

Prototipo Selector De Café Empleando El Sensor CNY70 Para Identificar Frutos Verdes

John Fernando Iguá Beltrán

jigua27@uan.edu.co

Director

Luis Enrique Arteaga Noguera

Resumen-. En este artículo se presenta el desarrollo de un prototipo selector de café empleando el sensor CNY70 que sirve para identificar frutos verdes y separarlos de los frutos maduros. El enfoque de este trabajo es de tipo descriptivo y como resultado se obtuvo la automatización del proceso de selección del fruto verde de café permitiendo obtener un producto con características más homogéneas en cuanto a la madurez de los frutos mejorando directamente en la calidad del mismo.

Palabras clave - café, fruto verde, fruto maduro, selección, separación, despulpadora, prototipo, sensor CNY70, calidad del café.

Abstract-. This article presents the development of a coffee selector prototype using the CNY70 sensor that is used to identify green fruits and separate them from ripe ones. The focus of this work is descriptive and as a result the automation of the selection process of the green coffee fruit was obtained, allowing to obtain a product with more homogeneous characteristics in terms of the maturity of the fruits, directly improving its quality.

Keywords – Coffee, green fruit, ripe fruit, selection, separation, pulper, prototype, CNY70 sensor, coffee quality.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es mostrar el proceso de selección de los frutos verdes de café y separarlos de los frutos maduros a través de un prototipo electromecánico utilizando el sensor CNY70. El proyecto se realizó debido a que los caficultores deben garantizar la aplicación de buenas prácticas agrícolas – BPA en todos los procesos productivos de café para garantizar la calidad del producto. En este caso, se aborda el proceso de selección del grano después de la recolección o cosecha [1, p. 70].

Un paso importante después de la recolección de café es la selección, debido a su influencia sobre la calidad final del producto. Está técnicamente comprobado y documentado que los frutos verdes o pintones, casi secos, o secos; no dan el rendimiento esperado, debido a que no tienen el peso adecuado [2, p. 298]. Varios estudios analizan la calidad de taza en función de la presencia de granos verdes, pintones o maduros. La mejor bebida se obtiene de frutos maduros, mientras que la presencia de granos verdes deteriora la calidad, debido a múltiples defectos como sabor y aroma a fermento y acre en la bebida [3]. En la actualidad, este proceso se realiza de forma manual, debido a que las máquinas de selección que existen en el mercado son muy costosas para el productor, por lo tanto, este

proyecto busca generar una alternativa económica para la selección y separación del fruto verde de café, disminuyendo la cantidad y tiempo de trabajo demandado para este proceso.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Garantizar homogeneidad de la materia prima en el beneficio depende tanto del proceso de recolección como de los procesos de clasificación que se dispongan antes y después del despulpado. Con respecto a la recolección, la amplia oferta de frutos a lo largo del año hace que esta labor sea selectiva debido a que los recolectores deben cosechar solo frutos maduros y evitar la recolección de frutos verdes de tal forma que éstos no superen el 2,5% de frutos en la masa cosechada para asegurar la calidad de la bebida. Esta estricta selectividad hace que la recolección represente el 40% de los costos totales de producción de café; una buena recolección implica un máximo de 2% de frutos verdes, este porcentaje sería el ideal pero en condiciones de campo según un estudio realizado por [4] el porcentaje de granos verdes recolectados supera el 4,2% traduciéndose en una disminución de la calidad final del café y por ende en el precio del mismo.

En la recolección manual selectiva de café se busca desprender solamente frutos maduros; sin embargo, por factores como la desuniformidad de la maduración, la rapidez con que se efectúa el desprendimiento (< 1 s/fruto), la técnica utilizada para desprenderlos y las limitaciones visuales y de espacio, entre otros, generalmente se recolecta un porcentaje importante de frutos inmaduros, que al beneficiarlos y secarlos dan origen a granos con el pergamino

cubierto total o parcialmente (granos “guayaba” o “media cara”) y con daño mecánico, que ocasionan defectos en el sabor, aroma y aspecto del café, cuando la masa beneficiada contiene más de 2,5% de éstos. [5, p. 263].

Según lo anterior, es importante la separación de los granos verdes debido a que esta es una labor que generalmente el caficultor la realiza de forma manual retirando una cierta cantidad de granos y de impurezas como hojas y tallos que vienen incluidos, sin embargo esta labor aumenta la mano de obra y alarga el tiempo antes de ser despulpado lo que genera un riesgo de fermentación del mismo, por ello el proyecto ofrece una alternativa de separación del grano verde mediante un sensor CNY70 que permitirá ahorrar tiempo y llevar a la maquina despulpadora un café seleccionado aportando un buen paso para la calidad del mismo, convirtiéndose en una alternativa novedosa para el caficultor y en una posibilidad de mejorar la calidad del mismo y por ende sus ingresos.

III. JUSTIFICACIÓN

Se han estudiado diferentes dispositivos neumáticos e hidráulicos para la separación del café, Céspedes et al., citados por [5] estudiaron experimentalmente el empleo de equipos neumáticos en la separación de frutos de café en diferentes estados de maduración y observaron que por diferencias en comportamiento aerodinámico no se logra separar eficazmente frutos inmaduros y maduros de café, de igual forma refieren a la empresa brasilera HCG1 quien fabrica un equipo con las siguientes especificaciones: Capacidad nominal, 2,5 t.h-1 (1.250.000 frutos/h), peso 250 kg y requiere menos de

4kW para su funcionamiento, el costo FOB en Brasil es cercano a los US\$ 40.000. Sin embargo, no se dispone de información sobre el desempeño del equipo y sus costos son elevados por lo que los pequeños caficultores no pueden acceder a esta tecnología.

[6]Desarrollaron un dispositivo opto-electrónico para reconocer y clasificar en el laboratorio frutos de café en los estados de verde, pintón, maduro, sobre maduro y seco, con velocidad de hasta 50 frutos/s, obteniendo eficacia de 97% para verdes, 95,6% para pintones, 97,8% para maduros y 99,7% para sobre maduros demostrando que es posible generar diseños que permitan realizar esta función.

El prototipo desarrollado selecciona y separa los frutos verdes de café ya cultivado mediante un sensor infrarrojo CNY70 que identifica el fruto de café y activa la separación del fruto verde hacia un recipiente receptor mientras el fruto maduro sigue su rumbo por el ducto transportador. Esta es una alternativa para los caficultores puesto que les permite entregar materia prima (fruto maduro) mejorando su selección. De este paso tan importante depende el resultado de calidad y buen sabor de una taza de café solucionando la necesidad de realizar esta actividad de manera manual cada vez que se entreguen los bultos de café ya cosechados representando un beneficio a los caficultores y dueños de fincas cafeteras en el ahorro de tiempo y trabajo y entregando materias primas más homogéneas a las despulpadoras.

En el proceso productivo de café se contemplan dos etapas: la primera comprende desde la planificación del cultivo hasta la cosecha del mismo y la segunda etapa comprende las actividades desde la

recolección hasta la comercialización, en este sentido para efectos de la presente propuesta se profundizará en la segunda etapa en las actividades de recolección y selección para el beneficio de fruto maduro.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo con sensor CNY70 para identificar y separar frutos verdes de café antes de ser enviados a la despulpadora.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características y normas aplicables a la implementación del prototipo para la selección y separación de frutos verdes de café.
- Seleccionar la mejor alternativa de fabricación a partir del análisis y evaluación de los diferentes elementos y sistemas evaluados.
- Construir el prototipo y realizar pruebas de funcionamiento para identificar posibles mejoras de funcionamiento.

V. MARCO TEÓRICO

A. PROCESO PRODUCTIVO DEL CAFÉ.

Según Patiño (2010) citado por [7, p. 18] al producir café se puede definir varias etapas de realización de las labores: primero el cultivo involucra buenas prácticas agrícolas hacia la sustentabilidad ambiental, la productividad, la calidad del grano en cereza y el manejo integrado de plagas y enfermedades. Segundo: el manejo del grano, iniciando con su recolección en estado óptimo de madurez, transporte al sitio de procesamiento y el beneficio en su fase

húmeda (lavado y clasificación) y fase seca (secado del grano). Finalmente, el manejo de almacenamiento transitorio y transporte al sitio de comercialización. En la figura 1 se describe en forma esquemática el proceso productivo del café en su segunda etapa desde la recepción de la cereza, en el cual se puede observar que la separación de fruto verde es importante desde las primeras etapas del proceso de beneficio del café.



Figura 1. Sistema productivo del café, segunda instancia. Fuente: [8].

B. BUENAS PRÁCTICAS EN LA RECOLECCIÓN DEL CAFÉ.

Durante la época de cosecha del café es necesario verificar que los recolectores estén capacitados para la recolección selectiva de frutos maduros. En cada finca, se deben planificar los pases de recolección según los registros de floración para obtener una mayor proporción de frutos maduros en la cosecha.

