

VENCUENTRO INTERUNIVERSITARIO SOBRE COMPLEJIDAD Y SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

Sistemas dinámicos cognitivos: Ingeniería de Sistemas Complejos HOY



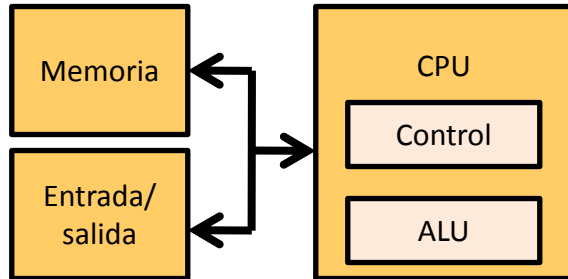
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Marco Aurelio Alzate Monroy
Universidad Distrital

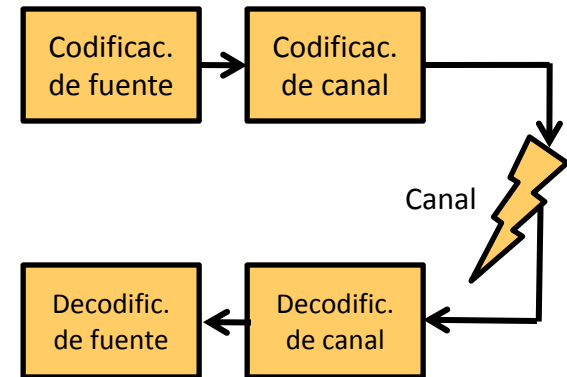
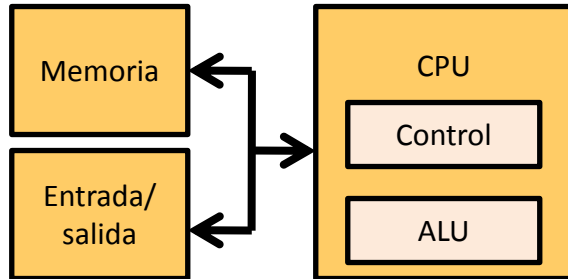


El reduccionismo mecanicista tiene una larga historia de éxitos en la ingeniería clásica

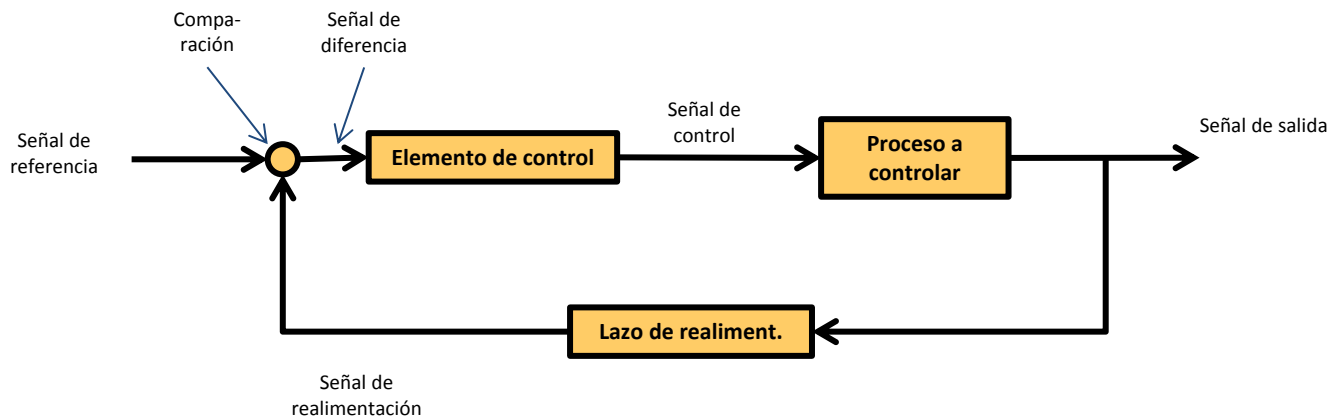
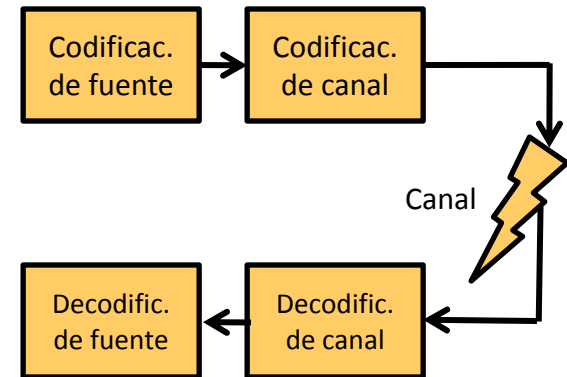
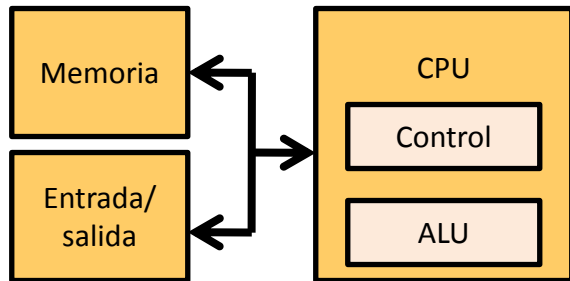
El reduccionismo mecanicista tiene una larga historia de éxitos en la ingeniería clásica



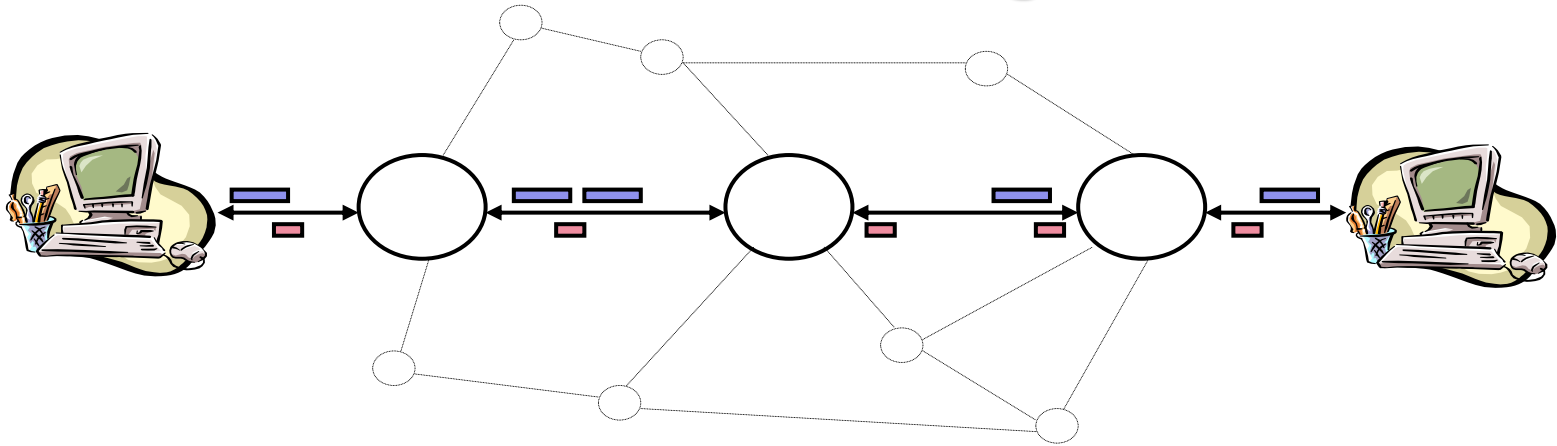
El reduccionismo mecanicista tiene una larga historia de éxitos en la ingeniería clásica



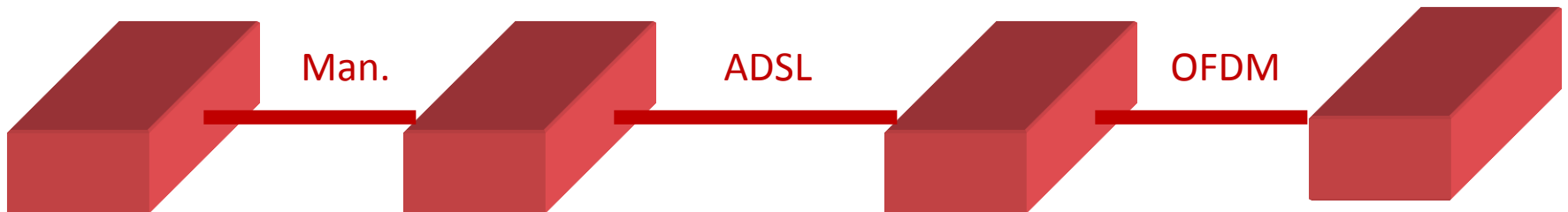
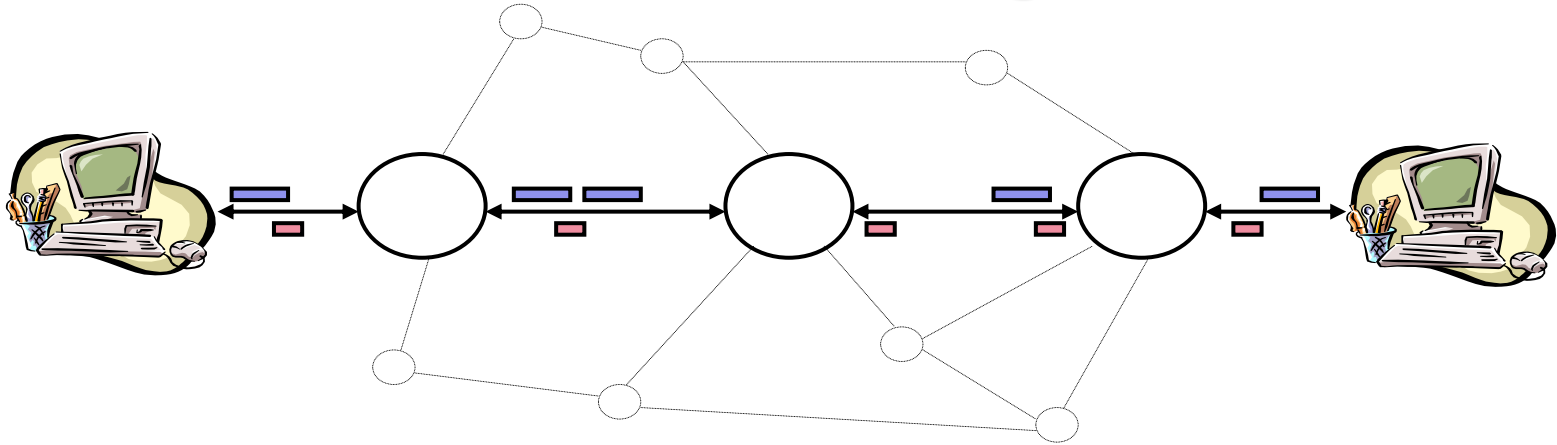
El reduccionismo mecanicista tiene una larga historia de éxitos en la ingeniería clásica



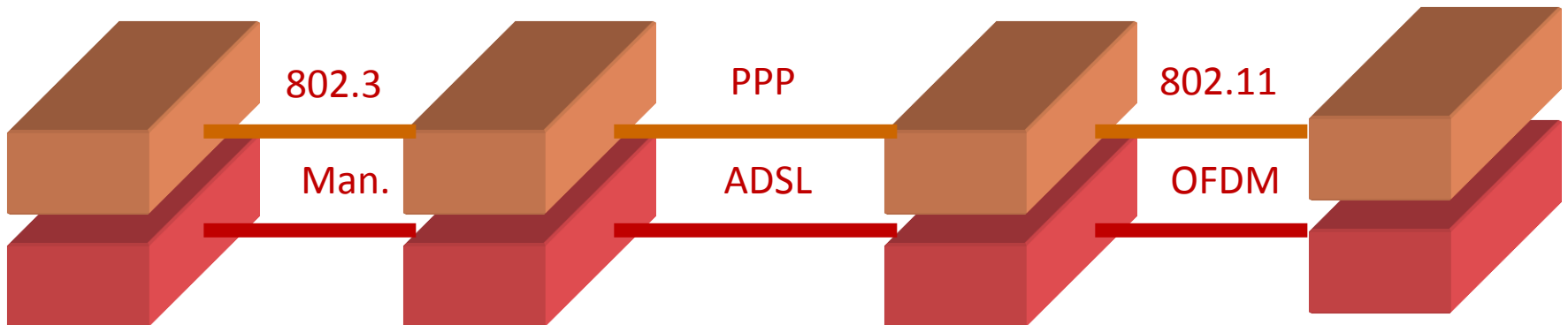
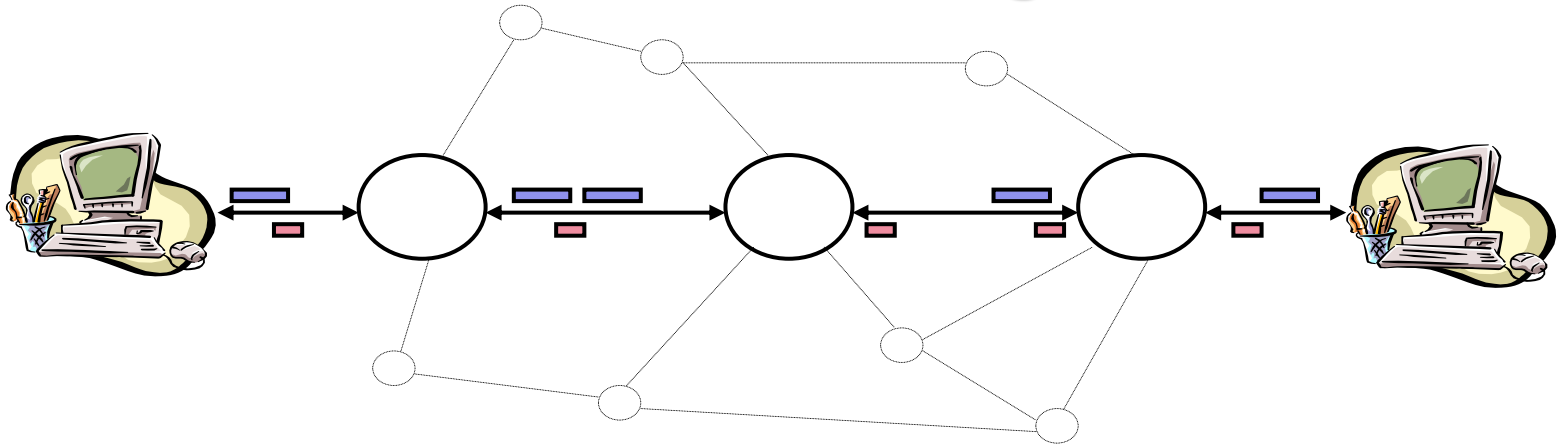
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



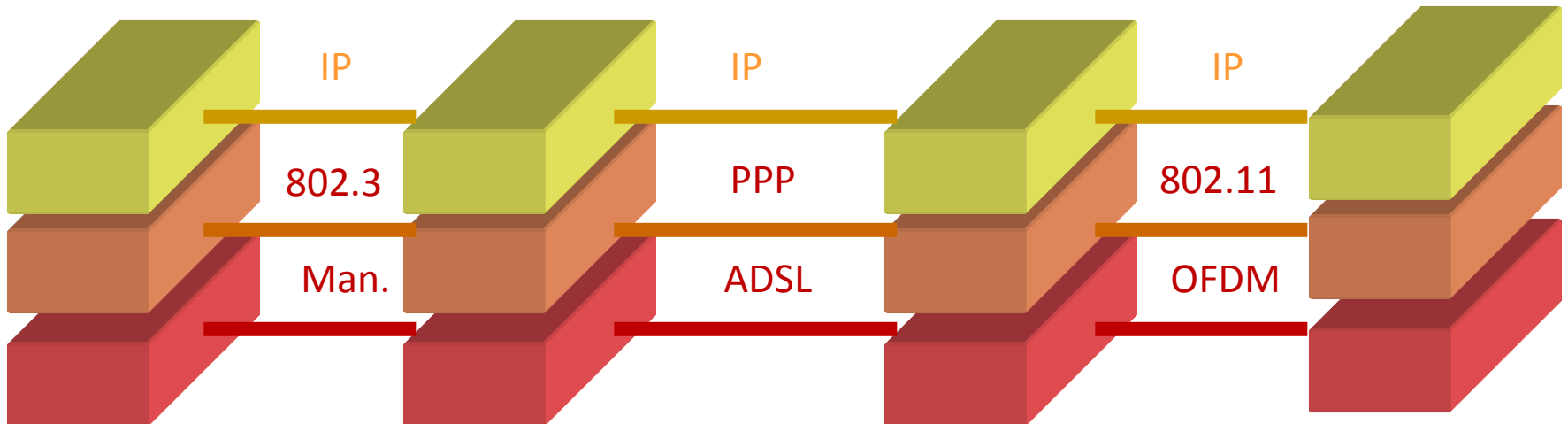
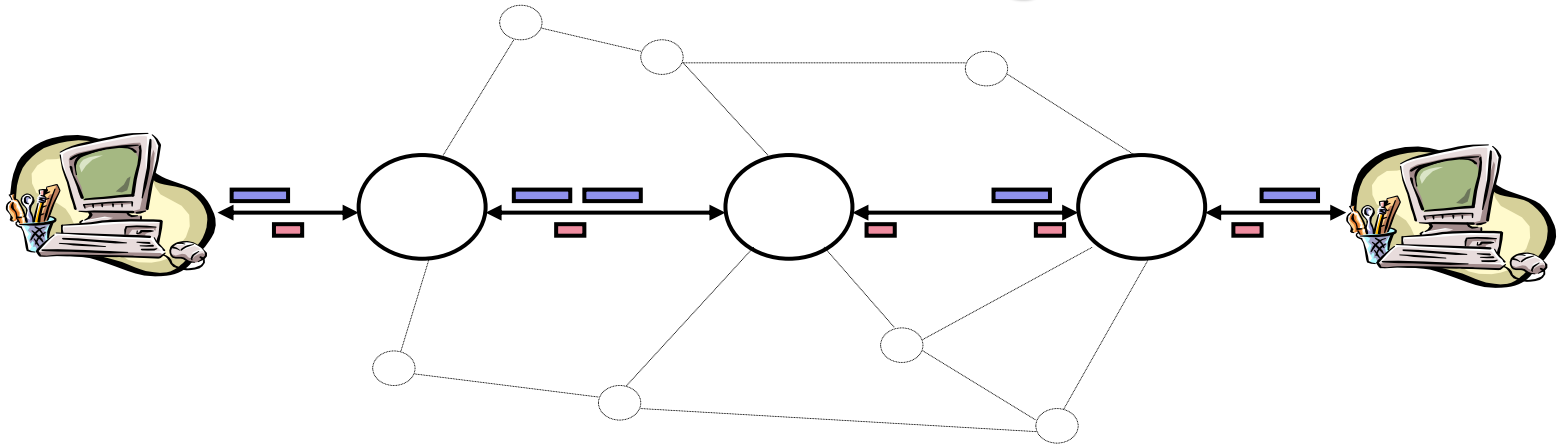
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



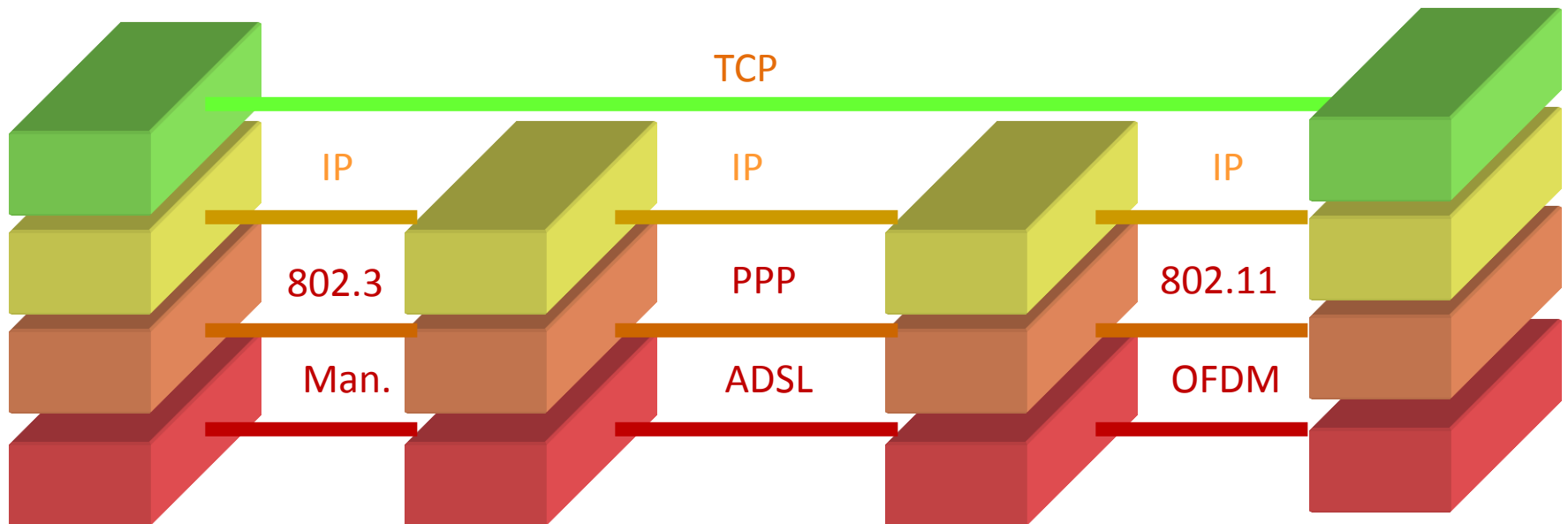
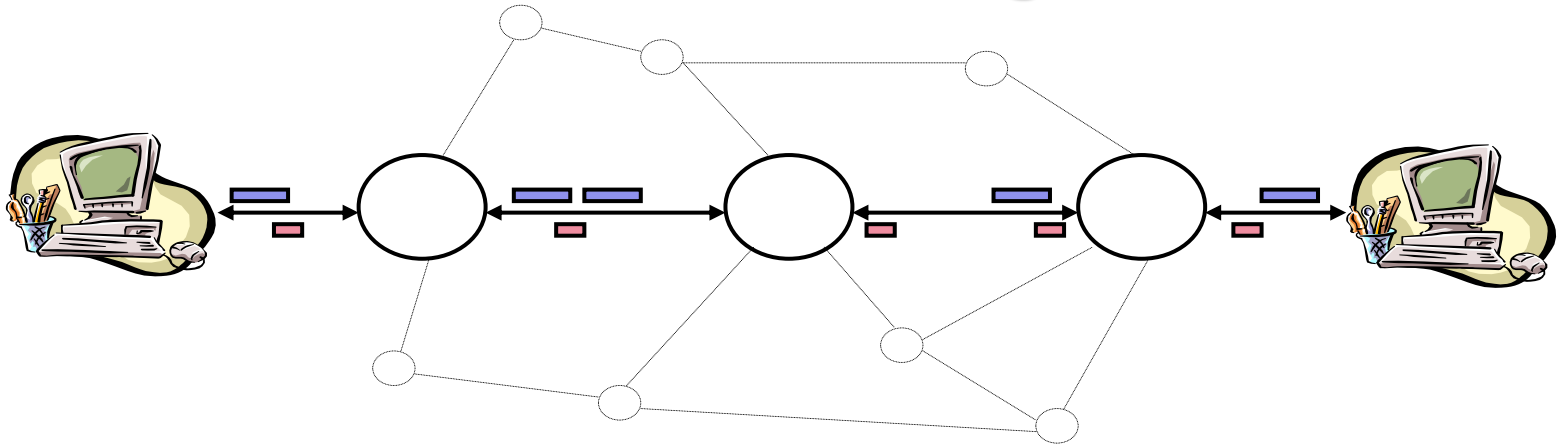
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



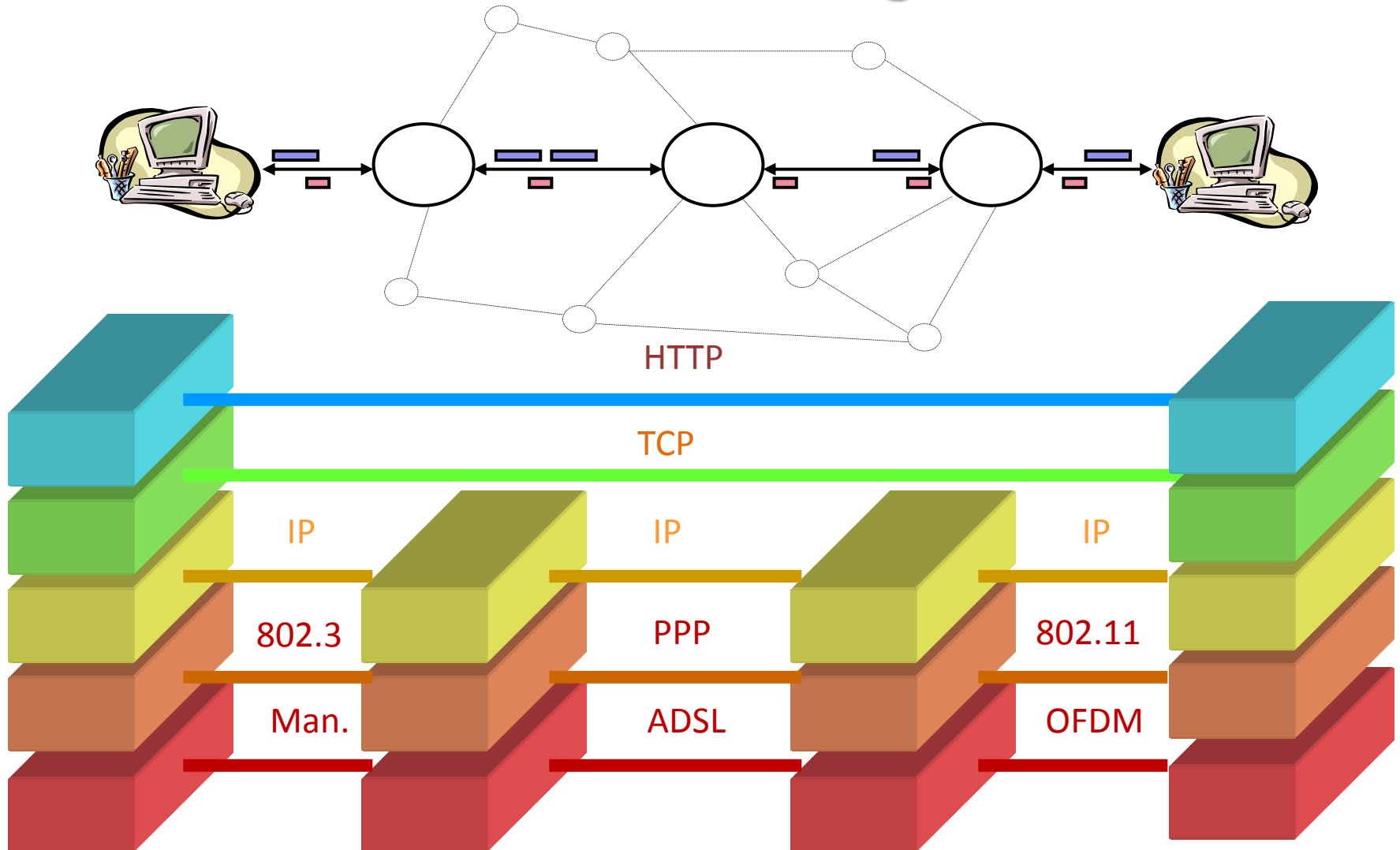
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



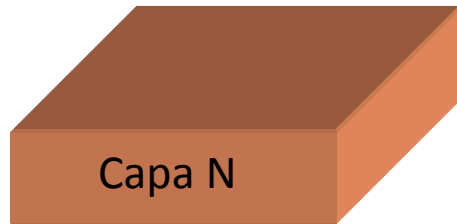
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



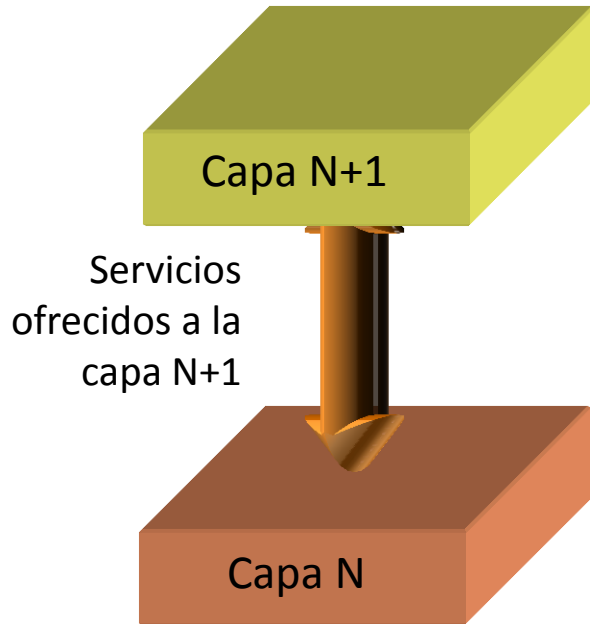
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



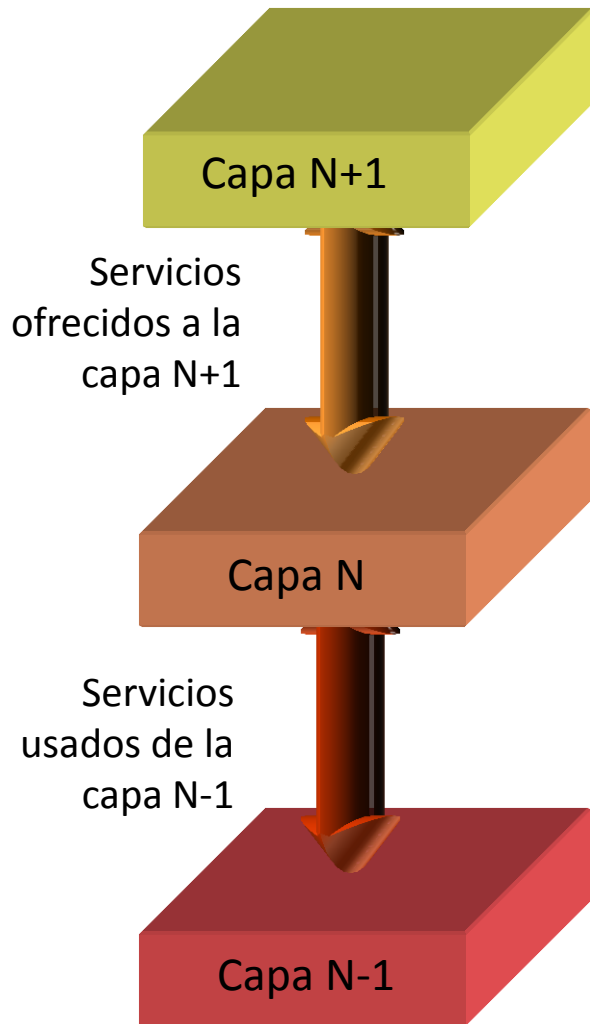
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



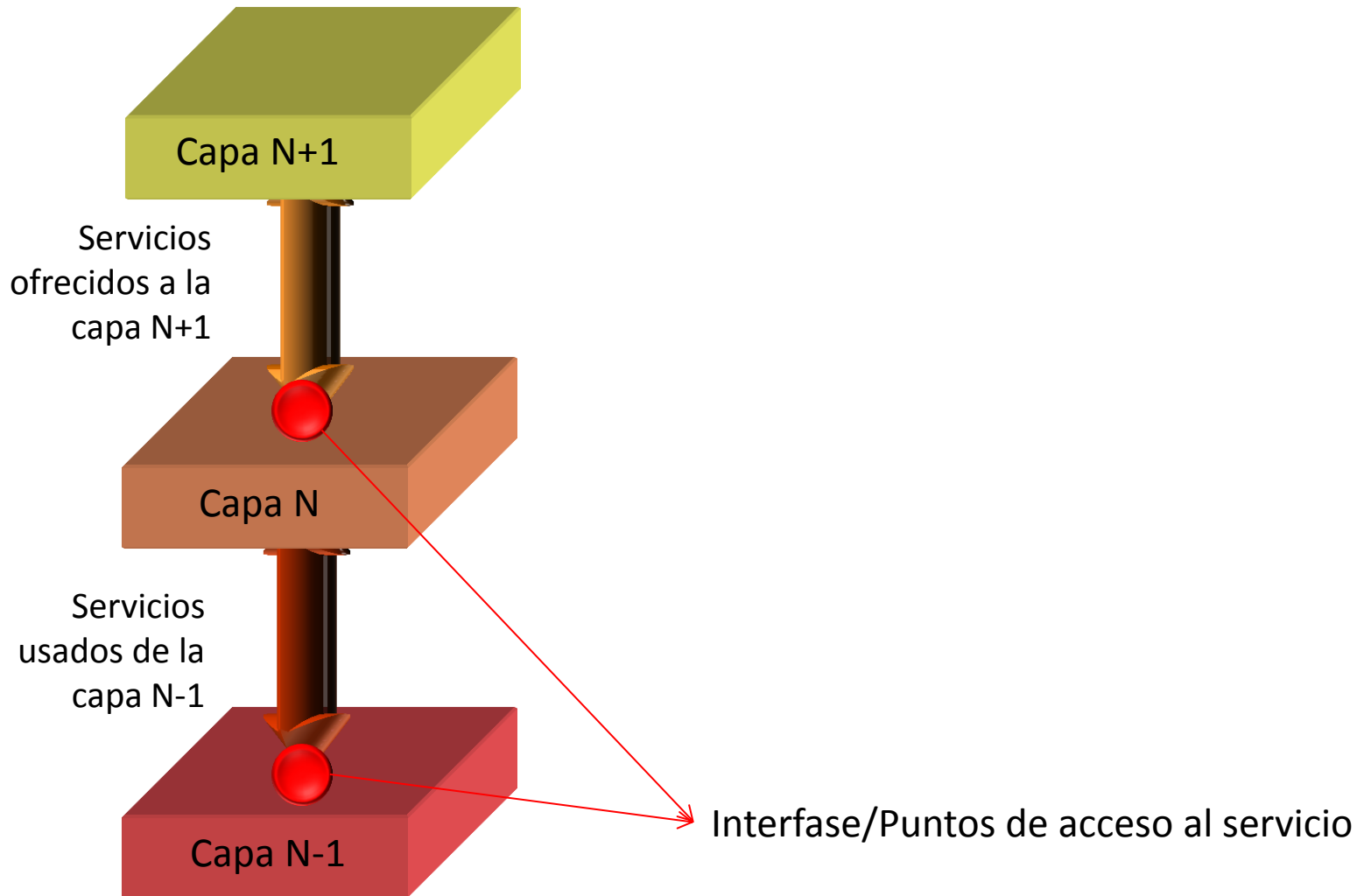
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



