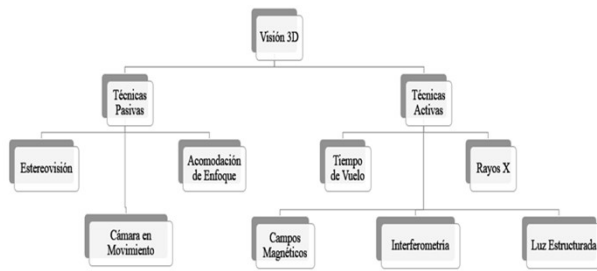
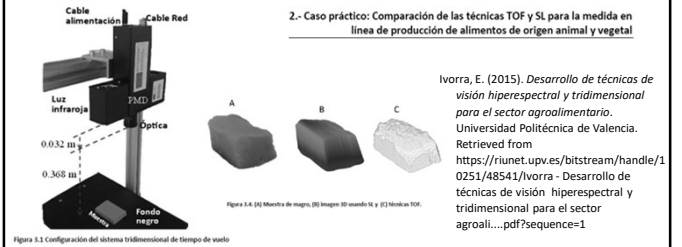


Visión 3D

Tiempo de Vuelo

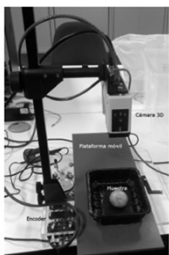


Interferometría

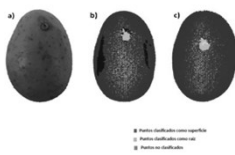
Los sensores interferómetros funcionan emitiendo señales electromagnéticas de una o más longitudes de onda sobre una superficie y lo comparan con un patrón de referencia extrayendo la información 3D de las diferencias respecto a éste. Normalmente utilizan más de un tipo de longitud de onda y usan una combinación de todas ellas para obtener mejor resolución. El principal uso es medir las variaciones en superficies para un control preciso de calidad de superficies o para obtener imágenes con mucha resolución en astronomía. Los mayores inconvenientes que tiene es que solo sirven para medir superficies prácticamente planas, que son caros y que no se suelen utilizar en el rango del espectro visible debido a la mayor complejidad mecánica que implica trabajar con longitudes de onda cortas.

Ivorra, E. (2015). *Desarrollo de técnicas de visión hiperspectral y tridimensional para el sector agroalimentario*. Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48541/ivorra-Desarrollo de técnicas de visión hiperspectral y tridimensional para el sector agroali...pdf?sequence=1>

Luz Estructurada



3.- Caso práctico: Detección de raíces en tubérculos mediante una técnica tridimensional por luz estructurada



Ivorra, E. (2015). *Desarrollo de técnicas de visión hiperspectral y tridimensional para el sector agroalimentario*. Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48541/ivorra-Desarrollo de técnicas de visión hiperspectral y tridimensional para el sector agroali...pdf?sequence=1>

Rayos X

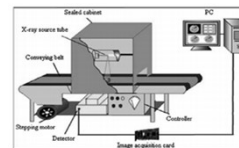


Fig. 3. Main components of soft x ray imaging system (Chen et al., 2013).

Las principales ventajas de estos métodos son que permiten obtener información tridimensional tanto interna como externa de los objetos y con una gran precisión. Sin embargo, las principales limitaciones son que resultan muy caros, no pueden escanear objetos grandes y que la radiación puede suponer un riesgo para los seres humanos e implica fuertes medidas de protección y seguridad.

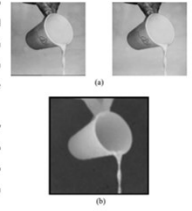
Hussain, A., Pu, H., & Sun, D.-W. (2018). Innovative nondestructive imaging techniques for ripening and maturity of fruits – A review of recent applications. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.010>

Campos Magnéticos

Las principales ventajas de estas técnicas son que permiten conocer información tridimensional de la estructura interna de los objetos y que son técnicas muy precisas. Sin embargo, las principales limitaciones son que resultan muy caros, son lentos en adquisición de imágenes y que debido a los fuertes campos magnéticos que se producen no puede haber objetos metálicos en los alrededores del sensor.

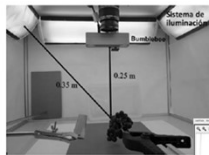
Acomodación de Enfoque

Se trata de métodos que utilizan la propiedad de profundidad de campo de una cámara para calcular la información 3D de la imagen. Esto se consigue porque el objeto fotografiado sufre un desenfoque proporcional a la distancia entre los puntos del objeto y los puntos del objeto enfocado (Nayar, Watanabe, & Noguchi, 1996). Existen dos variantes: pasiva y activa. La pasiva se basa en medir la distorsión en la textura de los objetos mientras que la activa se basa en medir la distorsión sobre un patrón de luz que se emite sobre el objeto. Estas técnicas se utilizan especialmente en microscopía.

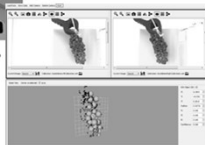


Las principales ventajas de las técnicas basadas en este método son que es económico y sencillo de utilizar. Por otro lado, sus desventajas son que tienen una resolución espacial no uniforme (la profundidad tiene mucha menor resolución), requiere de un sistema mecánico complejo si se quiere escanear escenas con profundidades muy diferentes, requiere una calibración precisa de la cámara y en caso de que sea pasivo le puede afectar la luz ambiental.

