

**Recepción:** 07 de diciembre de 2014

**Aceptación:** 22 de diciembre de 2014

**Publicación:** 29 de diciembre de 2014

# VISIÓN ARTIFICIAL APLICADA AL CONTROL DE LA CALIDAD

---

## ARTIFICIAL VISION APPLIED TO QUALITY CONTROL

Jorge García Fuentes<sup>1</sup>

Abraham Navalón Davó<sup>2</sup>

Antoni Jordá Reolid<sup>3</sup>

David Juárez Varón<sup>4</sup>

1. Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [jorgarf3@epsa.upv.es](mailto:jorgarf3@epsa.upv.es)
2. Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [abnada@epsa.upv.es](mailto:abnada@epsa.upv.es)
3. Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [anJORreo@epsa.upv.es](mailto:anJORreo@epsa.upv.es)
4. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de Ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: [djuarez@mcm.upv.es](mailto:djuarez@mcm.upv.es)

## RESUMEN

En los últimos años los sistemas de producción han evolucionado considerablemente buscando maximizar la productividad. Todas las nuevas filosofías y técnicas de fabricación tienen entre sus objetivos principales maximizar la calidad, un factor clave para la mejora competitiva. En este artículo se explican los principales sistemas de visión artificial fundamentales en los procesos de calidad, focalizándose en tres sectores clave: la industria textil, la industria alimentaria y las aplicaciones médicas; analizando aplicaciones actuales, buscando las ventajas y desventajas obtenidas.

## ABSTRACT

In the last years production systems have significantly evolved by seeking to maximize productivity. All new philosophies and manufacturing techniques are among its main targets to maximize quality, a key factor for improving competitiveness. In this article the main systems of vision quality processes are discussed, focusing on three key areas: textile industry, food industry and medical applications; analyzing current applications, seeking the advantages and disadvantages obtained.

## PALABRAS CLAVE

Calidad, visión, artificial, productividad, competitividad

## KEY WORDS

Quality, vision, artificial, productivity, competitiveness

## INTRODUCCIÓN

Las empresas industriales actuales se ven sometidas a una competencia global que les han obligado a un proceso enorme de cambio en sus sistemas productivos. Han irrumpido con fuerza las nuevas corrientes de producción asiática como el Just In Time o la filosofía 'Lean' que buscan maximizar la competitividad a partir de un principio básico; reducir los desperdicios. Entre los puntos a reducir o eliminar que forman parte de las citadas filosofías se encuentra reducir la no calidad hasta eliminarla. Es un sistema dónde la calidad total es primordial y además es importante detectarla a edades tempranas del producto para impedir que las máquinas procesen material defectuoso.

Los elementos de visión artificial aplicados a la industria han evolucionado considerablemente buscando cumplir la necesidad de las líneas de producción que necesitan una precisión y una agilidad cada vez más llevada al límite. Los sistemas de visión artificial en producción se encargan de adquirir, procesar, analizar y 'comprender' las imágenes con el fin de producir información numérica o simbólica utilizada para la toma de decisiones tanto en tiempo real como en análisis posteriores. Además, permiten ser usadas en posiciones dónde las condiciones ambientales y de seguridad no permitirían la presencia humana.

Los sistemas de visión artificial proporcionan una inspección continua del producto y permite, al contrario que los sistemas estadísticos clásicos, una inspección total del cien por cien de los productos. Además de presentar unos criterios constantes e invariantes aplicados en tiempo real. Estos sistemas permiten detectar defectos de forma, color, textura, ubicación... Toda esta versatilidad ha contribuido a que estos sistemas se extiendan en todo tipo de industrias [1].

## DESARROLLO

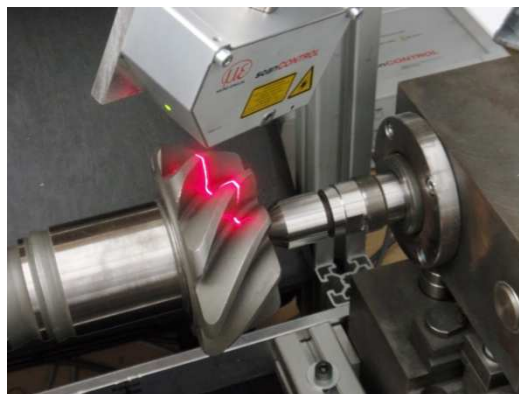
### CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN

Los sistemas de visión principalmente están compuestos por un foco de luz que está dirigido hacia el objeto que se desea analizar, esta imagen es captada por una cámara que envía la señal digital a un sistema informático, generalmente un ordenador. Es en este momento cuando entre en escena los algoritmos implantados que suponen la parte más importante del sistema ya que en su mayoría están formados por complejos algoritmos que provienen de una costosa etapa de aprendizaje.