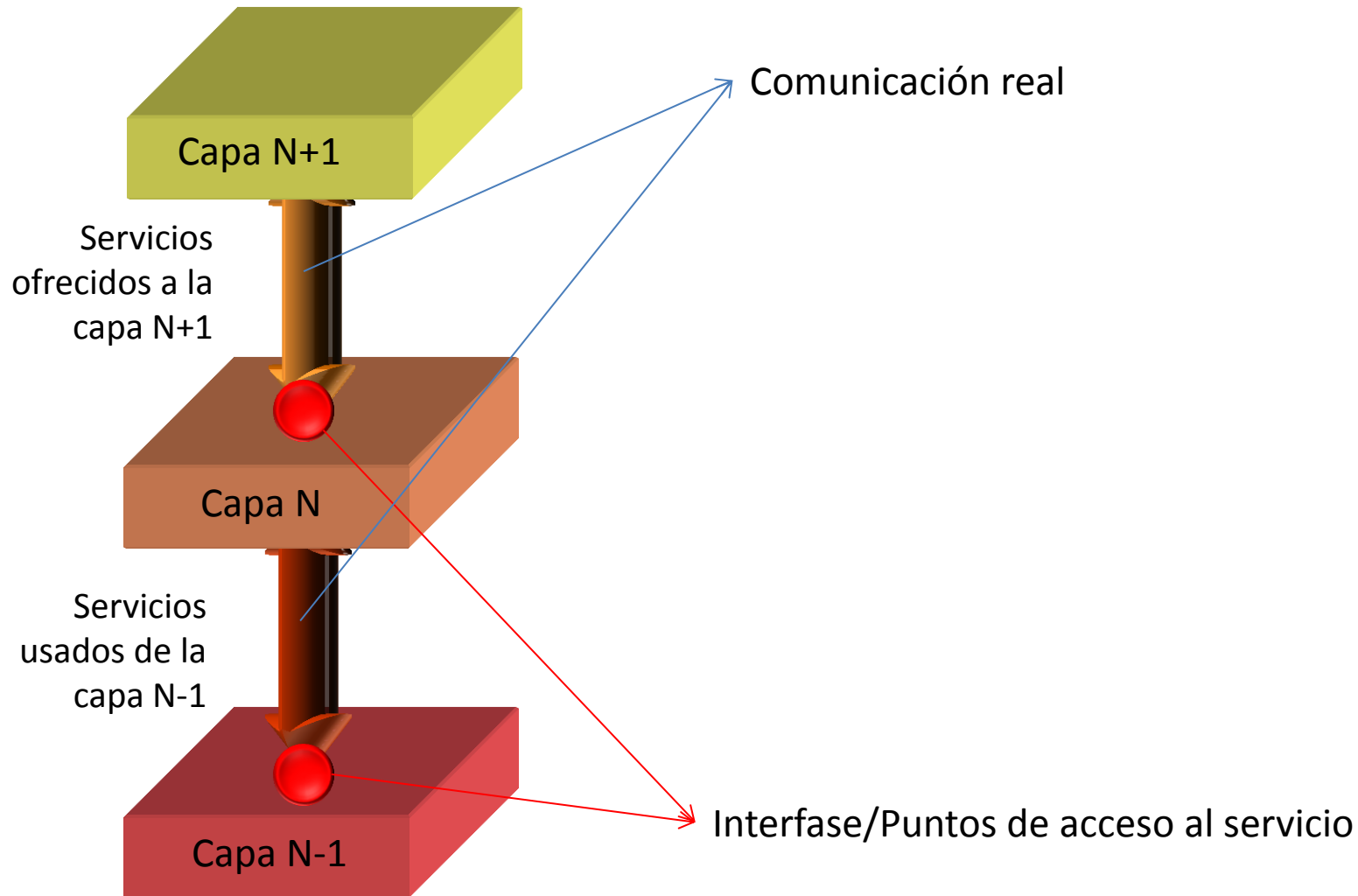
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



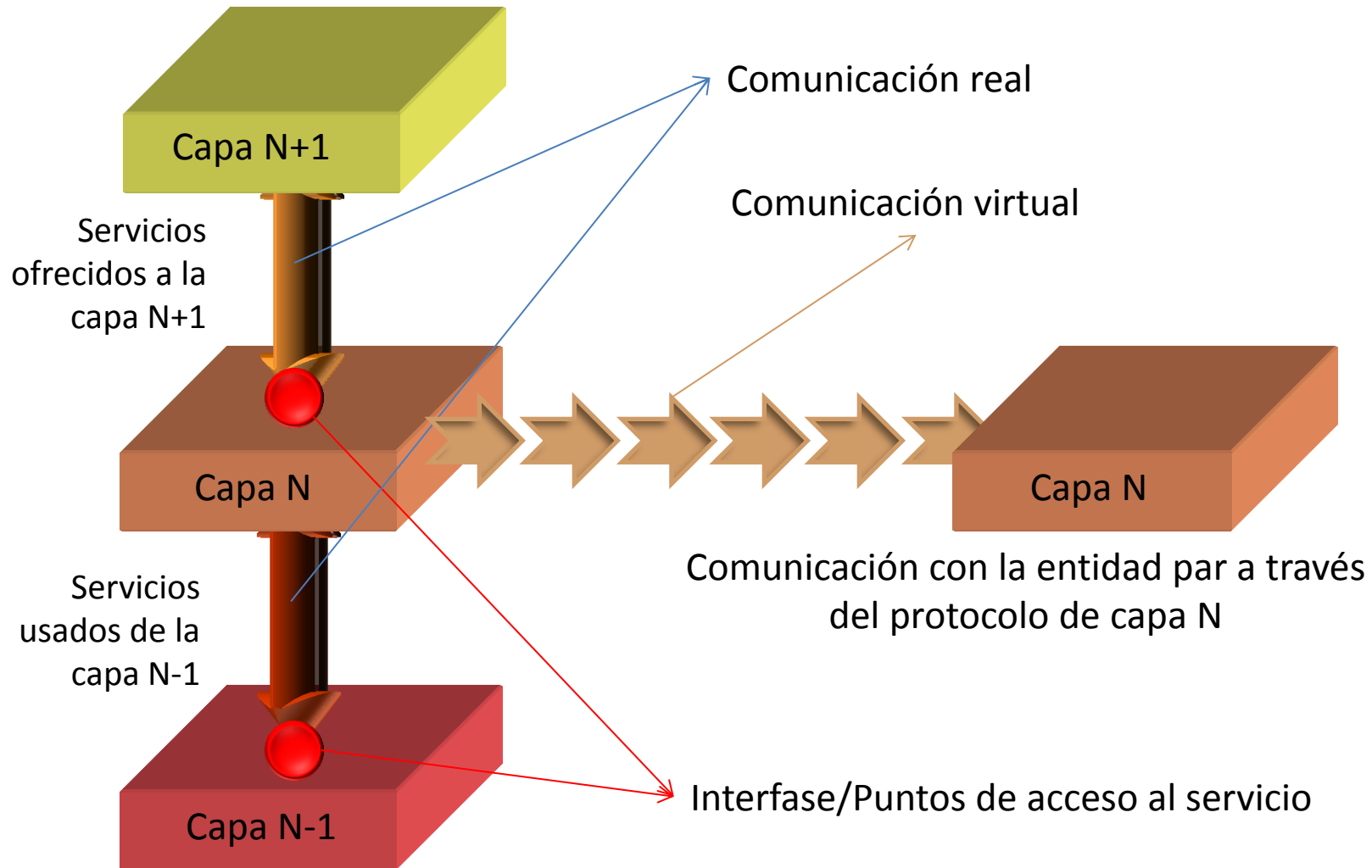
El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería



El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería

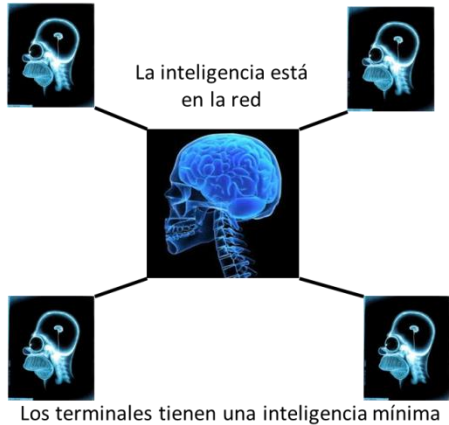


El máximo logro del reduccionismo mecanicista en la historia de la ingeniería

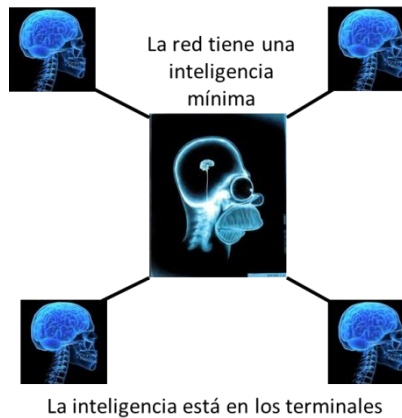


Todas las condiciones para la Complejidad

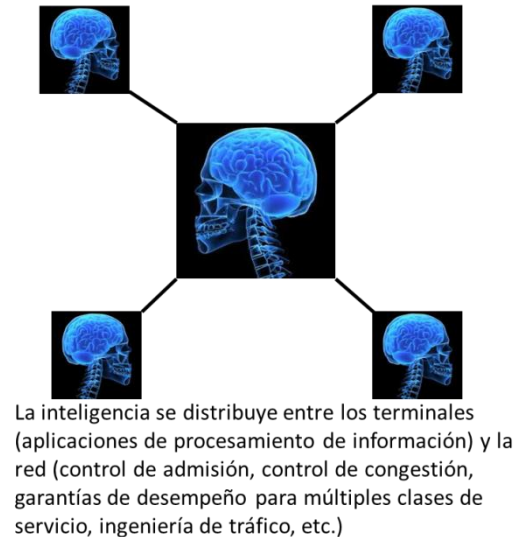
Del Modelo de la red telefónica



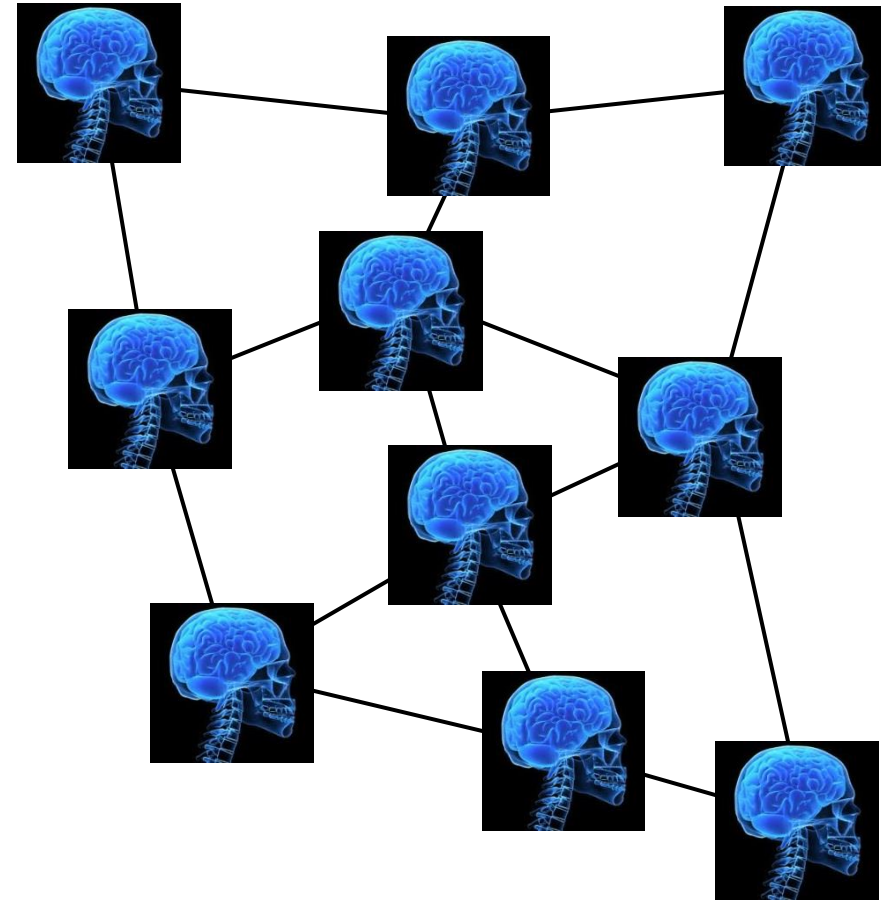
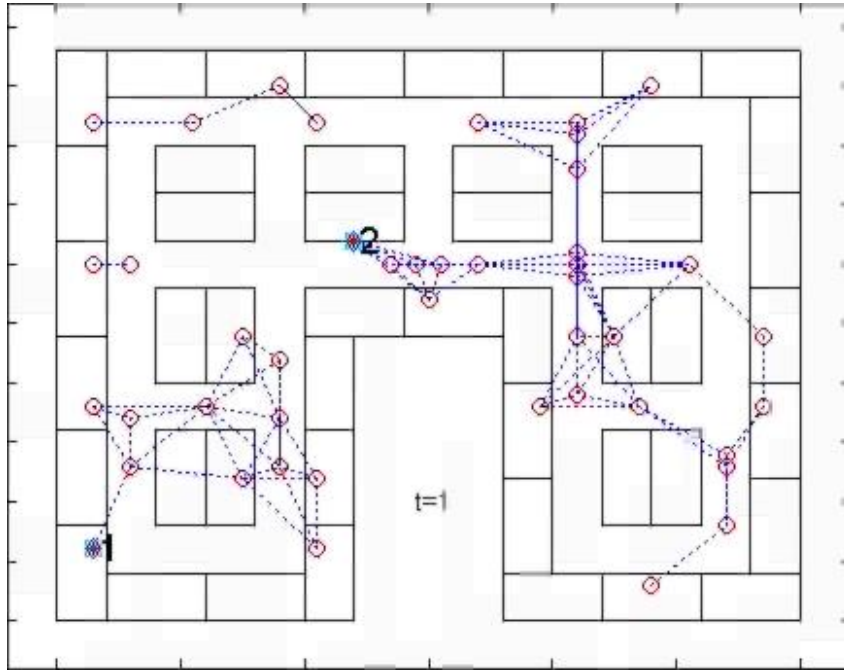
Al Modelo de la red IP



Al modelo de red multiservicios de hoy

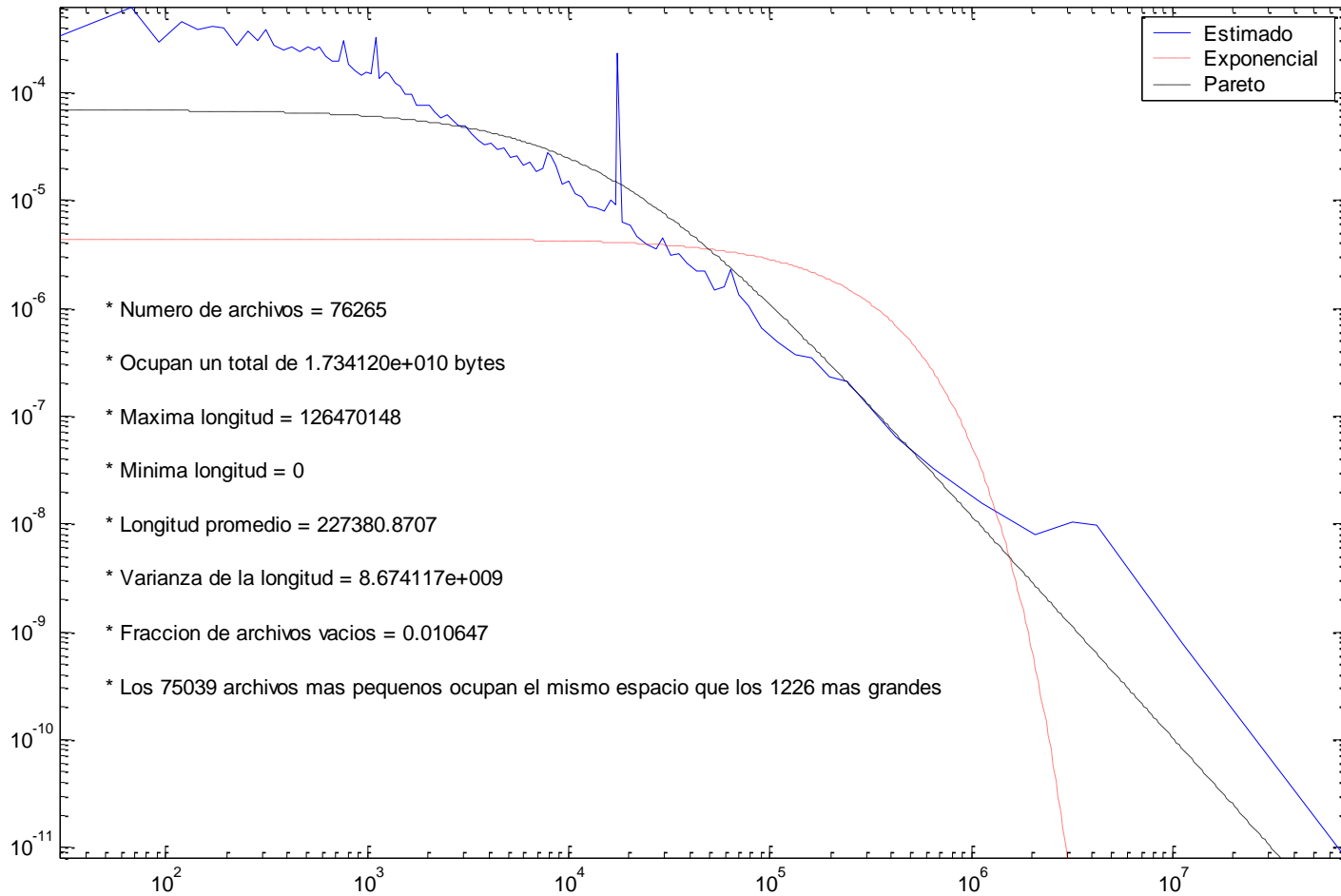


Todas las condiciones para la Complejidad

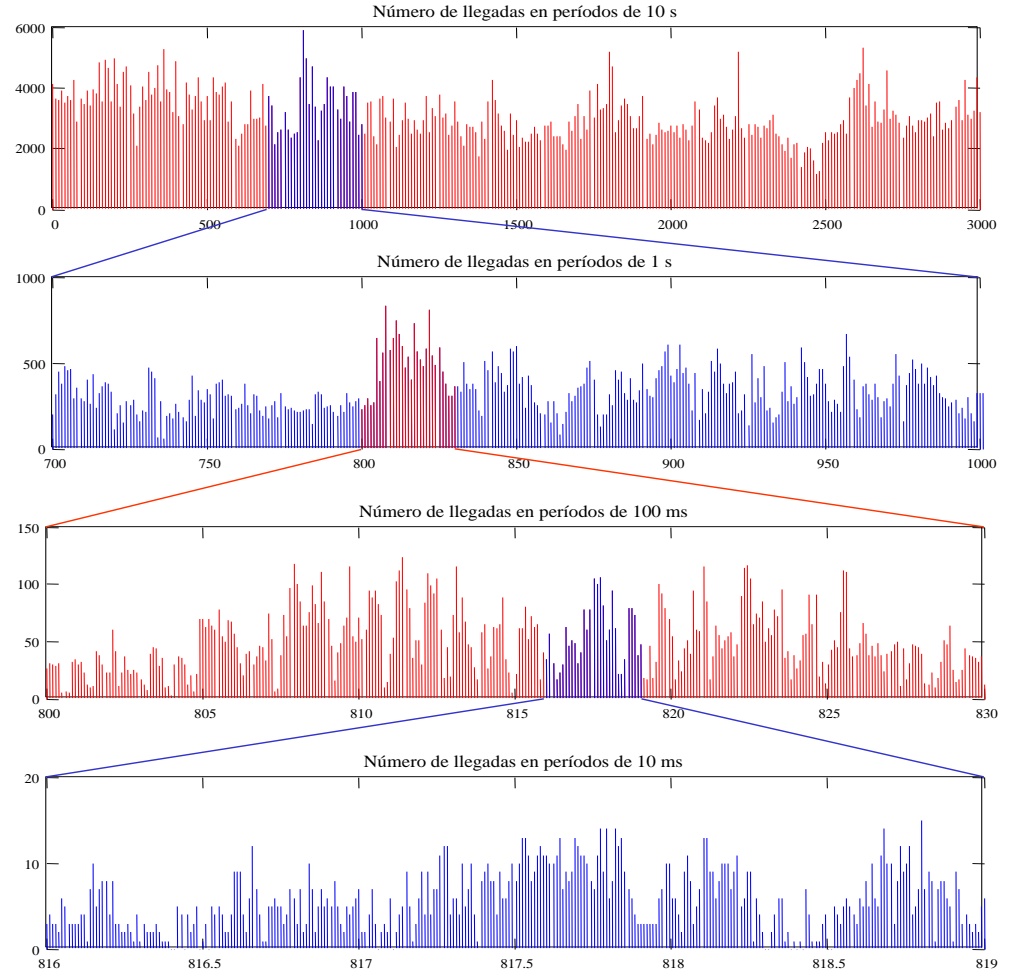
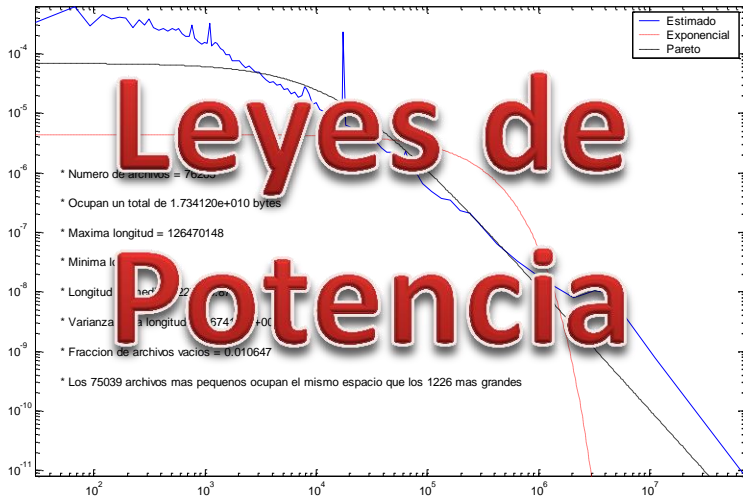


A agentes inteligentes y autónomos que compiten (y cooperan) entre ellos para utilizar recursos escasos y de capacidad limitada

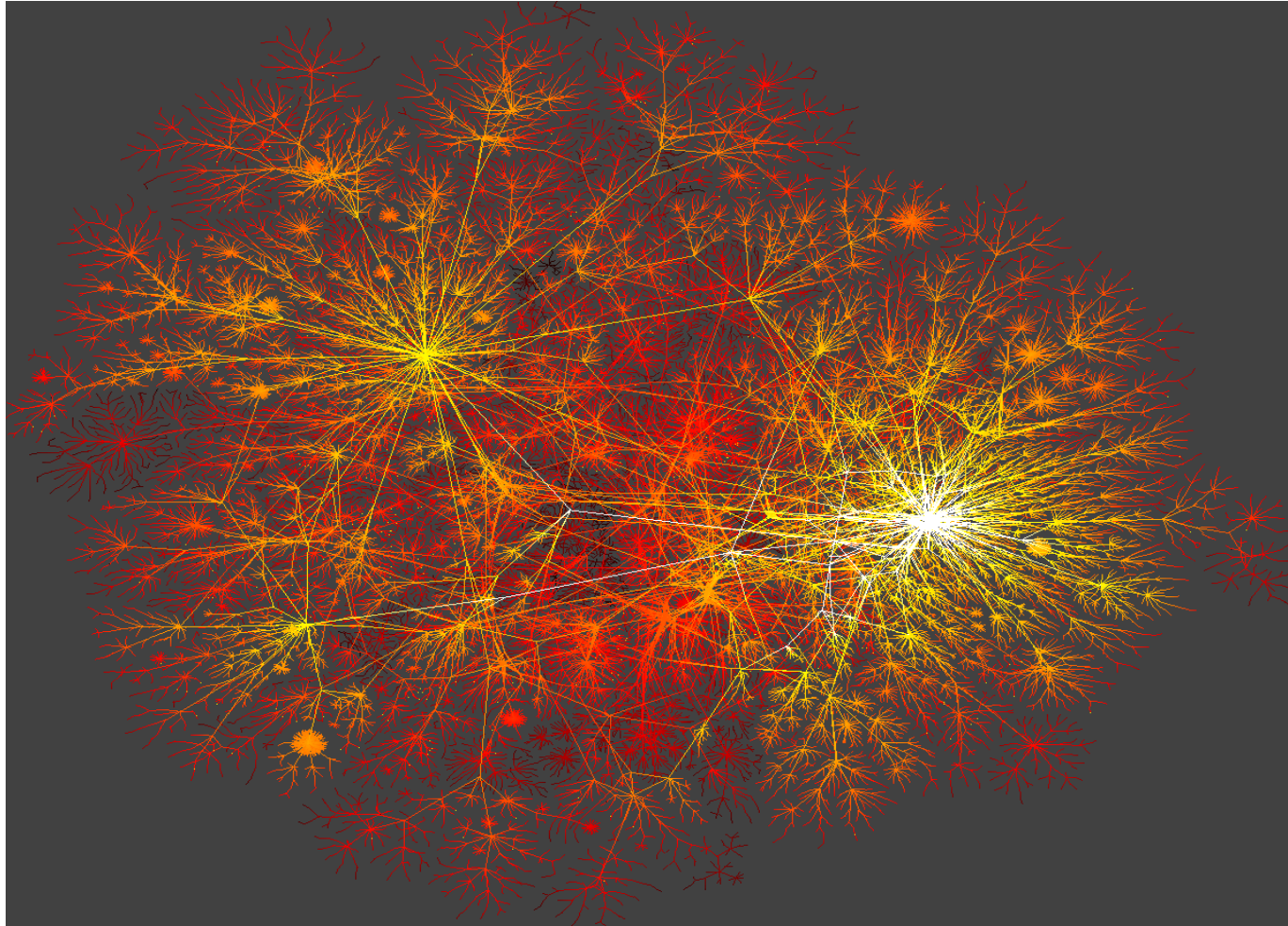
Leyes de Potencia



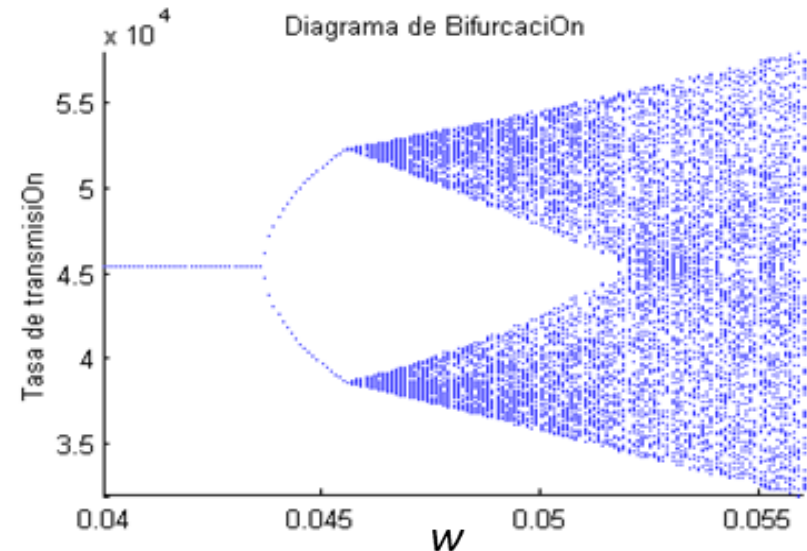
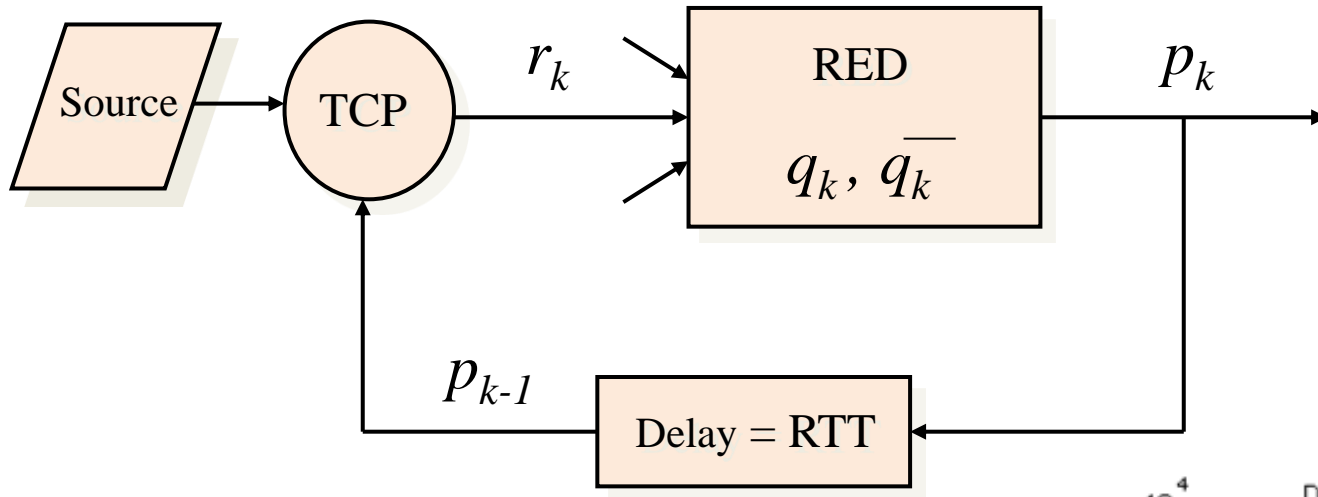
Tráfico Fractal



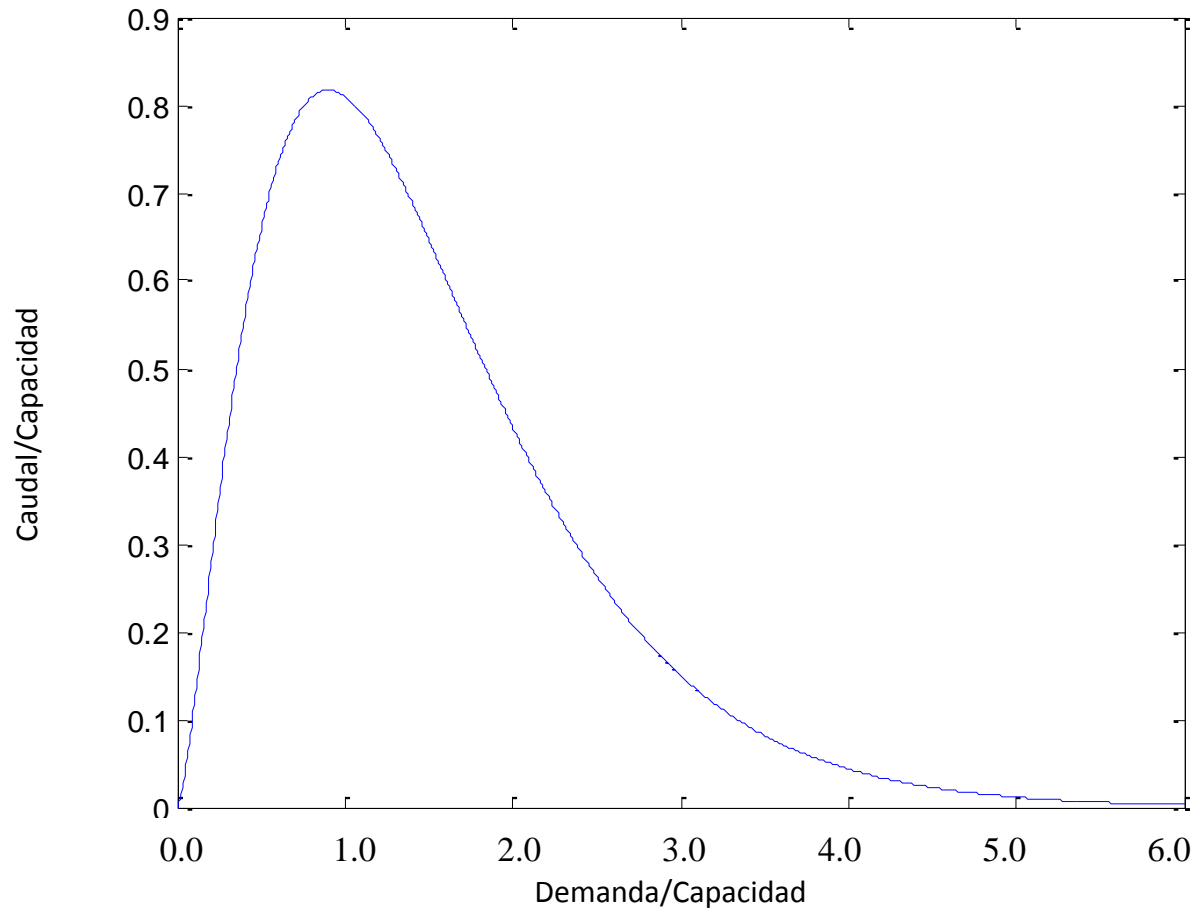
Topologías físicas y lógicas libres de escala