Estereovisión



4.- Caso práctico: Determinación de la compactad de racimos de uva basándose en descriptores 3D usando técnicas de estéreo visión



Ivorra, E. (2015). *Desarrollo de técnicas de visión hiperspectral y tridimensional para el sector agroalimentario*. Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48541/ivorra_-_Desarrollo_de_técnicas_de_visión_hiperspectral_y_tridimensional_para_el_sector_agroali...pdf?sequence=1

Visión Estéreo

Cámara en Movimiento

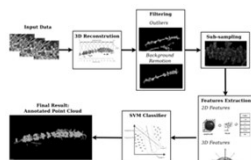


Fig. 5. Proposed system for classification of vegetation structures on coffee branches.

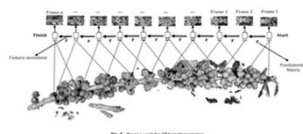
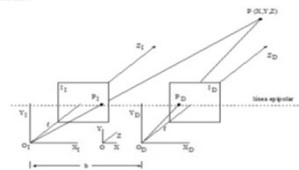


Fig. 6. Points used for 3D reconstruction.

Avendano, J., Ramos, P. J. J., & Prieto, F. A. A. (2017). A system for classifying vegetative structures on coffee branches based on videos recorded in the field by a mobile device. *Expert Systems with Applications*, 88, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.06.044>

Restricciones

Restricción epipolar. Viene dada por la geometría epipolar del par estéreo, e implica que el correspondiente de un punto en una imagen debe estar en la recta epipolar del punto en la otra imagen. Esta restricción reduce la búsqueda del correspondiente de toda la imagen a una recta en la misma.



Geometría de un par de cámaras con los ejes ópticos paralelos. Fuente: (Martín Corralles et al., 2010)

Restricciones

Restricción de orden. Implica que si la proyección del objeto Q está a la izquierda de la proyección del objeto P en la imagen izquierda, entonces la proyección de Q estará a la izquierda de la proyección de P en la imagen derecha.



Correspondencia Estereoscópica

Coefficiente de Correlación

$$C = \frac{\sigma_{ID}^2}{\sqrt{\sigma_I^2 \sigma_D^2}}$$

σ_I^2 y σ_D^2 representan la varianza de los niveles de intensidad en las correspondientes ventanas
 σ_{ID}^2 representa la covarianza de los niveles de intensidad entre las ventanas izquierda y derecha

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{(I_k(i,j) - \mu_k)^2}{MN}; \quad k = I, D$$

$$\sigma_{ID}^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{(I_I(i,j) - \mu_I)(I_D(i,j) - \mu_D)}{MN}$$

Restricciones

Restricción de unicidad. Implica que cada punto de una imagen puede tener no más de un correspondiente en la otra imagen. Esta restricción contempla que pueda no existir ningún correspondiente, como puede ser en el caso que esté oculto en la otra imagen

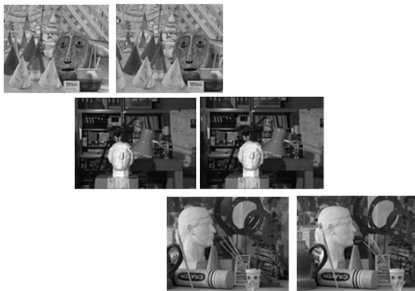
Restricción de semejanza. Implica que las características de los puntos en una imagen (intensidad o color, etc.) no debe cambiar mucho entre ambas imágenes.

Correspondencia Estereoscópica

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 8 & 8 & 2 \\ 2 & 2 & 8 & 8 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 8 & 8 & 2 & 3 & 1 \\ 8 & 8 & 2 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 8 & 8 & 2 \\ 8 & 8 & 2 \end{bmatrix}, \quad A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 8 \\ 2 & 2 & 8 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 8 & 8 \\ 2 & 8 & 8 \end{bmatrix}, \quad A_3 = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 8 & 8 & 2 \\ 8 & 8 & 2 \end{bmatrix}$$

Imágenes Estereo



Correspondencia Estereoscópica

$$\mu_{A_1} = \frac{1}{9}(2+2+2+8+8+2+8+8+2) = 4.67$$

$$\sigma_{A_1}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_1}(i,j) - \mu_{A_1})^2}{3 \times 3} = \frac{1}{9}[6(2-4.67)^2 + 4(8-4.67)^2] = 8.89$$

$$\mu_{A_2} = \frac{1}{9}(1+1+2+2+8+2+8+2+8) = 3.11$$

$$\sigma_{A_2}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_2}(i,j) - \mu_{A_2})^2}{3 \times 3} = \frac{1}{9}[(1-3.11)^2 + 5(2-3.11)^2 + 2(8-3.11)^2] = 6.49$$

$$\mu_{A_3} = \frac{1}{9}(1+2+2+8+8+8+8+8+8) = 4.56$$

$$\sigma_{A_3}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_3}(i,j) - \mu_{A_3})^2}{3 \times 3} = \frac{1}{9}[(1-4.56)^2 + 4(2-4.56)^2 + 4(8-4.56)^2] = 9.58$$

$$\mu_{A_4} = \frac{1}{9}(2+2+2+8+8+2+8+8+2) = 4.67$$

$$\sigma_{A_4}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_4}(i,j) - \mu_{A_4})^2}{3 \times 3} = \frac{1}{9}[6(2-4.67)^2 + 4(8-4.67)^2] = 8.89$$

