



III CADI
IX CAEDI
2016



DISEÑO Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE GRANOS

Sampallo Guillermo Manuel, UTN - FRRe, gsampallo@gmail.com

Rodrigues Da Fonseca Claudio, UTN - FRRe, dafonseca@gmail.com

Aquino Dominga, UTN - FRRe, domyaquino@yahoo.com.ar

Liska Diego Orlando, UTN - FRRe, diegoorlandoliska@gmail.com

Cleva Mario Sergio, UTN - FRRe, clevamario@hotmail.com

Resumen— En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de una plataforma para analizar la calidad de granos. La plataforma está compuesta por dos componentes principales: un montaje electromecánico y un software. Ambos componentes trabajan en forma sincronizada. En la plataforma se distribuyen los granos sobre una cinta transportadora con un vertedor hasta completar la superficie de la banda superior de la misma, entonces la cinta se detiene y se registra una imagen color de la muestra de granos, este proceso se repite hasta completar la muestra contenida en el vertedor.

El montaje electromecánico consiste de un vertedor de granos calibrado, una cinta transportadora, un sistema de iluminación y una cámara digital, se emplea una placa Arduino para sincronizar los elementos del montaje.

El software permite controlar el funcionamiento de la plataforma y procesa las imágenes empleando técnicas de visión artificial, y un sistema experto identifica y evalúa las características que definen la calidad de los granos. El software se desarrolló en JAVA, permite flexibilidad en el montaje, es amigable y genera dos tipos de informes, uno de tipo individual por grano y otro global de la muestra.

Palabras clave— *plataforma, visión por computadora, granos, calidad.*

1. Introducción

Usualmente el análisis de los granos se hace por inspección visual de un operador experto. Debido a lo tedioso y repetitivo de la tarea, el operador tiene altas posibilidades de cometer errores de distintos tipos. La forma convencional de medir las longitudes que definen el tamaño del grano (largo y ancho) es utilizando un calibre. La medición se realiza grano por grano en una muestra representativa y, en general, no quedan registros individuales del proceso, es decir, a tal grano le corresponde estas medidas de largo y ancho. Para hacer una evaluación de los porcentajes de granos defectuosos, éstos son extraídos de una muestra de control en forma manual y comparados con los porcentajes máximos admitidos según la calidad.

La determinación de la forma, tamaño y aspecto se puede realizar empleando un sistema de visión artificial (SVA) que permite a través de un sistema experto clasificar en forma automática la calidad, en forma rápida y eficiente, evitando las subjetividades de un operador humano. Los sistemas de visión artificial actualmente se emplean en diferentes áreas. Básicamente están constituidos por una cámara, PC y un software que permite adquirir y procesar la imagen con el fin de obtener información de los objetos contenidos en ella.

La técnica de procesamiento digital de imágenes (PDI) es tratada en la bibliografía especializada [1], [2], [3] y [4]. Su aplicación al análisis y control de la calidad de alimentos está en crecimiento constante. El desarrollo de algoritmos que conducen a obtener descriptores característicos y a partir de ellos hacer una clasificación de la calidad es un tema de permanente estudio, revisión y aplicación en el área de alimentos agrícolas.

En el análisis de granos el uso de los SVA es frecuente para el caso de granos de arroz. Qing Yao, Jianhua Chen, Zexin Guan, Chengxiao Sun, Zhiwei Zhu [5], emplean una cámara CCD de resolución 1280 x 1021 pixel, lente (16mm, F1.4) y una disposición geométrica fija para analizar muestras de aproximadamente 50 granos de 21 variedades de arroz. Determinaron el alto y ancho promedio de cada muestra empleando el método de “mínimum enclosing rectangle”. Este método define una región rectangular que contiene a cada grano, con lo cual se pierde información del verdadero contorno del grano. También determinaron el porcentaje de granos yesosos, empleando la entropía máxima del histograma de nivel de gris de cada grano, pero no discriminaron entre granos panza blanca y yesoso. No hacen una integración de estos resultados para definir la calidad de los granos. Sampallo et al. [6] y [7] analizan la morfología de los granos de arroz empleando la firma de los contornos de los granos y presentan un esquema de control de calidad para granos de arroz pulidos.

En el mercado específico está disponible un analizador de arroz (S21) desarrollado por Suzuki [8] que vierte los granos sobre un plano inclinado y emplea SVA para analizar los granos de arroz.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma que realiza el control de calidad de varios tipos de granos empleando SVA. La plataforma está compuesta por un vertedor de granos, una cinta transportadora, un sistema de iluminación y una cámara digital. Todos estos elementos están sincronizados para permitir hacer registros sucesivos de imágenes de fracciones de una muestra de granos contenida inicialmente en el vertedor. Este conjunto de imágenes es el insumo de una aplicación que procesa las imágenes de los granos sobre la cinta y determina las características morfológicas de los granos. Con estas características se determina la calidad de la muestra.

