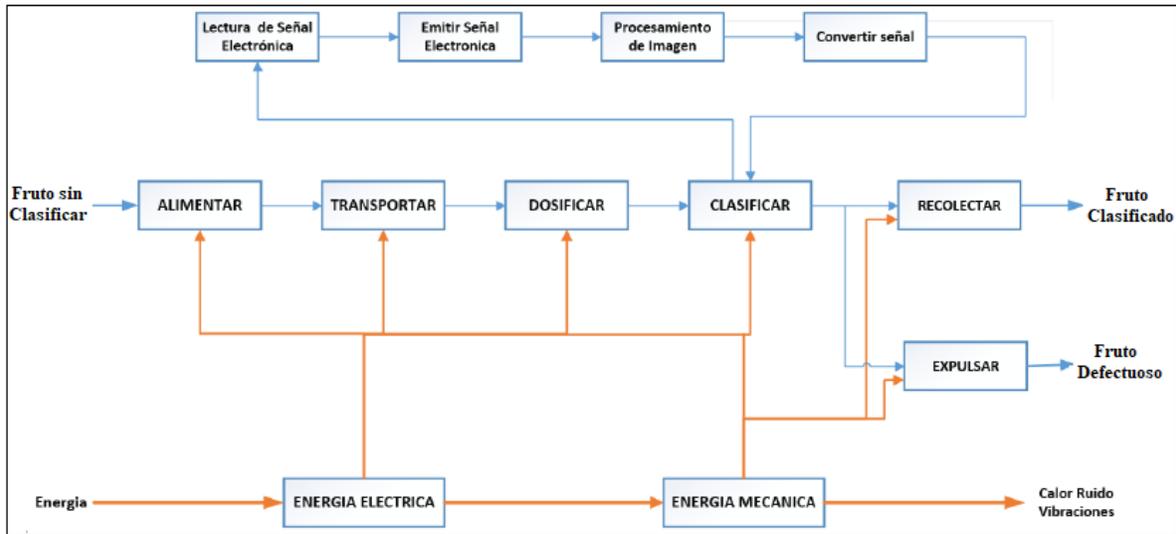


Figura 11. Diagrama de bloques del módulo mecánico con interacción de los sistemas de control, electrónico y eléctrico. Fuente: (Rudas Ramirez, 2015)

Del sistema electrónico se parte de la utilización de sensores ópticos, cámaras y componentes que forman parte de los circuitos electrónicos del proceso. En la Figura 12 se describe el diagrama de bloque electrónico interactuando con el sistema de control, eléctrico y mecánico.

