

# **SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES DE RAÍZ Y HOJA DE LECHUGA AEROPÓNICA EN INVERNADERO**

*ACQUISITION SYSTEM OF MULTISPECTRAL IMAGES OF LEAF  
AND ROOT OF AEROPONIC LETTUCES INSIDE A GREENHOUSE*

***Cristal Yoselin Moreno Aguilera***

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México  
*16030338@itcelaya.edu.mx*

***Coral Martínez Nolasco***

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México  
*coral.martinez@itcelaya.edu.mx*

***José Alfredo Padilla Medina***

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México  
*alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx*

***Juan José Martínez Nolasco***

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México  
*juan.martinez@itcelaya.edu.mx*

**Recepción:** 28/septiembre/2021

**Aceptación:** 30/noviembre/2021

## **Resumen**

La finalidad de este trabajo es diseñar y construir un sistema de adquisición para capturar imágenes en el visible, en infrarrojo cercano e imágenes térmicas capaz monitorear la hoja y la raíz de lechugas aeropónicas. Se presenta un prototipo final diseñado para funcionar dentro de un invernadero tomando en cuenta las variables ambientales que podrían ser perjudiciales para el sistema como son: temperatura, humedad e iluminación. Además, se agregó una fuente de iluminación interna para mejorar el contraste en las imágenes capturadas en el infrarrojo cercano. Los resultados obtenidos muestran que las imágenes capturadas tienen la calidad adecuada para en un futuro poder obtener las características de crecimiento de la planta de lechuga.

**Palabras Clave:** Aeroponía, Campo de visión, Infrarrojo, raíz, hoja.

## **Abstract**

*The purpose of this work is to design and build an acquisition system to capture images in the visible, near infrared and thermal images capable of monitoring the leaf and root of aeroponic lettuces. A final prototype designed to operate inside a greenhouse, considering the environmental variables that could be detrimental to the system, such as: temperature, humidity and lighting. In addition, an internal light source was added to improve contrast in images captured in the near infrared. The obtained results show that the captured images have the appropriate quality to be able to obtain the growth characteristics of the lettuce plant in the future.*

**Keywords:** *Aeroponics, Field of view, Infrared, root, leaf.*

## **1. Introducción**

La aeroponía es una tecnología de cultivo sin suelo relativamente nueva que puede producir alimentos en ciudades con espacio limitado o en tierras no cultivables con alta eficiencia en el uso del agua. Los sistemas aeropónicos pueden ser mejores para la producción de cultivos de raíces reales de alto valor [[Li et al. 2018].

La detección temprana del estrés en las plantas de cultivo es muy relevante, pero difícil de lograr. El estrés de toda una planta se detecta mediante los niveles de respuesta al estrés a escala de píxeles [Behmann et al. 2014]. Las imágenes hiperespectrales y multispectrales se están volviendo cada vez más importantes para las pruebas rápidas y no destructivas [Kalkan et al. 2011].

La visión por computadora es una tecnología novedosa para adquirir y analizar una imagen de una escena real por computadoras para controlar máquinas o procesarla. Incluye la captura, procesamiento y análisis de imágenes para facilitar la evaluación objetiva y no destructiva de las características de calidad visual de los productos agrícolas y alimentarios [Mahendran R 2012].

La finalidad del presente trabajo es el diseño y construcción de un prototipo eficiente para la adquisición de imágenes multispectrales [Yang et al. 2014] de raíz y hoja de lechuga de un cultivo aeropónico automatizado que permitirá inspeccionar el crecimiento de plantas de invernadero.

## 2. Métodos

En esta sección se presenta el conjunto de elementos considerados para diseñar y construir un sistema de adquisición de imágenes que permita capturar imágenes visibles [jaobo et al. 2010], térmicas [Urrestarazu 2013] y en el infrarrojo cercano [Rong et al. 2020] de la raíz y hoja de 30 lechugas aeropónicas.

### Diseño del sistema de adquisición de imágenes




Como parte de un proyecto de investigación se requiere capturar el crecimiento de la hoja y la raíz de lechuga en aeroponía. Para iniciar el diseño se tomaron en cuenta las dimensiones máximas de la planta, ver tabla 1.