El café cosechado debe ser empacado en sacos o recipientes limpios, libres de contaminaciones, protegerse de daños físicos y de altas temperaturas, y entregarse pronto al beneficiadero, de tal forma que no se sobre fermente, humedezca o contamine. Es necesario verificar que los recolectores no cosechen granos verdes (como máximo se toleran 20 frutos verdes por kilogramo de café cereza recolectado). No se debe permitir que los granos verdes pasen al tanque de fermentación ni al secado. Los frutos y granos recogidos del suelo deben tener un manejo separado que no permita la proliferación de la broca ni que se contamine el café. [9, p. 3]

La cosecha de cerezas de café en sus primeros estados de maduración (con tonalidades verdes y amarillas) no es conveniente para el caficultor ni para el consumidor ya que estas carecen de las condiciones apropiadas para ser beneficiados (desarrollo deficiente del mucilago que no permite ser despulpado), además las semillas no han alcanzado su máximo contenido de materia seca (tienen menos peso) y las conversiones de cereza a seco y rendimiento en trilla no son favorables principalmente porque la calidad de la bebida no es aceptable. [3].

C. BUENAS PRÁCTICAS EN EL RECIBO DEL CAFÉ CEREZA.

El café debe inspeccionarse y clasificarse, antes del procesamiento es necesario adoptar un sistema de evaluación de la calidad del café cereza al recibirlo, su estado de madurez, aplicando normas y prácticas de control a los recolectores para que no recolecten frutos verdes por encima del límite del 2,5%. Este se debe beneficiar en forma eficiente con

criterios de calidad en el menor tiempo posible para evitar daños de sobre fermentado, manchado del pergamino, entre otros, que alteran negativamente la prueba de tasa del café. En la tolva no deberían existir granos verdes, dañados por insectos, sobre maduros ni secos de acuerdo a las BPA. [7, p. 30].

Con respecto a las prácticas mencionadas anteriormente [10, p. 298] afirman que en las condiciones climáticas de la zona cafetera colombiana el café presenta varios periodos de maduración y este no es uniforme, observándose en una misma rama frutos en diferentes estados de desarrollo y en varios grados de madurez. Por esta razón, es necesario realizar varias pasadas en diferentes tiempos para recolectar el café. La cosecha de los frutos de café se hace habitualmente con el criterio empírico sobre el color de la cereza, la cual al madurar presenta una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivar o variedad; como resultado, se cosecha una mezcla que incluye frutos verdes, pintones, maduros, sobre maduros y secos. Cada uno de estos tipos de frutos presenta características físicas y químicas específicas, que determinan la cantidad y calidad del producto obtenido durante los procesos de beneficio, trilla, almacenamiento y preparación de la bebida. En la figura 2 se muestra una clasificación de café resaltando el fruto que presenta mejores condiciones para el despulpado.



Figura 2. Punto óptimo de madurez de las cerezas para su recolección. Fuente: [11].

Generalmente en Colombia se comercializa el café en el estado de pergamino seco el cual puede recibir calificaciones según sus características físicas y sensoriales; sin embargo; el precio a pagar por el café depende del factor de rendimiento en trilla, el cual corresponde a la relación entre la cantidad de café pergamino seco requerido para obtener un saco de café excelso teniendo en cuenta los defectos de las almendras, y el tamaño de éstas, con un bajo porcentaje de tolerancia. Tanto la presencia de defectos como el tamaño de las almendras dependen en un amplio grado de la proporción de estados de madurez de los frutos en la masa cosechada. El beneficio de frutos inmaduros y secos que no han desarrollado mucílago o lo han perdido en su totalidad proporciona un alto porcentaje de granos con daño mecánico por abrasión y ruptura del pergamino o de la almendra. Cuando se procesan frutos con un grado adecuado de maduración estos defectos son mínimos debido a la presencia de mucílago que ayuda a disminuir el daño mecánico durante el despulpado. Con relación a la calidad en taza, algunos estudios han determinado que la mejor bebida se obtiene de frutos maduros mientras que los verdes deterioran la calidad debido a múltiples defectos como sabor y aroma a fermento y acre en la bebida. [10].

Lograr una buena selección diferenciando el fruto verde del maduro cumple una función muy importante y es determinante en los siguientes pasos del proceso pos cosecha del café y por ende en la calidad en tasa del mismo.

D. COMPONENTES ELÉCTRICOS, ELECTROMECÁNICOS IMPORTANTES EN EL PROTOTIPO

- **Sensor Infrarrojo CNY70.** El dispositivo CNY70 es un sensor óptico infrarrojo de un rango de corto alcance que se utiliza para detectar colores de objetos y superficies. Su uso más común es para construir pequeños robots seguidores de líneas. Contiene un emisor de radiación infrarroja (fotodiodo) y un receptor (fototransistor). El fotodiodo emite un haz de radiación infrarroja, el fototransistor recibe ese haz de luz cuando se refleja sobre alguna superficie u objeto. [12].



Figura 3: Sensor infrarrojo CNY70. Fuente: [12].

Se trata de una solución compacta donde la fuente de luz (diodo emisor) y el detector (fototransistor) se montan en la misma dirección. La detección del objeto se consigue por la reflexión (o no) del haz infrarrojo sobre la superficie del objeto. Existen sensores denominados de “Barrera” donde la fuente de luz está enfrentada al detector y lo que se detecta es el bloqueo del haz por parte del objeto. [13].

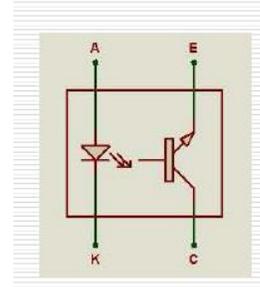


Figura 4: A. Funcionamiento sensor infrarrojo CNY70. Fuente: [13].

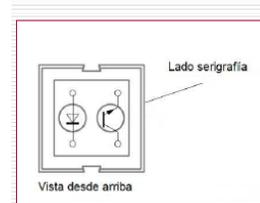


Figura 5: B. Funcionamiento sensor infrarrojo CNY70. Fuente: [13].

- **Integrado LM3914N.** Los circuitos integrados LM3914 y LM3915 son utilizados como indicadores de escala o vómetros; posee un puerto de salida para hacer iluminar hasta 10 leds. Se le puede usar en múltiples aplicaciones, siendo las más comunes: como vómetro y voltímetro. El circuito integrado LM3914N consta de una serie de amplificadores operacionales en modo comparador, con los cuales se activará una escala de leds en pasos que dependerá del voltaje de referencia ajustado en el circuito integrado. De acuerdo entonces a la resolución lograda, se activará cada led dentro de la escala, la que usualmente se ubica en unos 125mv por led con respuesta lineal. [14]. A continuación, se muestra el funcionamiento del integrado.

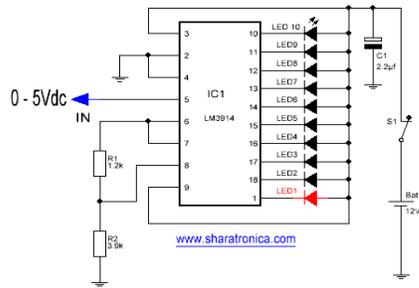


Figura 6: Integrado LM3914. Fuente: [14].

Para fines del prototipo construido, se procedió a escoger este tipo de integrado por su funcionamiento lineal, ya que en su parte interna los divisores de voltaje para cada comparador poseen todas resistencias del mismo valor 1 kilohmio, lo que para el prototipo hace más ideal su uso por la corriente constante de 10 mA que maneja y así poder activar la electro bobina de 1 VDC, la temperatura que maneja a 12 VDC, es constante con un valor de 75°C; en las pruebas durante 1 hora de funcionamiento no se presentó recalentamiento, ni tampoco hubo necesidad de la utilización de un disipador de calor en el integrado, este posee un boofer el cual lo protege contra voltajes negativos, en su pin de entrada número 5, admitiendo solo voltajes positivos.

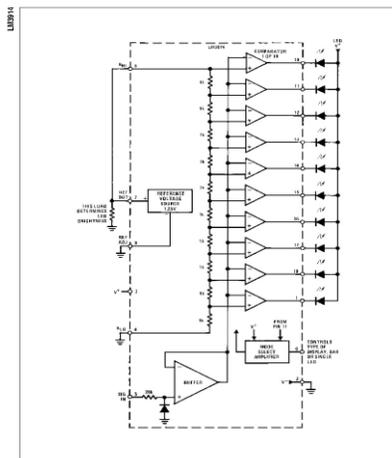


Figura 7: Parte interna integrado LM3914N, detalle de los comparadores. Fuente: [15].

- **Transistor 2n2222A.** Este dispositivo semiconductor es un transistor bipolar de juntura NPN. Su encapsulado es el TO-92, cuya estructura es plástico con tres terminales (pines). Este transistor es de baja potencia, capaz de disipar hasta 625mW, aun así, puede controlar dispositivos que consuman hasta 600mA o que requieran tensiones de hasta 40Vdc, siempre y cuando no se exija el dispositivo hasta o sobre su potencia de disipación máxima. [16].

