



# **Desarrollo de Sistemas Distribuidos**

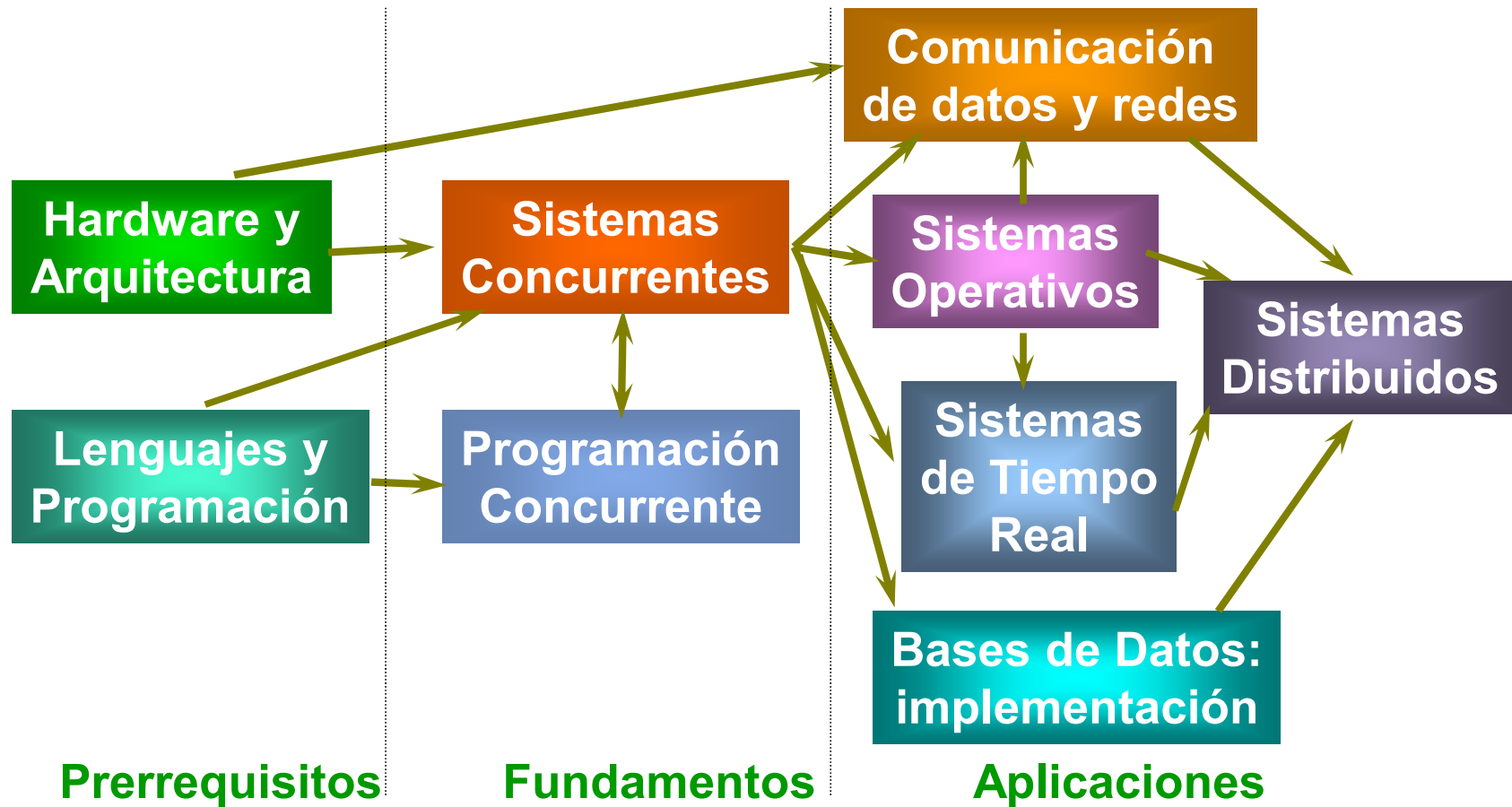
## **Tema 1**

### **Introducción a Sistemas Distribuidos**

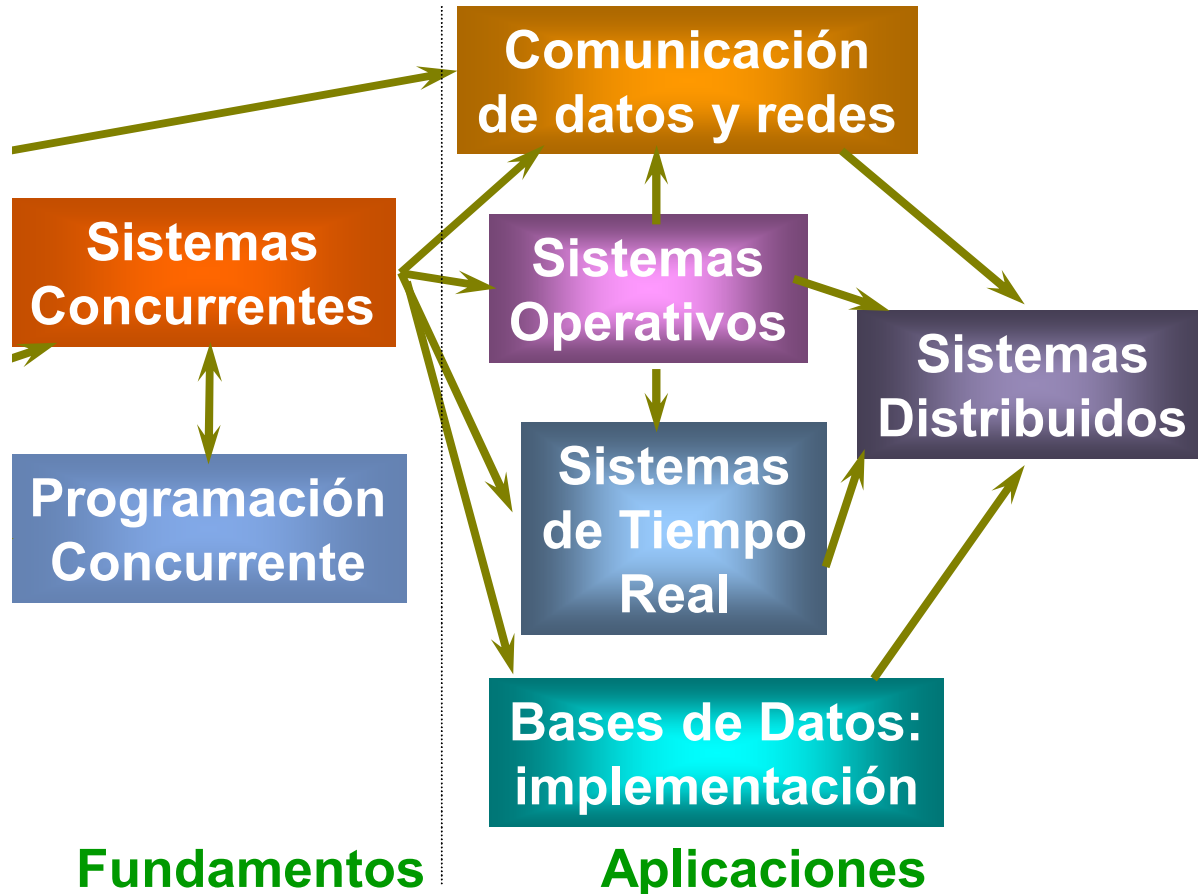
# Contenidos

1. Disciplinas relacionadas
2. Clasificación y definición
3. Características y objetivos
4. Paradigmas de aplicaciones distribuidas
5. Modelos de referencia para sistemas distribuidos

