

# Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación

## *Visión por Computador*

- Presentación, Introducción -

Vladimir Robles Bykbaev  
vrobles@ups.edu.ec

**Universidad Politécnica Salesiana**

Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia  
(GI-IATa)

2025  
Cuenca – Ecuador

- Objetivos del Módulo:
  - Conocer los fundamentos de la Visión Artificial.
  - Conocer los fundamentos del Procesado Digital de Imágenes.
  - Saber aplicar técnicas de mejoramiento y procesamiento morfológico de imágenes.
  - Conocer los aspectos fundamentales del aprendizaje de máquina en el campo de la Visión Artificial.

- **Bibliografía a emplear:**

- Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed., The University of Washington. 2022.

URL: <https://szeliski.org/Book/>

- GONZÁLEZ R., and WOODS R., “Digital Image Processing”, Third Edition, Prentice Hall, 2008.

- FORSYTH D., and PONCE J., “Computer Vision: A modern approach”, Second Edition, Pearson, 2012.

- OpenCV API Reference:

URL: <https://docs.opencv.org/4.6.0/>

- OpenCV Tutorials:

[https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial_root.html)

- OpenCV Wiki: <https://github.com/opencv/opencv/wiki>

- Prerrequisitos:
  - Conocimiento básico de programación en C/C++.
  - Conocimiento básico matemático (integración, derivación, manejo de matrices y vectores, tratamiento de señales).
- Recursos necesarios:
  - Entorno de desarrollo de aplicaciones Qt URL: <http://www.qt-project.org/> (Microsoft Visual Studio, DevCpp, CodeBlocks).
  - Open CV 4.2.0. URL: <http://opencv.org/>
  - Recursos y ejemplos GitHub:  
<https://github.com/vlarobbyk?tab=repositories>
- Evaluación:
  - Teórico – práctica, Desarrollo de Ejercicios, Prácticas, Trabajos y Proyecto Integrador Interciclo y Final

## Esquema Capítular:

1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes
2. Fundamentos de las Imágenes Digitales
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial
4. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio de la Frecuencia
5. Restauración de Imágenes
6. Procesamiento Morfológico de Imágenes
7. Segmentación
8. Aplicaciones Prácticas

## Esquema Capítular:

1. **Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes**
2. Fundamentos de las Imágenes Digitales
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial
4. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio de la Frecuencia
5. Restauración de Imágenes
6. Procesamiento Morfológico de Imágenes
7. Segmentación
8. Aplicaciones Prácticas

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- ¿Qué es una imagen?

- Podemos considerar a una imagen como una función  $f(x, y)$  donde “x” e “y” son coordenadas especiales (plano), y la amplitud de “f” en cualquier par de coordenadas (x, y) es llamada el nivel de intensidad de la imagen en ese punto.
- Cuando los valores “x”, “y” y la intensidad “f” son discretos y finitos, podemos decir que la imagen es digital. El campo del procesamiento digital de imágenes digitales se enfoca al tratamiento de estas imágenes a través de un computador.

1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes
  - ¿Qué es una imagen?
    - Una imagen está compuesta de un número finito de elementos, llamados: *picture elements*, *image elements*, *pels* o *pixels*.
  - Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Artificial
    - En la actualidad no existe un consenso que defina dónde comienza el área de una rama y de la otra. Algunos autores indican que la V.A. tiene como objetivo emular la visión humana, aprender y tomar decisiones en función de las entradas visuales.



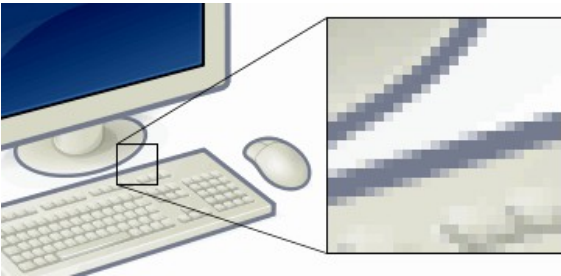
# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- **Procesamiento Digital de Imágenes y Visión Artificial**

- Por ello, existe un enfoque muy práctico que realiza la siguiente división en el área del PDI:

- Procesos de bajo nivel . – Operaciones primitivas: reducción de ruido, realce de contraste y mejoramiento de la nitidez (sharpening). Entrada: Imagen, Salida: Imagen.
    - Procesos de nivel medio . – Involucra tareas más elaboradas como la segmentación, descripción de los objetos segmentados y clasificación de objetos individuales (reconocimiento). Entrada: Imagen, Salida: Descriptores (bordes, contornos, etc.)
    - Procesos de alto nivel . – Involucra el análisis de imágenes, la interpretación y la ejecución de funciones cognitivas.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Orígenes del PDI

- Una de las primeras aplicaciones de las imágenes digitales, fue la transmisión de fotografías a través de un cable submarino Londres-Nueva York (noticias).
- La introducción del sistema “Bartlane” (1920) de transmisión de fotografías redujo el tiempo de transporte de alrededor de 1 semana a menos de 3 horas.
- Estos sistemas codificaban las imágenes en 3 niveles de grises. Para 1929 la capacidad había aumentado a 15 niveles.
- A pesar de que estas aplicaciones manipulaban imágenes, no son consideradas procesamiento digital de imágenes, ya que no existía participación de computadoras.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Orígenes del PDI