Caos potencial en las dinámicas de los Protocolos de control de congestión



Auto-organización al borde de la congestión



Complejidad en Redes de Comunicaciones



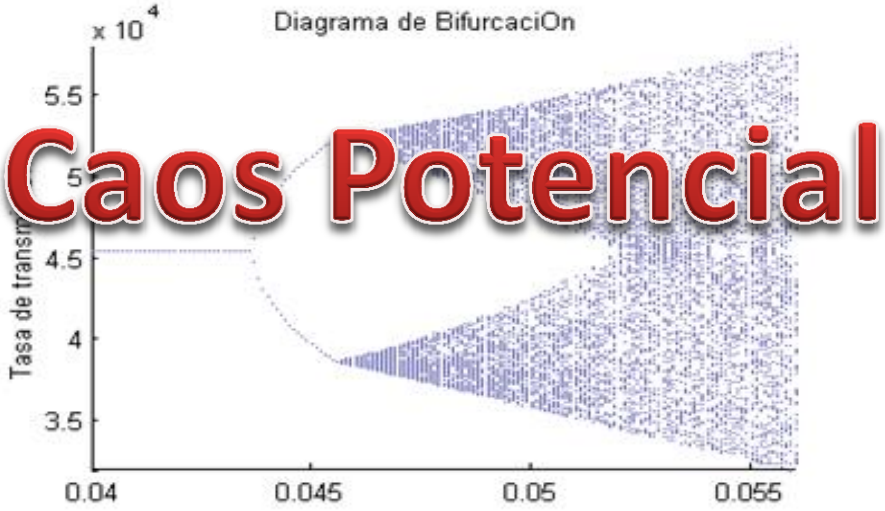
Leyes de Potencia



Tráfico Fractal



Redes libres de escala



Caos Potencial



Auto-Organización

Sistemas Complejos

Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html



VENCUENTRO INTERUNIVERSITARIO SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN
SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy



Sistemas Complejos

Los sistemas
complejos

Involucran

Muchos componentes

Que interactúan
dinámicamente

Generando

Diferentes escalas
o niveles

donde exhiben

Comportamientos
comunes

Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html



VENCUENTRO
INTERUNIVERSITARIO SOBRE
COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE
COMPLEJIDAD
Y EDUCACIÓN

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy



Sistemas Complejos

Los sistemas complejos

Involucran

Muchos componentes

Que interactúan dinámicamente

Generando

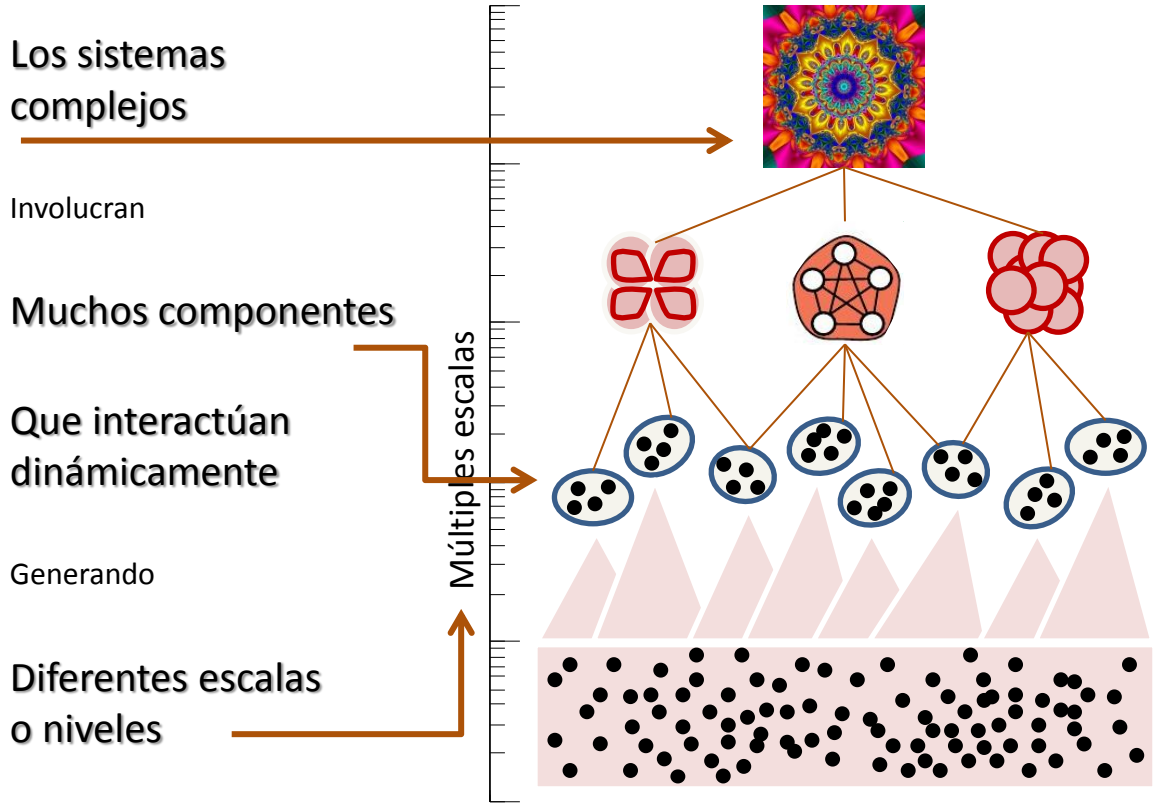
Diferentes escalas o niveles

donde exhiben

Comportamientos comunes



Sistemas Complejos



Los sistemas complejos

Involucran

Muchos componentes

Que interactúan dinámicamente

Generando

Diferentes escalas o niveles

donde exhiben

Comportamientos comunes

Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html

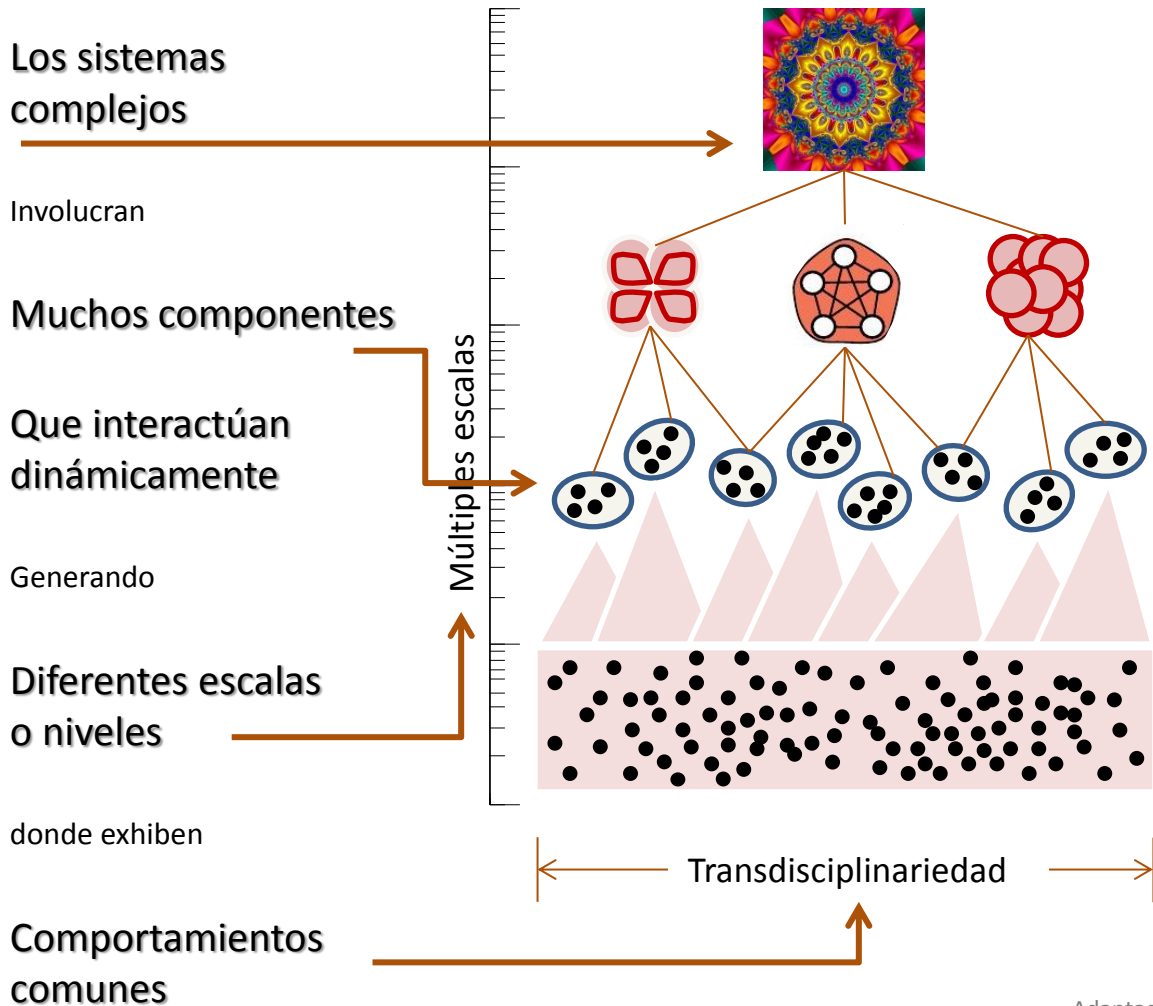


VENCUENTRO INTERUNIVERSITARIO SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN
SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy

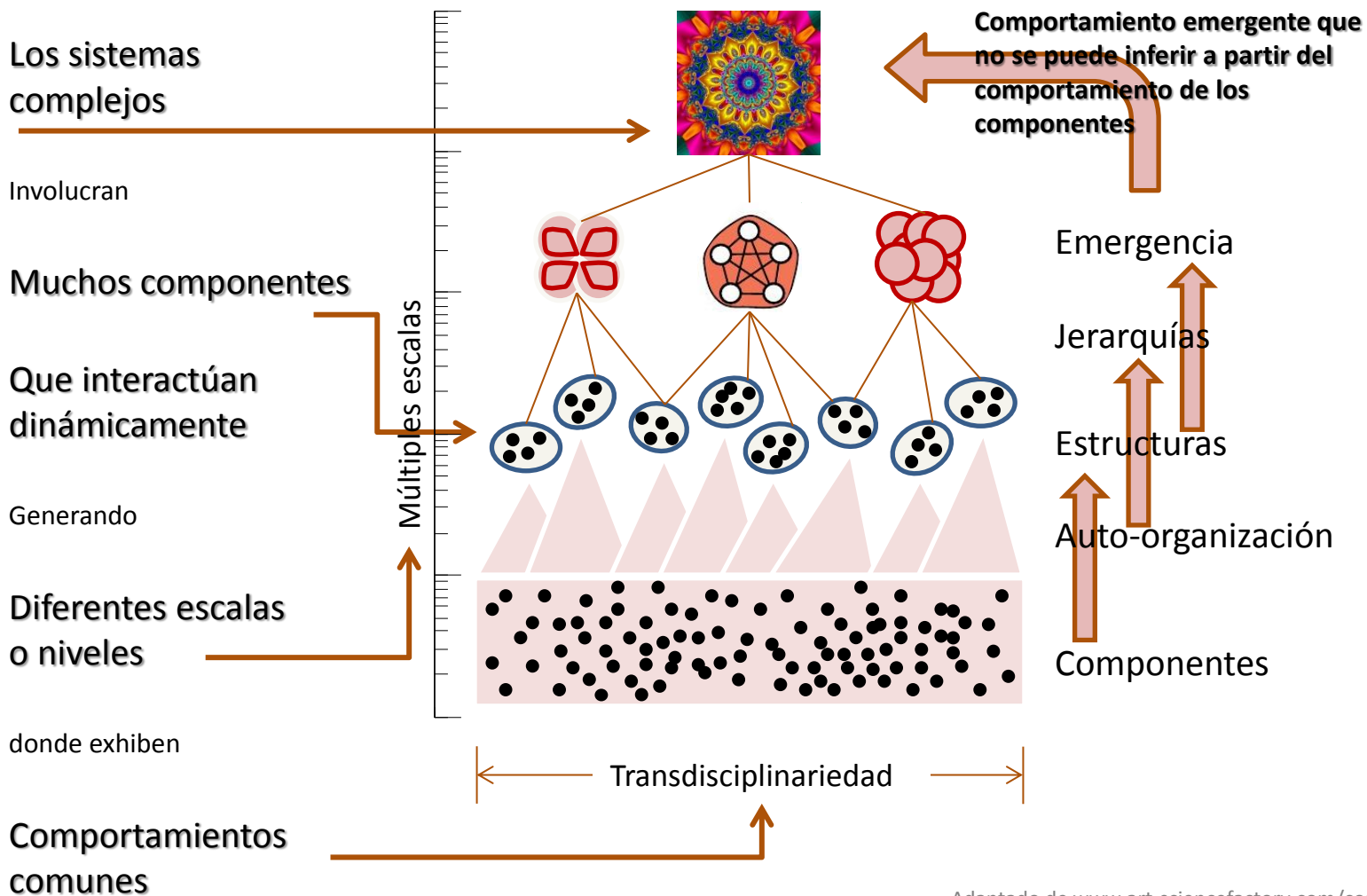


Sistemas Complejos



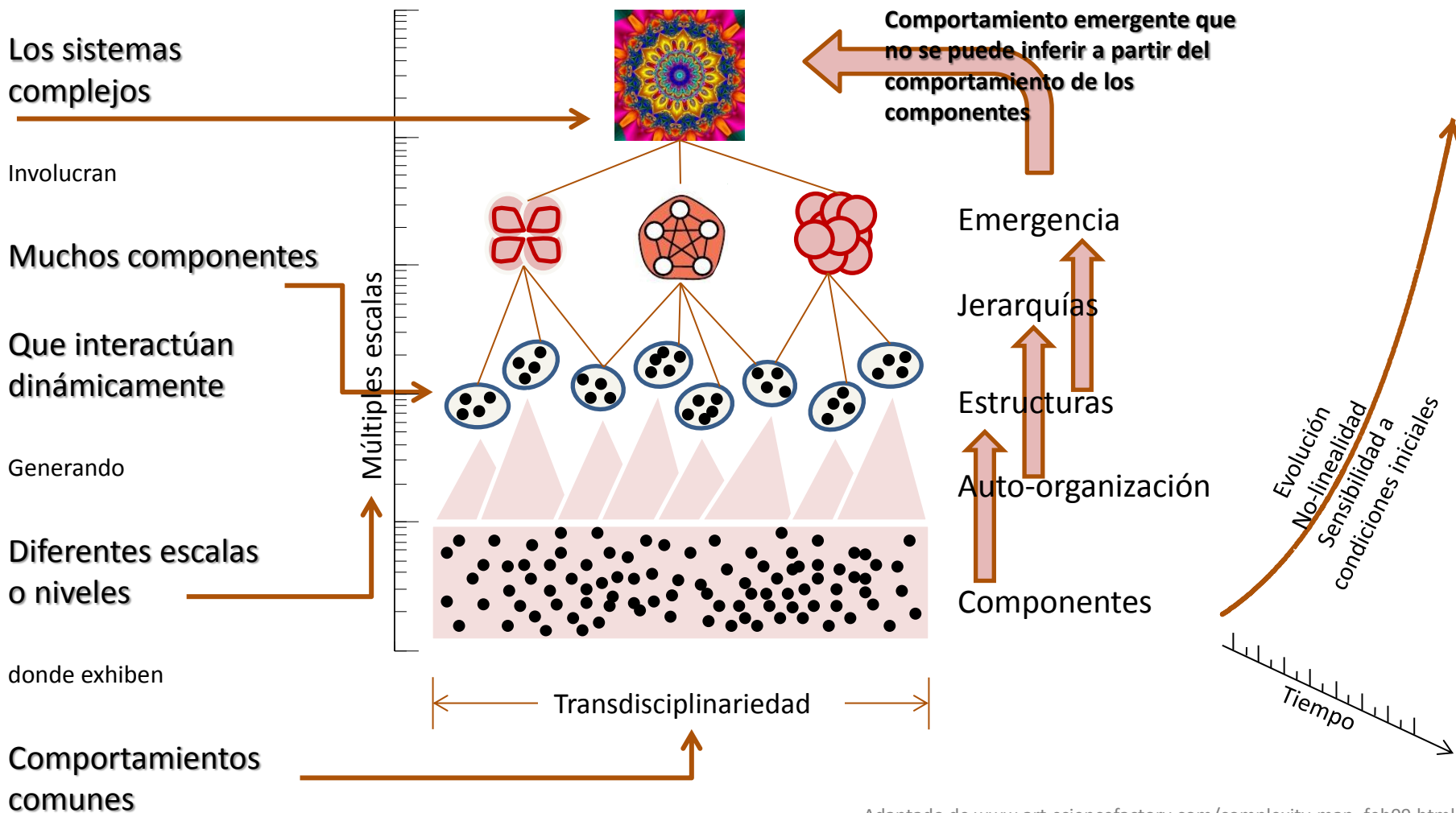
Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html

Sistemas Complejos



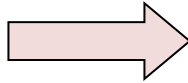
Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html

Sistemas Complejos



Adaptado de www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html

Complejidad en Redes de Comunicaciones



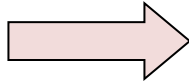
Componentes sencillos
Interacciones sencillas

Comportamiento emergente
auto-organizado

SOC/EOC

Self-organized criticality/
Edge of chaos
(propio de la mecánica estadística)

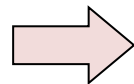
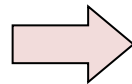
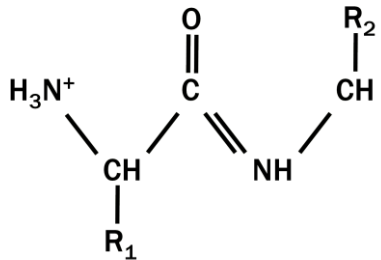
Complejidad en Redes de Comunicaciones



Componentes sencillos
Interacciones sencillas

Comportamiento emergente
auto-organizado

SOC/EOC
Self-organized criticality/
Edge of chaos
(propio de la mecánica estadística)



Componentes sencillos
Interacciones sencillas

Comportamiento emergente
auto-organizado

HOT
Highly Optimized Tolerance
(propio de sistemas optimizados)
Vida: Optimización por Evolución,
Tecnología: Optimización por Diseño

Razones para la Complejidad en Redes de Comunicaciones

▪ SOC –Self-Organized Criticality–

- Un concepto de la mecánica estadística
- La complejidad surge como una característica emergente en sistemas homogéneos con interacciones locales simples
- Los fenómenos de invarianza en la escala (como fractales y leyes de potencia) emergen en el punto crítico entre fases
- Los sistemas complejos se auto-organizan en ese punto crítico
- La complejidad emergente ocurre entre estados de orden y desorden caracterizados por transiciones de fase y bifurcaciones en interconexión de componentes genéricos.

• HOT –Highly Optimized Tolerance–

- Los sistemas complejos en biología, ecología, tecnología, sociología, economía...
- ... han sido llevados mediante diseño o evolución a estados de alto desempeño tolerantes a incertidumbres en el ambiente y en sus componentes.
- Esto conduce a estructuras jerárquicas especializadas y modulares que “esconden” una gran complejidad,
- Haciéndolos sensibles a perturbaciones desconocidas o ignoradas durante el diseño.

Procesos de optimización generadores de complejidad

- $U_s(x_s, p_s)$ es la función de utilidad de la fuente s al transmitir a una tasa x_s con una probabilidad de error p_s .
- $V_j(w_j)$ es la utilidad que se obtiene al disponer de w_j recursos en el nodo j
- \mathbf{R} es la matriz de enrutamiento, donde $R_{ls} = 1$ indica que la fuente s utiliza el enlace l
- \mathbf{c} es la capacidad de los enlaces, que depende de los recursos de nivel físico y de la probabilidad de error de decodificación deseada
- \mathbf{F} es la matriz de contienda

Encontrar
 $\mathbf{x}, \mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{R}$ y \mathbf{F}
tales que

$$\max \sum_s U_s(x_s, p_s) + \sum_j V_j(w_j)$$

sujeto a

$$\mathbf{R}\mathbf{x} \leq \mathbf{c}(\mathbf{w}, \mathbf{p})$$

$$\mathbf{x} \in C_1(\mathbf{p}) \cap C_2(\mathbf{F})$$

$$\mathbf{R} \in \mathcal{R}, \mathbf{w} \in \mathcal{W}, \mathbf{F} \in \mathcal{F}$$

Procesos de optimización generadores de complejidad

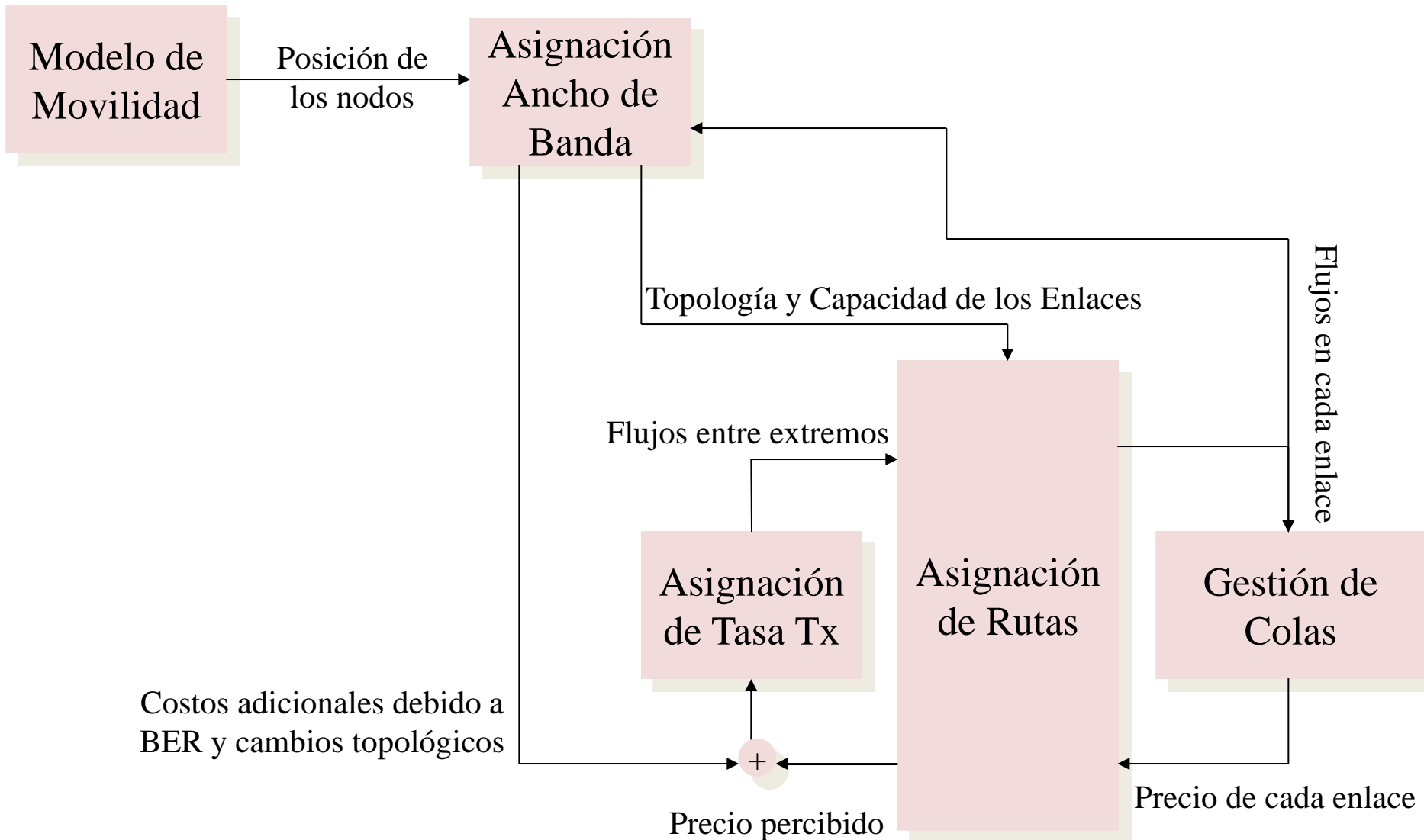
- $U_s(x_s, p_s)$ es la función de utilidad de la fuente s al transmitir a una tasa x_s con una probabilidad de error p_s .
- $V_j(w_j)$ es la utilidad que se obtiene al disponer de w_j recursos en el nodo j
- \mathbf{R} es la matriz de enrutamiento, donde $R_{ls} = 1$ indica que la fuente s utiliza el enlace l
- \mathbf{c} es la capacidad de los enlaces, que depende de los recursos de nivel físico y de la probabilidad de error de decodificación deseada
- \mathbf{F} es la matriz de contienda

Encontrar
 $\mathbf{x}, \mathbf{w}, \mathbf{p}, \mathbf{R}$ y \mathbf{F}
tales que

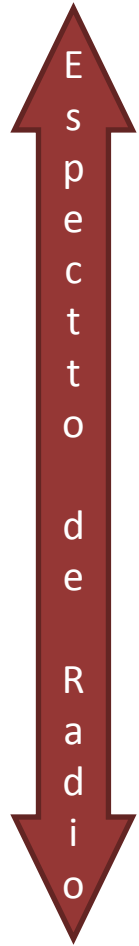
$$\left\{ \begin{array}{l} \max \sum_s U_s(x_s, p_s) + \sum_j V_j(w_j) \\ \text{sujeto a} \\ \mathbf{R}\mathbf{x} \leq \mathbf{c}(\mathbf{w}, \mathbf{p}) \\ \mathbf{x} \in C_1(\mathbf{p}) \cap C_2(\mathbf{F}) \\ \mathbf{R} \in \mathcal{R}, \mathbf{w} \in \mathcal{W}, \mathbf{F} \in \mathcal{F} \end{array} \right.$$

**Solución distribuida
basada en percepción
local, mediante
aprendizaje, evolución,
adaptación ...
Optimización Emergente**

Complejidad en Redes de Comunicaciones

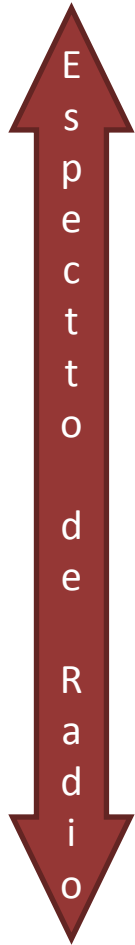


Redes Cognitivas

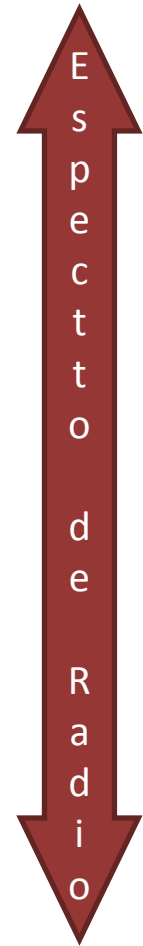


Redes Cognitivas

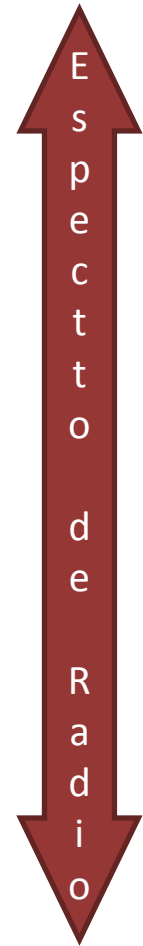
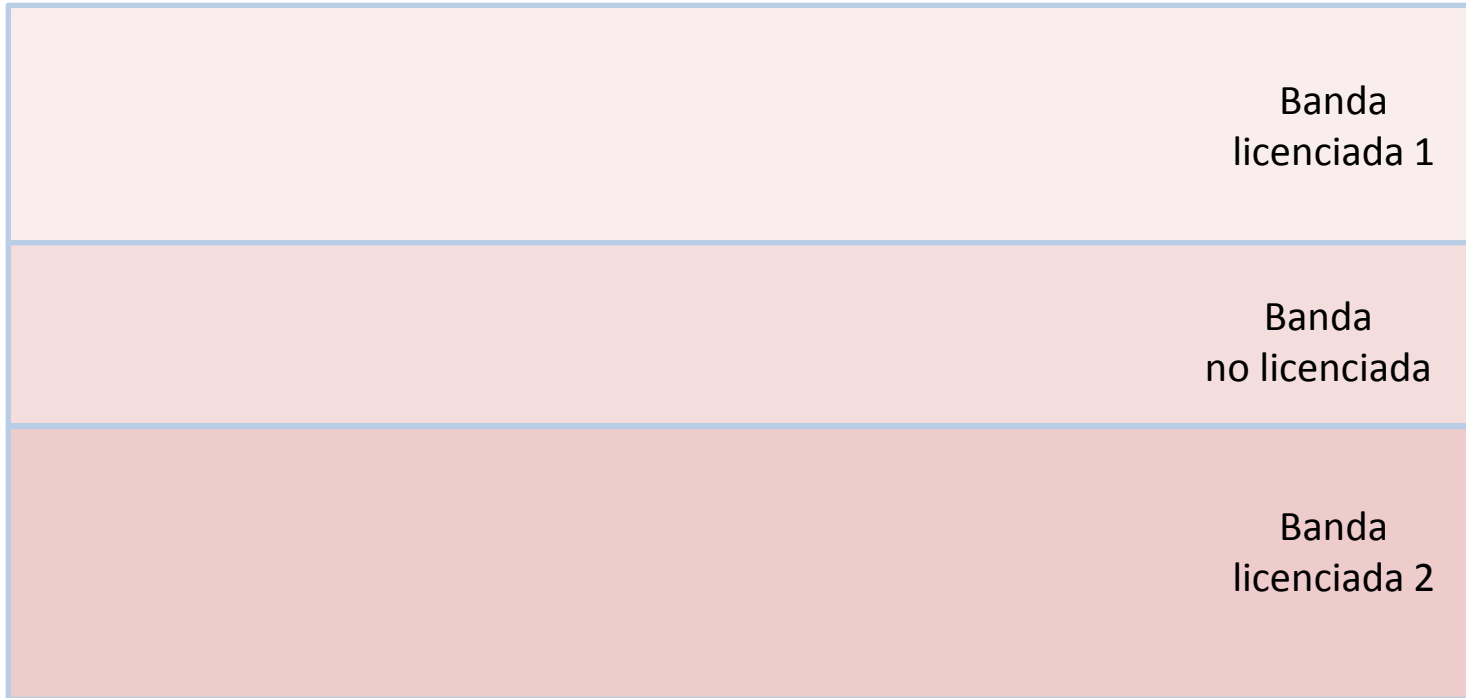
Banda
licenciada 1