2. Materiales y Métodos

La plataforma está compuesta por los siguientes componentes principales: montaje electromecánico, sistema de sincronización y Software de Procesamiento Digital de Imágenes (SPDI).

2.1 Montaje electromecánico.

El montaje electromecánico está compuesto por cuatro partes fundamentales: una cinta transportadora, un vertedor de granos, un sistema de iluminación y una cámara digital.

La cinta transportadora está soportada por una estructura metálica en la cual está fijo en un extremo un eje de 30 mm de diámetro. En el otro extremo hay un eje móvil de 25 mm de diámetro, lo que facilita el intercambio de la cinta. Como elemento de transporte se empleó

goma EVA de 3 mm espesor y como elemento motor se utilizó un motor paso a paso modelo pm551-048-hpb7. El eje motor es el eje fijo. La cinta tiene además dos interruptores de posición marca Saia modelo XCH9-81-S4.

El vertedor de granos se construyó en base a un validador de teléfono. Se agregó una rampa de carga y otra de descarga móviles, las cuales permiten el ajuste del ángulo que forman con el plano de la cinta. El accionamiento del vertedor se realiza a través de una bobina de núcleo móvil de 3.5 W. El vertedor se encuentra integrado a la estructura de la cinta transportadora a través de una plataforma regulable en altura. La capacidad del mismo es de 50 gramos.

Como sistema de iluminación se utiliza un tubo fluorescente circular de 23W, luz día, ubicado a una altura adecuada respecto del plano de la cinta.

Para la adquisición de la imagen se utiliza una cámara web Genius eFace 2025. La cámara está ubicada de modo que toda la superficie útil de la cinta quede expuesta.

Como fuente de alimentación del sistema se utiliza una fuente que entrega 24V 5A y 5 V 2A.

La vista del montaje puede verse en la Figura 1.

El esquema de conexión eléctrica de los diversos elementos se muestra en la Figura 2.

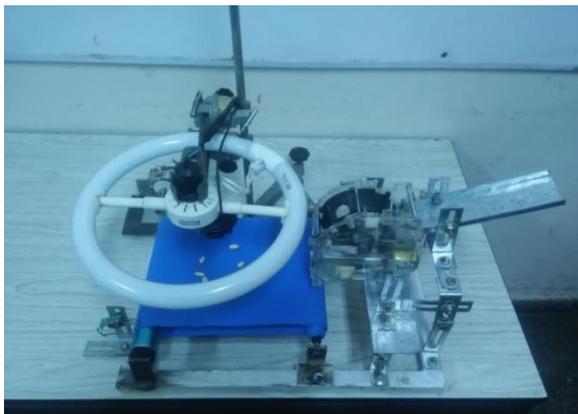


Figura 1. Montaje Electromecánico

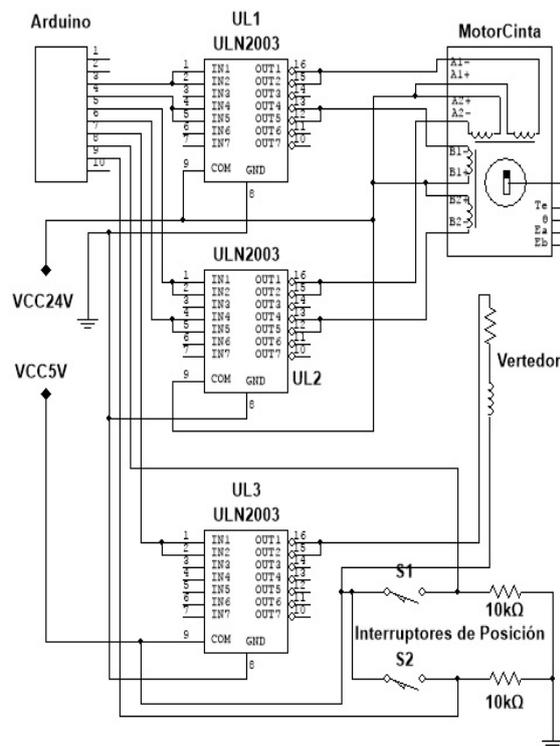


Figura 2. Esquema de Conexiones Eléctricas

2.2 Sistema de Sincronización.

El sistema de sincronización está compuesto por un módulo de control de componentes y un módulo de comunicación serial con el SPDI. Ver Figura 3.