- Por ello, el nacimiento del PDI está estrechamente ligado con el nacimiento y desarrollo de los primeros computadores.
- Es así como en la década de los 60s se empieza a contar con ordenadores capaces de ejecutar las tareas requeridas por el PDI.
- En 1964 se empiezan a realizar tareas relacionadas con el PDI, con imágenes de la luna transmitidas por el explorador *Ranger 7*, que contaba con una cámara de televisión incorporada.
- A partir de estas imágenes se prepararon métodos para realizar realce y mejoramiento de imágenes.
- En paralelo con las aplicaciones espaciales, las técnicas de PDI empiezan a utilizarse a finales de los 60 e inicios de los 70 en análisis de imágenes médicas.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes



Primera imagen de la Luna tomada por la nave espacial Ranger 7. Fuente: Nasa.

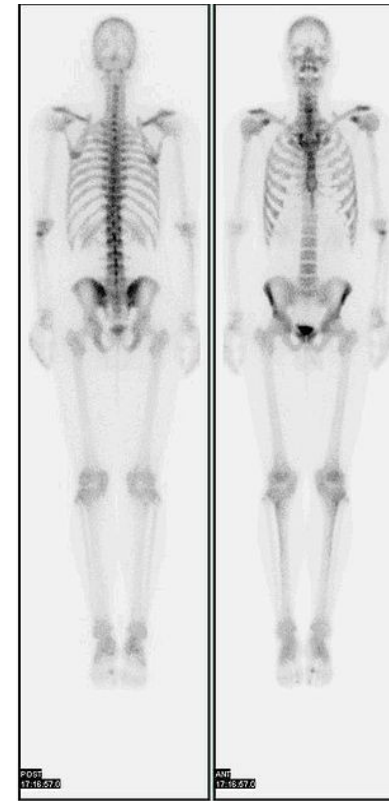


Imagen de rayos-gamma de la estructura ósea del cuerpo humano

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

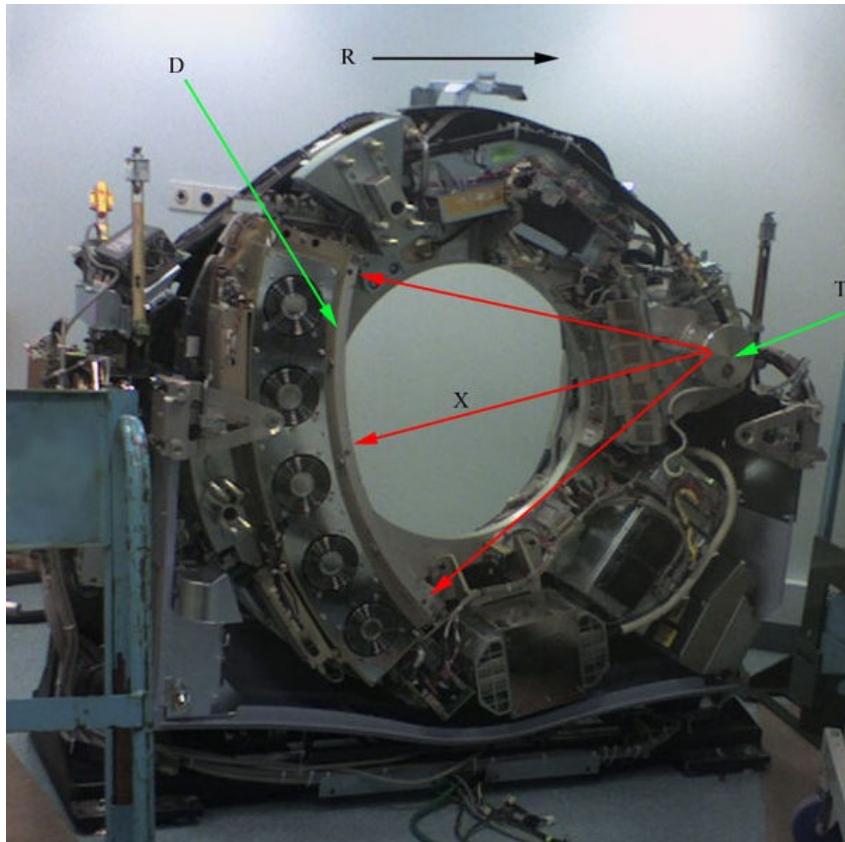
- Orígenes del PDI
  - La invención de la Tomografía Axial Computarizada (TAC) a inicios de la década de los 70 marca un hito en la aplicación del PDI en el diagnóstico médico.
  - La TAC es un proceso en que un anillo de detectores rodea al paciente y una fuente de rayos X (concéntrica al anillo) rota alrededor del objeto. Los rayos X pasan a través del paciente y son recolectados al lado contrario por los detectores. La fuente de rayos X rota y esto produce un proceso que se repite. La TAC consiste en un conjunto de algoritmos que utilizan los datos que se han recolectado para generar un “slice” o “corte” a través del paciente.
  - Un movimiento del paciente en dirección perpendicular al anillo produce un conjunto de cortes que permite construir una imagen 3D.