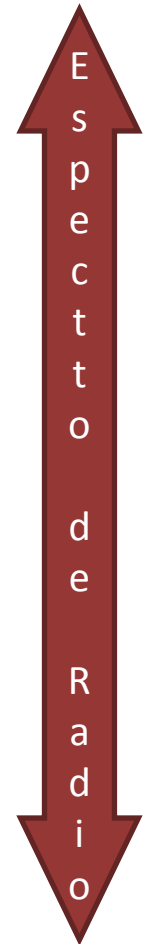
Redes Cognitivas



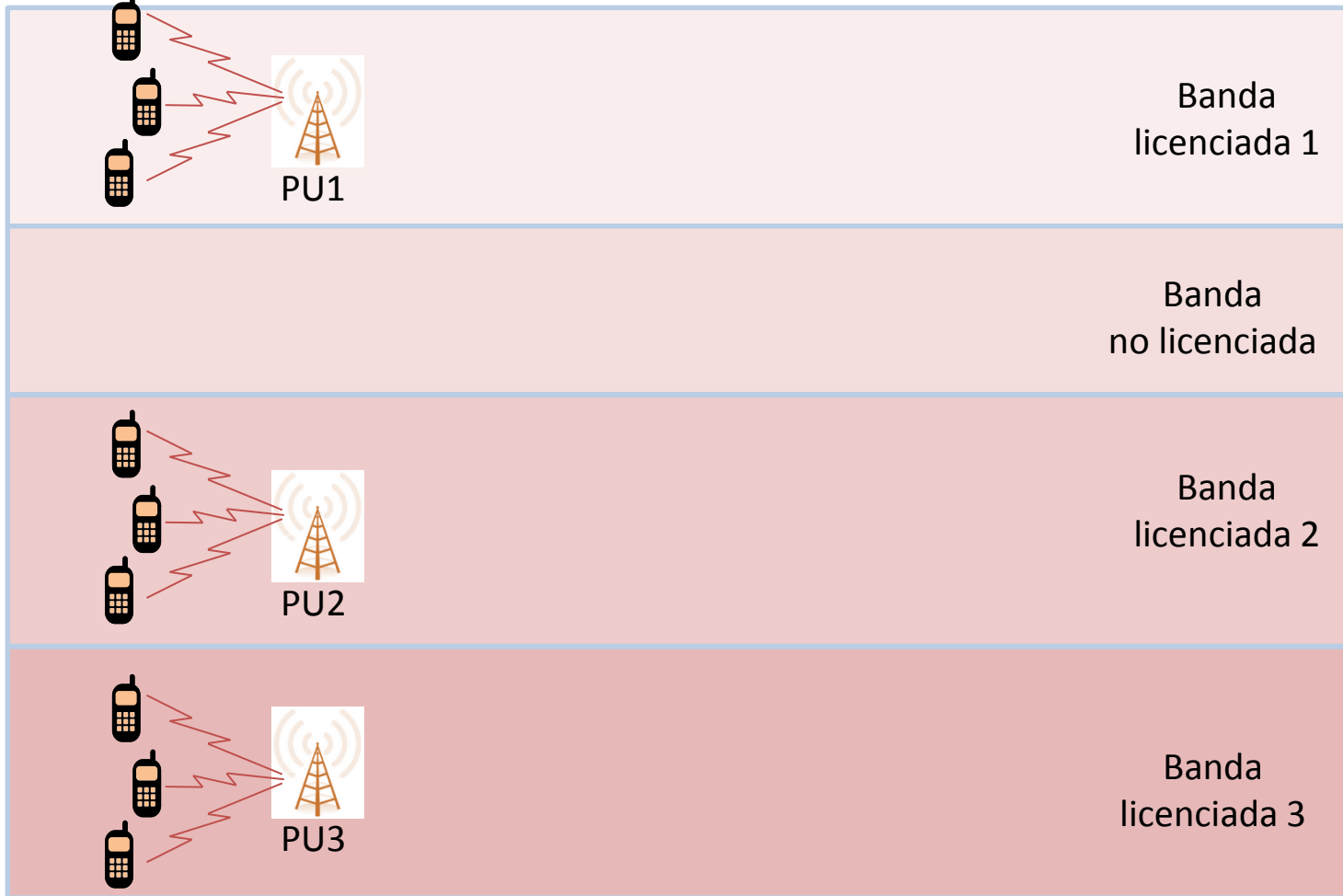
Redes Cognitivas



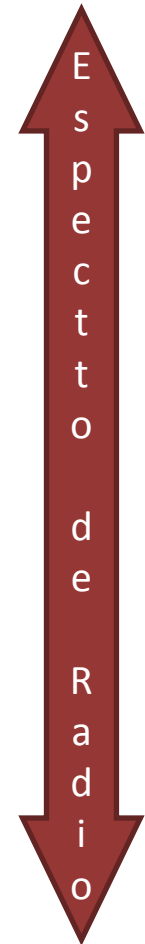
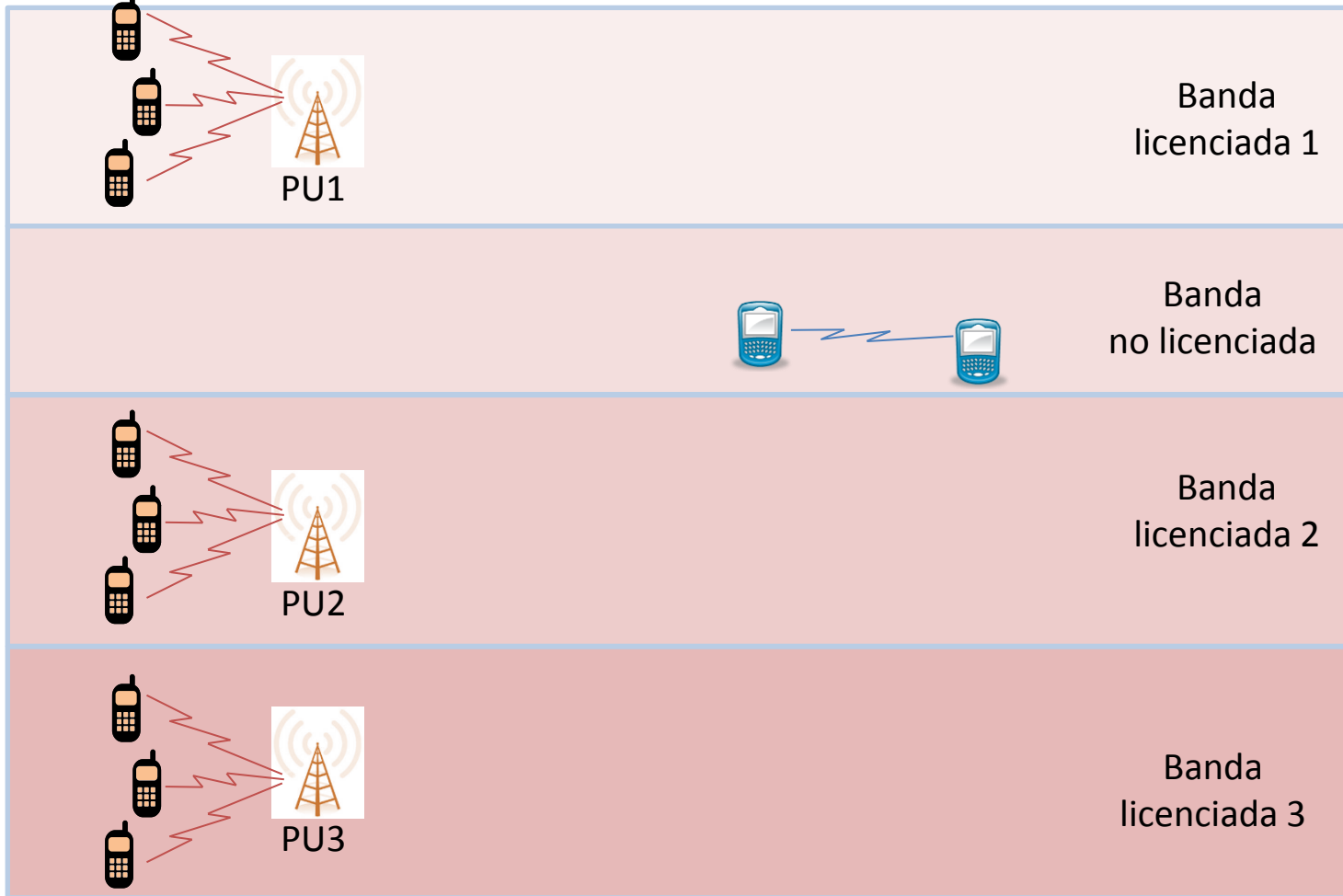
Redes Cognitivas



