

Academia Nacional de la Ingeniería

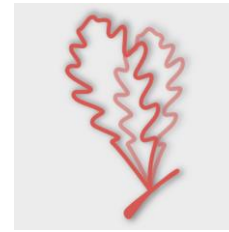
Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos

Ing. Armando E. De Giusti
Profesor Titular Facultad de Informática UNLP
Investigador Principal CONICET



Academia Nacional de la Ingeniería

Agradecimientos...



Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos

AGENDA

El Cambio Tecnológico y su impacto

La evolución del Hardware y del Software

Qué investigar en Sistemas Distribuidos hoy?

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Formación de Recursos Humanos en estos temas

Conclusiones / Reflexiones

Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos

El elogio a una conjunción...

Electrónica **Y** Programación

Hardware **Y** Software

Ingeniería **E** Informática



Cambio Tecnológico y su Impacto



ELECTRONICA
DE
COMPONENTES

COMPUTADORAS
SENSORES

**APLICACIONES AL
MUNDO REAL**

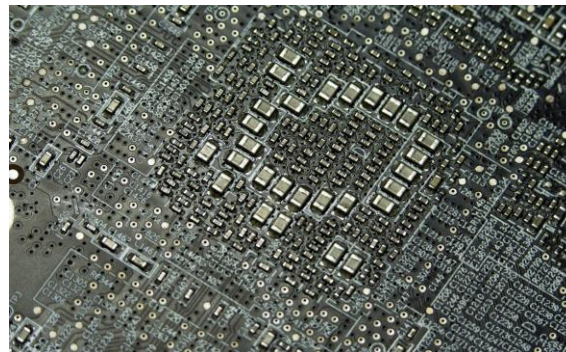
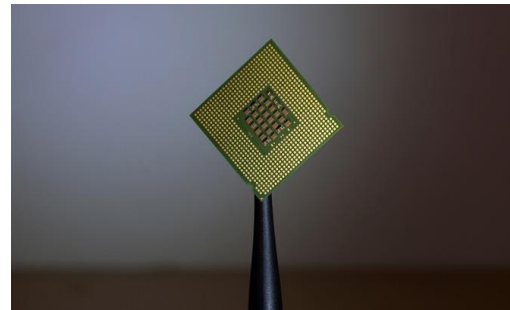
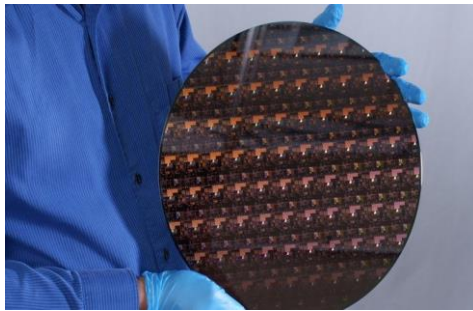
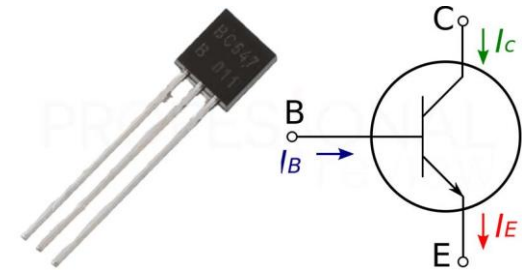
COMUNICACIONES