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Orígenes del PDI

Máquina para realizar TAC



T	Tubo de Rayos X
D	Detectores de Rayos X
X	Detector de haz
R	Portal de Rotación

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Orígenes del PDI
  - A partir de la década de los 60s el campo del PDI ha crecido considerablemente.
  - Actualmente el PDI se aplica a diversas áreas de la ciencia: industria, medicina y biología. Los geógrafos la emplean para estudiar patrones de contaminación a partir de imágenes aéreas y satelitales.
  - En el campo de la arqueología el PDI ha permitido recuperar fotografías borrosas, mientras que en la física se la aplicado con éxito en realce de imágenes de plasma de alta energía y microscopía de electrones.



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

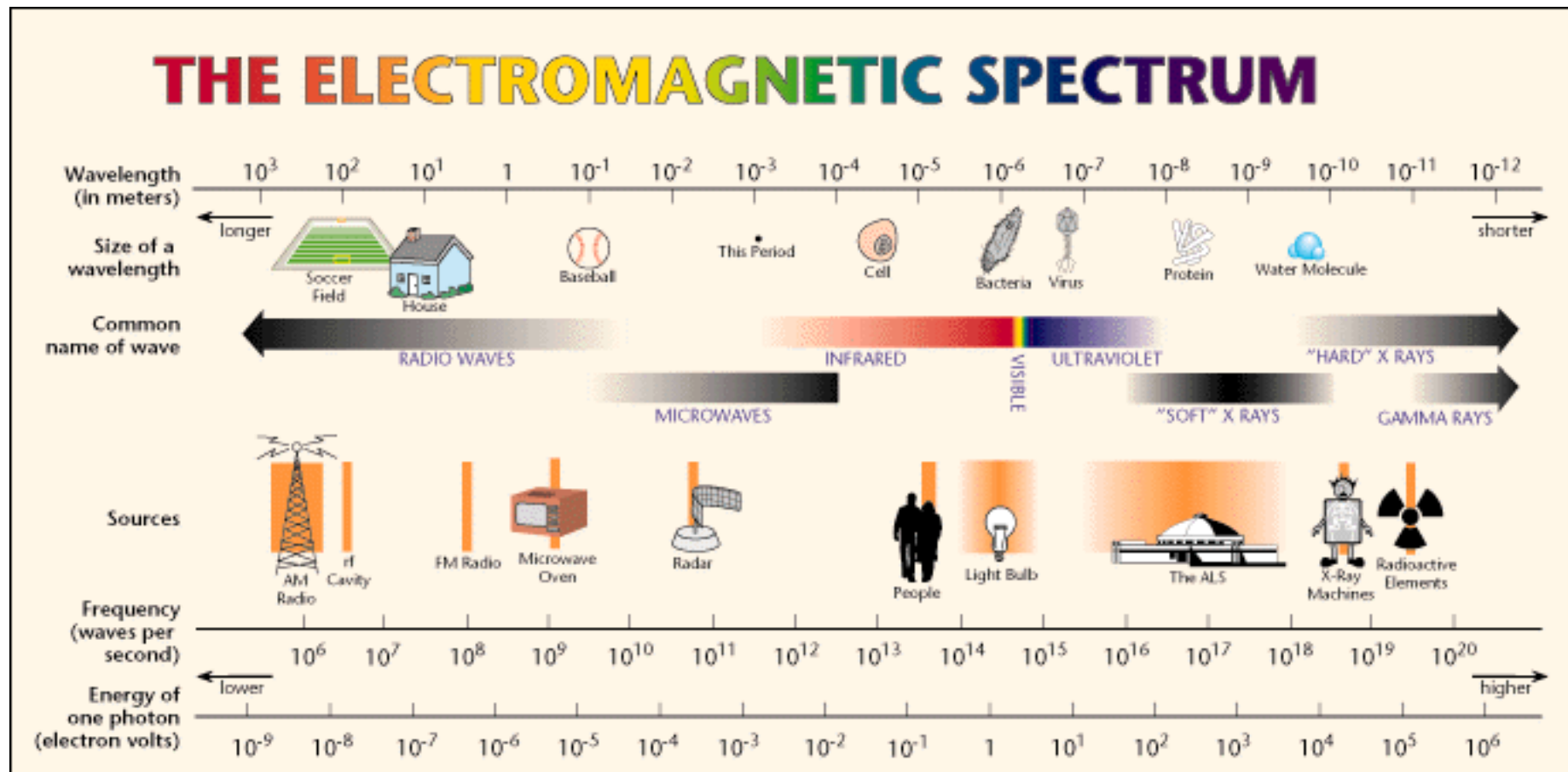
- Ejemplos de Aplicación de PDI
  - Uno de los campos más importantes de aplicación del PDI es en el área de la percepción artificial. El objetivo de esta área es extraer información de imágenes en un formato adecuado para que sea procesado por el computador. Ejemplos de este tipo de información son:
    - Momentos Estadísticos
    - Coeficientes de la Transformada de Fourier
    - Medidas multidimensionales de Distancia
  - Los problemas que requieren de PDI en percepción artificial son:
    - Reconocimiento automático de caracteres
    - Visión artificial industrial (ensamblado e inspección de piezas)
    - Reconocimiento militar
    - Reconocimiento de huellas dactilares

