

Inteligencia artificial en el contexto de Smart Grid

Jose Aguilar

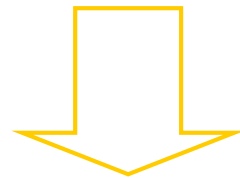
Octubre 2021

Contenido

- **Introducción a la IA**
- **Ciudades inteligentes e IA**
- **Smart Grid**
- **IA y Smart Grid**
- **Futuros retos**

“En los últimos 10 años se han producido más conocimientos que en los 10.000 años anteriores”.

Bill Gates, 2009



**Estamos desde hace rato en la
Civilización del Conocimiento**

Tiempo para llegar a las 100 millones de personas

- Teléfono 75 años
- Teléfonos Móviles 16 años
- Web (Internet) 7 años
- Facebook 4 años
- WhatsApp 3,5 años
- Instagram 2 años
- Pokemon Go 1 Mes (2016)



90%
de adultos de 18 a
29 años usan las
redes sociales

2
Horas al día

Al menos con 2
cuentas de redes
sociales

Los datos almacenados crecen
**4X MÁS RÁPIDO QUE LA
ECONOMÍA MUNDIAL**



Se estima que cada día
estamos creando
**2,500,000,000,000,000
(2.5 QUINTILLION) BYTOS DE
DATOS**



Llena 10 millones de discos Blu-ray, que si se apilan, mediría la altura de 4 torres Eiffel, una encima de la otra



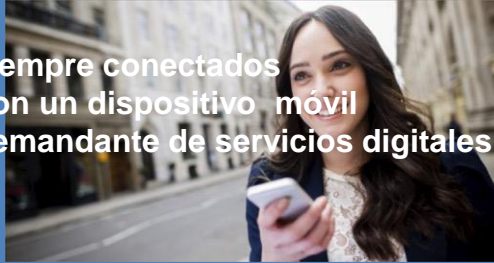
La creciente cantidad de datos permite enfoques basados en ellos

Generadores de datos



Las personas

- Siempre conectados
- Con un dispositivo móvil
- Demandante de servicios digitales



La ultrainteligencia

- La personalización de las Cosas
- El acceso a servicios “inteligentes”
- El empoderamiento de los usuarios
- La desintermediación



Nuevas tecnologías facilitadoras

- Cloud Computing
- Movilidad y dispositivos inteligentes
- Big Data Analytics
- IoT
- Ciberseguridad
- IA
- Compt Cuántica, etc.



Nuevos modelos de negocio



¿Qué introduce IoT?

IoT permite que **los objetos se detecten y controlen de forma remota** a través de la infraestructura de red existente,

Crea oportunidades para una **integración más directa entre el mundo físico y los sistemas basados en computadoras**



¿Qué promete IoT?



"Las cosas", en el sentido de la IoT, pueden referirse a una amplia variedad de dispositivos:

- **Implantes de monitoreo cardíaco,**
- Transpondedores de **biochip en animales** de granja, **almejas eléctricas** en aguas costeras,
- **Automóviles** con sensores incorporados,
- **Dispositivos de análisis de ADN** para el Monitoreo en el medio ambiente/alimentos/patógenos,
- **Dispositivos de operación de campo** que ayudan a los bomberos en las operaciones de búsqueda y rescate.

Estos dispositivos **recopilan datos** útiles con la ayuda de varias tecnologías, y luego procesan y hacen que los datos fluyan de **forma autónoma** entre otros dispositivos

Internet de las Cosas

Objetos inteligentes:

Capacidad de las cosas
para aprender, razonar e
interactuar



B) Buscador
recetas

nevera inteligente

- Un usuario llega a la oficina y de **forma automática** unos **dispositivos electrónicos** adaptan la luz y la temperatura de la sala.
- El computador **se conecta y activa los programas más utilizados** habitualmente.

Todo el entorno físico está
**personalizado y se
adapta** a las necesidades
de la persona



Las Tecnologías de Información, Comunicación y Automatización (TICAs) se están terminando de imponer.

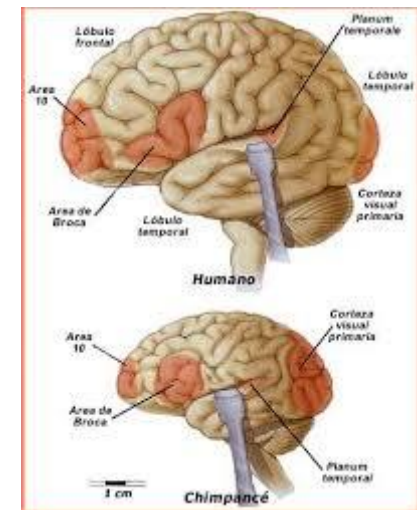
Es el conjunto de sistemas que hacen posible la adecuación de un ambiente (salón de clases, museos, casas, etc.)

- Integra todos los dispositivos con capacidad inteligente y autónoma, en la dinámica de aprendizaje
- Dispositivos y software se auto-organizan.



*Mas del 98% de nuestro **genoma** es idéntico al chimpancé, pese a que nuestra **línea evolutiva se separo** hace unos 6 millones de años*

El cerebro humano es 3 veces mas grande, con una **red neuronal mas densa e interconectada**, con más de **80 millones de neuronas** que funcionan de manera **conexionista distribuida**, siendo la **base de la inteligencia**



Según el diccionario de la **Real Academia Española**:

1. Capacidad para comprender o comprender.
 2. Capacidad para resolver problemas.
 3. Conocimiento, comprensión, acto de comprensión.
 4. Sentido en el que puede tomarse una proposición, un dicho o una expresión.
 5. Habilidad, destreza y experiencia
-

*Inteligencia: capacidad de **adquirir y usar** conocimiento*

¿Cómo el cerebro percibe, entiende, predice y manipula?

⇒ Razonar, Aprender, Comunicarse y Actuar

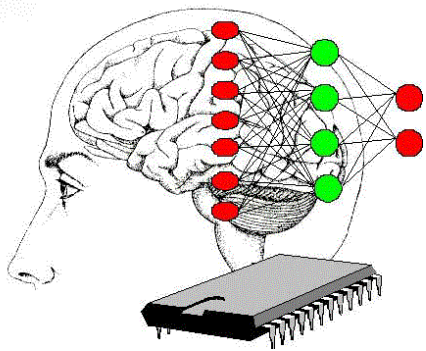
Abarca la **ciencia e ingeniería** dedicada a **diseñar y programar computadores** que ejecutan **tareas que requieren inteligencia** si la hicieran los seres humanos

Es interdisciplinaria: neurociencias, lógica matemática, psicología, teoría de la información, ciencias de la computación, entre otras.

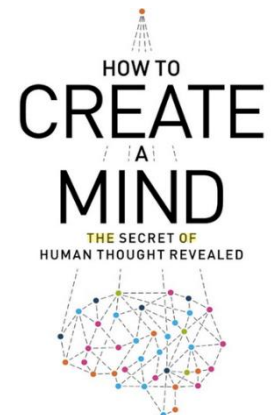
Conocimiento: capacidad de los humanos de *comprender* la naturaleza, cualidades y relaciones de *las cosas* a través de la *razón*.

Hacer programas que

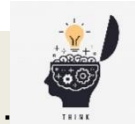
- Representen el conocimiento y lo usen para razonar
- Se planteen problemas y busquen soluciones
- Aprendan individual y colectivamente,
- Se comuniquen y perciban como los humanos (PLN, visión artificial, etc.)



Para ello, eventualmente emular el comportamiento de sistemas biológicos, sistemas de insecto, etc.



Razonamiento:



Resolución de problemas mediante inferencia: deductiva, abductiva o inductiva

Aprendizaje Automático:

técnicas que permitan que las computadoras *aprendan* a partir de los datos o experiencia.



Procesamiento del lenguaje natural:

procesar información expresada en lenguaje humano,



Visión Artificial:



Comprender y analizar imágenes y videos

Planificación:

Generar secuencias de acciones para alcanzar un objetivo



Búsqueda:

Resolución de problemas mediante el recorrido de un espacio de posibles soluciones.



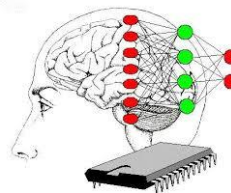
Procesamiento del Habla:

Procesar y analizar las señales acústica que se generan al hablar.



Redes Neuronales Artificiales:

emulan el comportamiento del cerebro humano (muchos modelos matemáticos existen).



Sistemas Expertos:

describen el conocimiento de expertos humanos en un dominio, que luego es usado para resolver problemas complejos.



Inteligencia Artificial

Teoría de agentes

Sistemas multiagentes (Inteligencia Artificial Distribuidas)

Técnicas Inteligentes clásicas (computación inteligente)

Redes neuronales artificiales

Lógica difusa

Computación Evolutiva

Técnicas Inteligentes distribuidas

Algoritmos inspirados en colonias de insectos: PSO, ACO, etc.

Algoritmos inspirados en fenómenos físicos: Flujo de Agua, de gas, TS, etc.

Algoritmos inspirados en sistemas biológicos: Sistema Inmune Artificial, etc.

Técnicas inteligentes avanzadas autónomas:

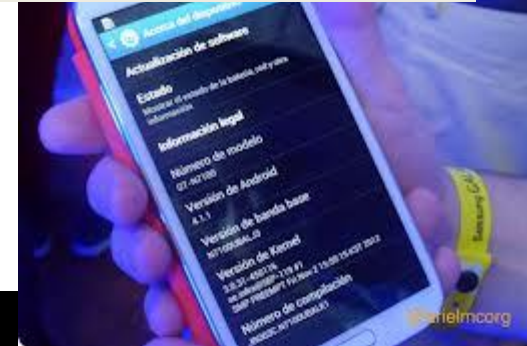
Sistemas emergentes y auto-organizados (Inteligencia colectica)

Computación autonómica

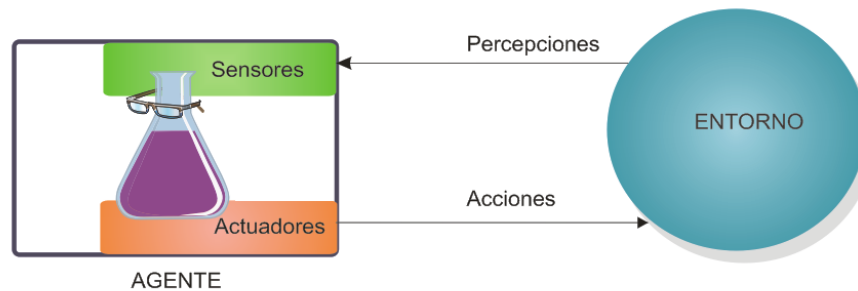
Es inimaginable

**En esta década,
prácticamente
todo software tendrá algo
de IA**

Planificación



Es un sistema (quizas computacional) que está situado en un entorno, que es capaz de realizar acciones autónomas flexibles en ese entorno para alcanzar sus objetivos



Caracterizado por:

- SU ESTRUCTURA (ARQUITECTURA)
- SUS ACCIONES (COMPORTAMIENTO)

Arquitectura+programa

resolver un problema

planificar sus actividades/tareas

Representar y usar el conocimiento

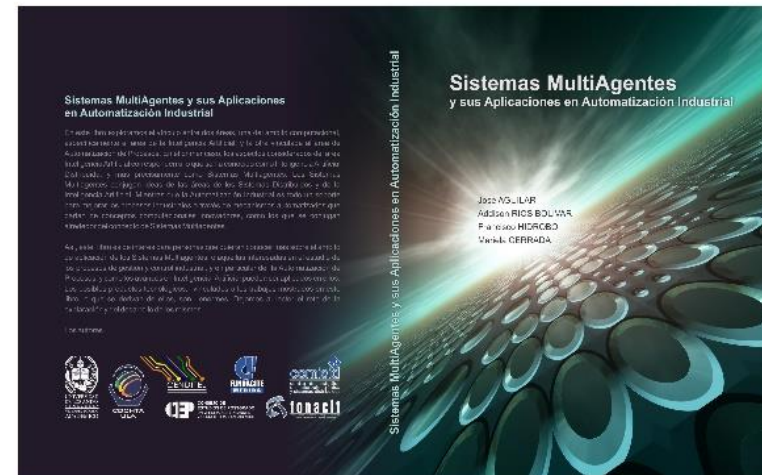
razonar

aprender

percibir

comunicarse

Mecanismos para/de



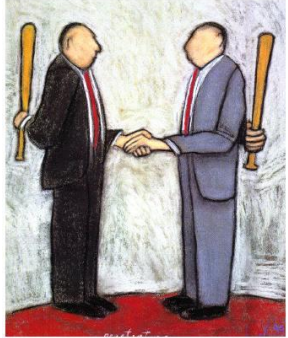


Robots Sociales



Vehículo Autónomo





Es un sistema informático formado por un **grupo de agentes que interactúan** entre sí utilizando protocolos y lenguajes de comunicación de alto nivel, para **resolver problemas** que pueden estar más allá de las capacidades o del conocimiento de cada uno.

