

**COPIA PRIVADA CON FINES DOCENTES**

# **VISIÓN POR COMPUTADOR**

**ARTURO DE LA ESCALERA HUESO**



# 1. Introducción

Expresiones como *visión de juego*, *amplitud de miras* o *tener vista*, indican la importancia que la información visual tiene para los hombres. Los sentidos son los medios por los que interactuamos con el mundo que nos rodea, y, de entre ellos, la vista destaca como el más importante y complejo de todos: frente a las treinta mil fibras nerviosas dedicadas al sentido auditivo existen dos millones para el visual, y algunos estudios cifran su importancia en el 75% de la información sensorial procesada por el cerebro. Los sentidos producen sensaciones que, en unión con las experiencias anteriormente adquiridas, se convierten en percepciones. La percepción capta la realidad exterior, la ordena en totalidades coherentes y aporta una interpretación. A través de los ojos recibimos información de la posición de los objetos del entorno, determinamos el camino libre de obstáculos, distinguimos lo que se mueve de lo estático, calculamos trayectorias, reconocemos a personas, detectamos la presencia de posibles peligros, analizamos el color de las imágenes, etc.

Se pueden establecer varias analogías entre la visión humana y por computador, ya que ambas tendrán un elemento sensor (el ojo y la cámara) y un procesador de la información (el cerebro y el computador) aunque nunca perdiendo de vista que no se trata de imitar o replicar el sentido de la vista en el hombre (figura 1.1). El elemento sensor lo forma la retina, que se encuentra en la parte posterior del glóbulo ocular. Se pueden distinguir dos partes: La fovea y la mácula. La primera es la zona central donde se encuentra el mayor número de elementos sensibles a la luz y que dará una zona de la imagen con una resolución alta. Su área es muy pequeña, de 1.5 mm de diámetro, y de unos dos grados de ángulo visual (aproximadamente el dedo pulgar con el brazo extendido). La mácula constituye la mayor parte de la retina y es donde la resolución es peor. Además de por el tamaño y resolución ambas zonas se diferencian por las longitudes de onda de la luz a las que presentan una mayor actividad. Esto se debe a que los elementos sensores pueden ser de dos tipos: los conos y los bastones. Los primeros están distribuidos sobre todo en la fovea y los segundos en la mácula. Los conos presentan una respuesta distinta según sea el color que perciban ya que hay tres tipos distintos y para su activación necesitan que haya una luz brillante. Su número se cifra entre seis y siete millones. Cada uno de ellos está conectado a varias neuronas por lo que la misma información espacial se transmite por distintas vías al cerebro. Los bastones no distinguen entre colores; sólo con ellos se obtendría una imagen en blanco y negro, pero en contrapartida presentan respuesta aun con poca luz. Son mucho más abundantes, entre 75 y 105 millones, pero varios de ellos se conectan a la misma neurona; por ello su misión no es tanto aumentar la resolución espacial de las imágenes como que llegue más información al cerebro. Una consecuencia es que por la noche se distinguen mejor los objetos si no nos fijamos (visión foveal) directamente en ellos (visión periférica). Hay una zona del ojo, a la que llega el nervio óptico, donde no existen ni bastones ni conos por lo que, en principio, deberíamos ver siempre un agujero negro en nuestras imágenes. El cerebro “rellena” esa falta de información con la que tiene en los puntos adyacentes.

Para que la retina transmita la señal eléctrica correspondiente a la imagen, los rayos luminosos deben concentrarse en ella. La función de lente la realizan varios elementos. El más exterior de todos es la córnea. Es un material transparente y funciona como una lente fija. El iris o pupila controla la apertura dejando pasar más o menos luz a la retina. Después del iris se encuentra otra lente (el cristalino) que a través de los

músculos ciliarios puede cambiar de forma, por lo que el ojo puede ir enfocando sucesivamente objetos que se encuentren a distintas distancias.

Como se verá mas adelante, en el capítulo segundo, el ojo humano, en comparación con los sensores de que se dispone para el análisis de imágenes, presenta una resolución espacial pobre, su rango dinámico es pequeño y el rango de longitudes de onda de los rayos luminosos que es capaz de percibir es menor.

