

# Detección y Control de Malezas a través de la Evaluación de Parámetros Normalizados

Marco Miretti<sup>†</sup>, Facundo Busano, Emanuel Bernardi, Gastón Peretti  
Grupo de Investigación y Desarrollo Electrónico (GIDE)  
Universidad Tecnológica Nacional,  
Facultad Regional San Francisco (UTN-FRSFCO)  
San Francisco, Córdoba, Argentina  
<sup>†</sup>marco.miretti@gmail.com

**Resumen**—Este trabajo presenta la mejora de un desarrollo previo, cuyo objetivo era la detección de malezas durante el período de barbecho, para la posterior aplicación selectiva de herbicidas. En este caso, con el mismo fin, se busca optimizar el método de detección basándose en la utilización de parámetros normalizados, tales como el *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada*. El cálculo de este tipo de índices precisa no solo de la adquisición de luz visible, sino también de bandas infrarrojas. Por tal motivo, se realizaron modificaciones en una cámara de bajo costo que permiten la recepción de las porciones necesarias del espectro electromagnético. Luego de la alteración del hardware se empleó la plataforma de desarrollo Raspberry pi 3 para realizar las tareas de procesamiento de imágenes. Las pruebas en laboratorio arrojan resultados prometedores, ya que no solo se mejoraron los tiempos de procesamiento previos, sino también se disminuyó la detección de falsos positivos.

**Keywords**—*Procesamiento de imágenes, NDVI, OpenCV, Raspberry Pi, vegetación, infrarrojo.*

## I. INTRODUCCIÓN

Tal como se explicó en trabajos previos [1, 2], es de vital importancia erradicar las malezas remanentes durante los períodos de barbecho, debido a que mejora la predisposición del suelo al posterior cultivo. Sin embargo, se hace necesario limitar la dosificación de herbicidas, ya que el impacto ambiental que esta tarea acarrea es notablemente adverso. Dadas estas condiciones, se requiere de la implementación de soluciones que permitan una dosificación inteligente y de bajo costo, para así reducir el impacto ambiental ocasionado por las tareas de limpieza de malezas en dichos períodos.

Previamente, se planteó como solución a este problema el análisis de los histogramas del matiz en el espacio de color HSV (Hue Saturation Value), obtenido a través de una cámara de bajo costo [1]. Si bien la precisión alcanzada en este enfoque es aceptable, la capacidad de procesamiento necesaria para la construcción de histogramas en cada cuadro de video resulta excesiva. Por tal motivo, se abordó el estudio de la optimización del método de captura de señales. En otras palabras, se analizaron distintas propuestas y entre las más interesantes se encuentran aquellas que emplean arreglos de sensores para longitudes de onda específicas reflejadas por la vegetación [3]. Su principal inconveniente radica en el costo, dado que los sensores son muy particulares.

Partiendo de aquel concepto se propuso la modificación de una cámara de bajo costo para obtener longitudes de onda

no contenidas en el espectro visible [4]. Dicha modificación permite acceder a características del espectro por demás útiles. Esto es, al estar disponible la banda del infrarrojo cercano, es posible calcular el *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada* (NDVI, por sus siglas en inglés), el cual, respecto a índices más complejos, tiene como ventajas la sencillez de cálculo y la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación. Este índice, permite conocer el contenido de clorofila en la vegetación, mediante la relación entre la reflexión del rojo (645-700 nm) y el infrarrojo cercano (800-850 nm). Esto se debe a que la energía de la primer banda es absorbida por las cubiertas de vegetación saludable, mientras que la banda infrarroja es reflejada casi en su totalidad.

Actualmente existen trabajos con soluciones similares en diferentes aplicaciones [5, 6], y aquellos que aplican estos métodos a imágenes satelitales multispectrales [7].