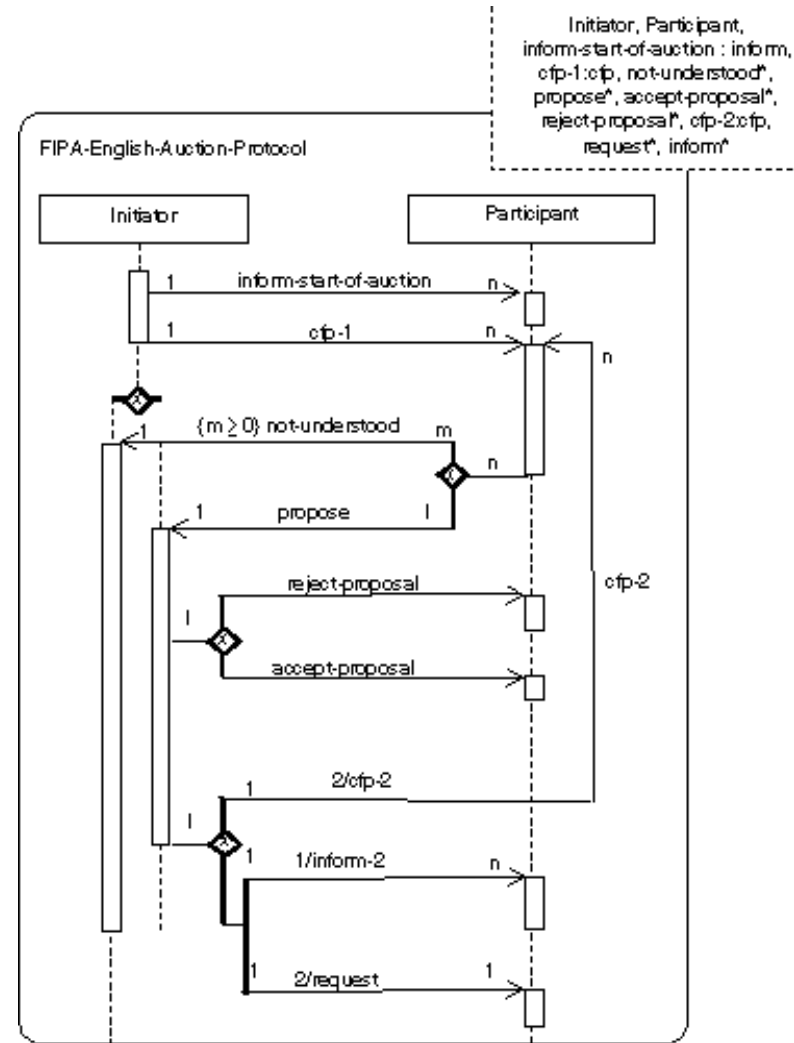
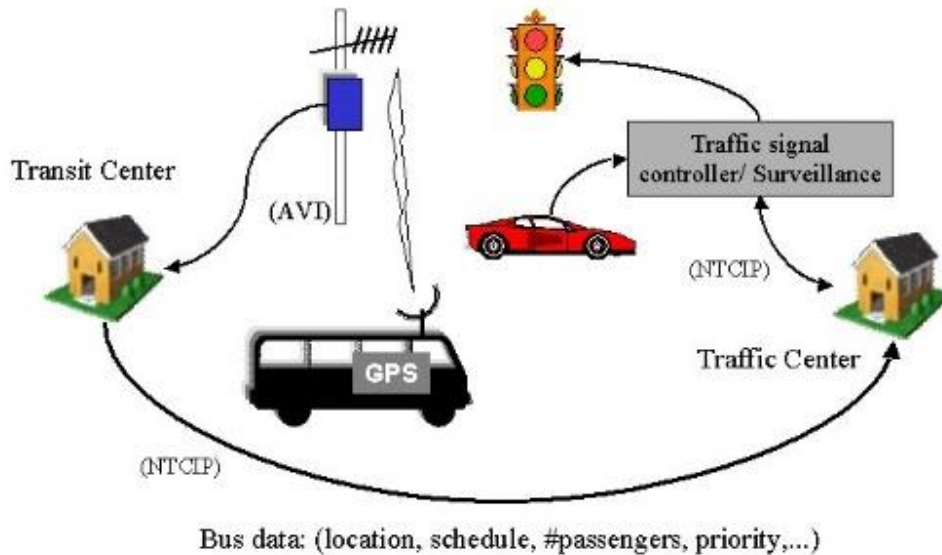
Enjambre de Robots



Vehículos Autónomos



Interacción de Todos



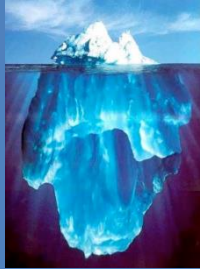
Los datos son el nuevo petróleo de la economía



Es la ciencia que examina datos en bruto con el propósito de buscar conocimiento, sacar conclusiones, generar información, entre otras cosas.

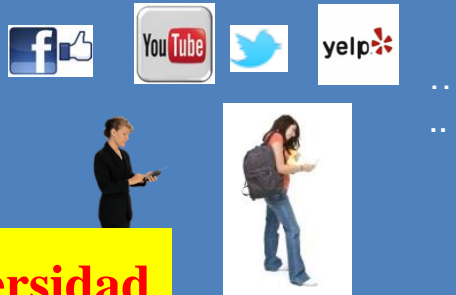
El alto grado de datificación incrustado en la sociedad exige nuevas herramientas y mecanismos para la manipulación y la representación de los datos que facilitan la extracción de conocimiento significativo para las organizaciones.

Todo está pasando en línea



Cada uno:
Hace clic
Ve anuncio
Factura un evento
Navega...
Solicita servicio
Realiza Transacción
Mensaje de error de re
...

Generado por el usuario (Web y móvil)

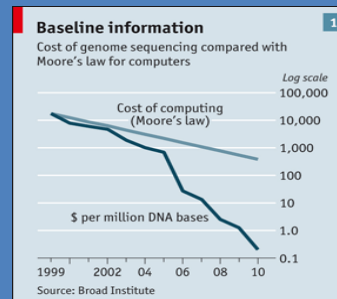


**Una gran diversidad
de fuentes de datos**

IoT



Computación Científica



Una gran diversidad de tipos de datos:

- Datos de texto (Web), Datos Semi-estructurados (XML),
- Grafos: Redes sociales,
- Datos semánticos (RDF),
- Flujos de datos (películas, mensajes)
- Series temporales
- ...

Los datos pueden "hablar"

El análisis de datos contiene aspectos

Pero,
**¿Cómo automatizar
ese proceso?**

Compara
Contrasta



Minería de Datos



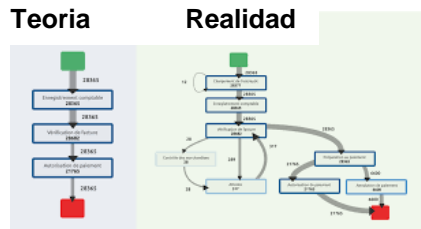
<http://bit.do/fSivY>

Minería Semántica

Ontológica
De la web
De datos semánticos
Del texto

Minería de Cualquier Cosa:
es la electricidad actual de la economía

Minería de Procesos



Minería de Grafos

Modelos de Conocimiento



Y muchos más



Algunos Sistemas en una ciudad

Sistemas de infraestructuras (de salud, de educación, etc.).



Habitantes

Sistema energético



Sistema de transporte

Sistema productivo

Sistemas de Gobierno



Sistemas de comunicación

Sistema de aguas

Ciudades vistas a través de estos sistemas, poseen los mismos elementos cruciales de los organismos vivos !!

No se puede predecir el futuro de las ciudades, hay demasiadas incertidumbres (políticas, económicas, etc.), muchas contingencias aleatorias (fenómenos naturales, etc.),



Pero se pueden sugerir *futuros posibles* y cómo alcanzarlos, se pueden analizar dichos futuros deseables y alcanzables, y establecer formas de construirlos.

Una ciudad inteligente se debe mover en dos escenarios: presente y futuro

Desde el punto de vista informático, una ciudad o conglomerado urbano es una concentración de entes (personas físicas y morales –familia, negocios, empresas, escuelas, instituciones...) que



Producen

Consumen

Procesan

Almacenan

información



<http://bit.do/fSivY>

¿Qué implica realmente que una ciudad sea “smart”?

Una ciudad inteligente integra en la estructura urbana las TICAs, y particularmente la IA, para mejorar la calidad de vida, y ponerse al **servicio del ciudadano**

Ciudad Inteligente

- Se **alimenta de datos** que convierte en conocimiento y sabiduría.
- Requiere de **modelos democratizadores** de acceso a las tecnologías inteligentes.



Agentes en una Ciudad Inteligente



Sistema



Sistema

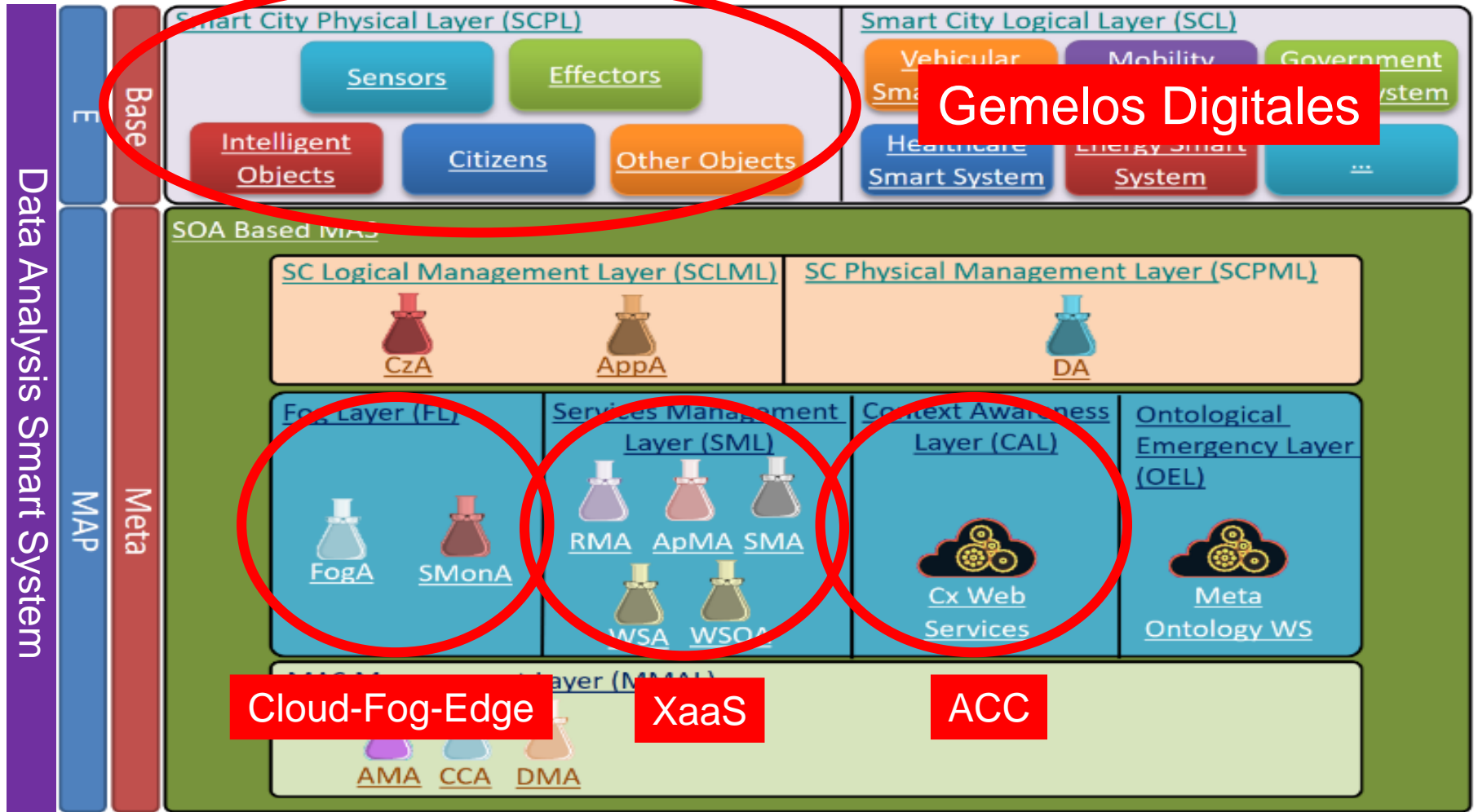
Análisis de Datos para saber

¿Cómo vamos? (pasado)

¿Por qué? (presente)

¿Qué deberíamos estar haciendo? (futuro)

Autonomic Reflective Middleware for Smart Cities



**Sub-sistema
Académico**



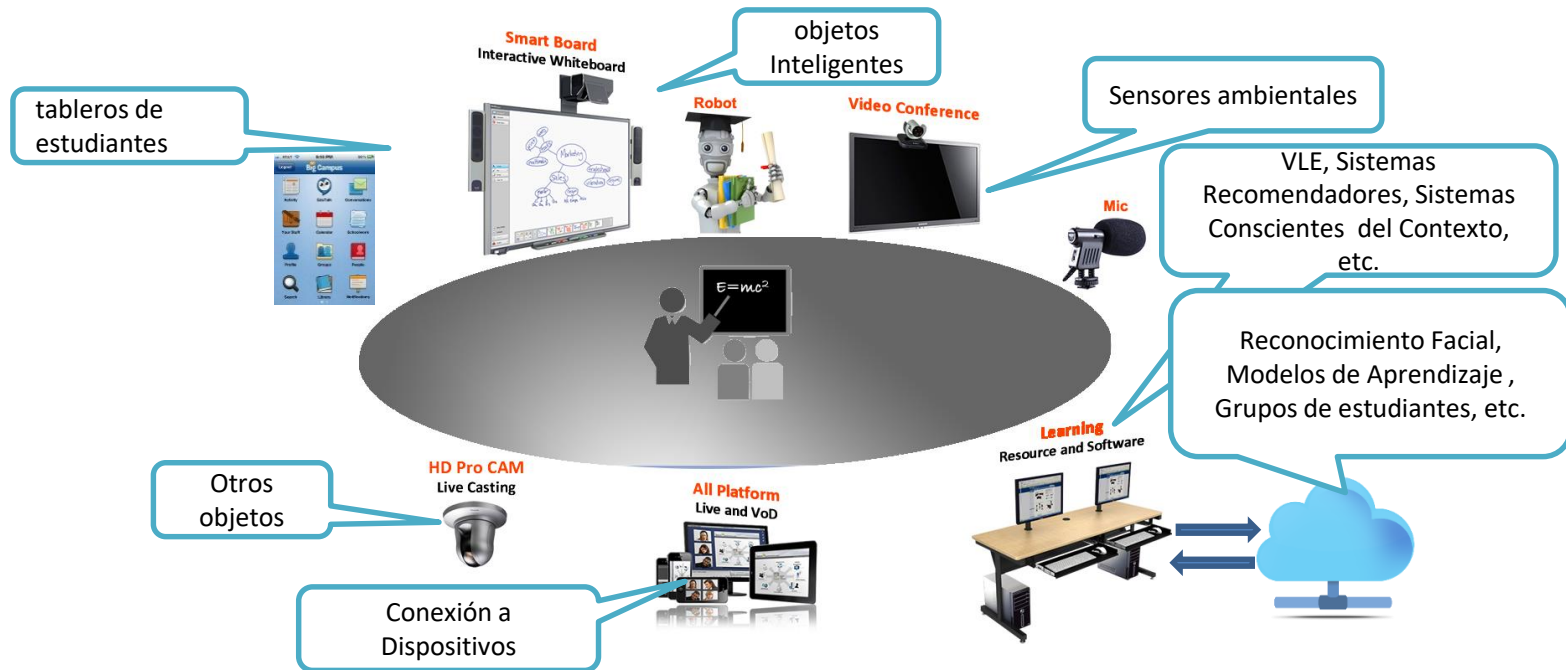
**Sub-sistema
Científico**

**Sub-sistema de
Aprendizaje**

**Sub-sistema
Institucional**

...