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI
  - Otra categoría que se puede aplicar a la aplicación del PDI es la que considera las imágenes de acuerdo a su fuente u origen (visual, rayos X, etc.). La principal fuente de las imágenes usadas hoy en día es el Espectro Electromagnético.
  - Otras importantes fuentes de energía son la acústica, ultrasónica y la electrónica.
  - Como se aprecia en la siguiente ilustración, podemos observar el Espectro Electromagnético (EEM), donde los rayos gamma contienen la concentración más alta de energía y las ondas de radio la más baja.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI

De acuerdo al espectro EEM, existen las siguientes aplicaciones del PDI:

- Imágenes Rayos-Gamma . – Los usos de estas imágenes se relacionan con medicina nuclear y observaciones astronómicas.
  - En la medicina nuclear se inyecta un isótopo radiactivo al paciente que emite rayos gamma mientras decae. Esto permite analizar la patología ósea y detectar tumores o infecciones.
  - En observaciones astronómicas se analizan imágenes de constelaciones y otras estrellas que generan una fuente emisión de rayos gamma cuando explotan.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI

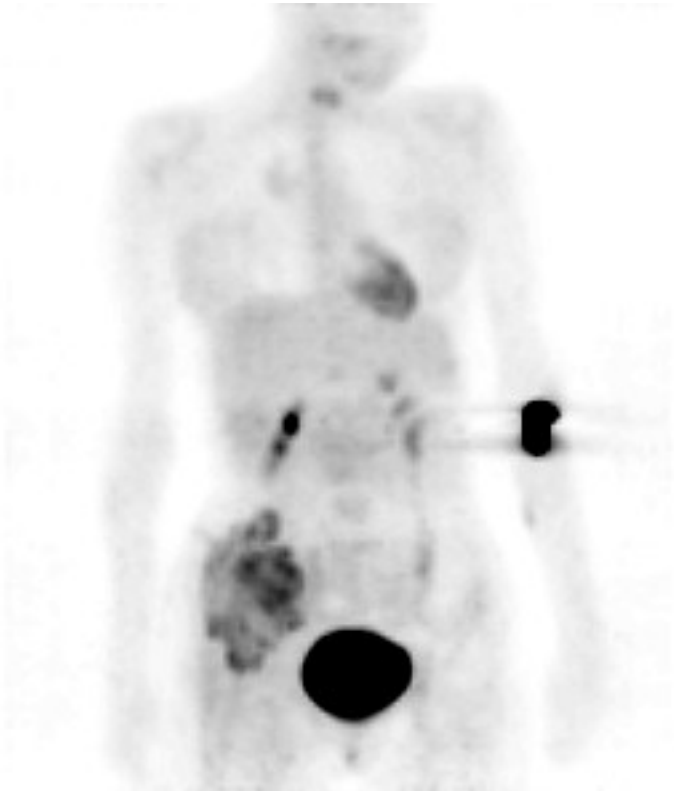
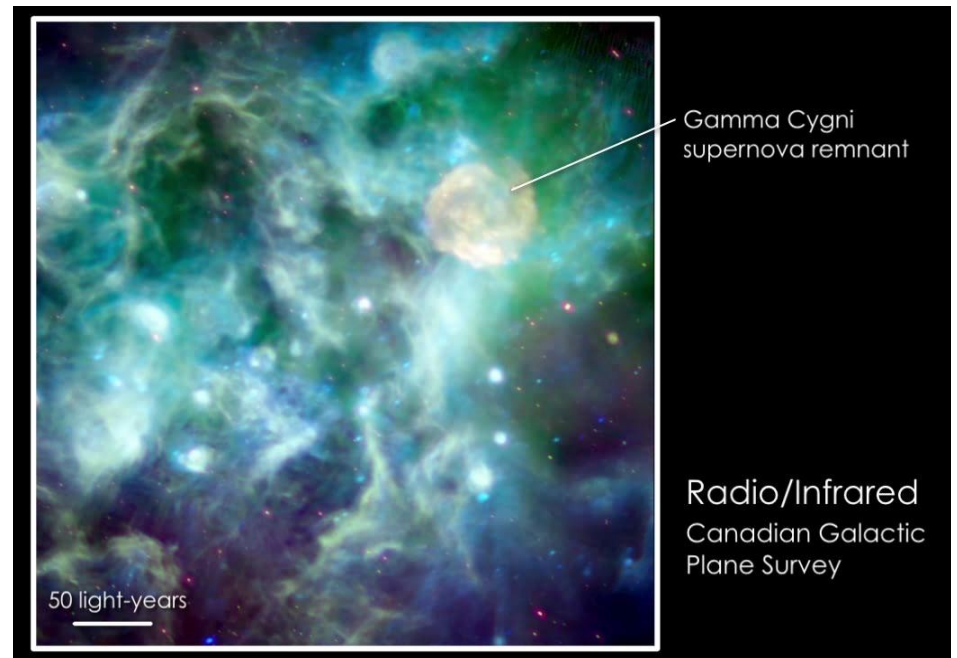