**RECURSOS
HUMANOS**

Cambio Tecnológico e I+D+I: **DATOS**

El desarrollo de chips de procesadores y memorias



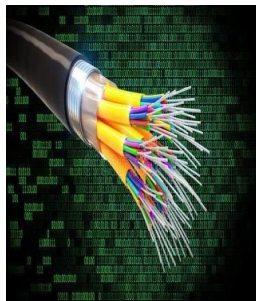
50×10^9
transistores en 2021

Cambio Tecnológico e I+D+I: **DATOS**

**Las comunicaciones crecen aún MAS
que la potencia de cómputo...**



55×10^9
dispositivos en Internet en 2021



Cambio Tecnológico e I+D+I: **DATOS**

SENSORES

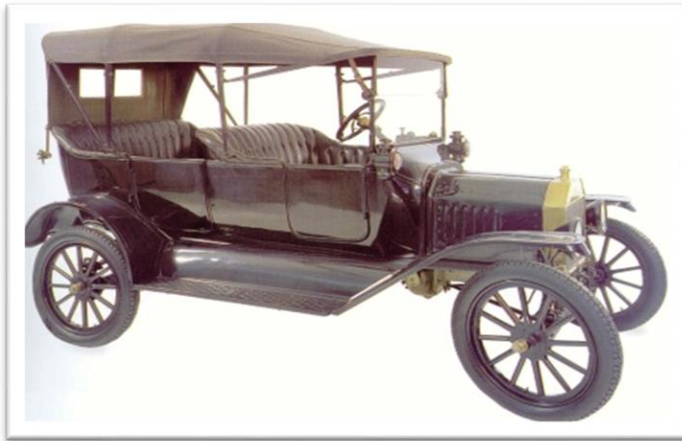


I o T
I o E
II o T
III o T

Miniaturización, variedad e “inteligencia” de los sensores

EDGE COMPUTING

La velocidad del cambio tecnológico



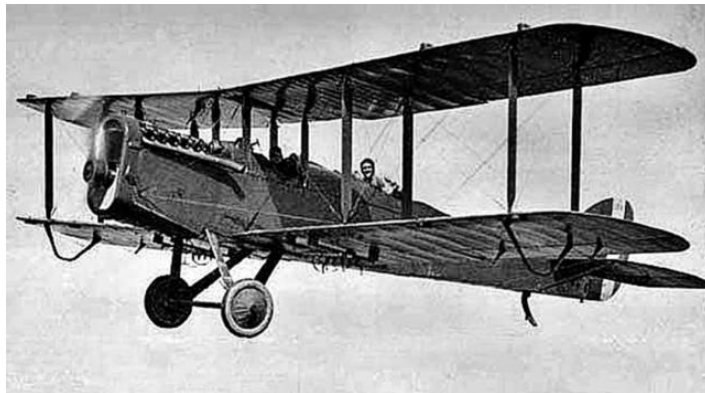
60 km/hora 10.000 U\$S



70 años
X 5



300 Km/hora 50.000 U\$S



13 km/hora 10.000 U\$S



100 años
X 100



1300 km/hora 100 M U\$S

La velocidad del cambio tecnológico



300 Flops 1.5 M U\$S



70 años
X 10^9



300 GFlops 1.500 U\$S

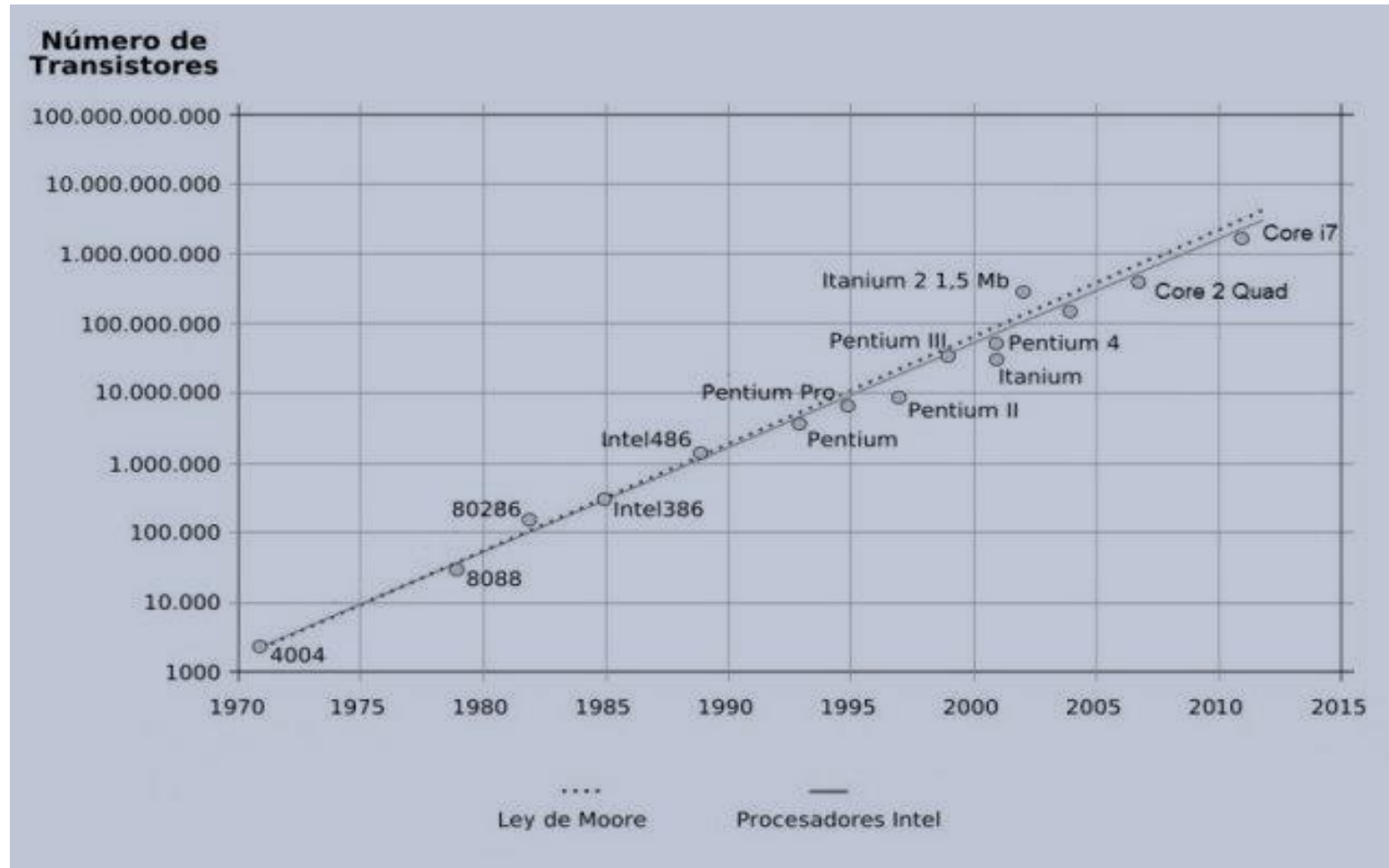


2021 Top 500

7 millones de cores

500 PetaFlops/Seg

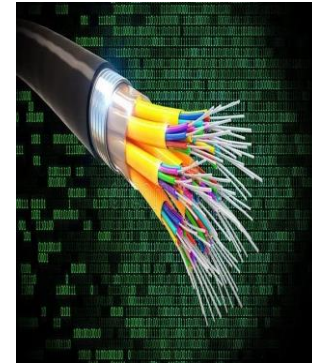
La evolución del Hardware: Procesadores y Memorias



La evolución del Hardware: Comunicaciones



1.5 Kbs



1.5 Tbs






Noticia de Julio 2021:

En 2020 los ingenieros del University College de Londres (UCL) establecieron un nuevo récord de velocidad a través de fibra óptica, llegando a **178 Terabits por segundo**.

Ahora, dos ingenieros del Instituto Nacional de Tecnología de la información y las Comunicaciones (NICT) de Japón ha logrado llegar a **319 Terabits por segundo** a lo largo de una distancia de **3.001 kilómetros**.



Velocidad del Cambio Tecnológico: Comunicaciones inalámbricas

1G 	2G 	3G 	4G 	5G 
Años 70	Años 80	2001	2010	2020
Solo voz	56 Kbps	2 Mbps	150 Mbps	20 Gbps

40 años → 500.000 veces más...

La evolución del Hardware: Sensores e IoT



- Miniaturización
- Bajo Consumo
- Inteligencia local
- Conectividad

EDGE COMPUTING

Su significado desde el punto de vista de los **Sistemas Distribuidos y Paralelos: *Lenguajes / Compiladores / Sistemas Operativos / Interfases...***

Electrónica **Y** Programación

Evolución del Software y sus Aplicaciones: 10 keywords más utilizadas



UTILIZACIÓN



2011-2020

Cloud Computing
Data Mining
Security
Performance
Simulation
Mobile computing
Big Data
Machine Learning
Wireless sensor nets
Energy consumption

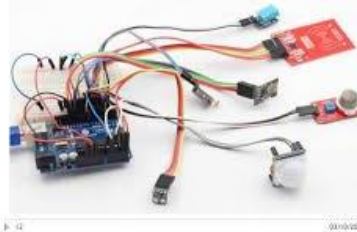
Evolución del Software y sus Aplicaciones: Cloud Computing – Edge & Fog Computing