Es de destacar que el presente trabajo forma parte de un desarrollo de mayor envergadura, el cual propone montar el sistema de detección planteado en una dosificadora autopropulsada encargada de controlar las válvulas de dosificación de herbicidas en forma automática y optimizada [2].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

En la Fig. 1 se observa la interconexión planteada en el sistema de dosificación propuesto. A modo de resumen se inicia la recepción de imágenes a través de una cámara, previamente modificada para percibir longitudes de onda de luz visible e infrarrojas, que se conecta a la plataforma de desarrollo *Raspberry Pi 3*, mediante USB (Universal Serial Bus), luego a través de las GPIO (General Purpose Input/Output) se comanda una interfaz de control encargada de accionar las válvulas en breves instantes de tiempo empleando señales PWM (Pulse Width Modulation) [8].

### II-A. Elección de la cámara

Un aspecto fundamental al momento de seleccionar la cámara a utilizar, es la posibilidad de remover el filtro de la banda *Infrarrojo Cercano* (NIR, por sus siglas en inglés), integrado en la misma. Por tal motivo, la cámara Genius Facecam 2020, utilizada en trabajos anteriores [1], fue descartada. Esto se debe, a que el filtro correspondiente se encuentra acoplado a la máscara de Bayer y al sensor CMOS de la cámara, imposibilitando su extracción.

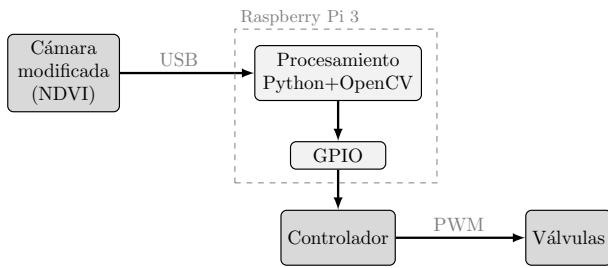


Figura 1: Diagrama general del sistema

La modificación fue factible en una cámara genérica de baja calidad, que, tal como se muestra en la Fig. 2, posee el teleobjetivo separado del sensor CMOS de la cámara. Como consecuencia, el filtro NIR, ubicado en dicho teleobjetivo, fue extraído y reemplazado por un filtro de color, adecuadamente seleccionado.

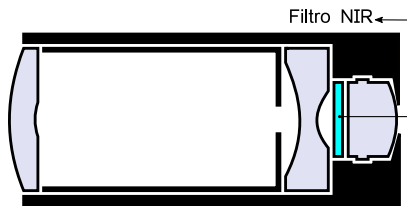


Figura 2: Teleobjetivo de la cámara sin modificar

### II-B. Elección de la plataforma de desarrollo

Otro de los puntos a tener en cuenta para abordar el desarrollo del sistema planteado, fue la elección de la plataforma de trabajo. Para ello, se contempló el inconveniente de que la cámara genérica seleccionada, no posee soporte del controlador *uvcvideo* [9], presente en la distribución *GNU/Linux Yocto* [10], empleada en el desarrollo previo. Y por lo tanto, se recurrió a otra distribución *GNU/Linux*, basada en *Debian*, que incluye librerías de video compatibles con la misma.

En consecuencia, se utilizó la plataforma de desarrollo *Raspberry Pi 3* (Fig. 3), que contiene pre-instalada la distribución *Debian*, *Raspbian*.

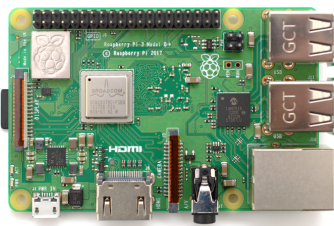


Figura 3: Plataforma *Raspberry Pi 3*. De: Wikimedia [11]

### II-C. Herramientas de desarrollo de software

Para el desarrollo del algoritmo de detección de malezas, a través del procesamiento de imágenes, se utilizaron las librerías

abiertas de visión computarizada *OpenCV* [12], incorporadas al lenguaje de programación *Python*. Además, también fue necesaria la inclusión del paquete *uvcdynctrl*, que nos permite modificar los parámetros de la cámara tales como luminosidad, balance de blancos, saturación, etc. Es de destacar que las configuraciones externas, necesarias para el correcto funcionamiento del dispositivo de captura, también fueron realizadas desde el lenguaje *Python*, manteniendo así la homogeneidad del algoritmo desarrollado.

