

# Aplicación del sistema *Robot Vision PRO* para operaciones automáticas de control de calidad

Royman López Beltrán\*, Edgar Sotter Solano\*\*,  
Eduardo Zurek Varela\*\*\*

Laboratorio de Robótica y Automatización de la Producción  
Universidad del Norte

---

## Resumen

*En este artículo se presenta una alternativa para la realización del control de calidad en la producción de empaques utilizados en compresores centrifugos, basándose en la implementación del sistema de visión artificial Robot Vision PRO, capaz de ejecutar de manera totalmente automática las labores de identificación de objetos y de control de calidad de los mismos. También se presenta el procedimiento seguido para la adquisición, procesamiento, reconocimiento y ejecución del control de calidad de la aplicación estipulada.*

**Palabras claves:** Frame Grabber, visión artificial, clusters, patrones.

## Abstract

*This paper presents an alternative to the implementation of quality control, on the production of seals used in centrifugal compressors, based in the implementation of an artificial vision system Robot Vision PRO, capable of executing, in a completely automated way, both the identification and quality control of objects. It also presents the procedure followed for acquisition, processing, recognition and execution of quality control in the stipulated application.*

**Key words:** Frame Grabber, artificial vision, clusters, patterns.

Fecha de recepción: 14 de febrero de 2001

---

\* Estudiante de décimo semestre de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte. Miembro del grupo de investigación en Robótica y Automatización de la misma universidad y de la Asociación Colombiana de Automática (ACA).

\*\* Estudiante de décimo semestre de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Norte. Miembro del grupo de investigación en Robótica y Automatización de la misma universidad.

\*\*\* Ingeniero de Sistemas de la Universidad del Norte. Profesor tiempo completo y miembro del grupo de investigación en Robótica y Automatización de la misma universidad y de la Asociación Colombiana de Automática (ACA).  
(e-mail: ezurek@guayacan.uninorte.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

En lo referente al campo industrial, la necesidad de optimizar los procesos de producción, mejorando el rendimiento de sus diferentes etapas, brinda un buen punto de partida para iniciar una investigación. Todo proceso industrial es evaluado por la calidad de su producto final, esto hace de la etapa de control de calidad una fase crucial del proceso.

Los mecanismos utilizados para establecer la calidad de un producto varían dependiendo de los parámetros que tengan relevancia en el mismo. Cuando el parámetro relevante es la geometría o forma del objeto fabricado, se suele dejar a la vista humana el trabajo de inspección y verificación para el control de calidad; sin embargo, pueden existir errores en la geometría de un objeto que escapen de la vista de un operario y que luego impidan el buen funcionamiento de dicho objeto. En un caso como éste surge como una buena alternativa el utilizar un sistema de visión artificial capaz de detectar aquellos errores que un operario pudiera pasar por alto.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En el Laboratorio de Robótica y Producción Automática de la Universidad del Norte se cuenta con el sistema de visión artificial *Robot Vision PRO*, fabricado por la casa israelí *ESHED ROBOTEC'*, que se encuentra integrado a una subestación de control de calidad y ensamble dentro de un sistema *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*.

El sistema *Robot Vision PRO* es un paquete de *software* y *hardware* de visión que permite la adquisición, preprocesamiento y segmentación de imágenes. Además realiza procesamiento de datos de alto nivel que brinda filtrado de imágenes, elaboración de *clusters* y patrones e identificación de objetos.

Este paquete incluye un *software* de interfaz con los controladores de *ACL*

(*Advanced Control Language*) y *SCORBOT-ER III* para la integración y sincronización del robot y el sistema de visión. La interfaz entre el *Robot Vision PRO* y los lenguajes de programación del robot, *ACL* y *SCORBASE*, permiten una coordinación de visión en tiempo real del robot y el control de dispositivos externos, lo cual permite una amplia gama de aplicaciones.

### 1.1. HARDWARE

El sistema *Robot Vision PRO* consta de los siguientes elementos de *hardware*:

- Una cámara monocromática.
- Un monitor.
- Una tarjeta de adquisición de imagen *Frame Grabber*. Esta es una tarjeta que permite realizar una interfaz entre el computador y la cámara de video. Es capaz de almacenar en memoria señales muestreadas de video convertidas en señales digitales. El *Frame Grabber* utilizado en este sistema de visión es el *ComputerEyes/RT*. Este permite procesamiento de video en tiempo real y tiene una velocidad de procesamiento de 30 imágenes por segundo, lo que facilita la captación de objetos en movimiento [1].
- Un PC.

