

# Visión artificial para el control de la calidad y seguridad alimentaria

- Qué es la Visión Artificial
- Componentes de un sistema de visión artificial
- Nuevas tecnologías de inspección:
  - La visión 3D
  - Los rayos X
  - La visión infrarroja
  - La visión hiperespectral
- Aplicaciones en el sector de la pesca

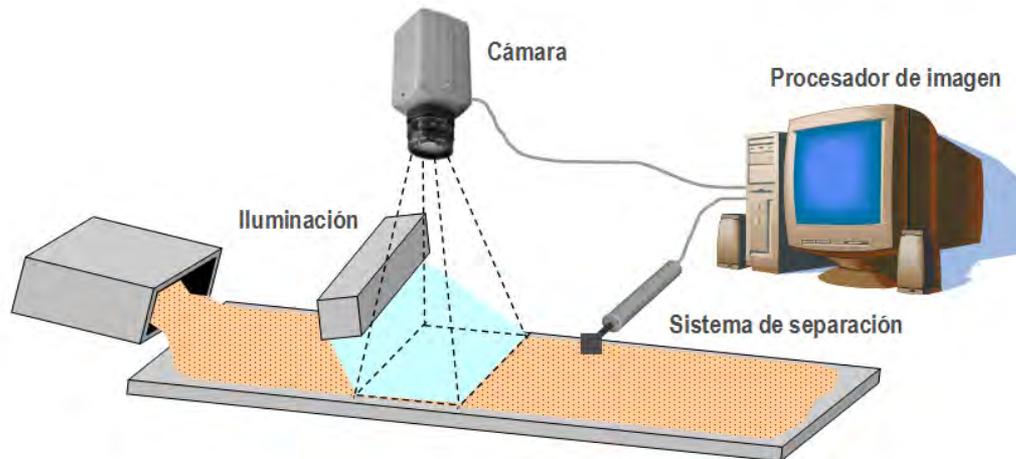
## ¿Qué es la Visión Artificial?



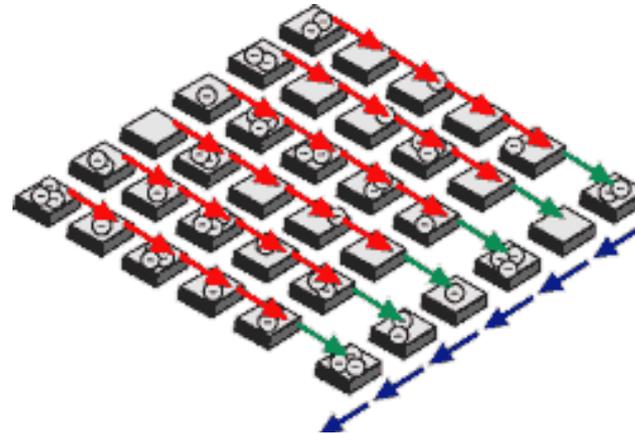
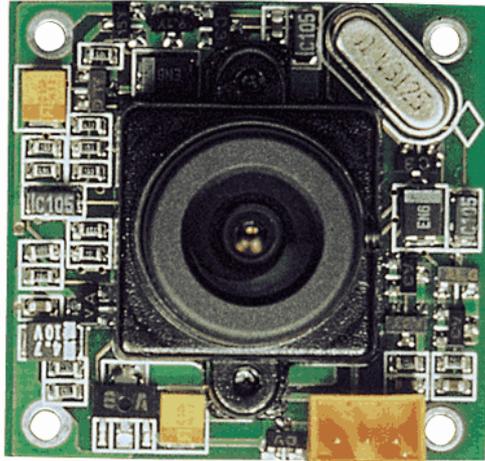
La visión artificial trata de simular el proceso del sentido de la visión de los seres vivos, según el cual un objeto es captado mediante los receptores de la retina y es transformado en impulsos nerviosos que son procesados por el cerebro.

## Principio de funcionamiento

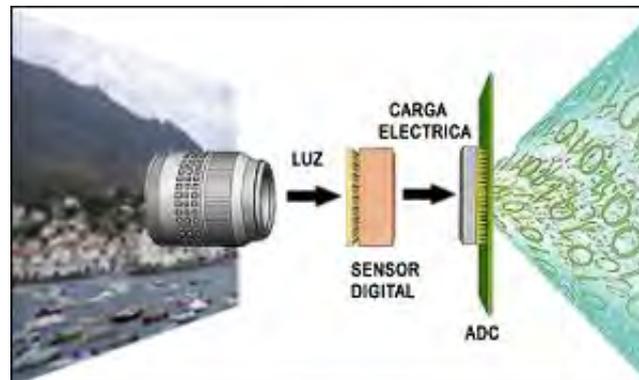
Consiste en la captación de imágenes en línea mediante cámaras basadas en matrices de sensores sensibles a la luz (CCD ó CMOS), el posterior tratamiento de las mismas mediante técnicas de análisis de imagen y la actuación sobre el proceso (control de producción) o el producto (control de calidad).



Las principales ventajas son la reducción de los costes del control de calidad, el aumento de la producción, la inspección del 100% de la producción, la reproducibilidad y el funcionamiento 24 horas al día sin "cansancio".



Los fotones son captados por una matriz de fotoreceptores que transforman la intensidad lumínica en carga eléctrica, que va siendo transmitida a la fila adyacente para su lectura. La carga analógica es digitalizada mediante un conversor A/D (8 bits  $\Rightarrow$  256 niveles)



## Componentes de un sistema de visión artificial

Los elementos básicos de un sistema de visión artificial son:

- El sistema de **iluminación** (fluorescente, LED, polarizada, backligh, láser..)
- El sensor o **cámara** de captura de imagen (CMOS, CCD, InGaAs...)
- **Tarjeta de captura** de elevado ancho de banda (Firewire, CameraLINK, GbEthernet...)
- **Procesamiento de imagen** (Procesador y algoritmos de pretratamiento y filtrado de la imagen, de segmentación y reconocimiento de formas, de extracción de descriptores y de clasificación)
- **Sincronía** con el proceso, para adquirir la imagen en el momento adecuado y para actuar con el proceso o separar unidades defectuosas



Algunos ejemplos de sistemas de visión:

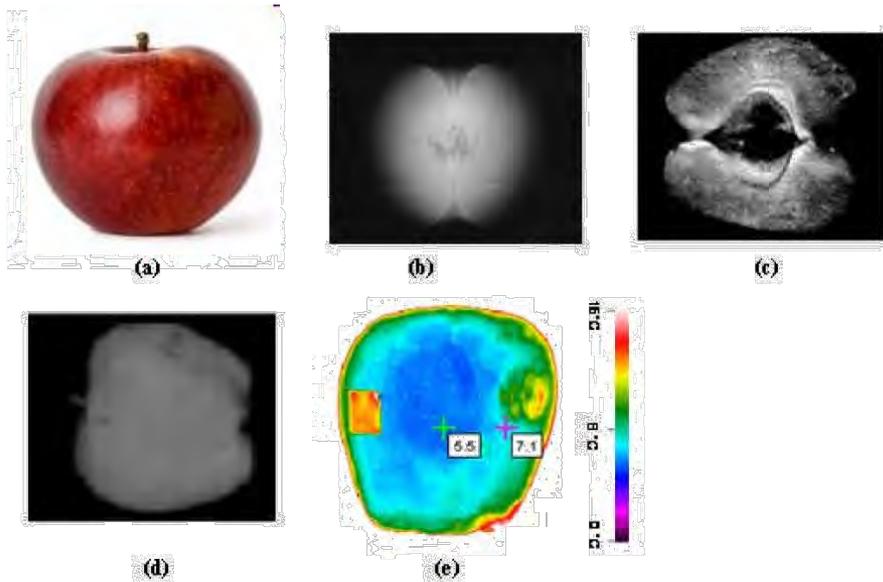


## ¿Para qué sirve la Visión Artificial?

- Automatizar procesos de **control de calidad**: detección de defectos y fallos en materia prima, producto final o en el envasado.
- Automatizar procesos de **clasificación** en base a la forma, tamaño o color en materias primas muy variables.
- Automatizar **procesos de producción**: ajustar las condiciones de proceso en base a variables medidas mediante análisis de imagen.
- Automatización de procesos de **manipulación y envasado**: extracción de coordenadas para su posterior manipulación mediante robots.
- Automatizar procesos de **detección de cuerpos extraños**.