Salón de Clases Inteligente (SaCI)



Un sistema multi-agentes

ACOLATs

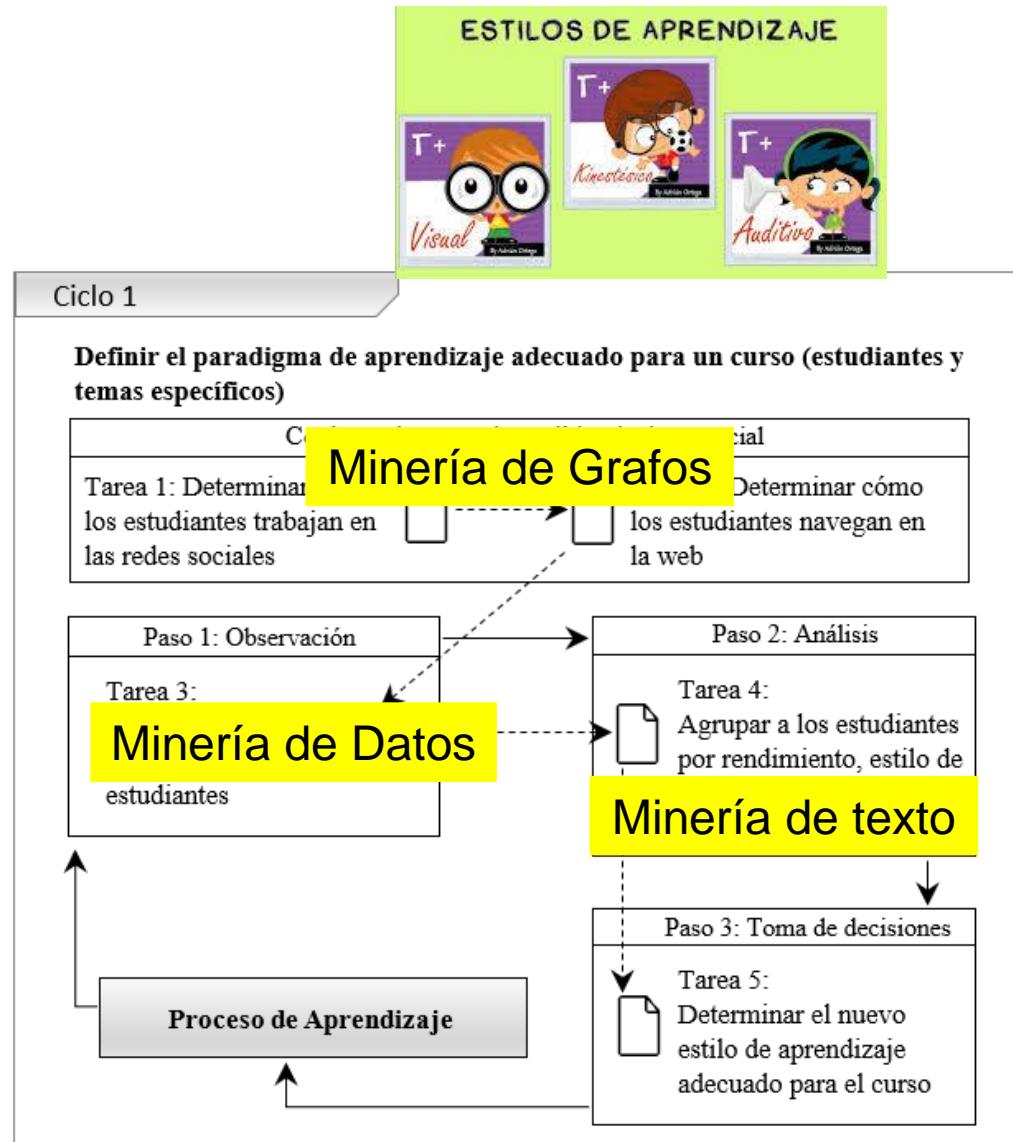
Ciclo 1: Determinar el **paradigma de aprendizaje** adecuado para un curso

Ciclo 2: Determinar los **recursos educativos ideales** para un estudiante.

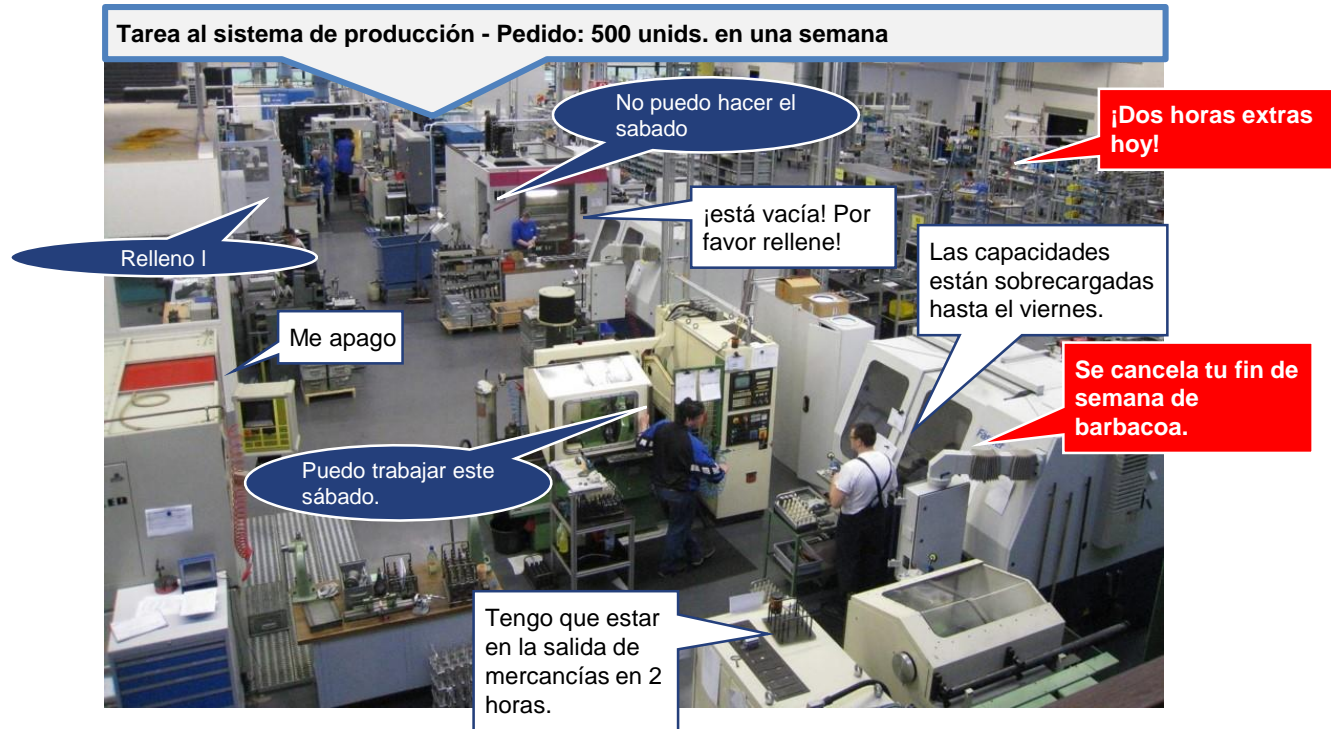
Ciclo 3: Identificar a los **estudiantes con necesidades específicas**.

Ciclo 4: **Evitar la deserción** estudiantil.

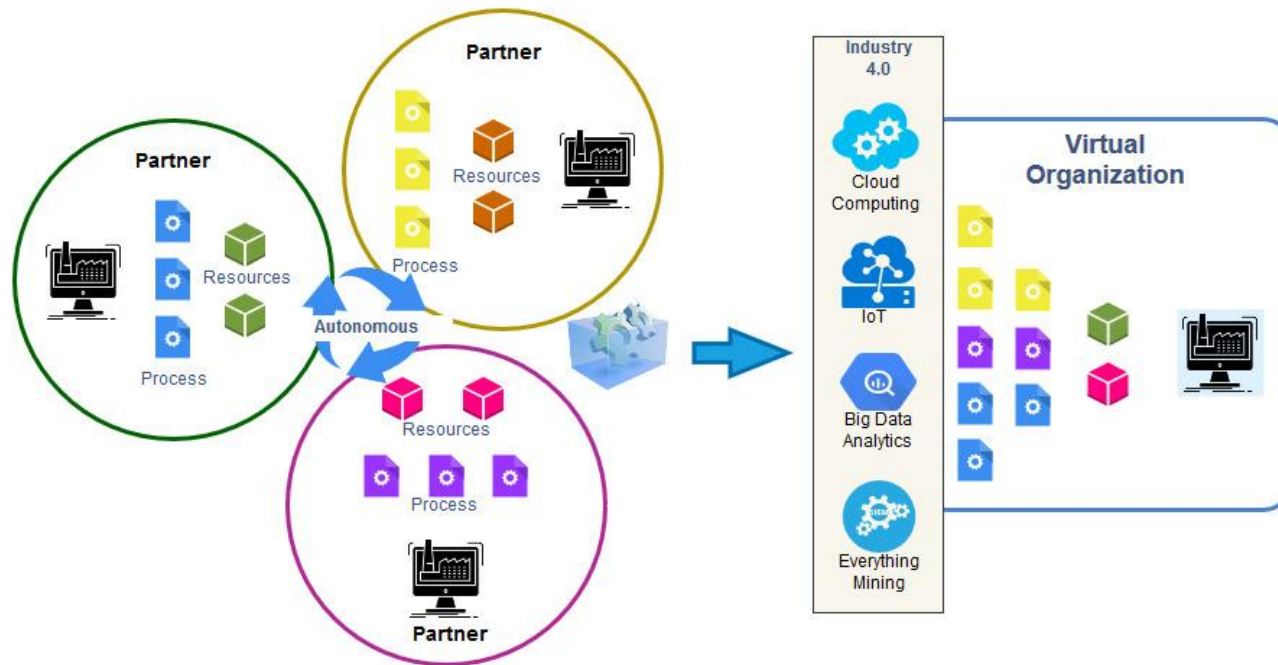
....



Un día normal en una fábrica inteligente.



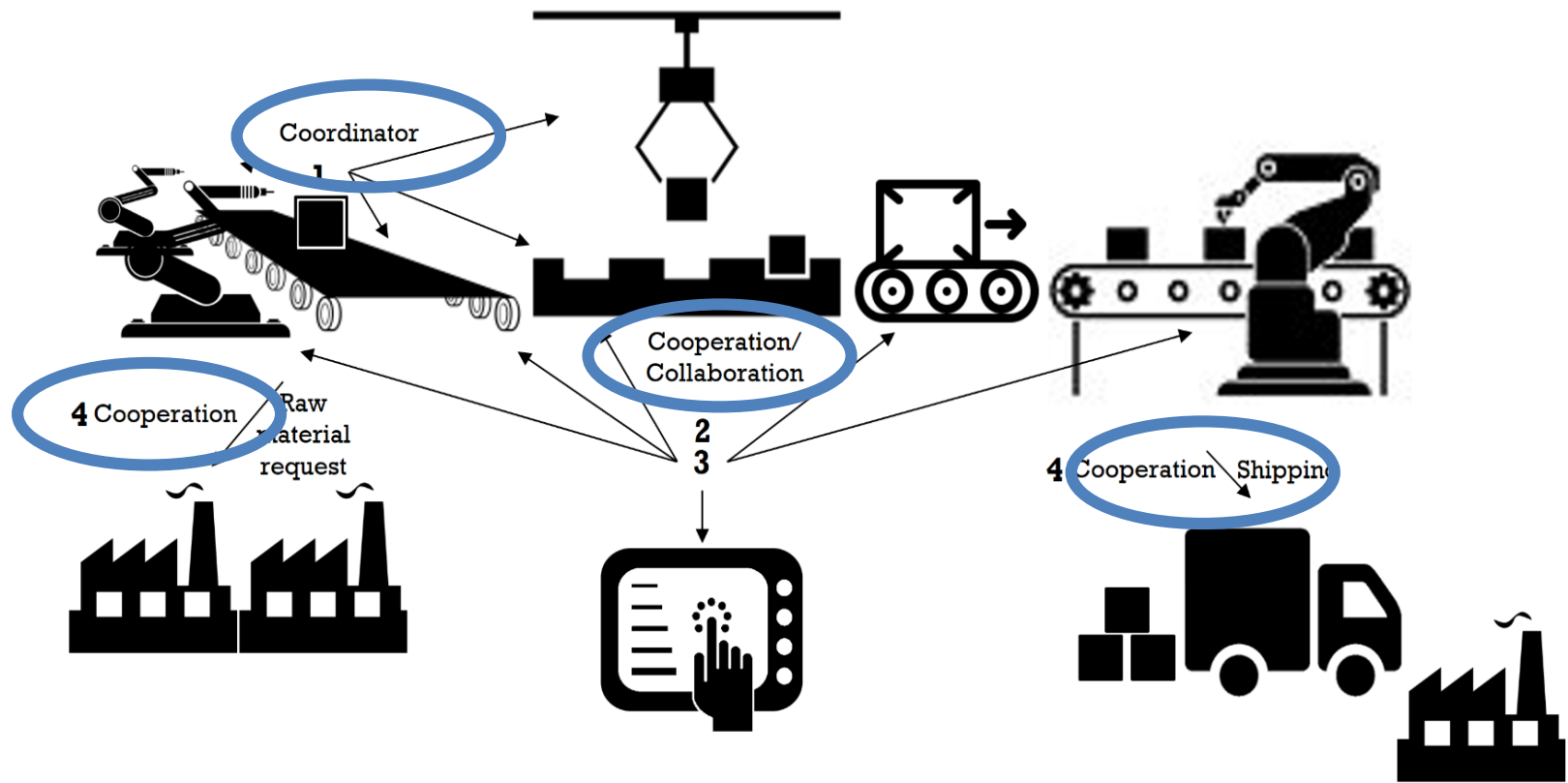
Todos vistos como agentes que colaboran entre si



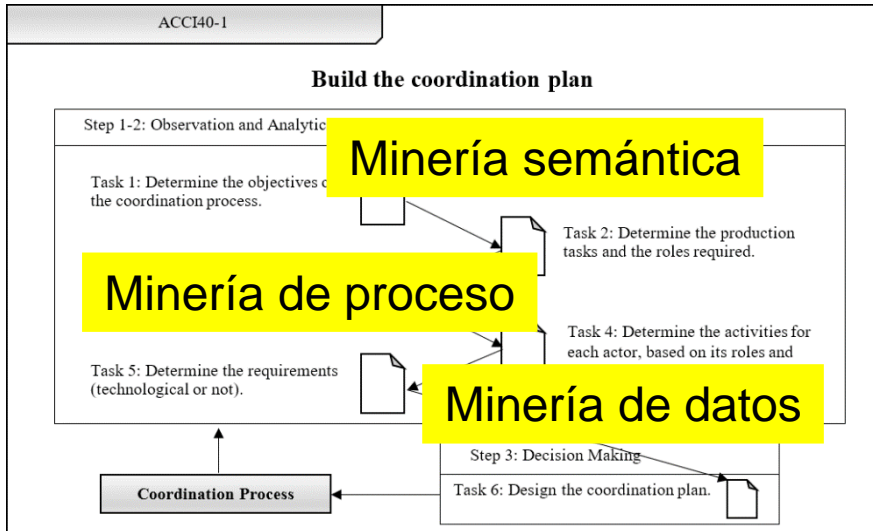
Organizaciones Virtuales

- Integración horizontal (integración interempresarial)
- Integración vertical (integración intraempresarial)