Imagen obtenida en medicina nuclear [1]



Detección de un remanente de rayos gamma de una supernova en la Constelación Cygnus [6]

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI

De acuerdo al espectro EEM, existen las siguientes aplicaciones del PDI:

- Imágenes Rayos-X . – Los usos de estas imágenes se relacionan con diagnóstico médico y en procesos de manufactura.
  - En la rama de la medicina se aplica PDI en Angiografías (Radiografía de Realce de Contraste que permite obtener imágenes de los vasos sanguíneos) y en Tomografías Axiales Computarizadas (vistas anteriormente).
  - En la industria se emplea en al detección de fallas en procesos de manufactura de circuitos electrónicos (componentes faltantes, cortes en las líneas de conexión, etc.).

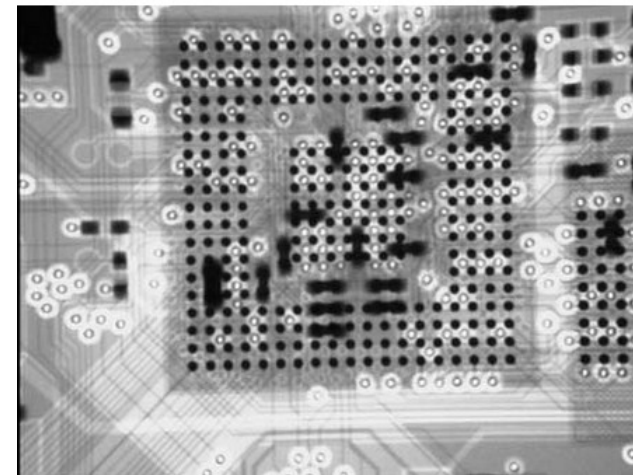


# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI



Imagen de una Angiografía coronaria (permite detectar nivel de oxígeno que lleva la sangre al corazón). [7]



Tarjeta de circuito a la que se le ha aplicado análisis de rayos X, a fin de detectar fallas [8].

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI

De acuerdo al espectro EEM, existen las siguientes aplicaciones del PDI:

- Imágenes en Bandas Infrarroja y Visible. – Los usos de estas imágenes se relacionan con muchos tipos de aplicaciones como: microscopios ligeros, astronomía, percepción remota (teledetección), industria y la ley.

- Con las imágenes capturadas por microscopios ligeros se realizan estudios farmacéuticos, microinspección de materiales, etc.
- En la teledetección se emplea para análisis de imágenes capturadas por satélite, a fin de detectar diversos tipos de objetos.
- En el espectro visible se usa para el análisis de imágenes de huellas dactilares, detección y conteo de la denominación de billetes, lectura automática de las placas de vehículos, entre otras.

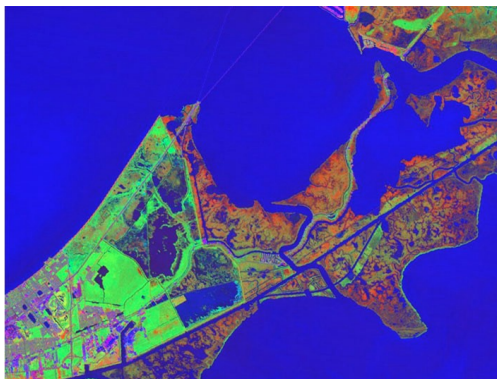


# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI



Imagen del endospermo o albumen del trigo (capa interna) [9]

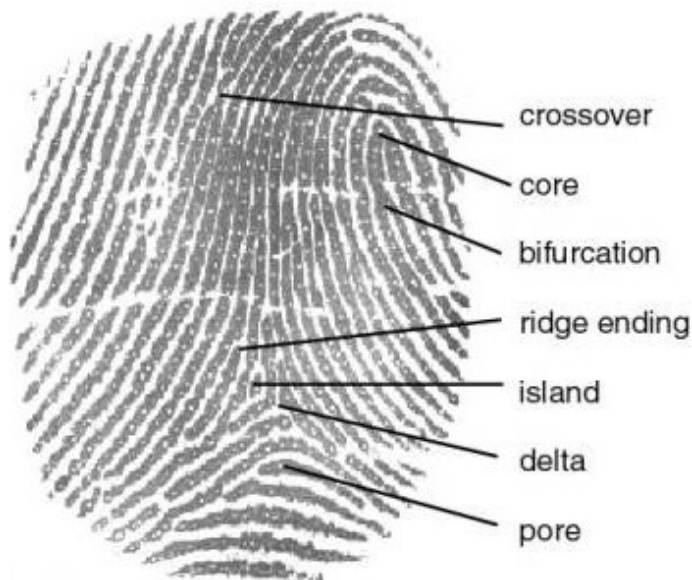


Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+ Spectral Bands	Wavelength	Useful for mapping
Band 1 – blue	0.45-0.52	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 2 - green	0.52-0.60	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 3 – red	0.63-0.69	Discriminates vegetation slopes
Band 4 - Near Infrared	0.77-0.90	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 5 – Short-wave Infrared	1.55-1.75	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 6 – Thermal Infrared	10.40-12.50	Thermal mapping and estimated soil moisture
Band 7 – Short-wave Infrared	2.09-2.35	Hydrothermally altered rocks associated with mineral deposits
Band 8 – Panchromatic (Landsat 7 only)	.52-.90 15	meter resolution, sharper image definition

Izquierda: Imagen de la devastación producida por el huracán en el Golfo la costa sur. Arriba: Bandas temáticas del satélite LANDSAT [10].