Una vez que la señal luminosa ha sido transformada en eléctrica es procesada por el cerebro. Los nervios que conectan el ojo con éste llegan al córtex visual primario (situado en el lóbulo occipital) y se distinguen en dos grandes grupos según su mayor o menor sensibilidad al movimiento presente en las imágenes. Estos nervios tienden a mantener el contraste de la imagen (la relación entre los valores más altos y bajos y el valor medio) constante por lo que aumentan o disminuyen su ganancia. El córtex visual primario es una zona de unos 24 cm<sup>2</sup> y tiene 1.5 10<sup>8</sup> neuronas. Al hemisferio derecho del córtex visual llega sobre todo información de la parte izquierda del campo visual de los ojos y viceversa. Aunque su función para la vista está clara para todos los mamíferos, su importancia es distinta. Así, un daño en esa zona no afecta al comportamiento de los gatos, en los monos produce una ceguera inicial, aunque con el tiempo recuperan parte del sentido de la vista y en el hombre causa una ceguera total y permanente.

En el cerebro se realiza una labor de extracción de características de la imagen. Para ello existen zonas especializadas que responden mejor a un tipo de características que a otras. Así las zonas parietales responden mejor a modificaciones espaciales de los objetos: dónde se encuentran en la imagen, con qué tamaño, si presentan diferente orientación y qué zonas de la imagen son estáticas y en cuáles existe movimiento. El lóbulo inferior temporal responde a los diferentes colores que hay en la imagen, las texturas, forma de los objetos, y tiene una zona especialmente dedicada al reconocimiento de caras. El lóbulo occipital realiza una separación de los objetos del fondo (similar a la separación que se hace en música entre melodía y acompañamiento) bien por agrupación de regiones de valor uniforme o, por lo contrario, zonas con una fuerte discontinuidad.

Con la fusión esta información somos capaces de reconocer e identificar objetos a pesar de las siguientes limitaciones:

- Los objetos se encuentran a distintas distancias.
- Los objetos están a la misma distancia pero tienen distinto tamaño.
- Los objetos están rotados.
- Se encuentran en distinta posición dentro de la imagen.
- Los objetos están ocultos parcialmente.
- Las imágenes están parcialmente degradadas.
- Somos capaces de generalizar y particularizar al mismo tiempo.

¿Cómo a partir de las características extraídas de la imagen se consiguen estas capacidades? Es una pregunta cuya respuesta no se conoce y que constituye un campo de investigación que está abierto y que presenta muchos interrogantes todavía, ya que no hay consenso o una aproximación teórica al “ver”. En el fondo es encontrar los algoritmos que nos permitan explicar por qué la forma es más que la suma de las partes. Sin embargo constituye el paso fundamental en el proceso de visión. Por ello se verá a lo largo del presente libro cómo se conocen algoritmos que extraen las mismas características de un modo aceptable, pero que fallan a la hora de reconocer el objeto.

Debido a la importancia del sentido de la vista humana era lógico que, con la aparición de los primeros ordenadores, una de las primeras aplicaciones en las que se

investigara fuera la *visión artificial*: el análisis de imágenes a través de computadores para obtener una descripción de los objetos físicos que son captados por la cámara.

Los primeros trabajos relacionados con la visión artificial datan de la década de los cincuenta. Se pensaba al principio que el desarrollo de un sentido artificial de la vista sería una tarea fácil y alcanzable en pocos años. Esta idea se reafirmó con los primeros trabajos en los que se utilizaron cámaras para la percepción del entorno. Así puede mencionarse el importante trabajo de Roberts (1963) que demostraba la posibilidad de procesar una imagen digitalizada para obtener una descripción matemática de los objetos incluidos en la escena, expresando su posición y orientación mediante transformaciones homogéneas; o el Wichman (1967), que presentó en Stanford un equipo con cámara de televisión conectada a un computador, que podía identificar objetos y sus posiciones en tiempo real. Sin embargo, y en ambos casos, se trataba de imágenes muy simples, con fuertes restricciones. Como ejemplo del entusiasmo inicial puede citarse a Marvin Minsky, uno de los pioneros de la Inteligencia Artificial, que propuso a un alumno en el verano de 1966 como proyecto el que un ordenador describiera lo que viese. Tal proyecto, por supuesto, nunca se terminó.