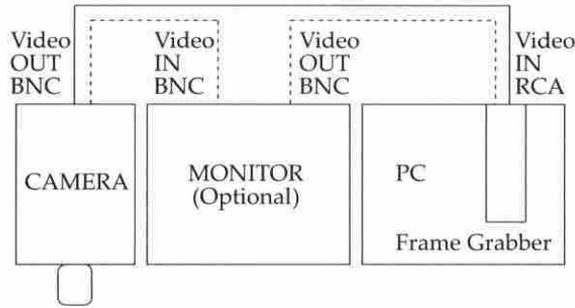


Figura 1. Esquema general de los elementos del sistema [2]

## 1.2. SOFTWARE

Los elementos de *software* son los siguientes:

- El programa RV-PRO
- Protocolo de comunicación serial RS-232
- Sistema operativo DOS

## 2. PROCEDIMIENTO PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE IMÁGENES

### 2.1. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

En el procedimiento de adquisición de imágenes se realizan todos los ajustes preliminares al sistema, con el fin de adecuar los parámetros para la aplicación específica que se va a realizar.

Estos ajustes previos van asociados a la preparación y adecuación del *frame* y de la imagen. El *frame* es un marco que delimita el área de trabajo de la cámara y permita eliminar de la imagen datos irrelevantes (manchas, suciedad, otros objetos, etc.).

El primer paso consiste en tomar con el sistema una fotografía del objeto que se va a analizar y adecuar el tamaño del *frame* según las características de forma y tamaño de la imagen. Posteriormente se verifican y se optimizan de forma automática los valores de ganancia y *offset\** del sistema para garantizar una operación óptima del mismo.

Después de optimizar las condiciones de operación del sistema se realiza el proceso de binarización, en el cual se adecúa la imagen inicial hasta producir una imagen monocromática (blanco y negro) clara del objeto enmarcado en el *frame*. El siguiente paso es la calibración del *frame*, donde el sistema arroja el tamaño del píxel y las dimensiones físicas (ancho y alto) del objeto analizado. Por último, la imagen se somete a un proceso de filtrado para mejorar su calidad. Para esta aplicación se utilizó el filtro predeterminado del sistema, el filtro *Edge*. Este filtro suaviza los contornos de las imágenes.

\* *Offset*: Error estacionario que se produce en el sistema para las nuevas dimensiones del *frame*.

## 2.2. RECONOCIMIENTO DE OBJETOS

Para el reconocimiento de objetos es necesario generar el *cluster* del objeto analizado. El *cluster* es un conjunto de parámetros del objeto (área, perímetro, excentricidad, etc.), que se usa para definir las distintas características de un objeto y que le permiten al sistema distinguirlo e identificarlo.

Durante la construcción del *cluster*, el sistema identifica el objeto y lo muestra individualmente en la pantalla. Para facilitar la labor de identificación es necesario crear una base estadística del *cluster* del objeto rotándolo y fotografiándolo en diferentes posiciones. El sistema ofrece la opción de aprender el *cluster* en cada posición que sea colocado, siempre y cuando éste permanezca contenido en el *frame*.

La figura 2 muestra la generación de un *cluster* para una labor de identificación de un empaque de compresores industriales.

Cuando el sistema pueda reconocer el *cluster* desde cualquier posición se procede a verificar la generación del patrón correspondiente que permitirá realizar la labor de identificación de objetos. Al generar la base estadística del *cluster*, el sistema automáticamente construye una base de datos del patrón. Si al sistema se le hace imposible reconocer los patrones, es necesario generar una base estadística para el patrón, hasta que al sistema le sea posible reconocer el objeto desde cualquier posición.