Correspondencia Estereoscópica

$$\sigma_{A_1 B_1}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_1}(i,j) - \mu_{A_1})(I_{B_1}(i,j) - \mu_{B_1})}{3 \times 3}$$

$$= \frac{1}{9} [(2-4.67)(1-3.11) + (2-4.67)(1-3.11) + (2-4.67)(2-3.11) + (8-4.67)(2-3.11) + (8-4.67)(2-3.11) + (2-4.67)(8-3.11) + (8-4.67)(2-3.11) + (8-4.67)(2-3.11) + (2-4.67)(8-3.11)] = -2.96$$

$$\sigma_{A_2 B_1}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_2}(i,j) - \mu_{A_2})(I_{B_1}(i,j) - \mu_{B_1})}{3 \times 3}$$

$$= \frac{1}{9} [(2-4.67)(1-4.56) + (2-4.67)(2-4.56) + (2-4.67)(2-4.56) + (8-4.67)(2-4.56) + (8-4.67)(8-4.56) + (2-4.67)(8-4.56) + (8-4.67)(2-4.56) + (8-4.67)(8-4.56) + (2-4.67)(8-4.56)] = -1.03$$

$$\sigma_{A_3 B_1}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(I_{A_3}(i,j) - \mu_{A_3})(I_{B_1}(i,j) - \mu_{B_1})}{3 \times 3}$$

$$= \frac{1}{9} [(2-4.67)(2-4.67) + (2-4.67)(2-4.67) + (2-4.67)(2-4.67) + (8-4.67)(8-4.67) + (8-4.67)(8-4.67) + (2-4.67)(2-4.67) + (8-4.67)(8-4.67) + (8-4.67)(8-4.67) + (2-4.67)(2-4.67)] = 8.89$$

Cámara en Movimiento

Correspondencia Estereoscópica

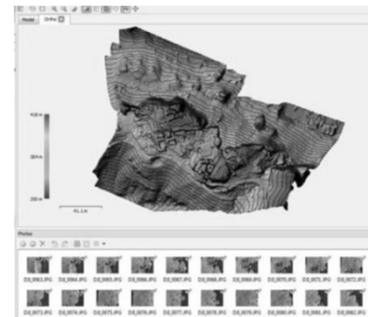
$$C_{A_1 B_1} = \frac{\sigma_{A_1 B_1}^2}{\sqrt{\sigma_{A_1}^2 \sigma_{B_1}^2}} = \frac{-2.96}{\sqrt{8.89 \times 6.49}} = -0.39$$

$$C_{A_2 B_1} = \frac{\sigma_{A_2 B_1}^2}{\sqrt{\sigma_{A_2}^2 \sigma_{B_1}^2}} = \frac{-1.03}{\sqrt{8.89 \times 9.58}} = -0.11$$

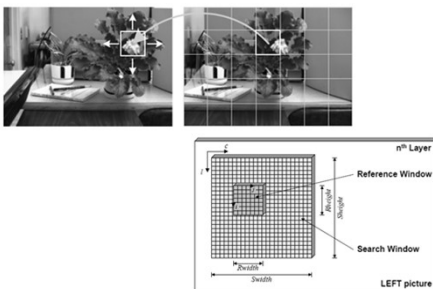
$$C_{A_3 B_1} = \frac{\sigma_{A_3 B_1}^2}{\sqrt{\sigma_{A_3}^2 \sigma_{B_1}^2}} = \frac{8.89}{\sqrt{8.89 \times 8.89}} = 1.0$$

El máximo coeficiente de correlación se obtiene para $C_{A_3 B_1}$, como el punto en la imagen B se sitúa en la columna 2, $x_D = 2$, mientras que su homólogo en A se sitúa sobre la columna 4, $x_I = 4$, por consiguiente la disparidad resulta ser $d = x_I - x_D = 4 - 2 = 2$ píxeles

Tratamiento de Datos

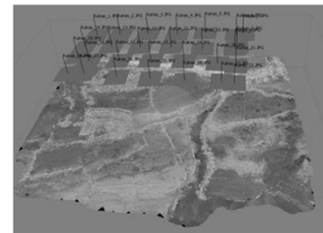


Correspondencia Estereoscópica

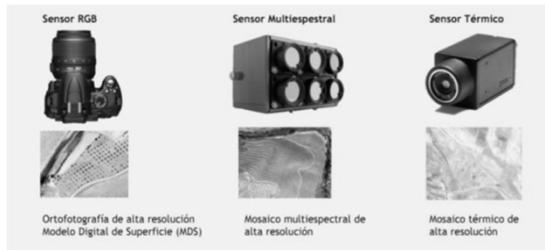


Procesado de imágenes mediante fotogrametría: para disponer de un mosaico territorial es necesario llevar a cabo una orientación espacial interna y externa de las imágenes tomadas. El solapamiento entre fotografías permitirá la creación del mosaico final. Programas relevantes (libres o de pago) y de mayor tendencia en el mercado son:

- Pix4D
- Agisoft Photoscan
- DroneMapper
- DroneDeploy
- MicMac
- PhotoModeler
- Open MVS
- Visual SFM
- Inpho UASMaster
- OpendroneMap
- Drone2Maps