Este entusiasmo inicial fue debido por un lado a una gran confianza en el poder de los computadores y por otro a la consideración de que, si el "ver" constituye para los hombres una tarea fácil, igual debería suceder con los ordenadores. Sin embargo pocos años después la nota predominante en los laboratorios era la frustración ante lo limitado de los avances obtenidos y las pocas aplicaciones existentes. Aunque se hubieran desarrollado algoritmos que son utilizados hoy en día, como los detectores de bordes de Roberts (1965), Sobel (1970) y Prewitt (1970), su funcionamiento estaba muy limitado a un reducido número de imágenes y casos. Es por ello que los años 70 presentan un abandono progresivo en la investigación. Es interesante hacer notar que un proceso parecido ocurrió con el estudio del proceso visual en el hombre.

La explicación de esta fluctuación tan grande en el estado de ánimo está en que la información visual es una proyección bidimensional de objetos tridimensionales y por lo tanto hay infinidad de posibles soluciones. En este hecho se basan las ilusiones ópticas, en las que se presentan al lector figuras familiares pero que son imposibles de realizar en la práctica. Otro motivo del desánimo tras las primeras investigaciones fue la constatación de que la facilidad del proceso visual para los hombres sólo quiere decir que no somos conscientes de todo el proceso que se realiza, desde la captación de la imagen hasta la obtención de la información útil. A diferencia de la resolución de ecuaciones diferenciales, donde sí que somos conscientes de los pasos que hay que realizar, el análisis de imágenes se realiza de forma subconsciente por lo que se nos antoja una tarea fácil, cuando la realidad es que desconocemos sus etapas. Tómese la figura 1.2. Para la representación de la fotografía se han tomado el valor de cada uno de sus puntos y dependiendo de su valor se les ha dado una altura mayor cuanto más blanco fuera. Por tanto la fotografía de la izquierda y la gráfica de la derecha contienen exactamente la misma información. Sin embargo, mientras que somos capaces de reconocer y describir los objetos de la fotografía, apenas alcanzamos a establecer un paralelismo con la gráfica. Ello es porque en el proceso de percepción las sensaciones (la imagen captada) se unen al conocimiento previo que se tiene. Sin embargo las imágenes para los computadores no son más que una superficie a analizar. Y ahí estriba la complejidad del problema: hacer de forma explícita el proceso de la percepción.

A partir de la década de los ochenta se empieza a hacer hincapié en la extracción de características. Así se tiene la detección de texturas (Haralik (1979)), y la obtención de la forma a través de ellas (Witkin (1981)); y ese mismo año se publican artículos sobre: visión estéreo (Mayhew y Frisby), detección del movimiento (Horn),

interpretación de formas (Steven) y líneas (Kanade); o los detectores de esquinas de Kitchen y Rosendfeld (1982). Quizá el trabajo más importante de esa década es el libro de David Marr "*Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*" (1982), donde se aborda por primera vez una metodología completa del análisis de imágenes a través de ordenador.

Por ello a partir de esa década la visión artificial despunta de nuevo como una de las principales líneas de investigación en muchas universidades. Manifestación de ello es la aparición continua de revistas especializadas, o el número cada vez mayor de congresos internacionales, los fondos dedicados a su investigación y desarrollo, la aparición de asignaturas en los planes de estudios universitarios, etc. La causa de dicho crecimiento se debe en gran parte al enfoque más realista del problema a resolver: por ejemplo empieza a denominarse con el nombre menos rimbombante *visión por computador*<sup>1</sup> en lugar de visión artificial; y además al desarrollo de los computadores: el aumento de su capacidad de cálculo y la disminución de su precio, y la aparición de "hardware" específico para el procesamiento y tratamiento de imágenes. Con ello empiezan a ser utilizables aplicaciones ya resueltas con anterioridad, pero con un tiempo de cálculo inviable o un precio prohibitivo.