Características:

- Voltaje colector-emisor (VCE): 40Vdc
- Corriente máx. Colector (IC máx.): 600mA
- Factor amplificación: 100 ~ 300
- Frecuencia máx. de trabajo: 250Khz
- Temperatura de operación: -55 ~ 125°C
- Dimensiones: 17.5mm de largo x 5mm de ancho x 3.6mm de alto.

Pines: La parte plana del transistor, nos ayuda a saber cuál es la distribución de los pines. Se observa directamente a la parte plana del transistor y de izquierda a derecha los pines son Emisor (1), Base (2) y Colector (3). Como se muestra en la siguiente imagen:

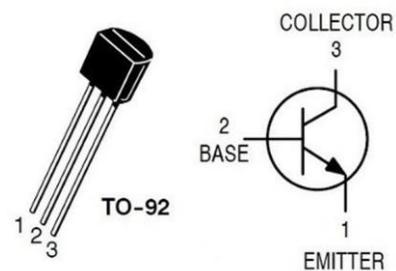


Figura 8: Distribución de los pines transistor 2n2222A. Fuente: [16].

- **Electro bobina con eje metálico.** Es un elemento pasivo que consta de dos terminales, el cual tiene la capacidad de generar un flujo magnético que permite la circulación de la corriente eléctrica. [17].

La bobina está formada por un conductor eléctrico arrollado en espiral. El material conductor es, por norma general, alambre de cobre que se arrolla en un cuerpo de material plástico. Al pasar la corriente eléctrica por el conductor, en el entorno de éste se genera un campo magnético dotado de una energía determinada. Cuánta mayor sea la cantidad de espiras y el diámetro de la bobina, tanto mayor será la energía que almacene la bobina al aplicarse un voltaje determinado. [18].

Por su capacidad para generar un flujo magnético con el que se posibilita que la corriente eléctrica circule, también se puede oponer a los cambios en la corriente eléctrica, por ende, las fluctuaciones de corriente se pueden controlar y evitar que un cambio brusco en la intensidad de la corriente ocasione un daño o desperfecto. Así mismo, son múltiples sus aplicaciones en la electrónica. [17].

- **Relé eléctrico.** Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abriendo y cerrando el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente. Los relés eléctricos son básicamente interruptores operados eléctricamente que vienen en muchas formas, tamaños y potencias adecuadas para todo tipo de aplicaciones.

El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador.

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento del relé en los circuitos. Cuando metemos corriente por la bobina, esta crea un campo magnético creando un electroimán que atrae los contactos haciéndolos cambiar de posición. [19].

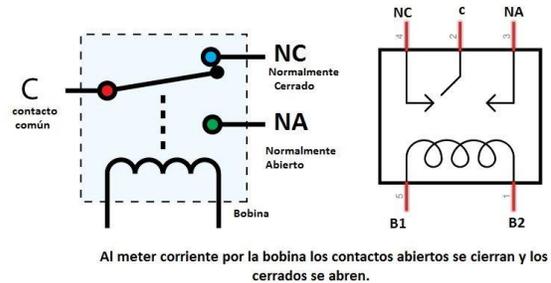


Figura 9: Funcionamiento del relé eléctrico. Fuente: [19].

Habrà un circuito que activa la bobina llamada de control, y otro que será el circuito que activa los elementos de salida a través de los contactos, llamado circuito secundario o de fuerza.

- Adaptador de 12vdc/2A

Este adaptador de 12 voltios se conecta a la red de 120 voltios, en su salida nos entrega un voltaje rectificado de 12 voltios de corriente continua, 2 amperios, utilizado para suministrar su voltaje al sistema electrónico y alimentación al relé de 12VDC.



Figura 10: Adaptador de 12 VCD. Fuente: [20].

VI. METODOLOGÍA

El enfoque del proyecto es de tipo descriptivo, puesto que relaciona las diferentes etapas del desarrollo del prototipo

a partir del análisis y las diferentes pruebas realizadas. A continuación, se relacionan las diferentes actividades necesarias para alcanzar los objetivos propuestos, agrupadas en etapas:

A. ENTREVISTAS A CAFICULTORES

Primero se realizó entrevistas abiertas a caficultores y personas expertas en café con el fin de establecer la pertinencia del prototipo y las características deseables para cumplir el objetivo planteado, de igual forma la información primaria obtenida se corroboró con la revisión y análisis de información secundaria.

B. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Se analizó una alternativa de diseño electrónico y la selección de los materiales de construcción del prototipo, teniendo en cuenta para ello las instalaciones de circuitos con el sensor infrarrojo CNY70.

C. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Se realizó la construcción del prototipo teniendo en cuenta los materiales que permitan mantener el café con las condiciones de higiene y de inocuidad; el prototipo se construyó para una muestra de café, por lo tanto, para ser utilizado en la finca se debe ampliar la capacidad de recepción del equipo.

D. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se realizaron diferentes pruebas ajustando según las necesidades de funcionamiento del equipo.

E. DOCUMENTACIÓN DE INFORMACIÓN DEL PROTOTIPO

Se recopilaron las conclusiones del trabajo y las recomendaciones para futuros proyectos de este tipo.

VII. RESULTADOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

Las entrevistas realizadas a productores y personas expertas en café permitieron concluir en la necesidad de los caficultores de posicionar sus unidades productivas dentro de las disposiciones legales vigentes para el manejo de agua, subproductos y calidad del café que les permita acceder a mercados diferenciados.

Las fincas caficultoras se encuentran en proceso de implementación de Buenas Prácticas Agrícolas – BPA, Buenas Prácticas de Manufactura – BPM y Buenas Prácticas de Higiene – BPH las cuales son una serie de medidas preventivas que se deben implementar en las fincas con el fin de proteger y asegurar la inocuidad y buena calidad del producto en todas las etapas de producción y postcosecha del café.

Para el caso de las etapas de cultivo, beneficio, secado, almacenamiento y entrega de café, intervienen las normas de BPA. A continuación, se describen las actividades clave que se debe tener en cuenta según los estándares de calidad de BPA:

- Verificar la efectividad del control integrado de la broca.
- Verificar la recolección selectiva y clasificación de los frutos maduros.

- Separar y descartar en cada etapa los frutos, granos dañados y cáscaras.
- Establecer controles en la fermentación, el desmucilaginado mecánico, el lavado, el secado, el almacenamiento.
- Disponer integralmente de los residuos y defectos del café. [21].

Entre las actividades clave antes descritas, el prototipo permitirá intervenir en la etapa de la clasificación de frutos maduros separándolo de los verdes, permitiendo mayor homogeneidad en las características de madurez del fruto; de igual forma en el ingreso del producto a seleccionar también se recogerán partículas de tamaños mayores a las del café.

Al encontrarse en esta ardua tarea, los productores valoran los aportes tecnológicos que se crean para facilitar y mejorar la cadena productiva del café. Para los entrevistados resultado innovador la propuesta del prototipo selector de frutos verdes de café que los separa del fruto maduro, debido a que evita al productor realizar manualmente esta labor ahorrando tiempo, mano de obra y haciendo más eficiente el proceso pos cosecha.

A continuación, se presentan las características principales del prototipo selector de fruto verde:

- El prototipo no exige el uso de agua para su funcionamiento, por lo tanto, se enmarca en el cumplimiento de la ley 373 de 1997 la cual fija obligaciones sobre ahorro y uso eficiente de agua a quienes administran y/o usan el recurso hídrico.
- Es construido con materiales electromecánicos que se pueden obtener en el

mercado frecuentemente, en caso de reparaciones.

- Los materiales de ensamble no se corroen y permiten realizar la higiene, de tal forma que pueden mantener la inocuidad como lo describe en las normas de certificación de calidad en BPA “Las instalaciones y los equipos empleados para el beneficio, el secado y el almacenamiento del café deben mantenerse limpios.” [22]. En cuanto a los materiales recomendados para la construcción de equipos para el beneficio de café, se recomiendan en acero inoxidable debido a que permite conservar las características sensoriales y la calidad del mismo, sin embargo, debido a los altos costos de fabricación, se han construido diferentes equipos en polietileno de alta densidad que también permite conservar las características sensoriales y de la calidad de la maquinaria [23]; para el caso del prototipo selector de frutos de café se utilizaron materiales en polietileno que permiten mantener las condiciones de limpieza y desinfección del mismo; con la ventaja de que en este proceso de selección no se utiliza agua durante el proceso.
- El prototipo permite la separación de impurezas, dejando pasar una materia prima más limpia a la despulpadora.

Tabla 1. Características selector de frutos verdes de café.

Capacidad de la tolva receptora de café	1 kilo
Tiempo en procesar la muestra	10 minutos
Estructura	Metálica, desmontable.
Malla	Permite el ingreso de

	los frutos cosechados de café separándose de las impurezas de mayor tamaño que los frutos de café.
Diseño	Circuito sensor CNY 70 con montaje en protoboard.
Fuente	Voltaje 120 V. AC-continúa de 12V DC.
Selección	Electrónica identificación del grano con sensor infrarrojo.
Electro bobina	1 VDC.
Electro bobina	120 VAC.
Relé eléctrico	12 VDC.