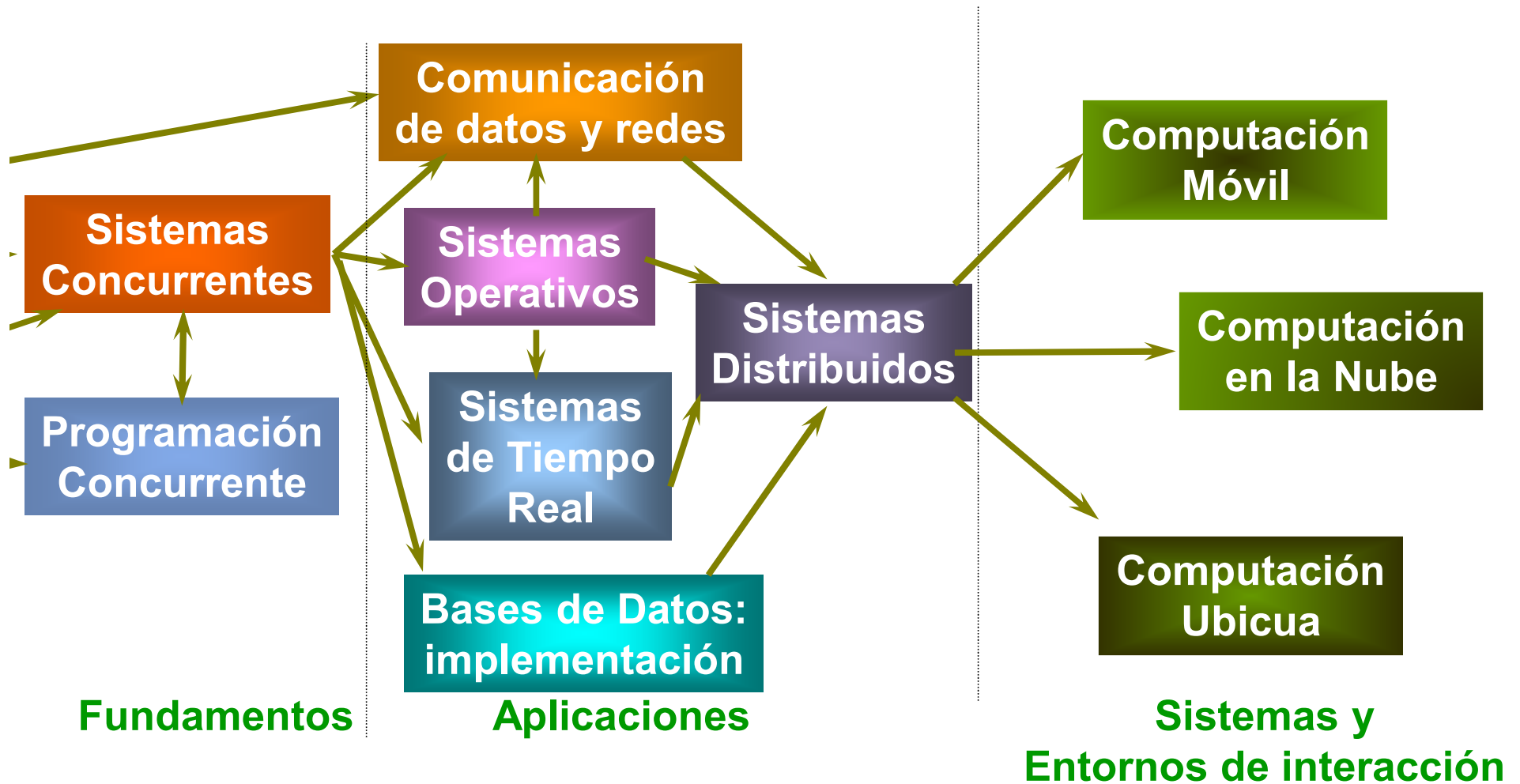
# Disciplinas relacionadas



# Disciplinas relacionadas

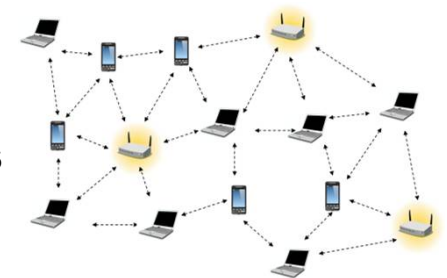


# Disciplinas relacionadas

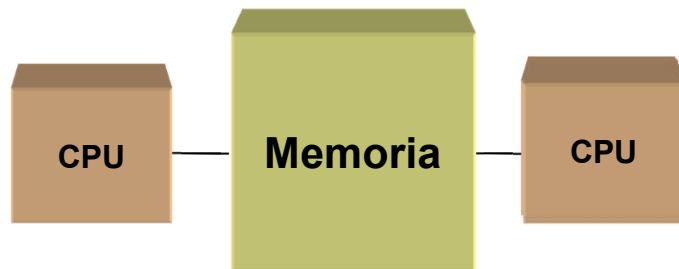


# Clasificación Sistemas Distribuidos - *Hardware*

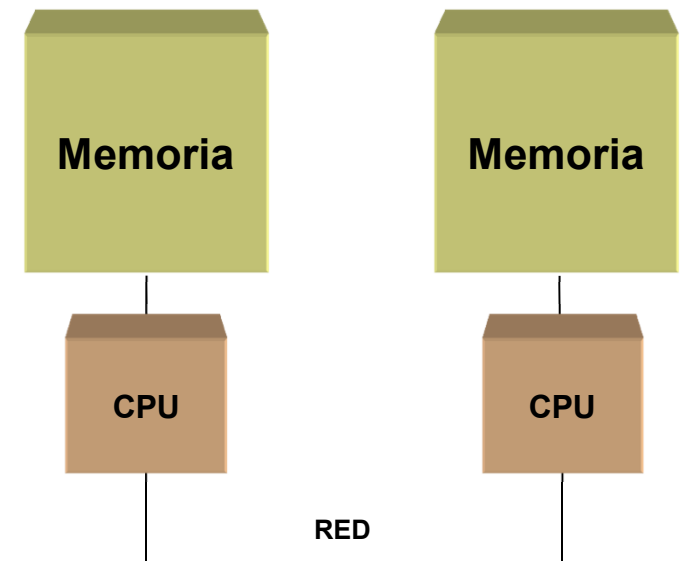
Arquitectura	Sistema Distribuido
<b>Fuertemente acopladas</b> <i>("closely or tightly coupled")</i>	<b>Multicomputadoras</b> Comunicaciones en microsegundos (Transputer, Cosmic Cube, Hipercubo, ...)
	<b>LAN's</b> Comunicaciones en milisegundos
<b>Débilmente acopladas</b> <i>("loosely coupled")</i>	<b>WAN's, MANETs</b> Comunicaciones en segundos