Tabla 1 Dimensiones de lechuga aeropónica.

Parte de la planta	Parámetros	Medida
Hoja	Alto	46.50 cm
	Ancho	39.03 cm
Raíz	Largo	54 cm
	Ancho	12 cm

El hardware del sistema consta de 3 cámaras, se requiere considerar las características de cada una de las cámaras (Tabla 2) y realizar cálculos para obtener el campo de visión y las medidas de la estructura del sistema. Las partes de la planta que se captura con cada cámara se muestran en la figura 1.

Tabla 2 Hardware del sistema de visión.

No.	Espectro	Modelo	Descripción	Cámara
1	Infrarrojo lejano (IR)	FLIR E4	Rango espectral 7.5 - 13µm, sensibilidad térmica: 0.1° C at 25° C, resolución IR 160 × 120 <u>pixels</u> , resolución Visible 320 x 240 píxel, precisión ±2 °C (±3,6 °F), resolución en Bits: 8 bits por niveles, 30 fps.	
2	Infrarrojo cercano (NIR)	Bigeye G-132B NIR Cool	Rango espectral 350 nm a 1000 nm, 1280 x 1024 píxeles, Sensor Sony ICX285, Dimensión del <u>pixel</u> : 6.45 µm, Resolución en Bits: 8 bit, 12.5 fps.	
3	Visible (VIS)	Go Pro-Hero 4	Lente angular de 155°, resolución 1080p a 60 fps y de 720p a 120 fps.	

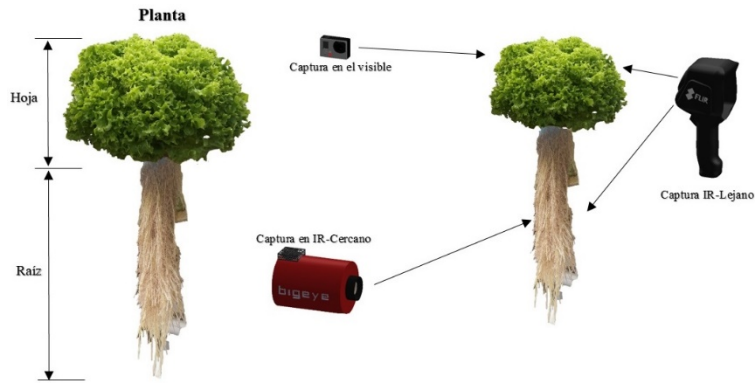


Figura 1 Partes de la planta capturados por cámara.

### Campo de visión

Las características de la raíz se obtienen de imágenes capturadas con la cámara de infrarrojo cercano, se analizó el campo de visión con la finalidad de tener una imagen nítida que permita un buen procesamiento, utilizando la ecuación 1 [Mahendran R 2012], donde  $d$  es la dimensión del sensor en el eje sobre el que vamos a operar y  $f$  la distancia focal de nuestra óptica. La cámara que se utilizó tiene un sensor Full Frame el cual para aproximadamente 600 mm tiene un ángulo de  $4^\circ$ .

$$FOV = 2 * \arctan \frac{d}{2f} \quad (1)$$

El análisis indica que la cámara se debe colocar a una distancia de 0.632 m (Figura 2) y tiene un campo de visión de 43.6 cm de ancho y 29.0 cm de alto. Después de capturar las imágenes de prueba se llegó a la conclusión que a una distancia mayor la cámara pierde resolución y por ende la calidad de imagen.

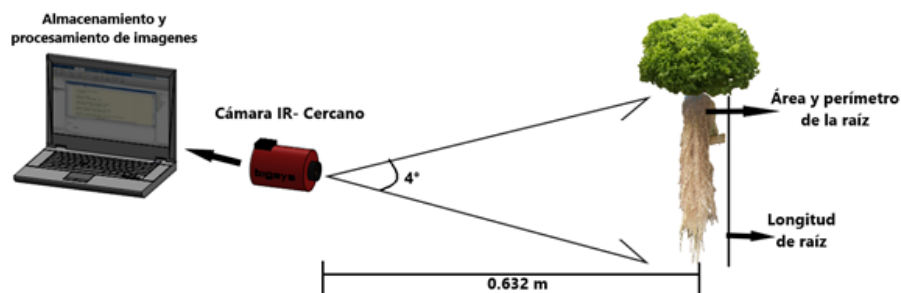


Figura 2 Campo de visión de la cámara Bigeye G-132 NIR Cool.