Aunque la visión por computador está relacionada con otras tecnologías, destacan sobre todo tres:

- El procesamiento de imágenes, cuya finalidad es la transformación de una imagen en otra. Aparece ya a principios de siglo y de ella se toman algunas técnicas, aunque con una finalidad distinta (como se explicará en el tema cuarto). De todas formas las fronteras entre el procesamiento de imágenes y la visión por computador son cada vez más tenues.
- La generación de gráficos por computador, cuya finalidad es el paso o transformación de una descripción de los objetos a una imagen. Se recorre el mismo camino, pero en sentido contrario al análisis de imágenes, donde se quiere recoger una información abstracta a partir de lo captado por la cámara. Comparten algunas tecnologías (como la MMX que se explica en el tema segundo).
- Reconocimiento de patrones cuya finalidad es clasificar un objeto a partir de unas características entre un conjunto de candidatos. En el caso de la visión por computador se aplicarán sus algoritmos a un caso específico<sup>2</sup>.

El rango de aplicaciones en las que la visión por computador empieza a tener un papel principal es muy variado y creciente y puede resumirse en la tabla 1.1. El uso militar del análisis de imágenes ha acelerado, al igual que en otros campos tecnológicos, el desarrollo del hardware y software. Pueden citarse la detección automática y el seguimiento de objetivos militares, el análisis del terreno y las armas inteligentes; en éstas destaca la realimentación visual de los misiles crucero o la estabilización de imágenes para el guiado de bombas. Siguen en importancia a estas aplicaciones, las dedicadas al control de calidad. Con ellas se busca un 100% de inspección y obtener una uniformidad en los criterios de clasificación de las piezas. Estos objetivos son difíciles de lograr con operadores humanos sujetos a apreciaciones subjetivas, cansancio, etc. Además el análisis de imágenes suele conseguir un incremento de la producción al

---

<sup>1</sup> Los nombres más usuales en la literatura anglosajona son: machine vision, computational vision, image understanding, robot vision, image analysis, scene analysis y computer vision que es el que más se usa en la actualidad.

<sup>2</sup> Por ejemplo, la revista más importante sobre visión por computador es el IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence

hacer las comprobaciones de forma más rápida, y una mejora en la fabricación al poderse integrar la información de los defectos en el proceso de elaboración del producto y poder corregirse éste; por último pueden detectarse defectos difícilmente perceptibles por el ojo humano. La robótica es el tercer gran campo de aplicación. Los robots industriales exigen en muchas de sus tareas una gran precisión en la colocación de las piezas. Aquellos suelen estar dotados solamente de sensores internos que permiten conocer su posición pero no de la de los objetos que los rodean. Gracias a la visión por computador el robot puede conocer la posición y orientación de la pieza que tiene que coger, por lo que se ahorra un coste importante en los mecanismos de posicionamiento de las piezas. Otra aplicación, por ejemplo, es la evaluación de la soldadura mientras el robot industrial la está realizando, con lo que aumenta su calidad. En la agricultura, el análisis de imágenes tomadas con satélite permite determinar los diversos tipos de terreno y con ayuda del posicionamiento por satélite sembrar o desinfectar los cultivos dependiendo de la zona en la que se esté. En biomedicina la primera aplicación fue la determinación automática del número de glóbulos rojos en la sangre. En la actualidad se trabaja en la elaboración de modelos tridimensionales a través de las imágenes obtenidas por resonancia magnética. La identificación es uno de los campos donde la visión por computador ha irrumpido con fuerza. Ya están accesibles al público teclados de ordenador que llevan incorporados un analizador de huellas dactilares, que comprueba si el usuario está autorizado a usar ese sistema informático o no. El reconocimiento automático de caras es otra realidad, aunque para un grupo reducido de candidatos. Los sistemas actuales ya no exigen que sujeto mire directamente a la cámara sino que lo localizan entre una multitud; el de esta características se ha instalado en algunos barrios de Londres para la detección de criminales. Como penúltimo grupo de aplicaciones se encuentran las medidas de seguridad para detectar intrusos. En el análisis del tráfico se identifican matrículas en aparcamientos y peajes. Con esta relación no se ha pretendido hacer una descripción exhaustiva de las aplicaciones de la visión artificial ya que, allí donde un operador tenga que tomar una decisión basada en lo que ve, puede existir un campo de aplicación para el análisis de imágenes por computador.