Se debe tener en cuenta que para una construcción a nivel de las fincas cafeteras se debe adaptar el prototipo con capacidad, de tal forma que la selección sea rápida.

B. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Componentes del prototipo. Para el diseño del prototipo se tuvo en cuenta que los materiales permitan mantener el proceso de higiene y no se corroan de tal forma que no ocasionen contaminación cruzada, a continuación se describen las partes del prototipo, teniendo en cuenta los siguientes componentes:

- **Ingreso del material - Tolva:** es el primer receptor del material cosechado el cual tiene ensamblada en la parte superior la malla que evitará el paso de hojas, palos e impurezas de mayor tamaño que el fruto de café.
- **Ducto de conducción de los frutos de café:** una vez los frutos entran a la tolva, siguen el camino del ducto fabricado en

policarbonato transparente, hasta llegar al selector.

- **Selección - Prototipo selector:** aquí se realiza la separación mediante el circuito identificador de color en donde separa el fruto verde enviándolo hacia un primer recipiente y el maduro continúa su camino hacia otro recipiente.
- **Estructura** – La estructura contiene un soporte metálico con pintura anticorrosiva el cual está construido con desnivel en sus separadores de tal forma que el café pueda conducirse hacia el selector.
- **Sistema electrónico** – Mediante el sistema de conexión que facilita el protoboard, se montó el circuito electrónico selector de color, con su componente principal el sensor infrarrojo CNY70 conectado por el emisor de su transistor, hacia la base del transistor 2n2222n, a través de la una resistencia de 1 kilohmio; el transistor 2n2222n , por su emisor entrega un voltaje, con ayuda del potenciómetro de 100 kilohmios, hacia el pin número 5 de entrada del integrado comparador LM3914N, este compara la señal de voltaje y la entrega a los 10 leds conectados a sus respectivas salidas.
- **Sistema eléctrico** – el funcionamiento eléctrico se basa en la activación del pulso positivo, que entrega el comparador por su pin número 15, a la electro bobina de 1 VDC, la cual actúa como suiche, esta se cierra y permite el paso de 12 VDC, hacia uno de los contactos de entrada del relé de 12 VDC, este se activa y permite el paso de voltaje hacia la electro bobina de 120 VAC por un de sus extremos, esta

electro bobina se energiza, y por inducción electromagnética atrae la aguja metálica hacia su núcleo, esta aguja en el otro extremo esta acoplada a la compuerta de salida por donde cae el grano verde de café.

A continuación, se presenta un diseño básico del prototipo selector del fruto verde de café.

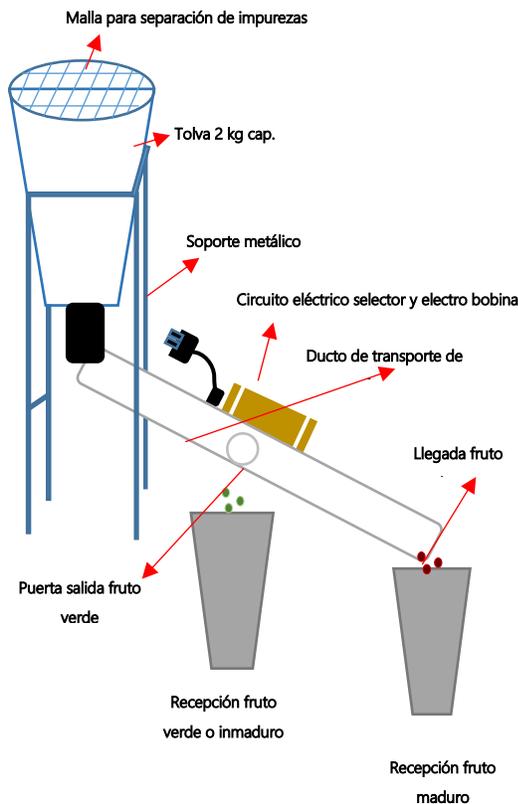


Figura 11: Diseño básico del prototipo selector de frutos verdes de café. Fuente: Elaboración propia.

El diseño del prototipo que selecciona y separa el fruto verde de café se realizó basado en la tecnología del circuito identificador de color, para ello se utilizó un sensor infrarrojo CNY70 y sus respectivos componentes, bases y separadores que componen el prototipo, se siguió el modelo de circuito que se presenta a continuación:

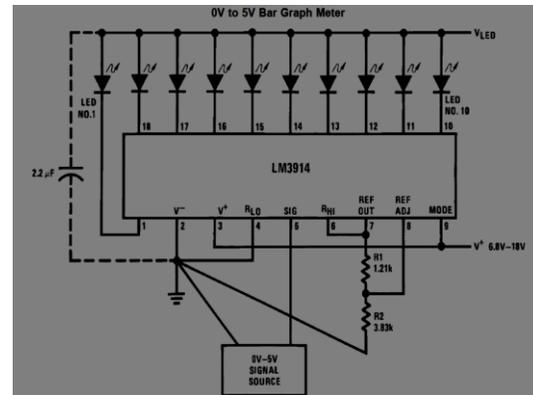


Figura 12: Modelo de circuito trabajado para el prototipo. Fuente: [24].

En esta fase se identificó los elementos y los procesos necesarios para la elaboración del prototipo tales como fuente de poder de 12 VDC, que ayuda a realizar todo el proceso en el prototipo manejando los voltajes necesarios para su funcionamiento, los elementos electrónicos y materiales para el montaje se pueden adquirir en el mercado y son de bajo costo lo que permite actuar diligentemente en una reparación o se puedan reemplazar sin problema, el material de la tolva y otros elementos utilizados como el ducto y el soporte permiten mantener las condiciones de higiene e inocuidad de los frutos de café, puesto que en el marco de las BPA como anteriormente se ha mencionado.

C. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

El caficultor inicialmente, deposita el café recolectado por la tolva de ingreso, la cual posee una malla separadora de hojas, trozos de palos y residuos que superan el tamaño de los granos de café, los frutos llegan al ducto transportador mediante caída por gravedad y realizan un recorrido de 70 centímetros, distancia a la cual se encuentra el sensor CNY70 instalado a un costado del ducto, los frutos pasan a una distancia de 3 a 4

milímetros de distancia del led infrarrojo del sensor, en esta etapa, si el grano de café es rojo cereza, el sensor permite su paso por el ducto transportador continuando su recorrido hasta el depósito de café maduro, listo para ser entregado a la despulpadora.

Si los frutos son de color verde, el led infrarrojo del sensor los detecta, envía esta señal de reflexión a su transistor receptor interno, donde por su pin emisor, se conectan dos resistencias: una de 20 kilohmios conectada al negativo de la fuente de 12 VDC y la otra resistencia de 1 kilohmio se conecta al base del transistor 2n222n, por su conexión se obtiene un divisor de voltaje, este es regulado por el potenciómetro de 100 kilohmios encargado de calibrar la sensibilidad en la detección de color en el sensor CNY70, este nivel de voltaje es llevado al pin número 5 del integrado comparador LM3914N, en este pin, el integrado en su configuración interna está conectado a las entradas inversoras de los 10 comparadores y a estos por el catodo de cada uno de los 10 leds indicadores, el integrado también posee internamente un divisor de voltaje conformado por 10 resistencias conectadas en serie, las cuales ayudan a controlar el voltaje que va ser calibrado por el potenciómetro de 50 kilohmios conectado al pin 6 y 7 del integrado, esta acción en conjunto con la variación del potenciómetro de 100 kilohmios conectado al transistor 2n222n, hace que los comparadores internos del integrado enciendan los leds, los cuales en su ánodo estarán conectados en modo barra al pin número 9 del integrado y así poder apreciar su funcionamiento de 1 en 1 su iluminación, al aplicar la siguiente fórmula de ley de watt para el cálculo de potencia en las salidas del integrado LM3914N:

$PIC = (FLED - VLED) * 10 \text{ MA}$, donde;

PIC = Potencia de circuito integrado.

FLED = Voltaje aplicado a los led.

VLED = Caída de voltaje en el led de color verde.

10 MA = Corriente constante que circula por cada salida del integrado.

Remplazando los valores se obtienen los siguientes resultados:

$PIC = (12\text{V} - 3\text{V}) * 10\text{MA} = 90 \text{ miliwatios (mW)}$ es la potencia que nos entrega el integrado por cada led.

Para las 10 salidas sería un valor total es de 900 mW.

Al realizar una prueba con un fruto de café verde, en el instante que el sensor CNY70 lo identifica por medio de su led infrarrojo, el voltaje entregado y comparado por el integrado LM3914 se aprecia en la salida del pin número 15, en este pin se encuentra conectada por un extremo la electro bobina de 1 VDC, la cual actúa como suiche, se cierra y permite la activación del relé de 12 VDC, este relé se acciona y permite la conexión de uno de los terminales, que se conectan a la red de 120 VAC de la electro bobina, esta se energiza, acciona la aguja metálica mediante atracción electromagnética hacia su núcleo, causando que la aguja hale la compuerta por donde cae el café verde, hacia el depósito de recolección.