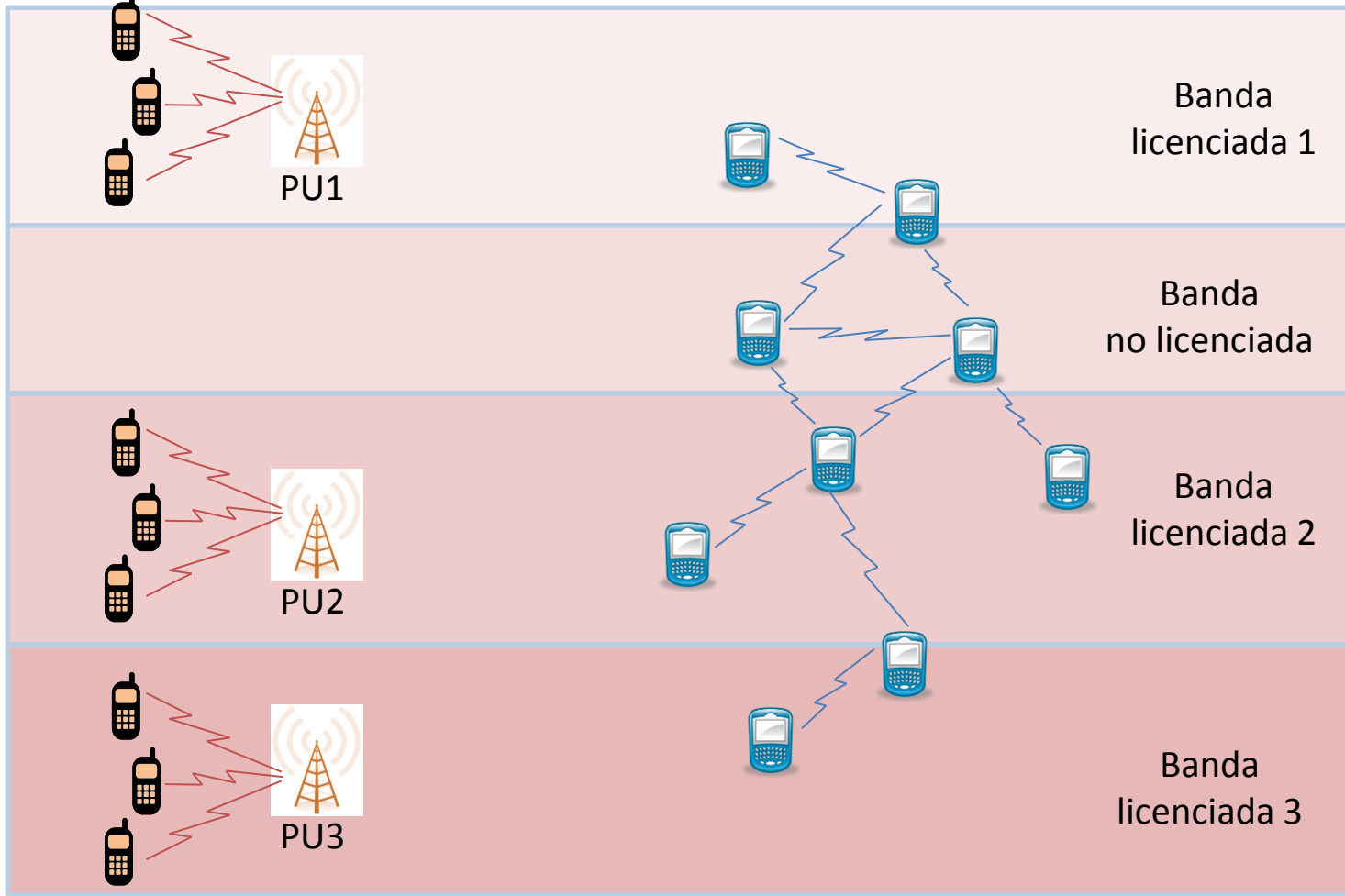
Redes Cognitivas



Redes Cognitivas

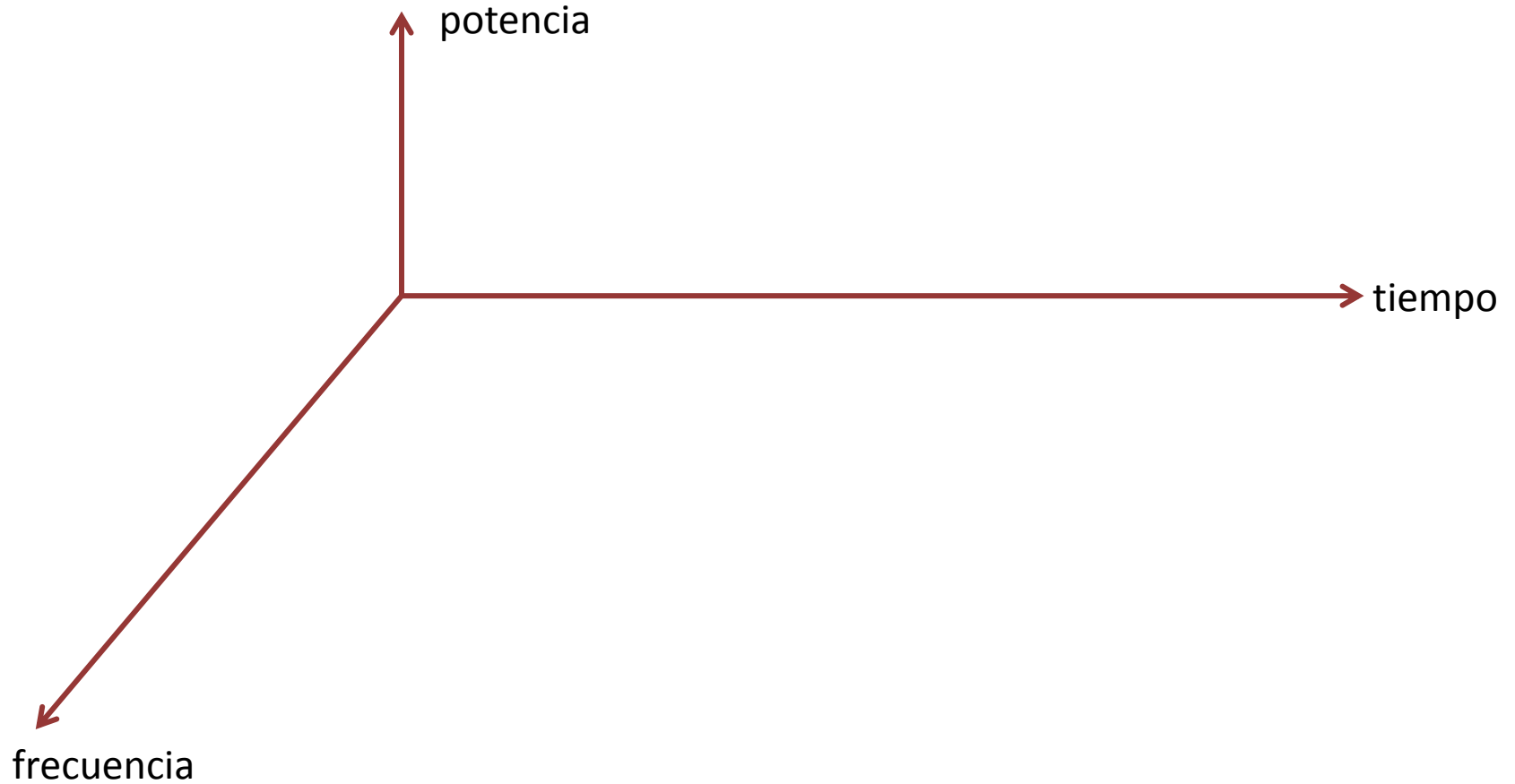


Redes Cognitivas

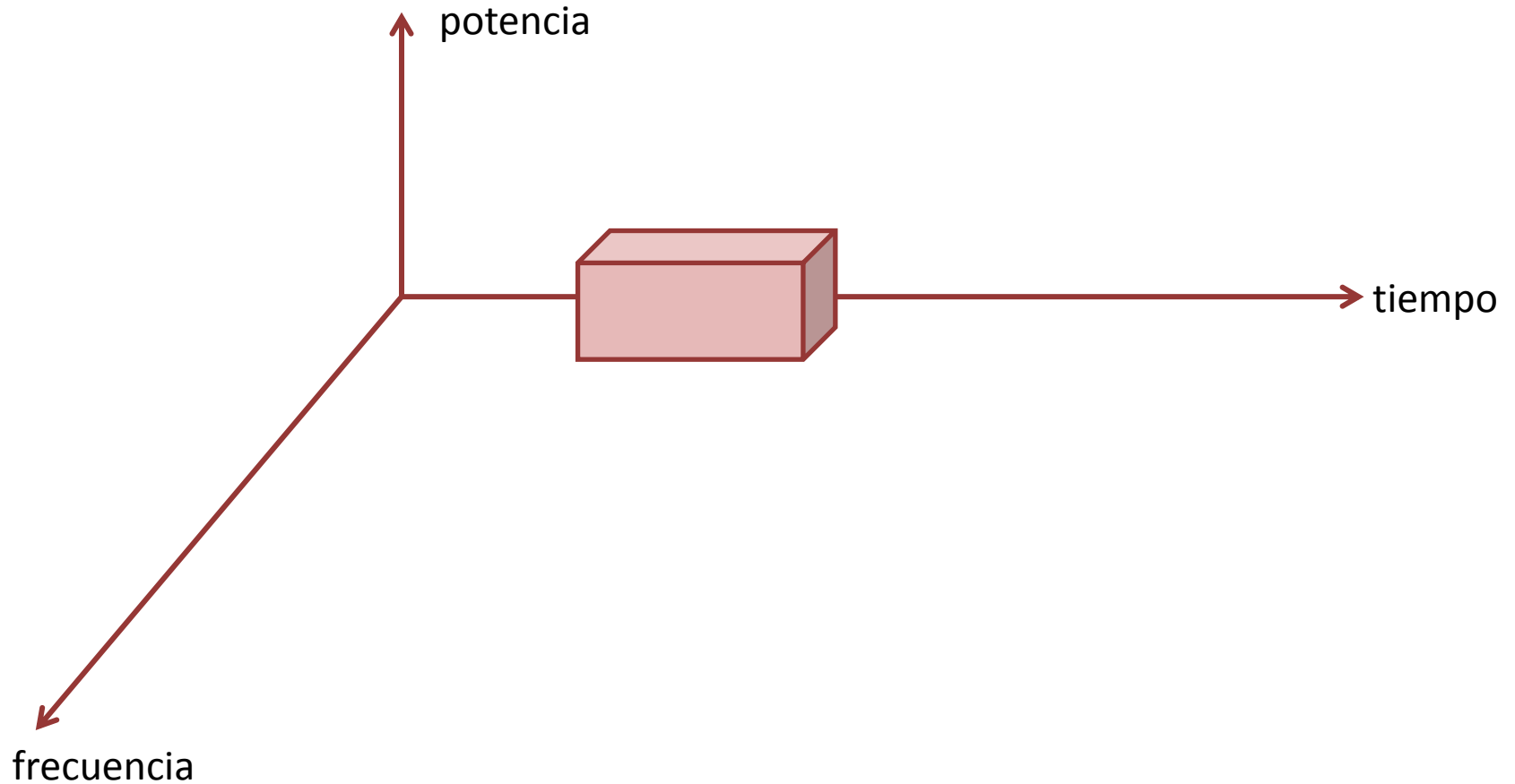


E
s
p
e
c
t
r
o
d
e
R
a
d
i
o

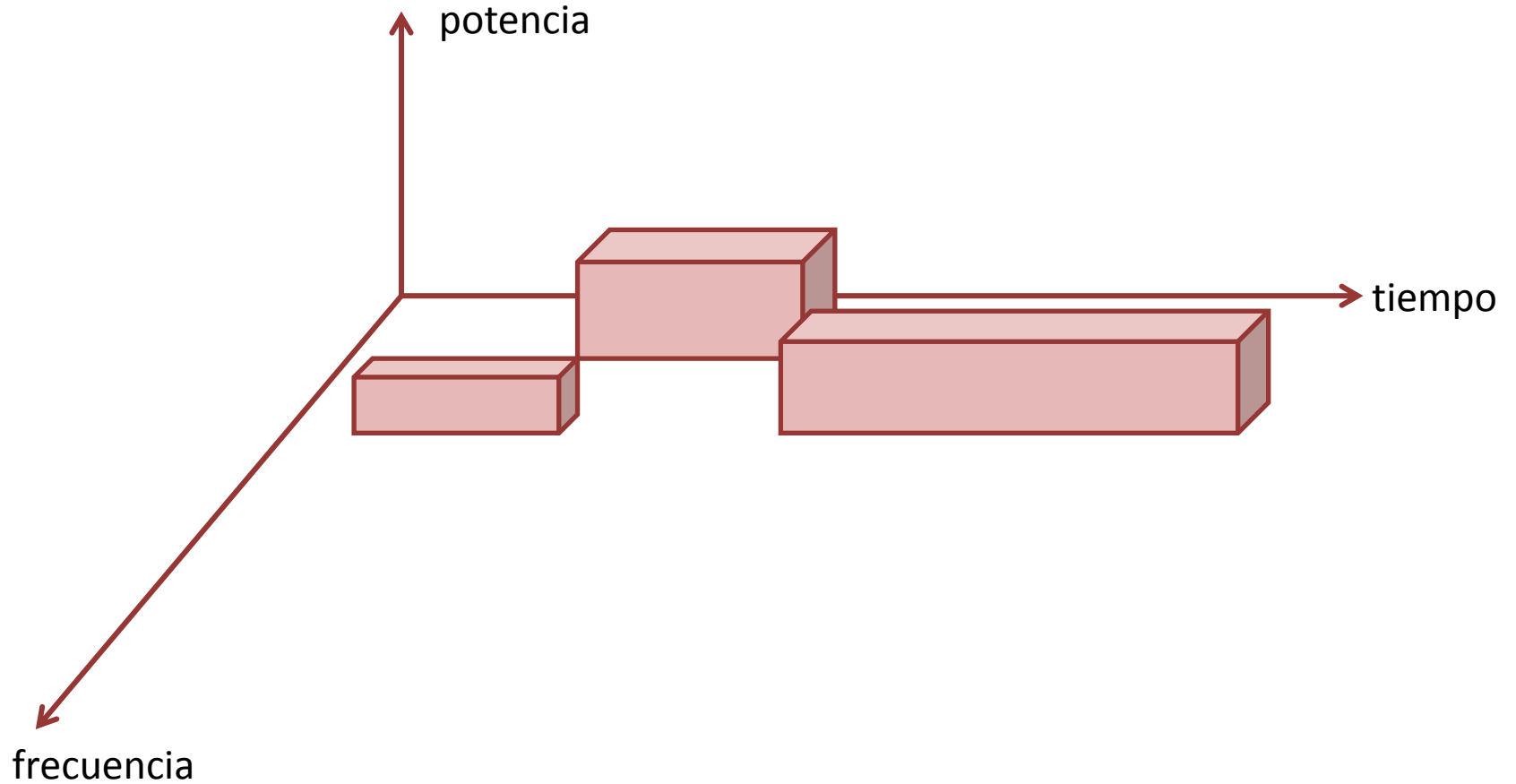
Redes Cognitivas



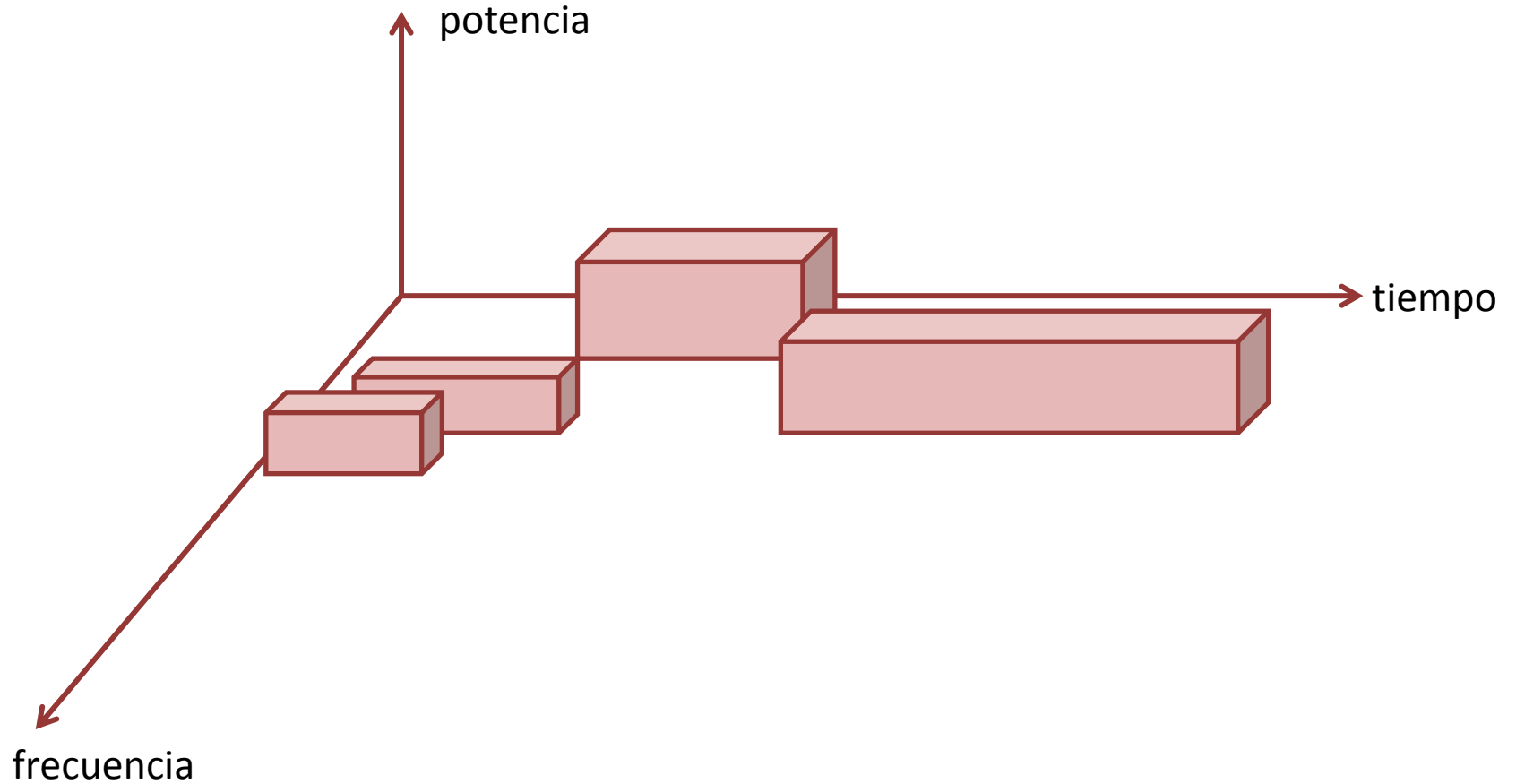
Redes Cognitivas



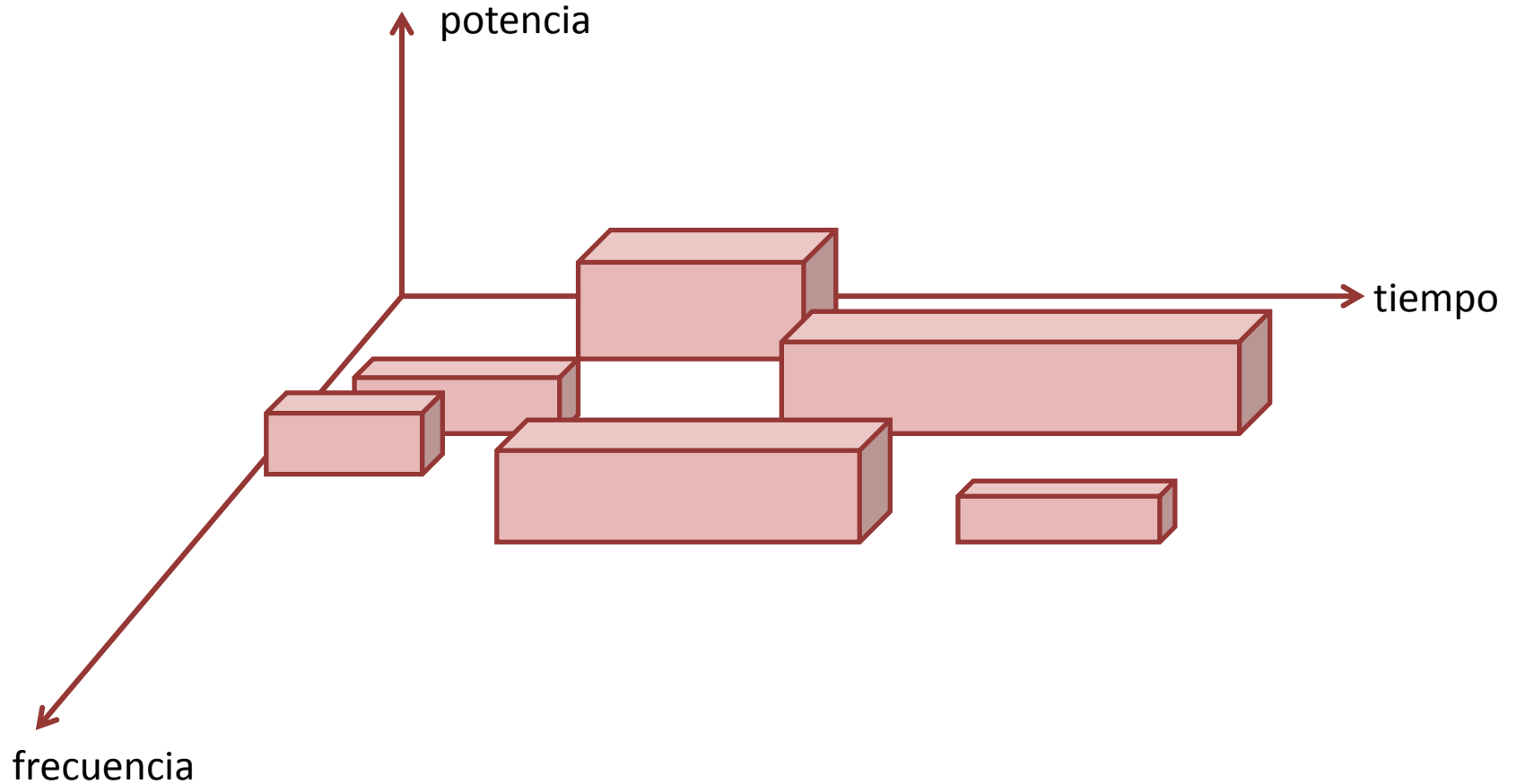
Redes Cognitivas



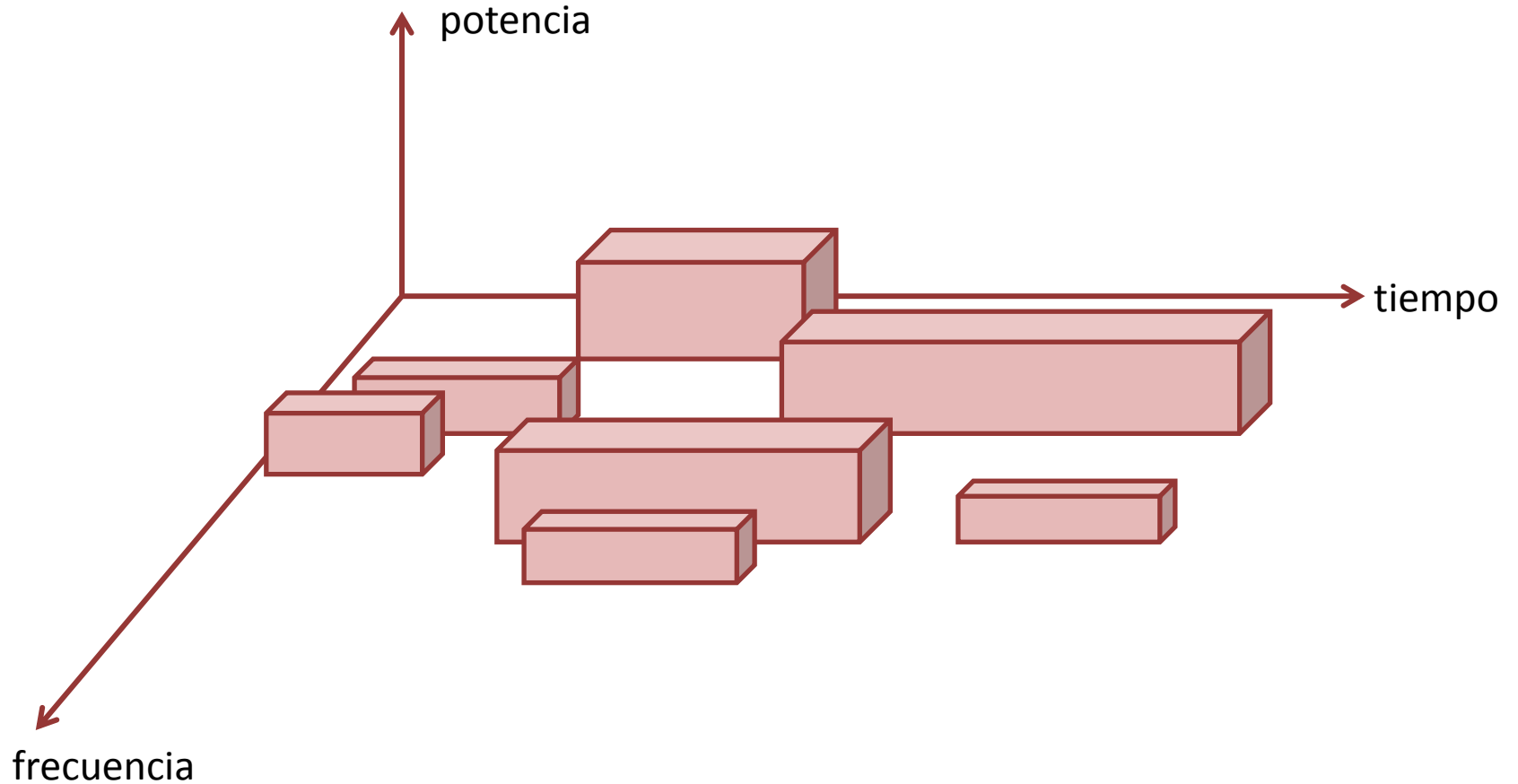
Redes Cognitivas



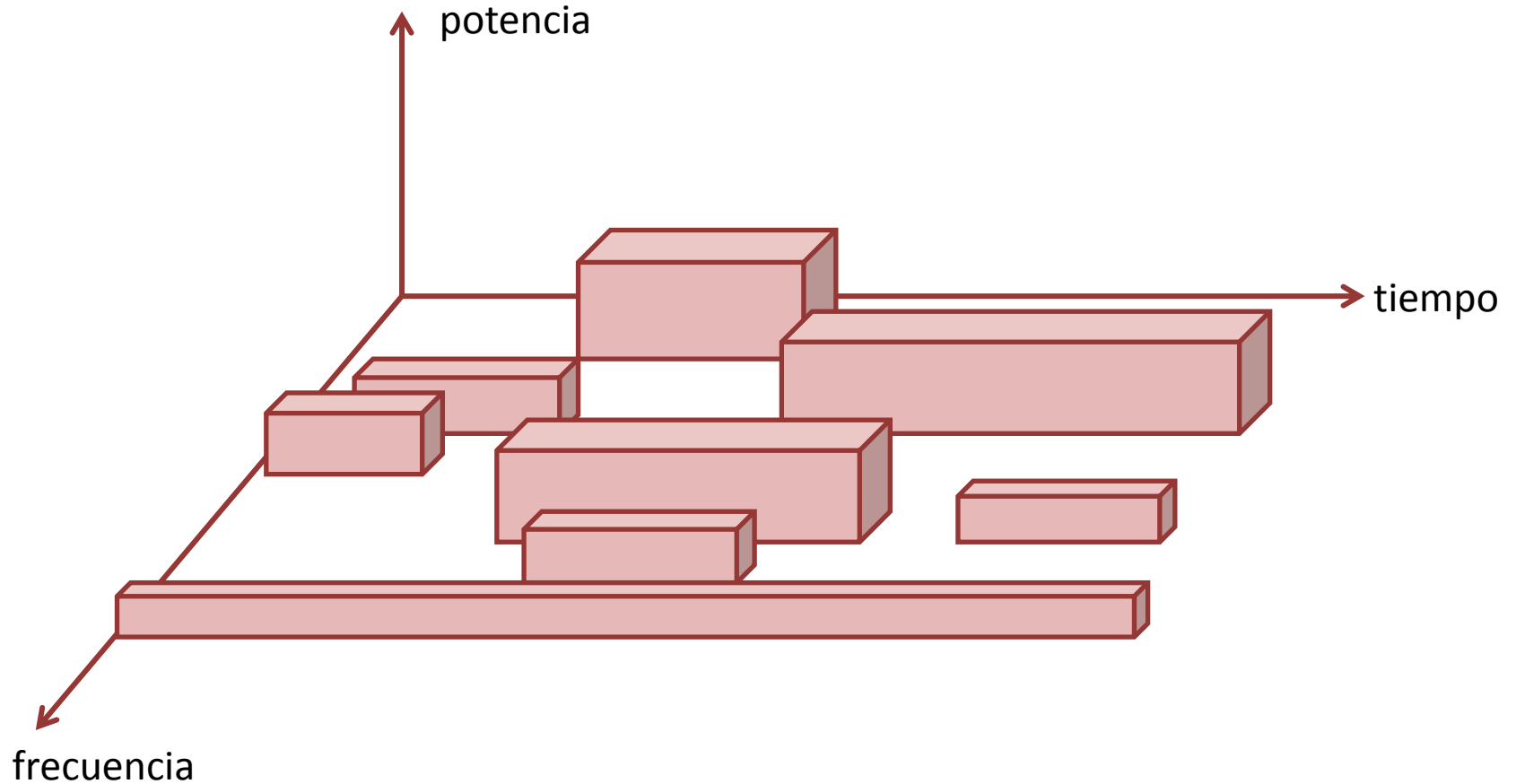
Redes Cognitivas



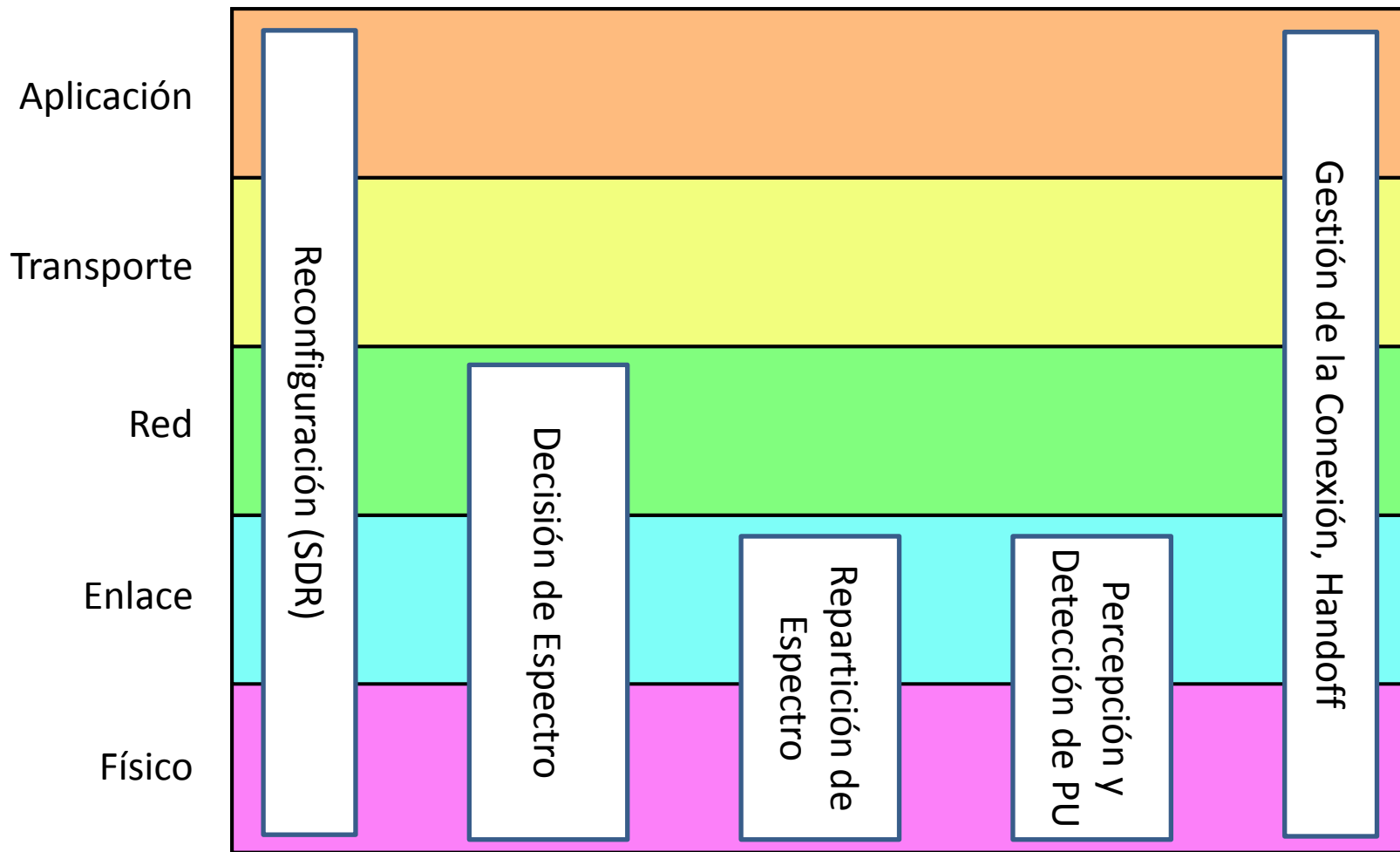
Redes Cognitivas



Redes Cognitivas



Diseño *Cross-Layer* de Redes Cognitivas

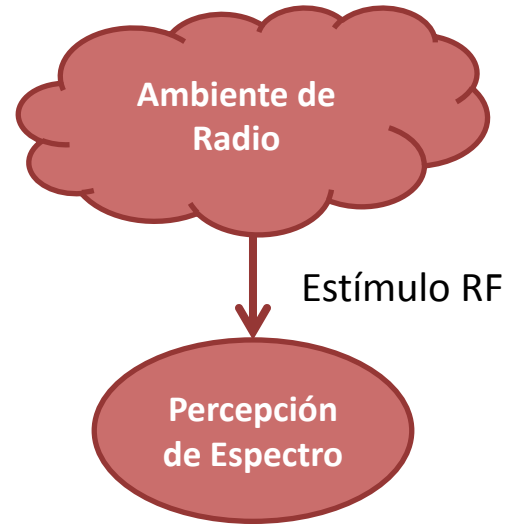


¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



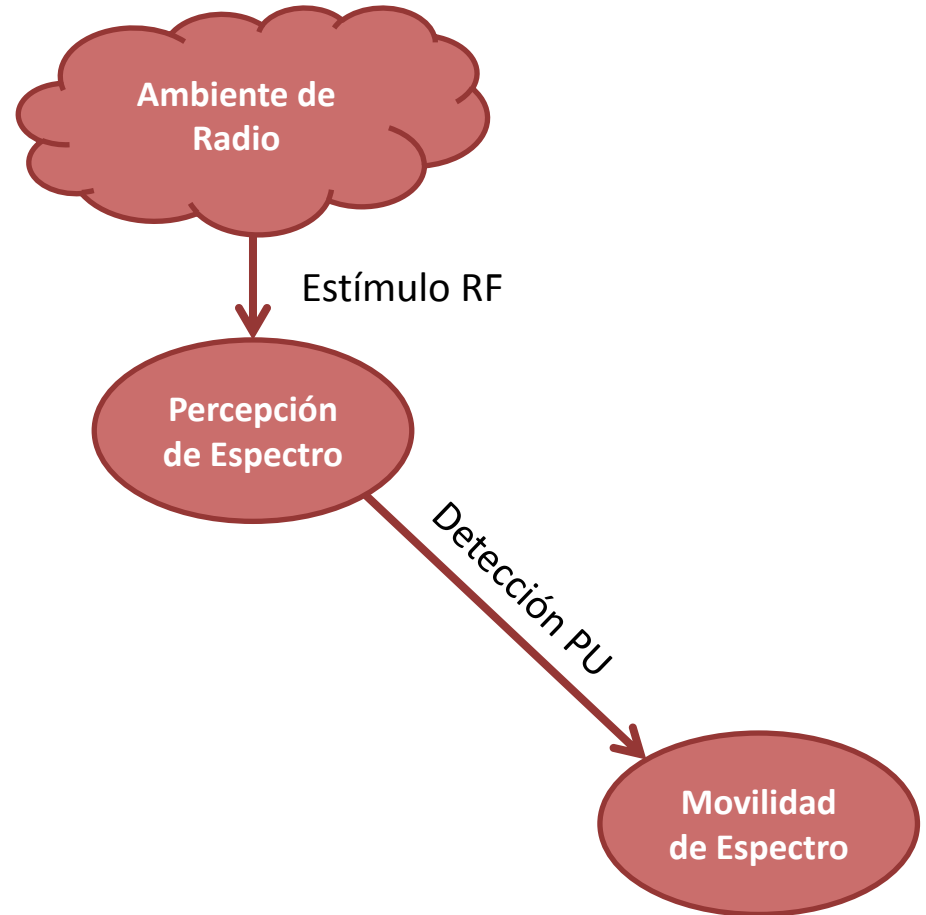
[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



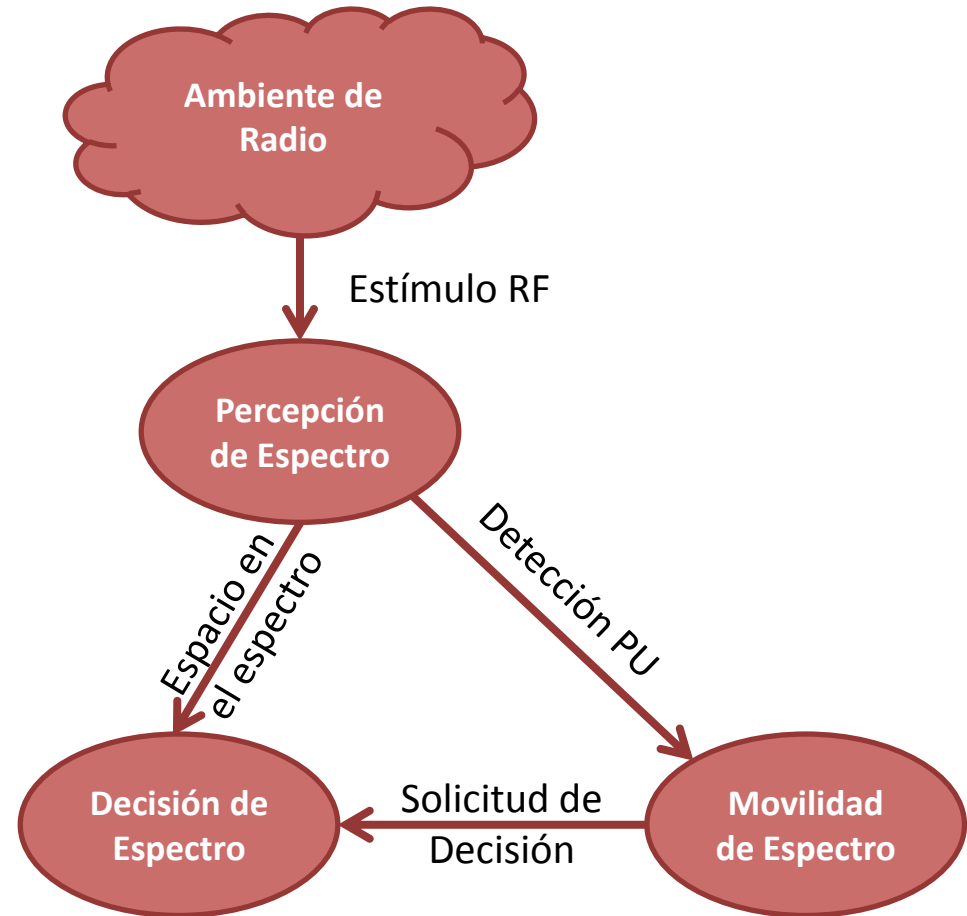
[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



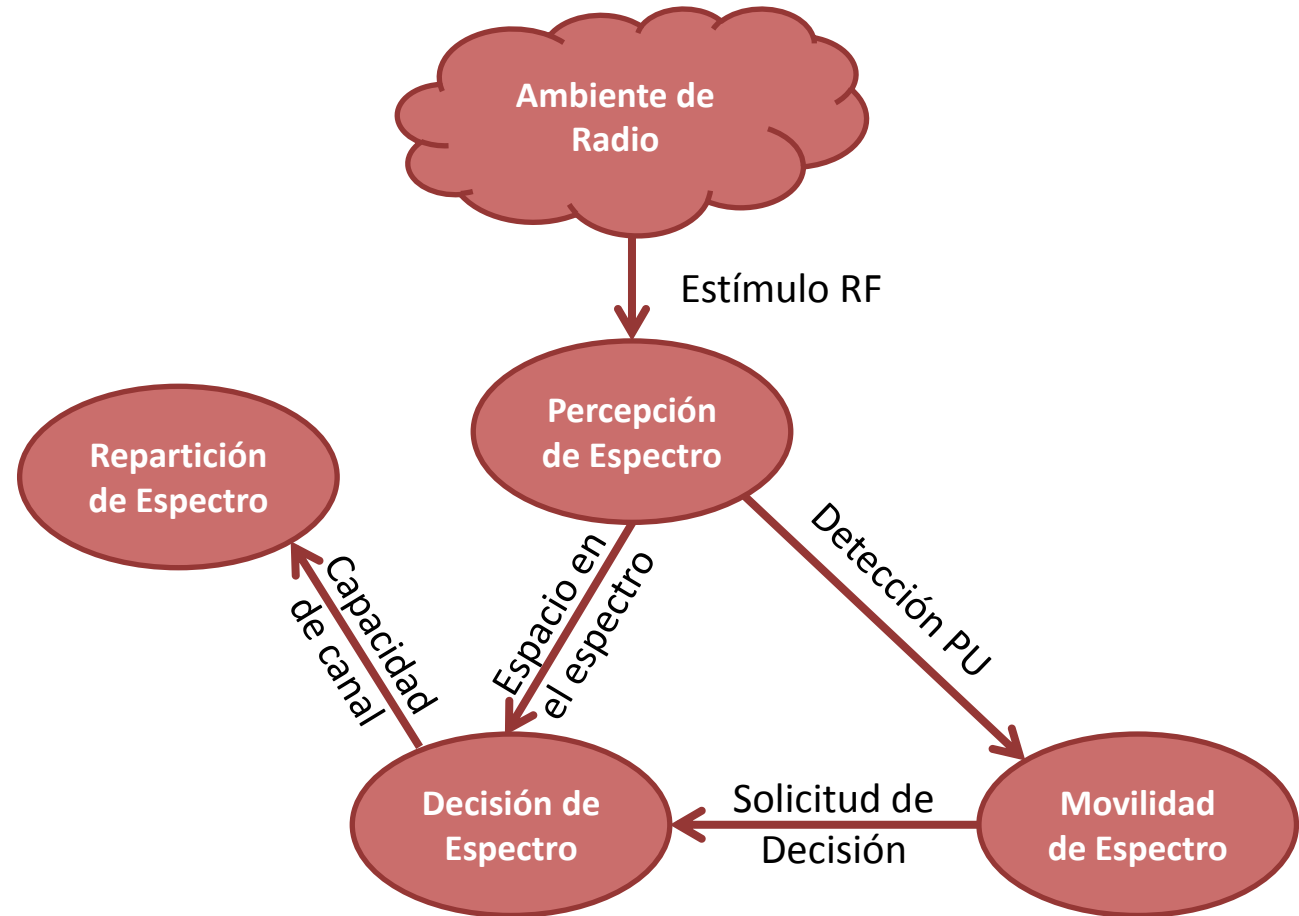
[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



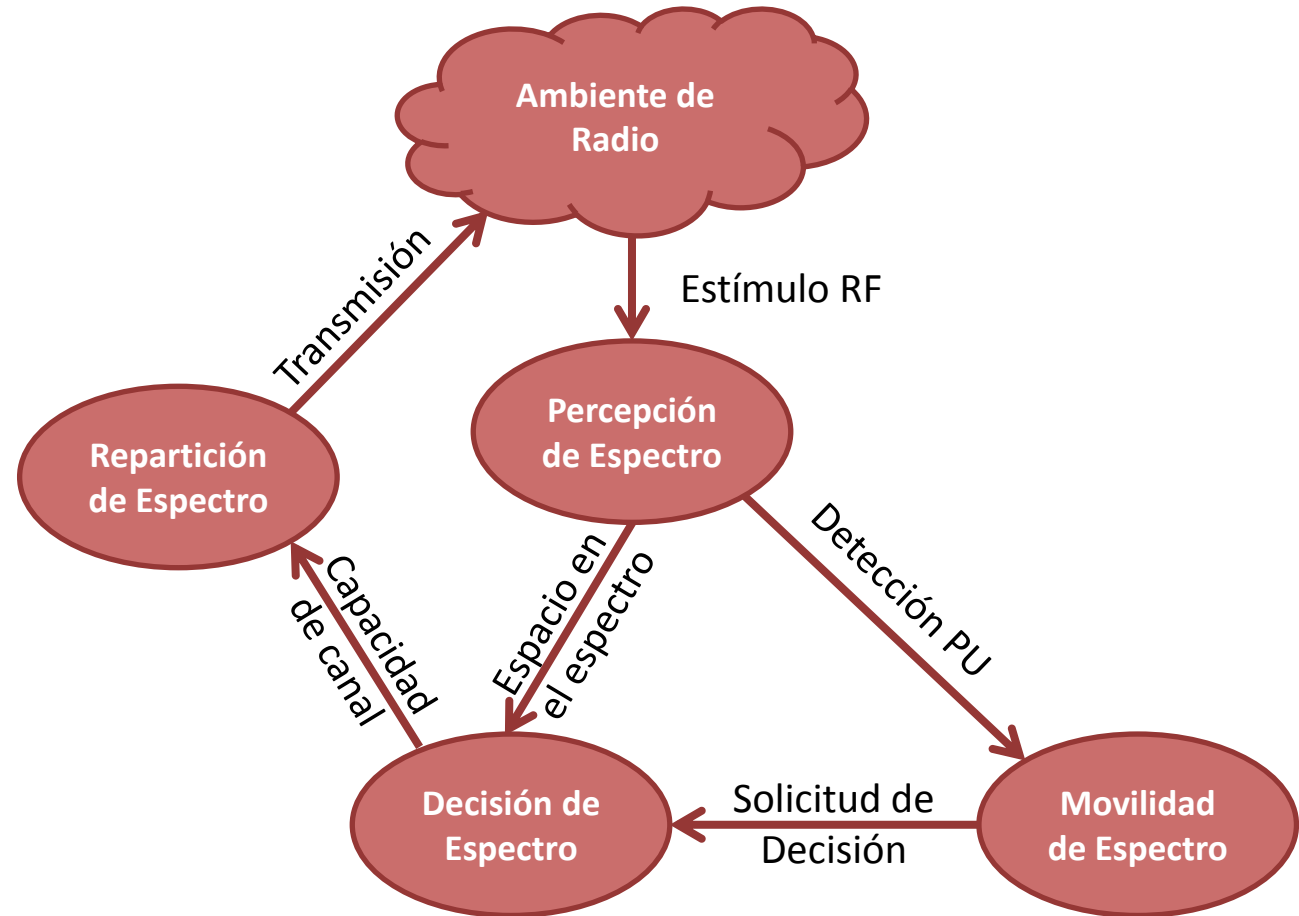
[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

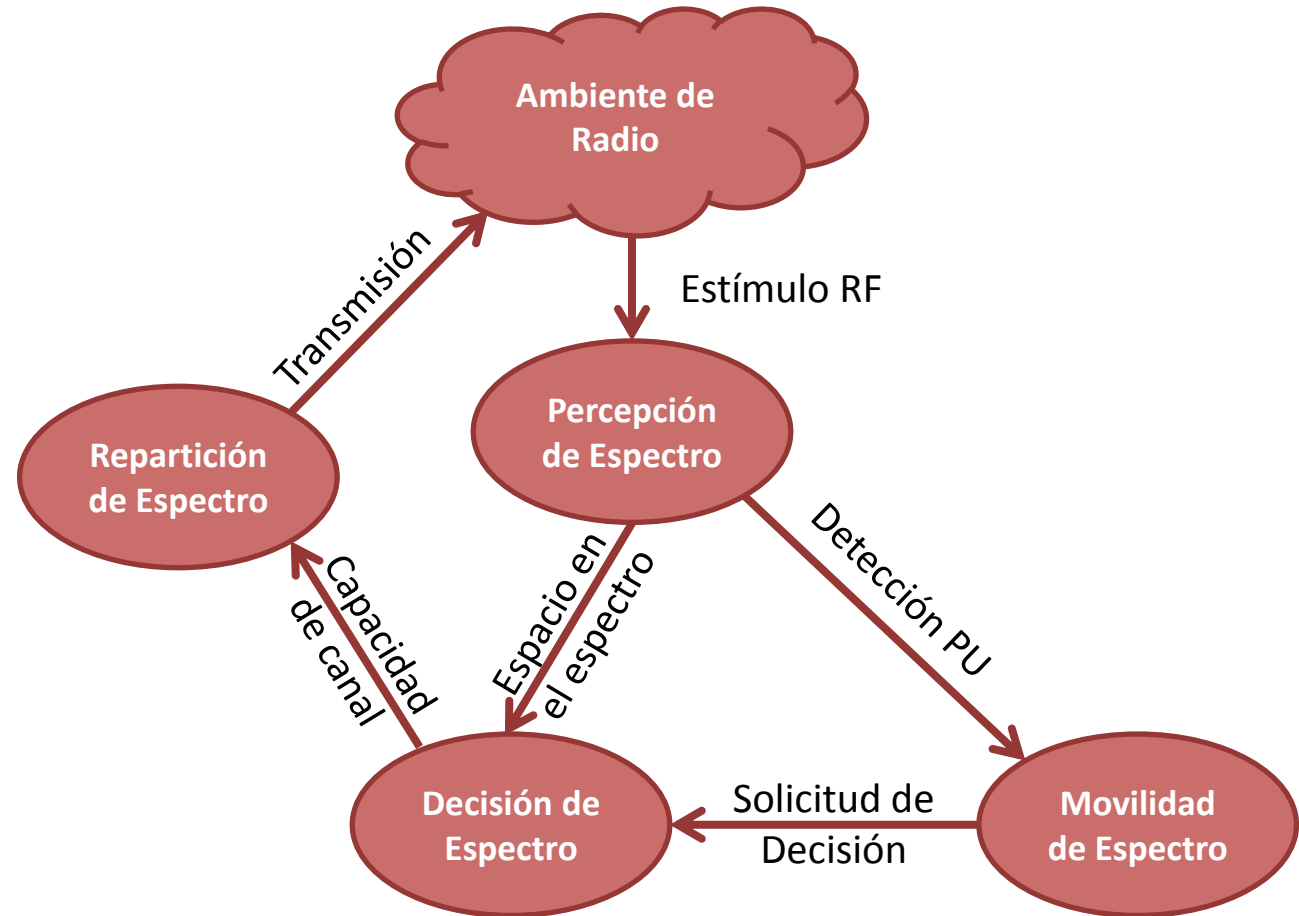
¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?



[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

¿Qué hay de Cognitivo en una Red Cognitiva?

- **Percepción**
- **Aprendizaje**
- **Adaptación**



[Akyildiz, Lee, Chowdhury, 2009]

The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995



VENCUENTRO INTERUNIVERSITARIO SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN
SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy



The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995

Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999

The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995

Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a radio knowledge representation language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio provides an ideal platform for the realization of cognitive radio

The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995

“Networks of such radios are Complex Adaptive Systems [2], the study of which is an emerging discipline concerned with the nonlinear behavior of large collections of adaptive entities that have complex interactions”.

Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999

The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995

“Networks of such radios are Complex Adaptive Systems [2], the study of which is an emerging discipline concerned with the nonlinear behavior of large collections of adaptive entities that have complex interactions”.

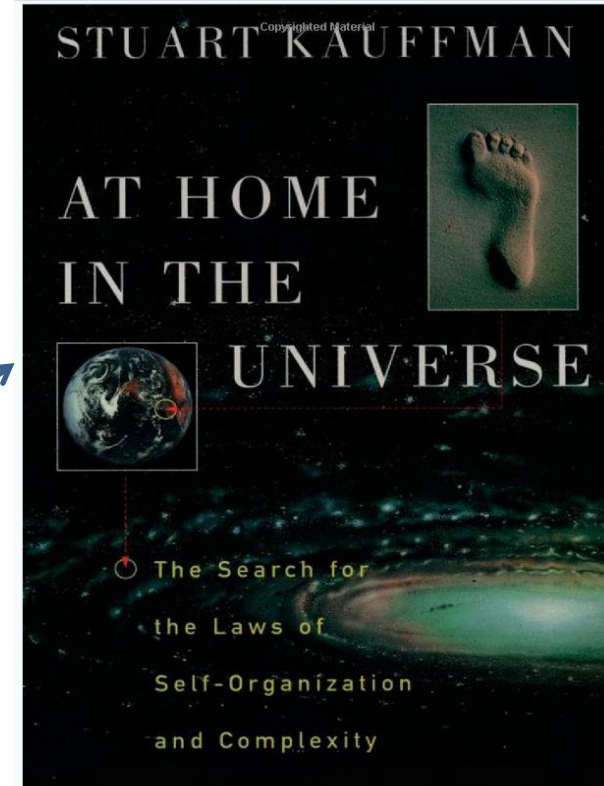
Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999



The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995



Cognitive Dynamic Systems

BY SIMON HAYKIN

McMaster University, Hamilton, ON, Canada

Vol. 94, No. 11, November 2006 | PROCEEDINGS OF THE IEEE



VENCUENTRO INTERUNIVERSITARIO SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN
SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy

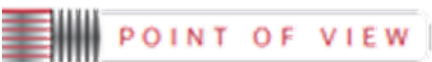


The Software Radio Architecture

As communications technology continues its rapid transition from analog to digital, more functions of contemporary radio systems are implemented in software, leading toward the software radio. What distinguishes software radio architectures? What new capabilities are more economically accessible in software radios than digital radios? What are the pitfalls? And the prognosis?

Joe Mitola

IEEE Communications Magazine • May 1995



Cognitive Dynamic Systems

BY SIMON HAYKIN

McMaster University, Hamilton, ON, Canada

Vol. 94, No. 11, November 2006 | PROCEEDINGS OF THE IEEE

Veo la emergencia de una nueva disciplina, llamada “Sistemas Dinámicos Cognitivos”, que se construirá sobre ideas del procesamiento estadístico de señales, el control estocástico y la teoría de la información, y que tejera estas ideas ya bien desarrolladas con nuevas ideas tomadas de la neurociencia, la teoría del aprendizaje estadístico y la teoría de juegos. La nueva disciplina proporcionará herramientas formales de diseño para una nueva generación de sistemas dinámicos inalámbricos como la radio cognitiva y el radar cognitivo, en los que la eficiencia, la efectividad y la robustez serán las principales características de desempeño.

(...)

Como definición operativa, digo que los sistemas dinámicos cognitivos construyen reglas de comportamiento temporal, mediante el aprendizaje continuo a partir de las interacciones experimentales con el ambiente, por lo que podrán enfrentar las incertidumbres propias de dicho ambiente.



VENCUENTRO
INTERUNIVERSITARIO SOBRE
COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE
COMPLEJIDAD
Y EDUCACIÓN

Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal

JOSEPH MITOLA III AND GERALD Q. MAGUIRE, JR.
ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract

Software radios are emerging as platforms for multiband multimode personal communications systems. Radio etiquette is the set of RF bands, air interfaces, protocols, and spatial and temporal patterns that moderate the use of the radio spectrum. Cognitive radio extends the software radio with radio-domain model-based reasoning about such etiquettes. Cognitive radio enhances the flexibility of personal services through a Radio Knowledge Representation Language. This language represents knowledge of radio etiquette, devices, software modules, propagation, networks, user needs, and application scenarios in a way that supports automated reasoning about the needs of the user. This empowers software radios to conduct expressive negotiations among peers about the use of radio spectrum across fluents of space, time, and user context. With RKRL, cognitive radio agents may actively manipulate the protocol stack to adapt known etiquettes to better satisfy the user's needs. This transforms radio nodes from blind executors of predefined protocols to radio-domain-aware intelligent agents that search out ways to deliver the services the user wants even if that user does not know how to obtain them. Software radio [1] provides an ideal platform for the realization of cognitive radio.