Smart Cities
Industria 4.0

IoT móvil
Tiempo Real

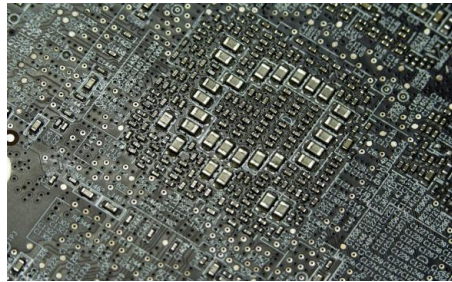
Evolución del Software y sus Aplicaciones: Inteligencia Artificial y Robótica



Nov. 2021



Evolución del Software y sus Aplicaciones: Big Data e Inteligencia de Datos



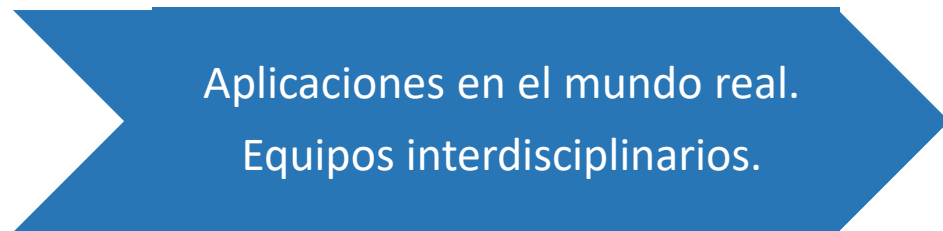
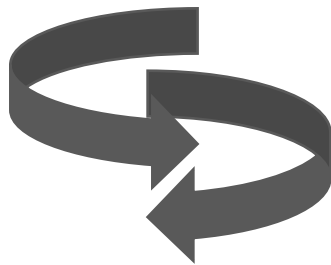
I + D + I en áreas TICs



**Básica.
Aplicada.
Tecnológica**

**Prototipos.
Pruebas.
Ingeniería.**

**Patentes.
Productos.
Servicios.**



I + D + I en áreas TICs

En algunos casos:

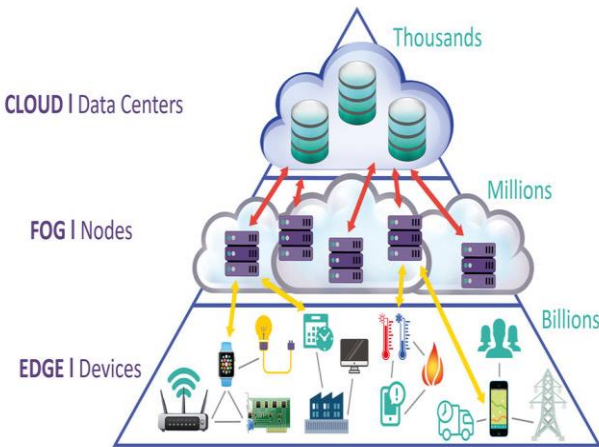


La **calidad** del producto es **determinante**
(recordar el caso del I-Phone y Steve Jobs)

Qué investigar en Sistemas Distribuidos ?

Edge – Fog y Cloud Computing

El eje de esta línea de I/D lo constituye el estudio de la integración de arquitecturas distribuidas que van desde el nivel de sensores (Edge Computing) a la capa de procesamiento en la nube (Cloud Computing), con una posible capa intermedia que se conoce como Fog Computing.



Qué investigar en Sistemas Distribuidos ?

Edge – Fog y Cloud Computing

Temas I+D+I

- Distribución de la capacidad de procesamiento en cada nivel. Administración de recursos.
- Análisis de performance en las comunicaciones, según el grado de distribución del procesamiento.
- Migración de “inteligencia” al nivel “Edge” para reducir consumo y comunicaciones.
- Desarrollo y evaluación de aplicaciones que integran niveles de procesamiento.
- Análisis de eficiencia en tiempo, consumo y comunicaciones

Qué investigar en Sistemas Distribuidos ?