Mediante el programa de simulación PROTEUS se procedió a montar el circuito electrónico, para apreciar su funcionamiento. A continuación se muestra la imagen:

PROTOTIPO SELECTOR DE CAFE VERDE

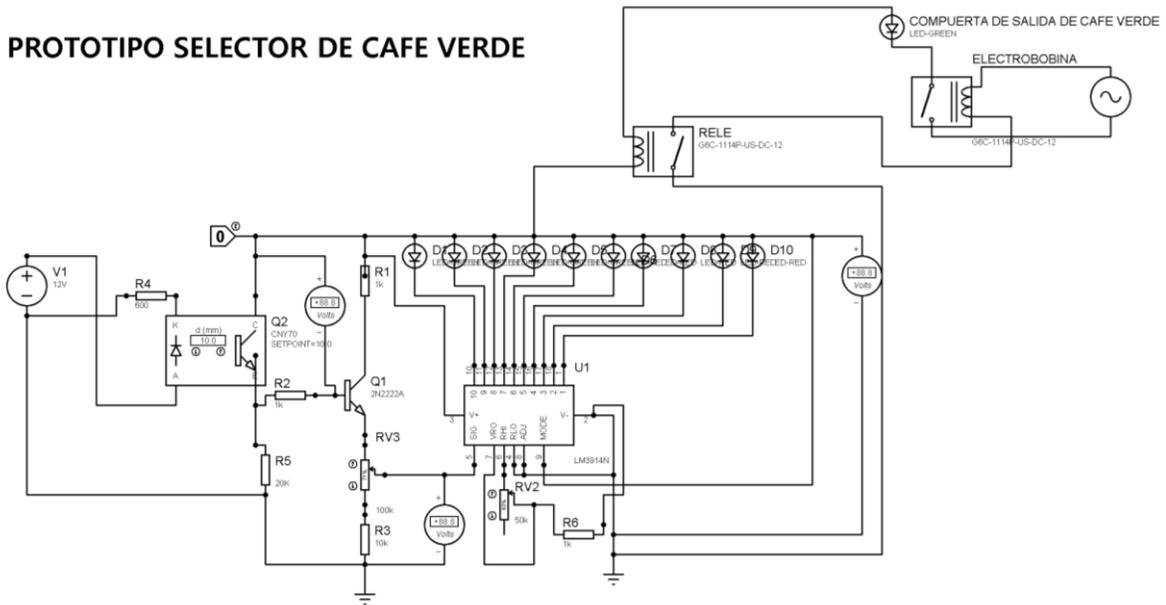


Figura 13: Diagrama Electrónico y eléctrico realizado en PROTEUS. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el circuito electrónico del prototipo.

G

CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL PROTOTIPO SELECTOR DE FRUTO VERDE DE CAFÉ EMPLEANDO EL SENSOR INFRARROJO CNY70

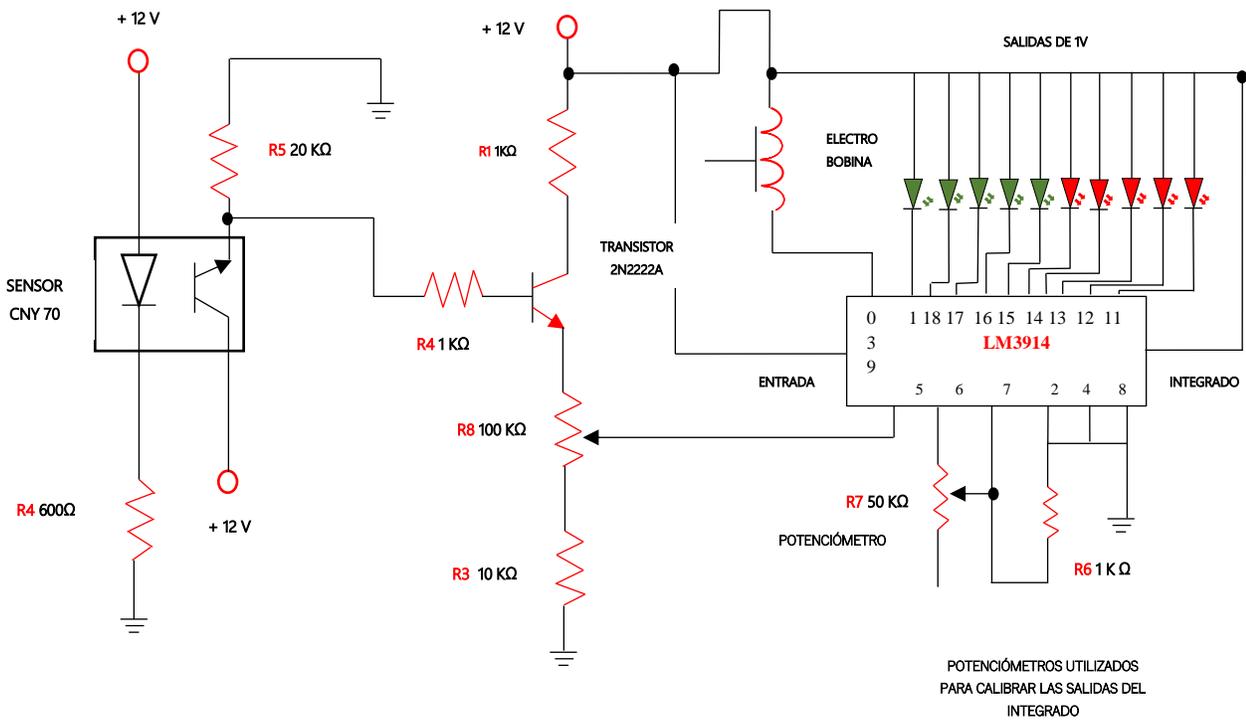


Figura 14: Diagrama del circuito electrónico del prototipo selector de fruto verde de café. Fuente: Elaboración propia

D. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Se realizó la construcción del circuito con un sensor CNY70 identificador de color con el fin de que detecte el café verde y lo separe del café maduro, utilizando el protoboard con montaje físico de los componentes.



Figura 15: Montaje circuito integrado en protoboard. Fuente: Elaboración propia.

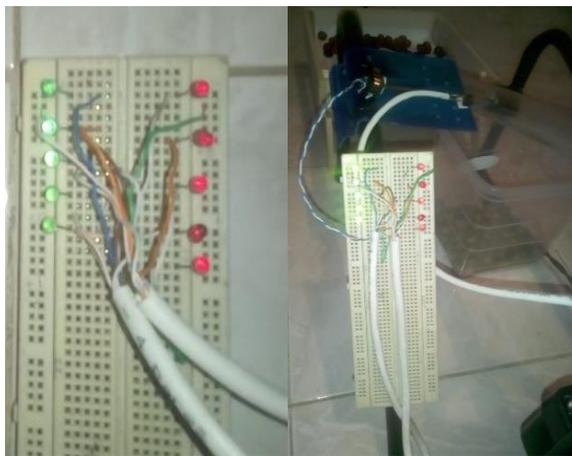


Figura 16: Montaje circuito integrado en protoboard para activación sensor CNY70. Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a la instalación del sensor para la separación del fruto verde.



Figura 17: Montaje final circuito integrado en protoboard para activación sensor CNY70. Fuente: Elaboración propia.

Terminada esta etapa se ensambló el prototipo utilizando las carcasas para el circuito electrónico.



Figura 18: Montaje en carcasas del circuito electrónico. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó construcción de la estructura de la tolva receptora de frutos de café.



Figura 19: Receptor de frutos de café. Fuente: el autor.

El café pasa por una malla que permite el ingreso del café al tamaño del fruto maduro quedando las impurezas en la malla.



Figura 20: Malla para separación de frutos e impurezas. Fuente: Elaboración propia.

Una vez instalada la estructura se procedió a realizar la instalación del ducto y los recipientes de recolección de los respectivos frutos.



Figura 21: Instalación ducto y recipientes para recepción de frutos de café. Fuente: Elaboración propia.

E. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

A continuación, se detallan las pruebas de funcionamiento realizadas y los respectivos ajustes. Se realizó una primera prueba para verificar la detección por color del fruto de café; 5 pruebas para analizar la cantidad de frutos verdes que pasan al depósito de café maduro y la cantidad de frutos verdes que idéntica y separa el prototipo, según las muestras. Para las pruebas se utilizó un kilo de café cosechado, el cual según [25], debe tener 555 frutos de café cereza si tuviera las características requeridas de cosecha; para una muestra de un kilo sólo de café verde se necesitarían 721 frutos. La muestra tomada para las pruebas contiene una cantidad de frutos verdes el cual se tomó de una cosecha normal de café y aproximadamente el conteo de frutos para el kilo utilizado fueron entre 625 y 630 frutos entre maduros y verdes. De igual forma se tuvo en cuenta en la evaluación de las pruebas realizadas el máximo porcentaje (%) aceptable de café verde entre una muestra de café cereza, el cual corresponde a 2,5%. [5].