La imagen adquirida en primer lugar es preprocesada para adaptarla a unas condiciones óptimas, las operaciones posibles dentro de este procesamiento puede encontrarse la eliminación de ruido, la reducción de la saturación o la segmentación de la imagen. Una vez procesada, es el momento de obtener las características deseadas aplicando diferentes algoritmos según las necesidades. Por último, se clasifica e interpreta el resultado, es aquí donde aparece el proceso de aprendizaje del sistema. [1]. En el caso de los sistemas de visión utilizados en la industria con la información obtenida se puede actuar sobre el sistema para modificarlo.

### USOS DE LA VISIÓN ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA

En la siguiente sección se expondrán diferentes usos industriales de los sistemas de visión artificial orientas a la mejora de la calidad como se puede ver en la figura 1 dónde se aprecia un sistema visión artificial por scanner encargado del control en un eje.



**Figura 1.** Sistema de visión artificial para el control de la calidad.

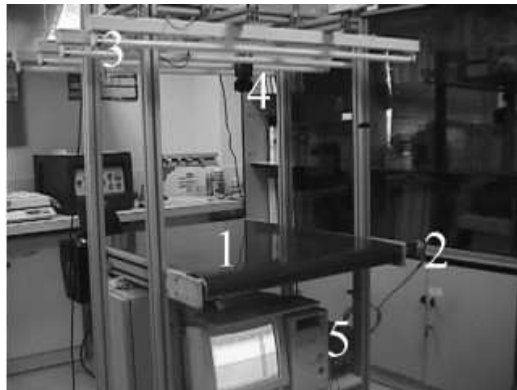
Es importante no perder de vista que la mayor problemática de los sistemas de visión artificial es su poca flexibilidad. Generalmente cada sistema se diseña, tanto hardware como software, para un uso concreto en una determinada industria y para un determinado proceso impidiendo su modularidad y su movilidad.

El objetivo es definir las principales líneas en las que avanza la tecnología centrándose principalmente en las ventajas y desventajas de estos sistemas tienen respecto al control tradicional o al control humano visual.

## LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIAL TEXTIL.

La industrial textil ha estado en muchos casos a la vanguardia de la investigación en sistemas de visión para el control y la mejora de la calidad en sus líneas de producción textil. Esto es debido a que se puede reducir los precios de producción entre un 45% y un 65% [2]. En un telar típico puede pasar tela de entre 1 y 3 metros de ancho a una velocidad que varía entre los 20 m/min y los 200 m/min, un buen sistema de inspección usando visión por computador puede obtener resultados tanto verticales como horizontales a una precisión mayor de 1 mm [3]. En contraposición, una inspección humana en el mejor caso no puede detectar más del 60% de los defectos con un ancho de dos metros y una velocidad máxima de 30 m/min.

Las bases para la implantación de los sistemas de visión artificial en tiempo real utilizados para la inspección de la estructura de los tejidos están ampliamente desarrolladas. Numerosas configuraciones y estructuras han sido desarrolladas y se ha demostrado que las limitaciones técnicas han sido ampliamente sobrepasadas [4]. Por el contrario, los métodos tradicionales encontrados en la literatura proporcionan resultados muy aceptables, sin embargo, las nuevas líneas de investigación van dirigidas a mejorar los algoritmos de detección.



**Figura 2.** Sistema para el control de calidad en la industria textil: 1) Cinta transportadora; 2) Encoder; 3) Sistema de iluminación; 4) Cámara Digital; 5) PC con el sistema de adquisición y procesado de la imagen.

Entre los métodos tradicionales más importantes se encuentra el método de substracción de imagen o el método 'golden image substraction' (GIS). Aplicando patrones de prueba se ha comprobado que detectan el 100% de las piezas sin defectos y el 56.67% de piezas defectuosas, lo que supone una ratio de éxito del 78.33% [5].