En resumen, todavía se está lejos del "modelo" de la visión artificial: la vista humana. Es más, se está lejos de conseguir un sistema artificial con las mismas características que la visión de los animales inferiores. Sin embargo se cuenta con una ventaja: lo que los ordenadores hacen bien, lo hacen muy bien; y no están sujetos a variables como cansancio o estado de ánimo. Por ejemplo el sistema VaMoRs, desarrollado por Dickmans y Zapp en la Universität der Bundeswehr en Munich, conduce una furgoneta a 96 km/h en autopista. El sistema tiene sus desventajas: no está previsto que haya ningún coche delante. Otro ejemplo claro de las ventajas de la visión artificial es en el control de calidad. A ningún operario se le puede pedir que inspeccione la calidad de 50 piezas por segundo durante su turno de trabajo; a un sistema de visión por computador sí.

El desarrollo de una aplicación basada en la visión por computador (figura 1.3) puede dividirse en dos etapas. En la primera, denominada visión de bajo nivel, el objetivo es procesar la imagen de tal manera que el resultado sea el conjunto de las características que definen el problema a resolver: diferentes zonas de color, presencia o no de objetos en movimiento, texturas, forma de los objetos. La segunda etapa, denominada visión de alto nivel o análisis de imágenes, utiliza dichas características para obtener descripciones más abstractas: análisis de las formas, reconocimiento y localización de objetos. Se suele insistir en que el procesamiento de alto nivel está basado en el conocimiento de las propiedades que definen el problema que se quiere

resolver, de los objetivos concretos que se quiere alcanzar y de los caminos que se van a seguir para lograrlos. Esto no puede llevar a la idea de que el procesamiento de bajo nivel sea poco “inteligente” ya que no es del todo cierto. Aunque el nivel de abstracción es mayor conforme se desarrolla un algoritmo, para todas las etapas influye decisivamente el problema concreto de que se trate; y por ello todas las etapas están muy relacionadas con el caso específico que se quiere resolver.

Si se pretende, por ejemplo, desarrollar un sistema de ayuda a la conducción en carreteras, el primer paso es delimitar el problema: ¿Cuáles son los objetivos que el sistema tiene que alcanzar? Por ejemplo es distinto el enfoque para un sistema de visión que quiera detectar ambos lados de una carretera que para otro con el que se quieran detectar posibles obstáculos enfrente del coche. En función de esa delimitación habrá que extraer de las imágenes una información u otra. Siguiendo el ejemplo anterior, en el primer caso se buscarían las bandas laterales que están pintadas en los bordes, la búsqueda sería en los laterales de la imagen; en el segundo caso la zona de búsqueda estaría justo en el centro de la imagen. Por último habría que analizar la información recogida para ver si realmente corresponden a lo que se buscaba, al modelo que se tiene de una carretera: dos bandas paralelas.

La estructura del libro sigue la figura 1.3 y es la siguiente:

En el capítulo segundo se hace el análisis de un sistema basado en visión por computador. En cualquier sistema de visión el primer elemento presente es la luz. Se estudian los diversos tipos de iluminación que existen con sus ventajas e inconvenientes. A continuación se describen las distintas ópticas que se pueden utilizar, con los parámetros que las definen. También se hace un repaso a los diversos tipos de cámaras presentes en el mercado. El último elemento lo constituye la tarjeta de procesamiento de imágenes. Se hace un repaso a los diversos módulos que tendría una tarjeta ideal y se describen sus funciones.

El capítulo tercero trata sobre las imágenes digitales. Se enumeran los parámetros que las definen: resolución, niveles de gris, histogramas, conectividad, etc.

El siguiente capítulo habla de las transformaciones que pueden sufrir las imágenes. Dos serán los tipos que se estudien según se trabaje en el dominio espacial (convolución), o frecuencial (transformada de Fourier).