IEEE Personal Communications • August 1999



Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy

Copyrighted Material

Cognitive Dynamic Systems

Perception–Action Cycle,
Radar, and Radio

Simon Haykin

CAMBRIDGE

© Cambridge
University
Press
2012



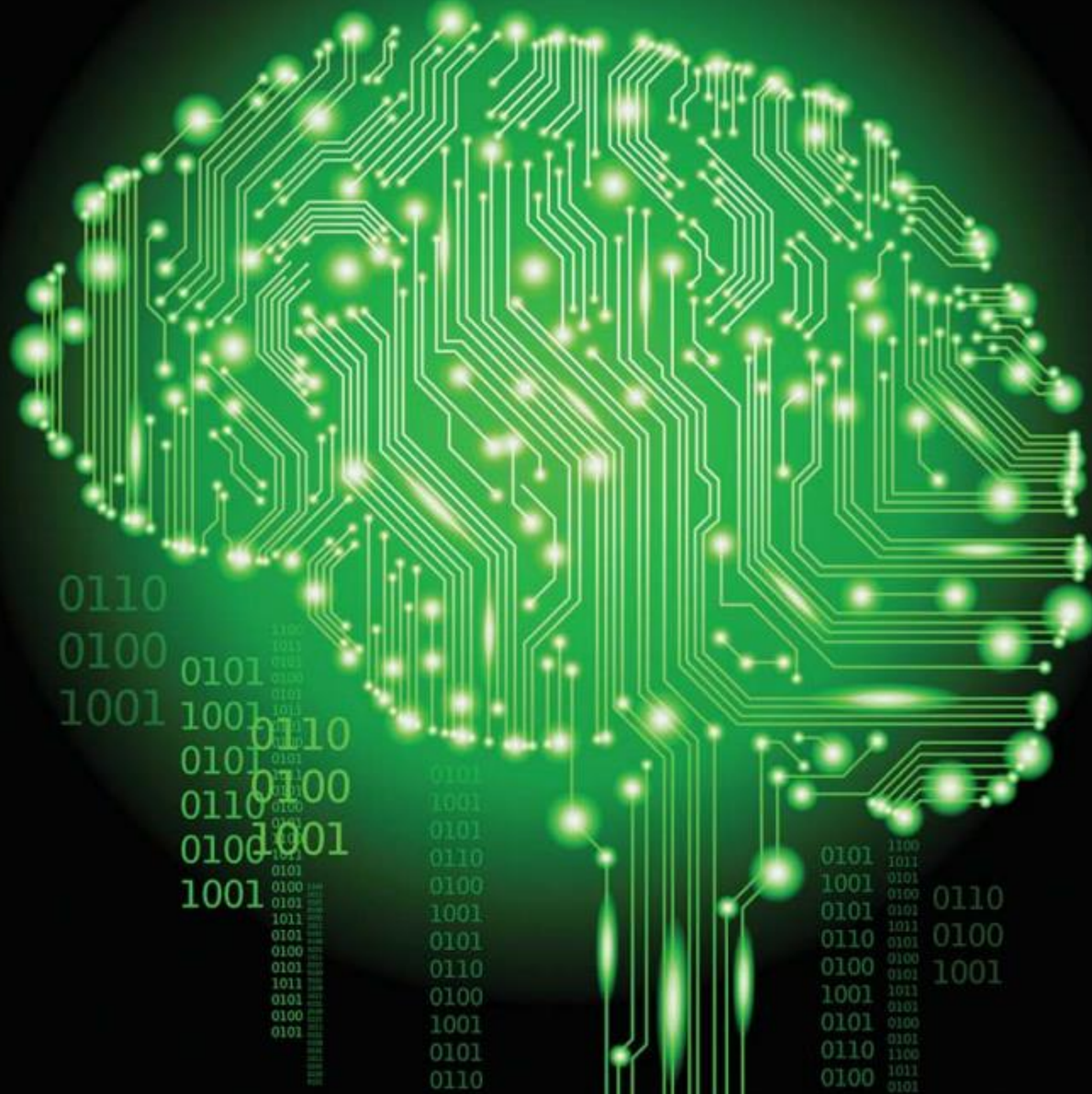
VENCUENTRO
INTERUNIVERSITARIO SOBRE Y
COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE
COMPLEJIDAD
Y EDUCACIÓN

Sistemas Dinámicos Cognitivos
Ingeniería de Sistemas Complejos HOY
Marco Aurelio Alzate Monroy

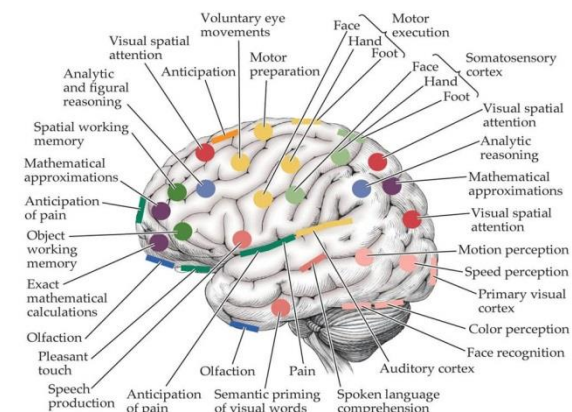
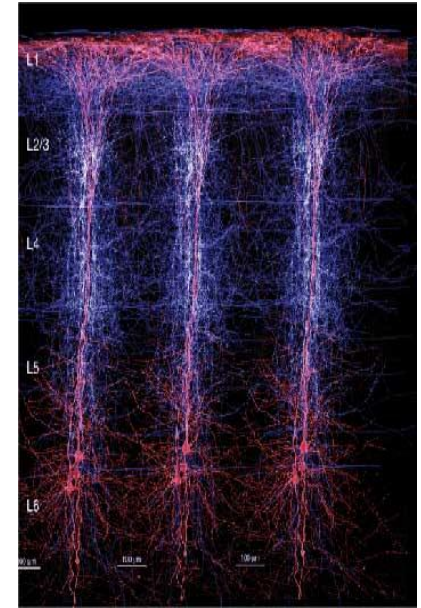


El cerebro humano como paradigma de sistema cognitivo

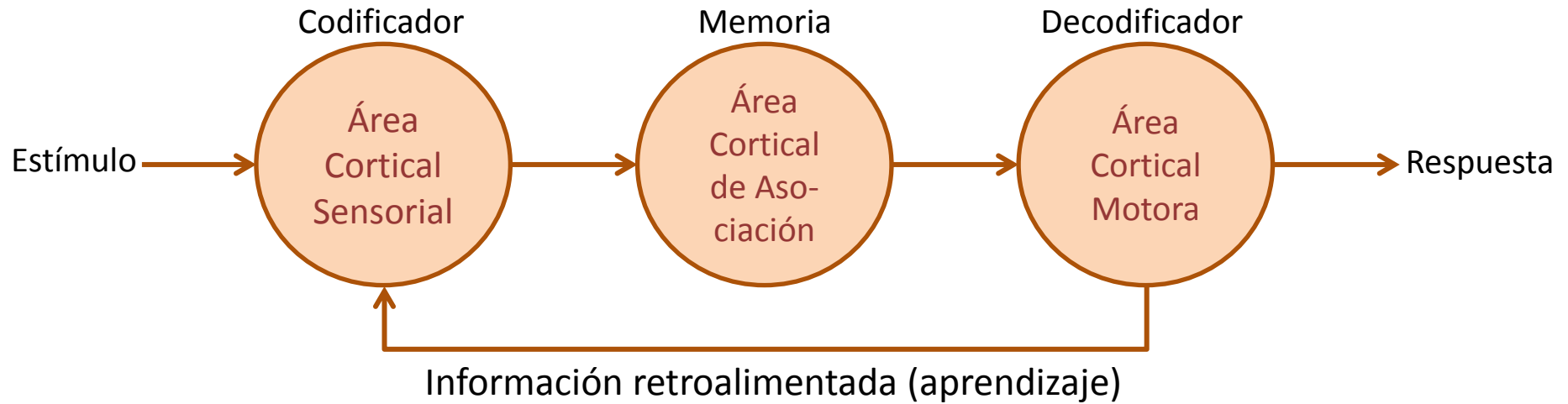


El cerebro humano como paradigma de sistema cognitivo

- Joaquín Fuster
- Un altísimo porcentaje del procesamiento de información en el cerebro se realiza en la corteza cerebral
- La corteza cerebral está organizada en minicolumnas (ordenamientos verticales de entre 80 y 240 neuronas). Existen cerca de 200 millones de minicolumnas.
- Las columnas corticales parecen ser unidades jerárquicas de reconocimiento de patrones. La memoria y el conocimiento se representan en la interacción distribuida, y altamente sobrelapada, de estas minicolumnas corticales.
- Aunque no tienen una estructura uniforme, todas parecen usar un algoritmo básico de procesamiento de información: Diferentes tipos de entradas sensoriales (visual, auditiva, etc.) se codifican de una manera estándar antes de alimentar este algoritmo básico de procesamiento.
- Las cinco funciones cognitivas (atención, percepción, memoria, lenguaje e inteligencia) se basarían en transacciones neuronales al interior de las minicolumnas y entre ellas.
- El paradigma de Fuster se convierte en un marco de referencia para los sistemas dinámicos cognitivos.

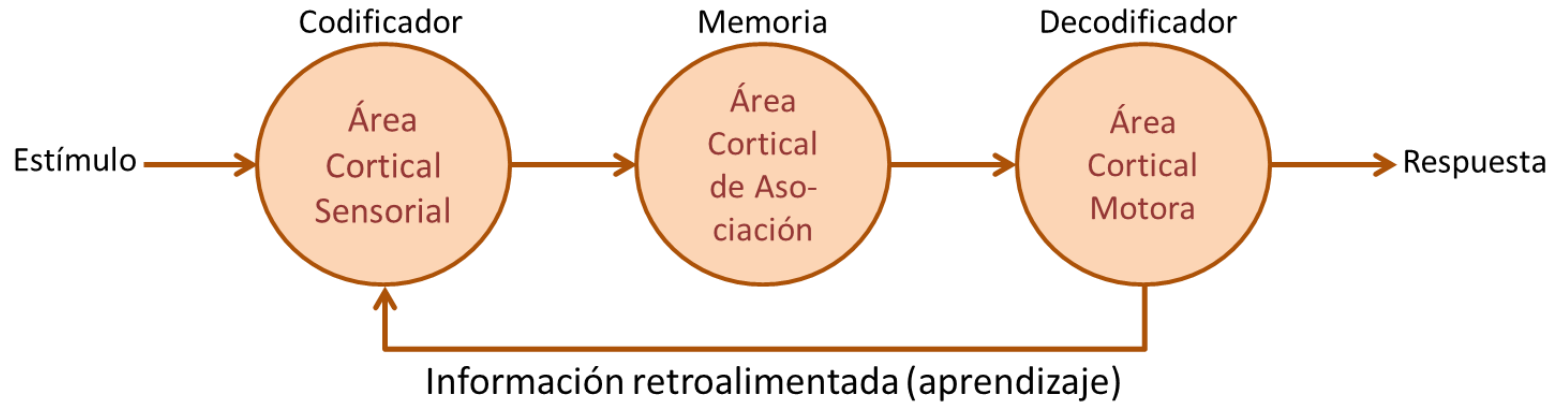


El cerebro humano como paradigma de sistema cognitivo

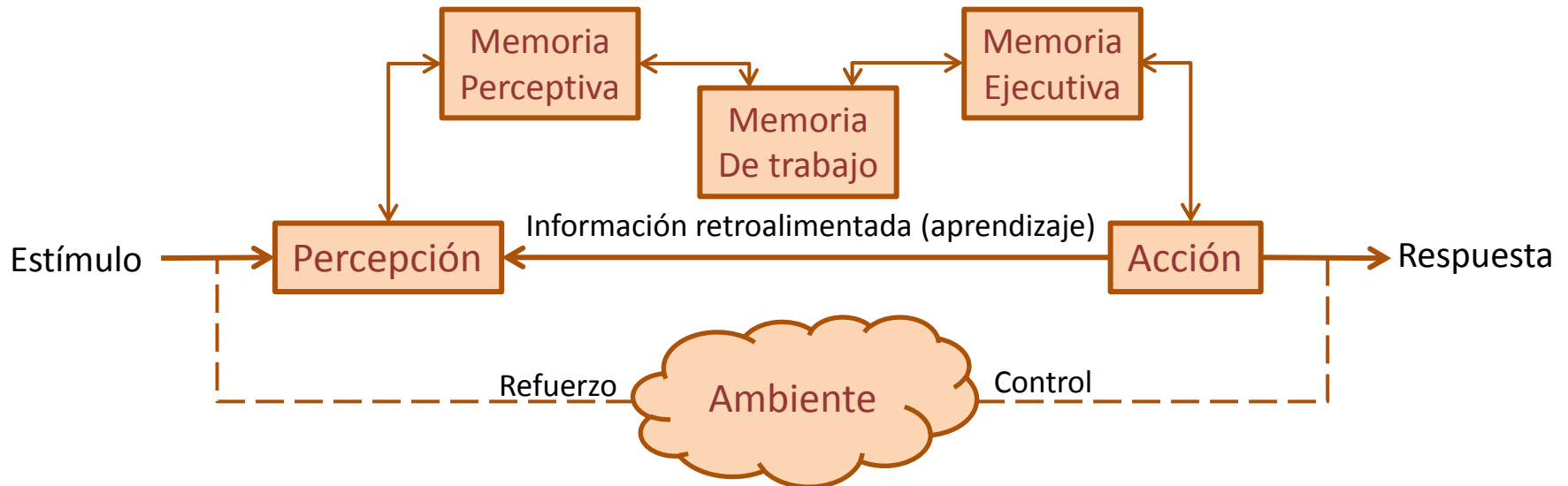


M.S. Gazzaniga (ed.), "The Cognitive Neurosciences", 4th Edition, MIT Press, 2009

El cerebro humano como paradigma de sistema cognitivo



M.S. Gazzaniga (ed.), "The Cognitive Neurosciences", 4th Edition, MIT Press, 2009



S. Haykin, "Cognitive Dynamic Systems", Cambridge University Press, 2012

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- **Un Sistema Complejo**

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
- Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
 - Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente
 - Desarrollo de **reglas de comportamiento** que le permitan actuar sobre el ambiente

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
 - Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente
 - Desarrollo de **reglas de comportamiento** que le permitan actuar sobre el ambiente
- Realizadas en **tiempo real**

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
 - Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente
 - Desarrollo de **reglas de comportamiento** que le permitan actuar sobre el ambiente
- Realizadas en **tiempo real**
- Con el propósito de llevar a cabo algunas **tareas prescritas**

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
 - Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente
 - Desarrollo de **reglas de comportamiento** que le permitan actuar sobre el ambiente
- Realizadas en **tiempo real**
- Con el propósito de llevar a cabo algunas **tareas prescritas**
- De manera **efectiva, eficiente y confiable**

Sistema Dinámico Cognitivo

Un Sistema Dinámico Cognitivo es

- Un **Sistema Complejo**
- Capaz de desarrollar un **comportamiento emergente**
- Al **procesar información** en el transcurso del tiempo
- Mediante las siguientes funciones
 - **Percepción** del ambiente
 - **Aprendizaje** del ambiente
 - **Adaptación** a sus variaciones estadísticas
 - Construcción de un **modelo predictivo** sobre un conjunto prescrito de aspectos de interés del ambiente
 - Desarrollo de **reglas de comportamiento** que le permitan actuar sobre el ambiente
- Realizadas en **tiempo real**
- Con el propósito de llevar a cabo algunas **tareas prescritas**
- De manera **efectiva, eficiente y confiable**
- A pesar de las **incertidumbres en el ambiente**.

Disciplinas fundamentales para el diseño de Sistemas Dinámicos Cognitivos

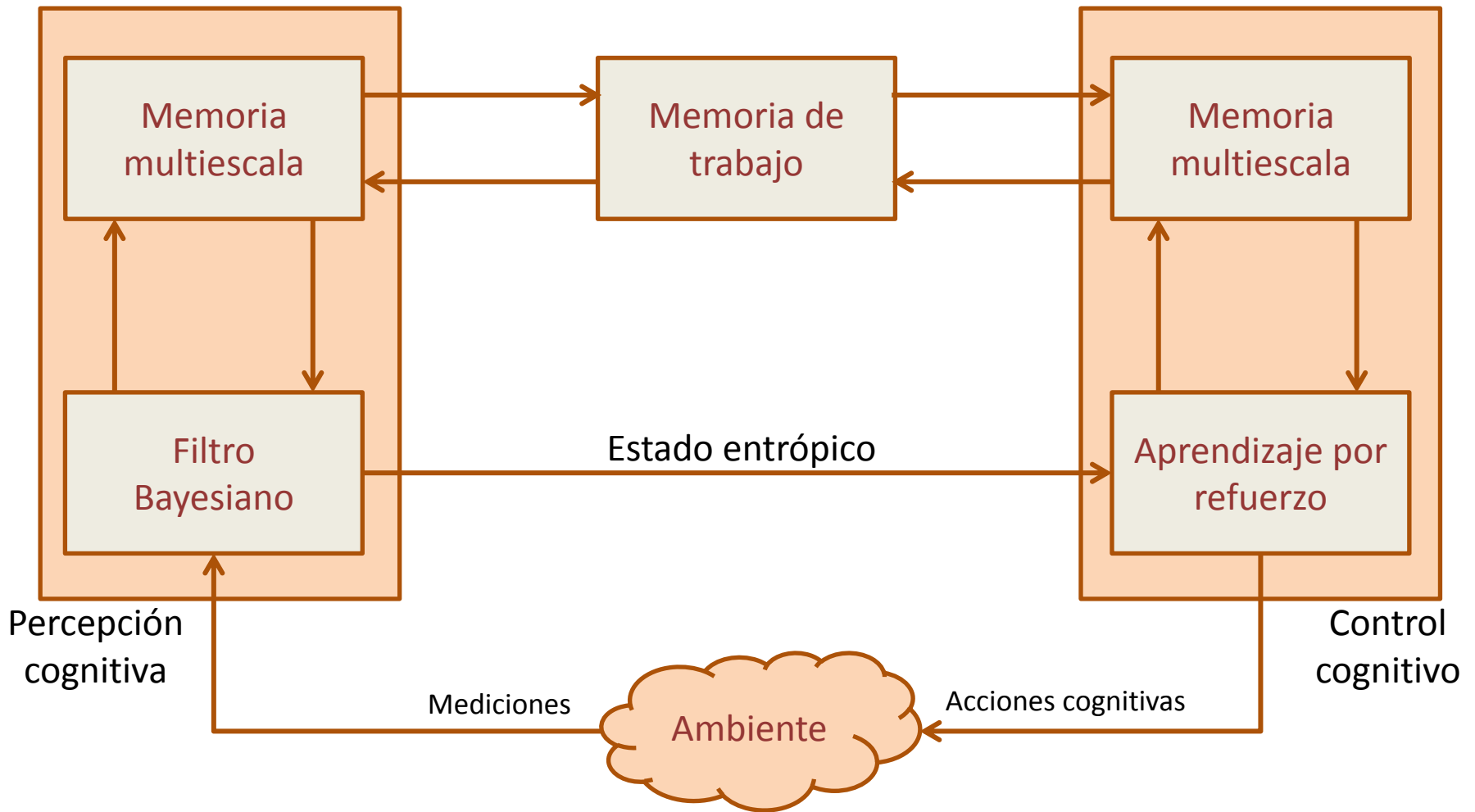
- Procesamiento estadístico de señales
- Teoría Bayesiana de detección y estimación
- Teoría de la Información
- Teoría de Control
 - Control no-lineal
 - Control óptimo
 - Control estocástico
 - Control robusto
- Programación dinámica
- Teoría del aprendizaje mecánico (*machine learning*) y la inteligencia computacional
- Teoría de autómatas celulares y vida artificial
- Teoría de la computación
 - Computación bio-inspirada
 - Computación biológica
- ...

Disciplinas fundamentales para el diseño de Sistemas Dinámicos Cognitivos

- Procesamiento estadístico de señales
- Teoría Bayesiana de detección y estimación
- Teoría de la Información
- Teoría de Control
 - Control no-lineal
 - Control óptimo
 - Control estocástico
 - Control robusto
- Programación dinámica
- Teoría del aprendizaje mecánico (*machine learning*) y la inteligencia computacional
- Teoría de autómatas celulares y vida artificial
- Teoría de la computación
 - Computación bio-inspirada
 - Computación biológica
- ...

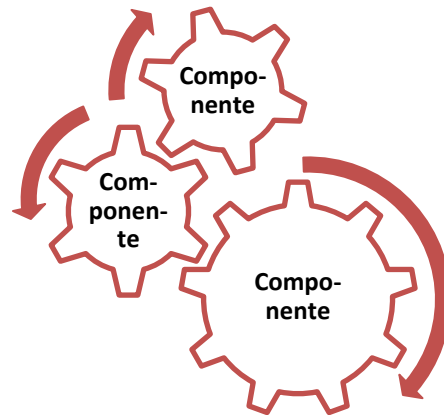
**¡Teoría de
Sistemas
Complejos!**

Estructura de un sistemas dinámico cognitivo



Ingeniería Clásica

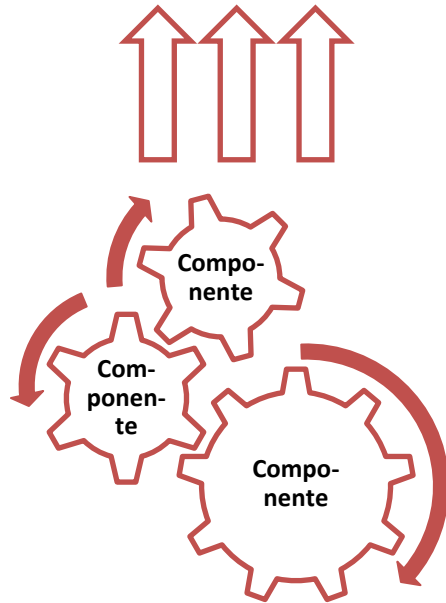
La estructura de sistema refleja su funcionalidad



Ingeniería Clásica

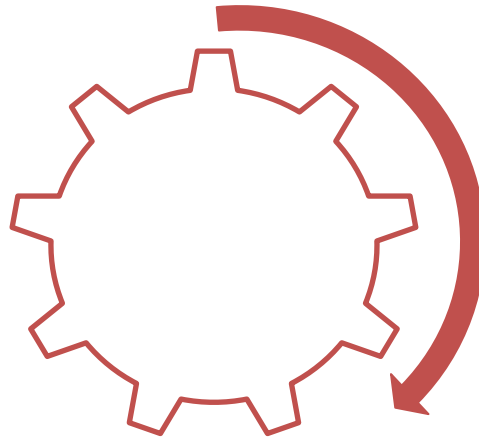
La funcionalidad completa surge de las funciones llevadas a cabo por cada componente

La estructura de sistema refleja su funcionalidad



Ingeniería Clásica

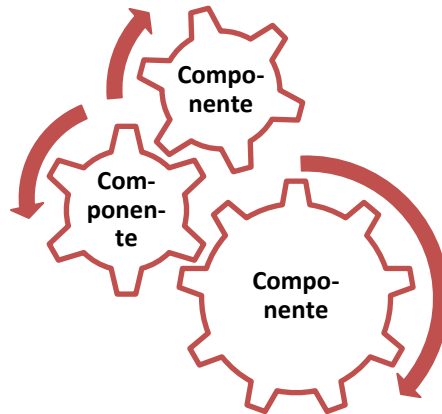
Comportamiento global deseado



La funcionalidad completa surge de las funciones llevadas a cabo por cada componente

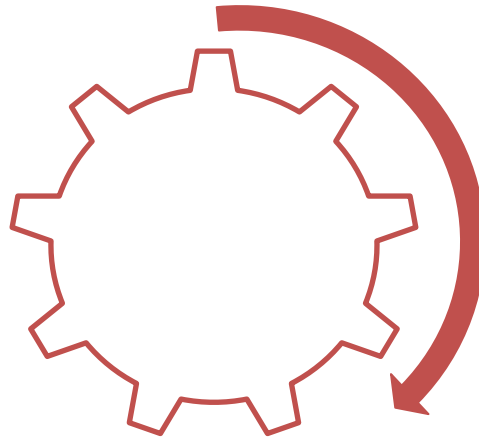


La estructura de sistema refleja su funcionalidad



Ingeniería Clásica

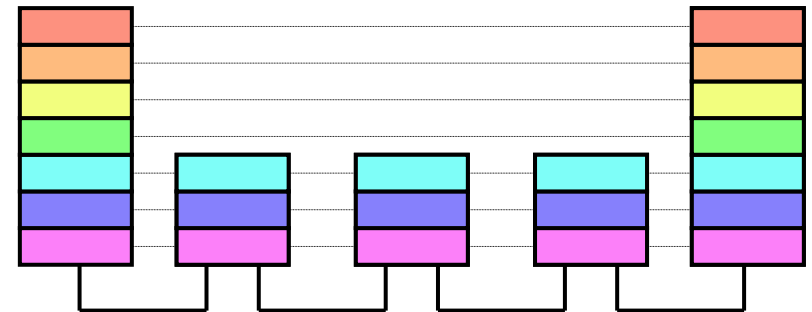
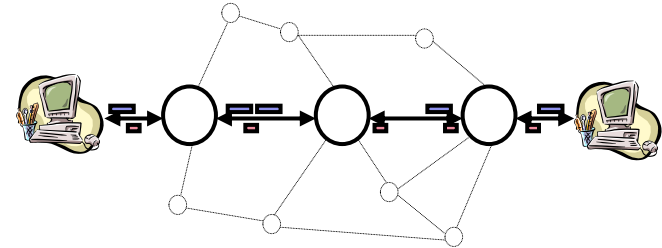
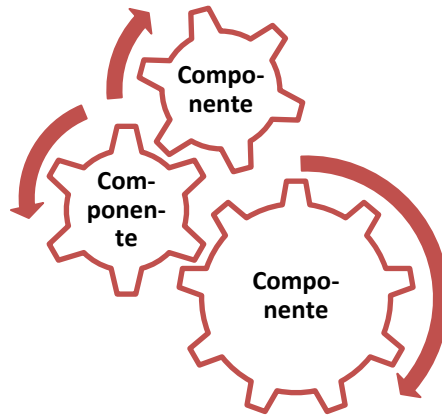
Comportamiento global deseado



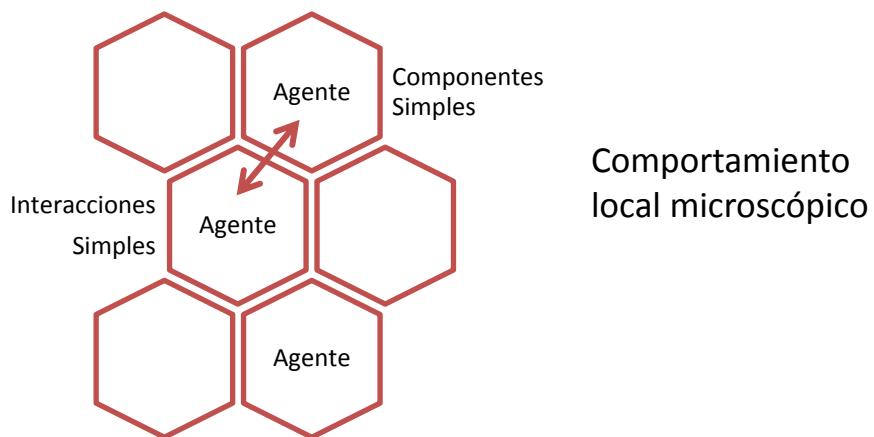
La funcionalidad completa surge de las funciones llevadas a cabo por cada componente



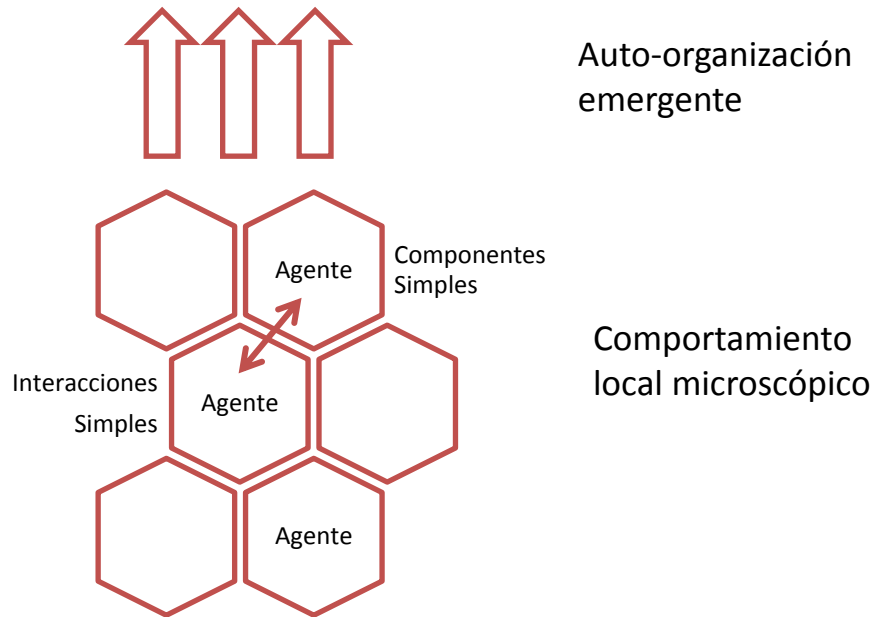
La estructura de sistema refleja su funcionalidad



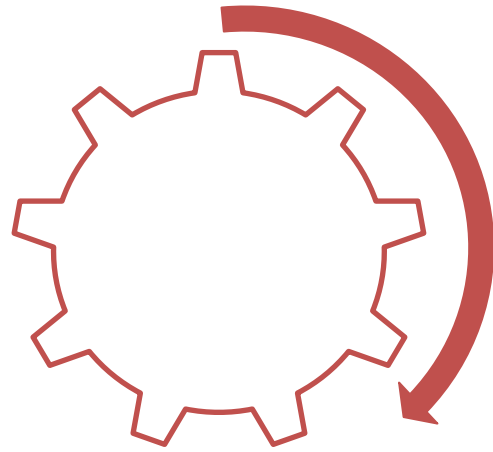
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



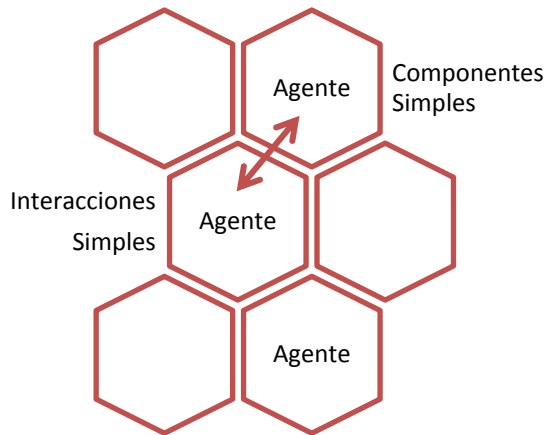
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



Comportamiento
global macroscópico

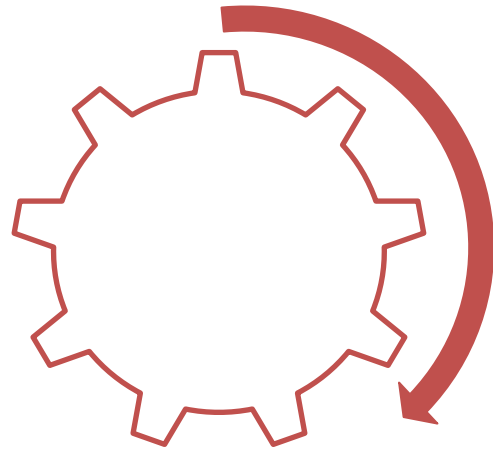


Auto-organización
emergente



Comportamiento
local microscópico

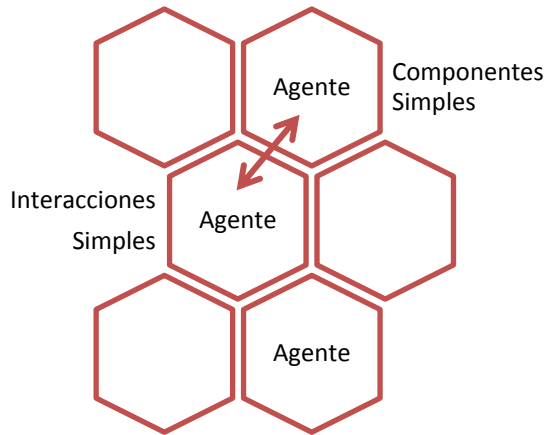
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



Comportamiento global macroscópico



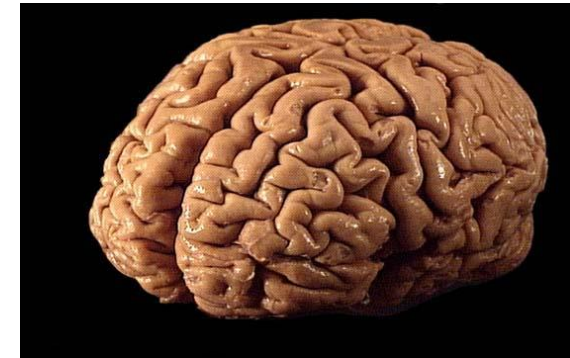
Auto-organización emergente



Comportamiento local microscópico

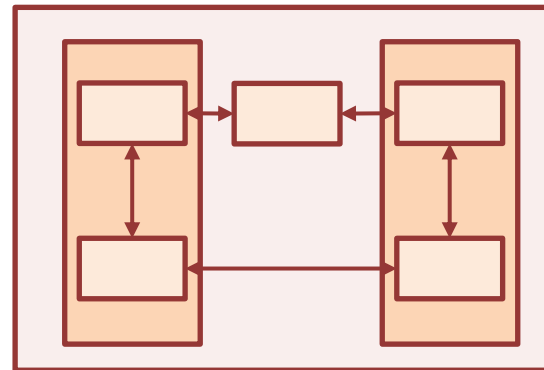


<http://www.tech-faq.com/swarm-intelligence.html>



Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –

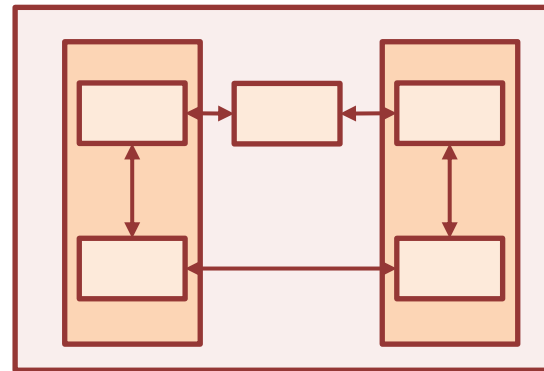
Agente Cognitivo



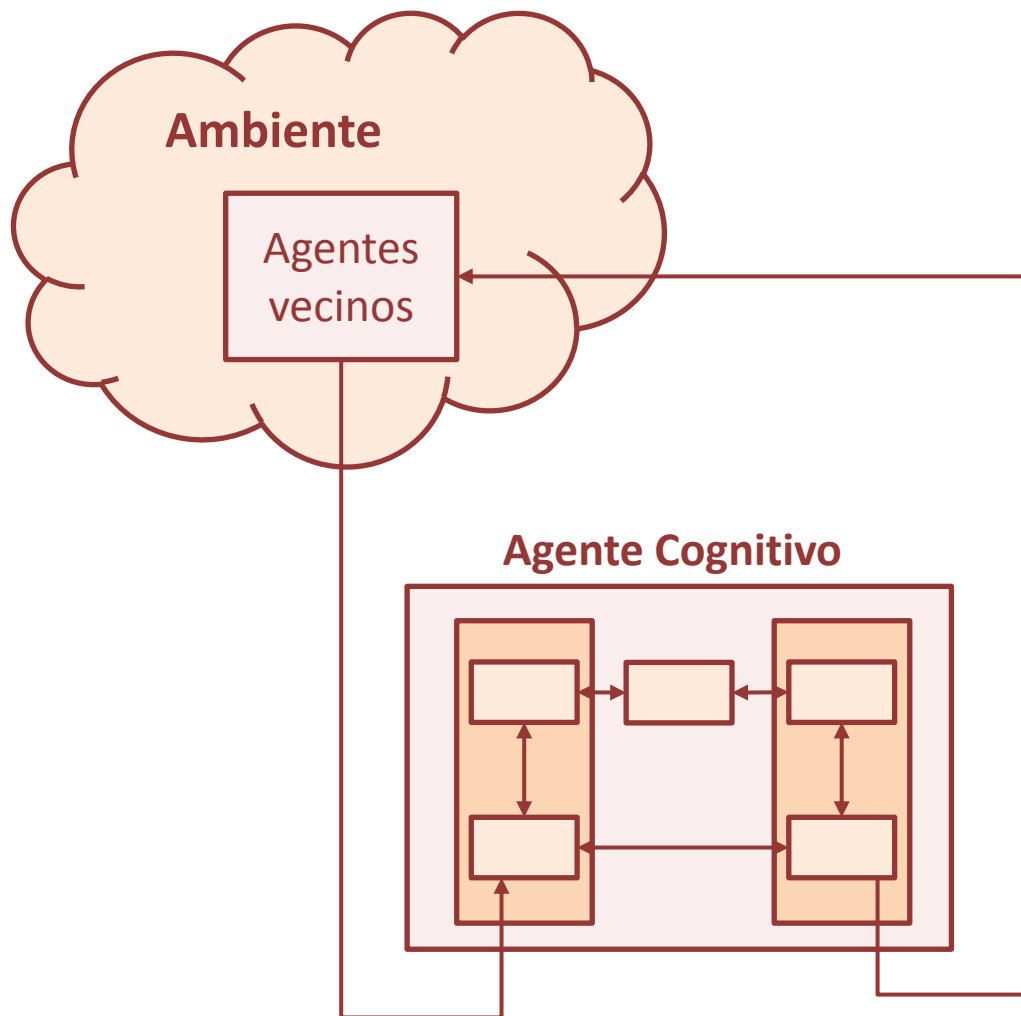
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