- **Prueba de funcionamiento de detección por color**

Se realizó teniendo en cuenta el ingreso a la tolva de frutos verdes y maduros por separado. Primero se ingresó los frutos de café cereza, los cuales pasaron sin ser desviados de su camino normal al recipiente de frutos maduros, en esta prueba se demoró 5 segundos en medir; seguido de ello se ingresaron frutos verdes, los cuales fueron medidos por el prototipo y separados a través de la compuerta, este ensayo demoró 4 segundos. Esta prueba con el café dosificado y separado por color permitió observar que el prototipo realiza el trabajo de identificar el fruto verde y separarlo.

- **Pruebas de funcionamiento para cantidad de frutos verdes que pasan al depósito de café cereza.**

- **Primera prueba.** Esta prueba se realizó depositando la muestra de café con frutos verdes y maduros, en el cual se tuvo que por cada 125 frutos de café que pasan por el sensor 3 frutos verdes pasan hasta el depósito de café maduro. En esta misma muestra la cantidad de frutos verdes separados fueron 8.

- **Segunda prueba.** Esta prueba se realizó depositando una nueva muestra de café con frutos verdes y maduros, en el cual se tuvo que por cada 125 frutos maduros de café que pasan por el sensor 4 frutos verdes de café pasan hasta el depósito de café maduro. En esta muestra, la cantidad de frutos verdes separados fueron 7.

- **Tercera prueba.** Para esta prueba se depositó la muestra de café con frutos verdes y maduros, en el cual se tuvo que

por cada 125 frutos maduros de café que pasan por el sensor 3 frutos verdes de café pasan hasta el depósito de café maduro. Para esta muestra, la cantidad de frutos verdes separados fueron 8.

- **Cuarta prueba.** Para esta prueba se depositó la muestra de café con frutos verdes y maduros, en el cual se tuvo que por cada 125 frutos maduros de café que pasan por el sensor de 1 fruto verdes de café pasan hasta el depósito de café maduro. En esta prueba la cantidad de frutos verdes separados fueron 6.

- **Quinta prueba.** Para esta prueba se depositó la muestra de café con frutos verdes y maduros, en el cual se tuvo que por cada 125 frutos maduros de café que pasan por el sensor de 2 frutos verdes de café pasan hasta el depósito de café maduro. En esta prueba la cantidad de frutos verdes separados fueron 5.

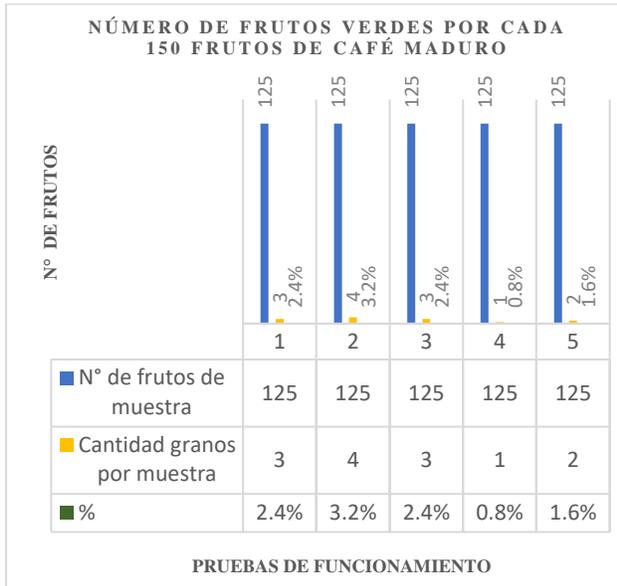
A continuación, se presentan los datos tomados en cada prueba. La tabla 2, indica la cantidad de frutos verdes que pasan al depósito de café cereza y la gráfica 1 permita observar porcentualmente la baja cantidad de frutos que pasan al depósito de café cereza.

Tabla 2. N° y % de frutos verdes por cada 125 frutos medidos.

N° Ensayo	N° de frutos de muestra	Cantidad granos por muestra	%
1	125	3	2.4%
2	125	4	3.2%
3	125	3	2.4%
4	125	1	0.8%
5	125	2	1.6%

En la gráfica 1 se muestra

porcentualmente la cantidad de frutos verdes que pasan al depósito de fruto de café cereza, en el cual se podría decir que para la mayoría de las pruebas realizadas, no sobrepasa los límites permitidos para café verde.

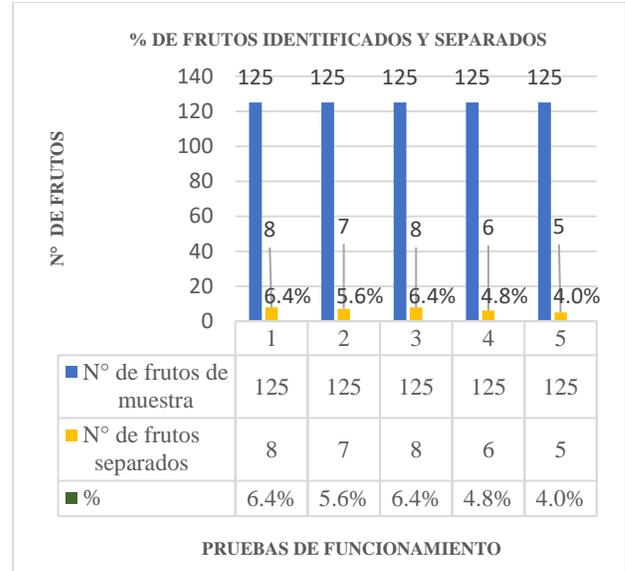


Gráfica 1. Porcentaje de frutos verdes entre los frutos de café cereza. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3, indica la cantidad de frutos verdes separados de las muestras en cada prueba y en la gráfica 2 se observa el porcentaje separado el cual es importante porque

Tabla 3. N° y % de frutos verdes identificados y separados de la muestra por el prototipo.

N° de Prueba	N° de frutos de muestra	N° de frutos separados	%
1	125	8	6.4%
2	125	7	5.6%
3	125	8	6.4%
4	125	6	4.8%
5	125	5	4.0%



Gráfica 2. Porcentaje de frutos verdes entre los frutos de café cereza. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma en el prototipo selector se tuvo en cuenta diferentes alternativas de selección y separación, una de ellas con banda transportadora, otra con disco seleccionador y otra con ducto transportador, las dos primeras opciones a pesar de permitir la selección y separación presentan dificultad en adaptación al prototipo y la baja capacidad de los motores utilizados.



Figura 22: Banda transportadora. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23: Disco seleccionador. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente opción es la empleada y permite una mejor movilidad de los frutos de café y su posterior selección, esto se hace con una electro bobina que permite la apertura de la compuerta por donde saldrá el café inmaduro o verde.



Figura 24: Ducto transportador. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25: Funcionamiento prototipo selector de frutos verdes de café. Fuente: Elaboración propia

F. ENSAYO Y AJUSTES DEL PROTOTIPO

Este ensayo se realizó en el taller dispuesto para su montaje, con las herramientas necesarias, incluyendo también los frutos recolectados en fincas cercanas de la ciudad de Pasto en donde se cultiva café.

Con el prototipo se realizó el respectivo ajuste de color a identificar calibrando los potenciómetros de 100 y 50 kilohmios quienes ya vienen desde la fábrica con esa capacidad de medida. De acuerdo con el color del fruto el sensor CNY70 está ubicado a 8mm del grano para ser detectado. Los potenciómetros generan distinto voltajes que son analizados por el integrado LM3914, este a su vez compara los voltajes y los entrega a sus respectivas salidas causando el destello de luz en los LEDs así como también activando la electro bobina encargada de separar el fruto verde identificado del torrente de frutos que se desplazan por el ducto transparente. Entre los ajustes que se realizaron al equipo se encuentran:

- Diseño de la compuerta de salida de los frutos verdes.
- Adaptación del ducto transportador para mejorar la movilidad de los frutos.
- Ajuste a 15 grados de inclinación del ducto transportador para mejor movilidad del fruto de café.
- Mejor cableado en el protoboard con ayuda de jumpers de conexión.
- Reubicación de la electro bobina de 120 voltios para permitir mejor acción de la compuerta de salida.
- Ajuste de los contactos de la electro bobina de 1 voltio.



Figura 26: Ensayos de funcionamiento selector de frutos verdes de café. Fuente: Elaboración propia.



Figura 27: Prototipo selector de frutos verdes de café. Fuente: Elaboración propia.

G. ERRORES Y DIFICULTADES

A continuación se describen los principales errores y dificultades en la fabricación del prototipo selector, que fueron corregidos en los ajustes del mismo.