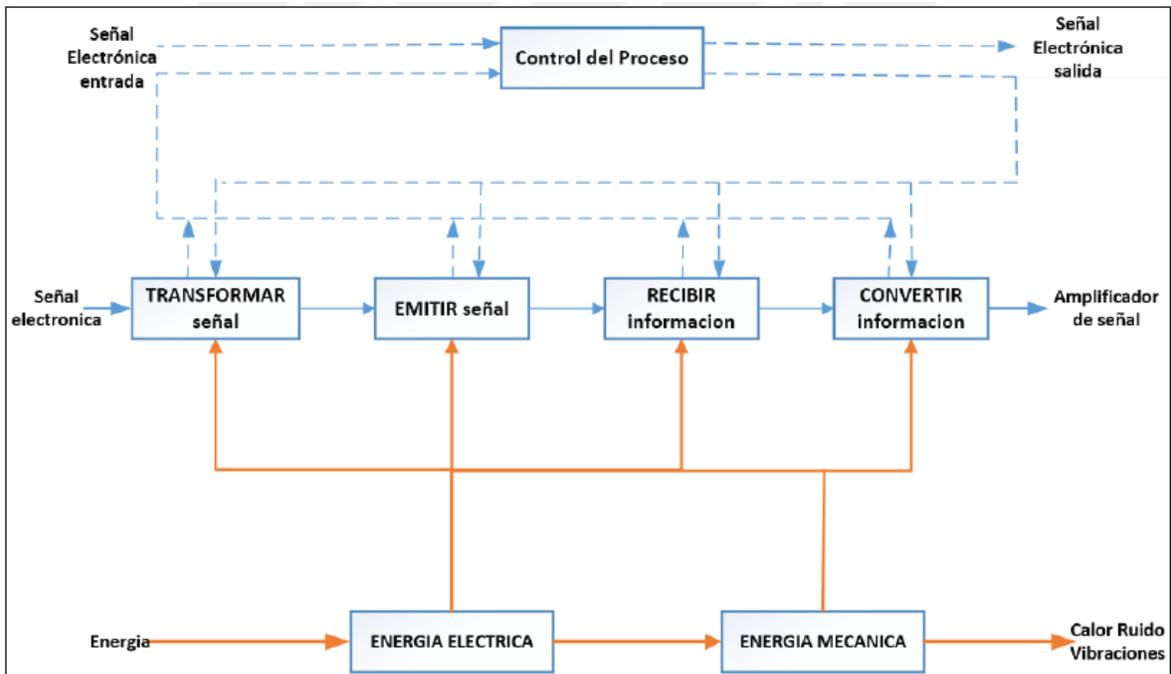


Figura 12. Diagrama de bloques del sistema electrónico. Fuente: (Rudas Ramirez, 2015)

El sistema eléctrico de la clasificación se realiza a través de la conexión de los actuadores eléctricos conformados por los motores y las fuentes de alimentación para cada equipo en el

sistema global. En la Figura 13 se detalla el esquema eléctrico para la selección de la fruta por medio del color.

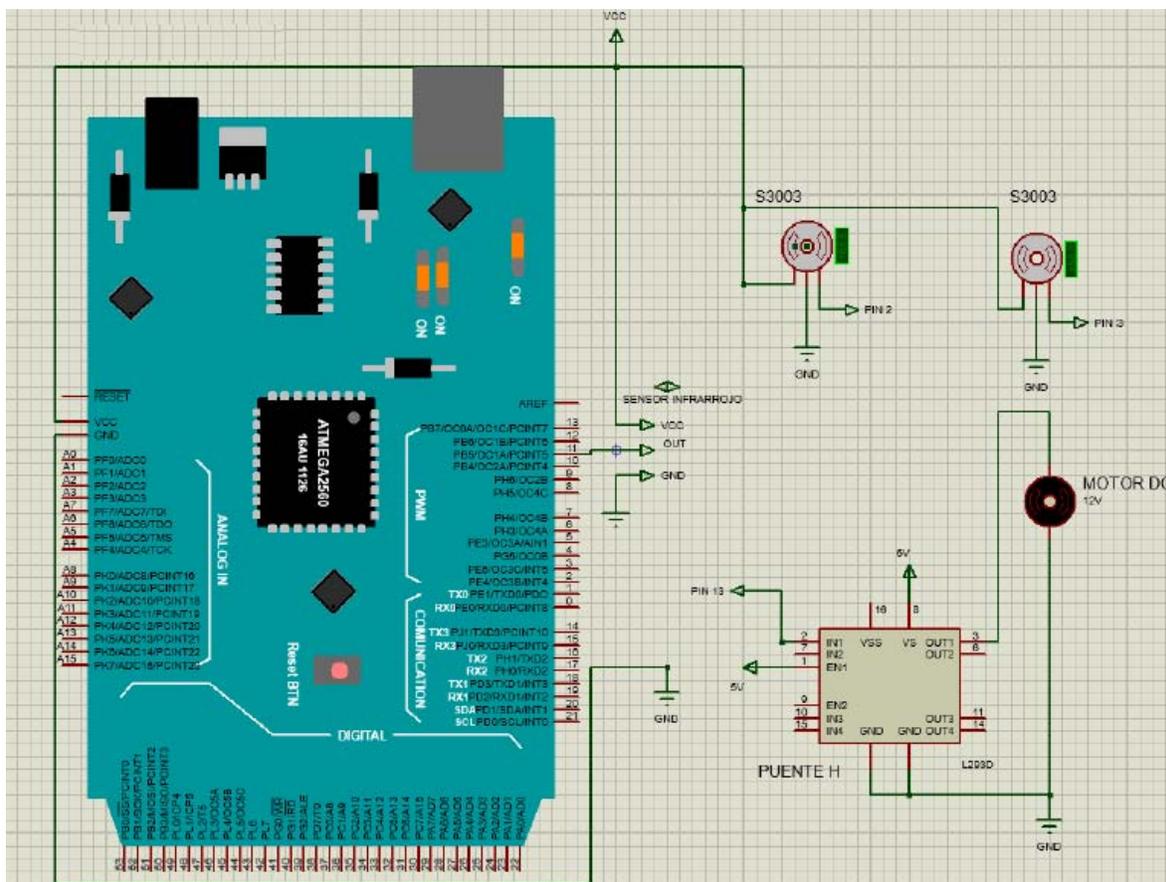


Figura 13. Esquema eléctrico para la selección de la fruta por medio del color. Fuente: (Aguilar Bucheli, 2017)