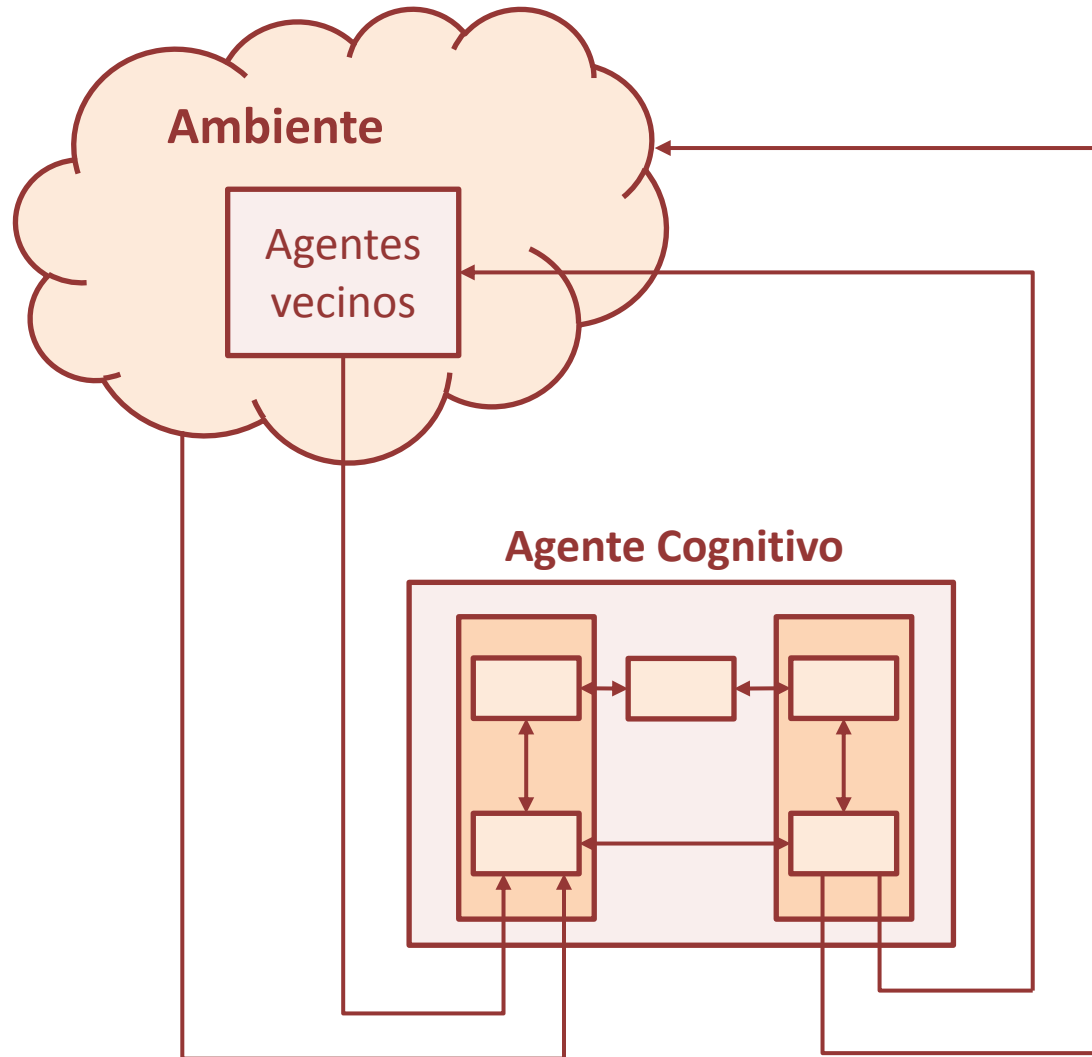
Agente Cognitivo



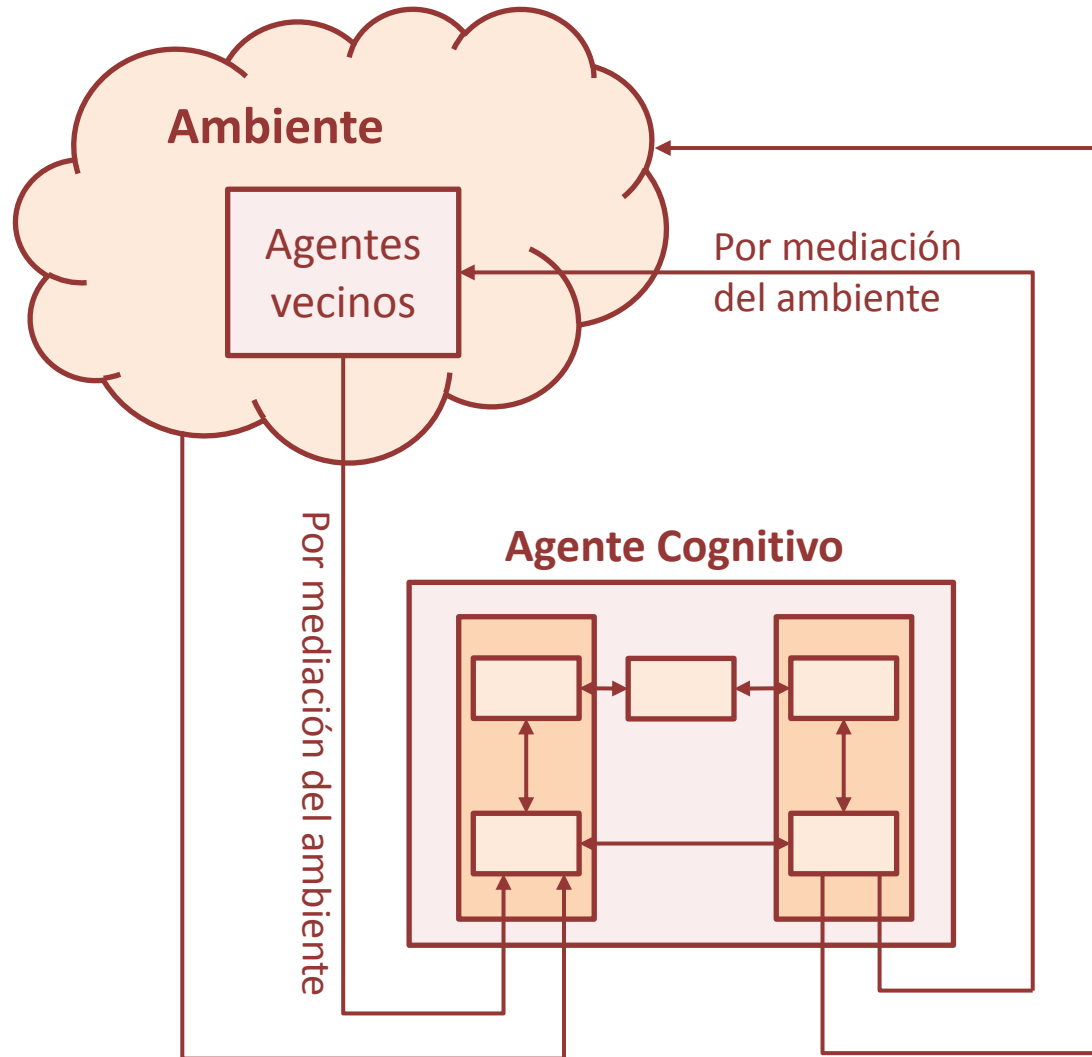
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



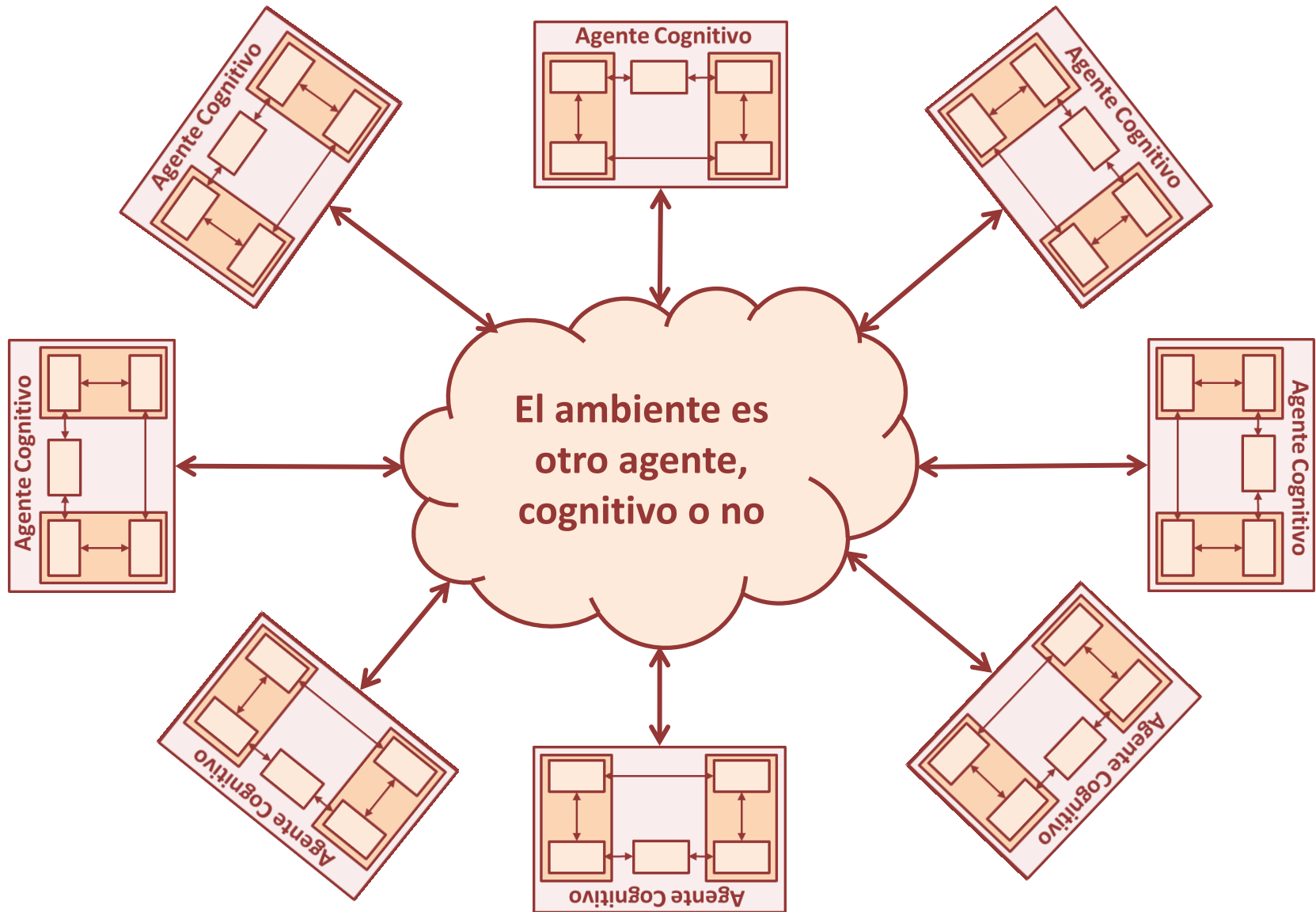
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



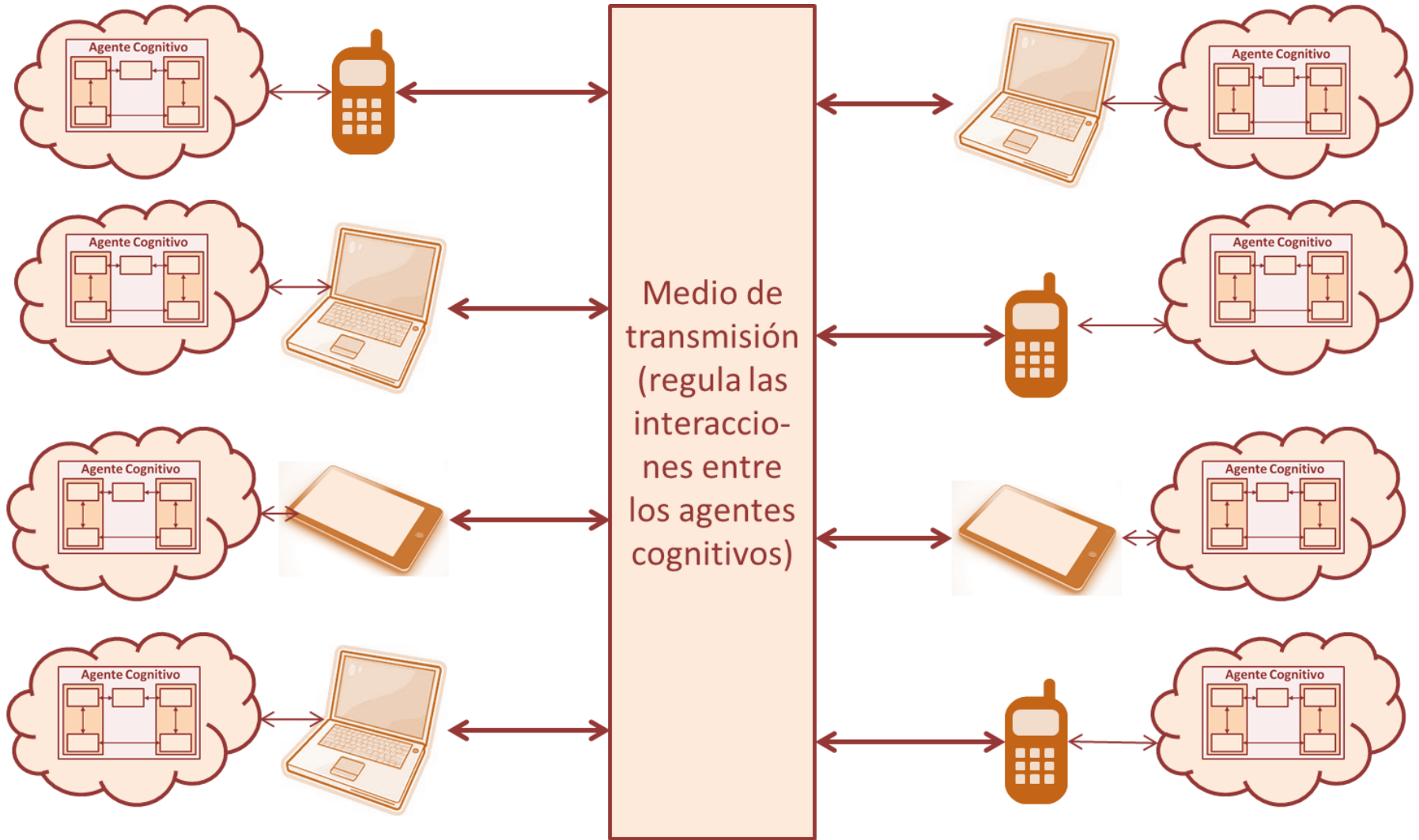
Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



Ingeniería de sistemas complejos – sistemas dinámicos cognitivos –



Redes inalámbricas ad hoc



Edgar Aguirre, "Sistemas Multigentes y redes MANET", tesis de maestría UD

Estimación del estado del ambiente

Modelo de Espacio de Estados

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k$$

\vec{x}_k : estado del sistema en el instante k

$\vec{\omega}_k$: Ruido en el instante k del proceso

Modelo de las mediciones

$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k$$

\vec{y}_k : Observación en el instante k

\vec{v}_k : Ruido en el instante k de la observación

$a(\vec{x}_{k-1}, k)$: Función no lineal que depende de la naturaleza física del sistema bajo estudio

$b(\vec{x}_{k-1}, k)$: Función no lineal que depende de la instrumentación utilizada

Estimación del estado del ambiente

Modelo de Espacio de Estados

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k$$

\vec{x}_k : estado del sistema en el instante k

$\vec{\omega}_k$: Ruido en el instante k del proceso

Modelo de las mediciones

$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k$$

\vec{y}_k : Observación en el instante k

\vec{v}_k : Ruido en el instante k de la observación

$a(\vec{x}_{k-1}, k)$: Función no lineal que depende de la naturaleza física del sistema bajo estudio

$b(\vec{x}_{k-1}, k)$: Función no lineal que depende de la instrumentación utilizada

El agente cognitivo dispone de una secuencia de observaciones $\vec{Y}_k = \{ \vec{y}_i \}_{i=1}^k$

$$\hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$

Estimación del estado del ambiente

El agente cognitivo dispone de una secuencia de observaciones $\vec{Y}_k = \{ \vec{y}_i \}_{i=1}^k$

$$\hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$

Filtro Bayesiano que minimiza la probabilidad de equivocarse

Estimación del estado del ambiente

El agente cognitivo dispone de una secuencia de observaciones $\vec{Y}_k = \{ \vec{y}_i \}_{i=1}^k$

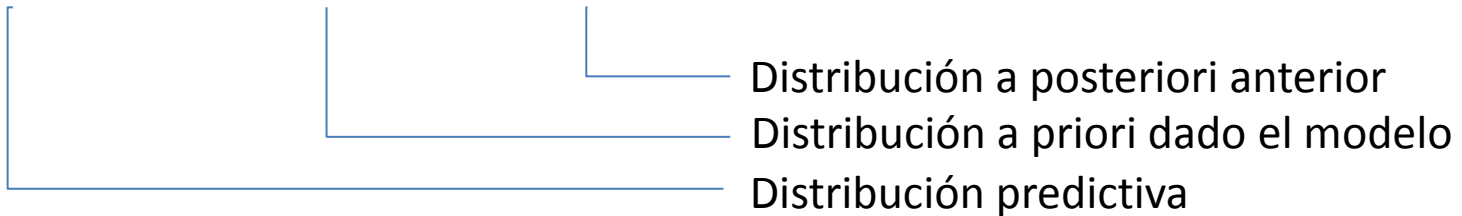
$$\hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$

Filtro Bayesiano que minimiza la probabilidad de equivocarse

Típicamente se usa una solución iterativa:

1. Predicción:

$$P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_{k-1} \right] = \int_{\mathbb{R}^n} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{x}_{k-1} \right] P \left[\vec{x}_{k-1} \mid \vec{Y}_{k-1} \right] d\vec{x}_{k-1}$$



Estimación del estado del ambiente

El agente cognitivo dispone de una secuencia de observaciones $\vec{Y}_k = \{ \vec{y}_i \}_{i=1}^k$

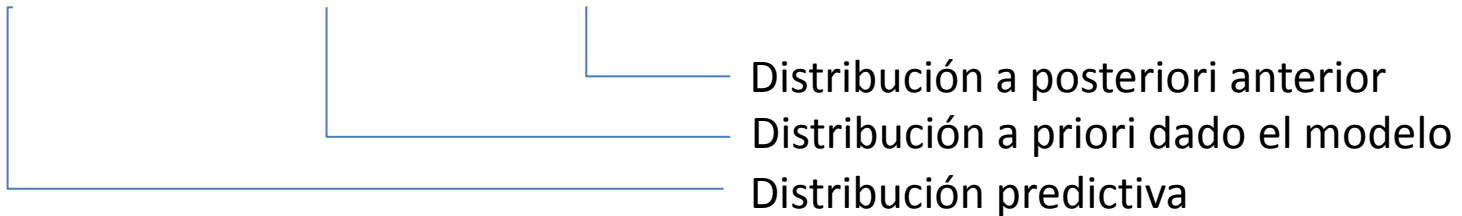
$$\hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$

Filtro Bayesiano que minimiza la probabilidad de equivocarse

Típicamente se usa una solución iterativa:

1. Predicción:

$$P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_{k-1} \right] = \int_{\mathbb{R}^n} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{x}_{k-1} \right] P \left[\vec{x}_{k-1} \mid \vec{Y}_{k-1} \right] d\vec{x}_{k-1}$$



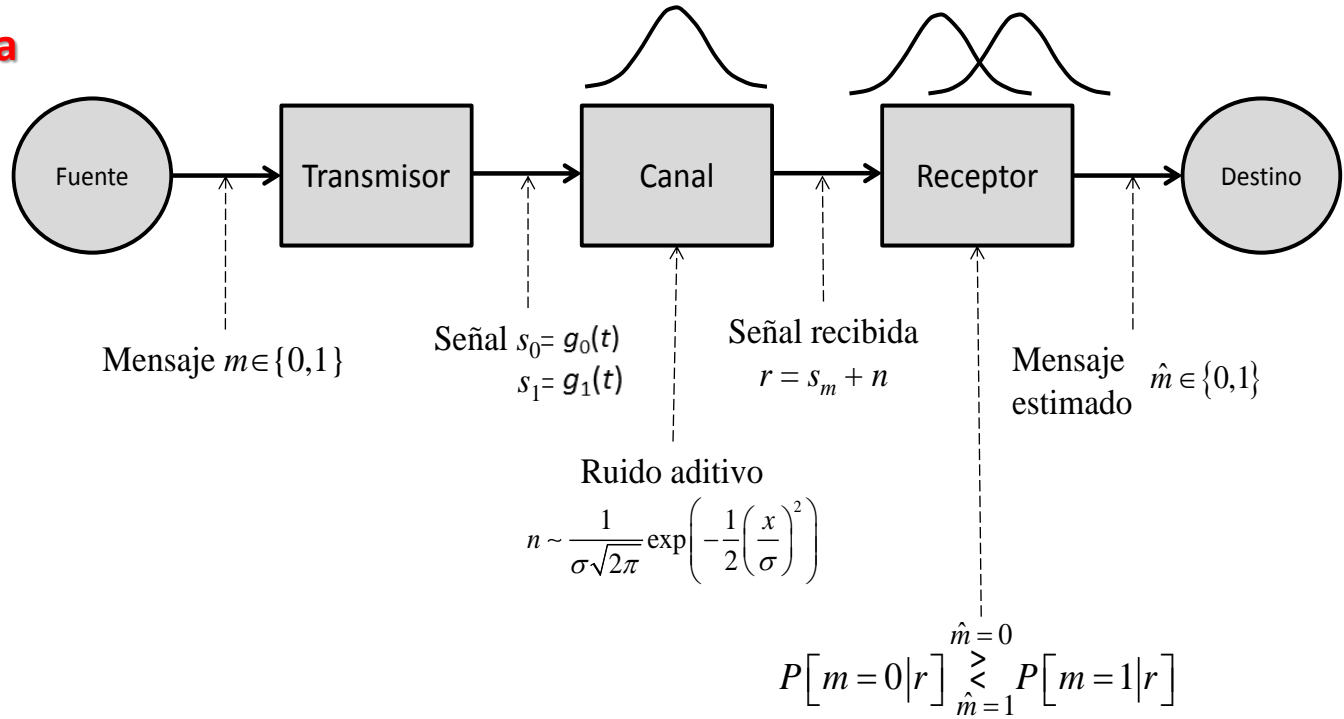
2. Actualización:

$$P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right] = \frac{P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_{k-1} \right] P \left[\vec{y}_k \mid \vec{x}_k \right]}{\int_{\mathbb{R}^n} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_{k-1} \right] P \left[\vec{y}_k \mid \vec{x}_k \right] d\vec{x}_k}$$

Likelihood (¿verosimilitud?)

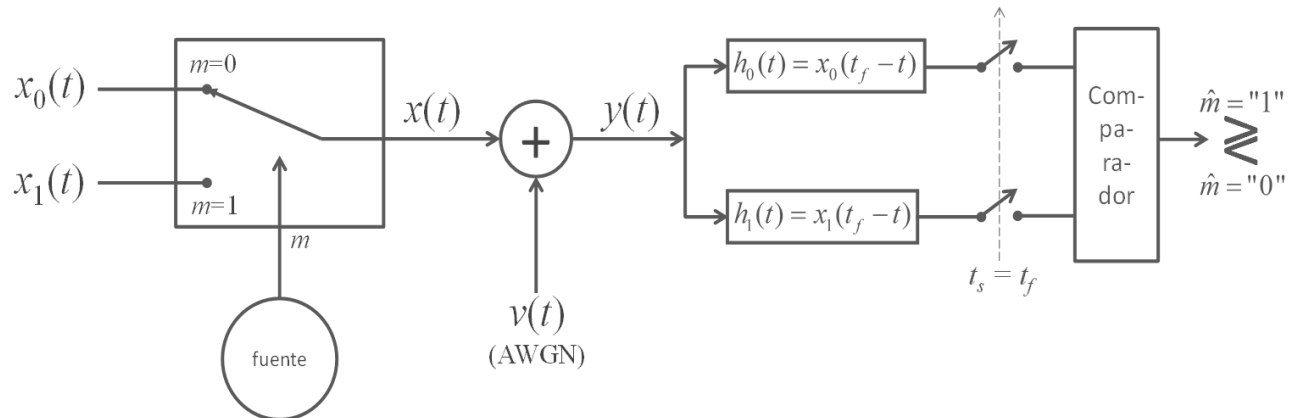
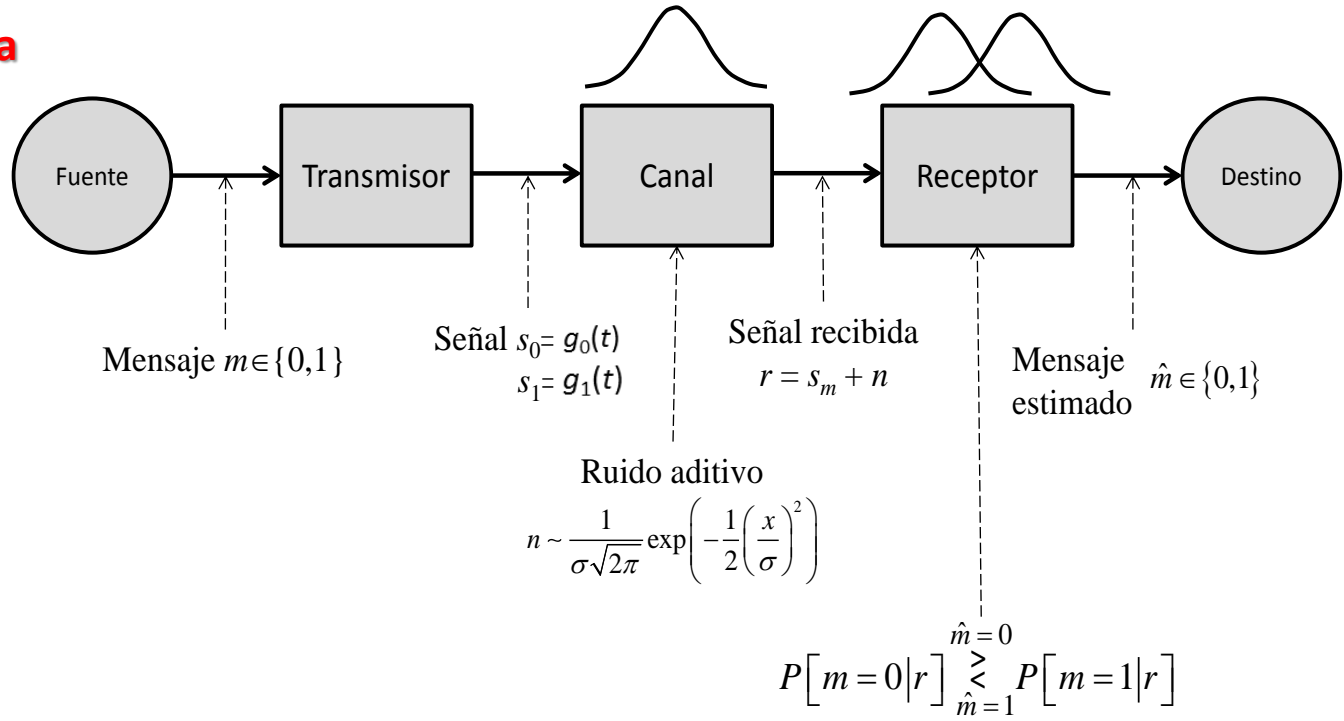
Estimación del estado del ambiente

Solución típica



Estimación del estado del ambiente

Solución típica



Estimación del estado del ambiente

Solución típica



$$amor_{hoy} = \arg \max_{a_{hoy}} P \left[a_{hoy} \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right]$$

Estimación del estado del ambiente

Solución típica



$$amor_{hoy} = \arg \max_{a_{hoy}} P \left[a_{hoy} \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right]$$

$$P \left[NoMeAma \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right] \begin{matrix} \text{"no"} \\ \geq \\ \text{"si"} \end{matrix} P \left[SíMeAma \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right]$$

Estimación del estado del ambiente

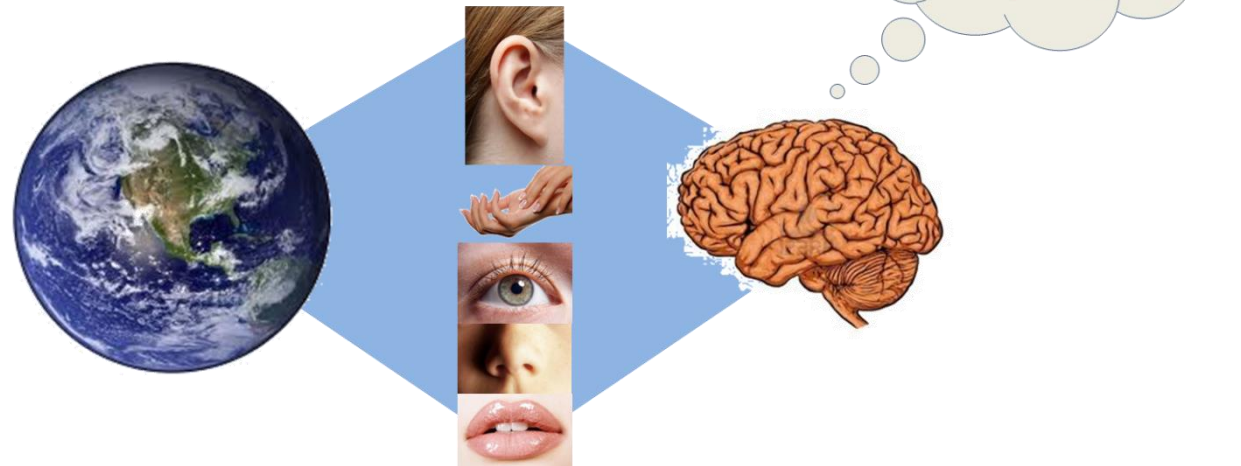
Solución típica



$$amor_{hoy} = \arg \max_{a_{hoy}} P \left[a_{hoy} \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right]$$

$$P \left[NoMeAma \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right] \begin{matrix} \text{“no”} \\ \gg \\ \text{“sí”} \end{matrix} P \left[SíMeAma \left| \left\{ actitud_i \right\}_{i=antier}^{hoy} \right. \right]$$

En general así nos comportamos los seres humanos, con modelos racionales o no (típicamente, no)



Estimación del estado del ambiente

$$\left. \begin{aligned} \vec{x}_k &= a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k \\ \vec{y}_k &= b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k \end{aligned} \right\} \hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$

Estimación del estado del ambiente

$$\left. \begin{aligned} \vec{x}_k &= a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k \\ \vec{y}_k &= b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k \end{aligned} \right\} \hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P \left[\vec{x}_k \mid \vec{Y}_k \right]$$



a y b lineales
 ω y v Gaussianos } Filtro Kalman

Estimación del estado del ambiente

$$\left. \begin{aligned} \vec{x}_k &= a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k \\ \vec{y}_k &= b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k \end{aligned} \right\} \hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P[\vec{x}_k | \vec{Y}_k]$$



a y b lineales
 ω y v Gaussianos } Filtro Kalman

Otro caso } Filtro Kalman no-lineal
Redes neuronales
Métodos basados en Kernel
Modelos gráficos probabilísticos
Expectation-Maximization
Etc.