## Nuevas tecnologías de inspección: lo que el ojo no ve

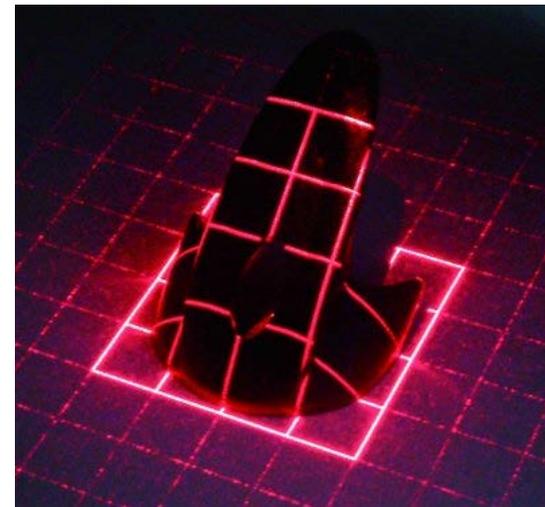
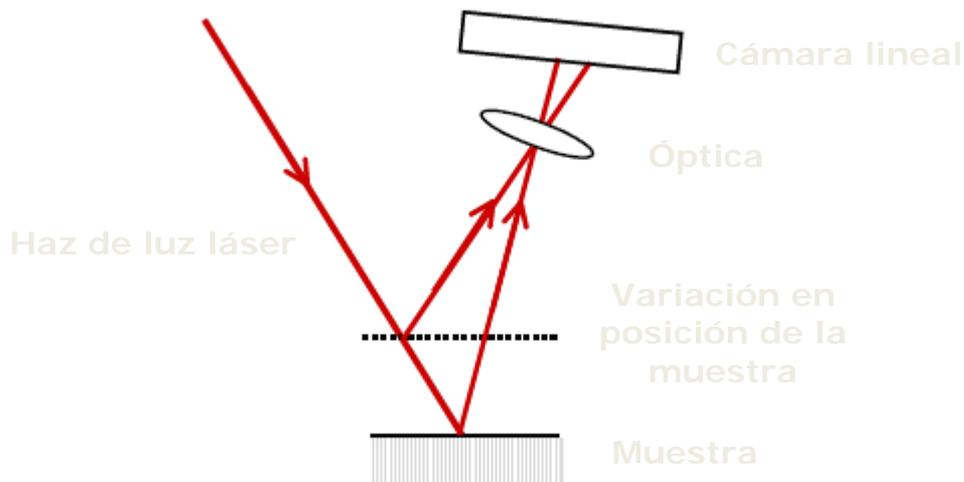
- La visión 3D
- Los rayos X
- La visión infrarroja
- La visión hiperespectral

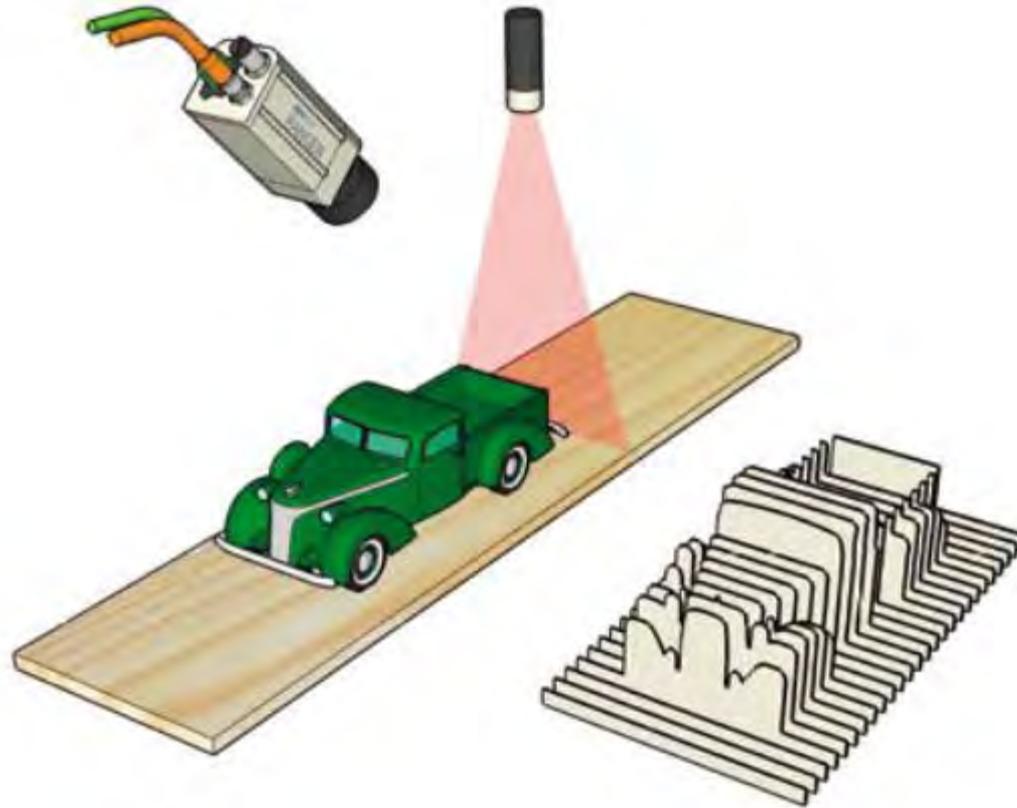


- a) Manzana en el visible
- b) Imagen de rayos X
- c) Imagen de MRI
- d) Imagen NIR
- e) Imagen termográfica

## La visión 3D

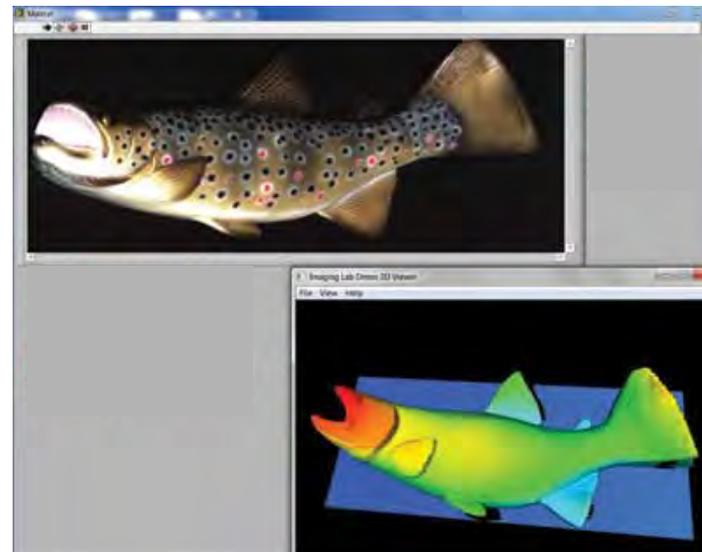
- Un emisor láser es un dispositivo que genera un haz de luz coherente monocromática de alta densidad.
- Mediante luz láser es posible medir la altura de los objetos. Para ello se coloca el láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y a la cámara. La distorsión del haz se correlaciona con la altura.
- Empleando luz estructurada es posible medir las coordenadas de cualquier objeto con una adecuada iluminación: reconstrucción 3D, posición, tamaño, textura...





## Automatización del proceso de fileteado del pescado

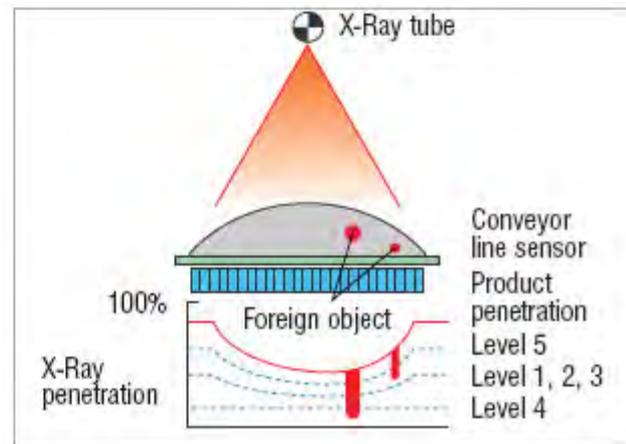
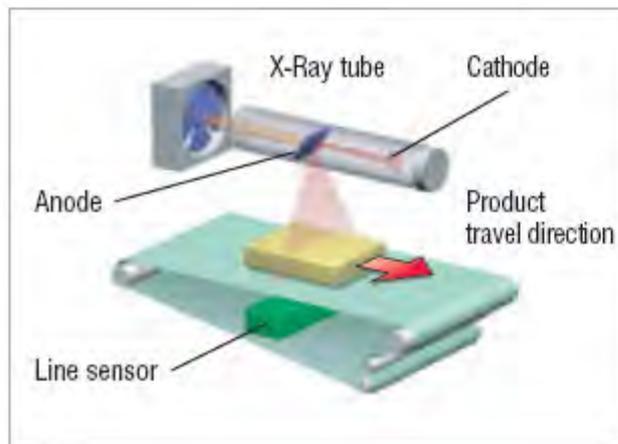
Se crea una imagen 3 - D del pez, que es iluminado mediante una luz láser estructurada, para obtener el perfil. A continuación se construye el modelo 3D y una imagen en color, para determinar el tamaño del pez y posicionar el mecanismo de corte para filetear el pescado.