# Modelos de Programación Concurrente - *Software*

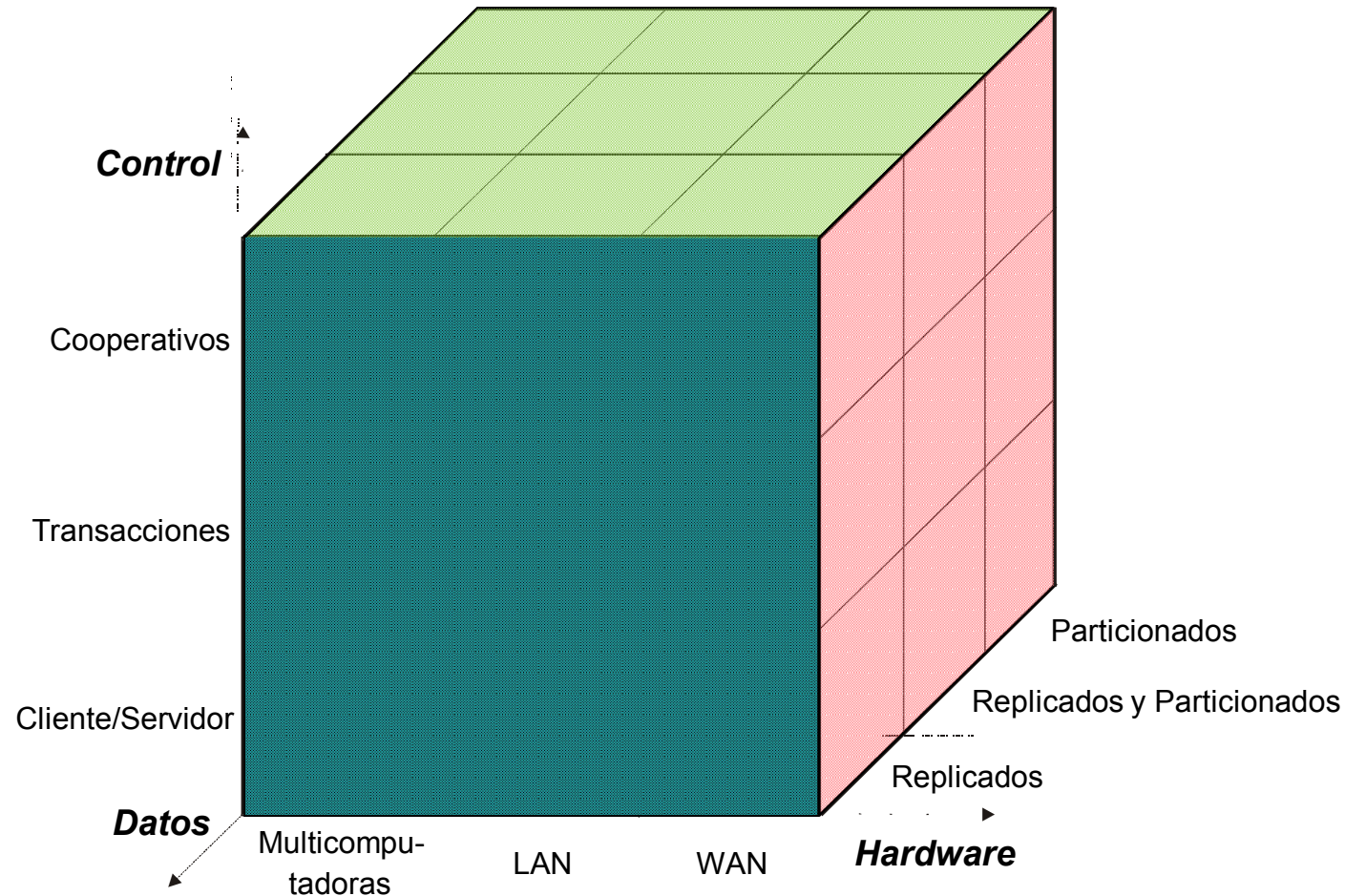


*Memoria Compartida*



*Memoria Distribuida*

# Modelo Genérico para tipos de Sistemas Distribuidos *Hw & Sw* (Adaptación del Modelo de *Enslow*)

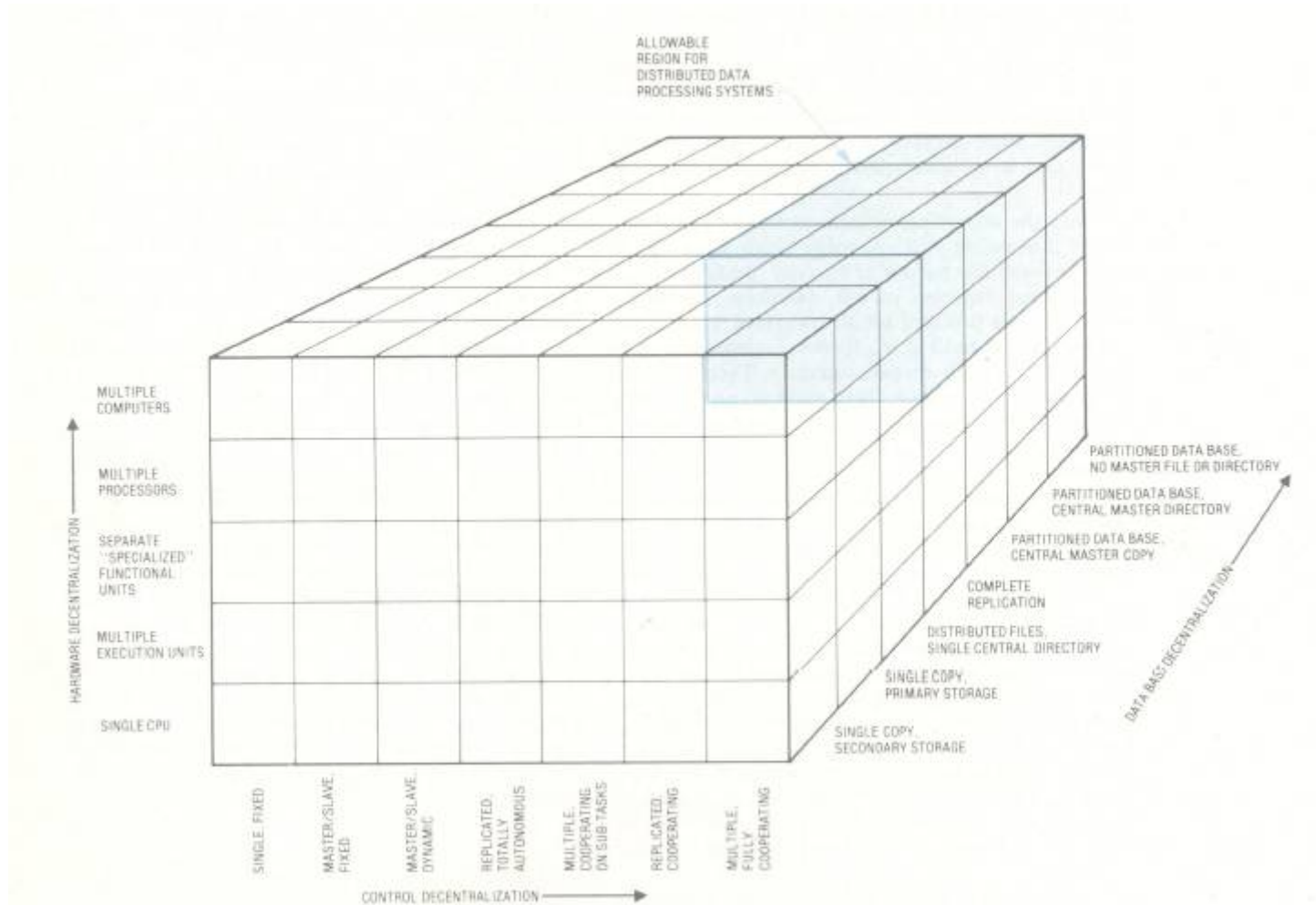


*Sistema Distribuido (SD) = hardware distribuido + control distribuido + datos distribuidos*



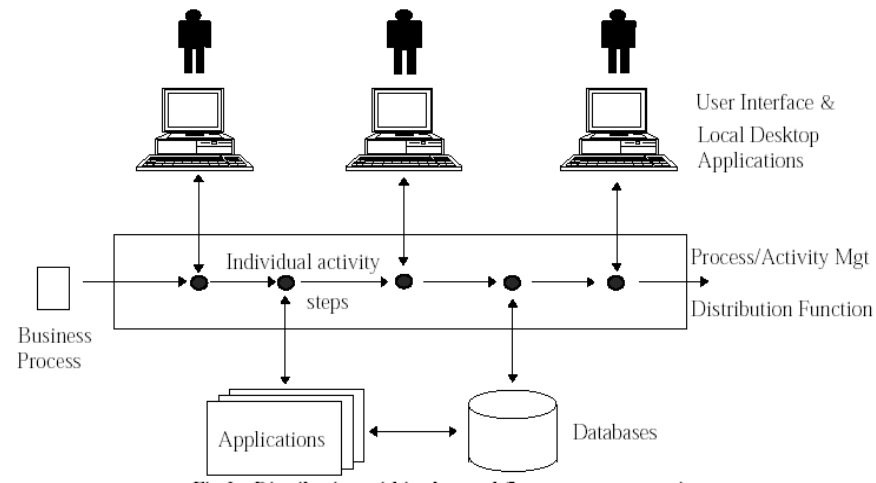
# Modelo Genérico para tipos de Sistemas Distribuidos

## *Hw & Sw (Modelo de Enslow)*



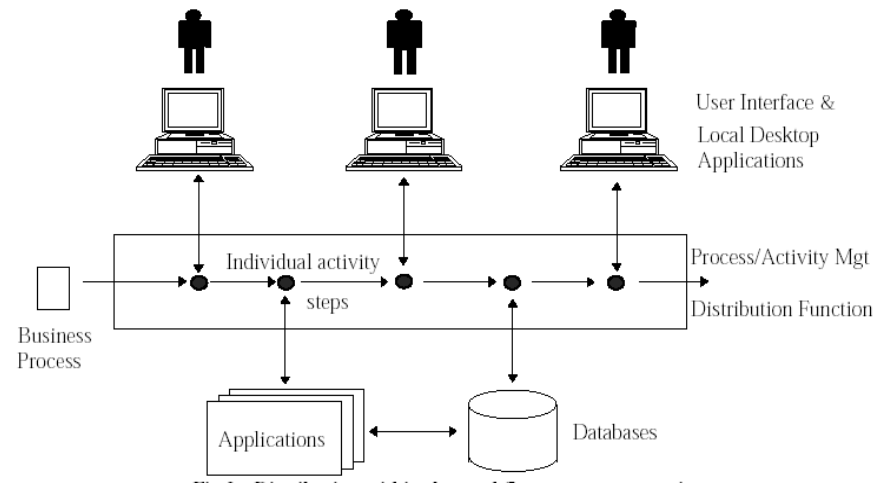