- En cada ensayo se encontró dificultad en la calibración del sensor.
- Se cambió el diseño del ducto transportador de café maduro debido a la

dificulta de la movilidad de los granos de café.

- Dificultad en la consecución de frutos de café inmaduros o verdes.
- Se debió ajustar varias veces la aguja separadora la cual se pega a la bobina.
- Se realizó diseño de la compuerta de salida.

H. COSTOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

Para la construcción del prototipo se realizó una inversión aproximada de quinientos diez mil seiscientos pesos m/cte. (\$510.600), cómo se describe en la tabla que se adjunta a continuación:

Tabla 4. Inversión prototipo selector de frutos de café.

Materiales/Recurso	Unidad	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
Logística salida a campo Transporte, alimentación	Unidad	1	\$ 80,000	\$ 80,000
Sensor CNY 70	Unidad	1	\$ 12,000	\$ 12,000
Integrado LM 3914	Unidad	1	\$ 7,000	\$ 7,000
Resistencia de 600 ohmios	Unidad	1	\$ 100	\$ 100
Resistencia de 20 kiloohmios	Unidad	1	\$ 100	\$ 100
Resistencia de 10 kiloohmios	Unidad	1	\$ 100	\$ 100
Resistencia de 1 kiloohmios	Unidad	3	\$ 100	\$ 300
Potenciómetro de 50 kiloohmios	Unidad	1	\$ 1,000	\$ 1,000
Potenciómetro de 100 kiloohmios	Unidad	1	\$ 1,000	\$ 1,000
Transistor 2n2222A	Unidad	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Fuente de 12 V	Unidad	1	\$ 4,000	\$ 4,000
Protoboard	Unidad	1	\$ 20,000	\$ 20,000
Alambres de conexión	Global	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Recipiente plástico para recolección	Unidad	2	\$ 20,000	\$ 40,000

Materiales/Recurso	Unidad	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
Ducto para el transporte del café	Unidad	1	\$ 50,000	\$ 50,000
Base para sostener la tolva	Unidad	1	\$ 50,000	\$ 50,000
Relé electromagnético de 12 V	Unidad	1	\$ 4,000	\$ 4,000
Interruptores	Unidad	2	\$ 40,000	\$ 80,000
Leds indicadores	Unidad	10	\$ 100	\$ 1,000
Pintura	1/32	1	\$ 21,000	\$ 21,000
Estructura metálica	Unidad	1	\$ 50,000	\$ 50,000
Electrobobina de 120 V	Unidad	1	\$ 20,000	\$ 20,000
Electrobobina de 1 V	Unidad	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Jumpers de conexión	Unidad	30	\$ 300	\$ 9,000
Adaptador 12 V	Unidad	1	\$ 15,000	\$ 15,000
Extensión de 3 metros de largo	Unidad	1	\$ 10,000	\$ 10,000
Malla calibre N° 8	Unidad	1	\$ 10,000	\$ 10,000
Papelería	Global	1	\$ 10,000	\$ 10,000
TOTAL			\$ 510,600	

A nivel de finca cafetera se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones, para la construcción del prototipo selector:

- Ampliar la capacidad de la tolva, ducto y estructura.
- Construir los soportes con material más resistente y más firme como el hierro cubierto con pintura anticorrosiva.
- La tolva, el ducto transportador y los recipientes de recolección construirlos en acero inoxidable.
- El circuito electrónico debe estar instalado y armado en caja de seguridad para evitar humedad en el circuito. Anexar el circuito impreso.

El sistema electrónico está en capacidad de medir grandes cantidades de café por la

ventaja que sus elementos electrónicos que no se recalientan con su uso continuo.

En cuanto a máquinas o equipos comerciales que realicen esta operación, se encuentran en el mercado algunas máquinas seleccionadoras de frutos verdes o inmaduros de café, las cuales oscilan en un valor entre \$2.500.000 y \$25.000.000, valor que depende de las funciones que realiza la máquina, los materiales de construcción de la misma, la marca, lugar de fabricación, entre otros. A continuación, se describen algunas:

- **Maquina seleccionadora – despulpadora: Módulo compacto 2500.**

Este equipo consta de un rotor que gira a 362 rpm en el centro de una canasta o carcasa cilíndrica, con perforaciones de 8 mm x 40 mm y 57,6% de área perforada. El rotor consta de tres secciones: inferior, con tornillo sinfín de 32 cm de diámetro, 28 cm de altura y paso de 14 cm; intermedia, en forma de cono truncado de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro en la base y 28 cm en su parte alta, en la cual se comprime la masa y se despulpan los frutos de café; y superior, de sección cilíndrica de 28 cm de diámetro y 74 cm de altura, con 8 aletas de 2 cm de altura, soldadas en su superficie. Por efecto de la fuerza centrífuga generada por el rotor y a través de las aberturas de la canasta, una parte del material conformado por café despulpado y pulpa, es evacuado radialmente, mientras que el material restante, compuesto principalmente de frutos sin despulpar (secos, verdes y pintones), café despulpado y pulpa, fluye axialmente y es descargado en la parte superior del equipo. El equipo que opera sin agua, es accionado por un motor de 5,5 kW. [5] Tiene una capacidad de 2500 kilos por hora girando a 180 r.p.m. y requiere de un Motor de 1 1/2 HP a 1.800 RPM con pulea de

2" Tipo B. A continuación se muestra el equipo. [26].

Módulo compacto 2500 sin tornillo sin fin de pulpa tipo hawaii



Figura 28: Módulo selector de frutos verdes de café. JM Estrada. Modelo 2500. Fuente: [26].

- **Máquina seleccionadora CoffeeCherryTek.**

CoffeeCherryTek es una plataforma de clasificación diseñada para eliminar cerezas verdes, pintonas y secas antes del proceso de despulpado. Se puede utilizar en instalaciones de procesamientos mojados o secos e incluye nuestra nueva tecnología de cámara y software de última generación, Chromax S2. CoffeeCherryTek utiliza la banda completa del espectro de color para eliminar las cerezas de café verde, amarillo, naranja y negro junto con material extraño. Está disponible en dos tamaños, modelo de 40 cm de ancho que procesa entre 1.000 y 1.500 kilos por hora y modelo de 100 cm de ancho que procesa entre 3.000 y 3.500 kilos por hora.

La clasificadora Chromax S2 utiliza todos los colores en el espectro visible además del espectro infrarrojo. El Software del Chromax S2 permite el cliente a establecer gamas de colores defectuosas que se pueden acomodar la mayoría de las clasificaciones. El interfaz a ajustar las gamas es intuitivo y hacer ajustes durante cada proceso de clasificación es fácil. (Interfaz a ajuste las gamas de colores

defectuosos). Requiere energía eléctrica de 110v 0 220v sin un sistema de enfriamiento activo. Puede operar en ambientes más que 38 grados centígrados sin problemas. [27].



Figura 29: Módulo selector de frutos verdes de café. CoffeeCherryTek. Modelo 2500. Fuente: [27].

- **Máquina Clasificadora del Color Wenyao.**



Figura 30: Máquina de clasificación de frutos verdes de café, WENYAO. [28].

Su costo es de 23800000. Us., utiliza dos motores: 1 motor para girar el tornillo sin fin y poder trasladar los frutos de café a la zona de detección, de 1½ hp y un segundo motor utilizado en compresor de aire, utilizado para la separación neumática, de 1½ hp, únicamente los dos motores, en una industria, en la ciudad de Bogotá, tendría un costo de \$7.046 pesos en una hora, únicamente

consumo de motores sin relacionar el equipo completo.

En comparación con el prototipo selector de café podemos observar que el rendimiento de los equipos anteriormente descritos es alto, entre 2500 y 3600 kilos por hora; se puede apreciar un consumo alto de energía consumida por el motor de 1½ hp, si esta máquina Wenyao estuviera en Bogotá - Colombia donde el kilovatio/hora vale \$450.49, tendría un consumo de \$3,523 en 1 hora, eso en términos del motor sin tener en cuenta el consumo del resto del equipo. El selector por ser un equipo pequeño y de baja capacidad tiene con el electro bobina de 120 v, tiene un consumo de 10 watts que equivaldría a un costo de 4,5 pesos la hora, en comparación a estas grandes máquinas; de igual forma en los componentes laser utilizados para la detección de los granos de café tienen alto costo en la industria de la tecnología, comparado con el bajo costo de los componentes del prototipo selector de café.

Estas máquinas clasificadoras de frutos verdes de café, son un avance importante que permiten extrapolar información y tecnología para aumentar la capacidad y velocidad de detección del prototipo.

VIII. CONCLUSIONES

El prototipo realiza la identificación de frutos verdes de café y los separa enviando cada muestra a su respectivo recipiente, demostrando la automatización de dicha labor que en la mayoría de fincas cafeteras se realiza manualmente.