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de PDI



Huella dactilar, se aprecian cruces, núcleos, bifurcaciones, islas, etc.

[11]



Imagen que ilustra la detección automática de placas de vehículos [12].

## 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Ejemplos de Aplicación de Visión por Computador:
  - Vehículo Tesla → En el siguiente vídeo se puede apreciar lo que un vehículo inteligente “ve” cuando se desplaza en una carretera real: <https://www.youtube.com/watch?v=fKXztwtXaGo>
  - Face Swap → En el siguiente ejemplo se puede apreciar cómo con la visión por computador es posible reemplazar los rostros de cualquier persona en un vídeo:  
<https://www.youtube.com/watch?v=m7cdSfliALE>

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Etapas fundamentales en el PDI
  - Adquisición de la imagen . – Es el primer proceso que se realiza. La imagen puede obtenerse de un medio externo a través de un proceso de digitalización o simplemente trabajar con una ya existe. Generalmente se realiza el escalado necesario en esta fase.
  - Realce de la imagen . – En este proceso se manipula la imagen a fin de que se pueda analizarla de forma más adecuada para una aplicación específica. Por ejemplo, es importante observar que el realce que se hace a una imagen de rayos X puede resultar inadecuado para una infrarroja. El realce es subjetivo.
  - Restauración de la imagen . – Busca mejorar el aspecto visual de la imagen. Se fundamenta en modelos matemáticos o probabilísticos de la degradación de la imagen, por ello es objetiva.



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

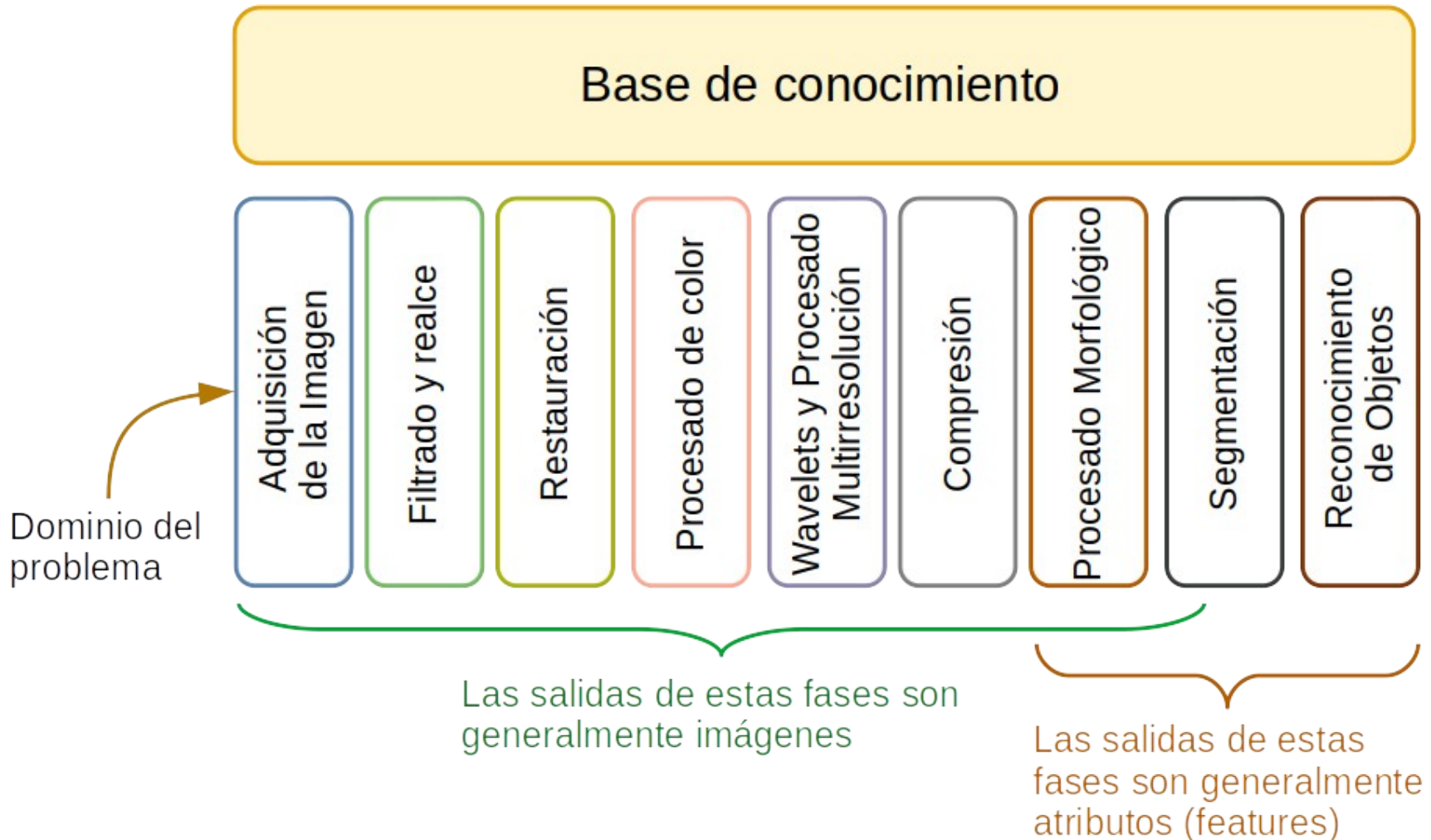
- Etapas fundamentales en el PDI
  - Procesamiento de color . – Fundamentalmente nos permite extraer características (features) de interés de la imagen, a fin de realizar operaciones con estos valores.
  - Wavelets y procesamiento multirresolución . – Este proceso nos permite representar las imágenes con diferentes resoluciones, a fin de comprimirla u obtener representaciones piramidales.
  - Compresión . – Permite reducir el espacio que ocupa una imagen o el ancho de banda necesario para transmitirla.
  - Procesamiento morfológico . – Nos permite extraer componentes de la imagen que son de utilidad para representar y describir formas.
  - Segmentación . – Divide la imagen en los objetos que la constituyen. Una de las tareas más complejas del PDI es la segmentación automática.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Etapas fundamentales en el PDI
  - Representación y descripción . – La representación es generalmente es la etapa que le sigue a la segmentación y devuelve un flujo de pixeles de datos, que representan o el contorno de la región o el conjunto de pixeles en sí. La descripción (selección de características) se encarga de ver que extraer información cuantitativa de interés a fin de diferenciar entre clases de objetos.
  - Reconocimiento . – Es el proceso de asignar una etiqueta (por ejemplo “vehículo”, “peatón”, etc.) a un objeto tomando como base los descriptores.