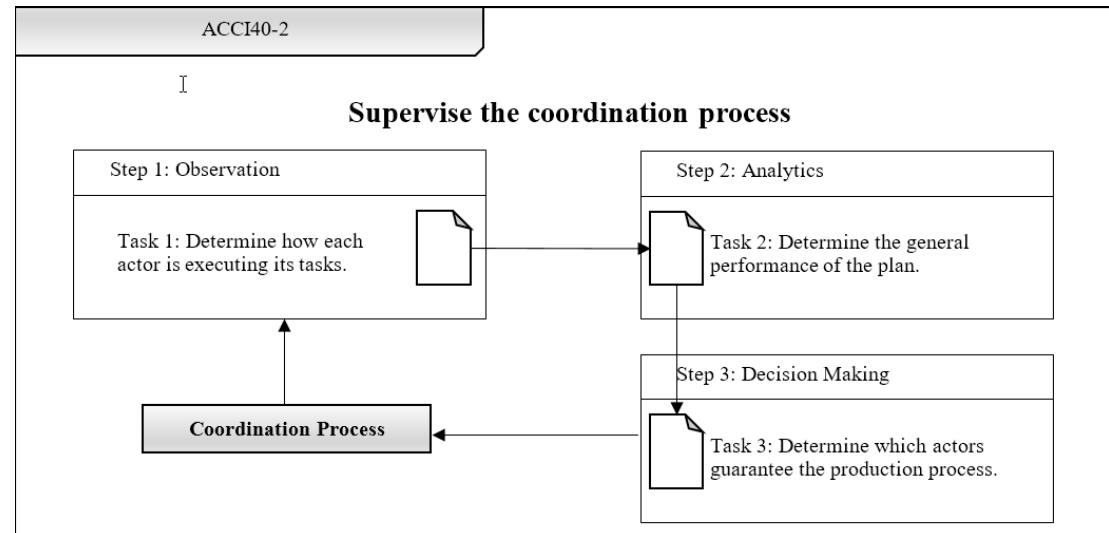
Proceso Productivo en la I.4.0



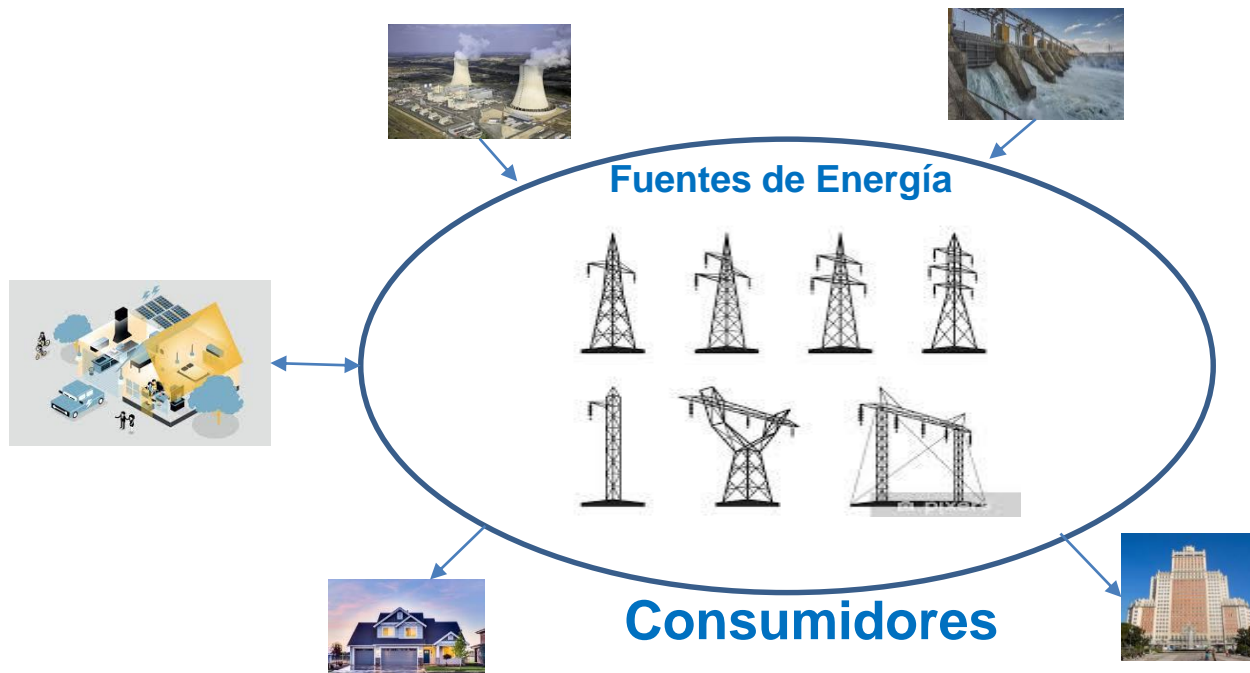
Un sistema multi-agentes



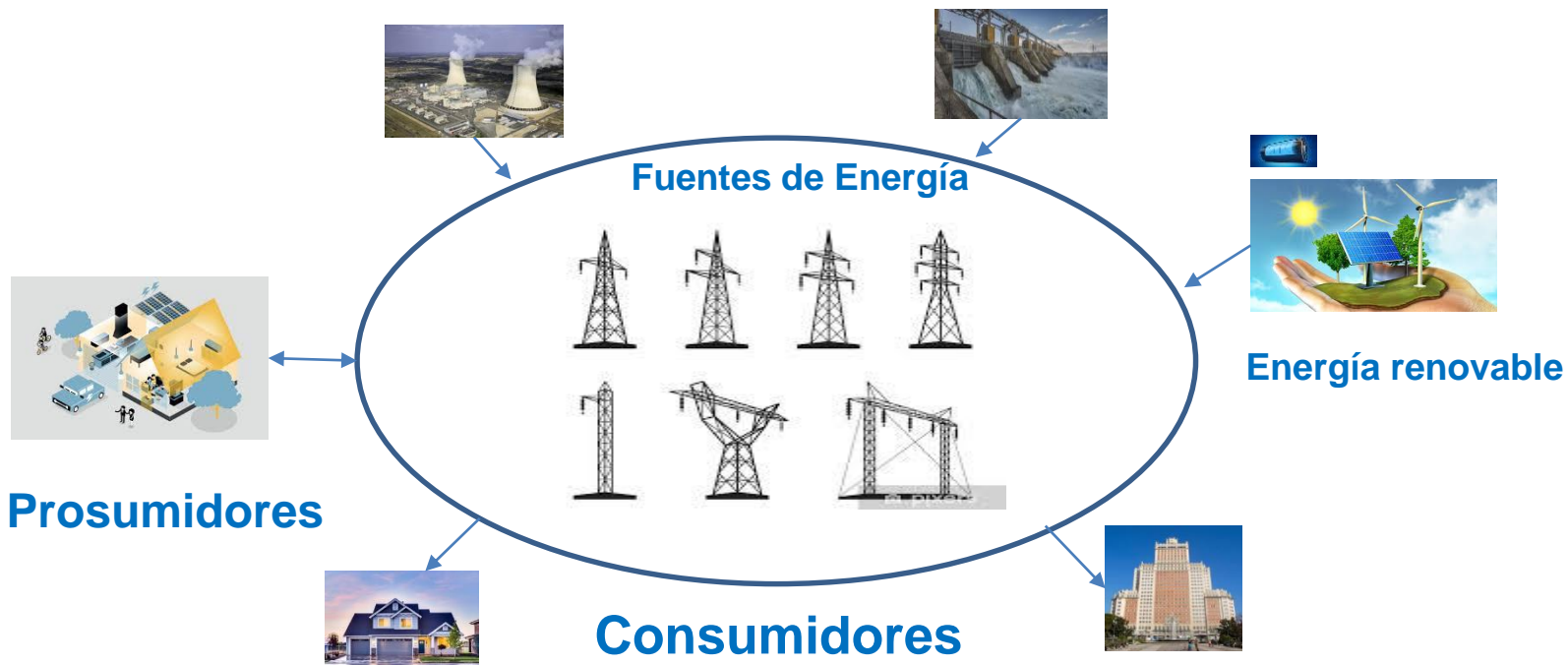
Empleadosvirtuales.com



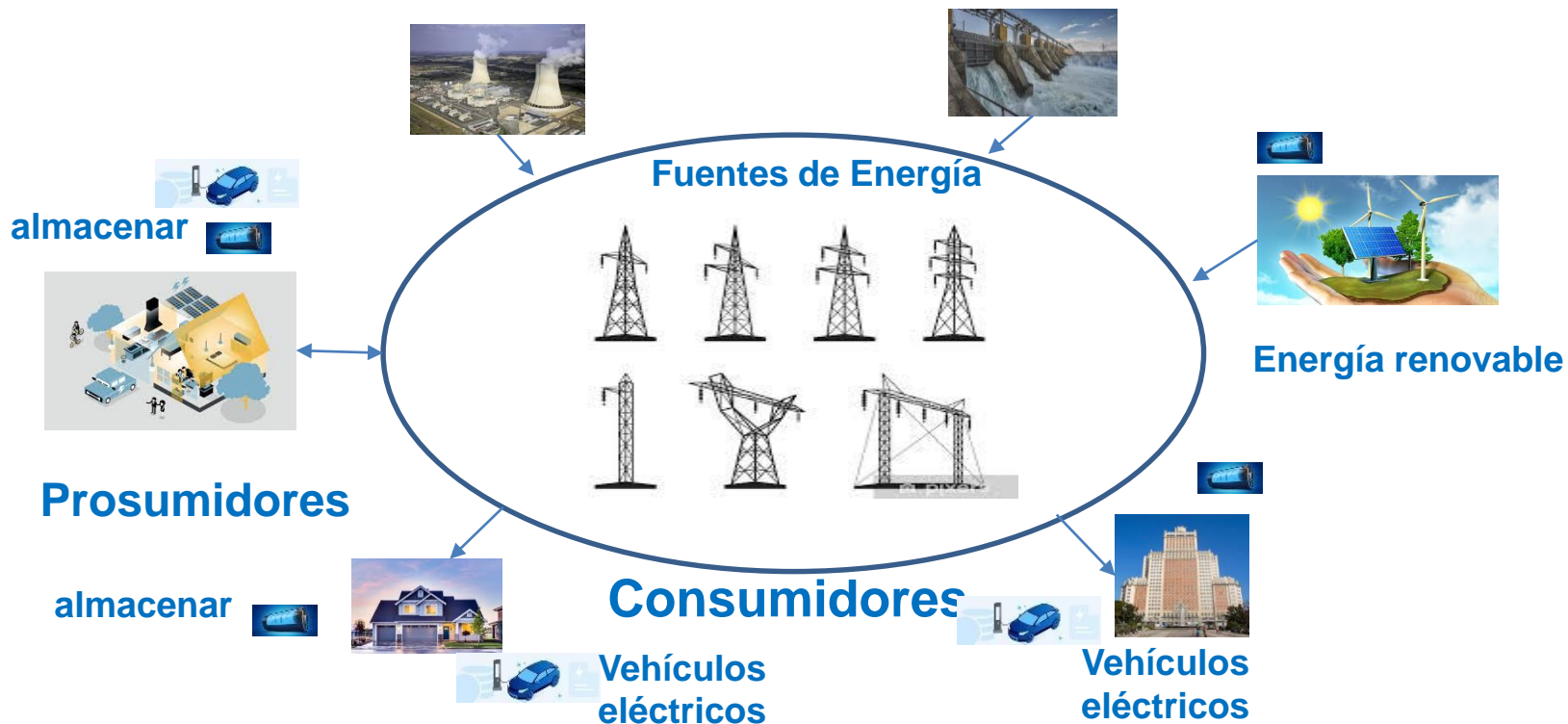
Contexto



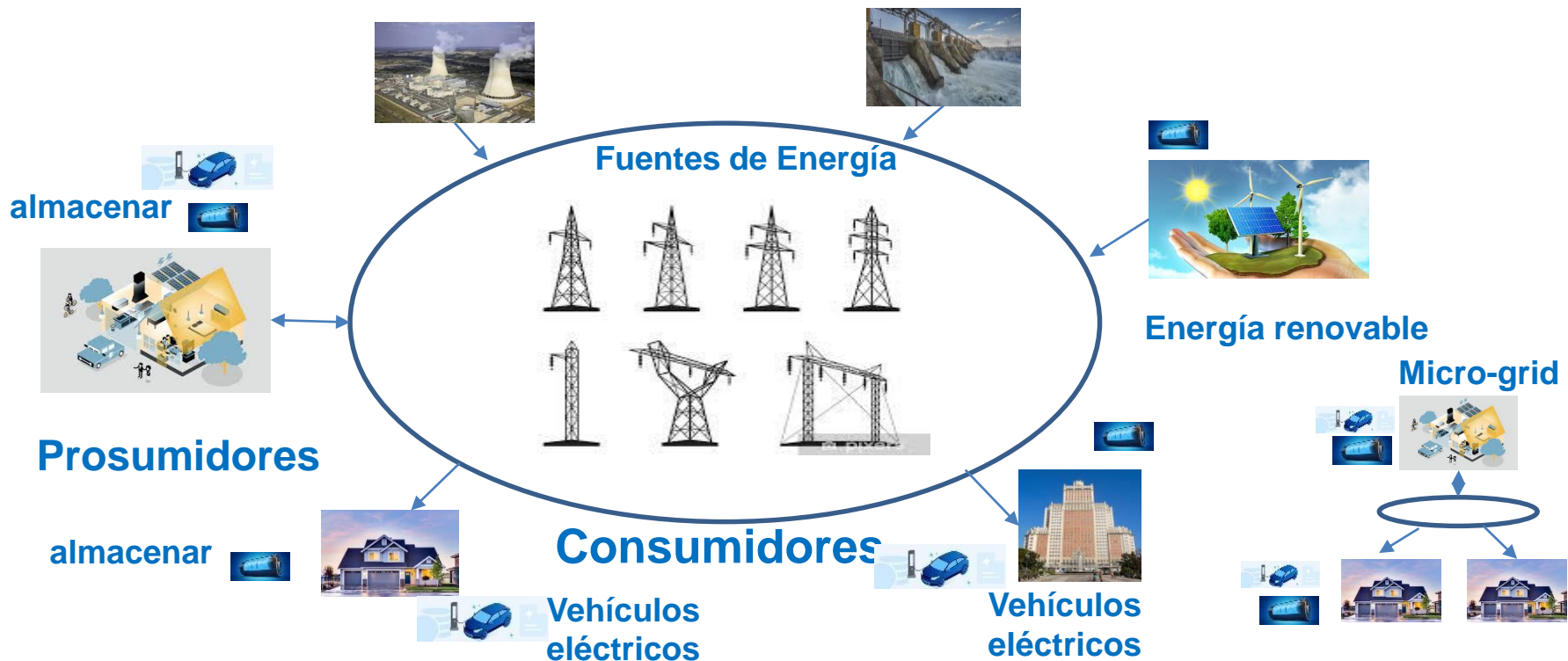
Contexto



Contexto



Contexto



Democratización de la producción

Contexto

Energy Management Systems (EMS)