El capítulo quinto describe la etapa de preprocesamiento. La imagen original no reunirá generalmente las mejores características para su análisis. Se estudian diversos métodos para la eliminación del ruido, mejorar el contraste de la imagen o resaltar los bordes.

Una vez preprocesada la imagen viene la etapa de extracción de características tales como bordes, esquinas o la textura de la imagen, que se describe en el capítulo sexto.

En el capítulo séptimo se estudia la segmentación de imágenes: cómo individualizar cada uno de los objetos presentes en la imagen, es decir, cómo separar en la imagen los objetos (aquello que interesa) del fondo y cómo separar los objetos entre sí.

Una vez concluida esta etapa, puede interesar variar la forma de los objetos; por ello se estudiarán las transformaciones morfológicas. Después habrá que encontrar un segundo grupo de características que describan a los objetos.

Como última etapa se encuentra el reconocimiento de patrones. Con toda la información obtenida de la imagen y el conocimiento previo que se tiene del entorno, se determina qué objetos hay presentes en la escena y dónde se encuentran.

Este camino no es en una única dirección. Resultados obtenidos en una etapa pueden llevar a otra etapa anterior para realizar un nuevo tipo de procesamiento. El

análisis de imágenes que sigue este camino se denomina “bottom-up”, ya que se parte de la imagen y se llega al conocimiento; el control está, por tanto, a cargo de la imagen, y es el más utilizado en las aplicaciones industriales de la visión por computador. El otro enfoque se denomina “top-down” ya que se parte del conocimiento y se generan modelos que se buscan en la imagen, no será objeto de estudio en este libro.

Como conclusión puede decirse que, aunque el camino a recorrer para lograr un sentido de la vista artificial es largo y lleno de obstáculos, hoy en día el rango de aplicaciones es ya elevado y el uso conjunto de cámaras y ordenadores en el mundo de la industria no pertenece a la ciencia-ficción. Prueba de ello es que la visión por computador tuvo un volumen de negocio de dos mil quinientos millones de dólares en 1997, con un coste medio por equipo de cincuenta mil dólares.

## **Bibliografía.**

### **Visión humana.**

- Ernst, B. *The Eye Beguiled. Optical Illusions*. Bendikt Taschen 1992.
- Long, M. E. The Sense of Sight. *National Geographic*, pp 2-41, noviembre 1992.
- Kosslyn, S.M. *Image and Brain*. A Bradford Book, 1994.
- Wandell, B. A. *Foundations of vision*. Sinaver Associates Inc. 1995.

### **Visión por computador.**

#### **Libros.**

- Ballard, D. H., Brown, C. M. *Computer Vision*. Prentice-Hall, 1982
- Chen, C.H., Pau, L.F., Wang, P.S.P. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*. World Scientific, 1993
- Davies. E.R. *Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. 2ª edición. Academic Press, 1997.
- Duda, R. O., Hart, P. E. *Pattern Classification and Scene Analysis*. John Wiley & Sons, 1973
- Fukunaga, K. *Introduction to Statistical Pattern Recognition*. 2ª edición. Academic Press. 1990
- González, J. *Visión por Computador*. Paraninfo. 1999.
- González, R. C., Woods, R. E. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley, 1993
- Haralick, R. M., Shapiro, L. G. *Computer and Robot Vision*. Addison-Wesley, 1992-1993
- Heijmans, H. *Morphological image operators*. Academic Press, 1994
- Horn, B. K. P. *Robot Vision*. MIT Press. 1986
- Jain, A. K. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice-Hall International 1989
- Jain, R., Kasturi, R., Schunck, B.G. *Machine Vision*. McGraw-Hill, 1995
- Kasturi, R., Jain R. C. *Computer Vision: Advances and Applications* [3ª edición]. IEEE Computer Society Press, 1993
- Kasturi, R., Jain R. C. *Computer Vision: Principles* [3ª edición]. IEEE Computer Society Press , 1993
- Levine , M. D. *Vision in Man and Machine*. McGraw-Hill. 1985
- Maravall, D. Reconocimiento de formas y visión artificial. Ra-Ma. 1993.
- Marr, D. *Vision: a Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. W.H. Freeman. 1982
- Nalwa, V. S. *A Guided Tour of Computer Vision*. Addison-Wesley, 1993