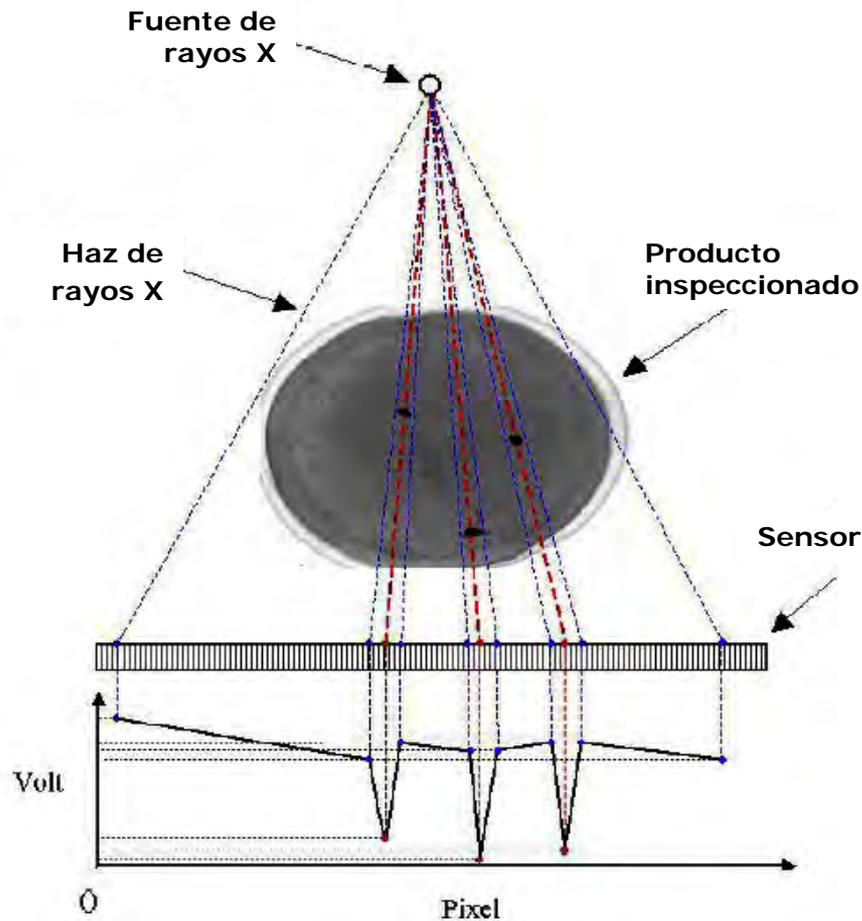


## Rayos X

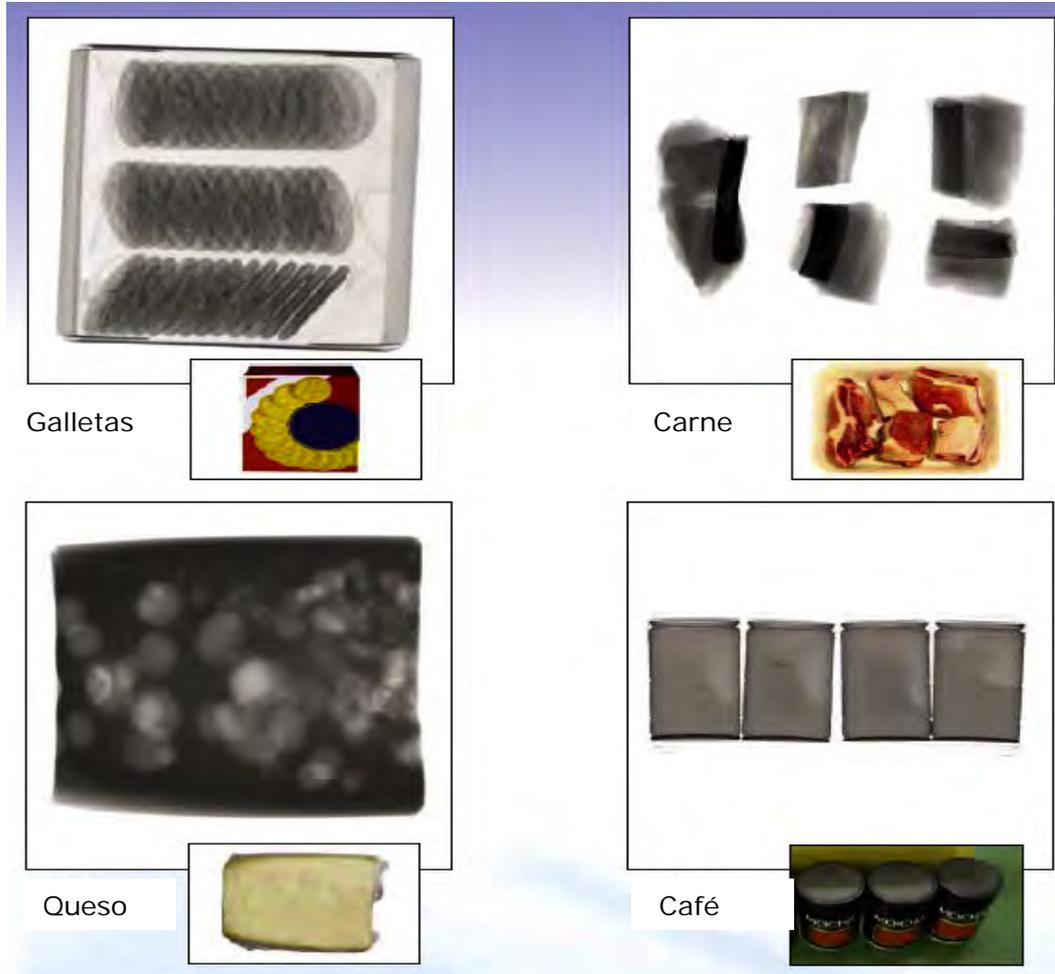
Radiación ionizante, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos, cuya longitud de onda está entre 10 a 0,01 nanómetros, que es peligrosa a dosis elevadas.

Surgen en un emisor al colisionar los electrones con un ánodo metálico constituido por un elemento de peso atómico elevado como el tungsteno. Un detector de estado sólido transforma la intensidad de los rayos X en una imagen.





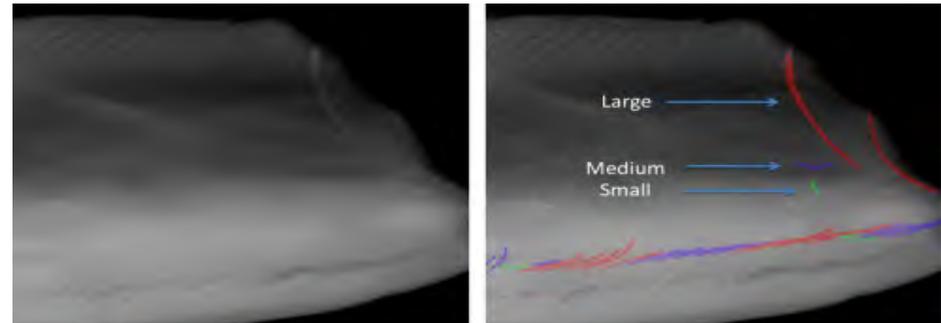
Proceso de generación de la imagen de rayos X: el haz atraviesa la muestra y el sensor recibe los rayos con mayor intensidad donde menor es la absorción.



## Detección de espinas de pescado automatizada utilizando rayos X

D. Mery met al. Automated fish bone detection using X-ray imaging. Journal of Food Engineering Volume 105, Issue 3, August 2011, Pages 485–492

Detección de espinas en filetes de trucha y salmón empleando rayos X utilizando ventanas de  $10 \times 10$  píxeles y funciones de intensidad. Se consiguió un resultado de detección del 99%.



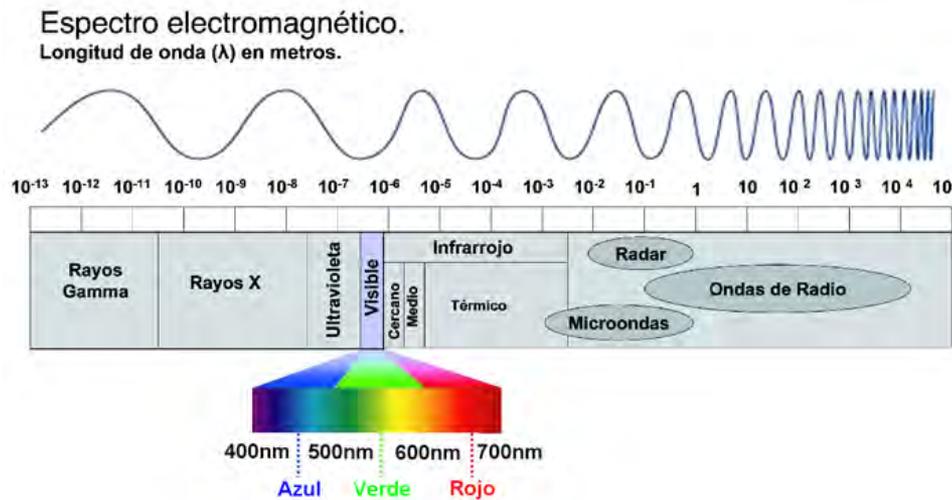
Fishbone	Sensibility	1-Specificity	Size
Large	100%	0%	>0.64mmx12mm
Medium	100%	3%	between
Small	93%	6%	<0.48mmx8.5mm

## Visión infrarroja

Igual que la visión artificial convencional pero empleando sensores diferentes.