Energía

Intermitente
Distribuida
Se almacena
Móvil
Micro-grid

Variables

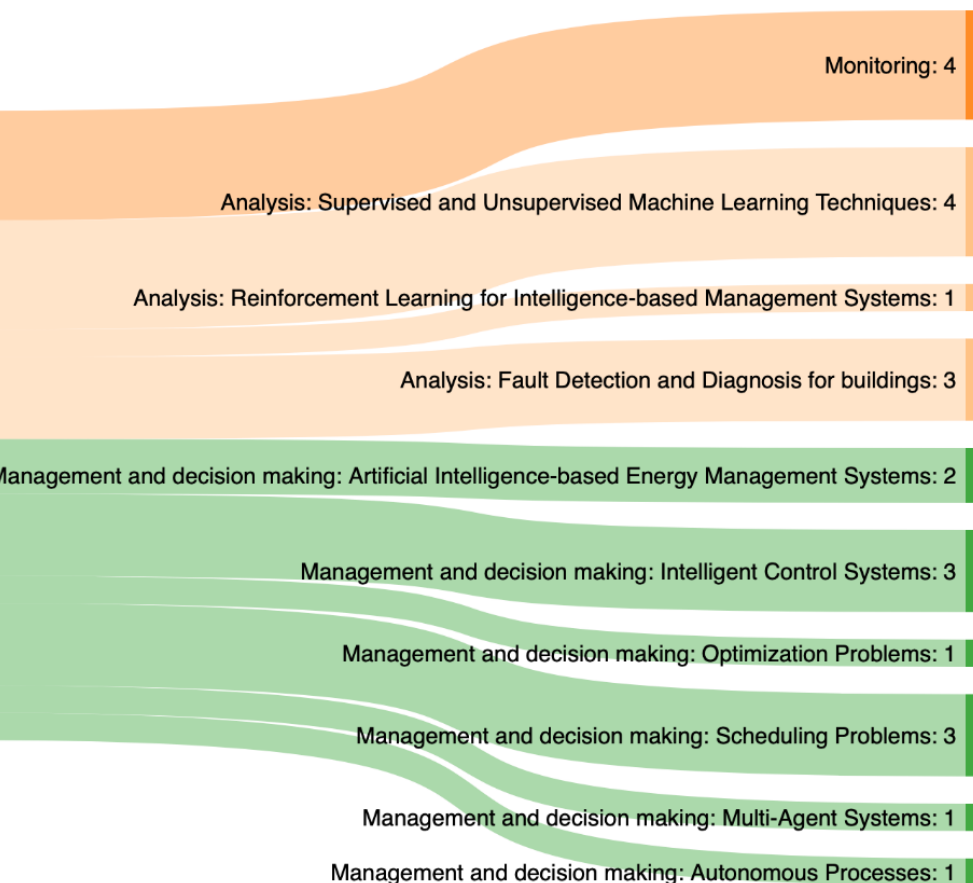
Consumo de energía de los sistemas y equipos conectados.
Comportamiento de los ocupantes.
Patrones de uso de energía.
Costos.
Factores cíclicos o estacionales.
Datos del tiempo.



Funciones

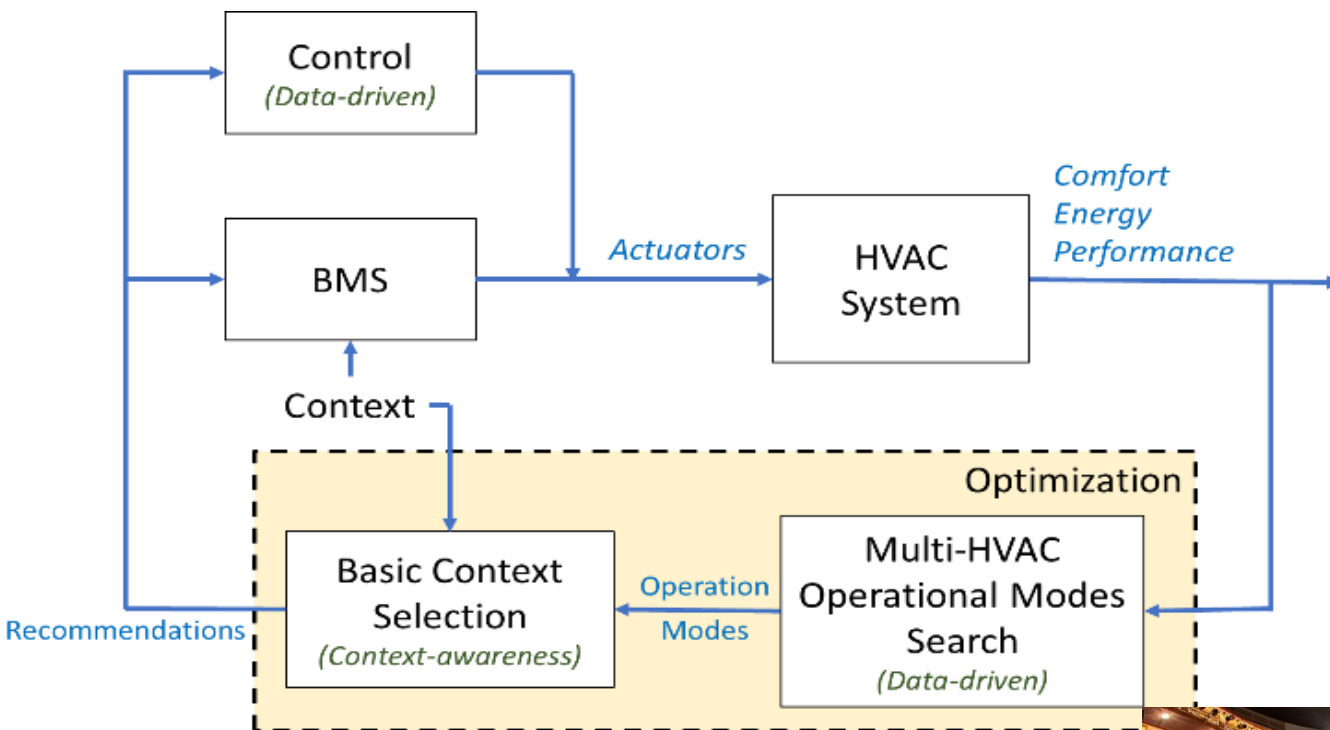
Optimización de las operaciones de edificación.
Suministro de información sobre gestión energética
Supervisión de servicios
Control de servicios y funciones
Seguimiento del estado del edificio y las condiciones ambientales.

Una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la inteligencia artificial en la autogestión energética en ambientes inteligentes

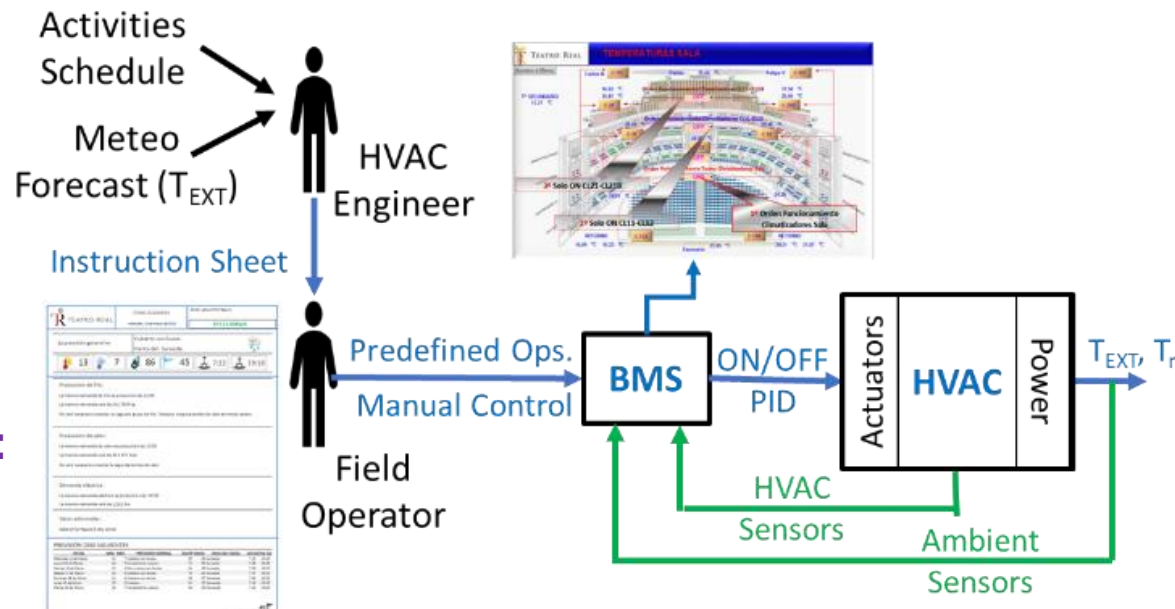


Challenges	
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> Real-time semantic feature engineering approaches in the context of (e.g., Anomaly Detection, sensor location)
Analysis:	<ul style="list-style-type: none"> Semi-supervised approaches for different data-driven models for smart buildings (e.g., consumers, Load profiling, Anomaly/theft detection, etc.) Opportunistic (missing information) incremental learning approaches for smart buildings in BEMS Multilabel/multi-clusters approaches for diagnostic tasks in BEMS Unsupervised dynamic approaches for temporal energy pattern recognition
Management and decision making:	<ul style="list-style-type: none"> Adaptive dynamic and distributed control schemes in Smart Buildings Smart real-time energy consumption scheduling Dynamic many-optimization approaches for energy management in Smart Buildings Scheduling schemes that incorporate maintenance tasks in the context of Smart Buildings
Management: Multi-Agent Systems	<ul style="list-style-type: none"> Prosumer-BEM like an Agent Decentralized approaches for the negotiation and conflict resolution in smart BEM in the context of a Smart Grid
Management: Autonomous Processes	<ul style="list-style-type: none"> A occupation management system for Smart building based on the context of Smart Buildings

Arquitectura de gestión autónoma para sistemas de climatización en edificios inteligentes



J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, N. Gallego-Salvador, J. Gutiérrez de Mesa, J. Gómez-Pulido, A. García-Tejedor "A multi-HVAC system autonomic management architecture for smart buildings", *IEEE Access*, Vol, 7, pp. 123402 – 123415, 2019 (<http://bit.do/e7U9L>)



Una de las tareas de AdD:
optimizar

Minimizar Consumo Energía

$$Min_{HVAC_{mode}, t} (P_{consumed} (HVAC_{mode}, t), COP_{global} (HVAC_{mode}, t), Cost_e (HVAC_{mode}, t), Comfort (HVAC_{mode}, t))$$

Problema multiobjetivo

s
Comfort

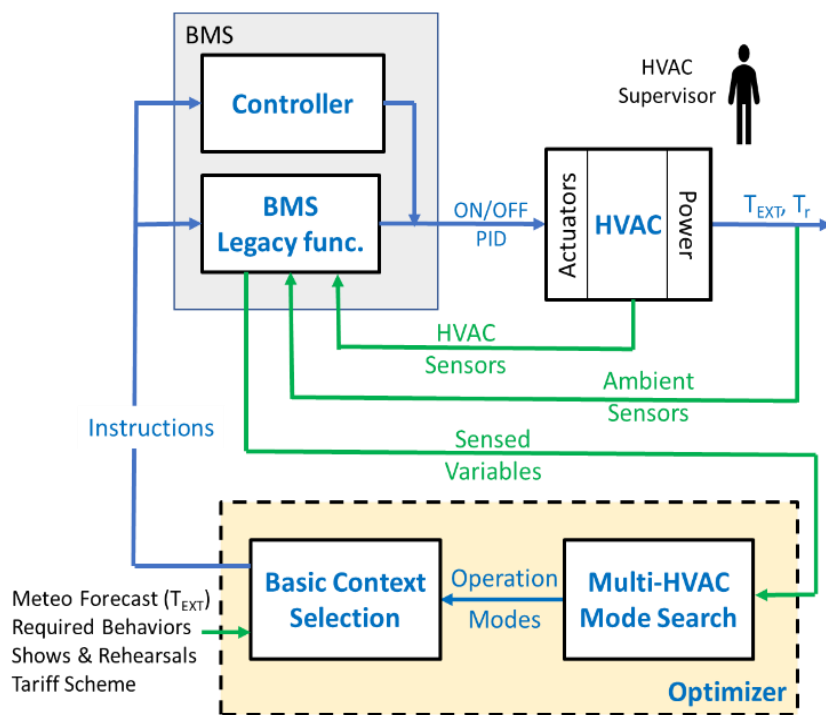
Análisis de Pareto

$W1(P)$ define la importancia de la minimización del consumo.