La base para posicionar cámara térmica FLIR E4 y realizar las capturas de las hojas de la planta desde la parte superior se propone a 59.3 cm, la cámara tiene un campo de visión de  $45^\circ \times 34^\circ$  con una distancia focal mínima de 0.5 m. Las imágenes en el visible se capturan con la cámara Go Pro-Hero 4 que se propone instalar en la misma base de la cámara térmica.

### Estructura del sistema

El modelado del sistema se realizó en el software SolidWorks, se modelaron cada una de las cámaras asignadas y componentes para tener una mejor visualización del prototipo. La construcción del sistema se realizó con base en el modelo de SolidWorks, ver figura 3.

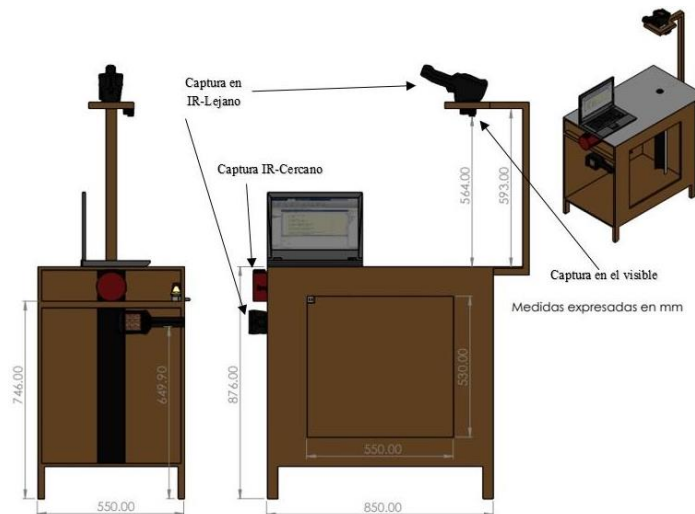


Figura 3 Modelo del sistema de visión.

Se optó por utilizar MDF de 3mm de espesor por la facilidad de manejo del material. Se construyó el primer prototipo (Figura 4), se realizaron pruebas de captura utilizando las 3 cámara y se observó que para la cámara NIR era necesario hacer ajustes en la iluminación, por lo que se optó por abrir una ventana de 55 cm x 53 cm en la parte lateral de la estructura y se instaló como fuente de iluminación interna una lámpara de luz blanca de 7.5 W. Además, que la raíz es de color blanco y al capturar la imagen se perdía con el fonde del MDF por lo que la parte interna de la estructura se pintó de color negro y la parte externa blanco.



Figura 4 Prototipo del sistema de adquisición de imágenes.

Una variable importante en el sistema de captura es la iluminación [Villaseñor Aguilar et al. 2019] externa debido a que se encuentra ubicado dentro del invernadero, por lo que las capturas se deben realizar siempre a la misma hora para evitar grandes cambios en las imágenes.

### 3. Resultados

El diseño final del sistema de adquisición de imágenes se logró después de realizar 3 experimentos de cultivo de lechuga y capturar aproximadamente 5400 imágenes de los 3 espectros. Conforme se realizaba la captura de las imágenes se analizaron y se realizaron las mejoras en el sistema, ver figura 5.



Figura 5 Modelado del prototipo final.

Las imágenes obtenidas con el sistema de adquisición tienen las características y la calidad adecuada para realizar el procesamiento de cada uno de los espectros, ver figura 6.