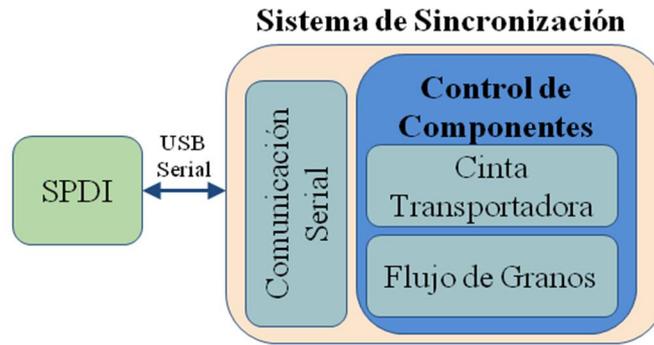


Figura 3. Módulos del Sistema de Sincronización

La sincronización se realiza por medio de un programa en lenguaje nativo que se ejecuta en una placa Arduino Mega 2560 [9].

2.2.1 Módulo de comunicación serial.

El módulo de comunicación serial se usa para lograr la integración entre el módulo de control de componentes y el SPDI. Emplea instrucciones nativas del Arduino para recibir y enviar señales, desde y hacia el SPDI.

En la Tabla 1 se detallan las señales de integración necesarias.

Tabla 1. Señales de Integración

Nombre	Función
Iniciar Ciclo	Es la orden que se recibe desde el SPDI para iniciar un ciclo de análisis.
Ciclo Completo	Es la señal que se envía al SPDI para indicar que la cinta ha realizado un ciclo completo y que se puede capturar la imagen.

2.2.2 Módulo de control de componentes.

El módulo de control de componentes tiene dos funciones principales: (a) el manejo de las piezas mecánicas para el movimiento de la cinta transportadora y, (b) el control del flujo de granos.

El programa maneja un motor paso a paso que mueve la cinta transportadora hasta recibir una señal digital, indicando que se avanzó la cinta hasta la posición deseada para obtener la imagen de los granos sobre ella.

El motor paso a paso está conectado al eje motor y se utiliza una secuencia del tipo medio paso para lograr mayor precisión [10]. La velocidad de la cinta transportadora está dada por el retardo entre los pasos de activación de las bobinas del motor.

El flujo de granos se controla a través del envío de una señal digital desde el Arduino al vertedor, el cual gira vertiendo los granos sobre la cinta transportadora en movimiento, hasta que se reciba otra señal digital indicando que se detenga.

2.2.3 Ciclo de análisis.

El ciclo de análisis se inicia cuando se recibe la orden desde el SPDI (señal Iniciar Ciclo) para que comience a desplazarse la cinta, luego cuando se recibe una señal digital del montaje electromecánico se activa el vertedor para que comience a distribuir los granos sobre la cinta transportadora. La cinta se desplaza con los granos hasta que se recibe otra señal digital del montaje electromecánico indicando que tanto la cinta como el vertedor de granos deben parar.

A continuación, el programa del Arduino debe enviar una señal al SPDI (señal Ciclo Completo), indicando que la cinta se encuentra en la posición deseada para que el SPDI capture la imagen. Este ciclo de análisis continúa mientras el SPDI envíe una señal de Iniciar Ciclo.

La secuencia de estados válidos que se tienen en cuenta en el sistema de sincronización son los que se muestran en la Figura 4.

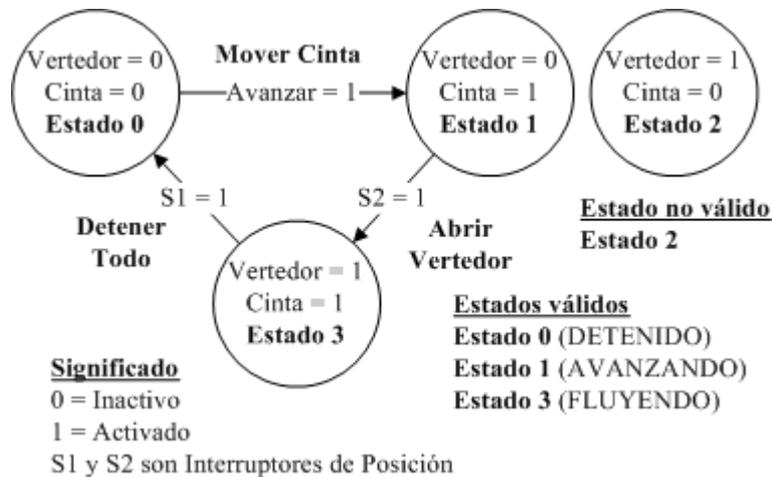


Figura 4. Secuencia de estados del sistema de sincronización.

2.3 Software de Procesamiento Digital de Imágenes.

Es una aplicación para PCx64 y su desarrollo está basado en la plataforma Java. Además se integran otros componentes a modo de librerías de terceros, las cuales se utilizan como están (“as is”) debido a que son reconocidas en la comunidad por su calidad y fiabilidad. A continuación se detallan las librerías en la Tabla 2.