Es importante conocer cuál es el rasgo más relevante del objeto (área, perímetro, excentricidad, etc.) que utiliza el sistema para la identificación. El sistema

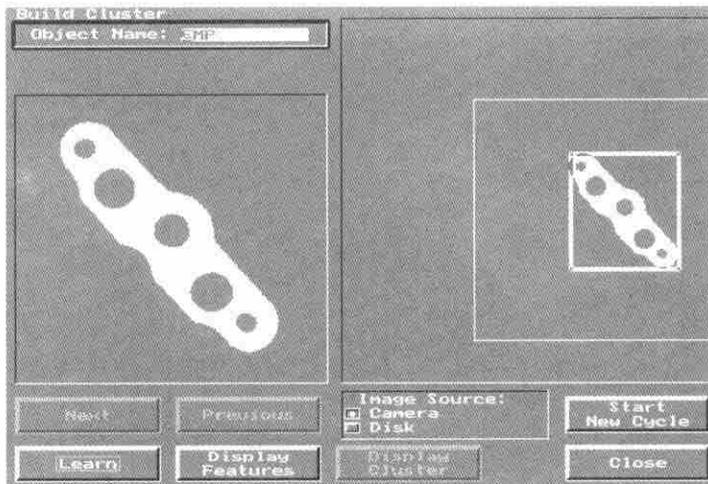


Figura 2. Generación de *clusters* para el reconocimiento de un empaque

RV PRO contiene la opción *features power*, que arroja de forma comparativa el nivel de importancia de cada rasgo de la imagen.

Para la identificación de un objeto, el sistema compara la imagen de éste con los patrones que tiene grabados en su base de datos. En la pantalla del menú de identificación se muestra el nombre del patrón y se señalan los rasgos más determinantes que el sistema usó para la identificación.

Si el sistema es incapaz de arrojar el nombre del patrón asignado para el objeto, es necesario extender la base de datos construyendo más *clusters* y patrones.

La figura 3 muestra la pantalla de comandos de identificación del sistema *Robot Vision PRO*, en la cual se observa la identificación del *cluster* esbozado en la figura 2.

### 2.3. ANÁLISIS DE OBJETOS

El sistema *Robot Vision PRO* brinda la posibilidad de obtener datos numéricos de las dimensiones y otras características geométricas a partir de la imagen del objeto. Para realizar esta labor es necesario definirle al sistema los puntos dentro del contorno del objeto que utilizará para las mediciones. Estos puntos se pueden definir de manera global, en caso de utilizar la configuración para todos los objetos, o de manera local, en caso de utilizar la configuración solamente para ese tipo particular de objeto.

Estando ya definidos los puntos para medición, es posible para el sistema ejecutar el proceso de mediciones de parámetros geométricos del objeto. Las mediciones también pueden ser globales, usadas para todos los objetos, o locales, usadas para un tipo particular de objeto.

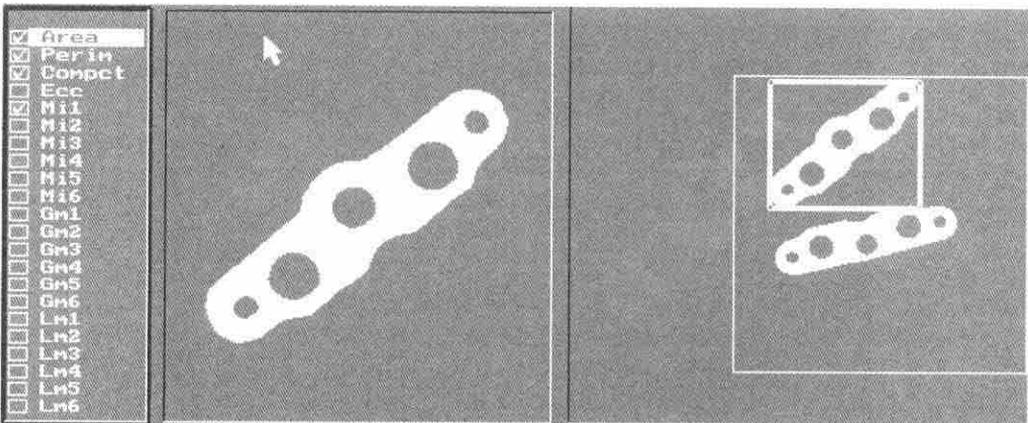


Figura 3. Ventana de identificación automática del sistema *Robot Vision PRO* ejecutando la identificación de un empaque industrial