Tres fenómenos a destacar:

- Bandas transparentes a la luz infrarroja
- Bandas en las que se absorbe la luz según composición
- Bandas en las que la intensidad es proporcional a la temperatura



## Materia extraña mezclada en el recipiente de una bebida



Luz visible: la luz visible no penetra en la botella de plástico.

La luz infrarroja: penetra en la botella de plástico y las siluetas de los objetos extraños en la base son detectables

## Detección de defectos no visibles en fruta

Imagen superior: VISIBLE

Imagen inferior: SWIR

Los daños y golpes provocan una mayor acumulación de humedad que absorbe la luz infrarroja en 1450 nm y en 1940 nm, siendo las imágenes más oscuras en esas bandas cuanto más humedad haya.

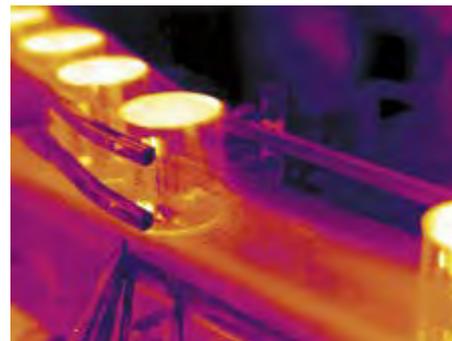


## Aplicaciones de termografía

Control del nivel de llenado en botellas opacas

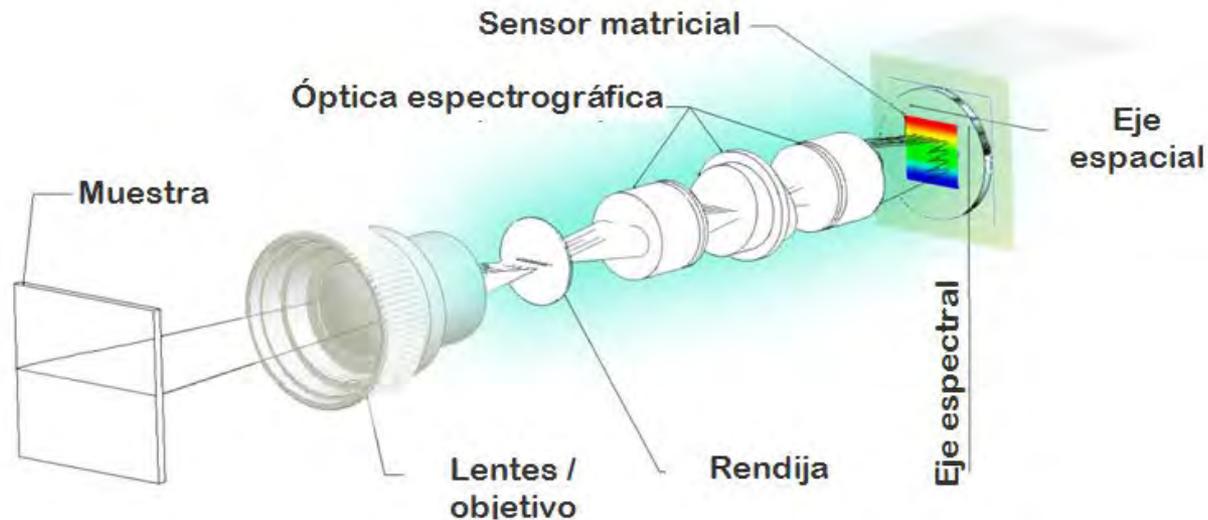


Sellado de envases

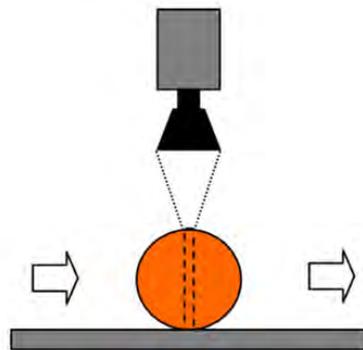


## Visión hiperespectral o imagen química

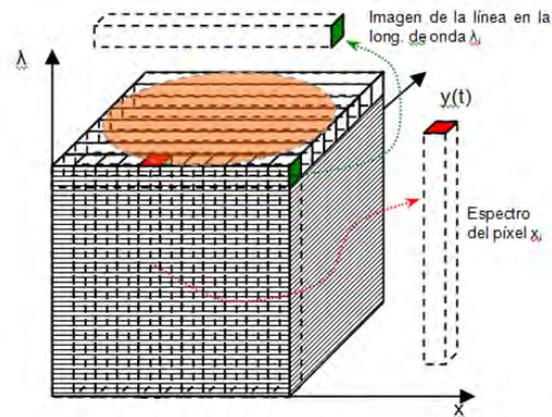
Técnica que combina la visión artificial y la espectroscopia del infrarrojo. La óptica capta una línea que es difractada una óptica espectrográfica que la proyecta sobre el sensor matricial de una cámara de amplio espectro.



Al realizar la captura de imágenes en movimiento mediante una cámara hiperespectral, se obtiene una secuencia de imágenes que tras procesar se puede transformar en imágenes en diferentes longitudes de onda o en espectros de infrarrojo de cada punto analizado.

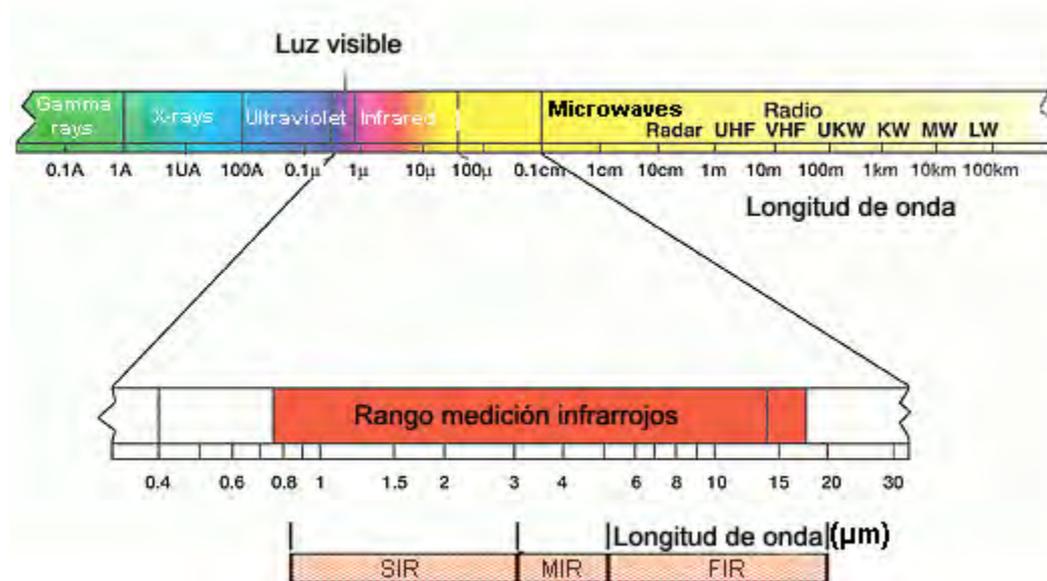


Cámara hiperespectral tomando datos sobre el producto en movimiento.