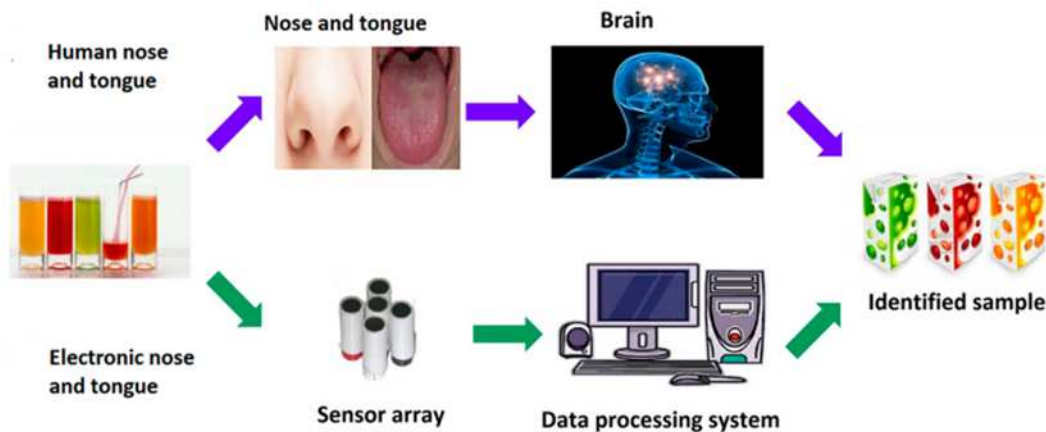
En la literatura se comprueba cómo han aparecido numerosos algoritmos de detección de defectos. La gran mayoría de ellos son una evolución de los algoritmos base buscando mejorar determinados parámetros o el comportamiento ante determinadas circunstancias. La búsqueda de un algoritmo que sea muy efectivo ante una serie diferentes defectos es el objetivo de este campo de investigación. En muchos casos aparecen transformadas de la imagen o procesamientos que incrementan considerablemente la eficacia del sistema. Entre esos métodos se encuentra los métodos basados en la transformada 'wavelet' que han obtenido ratios de éxito del 96.7% [5]. Otras corrientes de investigación se han

centrado en la búsqueda de irregularidades en la estructura de las fibras que forman los tejidos, estas diferencias se encuentran principalmente en las diferentes direcciones espaciales. Estos algoritmos buscan reducir el problema simplificándolo a las diferentes dimensiones [6].

Entre los métodos más punteros de detección se encuentra el algoritmo propuesto por Venkateswaran y Arumugam [7] que utilizan una transformada doble de 'wavelet' en dos dimensiones dónde han conseguido ratios de éxitos muy considerables y utilizando una complejidad computacional relativamente simple lo que les proporciona una velocidad muy alta como característica principal [7].

## LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIAL DE ALIMENTACIÓN

Hoy en día, en la industria de la alimentación los consumidores están prestando una gran atención a las características de los alimentos, como el olor, sabor y apariencia. Esto motiva a los científicos a imitar los sentidos humanos mediante dispositivos conocidos como sensores electrónicos para mejorar la identificación y la calidad. Estos incluyen las narices electrónicas, lenguas electrónicas, y la visión por ordenador.



**Figura 2.** Comparación entre el funcionamiento de los sentidos del gusto y el olfato y la lengua y nariz electrónica.

La visión por computador es usada para el control de la calidad, la autenticidad, la evaluación de la falsificación, la clasificación y la discriminación y la monitorización de los procesos de producción [8].

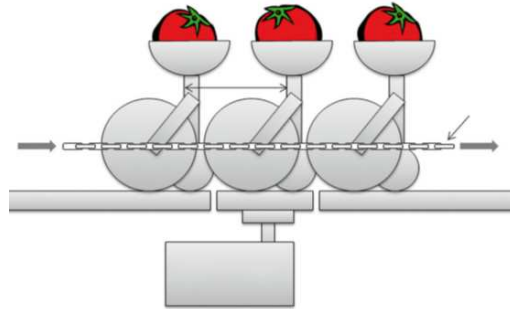
Los productos lácteos presentan una importancia muy grande debido a que es un grupo muy diverso ya que comprenden muchos tipos de alimentos distintos como el yogur, el queso, o la leche; cada uno de estos alimentos siendo ampliamente diversificado también. Los productos lácteos se hacen de diversas maneras por el uso de un amplio espectro de técnicas de fermentación, microorganismos, y aditivos alimentarios. Este escenario estimula la buscar herramientas analíticas que permitan la discriminación de los productos y su evaluación de la calidad. La nariz electrónica y la lengua se utilizan para supervisar los alimentos procesamiento, evaluar frescura, autenticar los productos, y determinar la vida útil de los alimentos.