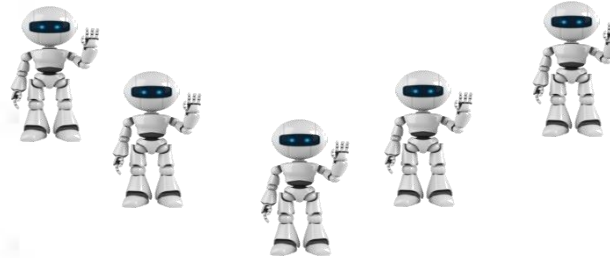
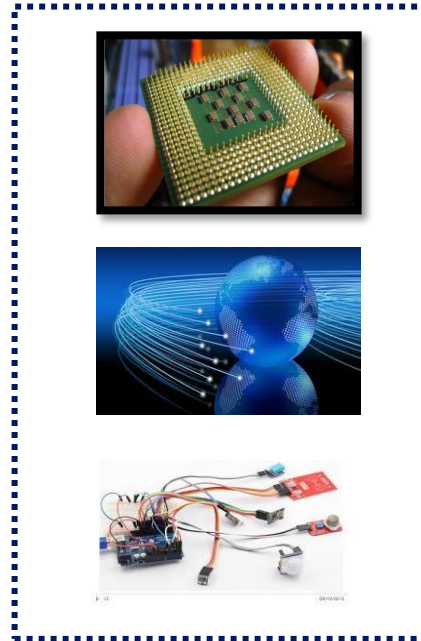
Edge – Fog y Cloud Computing

Temas I+D+I

- Soluciones a sistemas de tiempo real distribuidos.
- Protocolos de integración de datos y servicios.
- Cómo disminuir el tráfico de datos. Seguridad en los datos y en las comunicaciones.
- Aplicaciones: robots / drones / vehículos autónomos.
- Algoritmos colaborativos en tiempo real integrando las tres capas.
- Sistemas inteligentes distribuidos. Migración de “inteligencia” en sistemas embebidos

Qué investigar en Sistemas Distribuidos ?

CLOUD ROBOTICS



Hardware **Y** Software

Qué investigar en Paralelismo hoy?

- El cambio de la arquitectura de los procesadores a partir de 2005.
- La “muerte” del modelo Von Neumann para analizar los procesadores.
- La “muerte” de la programación “secuencial” a nivel procesador.
- Impacto sobre la programación paralela y el desarrollo de sistemas paralelos.



Qué investigar en Paralelismo hoy?

Arquitecturas multiprocesador y Software de base

- Arquitecturas many-core, híbridas y asimétricas. Computadoras y Aceleradores.
- Desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos sobre nuevas arquitecturas.
- Software de base p/ la administración del hardware.
- Estudio y optimización de código heredado.
- Desarrollo y evaluación de estrategias de resiliencia.
- Modelado y simulación de arquitecturas p/optimizarlas.



Qué investigar en Paralelismo hoy?

Arquitecturas multiprocesador: GPUs

- Las GPUs son el acelerador dominante en la comunidad de HPC hoy en día por su alto rendimiento, bajo costo y eficiencia energética.
- La combinación de GPUs con otras plataformas paralelas como clusters de multicores, brindan muchas posibilidades de investigación en arquitecturas híbridas... *tanto en hardware como en software.*
- Los desafíos de I+D+I que se plantean son múltiples, sobre todo en lo referido a distribución de datos y procesos en tales arquitecturas híbridas a fin de optimizar el rendimiento de las soluciones.

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Arquitecturas multiprocesador: MICs

- Una alternativa actual (impulsada por INTEL) es la arquitectura MIC (Many Integrated Core Architecture). Esta arquitectura permite utilizar métodos y herramientas *estándar* de programación (a diferencia de las GPU). con altas prestaciones. De esta forma, se reduce el entrenamiento y se focaliza en el problema a resolver.
- Intel ha lanzado la arquitectura Knights Landing (KNL), la segunda generación del coprocesador Xeon Phi. Los procesadores KNL pueden operar en forma autónoma e integran operaciones vectoriales y tecnología de memoria 3D, entre otras características avanzadas.

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Arquitecturas multiprocesador: FPGAs

- FPGA (Field Programmable Gate Array) es una clase de acelerador basado en circuitos integrados reconfigurables, tradicionalmente empleado en procesamiento digital de señales.
- La capacidad de adaptar sus instrucciones de acuerdo con la aplicación objetivo permite incrementar la performance y el rendimiento energético para aplicaciones específicas.
- En los últimos años hay un gran esfuerzo para potenciar su empleo con software “estándar” (IBM / ALTERA)

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Arquitecturas multiprocesador: TPUs

- Las unidades de procesamiento tensorial (TPU) son una clase de circuitos integrados para aplicaciones específicas desarrolladas por Google para acelerar los procesos de aprendizaje automático que se requieren en su framework TensorFlow.
- Su uso provee una alternativa a otras arquitecturas ya conocidas como CPUs, GPUs y MICs. En ese sentido, interesa investigar las tasas de aceleración y eficiencia energética provistas por esta nueva arquitectura, en comparación con el resto.