Es importante observar que no es necesario aplicar todas las etapas.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Componentes de un Sistema de PDI
  - Un sistema de PDI de propósito general para llevar funcionar de forma adecuada, requiere de un conjunto de elementos que cumplen tareas específicas. A continuación se especifican dichos elementos:
  - Sensores de Imagen . – Para adquirir la imagen se requieren de dos elementos: el sensor (dispositivo sensible a la energía radiada por el objeto a capturar) y el digitalizador (convierte la salida física del sensor a formato digital).
  - Hardware especial para procesar imágenes . – Generalmente está compuesto del sensor y de hardware que realiza ciertas operaciones primitas (similar a la ALU, que efectúa operaciones aritméticas y lógicas en paralelo sobre las imágenes).



# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Componentes de un Sistema de PDI

Por ejemplo, la ALU se usa para para promediar imágenes a medida que se digitalizan, a fin de disminuir el ruido.

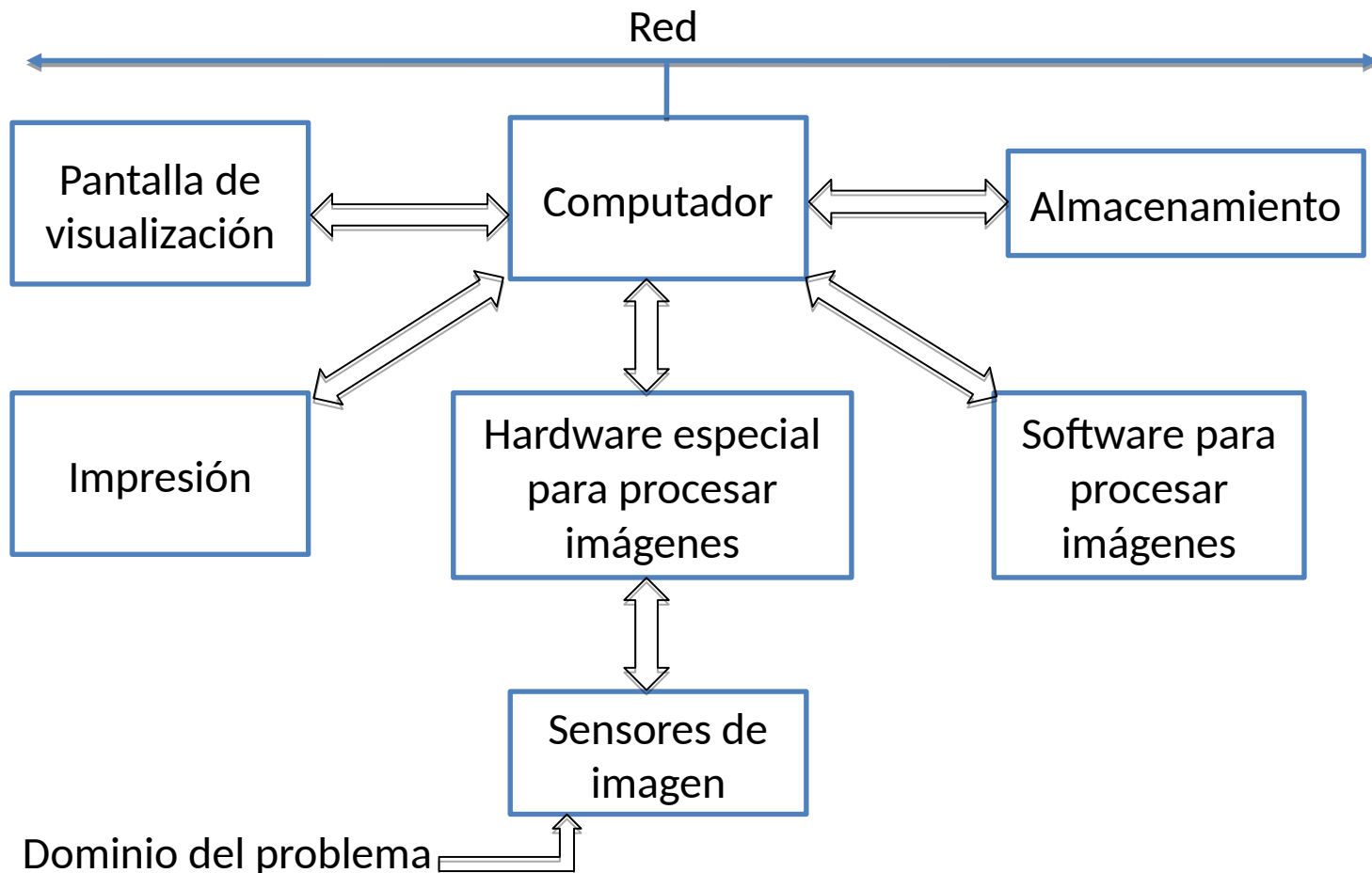
- Computador. – Puede ir desde un ordenador de uso personal hasta un supercomputador. Se emplea para realizar tareas de procesamiento de imágenes fuera de línea (*off - line*).
- Software para procesar imágenes . – Brinda al usuario utilitarios y librerías para realizar estas tareas. La implementación puede ser empleando utilitarios existentes o creando nuevo código (librerías).
- Almacenamiento . – Permite almacenar de forma eficiente las imágenes capturadas y se divide en 3 categorías: a corto plazo (se usa durante el procesado), en línea (para llamadas relativamente rápidas) y de archivos (acceso poco frecuente).

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Componentes de un Sistema de PDI
  - Pantalla de visualización . – Monitores que permiten visualizar las salidas de las tarjetas gráficas. En raras ocasiones se requieren tarjetas especializadas (visión estéreo).
  - Sistema de impresión. – Incluyen las impresoras (láser, a chorro de tinta, películas de cámara, etc.).