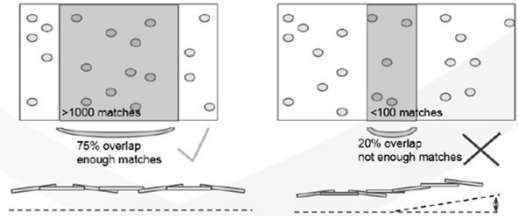


Sensores para Drones

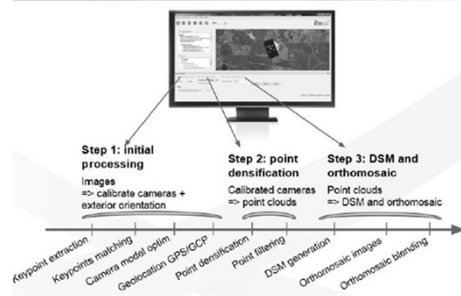


Getting enough matches

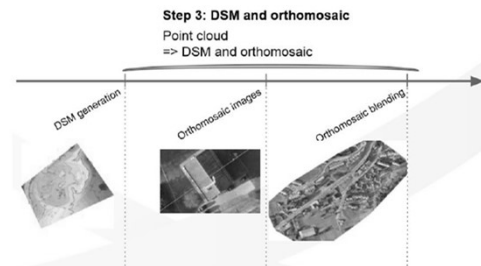
Enough matches:



3 main processing steps

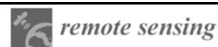
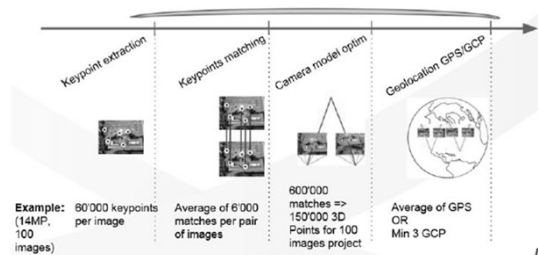


DSM and Orthomosaic



Step 1: initial processing

Images => calibration + exterior orientation



Article

Strawberry Yield Prediction Based on a Deep Neural Network Using High-Resolution Aerial Orthoimages

Yang Chen ^{1,2,*}, Won Suk Lee ^{2,†}, Hao Gan ³, Natalia Peres ⁴, Clyde Fraisse ², Yanchao Zhang ⁵ and Yong He ^{1,*}

¹ College of Biosystem Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

² Department of Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA

³ Department of Biosystems Engineering and Soil Science, University of Tennessee Institute of Agriculture, Knoxville, TN 37996, USA

⁴ Gulf Coast Research and Education Center, University of Florida, Wimauma, FL 33598, USA

⁵ Faculty of Mechanical Engineering and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China

* Correspondence: yhe@zju.edu.cn; Tel: +86-138-5714-3505

† Those authors contributed equally to this paper.

Received: 28 May 2019; Accepted: 27 June 2019; Published: 4 July 2019



Table 2. Imaging conditions, including acquisition dates, number of images, weather, and height of the drone.

| Date | Number of Images | Weather | Drone Height |
|------------|------------------|---------|--------------|
| 03/02/2018 | 167 | Cloudy | 3 m |
| 03/16/2018 | 163 | Sunny | 3 m |
| 03/30/2018 | 165 | Sunny | 3 m |
| 04/13/2018 | 462 | Cloudy | 2 m |
| 04/27/2018 | 476 | Cloudy | 2 m |
| 05/11/2018 | 461 | Sunny | 2 m |
| 05/25/2018 | 478 | Sunny | 2 m |
| 06/08/2018 | 477 | Sunny | 2 m |
| 11/15/2018 | 461 | Sunny | 2 m |
| 11/29/2018 | 476 | Cloudy | 2 m |
| 12/13/2018 | 479 | Sunny | 2 m |

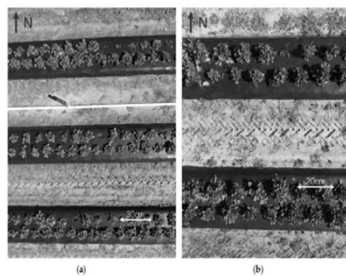


Figure 2. Two heights were chosen for the image acquisition: (a) at a three-meter height, three rows were acquired in a single image; and (b) at a two-meter height, two rows were acquired in a single image.