Tabla 2. Librerías del SPDI

Nombre	Función en el Sistema
Open Source Computer Vision (OpenCV) versión 3.0 [12]	Captura las imágenes desde la cámara conectada a la computadora donde se ejecuta SPDI.
JFreeChart versión 1.0.19 [13]	Presentación gráfica de los datos para el usuario (Histogramas, tabular, en coordenadas cartesianas o polares, etc.)
Java Simple Serial Connector (JSSC) versión 2.7.0 [14]	Gestión de la comunicación serial para la transmisión de las señales entre el SPDI y el sistema de sincronización.

El SPDI es la parte del sistema que realiza el procesamiento de las imágenes de la muestra de granos. Su misión principal es la de generar informes sobre la calidad de la muestra de granos. Ha sido diseñado con tres módulos: (a) Interfaz Humano-Máquina, (b) Coordinación con el sistema de sincronización, y (c) Procesamiento de Imágenes. Ver Figura 5.

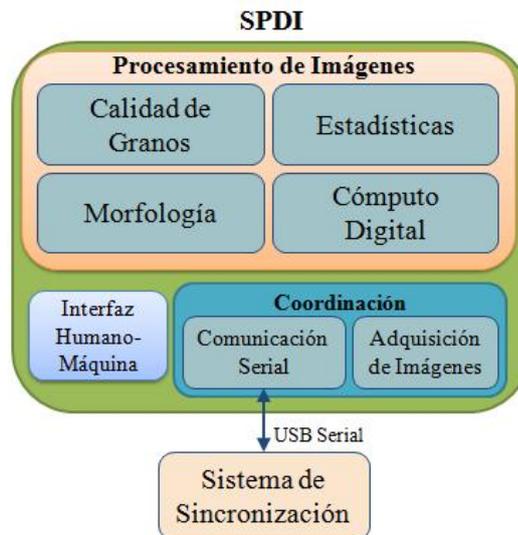


Figura 5. Módulos del SPDI

2.3.1 Interfaz Humano-Máquina

El SPDI está diseñado para que el operador utilice el software a través de pantallas interactivas. La Figura 6 muestra la pantalla principal del sistema con un menú para acceder a las operaciones que se pueden realizar sobre las imágenes de granos. Mediante la opción “Análisis de Muestra” el operador inicia el proceso de análisis de una muestra de granos (más detalles en sección 2.4).

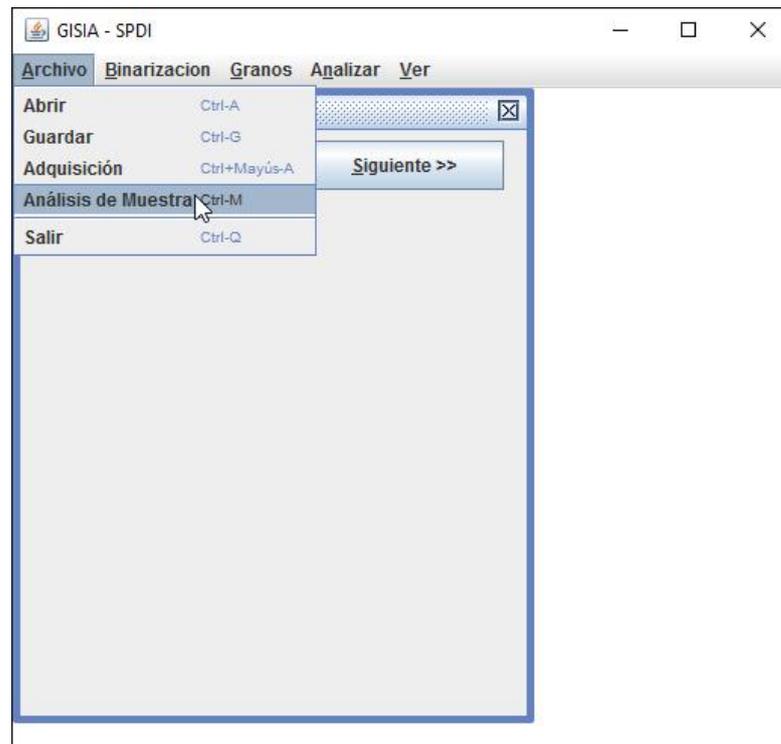


Figura 6. Interfaz Humano-Máquina

2.3.2 Coordinación con el sistema de sincronización

La coordinación con el sistema de sincronización se logra a través de un conjunto de funciones para integrar el montaje electromecánico con el procesamiento de las imágenes.

Estas funciones proveen los datos para visualizar en pantalla el estado del proceso de análisis y de los componentes, tales como la cámara y la placa Arduino. Ver Figura 11.

2.3.3 Procesamiento de Imágenes

El módulo procesamiento de imágenes incluye las funciones necesarias para analizar en detalle cada imagen capturada. La Figura 7 muestra la secuencia del proceso que se realiza cada vez que se recibe la señal Fin de Ciclo. Como última etapa se almacenan los resultados de la imagen. Estos resultados parciales son utilizados para generar el informe final una vez finalizado el análisis de la muestra.