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Eficiencia Energética como tema central

- Análisis de metodologías y herramientas para medir y optimizar el consumo energético.
- Técnicas para reducir el consumo energético en aplicaciones de HPC según la arquitectura utilizada.
- Evaluación y Optimización de eficiencia energética de diferentes algoritmos y plataformas paralelas.
- Empleo de los contadores hardware para definir estrategias de programación que lleven a reducir el consumo, manteniendo a su vez el rendimiento en valores aceptables. (en tiempo de ejecución)

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Resiliencia y Tolerancia a Fallos

- Lograr sistemas resilientes resulta un desafío considerando el creciente número de componentes, la cercanía a los límites físicos en las tecnologías de fabricación y la complejidad incremental del software.
- A mayor complejidad del cómputo (y mayor tiempo de ejecución) es más importante tener algoritmos sin fallos (o con recuperación de fallos automática).
- Las estrategias de detección y recuperación de fallos son un difícil desafío actual en I+D.



Qué investigar en Paralelismo hoy?

I+D+I en otras Arquitecturas y su Software

- Dispositivos de bajo costo con capacidades para cómputo paralelo.
- Dispositivos móviles que se pueden configurar en red y/o utilizar en sus tiempos ociosos.
- Explotar el paralelismo en estos dispositivos para mejorar el rendimiento, costo y/o consumo energético de las aplicaciones es una línea de I+D+I... **que requiere coordinar software y hardware no homogéneo...**

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Software para Sistemas Paralelos

- Lenguajes, modelos y paradigmas de programación paralela (puros e híbridos a distintos niveles).
- Asignación de procesos a procesadores optimizando el balance de la carga de procesamiento.
- Métricas de evaluación de complejidad y rendimiento: speedup, eficiencia, escalabilidad, consumo energético, costo de programación.
- Analizar y desarrollar ambientes para la enseñanza de programación concurrente y paralela.

Qué investigar en Paralelismo hoy?

Aplicaciones de Sistemas Paralelos... Infinitas...

- Algoritmos sobre big data para Inteligencia de Datos.
- Desarrollo de sistemas operativos para arquitecturas asimétricas / heterogéneas / adaptivas.
- Análisis de secuencias de ADN y otros problemas de BioInformática.
- Simulaciones complejas en base a agentes paralelos (enfermedades / evacuaciones / inundaciones...)
- Estudios de imágenes (desde cámaras de seguridad a telescopios en astronomía o imágenes médicas) para obtener conclusiones “inteligentes”.

Aplicaciones de **Hoy** y del **Futuro**



Ciudades Inteligentes. Aplicaciones Móviles.

BioInformática. E-Salud

Tecnología aplicada en Educación

Ciberseguridad



Robots y Drones en múltiples áreas.

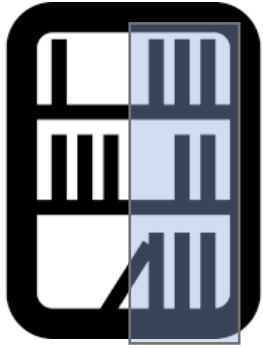
E-Commerce. Banca Digital. Monedas Digitales.

Logística Inteligente. Vehículos autónomos.

IIoT en la Industria.