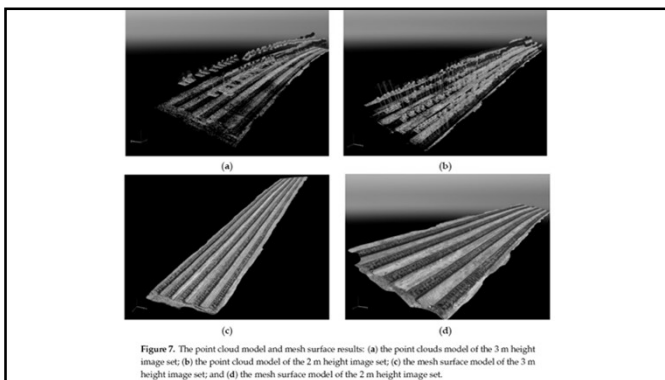
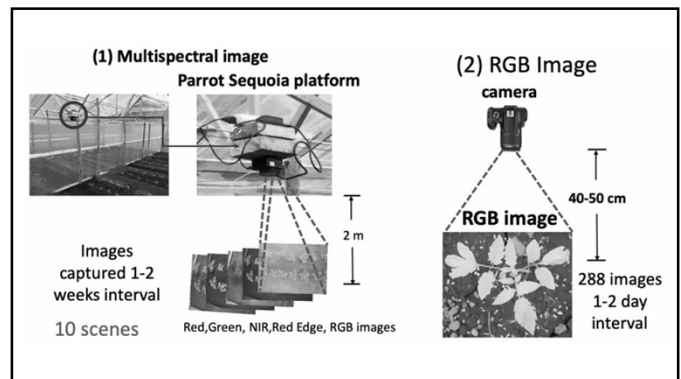
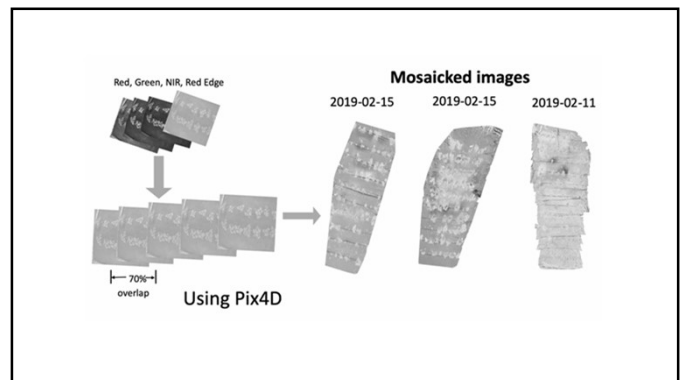


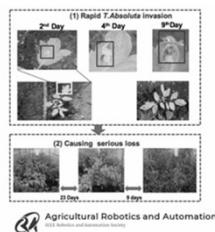
Figure 7. The point cloud model and mesh surface results: (a) the point clouds model of the 3 m height image set; (b) the point clouds model of the 2 m height image set; (c) the mesh surface model of the 3 m height image set; and (d) the mesh surface model of the 2 m height image set.



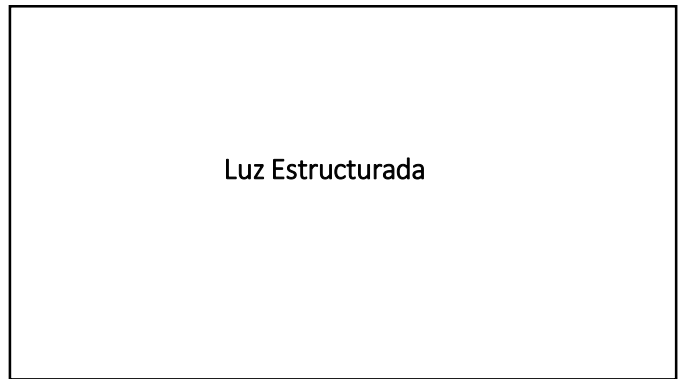
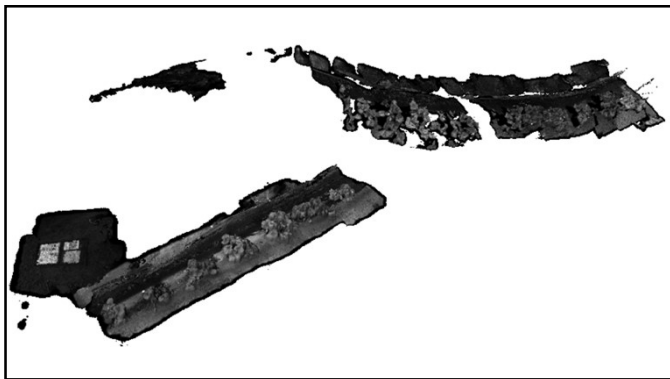
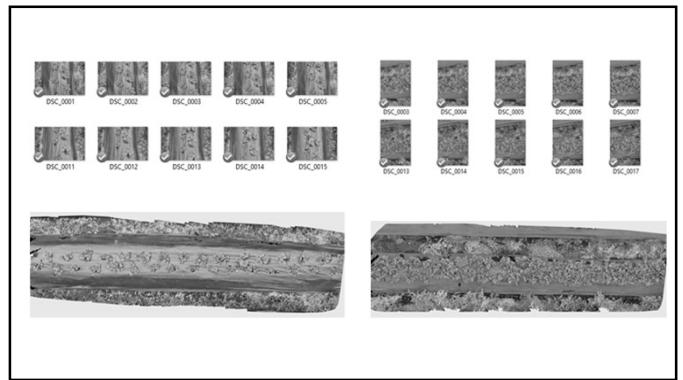
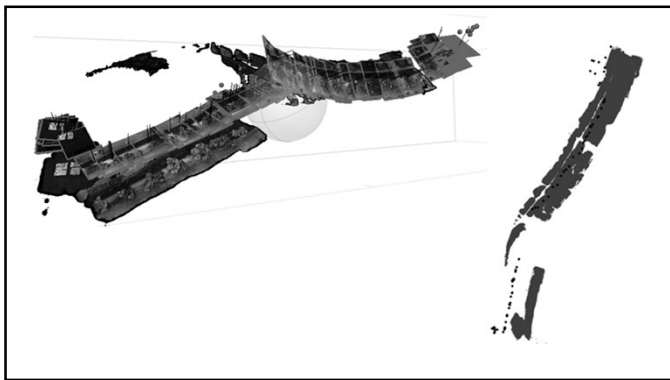
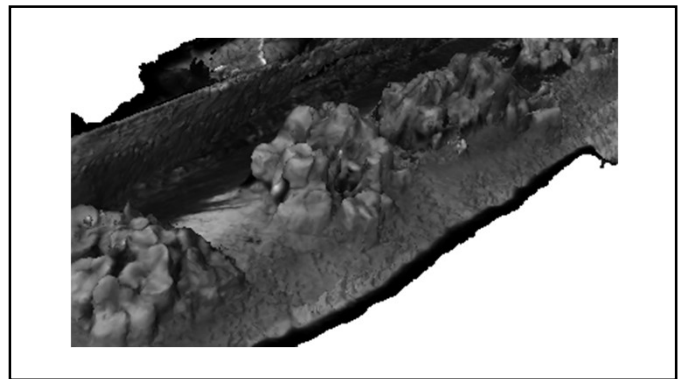
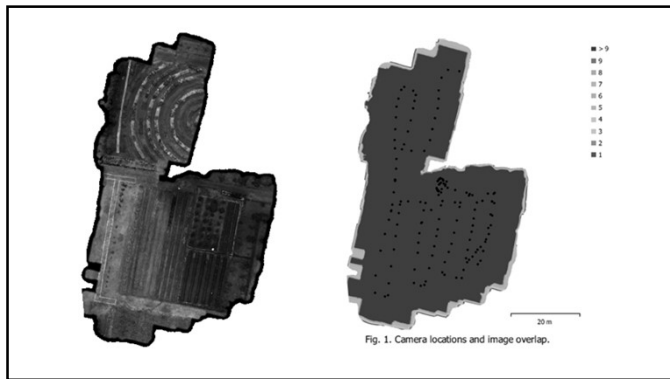
Emerging Technological Transfer to Tackle Invasive Pest challenges in Sub-Saharan Africa: A computer vision Approach.