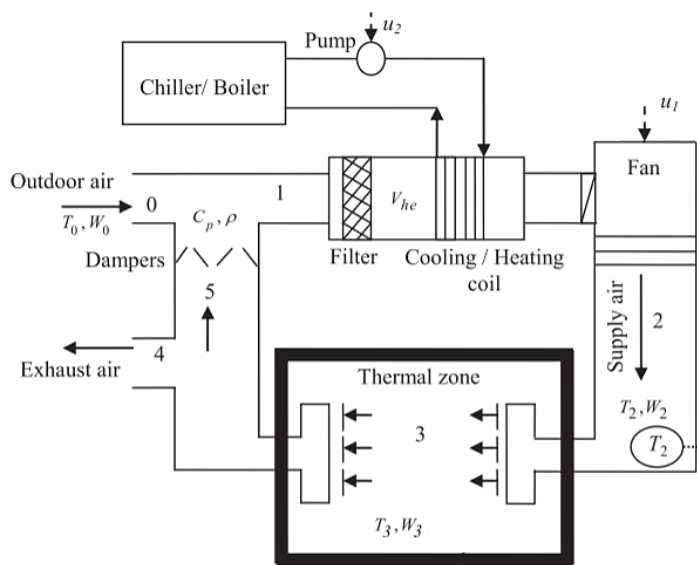
If $\Delta THVACf_{(1,t)}$ and ... $\Delta THVACf_{(j,t)}$ then $W1(P) \quad \forall j \in HVACmode$

$W2(Cost_e)$ define la importancia de la minimización de costos

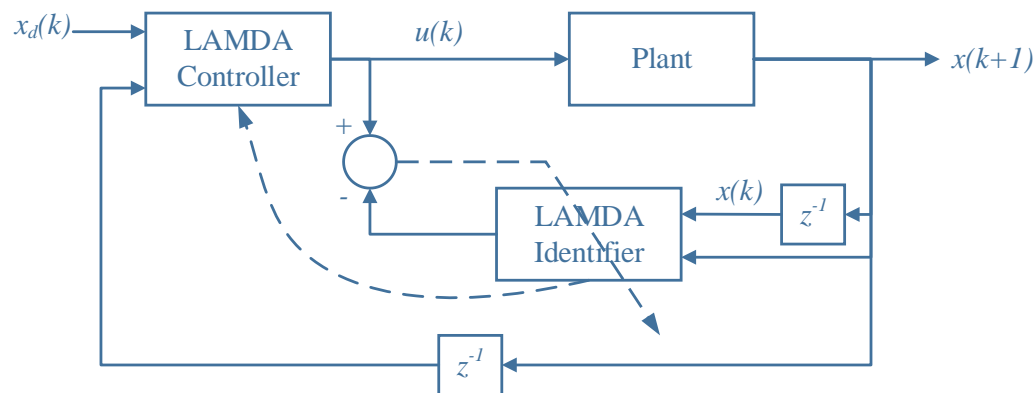
If $TEifand$ ($\Delta THVACf_{(1,t)}$ and ... $\Delta THVACf_{(j,t)}$) then $W2(Cost_e)$



Un control difuso para un sistema HVAC

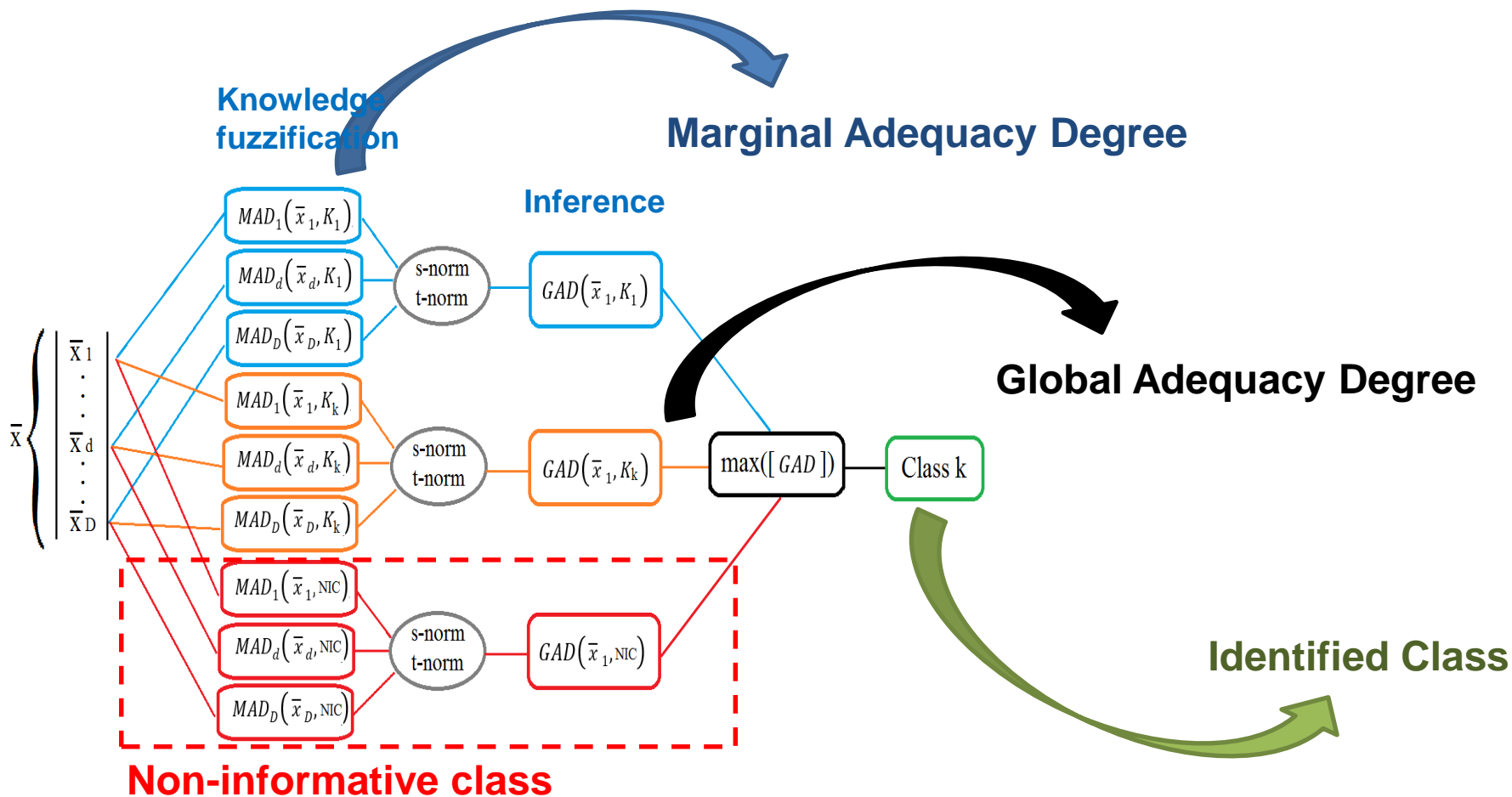


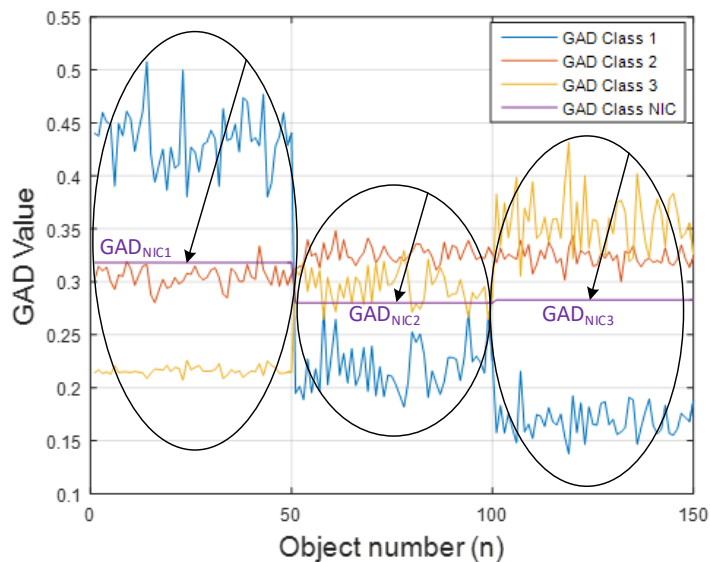
LAMDA como controlador



L. Morales, J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, J. Gutiérrez de Mesa, J. Gómez-Pulido, "Advanced fuzzy-logic-based context-driven control for HVAC management systems in buildings", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 16111-16126, 2020. (<http://bit.do/fqVhm>)

Learning Algorithm for Multivariable Data Analysis (LAMDA)





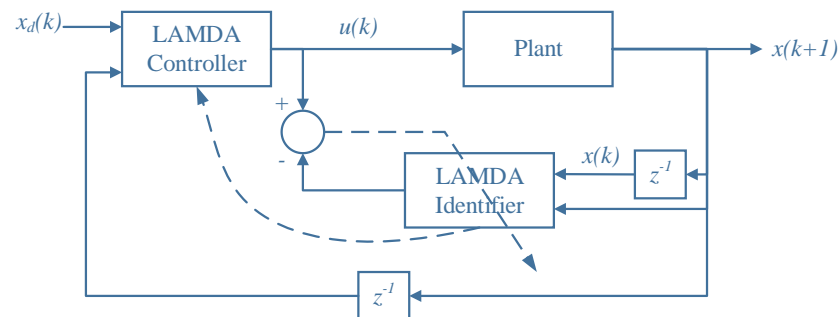
$R^{(l)}$:
IF $\{\bar{x}_1 \text{ is } F_1^l \text{ and } \dots, \text{ and } \bar{x}_n \text{ is } F_n^k\}$ THEN $\{y_l \text{ is } G^l\}$

where $\bar{x}_j \in U_j$, $y_j \in V_j$, F_j^l and G^l are fuzzy sets in U_j and V_j , respectively, ($j = 1, \dots, n$), ($l = 1, \dots, m$), where n is the number of features and m is the number of rules (known as LAMDA classes).

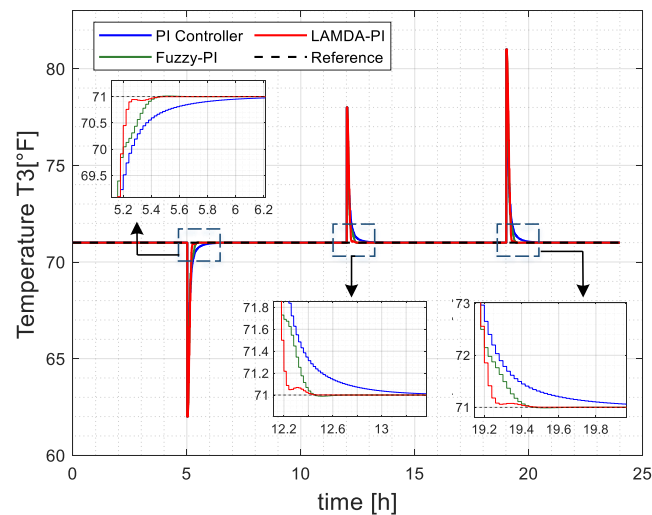
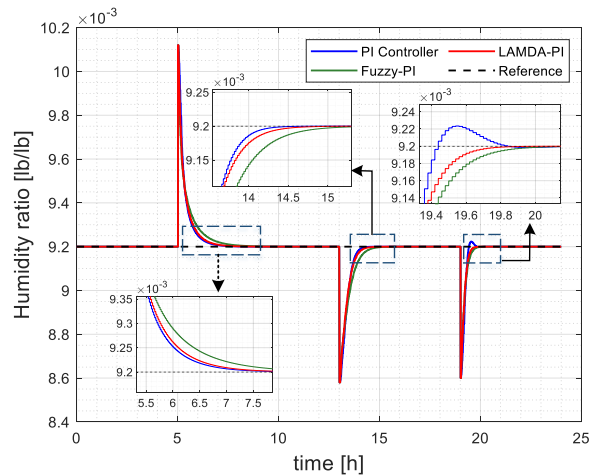
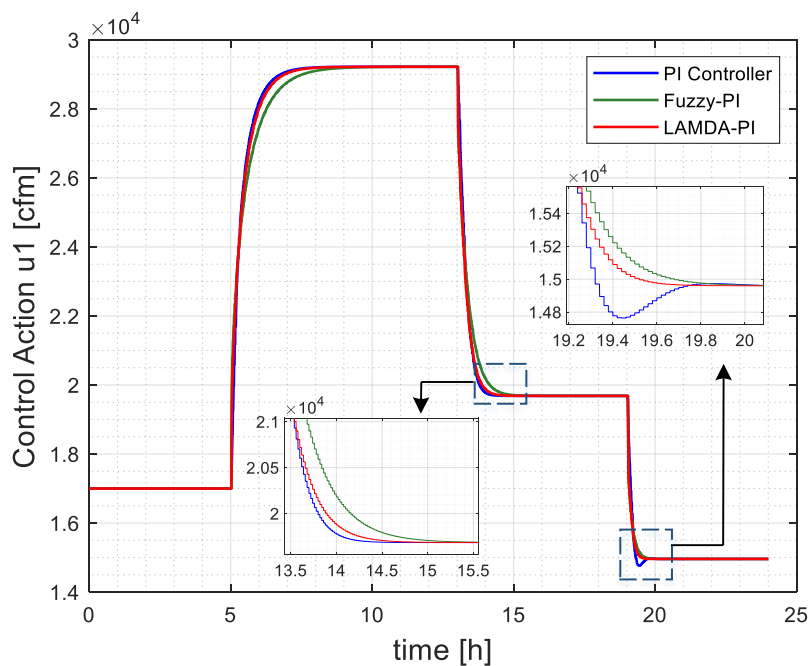
:

In this case, LAMDA operates with the GADs using the first-order T-S inference method, where $G^j = q^j$:

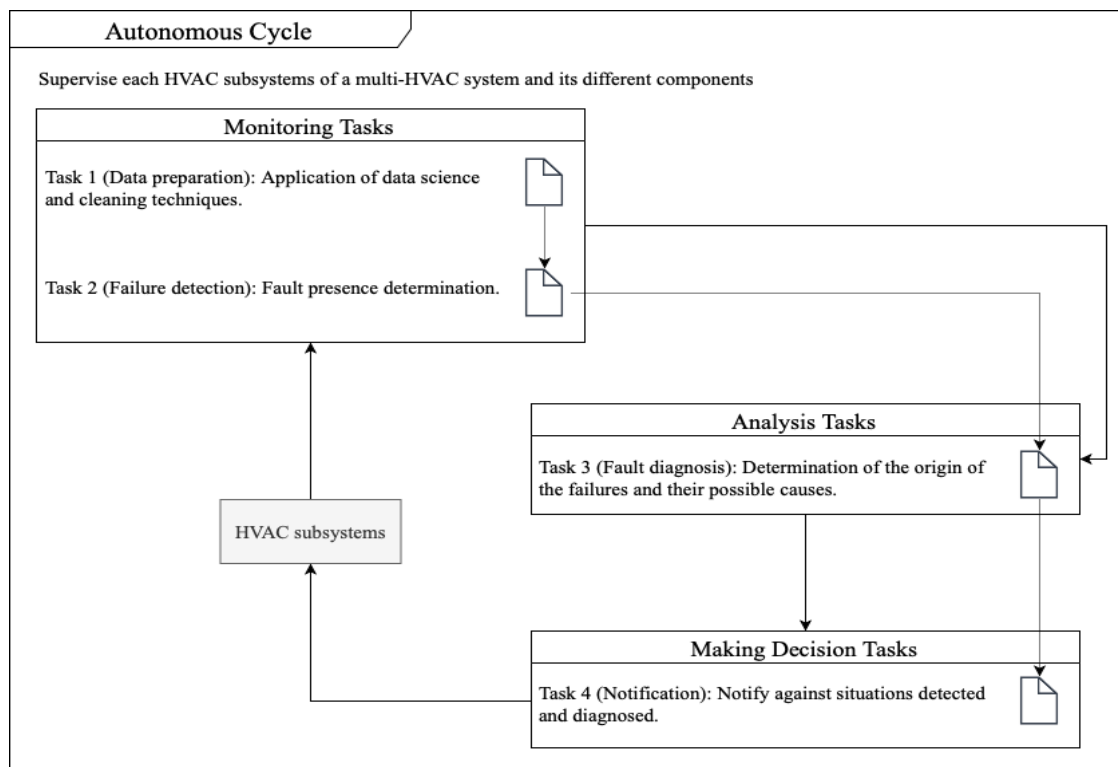
$$u = \beta \sum_{k=1}^n q^k GAD_{k, \bar{X}} \quad \beta = \frac{\max(q^k)}{\sum_{k=1}^n q^k GAD_{k, \max(\bar{X})}}$$