***Sistema Distribuido (SD) = hardware distribuido + control distribuido + datos distribuidos***

# Definición de Sistema Distribuido



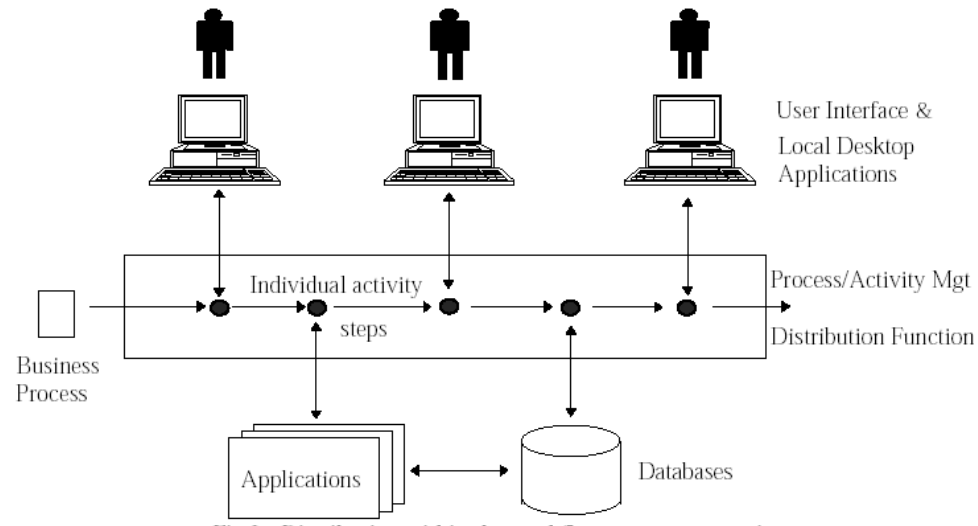
*Conjunto de computadoras autónomas, pero enlazadas por una red y con software diseñado para producir y facilitar una computación integrada*

# Definición de Sistema Distribuido



*Sistema en el que los componentes localizados en computadores, conectados en red, comunican y coordinan sus acciones únicamente mediante el paso de mensajes*

# Definición de Sistema Distribuido



*Colección de computadoras independientes que se presentan ante los usuarios como un único sistema coherente*