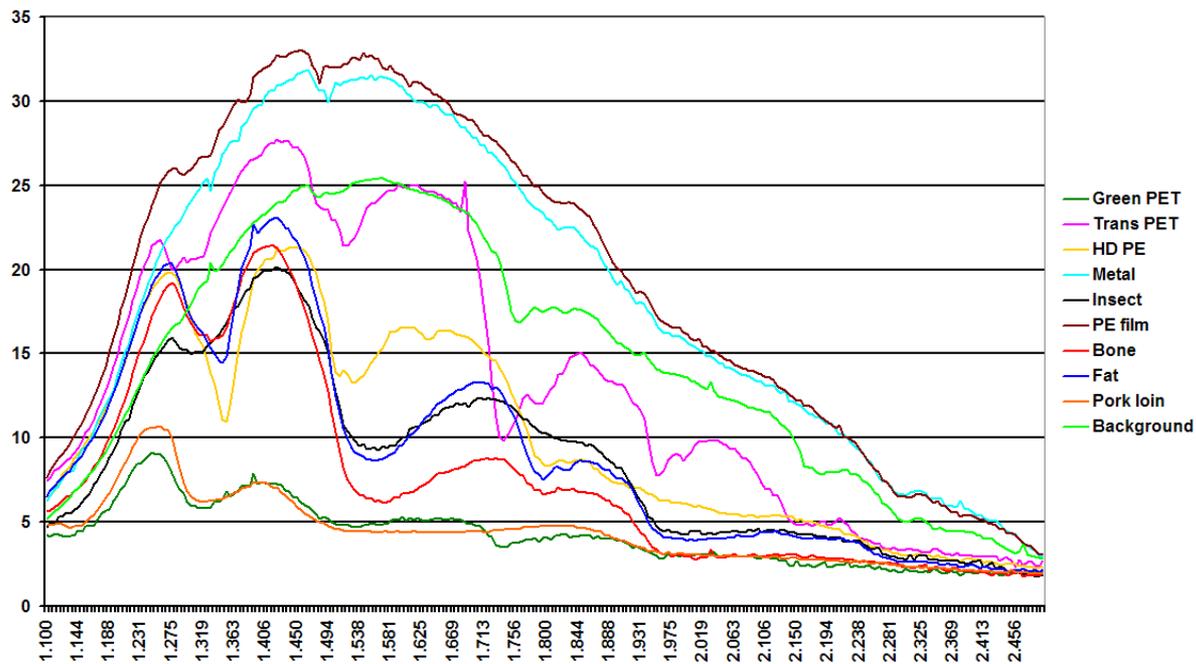


Matriz o cubo de datos adquiridos. 'x' es un eje espacial fijo e 'y' es un eje espacial que depende de la velocidad de avance. 'λ' es el eje espectral.

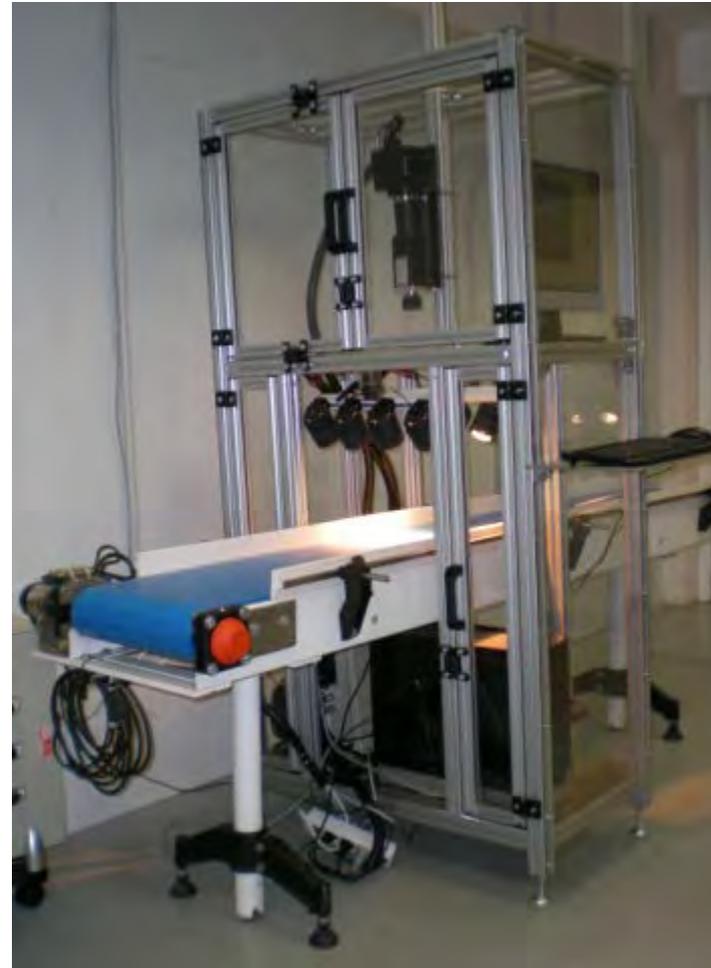
Esta técnica se basa en la interacción de la radiación infrarroja con la materia, ya que en esta banda del espectro se absorbe la luz en diferentes longitudes de onda según su composición.



Cada materia tiene una huella espectral diferente.



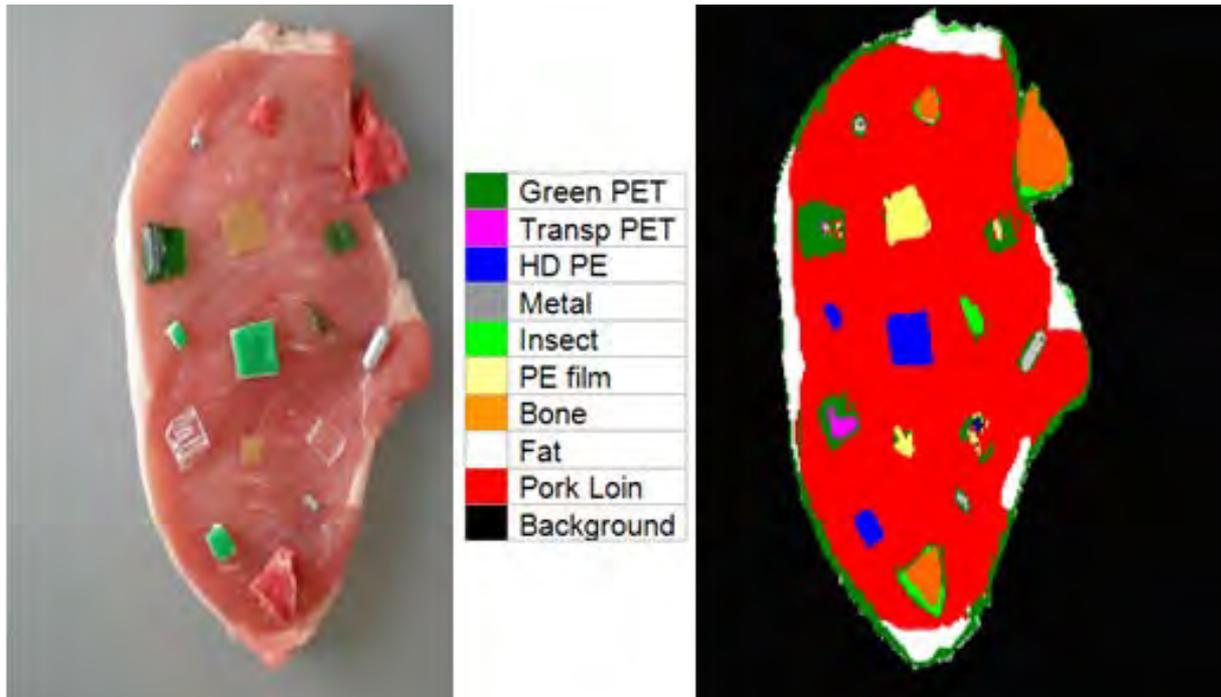
Sistema de inspección de visión hiperespectral en la planta piloto de ainia



## Detección de cuerpos extraños en productos cárnicos

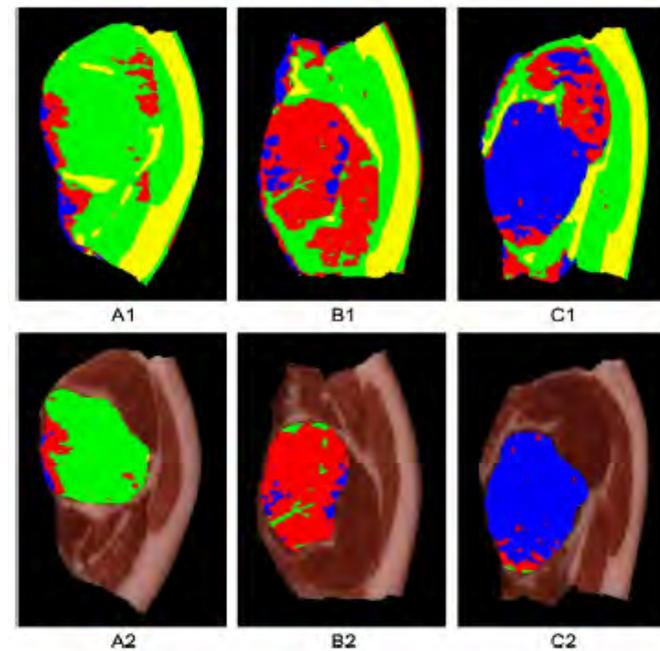
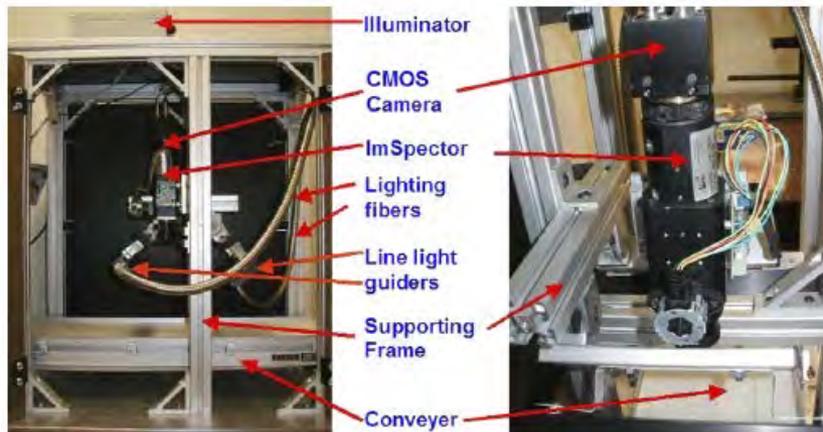
Diaz R et al. 2011. Proc. Eurosenors XXV