## III. VISIÓN ARTIFICIAL

### III-A. Índice de diferencia normalizada

Tal como previamente hemos comentado, el aspecto fundamental del presente trabajo consiste en la utilización del NDVI para detectar la presencia de malezas en barbecho. Por lo tanto, resulta importante conocer su composición, cómputo y aplicación.

La vegetación saludable, durante el proceso de fotosíntesis, absorbe energía principalmente de la porción visible del espectro electromagnético [13]. Debido a esto, las longitudes de onda entre los 400 nm y los 700 nm son mayormente absorbidas, aunque en menor medida aquellas cercanas a los 500 nm. Por otro lado, es importante destacar que más allá del espectro visible, la porción del espectro correspondiente al infrarrojo cercano (700 nm - 800 nm) sufrirá una fuerte reflexión al toparse con una capa de vegetación con alto contenido de clorofila, es decir, vegetación saludable.

A partir de este análisis es posible deducir que; un alto valor reflejado de NIR combinado con un bajo valor reflejado de, por ejemplo, rojo indica la presencia de una cubierta de vegetación saludable. Expresando esta apreciación en forma matemática tenemos,

$$NDVI = \frac{NIR - Rojo}{NIR + Rojo} \quad (1)$$

Donde NIR y Rojo son las porciones del espectro reflejado en infrarrojo cercano y rojo, respectivamente. Los valores de NDVI cercanos a 1 representan la presencia de vegetación saludable, en cambio cuando éstos son próximos a 0 se está frente a vegetación en malas condiciones o muerta, y hacia -1 se trata de tierra, o incluso cuerpos de agua.

### III-B. Modificación de la cámara

Antes de iniciar la modificación propuesta en § II-A, se caracterizó la respuesta de la cámara, cuyos resultados se observan en la Fig. 4. Además, tal como se muestra en la Fig. 5, se caracterizaron múltiples filtros. Entonces, se procedió a eliminar el filtro NIR y colocar un filtro amarillo (LEE 101) en su lugar, como se indica en la Fig. 6. Dicha alteración se realizó con el fin de poder operar los canales restantes y así obtener a través de una simple operación los valores de NDVI por píxel en cada cuadro procesado. Por último, en la Fig. 7, se observa la cámara de bajo costo utilizada en el desarrollo.

A partir del cambio de filtro propuesto, y mediante (2) [4], se obtiene el valor del NDVI:

$$NDVI = \frac{R - 2B}{R} \quad (2)$$

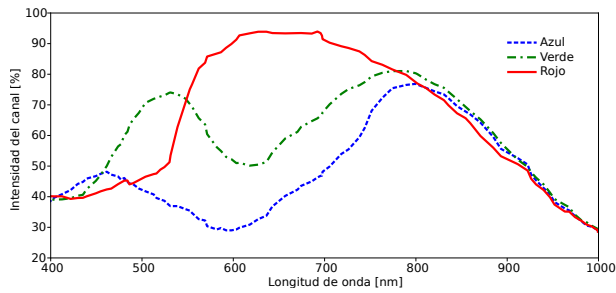


Figura 4: Caracterización de la cámara

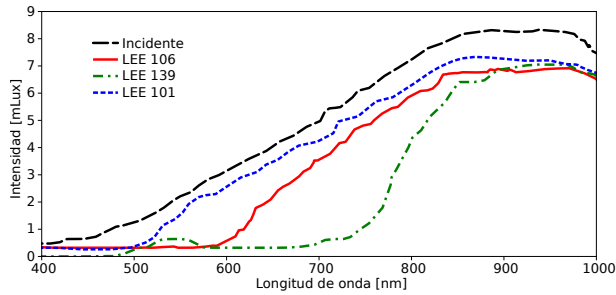


Figura 5: Caracterización de los filtros

En donde R representa el canal rojo de la cámara, que debido al cambio de filtro contiene longitudes de onda de las bandas roja e infrarrojo cercano. Por otra parte B representa al canal azul, el cual contiene únicamente longitudes de onda del infrarrojo cercano, ya que la inclusión del nuevo filtro (LEE 101) ha eliminado la banda azul por completo. Esto es,

$$R = R + NIR; \quad B = NIR \quad (3)$$

De este modo, reemplazando (3) en (2) se obtiene (1), comprobando así que el cálculo del NDVI es correcto.