Resultados



ACODAT



“An Autonomic Cycle of Data Analysis Tasks for the Supervision of HVAC Systems of Smart Building”, J. Aguilar, D. Ardila, A. Avendaño, F. Macias, C. White, J. Gomez-Pulido, J. Gutierrez de Mesa, A. Garces-Jimenez, *Energies*, Vol. 13, MDPI, 20202. (<http://bit.do/ff2rY>)

Detección

Task 2	Fault Detection
Description:	Failure identification
Data source:	HVAC system Environment
Data analytics type:	Classification
Data analytics technique:	K-neighbors, MLP, ...
Knowledge model type:	Classification model
Related data analytics task:	Failure diagnosis
Autonomic cycle type:	Monitoring

Variable	Data Model	Accuracy	MSE
COP cold group 1	MLP regressor	70.6%	0.254
	K-neighbors regressor	84.2%	0.138
	gradient boosting regressor	80.1%	0.17
COP cold group 2	MLP regressor	83.3%	0.404
	K-neighbors regressor	89.3%	0.258
	gradient boosting regressor	87.6%	0.303
COP Charles heat pump	MLP regressor	75.6%	0.036
	K-neighbors regressor	78.7%	0.03
	gradient boosting regressor	71.1%	0.042

Task 3	Fault Diagnosis
Description:	Failure's origin identification Possible causes
Data source:	Previous task
Data analytics type:	Clustering
Data analytics technique:	Kmeans, etc.
Knowledge model type:	Diagnosis model
Related data analytics task:	Failure detection
Autonomic cycle type:	analysis

Diagnóstico

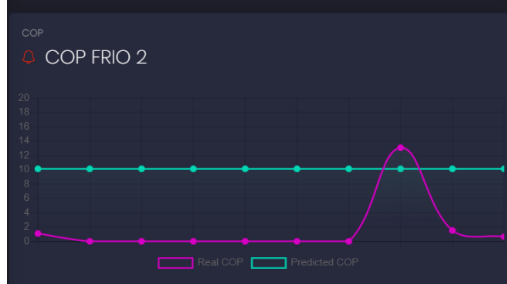
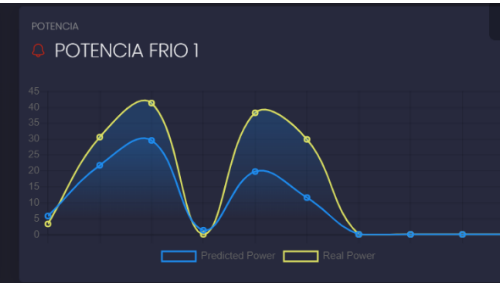
No. Clusters	Silhouette Coefficient
2	0.48
3	0.51
4	0.49
5	0.41

Dashboard

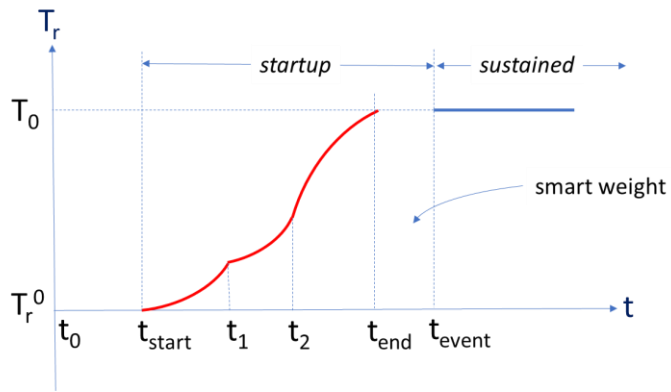


NOTIFICATIONS

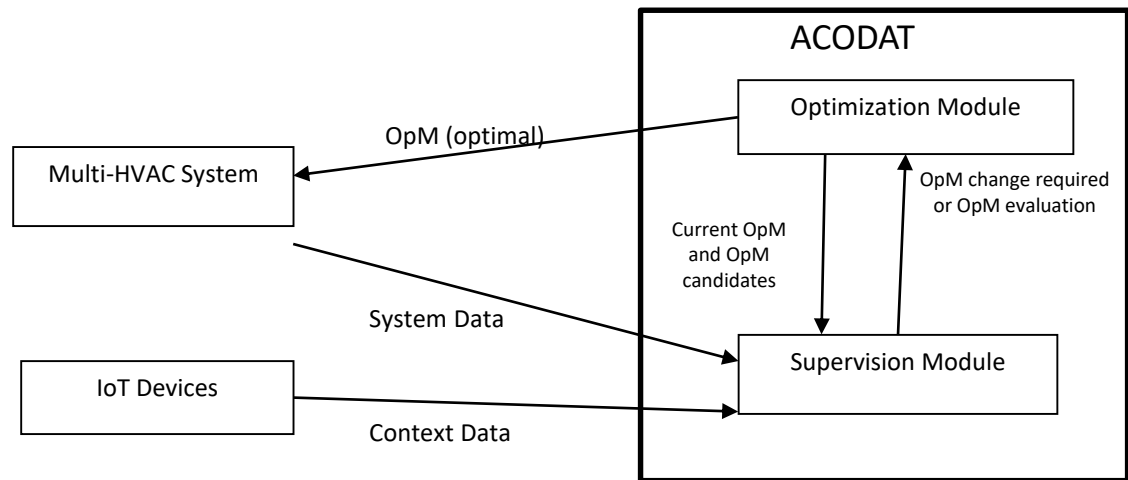
- Machine GRUPO FRÍO 1 off or starting.
- Check the anomaly derived from the value of POTENCIA GRUPO FRÍO 1.
- Check the anomaly derived from the value of POTENCIA TERMICA GRUPO FRÍO 1.



Problema



ACODAT



J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, J. Gómez-Pulido, M. D. R-Moreno, J. G. de Mesa and N. Gallego-Salvador, "Autonomic Management of a Building's multi-HVAC System Start-Up," *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 70502–70515, 2021 (<http://bit.do/fQMMq>)

Detección

Task 1	Supervision
Description:	Identification of an abnormal situation during the initialization process of the multi-HVAC system
Data source:	Information of the process to reach the setpoint
Data analytics type:	Classification
Possible data analytics techniques:	Random forest, linear regression, etc.

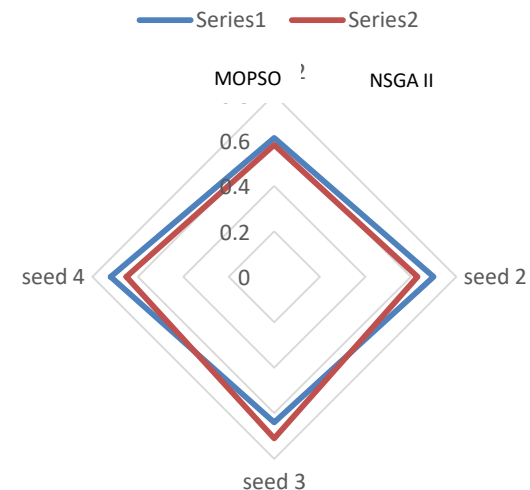
Classifier ML Technique	Precision	Accuracy
Logistic regression	0.93	0.95
Random forest	0.91	0.91
SVM	0.83	0.86

Reconfiguración

Task 2	Evaluation
Description:	Determination of the quality of a configuration of the multi-HVAC system
Data source:	Information from the optimization module (see Figure 3)
Data analytics type:	Prediction
Possible data analytics techniques	Random forest, artificial neural network, etc.

Task 3	Optimization
Description:	Determination of the new configuration of the multi-HVAC system
Data source:	Information about the multi-HVAC system and context
Data analytics type:	Optimization
Possible data analytics techniques	Evolutionary approaches

Hyper-volume measure on the formulated problem



Contextos Experimentales

Situaciones:

- Una parada abrupta del proceso de puesta en marcha (podría ser una falla en uno de los subsistemas de HVAC).
- Aceleración abrupta del proceso de puesta en marcha
- Consumo energético excesivo.

Suposiciones del OpM:

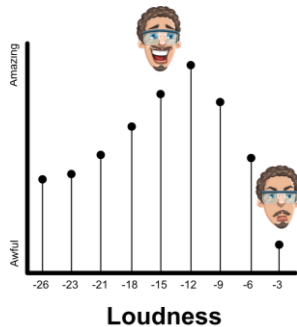
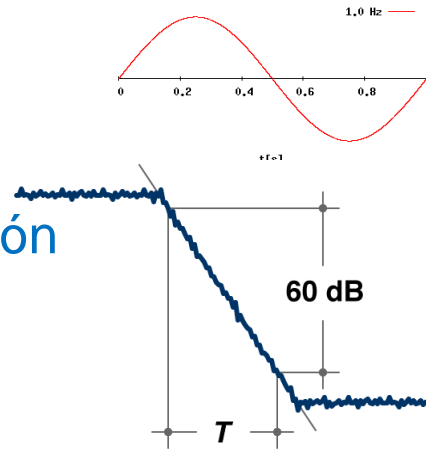
- Todos los subsistemas HVAC están disponibles.
- Sólo se utilizan bombas de calor agua-aire.
- Sólo se utilizan enfriadores de agua por agua.

Resultados

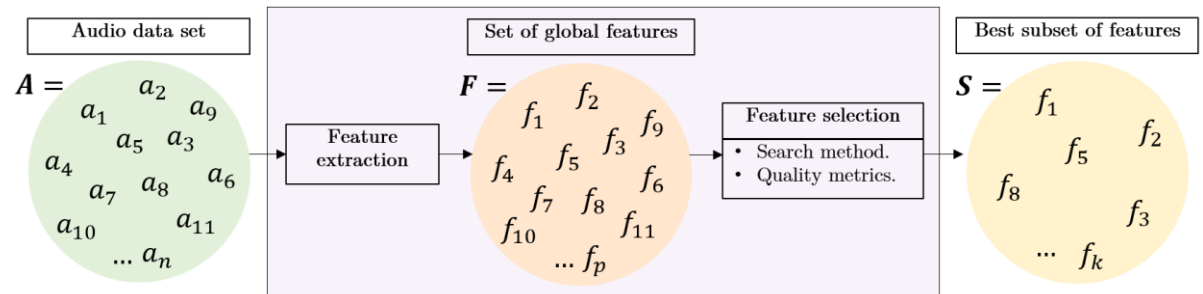
Simulated Conditions	% of correct degradation detections	Individual selected from the Pareto Front (P_{consumed} COP Comfort)
1 and a	93%	(33, 6, 0.5)
1 and b	94%	(34, 2, 0.09)
1 and c	95%	(37.2, 4.1, 0.23)
2 and a	96%	(32.3, 3.6, 0.11)
2 and b	91%	(41.1, 2.4, 0.02)
2 and c	90%	(41.9, 4.2, 0.6)
3 and a	81%	(62.3, 2.2, 0.08)
3 and b	78%	(61.1, 4.2, 0.4)
3 and c	82%	(61.8, 3.9, 0.06)

Características acústicas

- Frecuencia dominante
- Volumen
- Tiempo de reverberación

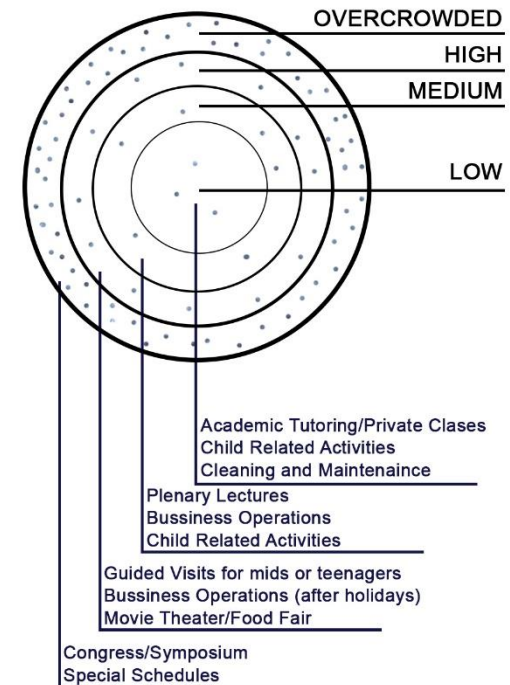


Acoustic Features Engineering



Actividad en un entorno académico

Occupancy	Acoustic Feature	Activity
Low	Normal level of loudness	Academic tutoring/Private classes
Medium	Long reverberation time and low level of loudness	Plenary Lecture
High	High dominant frequencies and high level of loudness	Guided visit from kids or teenagers in a university for especial events
Overcrowded	Medium level of loudness	Congress/Symposium

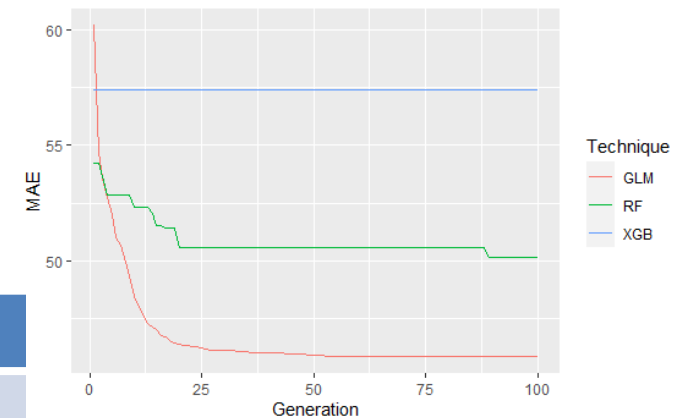


3 Tipos descriptores

- Basada en Ingeniería del Sonido
- Basado en estadística
- Basada en Series de Tiempo

Estadística descriptiva de 6 descriptores.