- *Aspecto hardware: los computadores son independientes*
- *Aspecto software: los usuarios piensan que existe un único sistema*

# Características y Objetivos

## 1. Compartición de recursos

- **Recurso**  $\equiv$  **hardware** (almacenamiento, impresoras, cpu)  $\cup$  **software** (archivos, interfaces, servicios)
  - En sistemas distribuidos, los recursos son gestionados por programas que ofrecen una **interfaz** de comunicación y se ejecutan en diferentes dispositivos de cómputo
- Tendencia al **control** (cada vez más) **descentralizado**: *groupware*
  - Se busca proporcionar soporte a grupos de usuarios que trabajan de forma cooperativa compartiendo objetos de datos entre aplicaciones
- ...Y “**elástico**”: ej.  $\rightarrow$  **cloud computing**
  - 1 servidor **x** 1000horas = 1000 servidores **x** 1hora
  - Incorporar y eliminar recursos de cómputo de grado fino (*fine grain*), como “un microprocesador”

# Características y Objetivos

## 1. Compartición de recursos

- Las **políticas y métodos** de gestión de recursos presentan **requisitos comunes**:
  - Adopción y propuesta de un mismo esquema de **denominación** (ej. *Universal Resource Identifier* o URI), para que puedan ser accedidos desde cualquier lugar
  - **Asociación** de nombres de recursos a direcciones de comunicación
  - **Coordinación** de accesos concurrentes para asegurar la **consistencia**

# Características y Objetivos

## 2. Sistema abierto

- Determina si el sistema puede ser **personalizado y ampliado** de varias formas
- Hace referencia, tanto al hardware, como al software
- **Unix**, ejemplo de sistema abierto para:
  - **Desarrolladores de aplicaciones** → tienen acceso a todos los servicios del Sistema Operativo (SO)
  - **Vendedores de hardware y gestores de sistemas**, ya que el sistema puede ser ampliado gracias a conexiones estandarizadas (ej.: nuevos dispositivos o controladores)
  - **Vendedores de software y usuarios**, ya que es “independiente” del hardware del computador
- La utilización de **protocolos estándares** (además de “*Inter Process Communication*” o IPC) de comunicación amplía el ámbito de los sistemas abiertos

# Características y Objetivos

## 3. Concurrencia

- **Concurrencia y paralelismo** surgen naturalmente en sistemas distribuidos por:
  - Actividad **independiente** de cada usuario
  - **Independencia** entre recursos hardware
  - Localización de los **distintos procesos** en **diferentes computadoras**



# Características y Objetivos

## 4. Escalabilidad

- El **software de sistema y aplicación** no debería cambiar cuando el sistema aumenta de tamaño
- El trabajo que implica el procesamiento de una única petición para acceder a un recurso compartido debe **ser independiente del tamaño de la red**
- En todo caso, las disminuciones de rendimiento del sistema deben ser moderadas
- **Principal desafío:** diseñar el software del sistema distribuido de forma que permanezca **eficiente** y **efectivo**. **Técnicas** a aplicar:
  - Replicación de datos
  - Utilización de cachés
  - Despliegue de servicios (ej. especializar los proveedores de servicios)
  - Sistemas abiertos: introducción de servicios y reimplementación de los existentes, independencia de proveedores

# Características y Objetivos

## 5. Tolerancia a fallos:

- El diseño se basa en dos propuestas:
  - **Redundancia *hardware***
  - **Recuperación *software***
- De cara a fallos *hardware*, un SD proporciona un alto nivel de **disponibilidad** (medida del tiempo que está *disponible* para su uso)
- Las redes hasta hace poco no eran redundantes y, por tanto, se buscaba más bien un diseño seguro → ahora la tecnología wireless permite crear redes *ad hoc* (*MANETs*) → soluciones ***seamless***

# Características y Objetivos

## 6. Transparencia:

- Ver el sistema distribuido (SD) como un todo
- Es el principal objetivo en el diseño del software de un SD
- Formas de transparencia **básicas**:
  - **Acceso**: mismas operaciones sobre entidades locales y remotas
  - **Localización**: entidades pueden ser accedidas sin importar su localización
  - **Concurrencia**: operaciones concurrentes sobre la misma entidad sin interferir

# Características y Objetivos

## 6. Transparencia:

- Formas de transparencia **avanzadas**:
  - **Replicación**: existencia de varias instancias de una misma entidad sin conocimiento por parte del programa o usuario. Ej.: Copia de los archivos más usados en diferentes servidores sin ser advertido por los usuarios
  - **Fallo**: ocultación fallos hardware y software
  - **Migración**: movimiento de entidades en el sistema sin afectar a programas ni a usuarios
  - **Rendimiento**: reconfiguración del sistema según carga
  - **Escalabilidad**: no cambia la estructura del sistema cuando éste o las aplicaciones se amplían

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- Modularidad
- Cross platform
- Seguridad/privacidad
- Capacidad para evolucionar/Extensibilidad
- Calidad de servicio (QoS)
- Movilidad
- Amigabilidad de las interfaces
- Elasticidad
- ...

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida (Computación Móvil)

- **Computación Móvil**
- Confluencia de computadores portátiles + LAN inalámbricas  
→ sistemas distribuidos con clientes móviles
- Permanecen vigentes los principios de diseño de sistemas distribuidos
- Hay que considerar **aspectos adicionales** como:
  - Variaciones impredecibles en la **calidad** de la conexión **de red**
  - **Fiabilidad** y **robustez** reducida de los elementos móviles
  - **Potencia** de los recursos reducida, derivada de las limitaciones de tamaño y peso de los mismos
  - Consumo de **batería**

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida (Computación Móvil)

- **Computación Móvil**
- Campo de investigación muy activo
- **Áreas de trabajo:**
  - **Redes móviles:** IP móvil, protocolos y enrutamiento en MANETs, rendimiento de TCP
  - **Acceso móvil a la información:** Trabajo en modo desconexión, adaptación al ancho de banda (acceso a ficheros), gestión de consistencia de la información
  - **Soporte a aplicaciones adaptativas:** Gestión de recursos adaptativa, transcoding (representar en distintos formatos la información)
  - **Técnicas de ahorro de energía:** Adaptación en función de la batería, planificación de la velocidad del procesador, gestión de memoria
  - **Detección de la ubicación:** Determinación de la posición y cambio del comportamiento en función de la ubicación