En la actualidad la mayoría de los productos hortofrutícolas son clasificados y comercializados según unos estándares de calidad, que proporcionan un lenguaje común para productores, empaques, compradores y consumidores.

Un ejemplo comúnmente expuesto usa esta técnica en una fábrica de clasificación de tomates, de bajo coste, con dos objetivos [8]:

Servir los productores de tomate con la calidad establecida.

Clasificar según los estándares establecidos.



**Figura 3.** Esquema del subsistema de pesaje dinámico.

Como se puede observar en la figura 4, las ventajas de utilizar un tipo de sistema como el descrito son:

Es un Clasificador inteligente de tomates que realiza una clasificación, según su peso, diámetro y color. Este sistema optimiza los algoritmos de análisis para el caso específico del tomate, con la ventaja del uso de electrónica de bajo coste.

El prototipo es capaz de conseguir la clasificación a velocidad muy elevada, 12.5 clasificaciones por segundo, y utilizando para ello equipos comerciales accesibles y de bajo coste.

Consigue disminuir 4 veces el tiempo de la clasificación manual y no es sensible a la variedad de tomate clasificado.

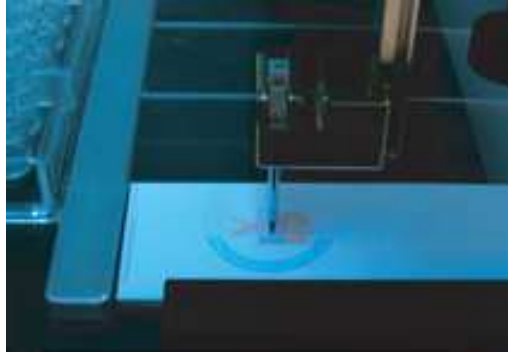
Este sistema facilita los procesos de estandarización y control de calidad, permitiendo aumentar la competitividad de las explotaciones agrícolas de tomate, repercutiendo positivamente en su rentabilidad.

Se amortiza a corto plazo, menos de seis meses, mientras que los sistemas comerciales actuales solo lo hacen en grandes centros de manipulación.

Las técnicas de selección de longitud de onda para procesamiento de imágenes hiperespectrales en la Industria Alimentaria son consideradas de las técnicas más novedosas y con mayor futuro.

Durante la última década, las imágenes hiperespectrales (HSI) se ha se aplica ampliamente en la industria alimentaria, en virtud de la utilización de técnicas quimiométricas en la que los métodos de selección de longitud de onda desempeñan un papel importante. Este artículo se realiza una revisión de los métodos de selección de variables y sus limitaciones, que describe la taxonomía básica de los métodos y sus respectivas ventajas y desventajas. Se presta especial atención a la evolución reciente de las técnicas de selección de longitud de onda de HSI en el campo de las evaluaciones de calidad y seguridad alimentaria. Los métodos típicos y comúnmente utilizados en HSI, tales como parcial de mínimos cuadrados de regresión, regresión paso a paso y el análisis del espectro, se describen en detalle. Algunos métodos sofisticados, como el algoritmo de proyecciones sucesivas, no informativo eliminación variables, recocido simulado, red neuronal artificial y métodos de algoritmos genéticos, también se discuten. Por último, los nuevos métodos no se usan actualmente, pero que podrían tener un impacto sustancial en el campo se presentan.





**Figura 4.** Ejemplo de equipo hiperespectral.

En resumen, este método de selección de longitud de onda en las áreas relacionadas con los alimentos y ofrece una perspectiva reflexiva sobre las posibilidades y los retos de futuro en el desarrollo de sistemas de HSI.

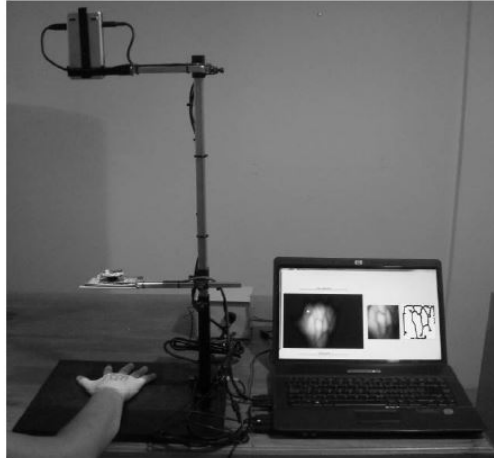
La imagen hiperespectral (HSI), como se puede observar en la figura 5, es una técnica que analiza un espectro amplio de luz que entra en una cámara. En lugar de asignar los píxeles individuales a los colores primarios (por lo general el rojo, verde y azul), la luz que entra en los píxeles individuales se divide en muchas bandas más, proporcionando más información de lo que está siendo observado. Las imágenes hiperespectrales han sido particularmente útiles para los satélites que vigilan el medio ambiente en la Tierra, pero ahora los investigadores del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés) están trabajando en llevar esta tecnología realizando imágenes del cuerpo humano en la búsqueda de la enfermedad [9].