El sistema posee una amplia gama de funciones predeterminadas que permiten calcular ángulos, distancias, etc., entre los diferentes puntos de medición establecidos anteriormente. A continuación se muestran algunos ejemplos de funciones que se le pueden introducir al sistema para obtener mediciones de la geometría del objeto:

- Para obtener el área del objeto:

$$\_NAME\_() = AREA(O)$$

- Para obtener la distancia entre dos de los puntos para medición:

$$\_NAME\_() = DIST(P\_1.,P\_2.)$$

- Para obtener un ángulo entre tres de los puntos para medición:

$$\_NAME\_() = ANGLE(P\_1.,P\_2.,P\_3.)$$

### 3. PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD

El sistema *Robot Vision PRO* otorga la posibilidad de realizar operaciones automáticas de control de calidad basándose en el rasgo más representativo de la imagen, que le permite al sistema determinar rangos de aceptabilidad con respecto a dicho parámetro para la pieza que va a ser objeto de dicho control.

Para esta práctica se utilizaron para el control de calidad varias muestras de empaques industriales para compresores, en las cuales una de las muestra estaba en óptimo estado y las otras fue-

ron cortadas en los extremos para ser consideradas como productos en mal estado.

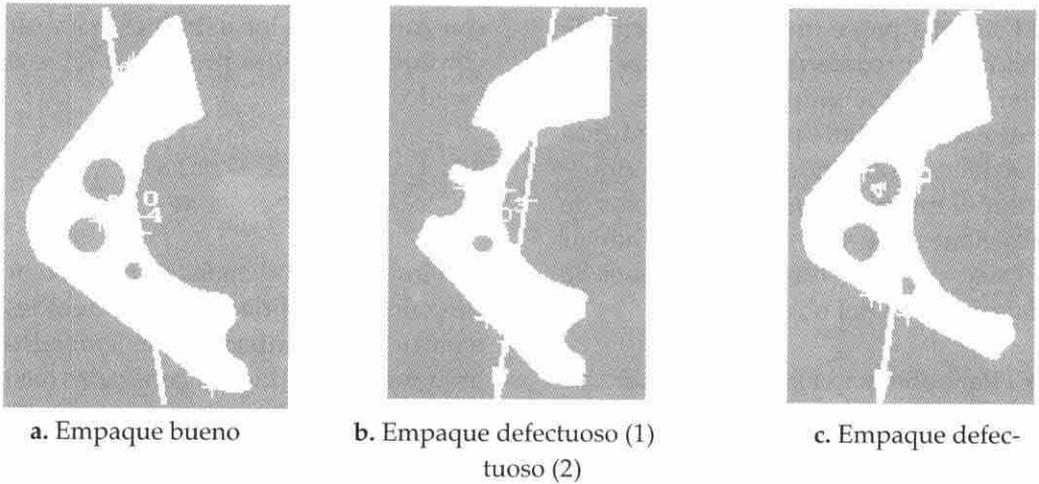
#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES ADQUIRIDAS

Las imágenes utilizadas para la labor de control de calidad fueron obtenidas a partir de los empaques mencionados anteriormente y fueron generadas bajo el patrón EMP2. Fue necesario enseñarle al sistema a reconocer, con esta referencia, tanto el empaque bueno como los empaques que fueron recortados.

Mediante el menú de *measurements* se obtuvieron las mediciones del área en  $\text{mm}^2$  de cada uno de los empaques, con el fin de registrar estos datos para la construcción de las funciones para el control de calidad. En la figura 4 se pueden observar los diferentes empaques utilizados para el control de calidad.

#### 3.2. CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD

Como se había mencionado, el sistema permite conocer el rasgo más relevante de la imagen procesada y cuál es el más eficaz al momento de discriminar otros objetos en lo que constituye la labor de control de calidad. Examinando la escala de relevancia dada por el sistema para los rasgos del patrón EMP2 (empaque 2), se notó que la característica geométrica que se debía utilizar para el control de calidad era el área del patrón.



**Figura 4.** Empaques utilizados para realizar la labor de control de calidad

Posteriormente, utilizando las funciones de *measurements* se procedió a obtener el área de la muestra buena y de las muestras defectuosas. En la tabla 1 se observan los datos arrojados por el sistema.