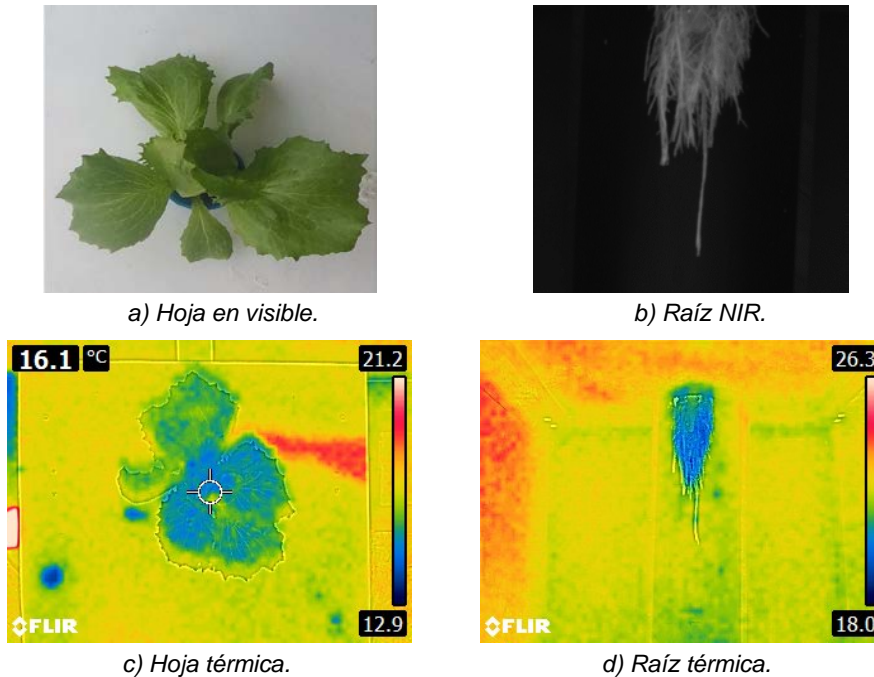


Figura 6 Imágenes capturadas.

#### 4. Conclusiones

El diseño y construcción del presente prototipo facilita la adquisición de imágenes multiespectrales de un cultivo de lechugas aeropónicas. Cuando se trabaja con la adquisición de imágenes es importante establecer un protocolo de captura que facilite el posterior procesamiento de las imágenes, si una imagen no está bien tomada o contrastada en el momento de procesar el trabajo será mayor y no permitirá tener un sistema de procesamiento automático.

#### 5. Bibliografía y Referencias

- [1] J. Behmann, J. Steinrücken, and L. Plümer, "Detection of early plant stress responses in hyperspectral images," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 93, pp. 98–111, 2014, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2014.03.016.

- [2] Q. Li, X. Li, B. Tang, and M. Gu, "Growth responses and root characteristics of lettuce grown in Aeroponics, Hydroponics, and Substrate Culture," *Horticulturae*, vol. 4, no. 4, Dec. 2018, doi: 10.3390/horticulturae4040035.
- [3] H. Kalkan, P. Beriat, Y. Yardimci, and T. C. Pearson, "Detection of contaminated hazelnuts and ground red chili pepper flakes by multispectral imaging," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 77, no. 1, pp. 28–34, Jun. 2011, doi: 10.1016/j.compag.2011.03.005.
- [4] Mahendran R, "Application of Computer Vision Technique on Sorting and Grading of Fruits and Vegetables," 2012, doi: 10.4172/2157-7110.S1-001.
- [5] C. C. Yang et al., "Development of multispectral imaging algorithm for detection of frass on mature red tomatoes," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 93, pp. 1–8, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.postharvbio.2014.01.022.
- [6] Z. Xiaobo et al., "Independent component analysis in information extraction from visible/near-infrared hyperspectral imaging data of cucumber leaves," *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 104, no. 2, pp. 265–270, Dec. 2010, doi: 10.1016/j.chemolab.2010.08.019.
- [7] M. Urrestarazu, "Infrared thermography used to diagnose the effects of salinity in a soilless culture," *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2013, doi: 10.1080/17686733.2013.763471.
- [8] D. Rong, H. Wang, Y. Ying, Z. Zhang, and Y. Zhang, "Peach variety detection using VIS-NIR spectroscopy and deep learning," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 175, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105553.
- [9] M. Jesús Villaseñor Aguilar and J. Alfredo Padilla-Medina, "Sistema De Iluminación Y Aislamiento Para Adquisición Imágenes de Control de Calidad del Jitomate Lighting And Insulation System For Acquisition Quality Control Images Of The Tomat... Sheet metal forming measurement using computer vision techniques View project.": <https://www.researchgate.net/publication/338527708>.