©ainia



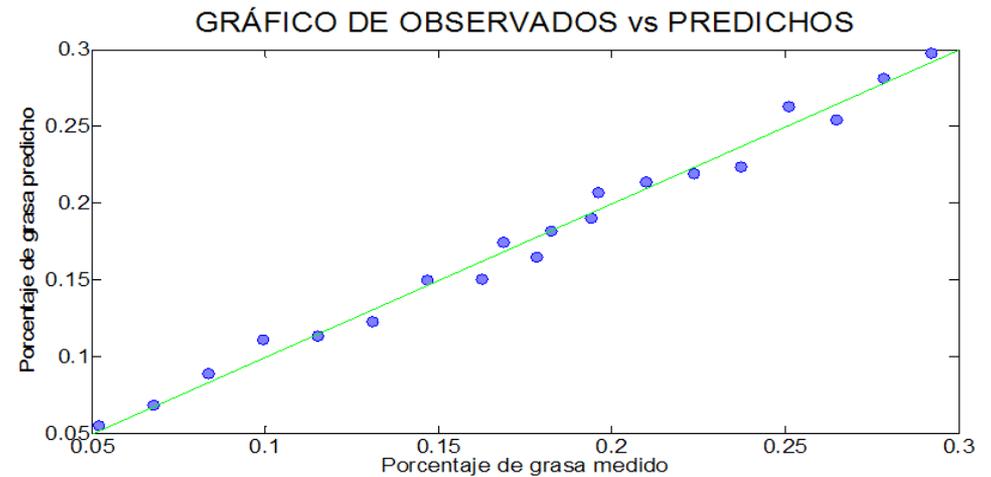
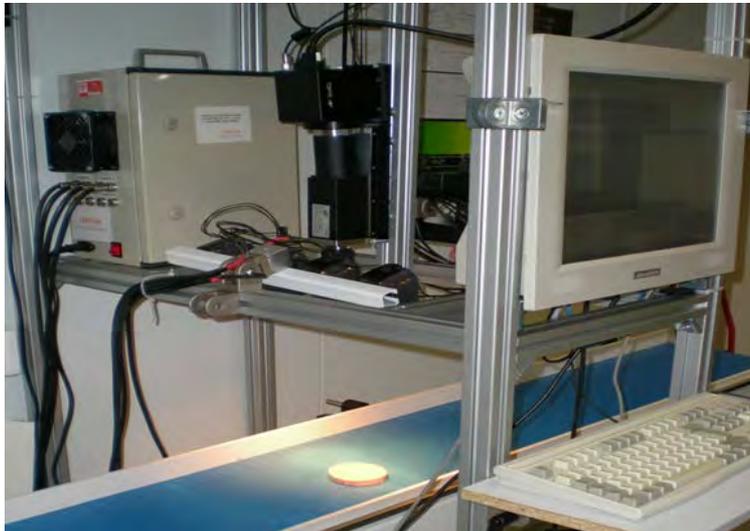
## Predicción de la actividad del agua, el pH, y el color de la carne de cerdo utilizando la técnica de imagen hiperespectral

J. Qiao et al. Meat Science 76 (2007) 1–8



## Determinación del porcentaje de grasa intramuscular en carne mediante un sistema de visión hiperespectral en el infrarrojo cercano

©ainia



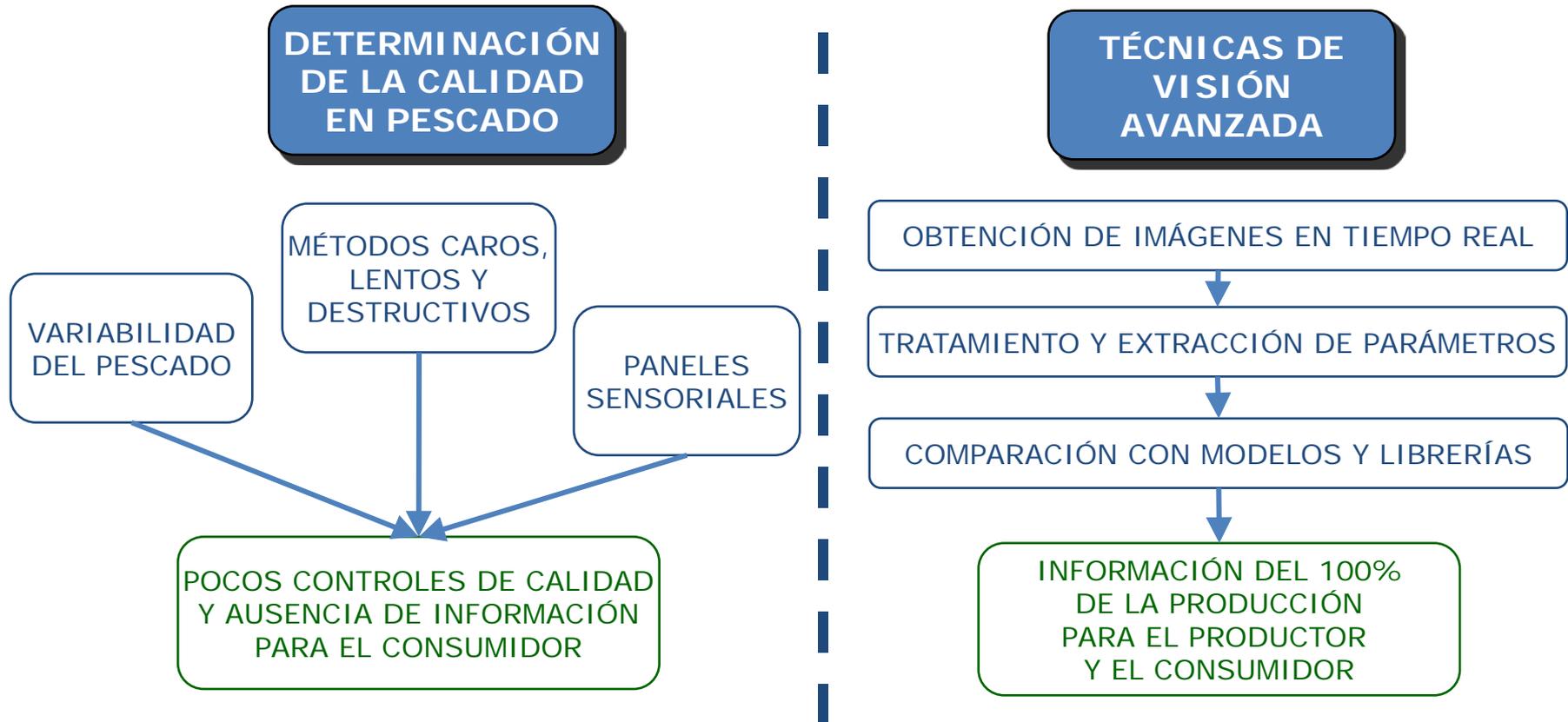
© ainia

Control de calidad en productos cárnicos: determinación de grasa, proteína, humedad...

©ainia



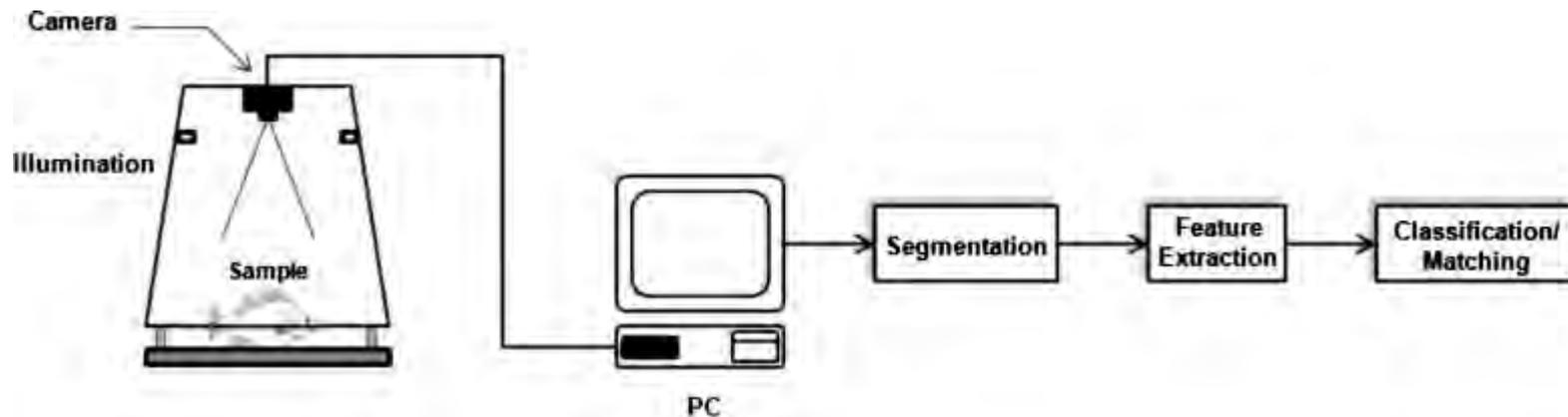
## Aplicaciones en el sector de la pesca



## Aplicación de la visión artificial para evaluar la calidad del pescado

Majid Dowlati, Miguel de la Guardia. Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment. TrAC Trends in Analytical Chemistry  
Volume 40, November 2012, Pages 168–179

Revisión del uso de la visión artificial y tecnologías de la imagen para la evaluación de calidad de pescado: determinar la frescura y la composición, medir el tamaño y el volumen, estimar el peso, medir parámetros de forma, analizar la piel y el filete en diferentes tonos de color, reconocer especie y sexo de peces, y para detectar defectos.