**Tabla 1**  
Datos de área de las muestras para control de calidad

Muestra	Área (mm <sup>2</sup> )
Empaque bueno	7115.75
Empaque defectuoso (1)	5548.40
Empaque defectuoso (2)	5623.08

### 3.3. DEFINICIÓN DE FUNCIONES PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Para realizar la operación de control de calidad, el sistema *Robot Vision PRO* posee un menú para definir la función que le permitirá conocer cuál es el rango

permisible para aceptar un producto, basándose en el rango más relevante que ha definido el mismo sistema.

En este caso, la función para el control de calidad fue definida a partir del área del empaque bueno, que servirá de patrón para aceptar y rechazar productos. Esta función, que se define a continuación, posee el valor entero del área del empaque bueno y el porcentaje de variación permisible de la función *área(0)*, que define el área del objeto examinado.

$$QUALITY\ EXPRESSION = 7115 \pm 3\% AREA(0)$$

### 3.4. APLICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

Para la ejecución de la operación de control de calidad fueron dispuestos los empaques de tal forma que las geometrías quedaran plenamente contenidas en el *frame*, y posteriormente se realizó de forma individual el control

de calidad para cada uno de los empaques.

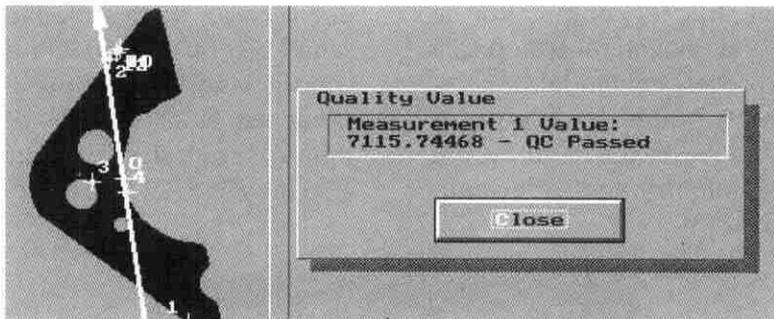
Es de esperar que el empaque bueno sea aceptado y que los empaques defectuosos sean rechazados. En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos con el sistema *Robot Vision PRO* para esta aplicación.

#### 4. INTERFAZ ENTRE EL *RV PRO* Y EL *OPENCIM*

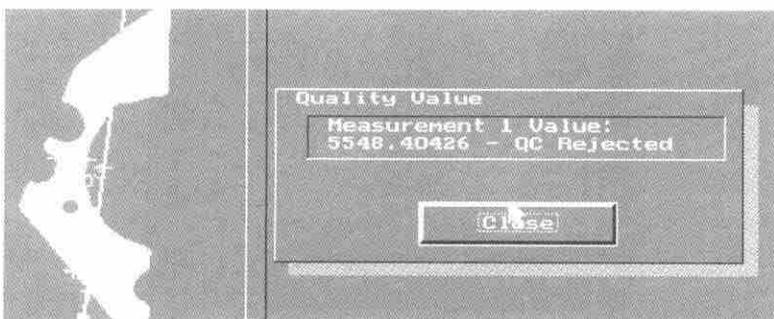
El sistema *RV PRO* posee una interfaz directa con el *OPENCIM*, que es el *software* que maneja las operaciones de la celda de manufactura integrada. Esta interfaz hace posible la integración automática

de operaciones de identificación de objetos y de control de calidad con las diferentes subestaciones de trabajo de la celda.