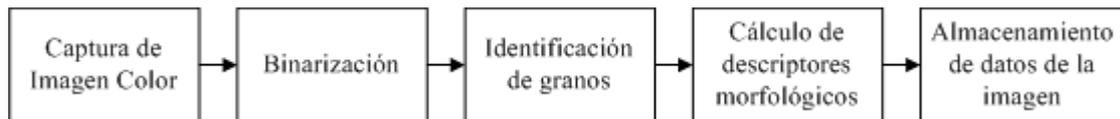


Figura 7. Secuencia de pasos para el procesamiento de las imágenes

2.4 Proceso de Análisis de la Muestra

En el diagrama de flujo de la Figura 8 se detalla la secuencia completa del proceso de análisis de la muestra.

- 1°. **Inicio:** el proceso se inicia cuando el usuario inicia la aplicación SPDI.
- 2°. **Selección del Tipo de Grano:** el usuario selecciona el tipo de grano que desea procesar. Esta selección determinará las condiciones físicas para el procesamiento adecuado de las imágenes. Ver Figura 9.
- 3°. **Acondicionamiento para el adecuado flujo de granos:** es una presentación por pantalla de las indicaciones, según el tipo de grano, para que el operador configure los elementos físicos, tales como la cinta, el vertedor, la iluminación y la cámara. Ver Figura 10.
- 4°. **Inicio del Proceso:** una vez que el operador da la orden de inicio del proceso (Ver Figura 11) se inicia una secuencia automática de:
Envío de la orden Iniciar Ciclo → Captura de la imagen → Procesamiento de Imágenes
- 5°. **Envío de la orden Iniciar Ciclo:** es la orden (señal) que se envía al sistema de sincronización para iniciar un ciclo de análisis de una muestra de granos. **Captura de la Imagen:** al recibir la señal Ciclo Completo, la cual indica que la cinta se encuentra en la posición deseada, se captura la imagen. Ver Figura 12.
- 6°. **Determinar fin de la muestra:** se analiza la imagen del ciclo actual buscando la presencia de granos. Si en la imagen hay granos presentes, se emite una señal para iniciar un nuevo ciclo en la cinta transportadora (5° paso) y se continúa con el 8° paso. En caso contrario, se realiza el 9° paso.
- 7°. **Procesamiento e informe del Ciclo de análisis:** Si la muestra no ha finalizado, se realiza el procesamiento detallado de la imagen capturada, se almacenan dichos resultados y se genera un informe de los granos analizados.
- 8°. **Procesamiento e informe Final de la Muestra:** si en el 7° paso no se encuentran granos en la imagen analizada, se realiza el procesamiento final de la muestra y se presenta por pantalla el informe final de la misma.

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran las pantallas del SPDI que dan soporte al proceso descripto anteriormente.