Para el sistema de control, se utiliza un microprocesador o un sistema de alta gama como los PLC. La función principal es controlar los procesos recibiendo las señales enviadas por los sistemas electrónicos como sensores y cámaras y envían señales a los actuadores eléctricos y mecánicos como los motores DC y bombas neumáticas. Aunado a enviar información a la interfaz hombre-máquina. Esto se detalla a través de la Figura 14.

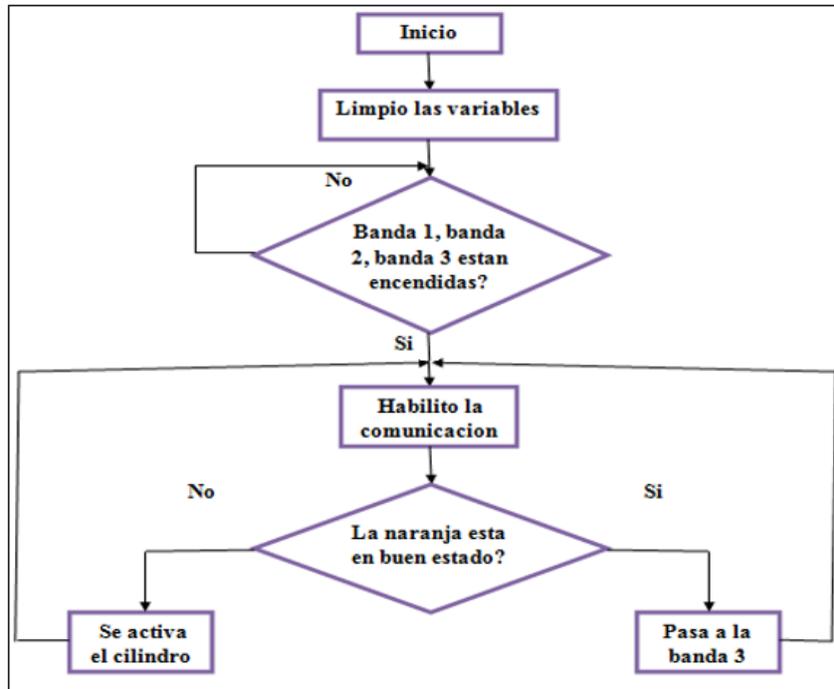
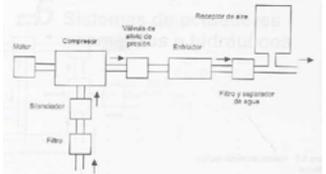
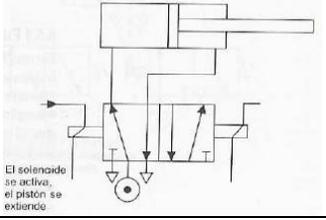
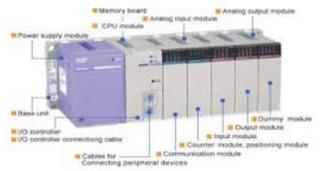


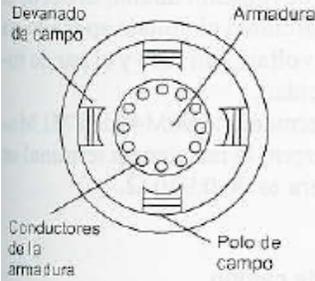
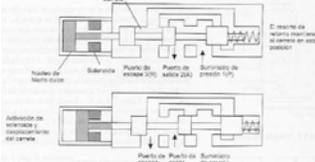
Figura 14. Diagrama del sistema de control. Fuente: (Arenas, 2015)

En la Tabla 2 se describen los equipos utilizados para este tipo de proyectos.

Tabla 2.

Equipos utilizados, de manera general, para el desarrollo de un sistema mecatrónico clasificador por tamaño y color.