Transformación Digital y Recursos Humanos

Formación de Recursos Humanos El Profesional en TICs de **HOY...**



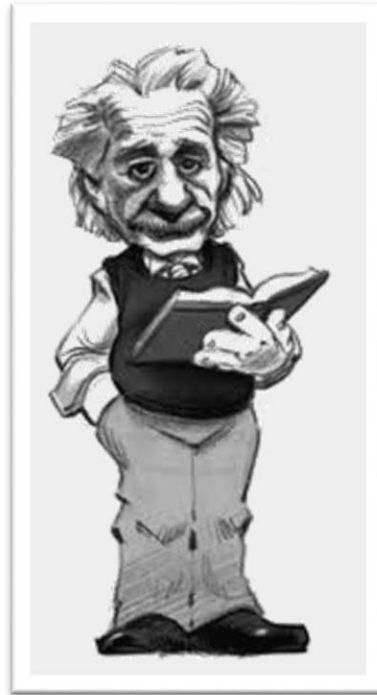
Conocimiento PREVIO

+

Cambio TECNOLÓGICO

+

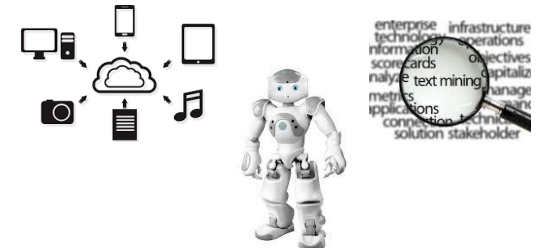
Ideas INNOVADORAS



Conocimiento
NUEVO



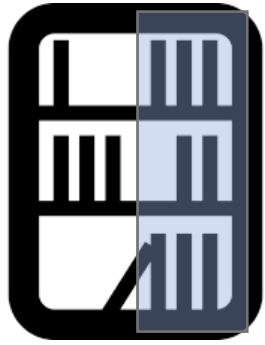
SIEMPRE



**Aplicaciones en el
MUNDO REAL**

Formación de Recursos Humanos

El Perfil del Profesional en TICs de **HOY**



Conocimiento PREVIO

+

Cambio TECNOLÓGICO

+

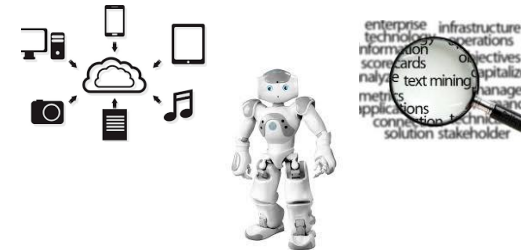
Ideas INNOVADORAS



Conocimiento
NUEVO



SIEMPRE



**Aplicaciones en el
MUNDO REAL**

Formación de RRHH en áreas tecnológicas

ASPECTOS RELEVANTES

Aprender es más importante que Enseñar.
Cómo formar para el Aprendizaje? Y la
Formación continua...

Cómo formar para la **Innovación**?

Acortar los tiempos para el trabajo concreto
del alumno en problemas reales.

Definir claramente las **competencias y
resultados de aprendizaje** esperados y como
verificarlos en la currícula.



Formación de RRHH en áreas tecnológicas

ASPECTOS RELEVANTES

Articular con los niveles educativos previos.

Currícula flexible con relación con el mercado laboral (dinámico en función de la tecnología).

Formación experimental que incrementa la motivación del alumno.

Competencias genéricas y específicas.
Internacionalización de la Curricula.

El Postgrado como una pirámide desde la actualización profesional a las titulaciones formales (Especialista/Maestría/Doctorado).



El Paradigma “de las 4I”

Ideas Innovadoras
Interdisciplina
Investigación
Industria

Vincular el mundo real con las posibilidades de la tecnología requiere **ideas innovadoras** en campos **multidisciplinarios** y esto implica trabajo en equipo y muchas veces la investigación de base y aplicada de grupos con diferente formación.

Para que los resultados sean verdaderamente útiles y de impacto social hay que **llegar a la industria** y convertirlos en productos y servicios. La industria TIC se aplica a todos los campos de la vida de una sociedad.

Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos



Conclusiones / Reflexiones

El volumen y velocidad del cambio tecnológico es un factor determinante en la evolución de la investigación en Sistemas Distribuidos y Paralelos...

La relación entre Hardware y Software es fundamental para obtener sistemas eficientes. Esto conduce a Investigación interdisciplinaria.

Ingeniería **E** Informática



Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos



Conclusiones / Reflexiones

El paradigma “de las 4I” está marcando la necesaria integración entre Investigación, Innovación, Interdisciplina e Industria.

Los recursos humanos formados y actualizados son el elemento más importante en la sociedad del conocimiento actual y esto pone en valor el rol de la Educación en todos sus niveles.

Investigación actual en Sistemas Distribuidos y Paralelos

PREGUNTAS ??