- Pratt, W. K. *Digital Image Processing*, 2ª edición. John Wiley & Sons, cop. 1991.
- Russ, J. C. *The Image Processing Handbook*. 2ª edición. CRC Press, 1995
- Schalkoff, R. J. *Pattern Recognition, Statistical, Structural and Neural Approaches*. John Wiley & Sons, 1992
- Tou, J. T., González, R. C. *Pattern Recognition Principles*. [4ª edición]. Addison-Wesley, 1981
- Van der Heijden, F. *Image Based Measurement Systems: Object Recognition and Parameter Estimation*. John Wiley & Sons, 1994
- Vernon, D. *Machine Vision: Automated Visual Inspection and Robot Vision*. Prentice-Hall, 1991
- Young, T. Y., Fu, K.-S. *Handbook of Pattern Recognition and Image Processing*. Academic Press 1986

### **Congresos.**

- Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
- International Conference on Computer Vision
- International Conference on Pattern Recognition
- International Conference on Robotics and Automation
- International Conference on Document Analysis and Recognition
- Conferencias del SPIE.

### **Revistas.**

- Computer Vision, Graphics and Image Processing
- IEEE Transaction on Image Processing
- IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence
- IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics
- Image and Vision Computing
- International Journal of Computer Vision
- Machine Vision and Applications
- Pattern Recognition

### **Grupos de noticias en Internet.**

Comp.ai.vision

Comp.robotics.misc

Sci.image.processing

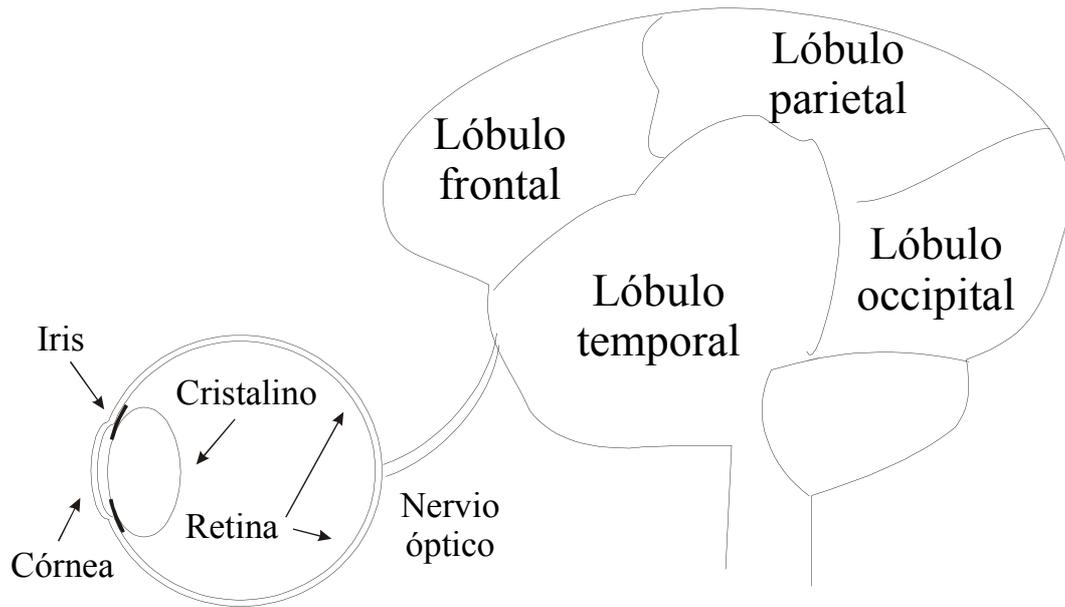


Figura 1.1 La visión humana.