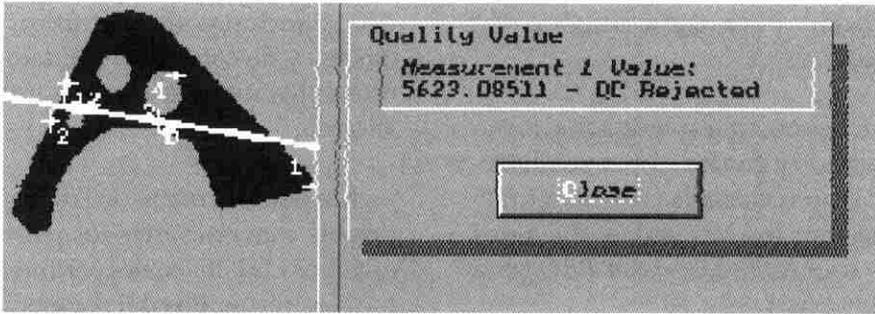
Mediante el menú de *Lookup table* es posible convertir archivos patrones en archivos LUT, los cuales permiten transferir los resultados del reconocimiento al computador *manager OPENCIM*, para que éste coordine las operaciones posteriores al reconocimiento, que podría ser ordenarle al robot que deseche la pieza y requerir otra si en el reconocimiento se encuentra que la pieza no es la deseada, o si la pieza es la requerida, ordenar trasladarla a la instancia o línea de proceso posterior.



a. Empaque bueno (*Producto aceptado*)



b. Empaque defectuoso (1) (*Producto rechazado*)



c. Empaque defectuoso (2) (Producto rechazado)

Figura 5. Resultados de la prueba de control de calidad

#### 4.1. COMUNICACIONES

La cámara y el monitor del sistema se encuentran conectados por medio del puerto serial al pc. El computador de visión recibe la imagen tomada por la cámara y la procesa enviándola al computador CIMPc-3, que es el computador *manager* de la subestación de control de calidad, mediante el protocolo de comunicación RS232 [3].

#### 4.2. RV PRO DEVICE DRIVER

El *RV PRO device driver* es la ventana de comunicación que maneja el computador *manager* de la subestación de ensamble y control de calidad, que permite conocer las órdenes que se están procesando en el sistema *RV PRO*. En la figura 6 se muestra la ventana de operación del *RV PRO device driver*.

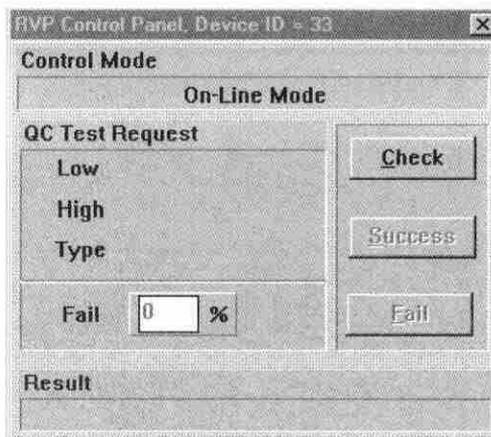


Figura 6. Ventana gráfica del *RV PRO device driver*

## CONCLUSIONES

Utilizar un sistema de visión artificial en la etapa de control de calidad de un proceso industrial permite discriminar con más precisión los defectos en la geometría de la pieza de trabajo resultantes de la etapa de fabricación. Sin embargo, se hace necesario utilizar otros mecanismos de control de calidad para verificar otras características físicas y propiedades mecánicas que no puede percibir un sistema de visión.

El sistema de visión por computador *Robot Vision PRO* resultó eficiente para la detección de defectos geométricos en los empaques de compresores centrífugos, ya que la flexibilidad del *software* permitió ajustar las condiciones del *frame* al tamaño requerido para la apropiada medición de los empaques. Este sistema es lo bastante didáctico como para desarrollar expresiones que permitan realizar de manera totalmente automática mediciones del objeto, labores de reconocimiento y de control de calidad.

## Referencias

- [1] <http://information.software-directory.com/software-2.cdprod1/004/374.ComputerEyes.RT.shtml>
- [2] ESHED ROBOTEC: *Robot Vision PRO: user's manual*. Israel, Eshed Robotec, 1995.
- [3] ZUREK, Eduardo; VADALA, Sonia; HEREDIA, Jorge. «Identificación de la red de la sala CIM de Laboratorio de Robótica de la Universidad del Norte». *Revista Ingeniería y Desarrollo*, N° 6, Jul-Dic., Universidad del Norte, 1999.

## Bibliografía

- BARRIENTOS, A. *Fundamentos de robótica*. Madrid, McGraw-Hill, 1997.
- FU, K., et al. *Robótica: Control, detección, visión e inteligencia*. México, McGraw-Hill, 1989.
- <http://www.eshed.com/machinevision.htm>