## La visión artificial en buques pesqueros: identificación de especies

Eric S. Davis - Canada

Recopila datos sobre:

- longitud
- anchura en diferentes puntos
- perímetro
- luminancia
- forma

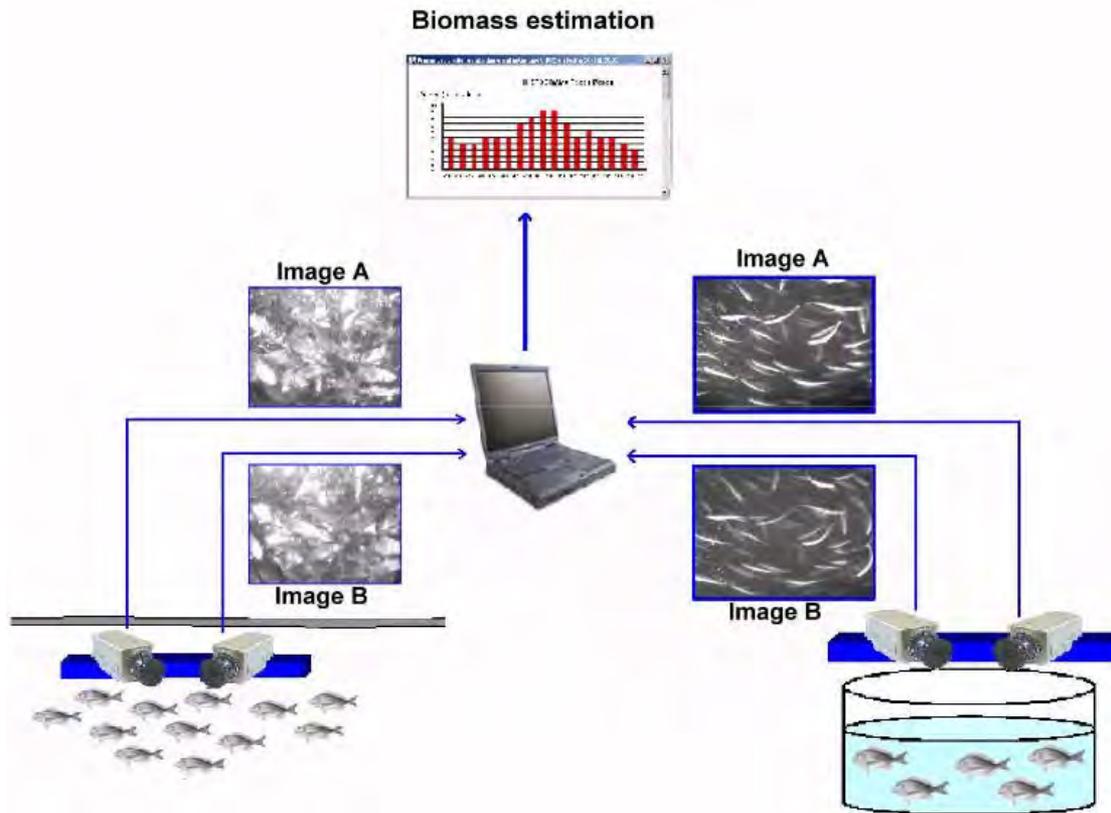




Clasifica bien el 80% de las muestras

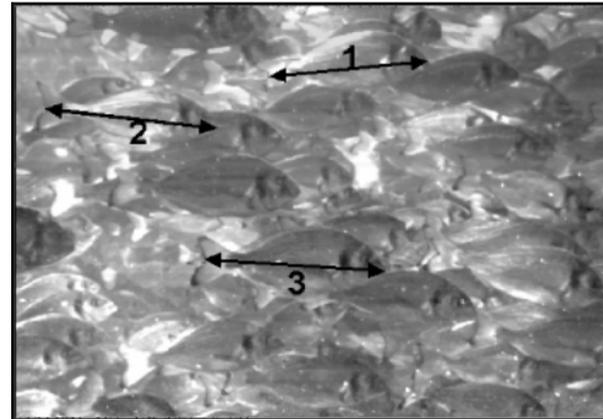
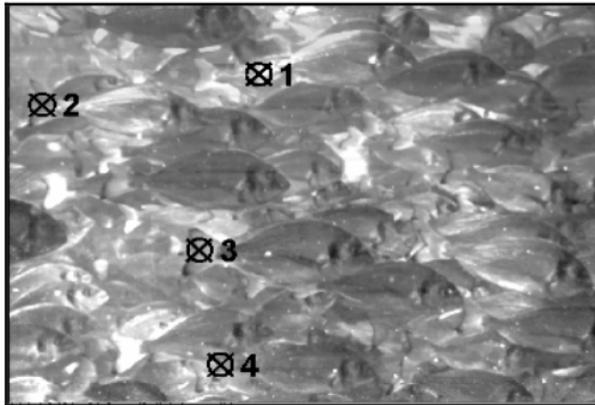
## Evaluación de la biomasa en piscifactorías y sistema robotizado de alimentación y limpieza

J. R. Martínez-de Dios, C. Serna y A. Ollero. Computer vision and robotics techniques in fish farms. Robotica. Vo. 21. No. 3. Editor Cambridge University Press. Junio 2003. Pgs. 233 - 243



Ensayos llevados a cabo con besugos y doradas en jaulas marinas en piscifactorías de costa este de España.

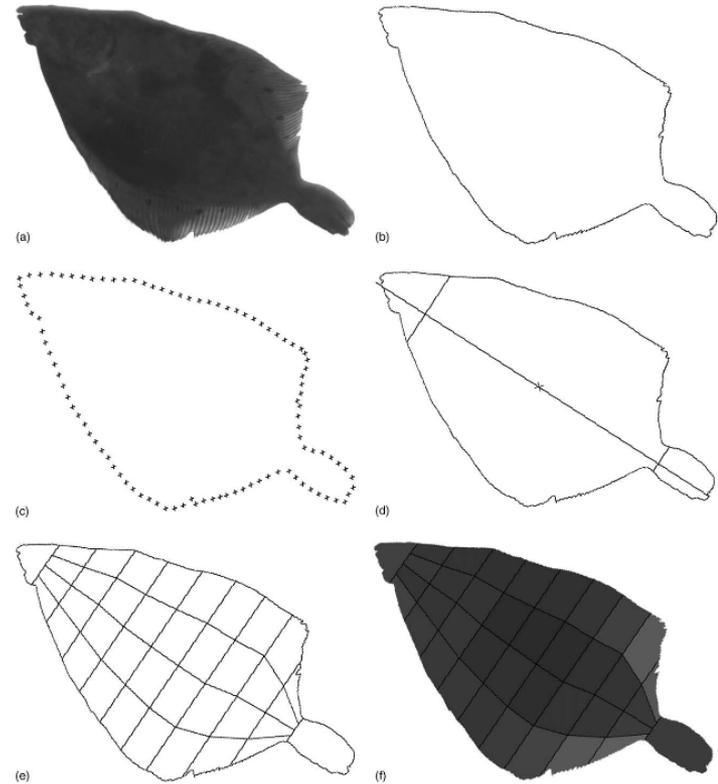
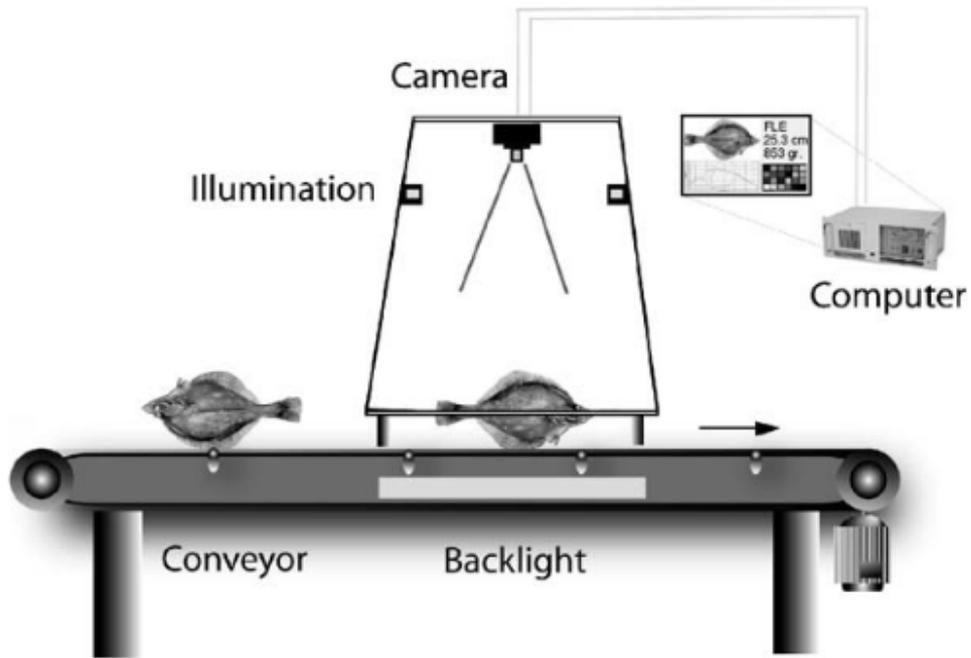
La distribución del peso resultante obtuvo un error de 4% en tanques de cría y 5% en jaulas marinas, que fueron validados por medio de métodos tradicionales.