Denis Pastory

Toyko University of Agriculture



Pruebas Imágenes tomadas en cultivo



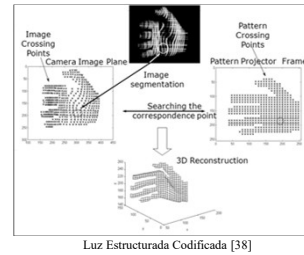
Problemática y Propuesta



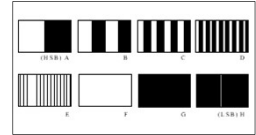
43

Marco Teórico

• Luz Estructurada Codificada



Luz Estructurada Codificada [38]



Posdamer – Altschuler [29]

46

Estado del Arte

Available at
www.ElsevierComputerScience.com
PATTERN RECOGNITION
Pattern Recognition 37 (2004) 627–640

Pattern codification strategies in structured light systems
Joaquim Salvà*, Jordi Pagès, Joan Batlle
Revista d'Informàtica i Aplicacions, Universitat de Girona, 40, E-17071 Girona, Spain
Received 4 March 2003; accepted 5 October 2003

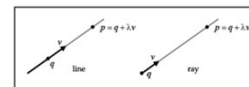
Contents lists available at ScienceDirect
Computer Vision and Image Understanding
journal homepage: www.elsevier.com/locate/cviu

Surround structured lighting: 3-D scanning with orthographic illumination
Douglas Lanman*, Daniel Crispell, Gabriel Taubin
Brown University, Division of Engineering, Providence, RI 02906, USA

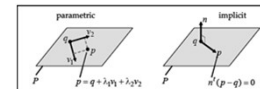
44

Marco Teórico

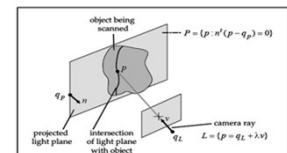
Triangulación



Representación paramétrica de líneas y rayos [18]



Representaciones paramétrica e implícita de planos [18]



Principio triangulación por intersección Línea-Plano [18]

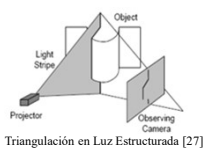
$$n^t(p - q_p) = n^t(q_L + \lambda v - q_p) = 0$$

Y al despejar λ se tiene:

$$\lambda = \frac{n^t(q_p - q_L)}{n^t v}$$

47

• Luz Estructurada



Marco Teórico

| Técnica | Esquema | Características |
|--------------------------|---------|---|
| Un solo Punto | | <ul style="list-style-type: none"> No presenta problemas de Correspondencia El barrido se debe hacer en ambos ejes |
| Una Sola Rendija | | <ul style="list-style-type: none"> Presenta problemas de correspondencia entre los puntos de la misma rendija. Se debe realizar barrido del eje ortogonal a la rendija. |
| Patrones de Franjas | | <ul style="list-style-type: none"> Presenta problemas de correspondencia entre las rendijas. No requiere barrido. |
| Grilla, Múltiples Puntos | | <ul style="list-style-type: none"> Presenta problemas de correspondencia entre los segmentos de la imagen. No requiere barrido. |

Técnicas de Luz Estructurada [38]

45

Especificaciones



48

Especificaciones

Equipo de Cómputo



- Procesador Intel Core i7-7500U de 2,7GHz
- Memoria RAM de 8GB
- Sistema Operativo Windows 10 de 64 bits
- Tarjeta de video Intel HD Graphics 620