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

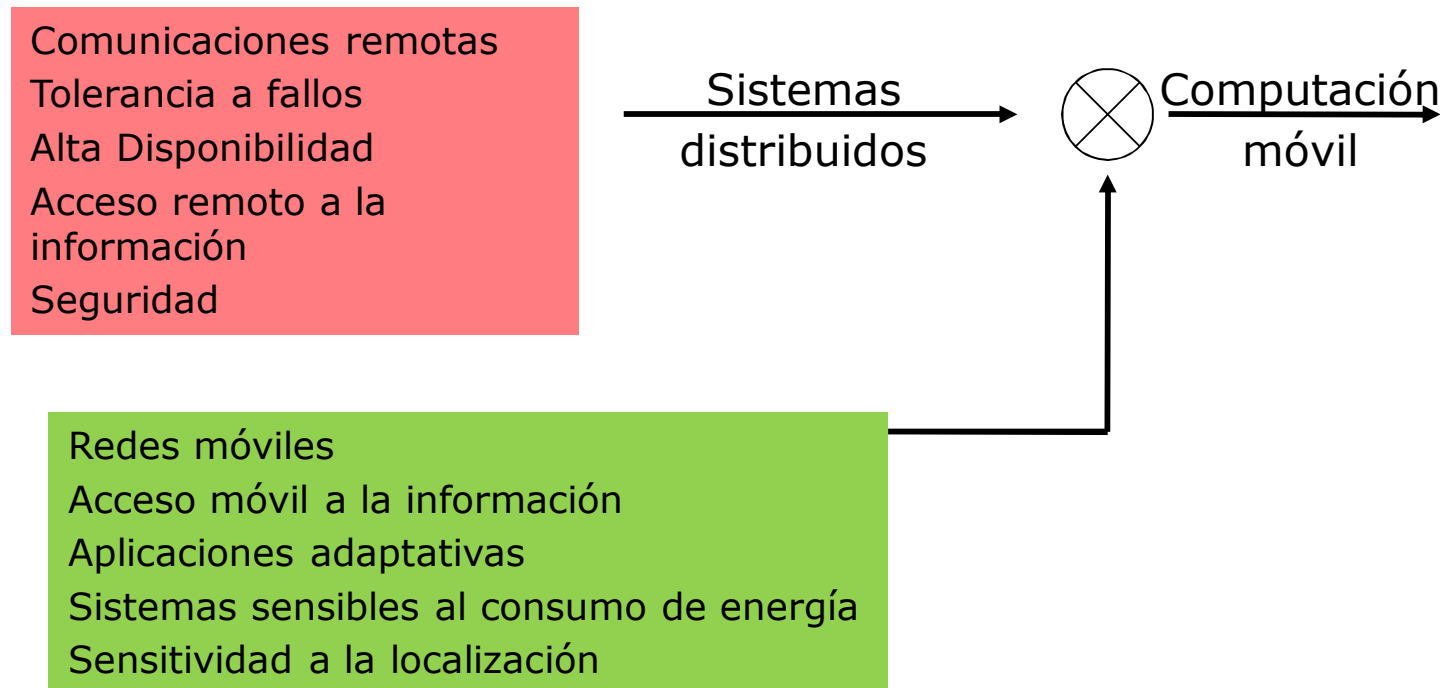
Comunicaciones remotas  
Tolerancia a fallos  
Alta Disponibilidad  
Acceso remoto a la información  
Seguridad

Sistemas  
distribuidos

Adaptado de [Satyanarayanan 2001]

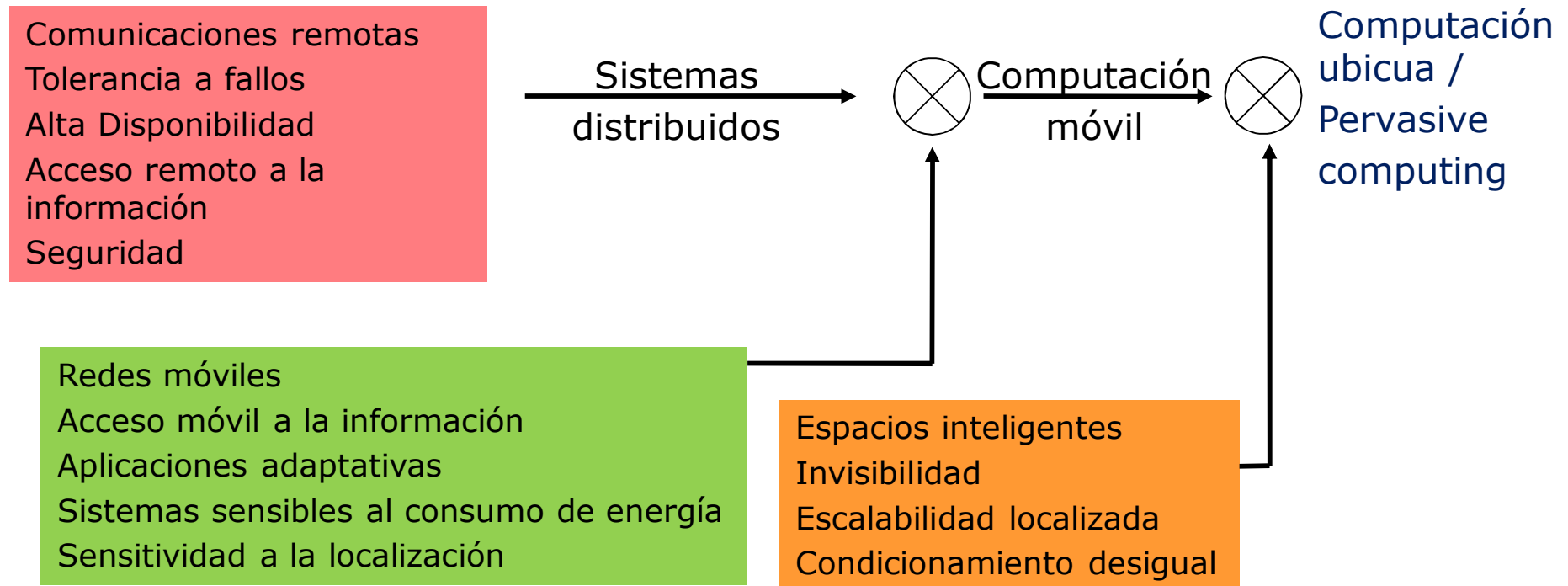


# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida



Adaptado de [Satyanarayanan 2001]