## **LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL APLICADOS A LA MEDICINA.**

Alejándose del sector industrial se puede observar que este tipo de sistemas han obtenido un gran crecimiento en otro tipo de aplicaciones. Un sector en el que la visión por ordenador ha evolucionado considerablemente ha sido en el campo de la medicina. En la actualidad se están llevando a cabo numerosos procesos que han supuesto un gran avance y han mejorado las condiciones de salud de muchas personas.

Una de esas tantas aplicaciones es el método que Marcotti, Hidalgo y Mathé han encontrado para mejorar la calidad de las venopunciones. Se ha implementado un prototipo (ver figura 6) el cuál utiliza luz infrarroja para la detección de las venas, captarlas y posteriormente proyectarlas sobre la piel del paciente.

De esta manera, se mejora este procedimiento de forma significativa reduciendo su precisión y la molestia del paciente [10].



**Figura 5.** Prototipo del experimento.

## CONCLUSIONES

Los sectores y aplicaciones en los que se puede utilizar la visión por ordenador se ha ampliado enormemente durante los últimos años alejándose de la mera aplicación industrial para el control de calidad. Esto supone un avance enorme en la investigación de los componentes del sistema.

Se ha comprobado que los elementos físicos del sistema tienen unas prestaciones que en la mayoría de aplicaciones sobrepasan las especificaciones necesarias por el sistema. Por otro lado, aunque se han mejorado enormemente los algoritmos en las últimas décadas, el componente software de los sistemas sigue siendo el aspecto limitante. Es en este campo dónde se centran las nuevas líneas de investigación descubriendo o mejorando los métodos ya establecidos. Por lo que se llega a la conclusión que es un campo con un futuro prometedor dónde queda mucho por estudiar sobre todo teniendo en cuenta los ya muy extendidos sistemas 3D que incrementan la dificultad y la necesidad de obtener un tiempo real cada vez mayor.

## REFERENCIAS

1. Golnabi, H. and A. Asadpour, *Design and application of industrial machine vision systems*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007. **23**(6): p. 630-637.
2. Srinivasan, K., et al., *FDAS - A KNOWLEDGE-BASED FRAMEWORK FOR ANALYSIS OF DEFECTS IN WOVEN TEXTILE STRUCTURES*. Journal of the Textile Institute, 1992. **83**(3): p. 431-448.
3. Norton-Wayne, L., M. Bradshaw, and A. Jewell, *Machine vision inspection of web textile fabric*, in *BMVC92*. 1992, Springer. p. 217-226.
4. Stojanovic, R., et al., *Real-time vision-based system for textile fabric inspection*. Real-Time Imaging, 2001. **7**(6): p. 507-518.
5. Ngan, H.Y.T., et al., *Wavelet based methods on patterned fabric defect detection*. Pattern Recognition, 2005. **38**(4): p. 559-576.
6. Sezer, O.G., A. Ercil, and A. Ertuzun, *Using perceptual relation of regularity and anisotropy in the texture with independent component model for defect detection*. Pattern Recognition, 2007. **40**(1): p. 121-133.
7. Venkateswaran, T. and G. Arumugam, *DEFECT DETECTION IN FABRIC IMAGES USING TWO DIMENSIONAL DISCRETE WAVELET TRANSFORMATION TECHNIQUE*.
8. Clement, J., et al., *High speed intelligent classifier of tomatoes by colour, size and weight*. Spanish Journal of Agricultural Research, 2012. **10**(2): p. 314-325.
9. Clarke, M.L., et al., *Designing microarray phantoms for hyperspectral imaging validation*. Biomedical Optics Express, 2012. **3**(6): p. 1291-1299.
10. Marcotti, A., M.B. Hidalgo, and L. Mathe, *Non-Invasive Vein Detection Method using Infrared Light*. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 2013. **11**(1): p. 263-267.