<p><b>Militares</b>            Detección y seguimiento de objetivos            Análisis del terreno            Armas inteligentes</p> <p><b>Robótica</b>            Guiado de robots industriales            Navegación de robots móviles</p> <p><b>Agricultura</b>            Análisis de las plantaciones: crecimiento, enfermedades.            Análisis de imágenes tomadas por satélites</p> <p><b>Identificación</b>            Identificación automática de huellas dactilares            Reconocimiento de caras</p> <p><b>Control de tráfico</b>            Identificación de matrículas de vehículos            Control del tráfico viario</p>	<p><b>Control de calidad</b>            Verificación de etiquetas            Inspección de contenedores            Inspección de motores            Inspección de cristales            Control de calidad de comida            Inspección de soldaduras            Inspección de circuitos impresos            Inspección de madera, tela, fundiciones, papel</p> <p><b>Biomedicina</b>            Análisis de imágenes tomadas por rayos x            Análisis de imágenes tomadas por ultrasonidos            Análisis de sangre            Análisis de DNA</p> <p><b>Seguridad</b>            Vigilancia de edificios            Detección de explosivos por rayos x</p>
--	---

Tabla 1.1. Aplicaciones de la visión por computador

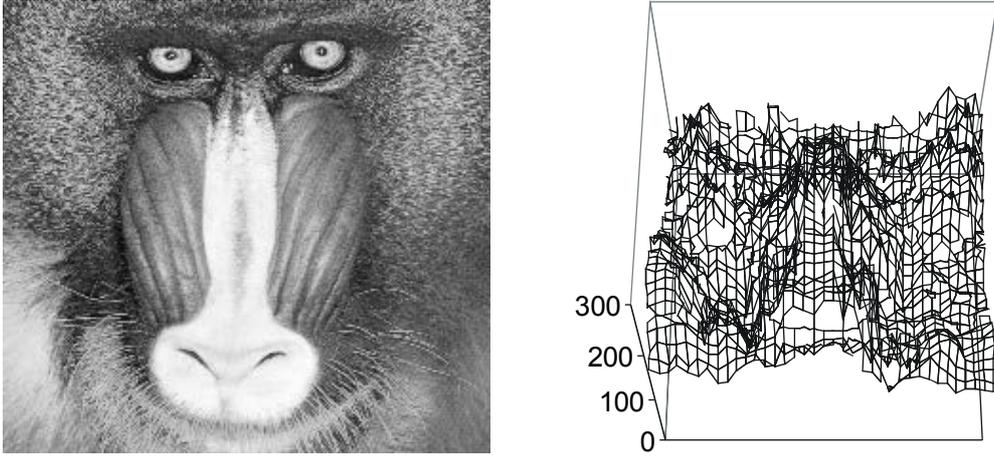


Figura 1.2 Imagen y su proyección vertical.

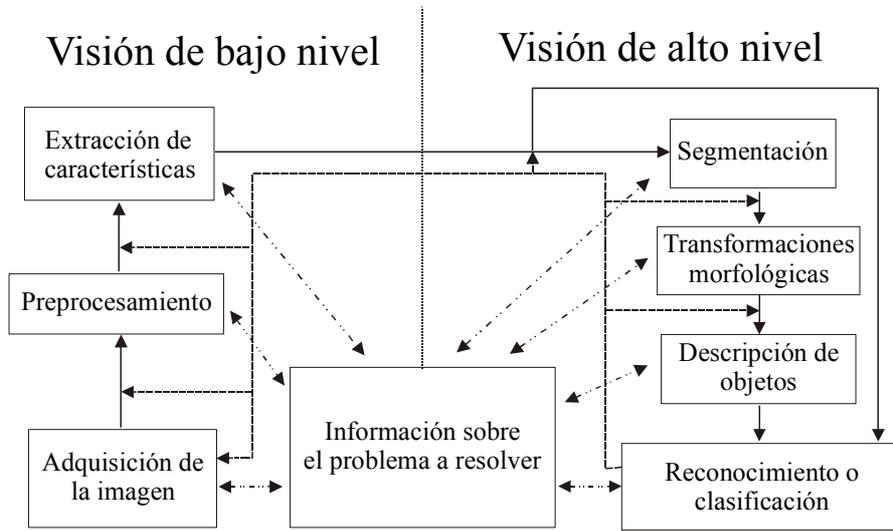


Figura 1.3. Etapas de una aplicación basada en la visión por computador