Proyector



- Miniproyector P300 AAXA Technologies
- Conexión HDMI
- Resolución 1024 x 768

Cámara



- Fica 3 Point Grey
- Conexión USB 3.0
- Resolución 1600 x 1200

Matlab



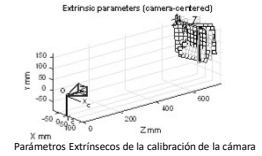
49

Resultados

• Calibración de la Cámara

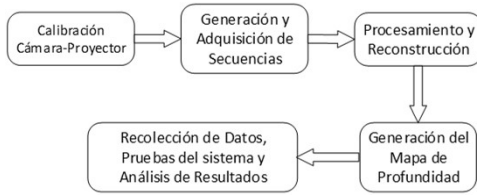


Imágenes adquiridas para la calibración de la cámara



52

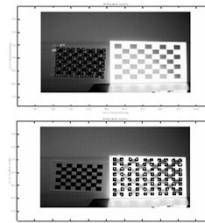
Especificaciones



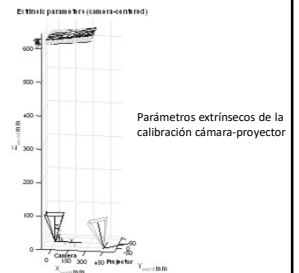
50

Resultados

• Calibración del Proyector



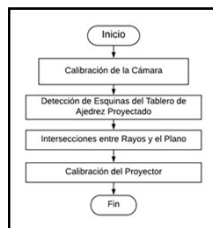
Trazado de esquinas en las imágenes de los tableros físico y proyectado



53

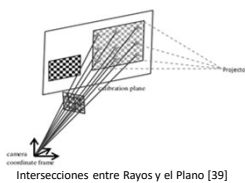
Desarrollos

• Calibración



| Camera-Projector Calibration Toolbox - Standard Version | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| Camera Calibration GUI | Load Camera Calibration | Set Projector's calib. images | Ray plane intersection | Show calib. results |
| Calibrate the projector | Remove | Analyze error | | |
| Add/Remove images | Save | Load Cam-Proj calib. | Exit | |

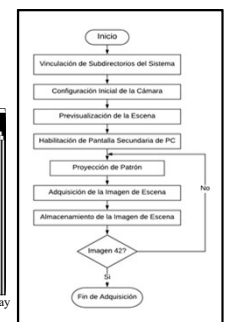
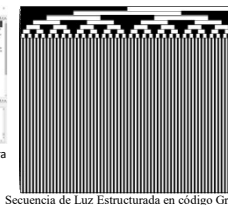
Interfaz de usuario calibración cámara-proyector [39]



51

Desarrollos

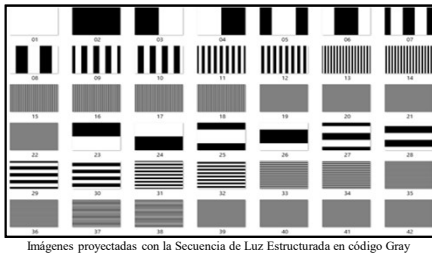
• Generación y Adquisición de Secuencias



54

Desarrollos

• Generación y Adquisición de Secuencias

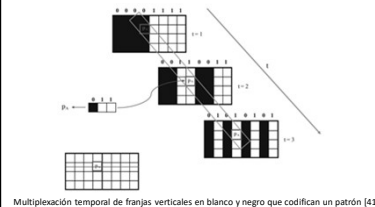


Imágenes proyectadas con la Secuencia de Luz Estructurada en código Gray

55

Desarrollos

• Procesamiento y Reconstrucción



Multiplexación temporal de franjas verticales en blanco y negro que codifican un patrón [41]

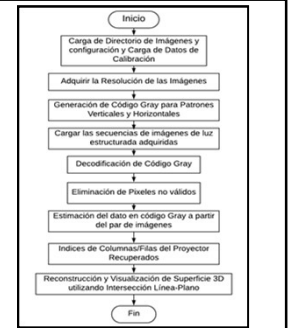
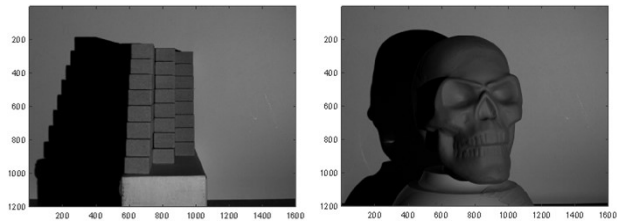


Diagrama de Flujo Sistema de Procesamiento y Reconstrucción

58

Resultados

• Generación y Adquisición de Secuencias

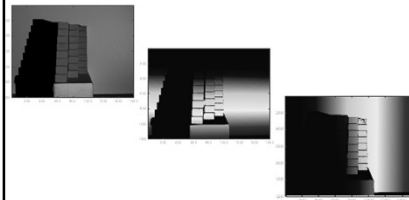


Escenas de prueba del sistema
Izquierda, Prueba Escalones – Derecha, Prueba Cráneo