### III-C. Detección de Malezas

Una vez obtenida la máscara de valores NDVI por píxel, se colocó un límite de decisión para discernir si las señales obtenidas corresponden, o no, a la maleza. Dicho límite se corresponde con un parámetro variable, permitiendo así ajustar la sensibilidad de detección, y de este modo encontrar una solución de compromiso en la detección de falsos positivos.

### III-D. Transformaciones espaciales

La cámara empleada en la adquisición de imágenes se encuentra montada en un dispositivo, que además de absorber las vibraciones que dicha actividad implica, la posiciona con un ángulo de 45° por debajo de la horizontal. Esta inclinación a sido adoptada para obtener imágenes amplias que nos permitan compensar los tiempos de procesamiento. Desafortunadamente dicha inclinación provoca una deformación en la imagen proyectada, como se muestra en la Fig. 8. Como consecuencia, fue necesario realizar una transformación espacial para corregirla.

Los parámetros a tener en cuenta para realizar dicha transformación son: la distancia al suelo (h), el ángulo respecto de la horizontal y la apertura de la cámara (horizontal y vertical).

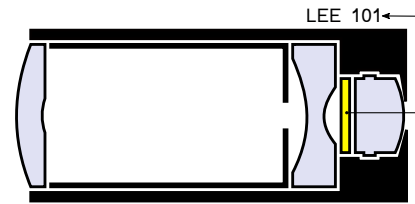


Figura 6: Objetivo de la cámara con filtro LEE 101



Figura 7: Cámara de bajo costo

Es importante destacar, que la apertura del lente se consideró constante y su valor se estimó en el laboratorio contrastando mediciones en múltiples imágenes adquiridas por la cámara. Además, vale aclarar que la transformación de coordenadas se realiza únicamente sobre la máscara binaria.

Por último, debido a que la cantidad de válvulas a manipular en la dosificación de herbicidas es significativamente menor a la resolución de la imagen, un cambio de resolución en la imagen binaria, mediante una interpolación de área, resulta aceptable. Este cambio, nos permite reducir considerablemente los tiempos de cómputo empleados en la implementación de la transformación espacial. De este modo, y sin pérdida de precisión, cada válvula recibirá una señal de activación conforme a la proporción de maleza en su zona de actuación.

## IV. RESULTADOS

Luego de implementar el algoritmo encargado del cómputo del NDVI a través de (2), y empleando como entrada de información la cámara web modificada de acuerdo a la propuesta hecha en § III-B, se obtuvieron muestras para evaluar la capacidad de detección de malezas. En la Fig. 9 se observan los resultados correspondientes.

De este modo, como se muestra en la Fig. 9, la implementación de las técnicas propuestas distingue correctamente entre el contenido de vegetación y el contenido de tierra. Es importante notar que, como se observa en la Fig. 9b y consecuentemente en la Fig. 9c, se aprecia una leve saturación en la zona de detección de vegetación. Esto se debe, presumiblemente, a que la cámara utilizada carece, entre otras, de un control de ganancia. Por otro lado, y para evidenciar las mejoras alcanzadas en el nuevo enfoque, la Fig. 10 muestra la caracterización a partir de la técnica desarrollada en el trabajo previo [1].

Por último y no por eso menos importante, se destaca una considerable mejora en los tiempos de procesamiento. Los cuales se han reducido en promedio un 30% respecto

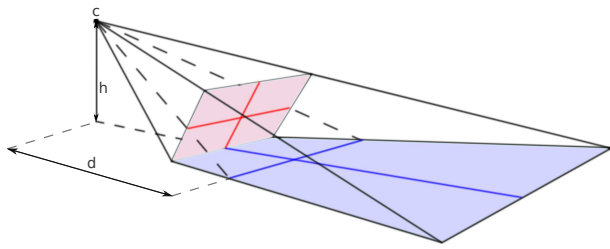
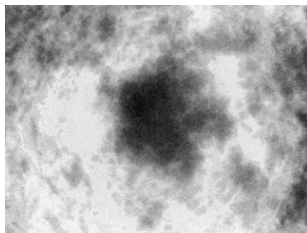