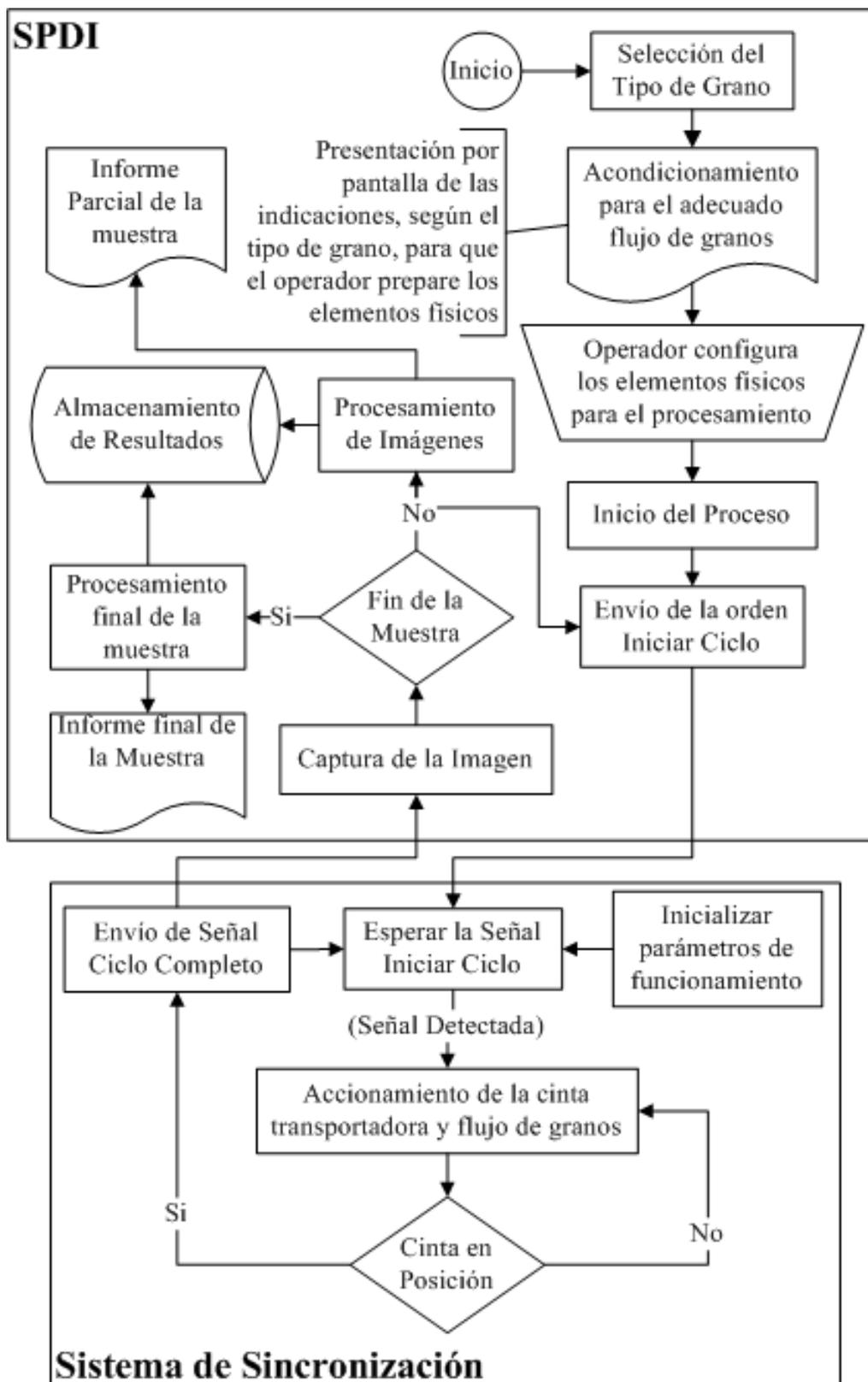


Figura 8. Proceso de Análisis de la Muestra

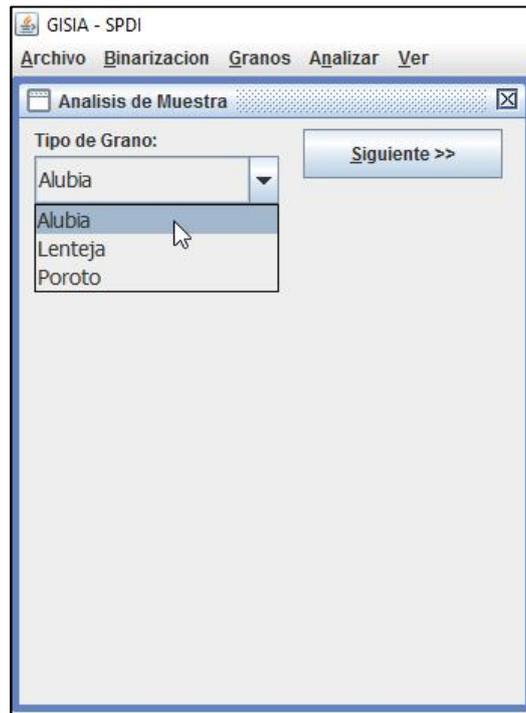


Figura 9. Selección del tipo de grano

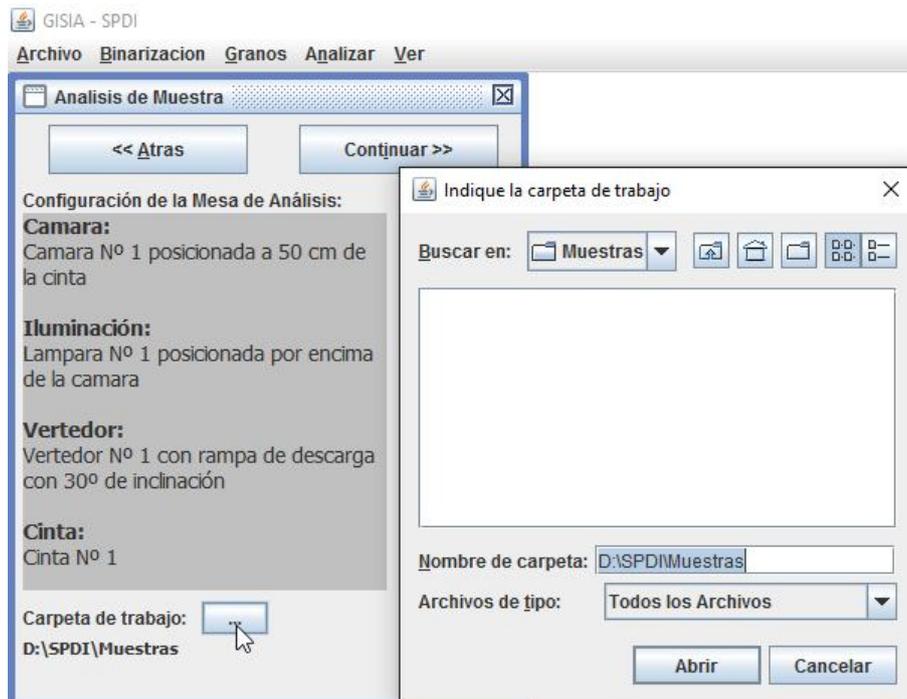


Figura 10. Configuración de los elementos físicos



Figura 11. Inicio del ciclo de análisis

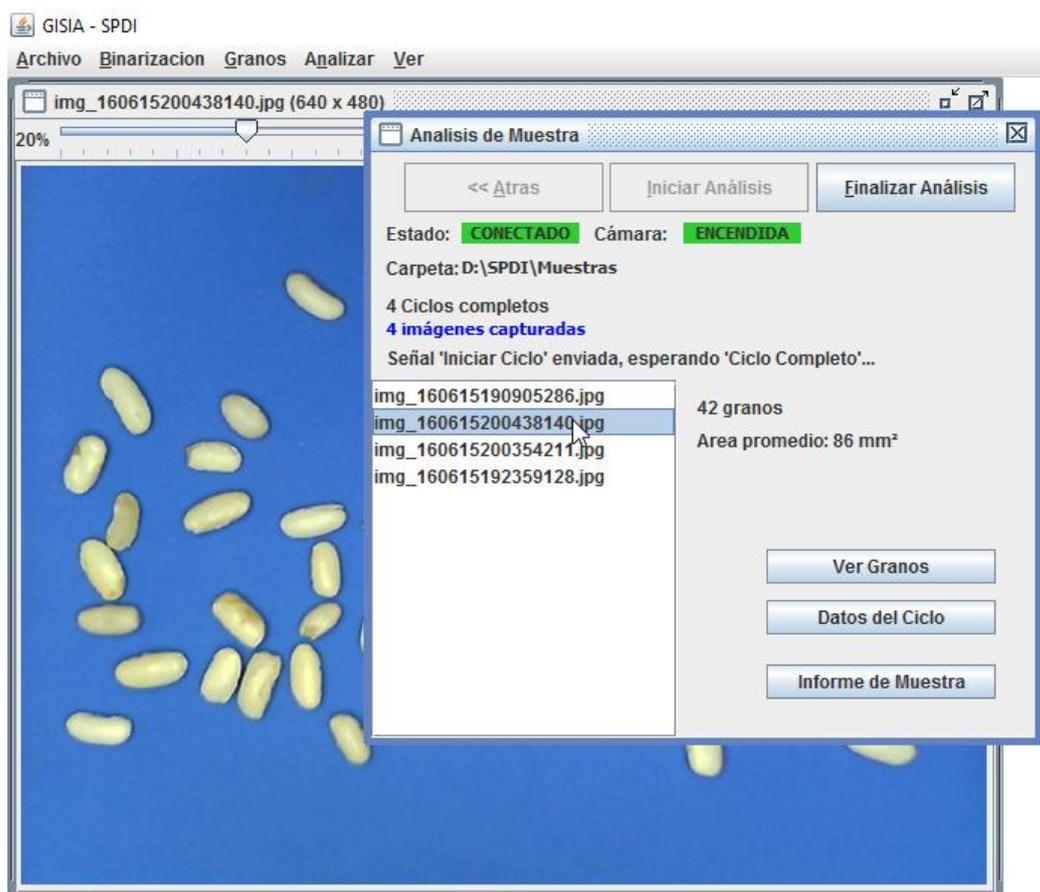


Figura 12. Resultados del ciclo de análisis

3. Resultados y Discusión

La Figura 13 muestra el informe final del análisis de una muestra. En dicho informe se presenta el total de granos y el promedio del tamaño de los granos analizados. Además, se puede apreciar la información estadística que se obtiene por cada ciclo de análisis.