56

Desarrollos

• Procesamiento y Reconstrucción



Secuencias de Iluminación de Luz Estructurada decodificadas

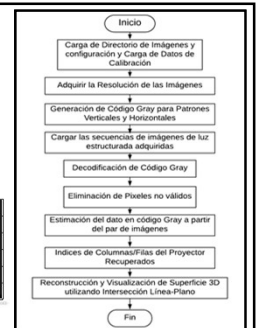
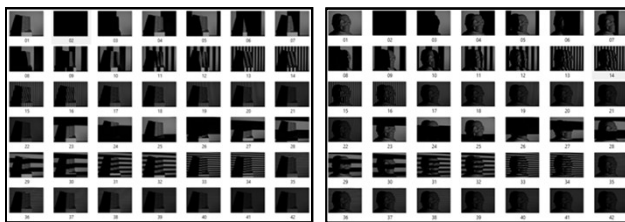


Diagrama de Flujo Sistema de Procesamiento y Reconstrucción

59

Resultados

• Generación y Adquisición de Secuencias

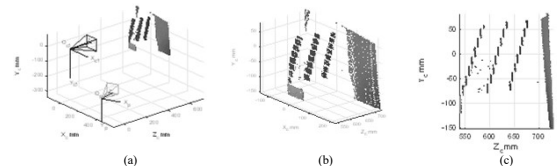


Imágenes Adquiridas en cada una de las pruebas con Secuencia de Luz Estructurada en código Gray
Izquierda, Prueba Escalones – Derecha, Prueba Cráneo

57

Resultados

• Procesamiento y Reconstrucción

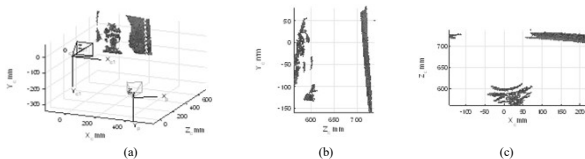


Reconstrucción 3D a través de nube de puntos decodificados de la escena Escalones
(a) Nube de puntos incluyendo Cámara y Proyector. (b) Nube de puntos sin cámara ni proyector.
(c) Vista lateral en plano ZY, indicando las profundidades de los diferentes escalones de la escena

60

Resultados

• Procesamiento y Reconstrucción



Reconstrucción 3D a través de nube de puntos decodificados de la escena Cráneo

(a) Nube de puntos incluyendo Cámara y Projector. (b) Vista plano lateral ZY. (c) Vista plano superior XZ

61

Resultados

Sistema de Generación de Mapas de Profundidad, orientado a propósitos de Determinación de Distancias



PRESENTADO POR: CAMILO ERNESTO PARDO BEAINY
DIRECTOR: ING. JULIÁN DAVID COLORADO MONTAÑO, PH.D.

Maestría en Ingeniería Electrónica
Pontificia Universidad Javeriana

64

Desarrollos

• Generación del Mapa de Profundidad

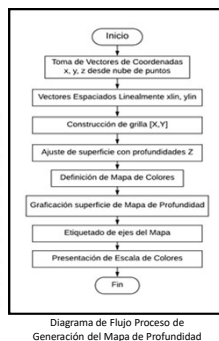
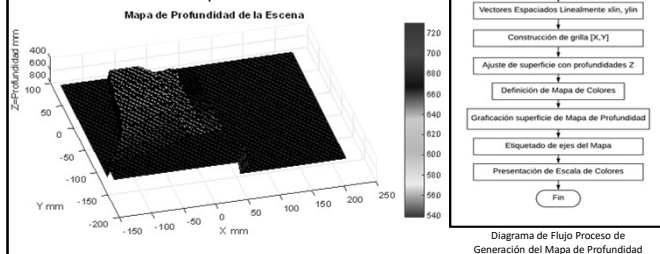


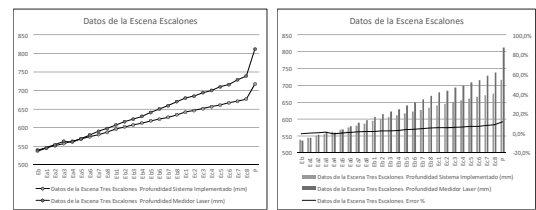
Diagrama de Flujo Proceso de Generación del Mapa de Profundidad

62

Análisis de Resultados



Validación de la profundidad con un medidor de distancia laser digital

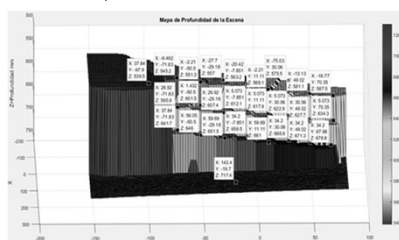


Datos de Mediciones de Profundidad con el sistema de Luz Estructurada y el Medidor Laser sobre la escena Escalones con error % para cada dato

65

Resultados

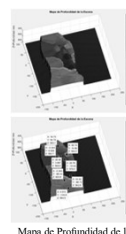
• Generación del Mapa de Profundidad



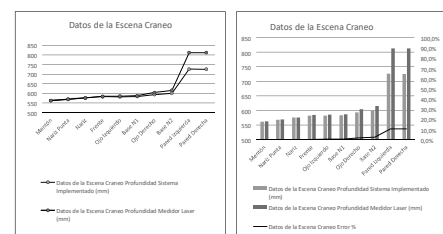
Mapa de Profundidad de la Escena Escalones con marcadores de las profundidades Z en milímetros

63

Análisis de Resultados



Mapa de Profundidad de la Escena Cráneo



Datos de Mediciones de Profundidad con el sistema de Luz Estructurada y el Medidor Laser sobre la escena Cráneo

66