Estimación del estado del ambiente

$$\left. \begin{aligned} \vec{x}_k &= a(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{\omega}_k \\ \vec{y}_k &= b(\vec{x}_{k-1}, k) + \vec{v}_k \end{aligned} \right\} \hat{\vec{x}}_k = \arg \max_{\vec{x}_k} P[\vec{x}_k | \vec{Y}_k]$$

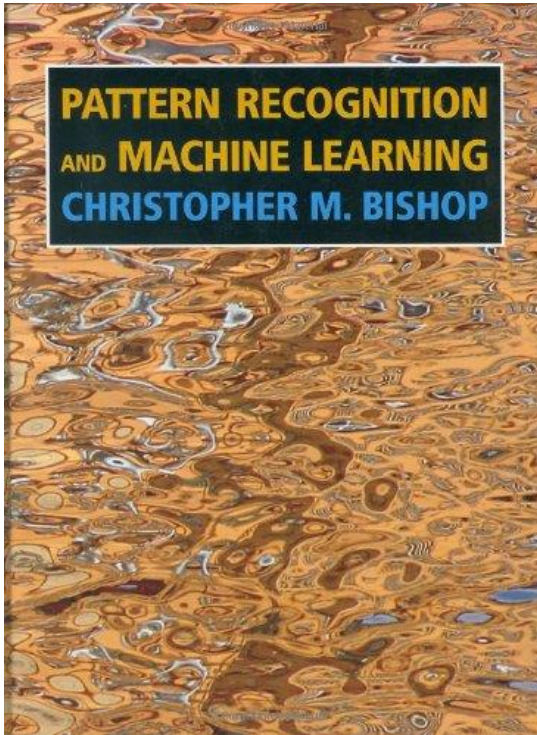


a y b lineales
 ω y v Gaussianos

Filtro Kalman

Otro caso

Filtro Kalman no-lineal
Redes neuronales
Métodos basados en Kernel
Modelos gráficos probabilísticos
Expectation-Maximization
Etc.



Acción sobre el ambiente

Si el **filtro bayesiano** es el fundamento teórico para la **percepción**
La **programación dinámica** es el fundamento teórico para la **acción**

Acción sobre el ambiente

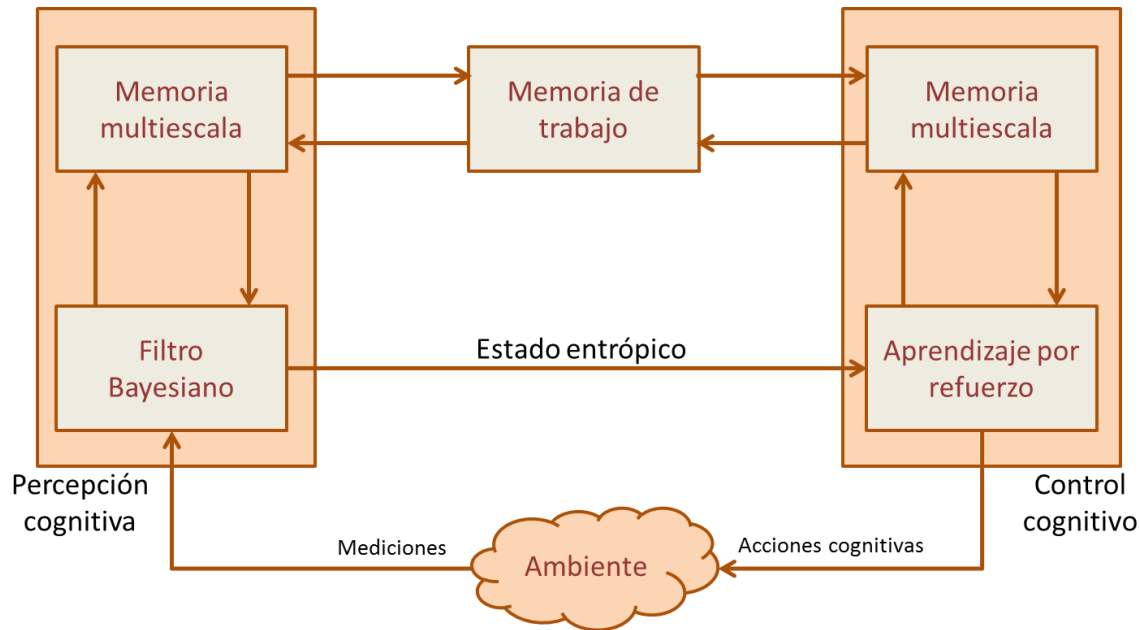
Si el **filtro bayesiano** es el fundamento teórico para la **percepción**
La **programación dinámica** es el fundamento teórico para la **acción**

Necesidad de **aprender a tomar decisiones** mejorando el desempeño a largo plazo, aún a costa de sacrificar el desempeño a corto plazo

Acción sobre el ambiente

Si el **filtro bayesiano** es el fundamento teórico para la **percepción**
La **programación dinámica** es el fundamento teórico para la **acción**

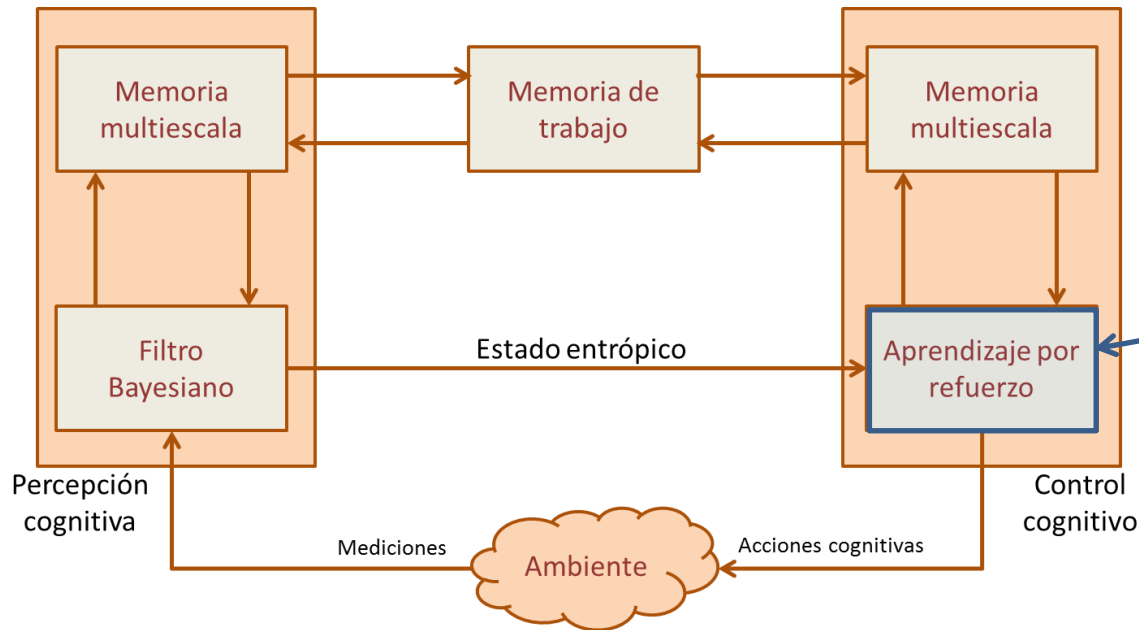
Necesidad de **aprender a tomar decisiones** mejorando el desempeño a largo plazo, aún a costa de sacrificar el desempeño a corto plazo



Acción sobre el ambiente

Si el **filtro bayesiano** es el fundamento teórico para la **percepción**
La **programación dinámica** es el fundamento teórico para la **acción**

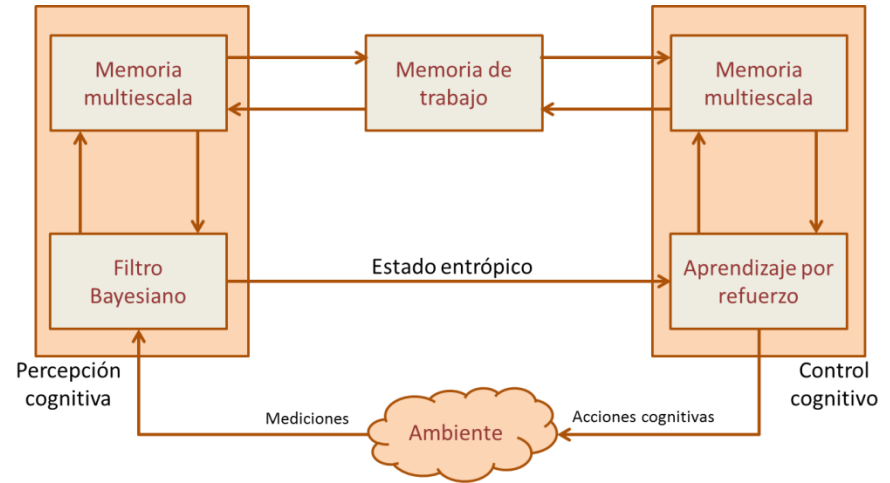
Necesidad de **aprender a tomar decisiones** mejorando el desempeño a largo plazo, aún a costa de sacrificar el desempeño a corto plazo



Acción sobre el ambiente

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{\omega}_k$$

$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{v}_k$$



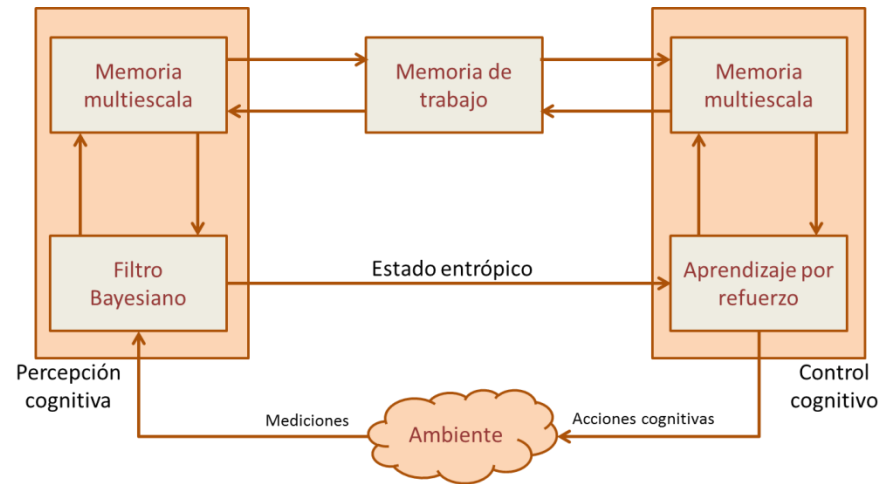
Acción sobre el ambiente

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{\omega}_k$$

$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{v}_k$$

Control óptimo

1. Programación dinámica, Ecuaciones de Bellman, Ruta más corta, Procesos de decisión de Markov
2. Ecuaciones Hamilton-Jacobi-Bellman
3. Principio Máximo de Pontryagins, métodos de gradiente descendiente
4. Relaciones con la mecánica clásica (mínima energía)
5. Regulador lineal-cuadrático, Ecuaciones de Riccati
6. Dualidad
7. Teoría de Juegos



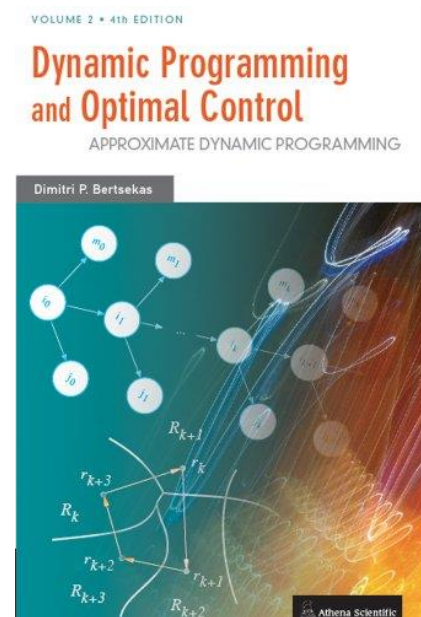
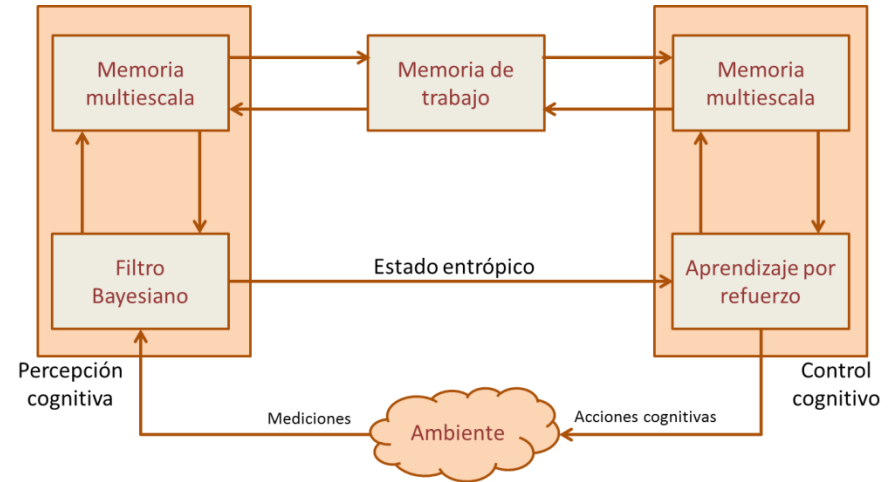
Acción sobre el ambiente

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{\omega}_k$$

$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{v}_k$$

Control óptimo

1. Programación dinámica, Ecuaciones de Bellman, Ruta más corta, Procesos de decisión de Markov
2. Ecuaciones Hamilton-Jacobi-Bellman
3. Principio Máximo de Pontryagins, métodos de gradiente descendiente
4. Relaciones con la mecánica clásica (mínima energía)
5. Regulador lineal-cuadrático, Ecuaciones de Riccati
6. Dualidad
7. Teoría de Juegos



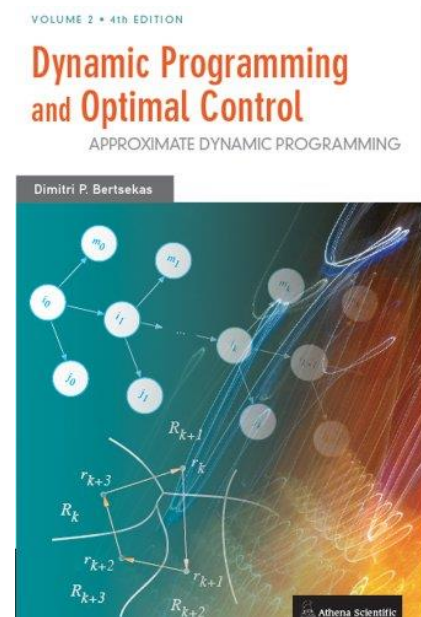
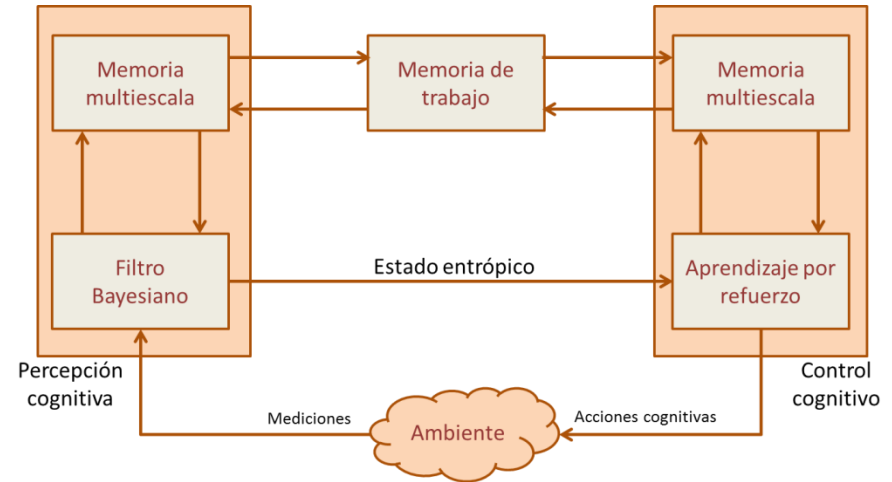
Acción sobre el ambiente

$$\vec{x}_k = a(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{\omega}_k$$

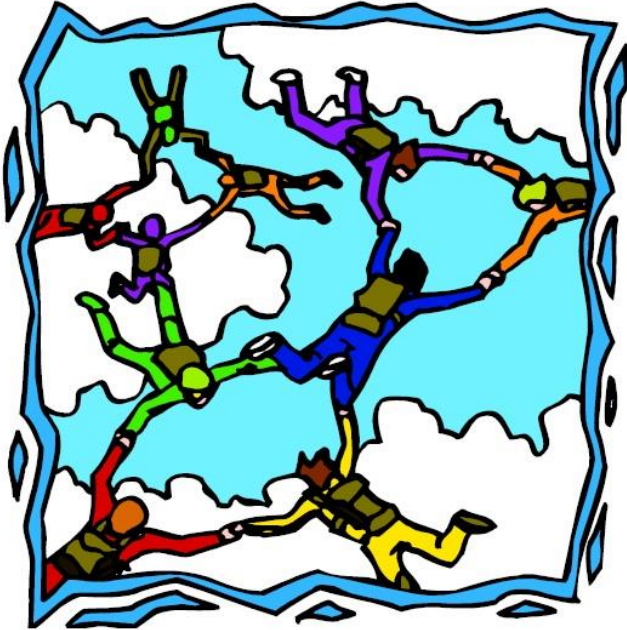
$$\vec{y}_k = b(\vec{x}_{k-1}, \vec{u}_k, k) + \vec{v}_k$$

Control óptimo

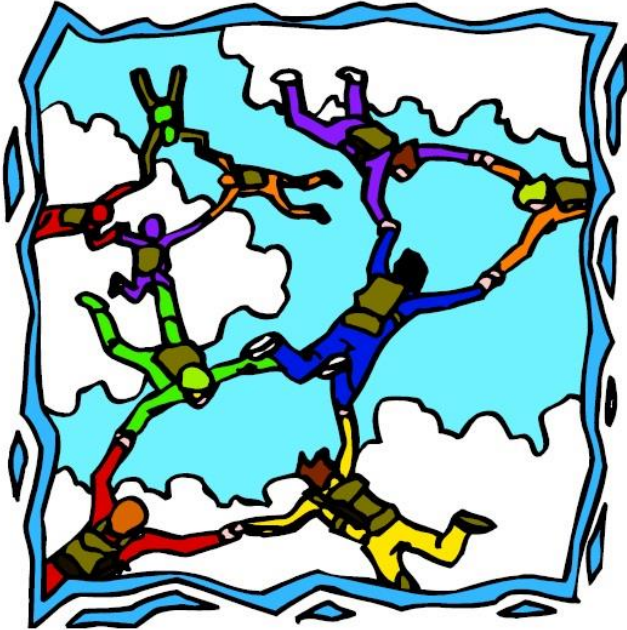
1. Programación dinámica, Ecuaciones de Bellman, Ruta más corta, Procesos de decisión de Markov
2. Ecuaciones Hamilton-Jacobi-Bellman
3. Principio Máximo de Pontryagins, métodos de gradiente descendiente
4. Relaciones con la mecánica clásica (mínima energía)
5. Regulador lineal-cuadrático, Ecuaciones de Riccati
6. Dualidad
7. Teoría de Juegos



OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



Serie de Complejidad de Springer-Verlag
(www.springer.com/complexity)

- “Los sistemas complejos están compuestos por muchos agentes que interactúan entre ellos, con la capacidad de generar comportamientos colectivos macroscópicos que se manifiestan en la formación espontánea de estructuras temporales, espaciales o funcionales. Modelos de tales sistemas se pueden aplicar exitosamente en diversas situaciones de la realidad como el clima, la emisión láser coherente, sistemas de reacción-difusión químicas, redes celulares biológicas, dinámicas del mercado de valores, redes de comunicaciones, movimientos tectónicos, tráfico urbano e interurbano, el cerebro humano, formación de opinión en sistemas sociales, etc. En todas ellas se puede distinguir auto-organización, dinámicas no-lineales, sinergismo, emergencia...”

OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



Agentes cognitivos

OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?

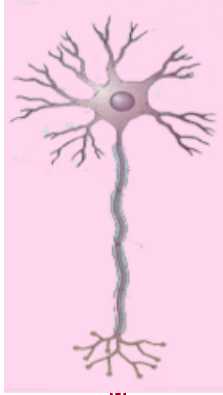


Agentes cognitivos



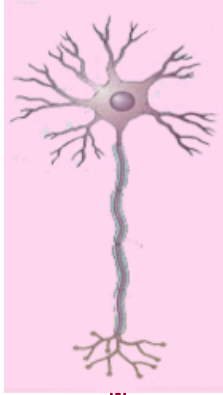
Comportamiento emergente auto-organizado

OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



Agentes cognitivos

OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



Agentes cognitivos

Comportamiento emergente auto-organizado

OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



Agentes cognitivos

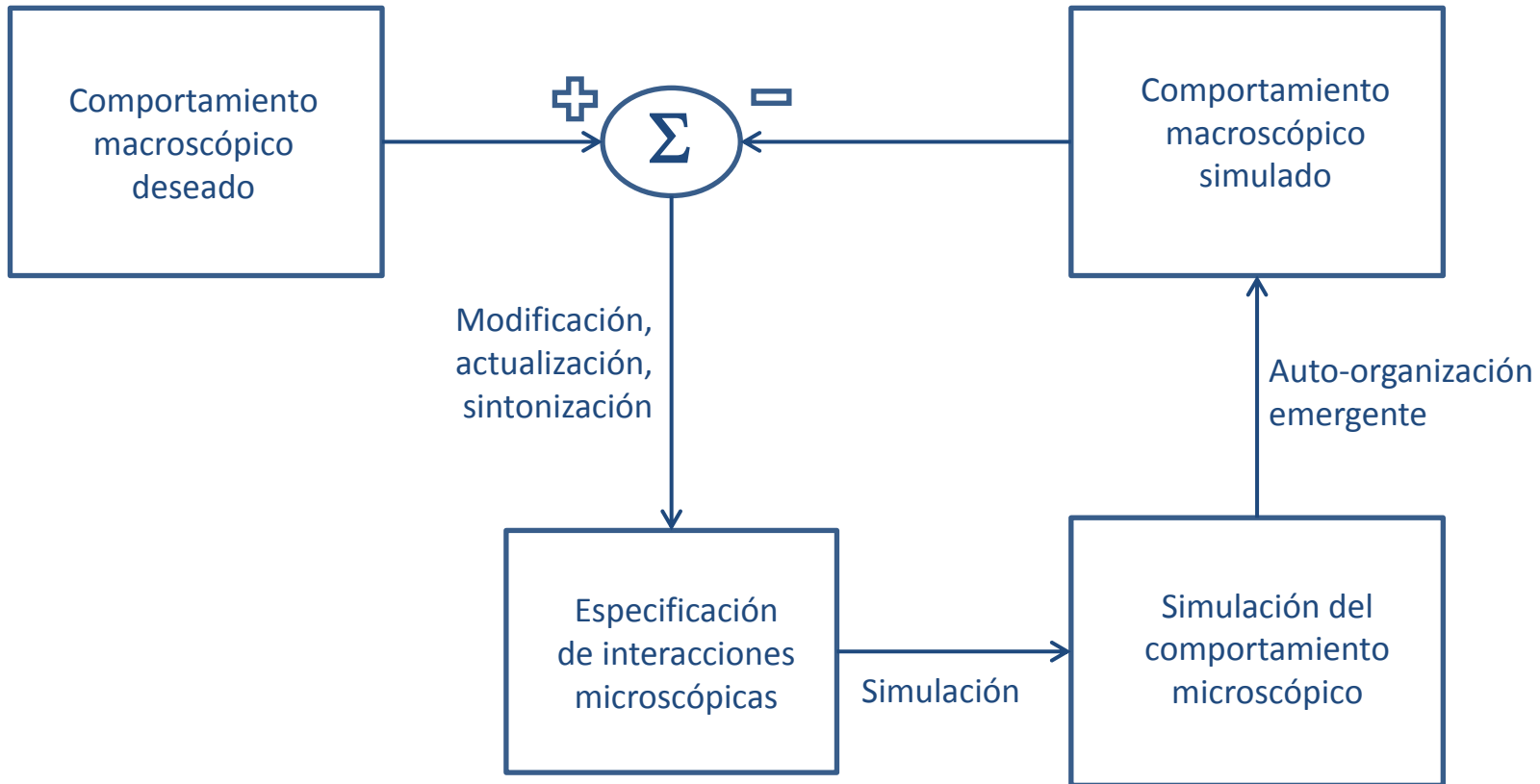
OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



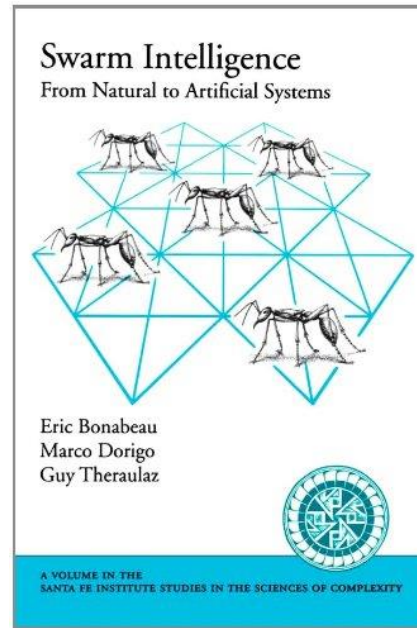
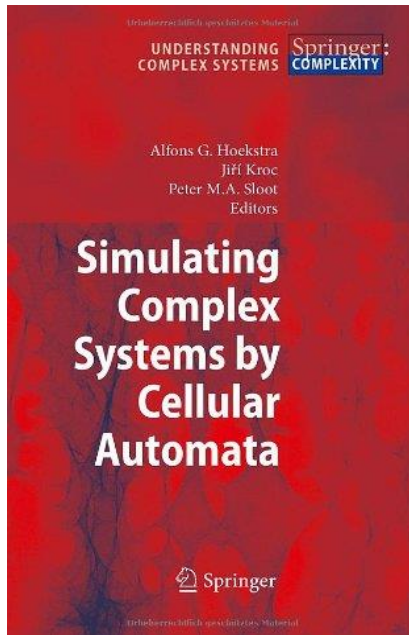
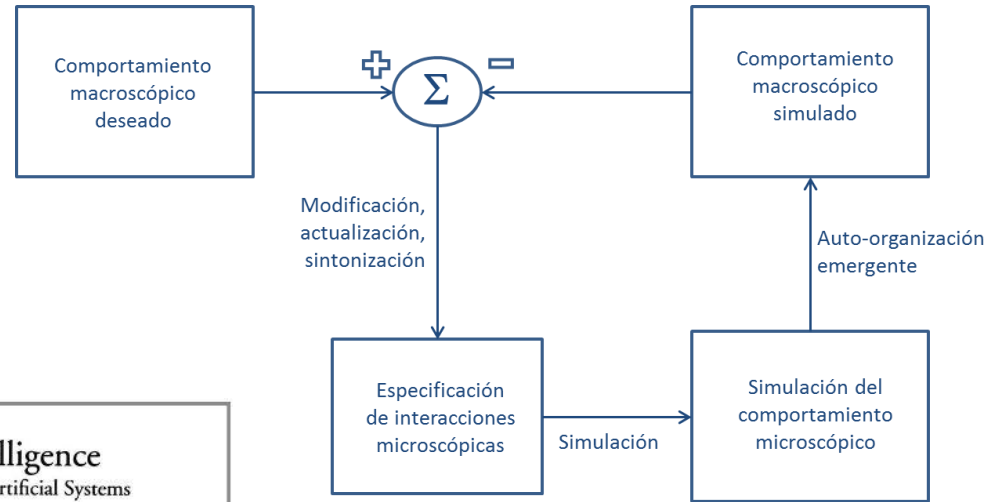
Agentes cognitivos

Comportamiento emergente auto-organizado

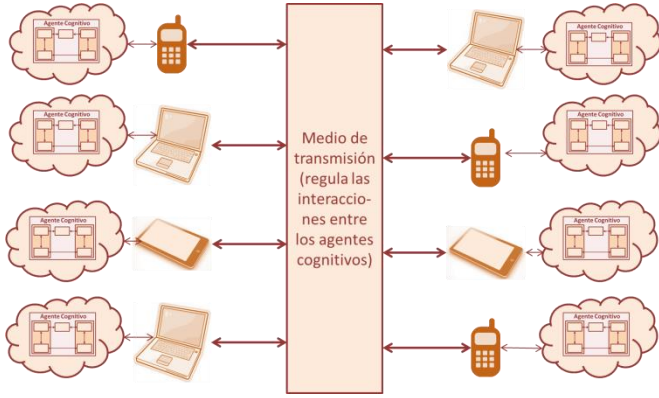
OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?



OK. Diseñado el agente cognitivo ¿Y el sistema entero?

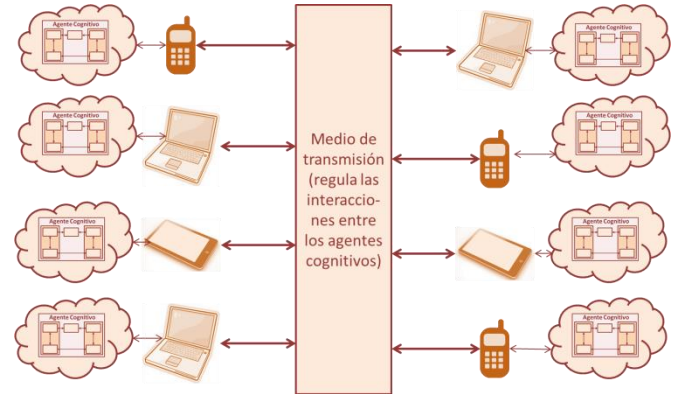


Experiencia personal con redes inalámbricas ad hoc

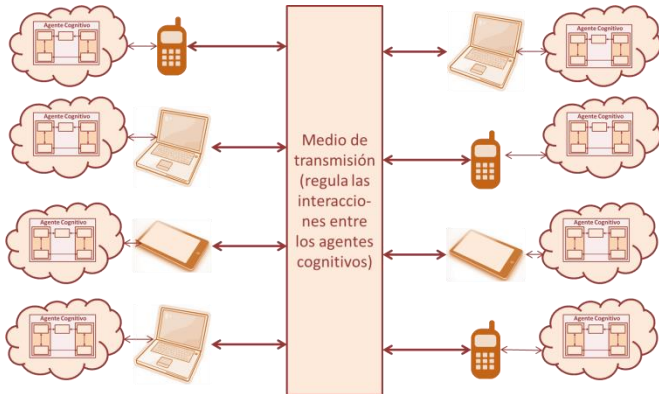


Mejia, Peña, Alzate, Muñoz, Esparza
 "Distributed Emergent Cooperation through Adaptive Evolution in Mobile Ad Hoc Networks", Elsevier Journal on Ad Hoc Networks, 2012

Alzate, Puerta, Aguirre "Effects of Topology and Mobility in Bio-Inspired Synchronization of Mobile Ad Hoc Networks", IEEE Latincom, 2010



Alzate, Mejia, Peña, Labrador
 "Achievable Transmission Rate in an IEEE 802.11 MANET" Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia, 2012

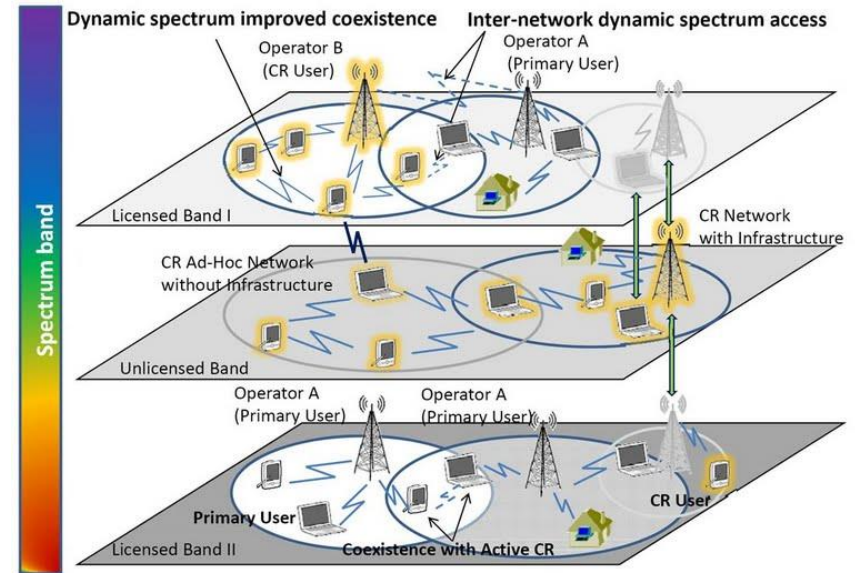


¡Gracias!

Sistema Dinámico Cognitivo

Algunas aplicaciones:

- Radio cognitiva
- Radar cognitivo
- Software cognitivo
- Control cognitivo
- Optimización cognitiva
- ...
- ...



Sistema Dinámico Cognitivo

Algunas aplicaciones:

- Radio cognitiva
- Radar cognitivo
- Software cognitivo
- Control cognitivo
- Optimización cognitiva
- ...
- ...
- control de tráfico urbano cognitivo
- Prevención, detección y cura cognitiva de cáncer
- Seguridad alimentaria cognitiva
- Participación democrática cognitiva
- Sistemas cognitivos de salud pública
- Sistemas cognitivos de manejo de basuras
- Sistemas cognitivos de protección ambiental
- ...