  - Red . – Debido a la gran cantidad de datos que debe procesar un sistema PDI, un aspecto fundamental a considerar es el ancho de banda.

# 1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes

- Componentes de un Sistema de PDI



## Referencias Bibliográficas

[1] Nuclear Medicine Technology. Oregon Tech. URL:

<http://www.oit.edu/programs/klamath-falls/medical-imaging-technology/nuclear-medicine-technology/overview>

[2] The Electromagnetic Spectrum. MicroWorlds. URL:

<http://www.lbl.gov/MicroWorlds/ALSTool/EMSpec/EMSpec2.html>

[3] Bone scintigraphy. Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bone\\_scintigraphy](http://en.wikipedia.org/wiki/Bone_scintigraphy)

[4] Ranger 7. Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ranger\\_7](http://en.wikipedia.org/wiki/Ranger_7)

[5] Tomografía Axial Computarizada. Wikipedia. URL:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tomograf%C3%ADa\\_axial\\_computarizada](http://es.wikipedia.org/wiki/Tomograf%C3%ADa_axial_computarizada)

[6] Gamma rays in the Heart of Cygnus. Wikipedia. URL:

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gamma\\_rays\\_in\\_the\\_Heart\\_of\\_Cygnus.ogv](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gamma_rays_in_the_Heart_of_Cygnus.ogv)

[7] Angiograma. Harrison Medical Center. URL:

<http://www.harrisonmedical.org/cardiovascular/angiogram>

[8] Seeing Through Circuit Boards. Bunnie's Blog. URL: <http://www.bunniestudios.com/blog/?p=155>

[9] Molecular Plant Physiology and Crop Biotechnology. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. URL: <http://www.dagz.boku.ac.at/14396.html?&L=1>

[10] Landsat Helps Show That Forests Damaged by Hurricane Katrina Become Major Carbon Source. NASA. URL: [http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/sci\\_0019.html](http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/sci_0019.html)

## Referencias Bibliográficas

[11] Fingerprint. ROSISTEM. URL: <http://www.barcode.ro/tutorials/biometrics/fingerprint.html>

[12] Automatic License Plate Detection. Adaptive Recognition Hungary.

URL: <http://www.platerecognition.info/1103.htm>