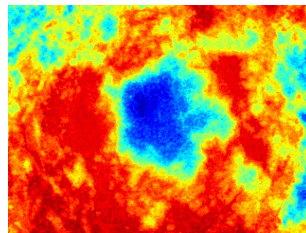
Figura 8: Efecto provocado debido al ángulo de la cámara



(a) Color real



(b) Máscara de valores



(c) Máscara de falso color

Figura 9: Resultado de la detección en base al NDVI

del desarrollo previo. Lo cual mejora considerablemente la factibilidad de implementación en línea de la técnica propuesta.

## V. CONCLUSIÓN

La omisión del análisis estadístico en la caracterización de la maleza sobre barbecho, manifiesta una satisfactoria optimización en la búsqueda de la detección en línea. Si bien la implementación propuesta presenta ciertos inconvenientes, como los mencionados en § IV, los mismos no revisten importancia en los ámbitos de aplicación del proyecto.

En cuanto a las posibilidades de mejora, si se desea realizar un análisis cualitativo de la vegetación o discernir entre vegetación saludable y enferma, se deberá incrementar la calidad de las mediciones involucradas en el cómputo del NDVI. Otra de las propuestas de mejora de alto impacto y moderado costo, es la utilización de una cámara con mayor definición y parámetros controlables (ganancia y luz de fondo).

Finalmente, se destacan mejoras en la adquisición y cómputo de datos referidas a la utilización de la nueva plataforma de desarrollo, la cual ofrece prestaciones considerablemente superiores que se evidencian en una notable evolución en la capacidad de procesamiento.



Figura 10: Resultado obtenido trabajo previo [1]

## REFERENCIAS

- [1] Marco Miretti y col. «Visión Artificial Aplicada al Control de Malezas en Tiempo Real». En: *VIII Congreso de Microelectrónica Aplicada* (oct. de 2017).
- [2] Marcelo Costamagna y col. «Detección en Tiempo Real de Malezas a través de Técnicas de Visión Artificial». En: *Workshop de Investigadores en Ciencia de la Computación (WICC) 2017* (abr. de 2017), págs. 889-893.
- [3] Rainer H Biller. «Reduced input of herbicides by use of optoelectronic sensors». En: *Journal of Agricultural Engineering Research* 71.4 (1998), págs. 357-362.
- [4] Facundo Busano y col. «Aplicación del Procesamiento de Imágenes en la Caracterización y Clasificación de Áreas Agrícolas». En: *VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología para Alumnos (CyTAL)* (ago. de 2018).
- [5] Volker Dworak y col. «Strategy for the development of a smart NDVI camera system for outdoor plant detection and agricultural embedded systems». En: *Sensors* 13.2 (2013), págs. 1523-1538.
- [6] Andrew D Richardson y col. «Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest». En: *Oecologia* 152.2 (2007), págs. 323-334.
- [7] Sanjay K Jain y col. «Flood inundation mapping using NOAA AVHRR data». En: *Water Resources Management* 20.6 (2006), págs. 949-959.
- [8] Gastón Peretti, Marco Miretti y Hugo Pipino. «Sistema de interfaz para reducir tiempos de conmutación de electroválvulas». En: *VIII Congreso de Microelectrónica Aplicada* (oct. de 2017).
- [9] Ideasonboard. *Linux UVC driver and tools*. URL: <http://www.ideasonboard.org/uvcl>.
- [10] A Linux Foundation Collaborative Project. Yocto Project. *About*. 2016. URL: <https://www.yoctoproject.org/about>.
- [11] Gareth Halfacree. *Raspberry Pi 3 B+*. 2018. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#/media/File:Raspberry\\_Pi\\_3\\_B%2B\\_\(39906369025\).png](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#/media/File:Raspberry_Pi_3_B%2B_(39906369025).png).
- [12] OpenCV Team. *Open Source Computer Vision Library*. 2017. URL: <http://opencv.org/>.
- [13] David M Gates y col. *Biophysical ecology*. Springer, New York, 1980.