Se analiza que el sistema propuesto trabaja correctamente en tiempo real, pues la

eficacia de identificación del grano verde es alta contemplando un porcentaje de error por cada selección entre 0,7% y 2,4% aproximadamente, es decir no supera el porcentaje máximo admisible de frutos verdes entre los maduros que corresponde al 2,5% por cada kilo de café cereza; por cada 555 granos de café cereza que contiene un kilo [25] el prototipo deja pasar entre 2 y 3 frutos verdes de café el cual es una cantidad admisible y no genera riesgos en la calidad del café.

Desde la boquilla de salida de la tolva receptora de frutos de café hacia el sensor CNY70 tiene un tiempo aproximado de 4 segundos en medir el fruto verde y separarlo del torrente de frutos maduros.

El prototipo se ha diseñado teniendo en cuenta que su función y mantenimiento se adapten a los requerimientos que se contemplan en las normas de calidad de para certificación de las fincas en BPA, BPM y BPH.

La selección y separación de frutos verdes y semiverdes permite al productor brindar el tratamiento de beneficio y secado por aparte y desarrollar nuevos avances frente a las características organolépticas y sensoriales del mismo, hay empresas dentro del mercado nacional e internacional que han abierto comercialización para café verde.

El prototipo se convierte en una opción viable para el caficultor debido a que permite desde las primeras etapas del beneficio contar con la calidad que exige el mercado y lo motiva a continuar conservando en las siguientes etapas esas condiciones de calidad enmarcando su finca cafetera dentro de los estándares de las Buenas prácticas agrícolas

BPA.

Los costos bajos de fabricación y la simplicidad de los componentes utilizados en el prototipo permiten que el caficultor pueda acceder al mismo siendo una alternativa de mejora de los recursos de la finca cafetera y el control de calidad desde las primeras etapas.

Para cumplir con la capacidad de identificación y separación en una finca cafetera se debe ampliar la estructura del prototipo y la tolva de recepción de frutos cosechados.

IX. RECOMENDACIONES

- El prototipo se debe utilizar en lo posible en un lugar iluminado para una mejor percepción del sensor CNY70, para la identificación de los granos de café.
- Para un mejor funcionamiento, se puede utilizar un microcontrolador analógico digital ADC, que ayuda a una mejor calibración del sensor CNY70, este microcontrolador permite analizar, rangos de 0 a 5 voltios con lecturas más precisas, es una gran opción para dar mejoras al prototipo.

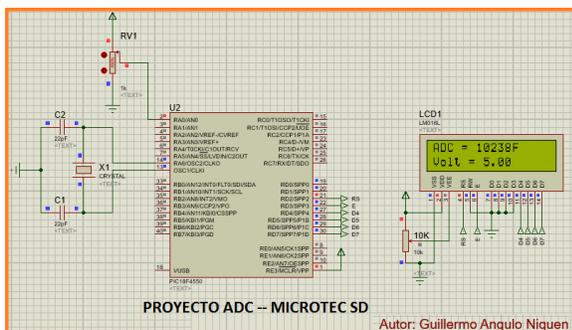


Figura 31: Microcontroladores Proyecto-Sensor de Voltaje. Fuente: [29].

X. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IICA, «Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana,» República Dominicana, 2019.
- [2] S. Marin, J. Arcila y E. y. O. C. Montoya, «relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida,» *Cenicafé*, pp. 54(4):297-315., 2003.
- [3] S. Marín, J. Pulgarín, E. Montoya y C. Oliveros, «Escala de maduración para los frutos del cafeto (Coffe arabica L.),» *Avances Técnicos CENICAFÉ*, p. 8, 2003.
- [4] J. Montilla, J. Arcila, M. Aristizabal, E. Montoya, G. Puerta, C. Oliveros y G. Cadena, «Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio,» *Cenicafé: Avances Técnicos 370*, p. 8, 2008.
- [5] C. Oliveros, J. Pabón, E. Montoya, C. Ramírez y J. Sanz, «Separación de frutos de café verdes por medios mecánicos,» pp. 61(3):262-271, 2010.
- [6] P. Ramos y J. y. E. J. Sanz, «Sistema opto-electrónico para la identificación de frutos de café por estados de maduración,» *Cenicafé*, pp. 62(1):87-99., 2011.
- [7] J. Botero y W. Betancur, «Buenas Prácticas Agrícolas en el Beneficio del Café en Colombia,» Medellín, 2012.
- [8] «CAFFENIO,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.caffenio.com/blog/proceso-del-cafe.html>.
- [9] FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS, «Anexo 1. Buenas prácticas agrícolas para el cultivo del café en Colombia (BPA),» *Guía ambiental para el sector cafetero*, p. 20, 2007.
- [10] S. Lopez, J. Pulgarín, E. Montoya y C. Oliveros, «Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio,

- rendimiento y calidad de la bebida,» *Cenicafé*, vol. 54, n° 4, pp. 297-315, 2003.
- [11] J. Pacas, «Ciencia: ¿Cómo Identificar Y Mejorar El Estado De Maduración De Los Frutos Del Café?. Perfect Dayli Grind,» 16 Agosto 2016. [En línea].
- [12] MACTRONICA, «Mactronica Electrónica y tecnología. El sensor infrarrojo CNY70,» 15 05 2021. [En línea].
- [13] D. Llorente, «SCRIBD. El Sensor Cny70 Rev021210,» 2010. [En línea].
- [14] KIT ELECTRÓNICA, «Inicio Tutoriales circuitos integrados. Tutorial circuito integrado LM3914 LM3915,» 2021. [En línea].
- [15] ALLDATASHEET.COM, «Electronic Components Datasheet,» [En línea]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8898/NSC/LM3914.html>. [Último acceso: 15 11 2021].
- [16] Rambal Automatización y Robótica, «Transistor 2N2222A NPN TO-92,» 2021. [En línea].
- [17] Como Funciona, «Cómo Funciona una bobina,» <https://wordpress.org/>, [En línea]. Available: <https://comofunciona.co.com/una-bobina/>. [Último acceso: 31 05 2021].
- [18] P. Strassacker, «lautsprecher-shop,» Las bobinas, [En línea]. Available: <https://www.lautsprecher-shop.de/>. [Último acceso: 31 05 2021].
- [19] «AREATECNOLOGÍA,» Relés, [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>. [Último acceso: 31 05 2021].
- [20] Robotshop. [En línea]. Available: <https://www.robotshop.com/us/es/fuente-alimentacion-con-adaptador-pared-12vdc-25a.html>. [Último acceso: 14 11 2021].
- [21] CENICAFÉ, «Buenas Prácticas: Estrategia para asegurar la calidad del café,» *VIII Cumbre del Servicio de Extensión Rural*, p. 33, 2015.
- [22] F. V. Fernando, «Las Buenas Prácticas Agrícolas en La Caficultura,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.cenicafe.org/es/documents/buenas-PracticasCapitulo12.pdf>.
- [23] T. C. E. Oliveros y U. J. y. R. g. C. A. Sanz, «Tanque de fermentación fabricado en plástico Una alternativa para disminuir costos en la tecnología Ecomill,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cafe/Normatividad/Boletines/avance%20t%C3%A9cnico%20496%20cenicaf%C3%A9.pdf>.
- [24] ALLDATASHEET.COM, «Hoja de datos de LM3914 (PDF) - National Semiconductor (TI),» 5 05 2021. [En línea]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8898/NSC/LM3914.html>.
- [25] J. Martínez, «CENTRO AGROECOLOGICO DEL CAFÉ. La Importancia del Corte Selectivo del Café Cereza,» 2021. [En línea].
- [26] «JM. ESTRADA S.A.,» MÓDULO 2550, [En línea]. Available: <https://jmestrada.com/beneficio-humedo/modulos/becolsub/231-modulo-2500>. [Último acceso: 13 11 2021].
- [27] «AIREP - MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES,» [En línea]. Available: https://af017acc-dded-4486-ad72-5d0145437e8f.filesusr.com/ugd/273378_5728926e245d41fa9da2e572c166fb54.pdf. [Último acceso: 14 11 2021].
- [28] «WENYAO,» [En línea]. Available: <http://spanish.wenyacolorsorter.com/sale-13959568-portable-wenyao-color-sorter-colorful-plastic-color-sorter.html>. [Último acceso: 12 11 2021].
- [29] «MICROTECSD,» [En línea]. Available: <https://contacto3dtec.wixsite.com/microtecsd/single-post/2017/05/07/conversi%C3%B3n-de-anal%C3%B3gico-a-digital-con-librer%C3%ADa-adch-para-microcontrolador>. [Último acceso: 14 11 2011].

- [30] J. Giraldo y C. y. V. Z. Niño, Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia), Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), 2017.
- [31] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), «Guía técnica para el beneficiado del café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen,» p. 107, 2010.
- [32] O. Carlos y S. Juan, «Ingeniería y Café en Colombia,» *Revista de ingeniería*, n° 33, 2011.
- [33] S. Castillo, P. Caicedo y D. Sanchez, «Diseño e implementación de un software para la trazabilidad del proceso de beneficio del café,» *Scielo - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 23, n° 3, pp. 523-536, 2019.