SISTEMA	EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS	ESQUEMA
MECÁNICO	CINTA TRANSPORTADORA	Una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores. La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores. Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.	
	ACTUADOR NEUMÁTICO	Con frecuencia las señales neumáticas son utilizadas para controlar elementos de actuación final, incluso cuando el sistema de control es eléctrico. Esto se debe a que muchas es posible accionar válvulas de grandes dimensiones y otros dispositivos de control que requieren mucha potencia para mover cargas considerables. La principal desventaja de los sistemas neumáticos es la compresibilidad del aire.	
	CILINDRO DE DOBLE ACCIÓN	Un cilindro es un actuador neumático o hidráulico que actúa de manera lineal. El termino doble acción se utiliza cuando se aplica presión de control a los dos lados de un pistón. La diferencia de presión entre ambos produce el movimiento del pistón, el cual se desplaza por el cilindro de alguna de las dos direcciones debido a las señales de alta presión. La corriente que pasa por el solenoide causa el desplazamiento del pistón en una dirección, en tanto que la corriente que pasa por el otro solenoide invierte la dirección de movimiento.	
CONTROL	PLC	Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.	

ELECTRÓNICA	SERVO DRIVER	Una unidad de servo es un amplificador electrónico especial que se utiliza para alimentar servomecanismos eléctricos, la unidad de servo recibe una señal de comando de un sistema de control, amplifica la señal, y transmite la corriente eléctrica a un motor servo con el fin de producir un movimiento proporcional a la señal de comando	
	CAMARA	Se define al dispositivo que permiten convertir energía lumínica en eléctrica y transferir el resultado de dicha conversión. Las cámaras, de momento son mucho menos sensibles y versátiles que la visión humana y las condiciones de iluminación deben optimizarse al máximo para que una cámara pueda capturar una imagen que el ojo humano podría distinguir sin necesidad de una iluminación tan especializada.	
ELÉCTRICO	MOTORES DC	Los motores eléctricos con frecuencia se emplean como elementos de control final en los sistemas de control por posición o velocidad. La mayoría de ellos motores que se emplean en los sistemas de control moderno son motores de DC. El principio de un motor DC es que una espiral de alambre que gira de manera libre en medio del campo de imán permanente, cuando por el devanado pasa una corriente, las fuerzas resultantes ejercidas en sus lados y en ángulo recto al campo provocan fuerzas que actúan a cada lado produciendo una rotación. Sin embargo, para que esta continúe, cuando el devanado pasa por la posición vertical se debe invertir la dirección de la corriente.	
	SOLENOIDES	Los solenoides se pueden usar como actuadores operados eléctricamente. Las válvulas de solenoide son un conjunto de estos dispositivos y se utilizan para controlar el flujo de fluidos en sistemas hidráulicos o neumáticos. Cuando una corriente pasa por el devanado, un núcleo de hierro dulce es atraído hacia dicho devanado y al hacerlo, abre o cierra puertos que controlan el flujo de fluido.	
	SERVO MOTOR	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, este dispositivo puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.	
SISTEMAS	LABVIEW	Es un entorno de desarrollo basado en programación gráfica, utiliza símbolos gráficos en lugar de lenguaje textual para describir acciones de programación, está totalmente integrado para la comunicación con hardware GPIB, VXI, RS-232, RS-485 y tarjetas de adquisición de datos. LabView posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Los programas desarrollados mediante LabView se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo, son análogos a las funciones	

creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs. Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

Fuente: (Bolton, 2005; Arenas, 2015)

Por lo tanto, después del diseño y los cálculos pertinentes se procede a la construcción del equipo clasificador de naranjas, tomando en consideración la conjunción de la selección de la naranja por su madurez a través del uso de cámara, sistema de control, interfase hombre-máquina, servomotores, cintas transportadoras y del sistema neumático y solenoide. Para la selección por tamaño se desarrolló una estrategia de banda giratoria con bocas de salida de diferente tamaño. El equipo clasificador se detalla en la Figura 15.



Figura 15. Equipo clasificador de naranjas. Fuente: (Arenas, 2015)

Discusión y conclusiones

Una de las características más importantes en el desarrollo de las sociedades es la alimentación de sus individuos. Esto permite un mayor desarrollo de su organismo lo que le permite establecer beneficios en sus actividades por consecuencia de su estado de físico y

psicológico. La naranja juega un papel importante en dicho objetivo. Este fruto es uno de los principales alimentos que se encuentran en las mesas de millones de hogares porque brinda beneficios en la salud de sus integrantes. Es por ello, que la calidad de la misma debe ser optima.