## Medida automática de la especie y la longitud de los peces por visión artificial

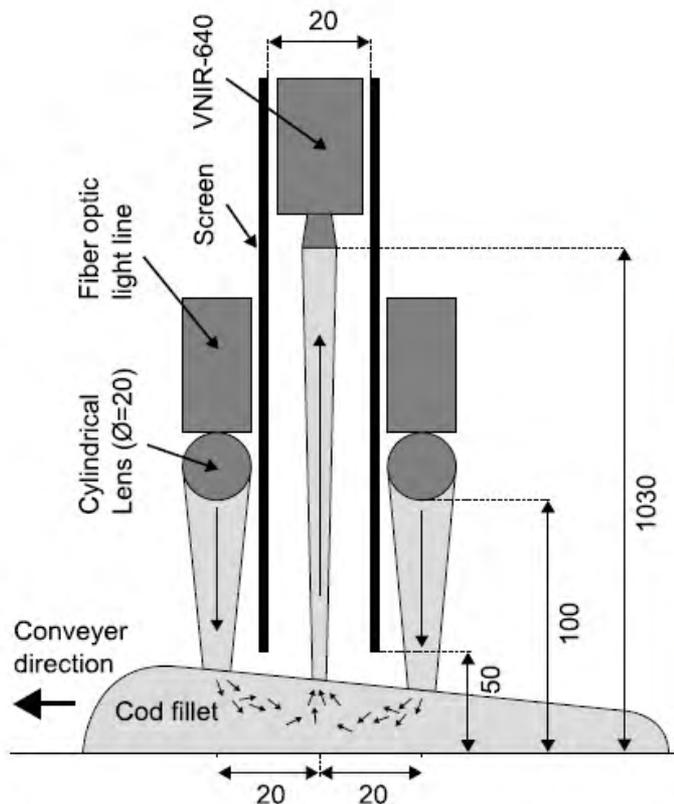
Automated measurement of species and length of fish by computer vision. Fisheries Research 80 (2006) 203–210  
D.J. White et al.

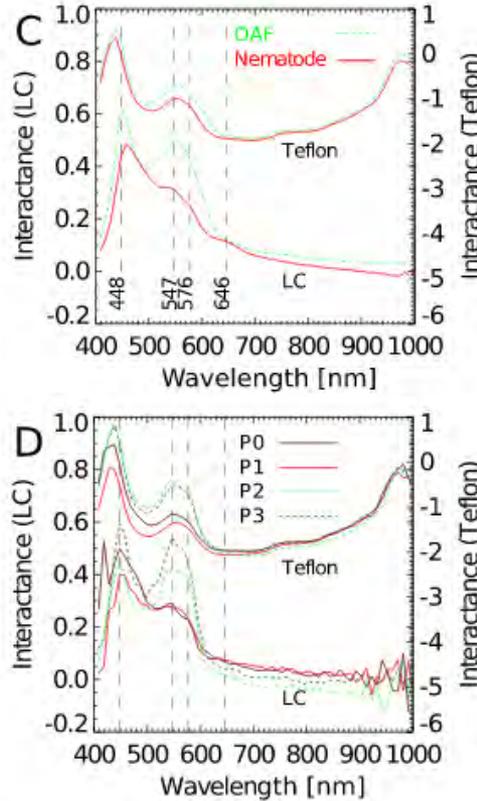
Sistema de visión artificial para identificar y medir diferentes especies de peces. El pescado es transportado a lo largo de una cinta transportadora debajo de una cámara digital. Se aplican algoritmos de procesamiento de imágenes para determinar la orientación de los peces, si el pez es plano o redondeado con 100% de precisión, medir la longitud con una desviación estándar de 1,2 mm y clasificar por especies con hasta 99,8% de fiabilidad en la clasificación. Este sistema es aplicable en buques comerciales con una capacidad de hasta 30.000 peces / h



## DetECCIÓN AUTOMÁTICA DE NEMATODOS EN LOS FILETES DE BACALAO (*Gadus morhua* L.) MEDIANTE IMÁGENES HIPERESPECTRALES

Automatic nematode detection in cod fillets (*Gadus morhua* L.) by hyperspectral imaging  
 Journal of Food Engineering, Volume 111, Issue 4, August 2012, Pages 675-681  
 Agnar Holten Sivertsen, Karsten Heia, Kristian Hindberg, Fred Godtlielsen





Porcentaje de detección entorno al 60% en ensayos industriales

## Potencial de la visión hiperespectral combinada con el análisis quimiométrico para evaluar y visualizar la distribución de terneza en los filetes de salmón de piscifactoría

Potential of hyperspectral imaging combined with chemometric analysis for assessing and visualising tenderness distribution in raw farmed salmon fillets. Journal of Food Engineering, In Press, November 2013. Hong-Ju He, Di Wu, Da-Wen Sun.

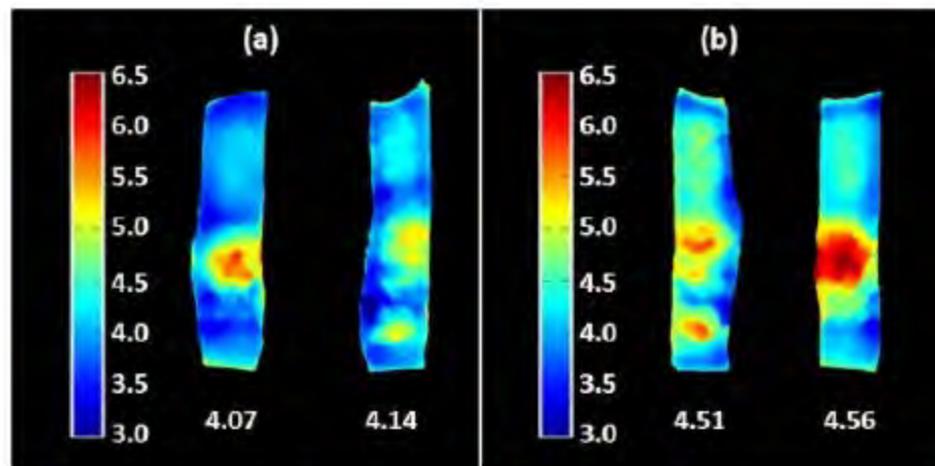


Imagen química de filetes mediante un modelo que estima la fuerza de corte Warner-Bratzler habiendo realizado los ensayos mediante un instrumento Instron.

## Detección de materias extrañas en pescado procesado

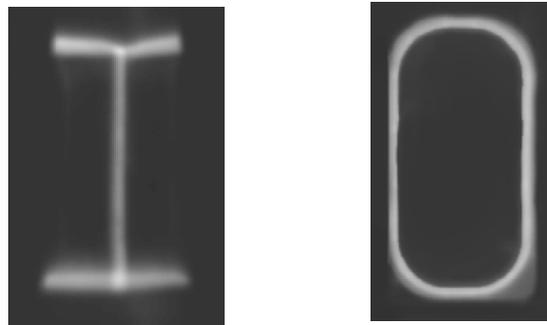
Detección de contaminantes en pescado: plásticos, restos del despiece, espinas, insectos, etc.

Aplicación de la imagen química (©ainia)

## Supervisión del cierre o del sellado en envases

Detección de defectos en el cierre en envases poliméricos tipo flow-pack o bandeja: restos de material, pliegues con poros, defectos de soldadura, etc.

Aplicación de la termografía (©ainia)



Muchas gracias por su atención

rdiaz@ainia.es