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida



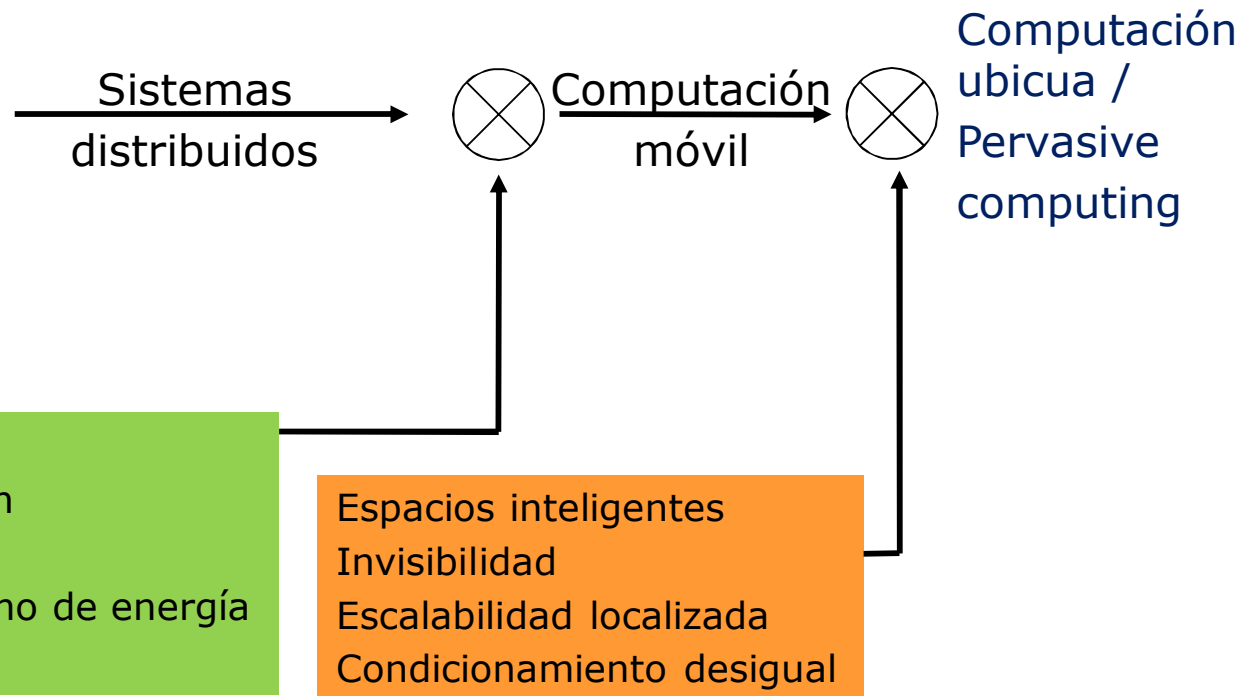
Adaptado de [Satyanarayanan 2001]

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

*“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.”*

Comunicaciones remotas  
Tolerancia a fallos  
Alta Disponibilidad  
Acceso remoto a la información  
Seguridad

Redes móviles  
Acceso móvil a la información  
Aplicaciones adaptativas  
Sistemas sensibles al consumo de energía  
Sensitividad a la localización



Adaptado de [Satyanarayanan 2001]

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- Pervasive Computing. Escenario 1

*Jane is at Gate 23 in the Pittsburgh airport, waiting for her connecting flight. She has edited many large documents, and would like to use her wireless connection to e-mail them. Unfortunately, bandwidth is miserable because many passengers at Gates 22 and 23 are surfing the Web.*

*A context-aware system (CAS) observes that at the current bandwidth Jane won't be able to finish sending her documents before her flight departs.*

*Consulting the airport's network weather service and flight schedule service, the CAS discovers that wireless bandwidth is excellent at Gate 15, and that there are no departing or arriving flights at nearby gates for half an hour. A dialog box pops up on Jane's screen suggesting that she go to Gate 15, which is only three minutes away. It also asks her to prioritize her e-mail, so that the most critical messages are transmitted first. Jane accepts CAS's advice and walks to Gate 15. She watches CNN on the TV there until the CAS informs her that it is close to being done with her messages, and that she can start walking back. The last message is transmitted during her walk, and she is back at Gate 23 in time for her boarding call.*

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- Pervasive Computing. Escenario 2

*Fred is in his office, frantically preparing for a meeting at which he will give a presentation and software demonstration. The meeting room is a 10-minute walk across campus. It is time to leave, but Fred is not quite ready. He grabs his PalmXXII wireless handheld computer and walks out of the door. The CAS transfers the state of his work from his desktop to his handheld, and allows him to make his final edits using voice commands during his walk. The CAS infers where Fred is going from his calendar and the campus location tracking service. It downloads the presentation and the demonstration software to the projection computer, and warms up the projector.*

*Fred finishes his edits just before he enters the meeting room. As he walks in, the CAS transfers his final changes to the projection computer. As the presentation proceeds, Fred is about to display a slide with highly sensitive budget information. The CAS senses that this might be a mistake: the room's face detection and recognition capability indicates that there are some unfamiliar faces present. It therefore warns Fred. Realizing that CAS is right, Fred skips the slide. He moves on to other topics and ends on a high note, leaving the audience impressed by his polished presentation.*

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- **Espacios inteligentes**

- Se refiere a su uso efectivo
- Puede ser un área cerrada (p. ej.: un salón o un pasillo) o un espacio abierto (p. ej.: un patio o un campo de fútbol)
- La inclusión de tecnologías de computación con infraestructuras físicas trae consigo la integración de dos *mundos* tradicionalmente disjuntos: espacio **físico** y **computación**
- También la percepción y control de uno desde el otro
- **Ej.:** (adaptación del entorno) refrigeración, calefacción, iluminación, perfiles de usuario, etc.  $\leftrightarrow$  el software también puede adaptarse en función de dónde se encuentre el usuario y lo que puede hacer allí (ej.: silenciar notificaciones al entrar en una sala de reuniones o cine, seleccionar descargas en función del ancho de banda)

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- **Invisibilidad**

- Ideal expresado por Mark Weiser
- Minimizar las distracciones del usuario por el uso de la tecnología
- Si la tecnología no distrae, puede usarse a un nivel subconsciente
- Equilibrio  $\leftrightarrow$  frente a la **ausencia total de notificaciones** para evitar sorpresas posteriores
- **Ej.:** Conmutación transparente entre el uso de una red wifi y una conexión 4G

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- **Escalabilidad localizada**