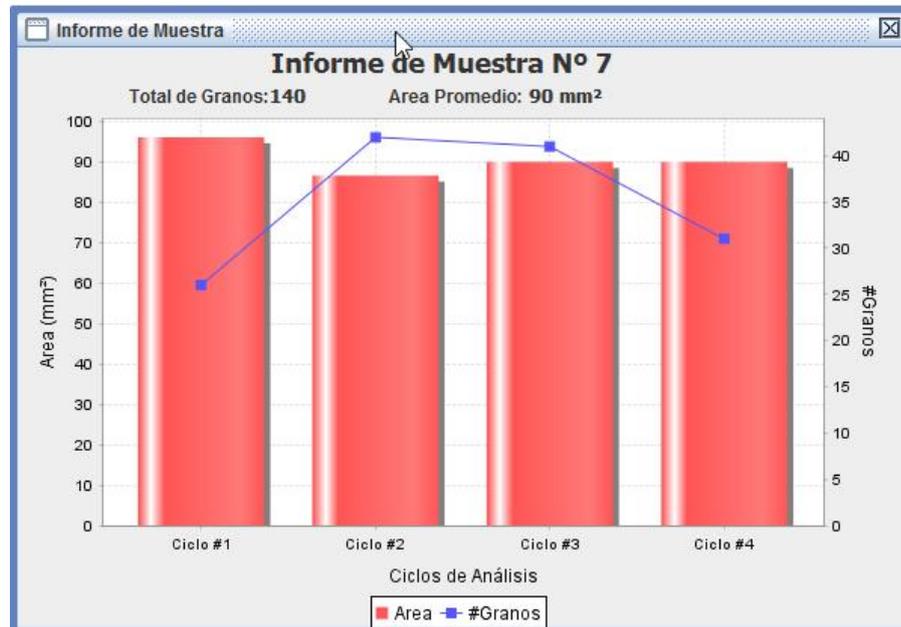


Figura 13. Informe de una muestra analizada

4. Conclusiones y recomendaciones

En la construcción del montaje electromecánico prototipo se utilizaron materiales reciclados de otros equipos. El uso de estos materiales permitió un montaje de bajo costo.

En el desarrollo del sistema de sincronización se utilizó una placa Arduino a fin de preservar el bajo costo de la implementación. El software del Arduino se realizó en open software.

Todo el desarrollo del SPDI se realizó en software libre al igual que las librerías utilizadas, esto permitió que el costo del proyecto sea reducido.

El SPDI realizó un análisis de muestras de grano de alubia obteniendo resultados satisfactorios. Queda pendiente la implementación y análisis de muestras de otros granos.

En el diseño del SPDI se consideró que el perfil del operador del sistema no era experto en sistemas informáticos, más bien un experto en granos por lo tanto su manejo es intuitivo y sencillo.

El sistema actualmente permite obtener información morfológica de muestras de granos a partir de un conjunto de imágenes, con la cual es posible generar un informe global de la muestra y otro particular de cada ciclo de análisis.

El desarrollo presenta los resultados sobre los granos de alubia, reconfigurando el hardware es factible extender a otros granos.

5. Referencias

[1] GONZÁLEZ, R. Y WOODS R. Tratamiento Digital de Imágenes. Prentice Hall. 3era edición (2007)

- [2] PARKER J.R. Practical Computer Vision. Editorial J. Wiley & Sons Inc (N.Y.- USA)1994
- [3] CASTLEMAN, K. Digital image processing. Ed Prentice Hall (1996).
- [4] DUDA, R., HART, P. Y STORK, D. Pattern Classification. 2ª ed. John - Wiley & Sons. (2001)
- [5] QING YAO, JIANHUA CHEN, ZEXIN GUAN, CHENGXIAO SUN, ZHIWEI Zhu. Inspection of rice appearance quality using machine vision. Intelligent Systems. GCIS'09. WRI Global Congresson (Volume:4). 19-21 May 2009.ISBN: 978-0-7695-3571-5
- [6] SAMPALLO GUILLERMO, GONZÁLEZ THOMAS ARTURO, ACOSTA CRISTIAN, CLEVA MARIO. Medida de las Característica morfológicas de granos de arroz empleando procesamiento de imágenes. La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - en el Nordeste Argentino – N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia. Editorial Edutecne ISBN N° 978-987-27897-0-1 (2011). http://www.edutecne.utn.edu.ar/investigacion_fr_res/investigacion_fr_res.html
- [7] SAMPALLO GUILLERMO, GONZÁLEZ THOMAS ARTURO, ACOSTA CRISTIAN, CLEVA MARIO Sistema de control de calidad de granos de arroz pulidos empleando visión por computadora. Pág. 326. XIV Workshop de Investigadores en Ciencia de la Computación 2012: WICC 2012. Compilado por Horacio Daniel Kuna. - 1a ed.- Posadas: Universidad Nacional de Misiones, E-Book. 30/03/2012. ISBN 978-950-766-082-5
- [8] <http://www.conarroz.com/pdf/10Herramientasdigitales.pdf> Consulta 6/06/2016
- [9] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560> Consulta 9/05/2016
- [10] <http://www.todorobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-a-paso-stepper-motors/> Consulta 22/05/2016
- [11] Java SE <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html> Consulta 3/05/2016
- [12] OpenCV <http://opencv.org/> Consulta 3/05/2016
- [13] JFreeChart <http://www.jfree.org/jfreechart/> Consulta 3/05/2016
- [14] JSSC <https://code.google.com/archive/p/java-simple-serial-connector/> Consulta 3/05/2016.