El sistema de cosecha de la naranja, en la mayoría de las ocasiones se realiza de manera manual por lo que depende de las condiciones del trabajador. Esto puede traer problemas en una mala selección de la naranja debido a que pueden estar a disposición frutos en mal estado o fijar precios a tamaños que no corresponden al mismo. El factor humano es proporcional a su condición, es decir la influencia del estrés, situación económica y posturas forzadas puede influir en una mala selección.

Para contrarrestar esta situación, se plantea la automatización del proceso. Un sistema de control, como el PLC, que gobierna a los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos. A través de una cámara digital se optimen las imágenes que serán comparadas con la base de datos para que luego se tome la decisión sobre la madurez del fruto. Por medio de la aplicación de servomotores que accionan las cintas transportadoras, compresor y solenoide se ejecuta la acción de desecho del fruto en mal estado. Para el tamaño se opta por un sistema netamente mecánico por medio de una bandeja giratoria conectada a un motor DC y entrelaza al sistema de control.

Por lo tanto, diseñar y construir un equipo capaz de realizar una selección de manera automática, no requiere de una inversión muy elevada, solo se requiere de la búsqueda de los materiales, necesarios y adecuados para el sistema.

Referencias

Aguilar Bucheli, A. D. (2017). *Diseño de un sistema clasificador de manzanas por color mediante visión artificial para la empresa Fresh & Natural CI*. Quito, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de http://192.188.51.77/bitstream/123456789/14678/1/69577_1.pdf

- Arenas, M. (2015). *Diseño de un sistemas automatizado para la clasificación de naranjas para la Fundación Centro de Investigación del estado para la Producción Agroindustrial (CIEPE)*. Carora, Venezuela: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.
- Bolton, W. (2005). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. Alfaomega, 2da Edición.
- Castiblanco, A. M., Ocampo, O. L., Galvis, J. M., Tabares, Á. L., & Figueroa, M. R. (2016). Estudio de movimientos en la recolección manual de naranjas en Caldas, Colombia. *Ingeniare*, (21), 43-54. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6118795>
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, D.F.: Editorial Pearson.
- León Vallejo, G. M., & Alvarez de la Pava, S. (1998). *Manejo post-cosecha y comercialización de la naranja (Citrus sinensis, Osbeck.)*. Quindío, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Obtenido de <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5946>
- Lorenzo, G. (2009). *Automatización de una planta industrial*. España: Doctorado Interuniversitario en Automática y Robótica, Universidad de Alicante. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10056/1/Suficiencia%20Gonzalo.pdf>
- Macas, E. M. (2017). Definición y Estado del Arte de la Ingeniería Concurrente La Manufactura Integrada por Computador y la Mecatrónica. *INNOVA Research Journal*, 2(10), 44-60. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6183851>
- Nieto, E. C. (2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 120-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>
- Pacheco Argandoña, W., & Carbo Villacreses, W. (2010). *Clasificador de objetos por tamaño*. Guayaquil, Ecuador: Programa de especialización tecnológica en Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones, ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13307/1/IFORME%20CICYT%20-%20PACHECO-CARBO.pdf>
- Pencue-Fierro, L., & Téllez, J. L. (2003). Detección y clasificación de defectos en frutas mediante el procesamiento digital de imágenes. *Revista Colombiana de Física*, 35(1), 148-151.
- Rudas Ramirez, C. A. (2015). *Diseño de un sistema mecatrónico para la selección de arándanos*. Lima, Perú: Trabajo de grado para optar al grado de magister en Ingeniería Mecatrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de

http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/270/3/2016_Rudas_Dise%C3%B1o-sistema-mecatronico.pdf

Ruedas, C. (2010). *Automatización Industrial: Áreas de aplicación en la Ingeniería*. Boletín Electrónico, 10. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52296501/Automatizacion_Industrial.

Saldaña, B. F. (2018). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA CLASIFICADORA DE CEBOLLA POR TAMAÑO Y COLOR*. Pimentel, Perú: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Señor del Sipan. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/270318054>