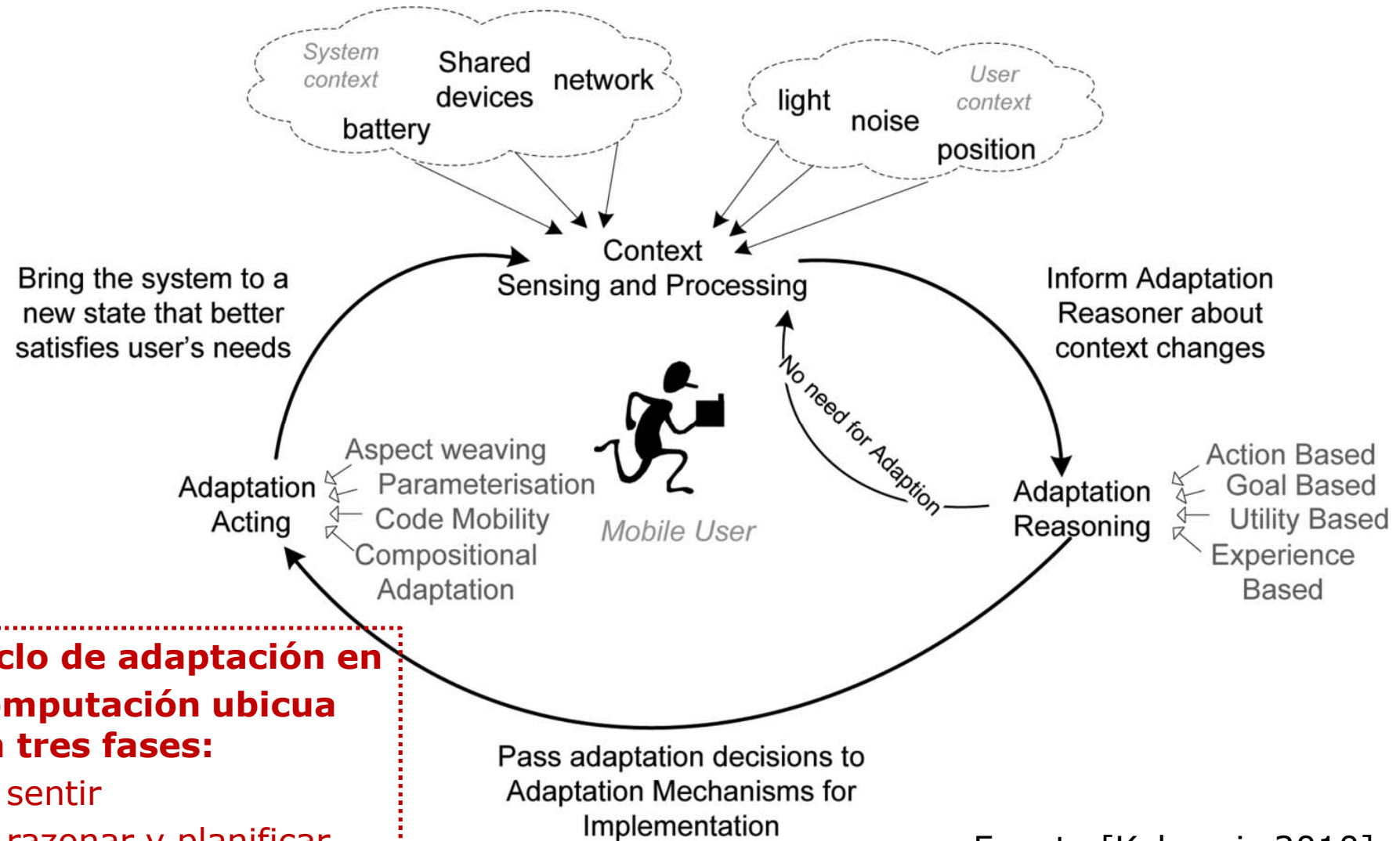
- Al crecer el nivel de sofisticación de los espacios inteligentes, aumenta el **número de interacciones** del usuario (más bien, *de su espacio de computación personal*) con el entorno
- Consecuencias en el consumo de ancho de banda, energía/batería y la aparición de posibles distractores
- **Escalabilidad:** hasta ahora no importaba la distancia o el lugar físico donde se encontrara el usuario (**ej.:** servidor Web → cuantos más usuarios, mejor, e independientemente de su localización)
  - Ahora el número de interacciones debe reducirse en función de cómo se desplazan los usuarios



# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida

- **Enmascaramiento del condicionamiento desigual**
  - El **grado de adopción** de la tecnología de computación ubicua depende de factores no tecnológicos: estructura de las organizaciones, economía, modelo de negocio,...
  - Por tanto, no se adoptará de manera uniforme
  - Las diferencias en la “*inteligencia*” de los sistemas debe ocultarse para evitar experiencias de usuario insatisfactorias y alinear la tecnología con el objetivo de invisibilidad
  - **Ej.:** Trabajo en modo desconexión

# Características y Objetivos en los nuevos paradigmas de Computación Distribuida



Fuente [Kakousis 2010]

## Ciclo de adaptación en computación ubicua en tres fases:

- sentir
- razonar y planificar
- actuar

# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones paralelas de alto rendimiento:**
  - Decrementan el **tiempo de respuesta**
  - Ventaja de **escalabilidad** de los sistemas distribuidos frente a los sistemas multiprocesador o multinúcleo (*multicore*)
  - Se pueden clasificar en cuanto al **grano del paralelismo** (tiempo de computación entre comunicaciones):
    - **Grano grueso** (“*large- or coarse-grain*”): ++tiempo de computación y --tiempo de comunicación
    - **Grano medio** (“*medium-grain*”)
    - **Grano fino** (“*fine-grain*”): ++tiempo de comunicación y --tiempo de computación
  - Grano medio y grueso adecuado para sistemas distribuidos débilmente acoplados

# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones tolerantes a fallos:**
  - Incrementan **fiabilidad** (“*reliability*”) y **disponibilidad**
  - Sistemas distribuidos potencialmente seguros debido a la **propiedad de fallo parcial**:
    - Cuanto más débilmente acoplado más fiabilidad
  - Seguridad mediante la **replicación** de funciones/servicios o datos de las aplicaciones en varios nodos

# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones con especialización funcional:**
  - Cada aplicación es concebida como una **colección de servicios** (ej.: SO Amoeba → ficheros, procesos, impresión... red de equipos como si fuera una única máquina)
  - Forma natural de diseñar estas aplicaciones → mediante un SD con **implementaciones alternativas** (centralizada, distribuida, replicada...), donde cada servicio puede utilizar uno o más procesadores dedicados
  - Proporcionan **alto rendimiento y seguridad**
  - Los servicios pueden comunicarse entre ellos
  - “Fácil” **escalabilidad** de las aplicaciones



# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones con especialización funcional:**
  - Cada aplicación es concebida como una **colección de servicios** (ej.: SO Amoeba → ficheros, procesos, impresión... red de equipos como si fuera una única máquina)
  - Forma natural de diseñar estas aplicaciones → mediante un SD con **implementaciones alternativas** (centralizada, distribuida, replicada...), donde cada servicio puede utilizar uno o más procesadores dedicados
  - Proporcionan **alto rendimiento y seguridad**
  - Los servicios pueden comunicarse entre ellos
  - “Fácil” **escalabilidad** de las aplicaciones



# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones inherentemente distribuidas:**
  - **Groupware:** sistema basado en computadoras que soporta grupos de personas implicadas en tareas comunes y que proporciona una interfaz a un entorno compartido interactivo
  - Ejemplos más claros y exitosos:
    - Correo electrónico
    - *Workflow Mgmt Systems:* Software de gestión de flujos de trabajo
    - *Sistemas Enterprise Resource Planning (ERP):* SAP
    - *Business Process Management Systems (BPMS):* BOS, Bizagi,...

# Paradigmas de Aplicaciones Distribuidas

- **Aplicaciones inherentemente distribuidas:**

- **Groupware:** sistema basado en computadoras que soporta grupos de personas implicadas en tareas comunes y que proporciona una interfaz a un entorno compartido interactivo
  - Ejemplos más claros y exitosos:
    - Correo electrónico
    - *Workflow Mgmt Systems:* Software de gestión de flujos de trabajo
    - *Sistemas Enterprise Resource Planning (ERP):* SAP
    - *Business Process Management Systems (BPMS):* BOS, Bizagi,...
- 