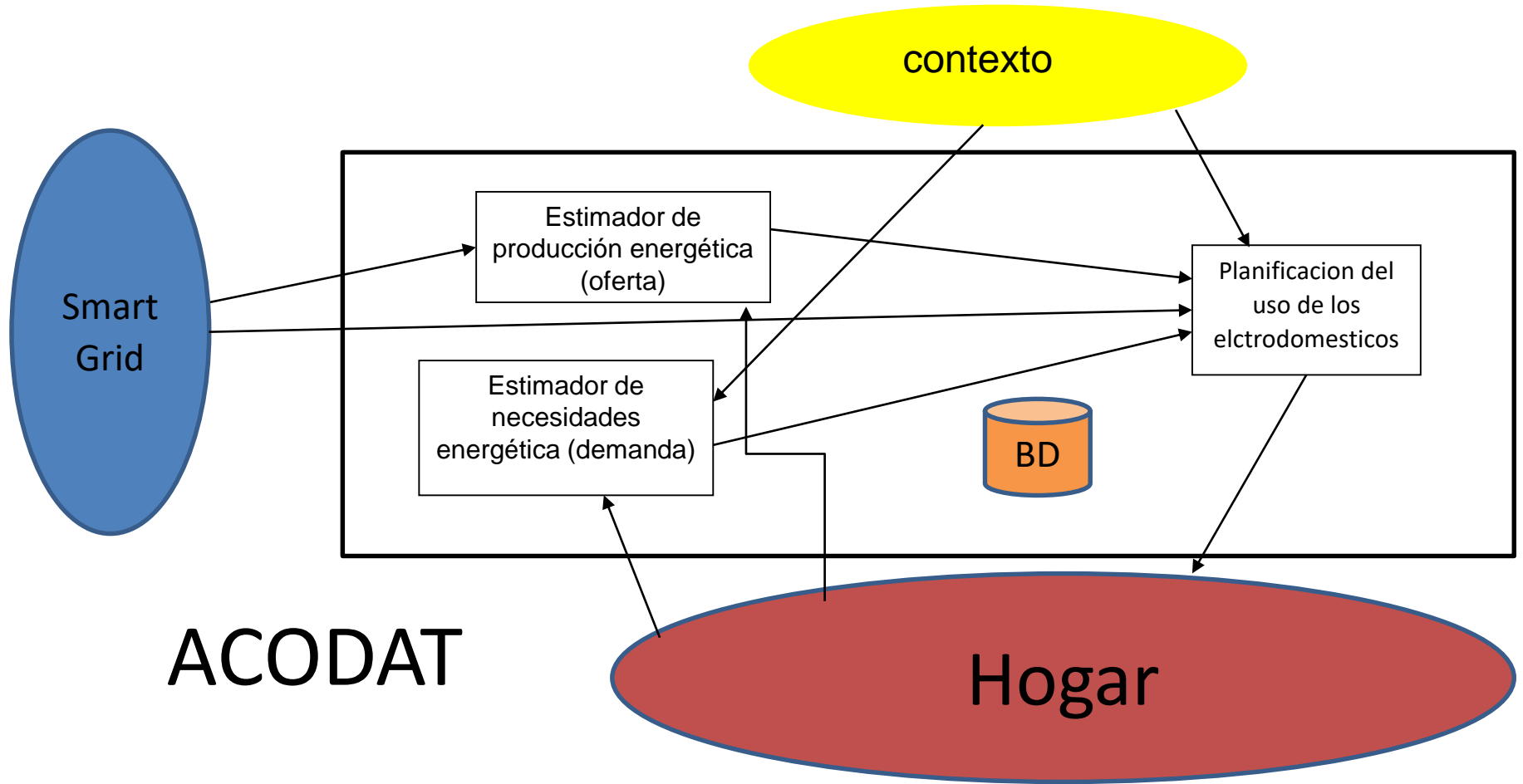
Feature	Mean	S.D	CV (%)
Aci	152.926	4.621	3.022
t.p1	0.046	0.010	21.296
t.m	0.500	0.038	7.660
t.p2	0.954	0.010	1.040
f.m	1.409	0.675	47.895
f.preci	93.750	0.000	0.000



Evolución de los MAEs a lo largo de generaciones con el GA

Comparación entre los valores originales y el valor de nuestro modelo con la ocupación y actividad estimadas.

Original Value	22	44	114	258
Estimated Value	22,847	45,090	113,667	257,357
Absolute Error	0,847	1,090	0,332	0,642
Occupancy Estimation (Table 3)	Low	Low	Medium	Medium
Descriptors	f.med/sfm/stability/nonlinearity/max-level-shift/ndsi	f.med/sfm/stability/nonlinearity/max-level-shift/ndsi	f.med/sfm/stability/nonlinearity/max-level-shift/ndsi	f.med/sfm/stability/nonlinearity/max-level-shift/ndsi
Activity Estimation (Table 6)	Cleaning and Maintenance	Cleaning and Maintenance	Normal Operations/Children Activities	Normal Operations/Children Activities



ACODAT

Tarea de estimación de demanda de energía

Data source,	User behavior pattern (can be weekly/biweekly, etc.)
Data Analytics Task Type	Prediction
Data analytics techniques	RF, BNN, etc.
Result	Energy load demanded by each appliance

Tarea de estimación de oferta de energía

Data source	Environmental data
Data Analytics Task Type	Prediction
Data analytics techniques	RF,BNN, etc.
Result	Produced energy

Tarea para programar el uso de dispositivos de carga controlable

Data source	Estimation of energy needs and energy production
Data Analytics Task Type	Optimization
Data analytics techniques	Genetic algorithms
Result	Appliance use plan

Tarea de estimación de demanda de energía

Predicción de la energía solar producida

Technique	Number of layers	Number of epoch	SME	MAPE	R ²
RF			0.07	0.07	0.90
BNN	3	50	0.09	0.10	0.74
	4	50	0.08	0.06	0.88
	5	100	0.08	0.04	0.89

Predicción de la energía eólica producida

...

Variables

- distance-to-solar-noon (in radians),
- temperature (daily average temperature, in degrees Celsius),
- wind-direction (daily average wind direction, in degrees, 0-360),
- wind-speed (daily average wind speed, in meters per second),
- sky-cover (in a five-step scale, from 0 to 4, being 0 totally clear and 4 completely covered,
- visibility (in kilometers),
- ...

Tarea de estimación de oferta de energía

Electrodomésticos asociados a cada actividad

Activity	Associated Appliances
Cook	Dishwasher, electric pressure cooker
Eat	Dishwasher
Party	Vacuum cleaner
Enter home, Personal hygiene	Washing machine, tumble dryer,

Consumo de energía de electrodomésticos típicos

Appliance	Power Consumption	Frequency
Dishwasher	1200-1500W	for every 3 times a cooking-Eating activity then one washed
Electric pressure cooker	1000-1000W	for every 3 times of a cooking activity then one cooked
Vacuum cleaner	450-900W	for every 6 times of a party activity then one cleaned
Washing machine	500- 1000W	for every 2 times of an enter home-personal hygiene activity then one washed
Tumble dryer	1000- 4000W	for every 2 times of an enter home-personal hygiene activity then one dried

Información tomada de diferentes fuentes

Predicción de la demanda de energía del lavavajillas

Technique	Number of layers	Number of epoch	SME	MAPE	R ²
RF			0.04	0.03	0.92
BNN	3	50	0.1	0.13	0.83
	4	50	0.1	0.06	0.90
	5	100	0.08	0.04	0.91

Predicción de la demanda de energía de la lavadora

...

Tarea para programar el uso de dispositivos de carga controlable

Calidad de la solución

$$\min(R + \alpha F) = \begin{cases} R & \\ \gamma \sum_{j=1}^I (|\sum_{i=1}^N A_{ij} - \sum_{k=1}^D P_{kj}|) / I & \text{if } \sum_{i=1}^N A_{ij} \geq \\ \delta \sum_{j=1}^I (|\sum_{i=1}^N A_{ij} - \sum_{k=1}^D P_{kj}|) / I & \text{if } \sum_{i=1}^N A_{ij} < \\ \beta \sum_{j=1}^I (|\sum_{i=1}^N A_{ij} - \sum_{k=1}^D P_{kj}|) / I & \text{otherwise} \end{cases}$$

Penalización

$$F = \begin{cases} \left(\left| \sum_{j=1}^I A_{ij} - A_i^* \right| \right) & \text{if } \sum_{j=1}^I A_{ij} \neq A_i^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Tarea para programar el uso de dispositivos de carga controlable

Casos de carga controlada estudiados

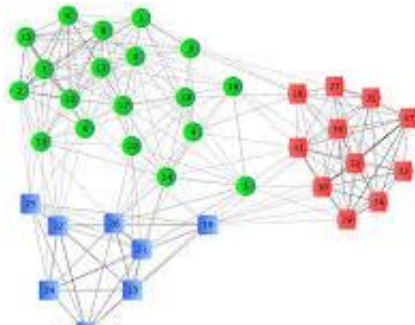
Case	Appliances
1	Washing machine, Dishwasher
2	Washing machine, Dishwasher, Vacuum cleaner
3	Washing machine, Dishwasher, Tumble dryer, Electric pressure cooker, Vacuum cleaner

Resultados para $\gamma = 1$, $\delta = 1$, and $\beta = 10$

Days vs Case	3		7		15	
	Value	Gener.	value	Gener.	Value	Gener.
1	0	26	0	31	0.2	41
2	0	28	0.4	41	0.5	53
3	3.2	52	3.5	57	5.1	82

Objetivo

Caracterizar el consumo eléctrico, haciendo uso del algoritmo LAMDA-HSCC para datos etiquetados y no etiquetados



LAMDA-HSCC

Inicio

Leer($x_i; y_i$)

Si $y_i = 0$ entonces

Agrupamiento según **LAMDA-RD**

Crear la tupla $P_r = (\rho_r, \bar{X}_r, type = cluster, name = id_{cluster})$

De lo contrario

Agrupamiento según **LAMDA-HAD**

Crear la tupla $P_r = (\rho_r, \bar{X}_r, type = clase, name = l_i)$

Determinar el vecino más cercano P_{nb} de cada grupo P_r

Determinar proceso de ajuste de configuraciones de grupos/clases

Análisis de la fusión de grupos

Análisis de la Migración de individuos

Análisis de la División de grupos

Fin.

Enfoque de aprendizaje semi-supervisado para estudiar el consumo de energía

Dataset	Size	Number of descriptors	Characteristics	Objetive	Coments
Chicago-Usage	102	13	13 descriptors of energetic consumption	Dataset of consumption energetic with 25%, 50% and 75% of labeled data, and high dimensionality of descriptors	Original Labels of dataset
NY-Power	78	2	New York City (11 Classes) according to 2 descriptors of energetic consumption	Dataset of consumption energetic with 25%, 50% and 75% of labeled data	
Chicago1	102	13	Chicago city according to 13 descriptors of energetic consumption	Dataset of consumption energetic with 25%, 50% and 75% of labeled data, and high dimensionality of descriptors	Labels from Principal Components Analisis
NY-Power_1	78	2	New York City (10 Classes) according to 2 descriptors of energetic consumption	DDataset of consumption energetic with 25%, 50% and 75% of labeled data	

Medidas de Evaluación

(Cerrada et al., 2019) , proponen la siguiente métrica

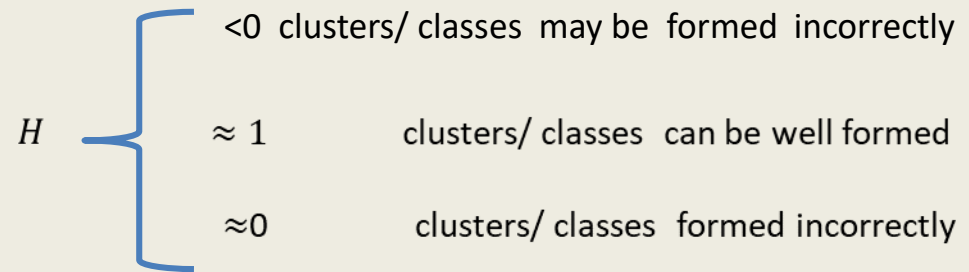
$$H = \rho \times acc + \beta \times CS$$

ρ : Proporción de clases creadas por el Modelo

acc: Accuracy

β : Proporción de clusters creados por el modelo

$$CS = 1 - \frac{\text{prom}_{j=1\dots m}\{Co_j\}}{\text{prom}_{j=1\dots m}\{Sep_j\}}$$



$$CSS = acc + \frac{wb}{N_{cl}} \times SSW$$

(WB index) = $\frac{SSW}{SSB}$

SSW: Suma de Cuadrados dentro del Cluster

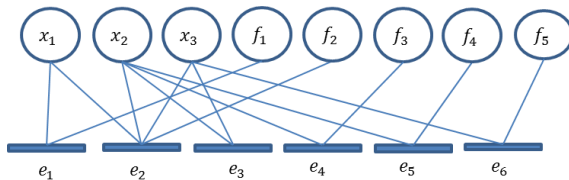
SSB: Suma de Cuadrados entre Cluster

Datasets/ métric	25% Labeled		50% Labeled		75% Labeled	
	SSC	Criterion H Index	SSC	Criterion H Index	SSC	Criterion H Index
Chicago1	0,724	0,60794	0,7722	0,671712	0,7722	0,70719603
NY- Power_1	0,745	0,72	0,7739	0,748	0,7739	0,748
Chicago Usage	0,53	0,451944	0,6538	0,545788	0,65385	0,54578755
NY-Power Data	1,82	0,128	1,88	0,152	1,88	0,152

Método basado en algoritmos genéticos múltiples (GA) y un enfoque de análisis estructural para obtener una configuración óptima del sensor basado en la propiedad de diagnosticabilidad de un EMS en un edificio inteligente.

Definición 1: Diagnosticabilidad. Este es un sistema que puede detectar y aislar todas las fallas consideradas.

Definición 2: Análisis estructural basado en residuos para diagnosticabilidad. Explora las propiedades de un sistema utilizando un modelo estructural, ya sea en forma de matriz de incidencia o grafo estructural.



$$e_i: h_i(\dot{x}, x, y, f) = 0, \quad 1 \leq i \leq m$$

M (X, Y, E, F), donde F es el conjunto de fallas en el sistema, E es el conjunto de ecuaciones, X es el conjunto de variables desconocidas. Y es el conjunto de variables conocidas. Cuando hay variables diferenciales o integrales en el modelo, se agrega D

Método basado en algoritmos genéticos múltiples (GA) y un enfoque de análisis estructural para obtener una configuración óptima del sensor basado en la propiedad de diagnosticabilidad de un EMS en un edificio inteligente.

Definición 3: ARR (relaciones analíticas de redundancia) para M (X, Y, E, F). Sea $M(X, Y, E, F)$ un modelo, entonces una ecuación $r_i: h(y, \dot{y}, \ddot{y}, \dots) = 0$ es un ARR para $M(E, X, Z, F)$, si para cada $y \in M(E, X, Y, F)$, entonces se cumple la ecuación

Definición 4: Generador de residuos para M(E, X, Y, F). Consiste en la generación de señales escalares r_i utilizando un subconjunto de las variables y como entrada. $r_i(t) = 0$ en condiciones normales

Definición 5: La matriz de firmas de fallas de M. Es una matriz donde se concatenan todas las posibles firmas de fallas. Cada fila es un ARR y cada columna es una falla. Un "1" en la posición (i, j) , indica que la falla j es detectada por el ARR i

Método basado en algoritmos genéticos múltiples (GA) y un enfoque de análisis estructural para obtener una configuración óptima del sensor basado en la propiedad de diagnosticabilidad de un EMS en un edificio inteligente.

Definición 6: Detectabilidad para $M(E, X, Z, F)$. Una falla F_o , que pertenece a $F(M)$ es detectable si hay un residuo diferente a cero con ella, es decir, $r_i \neq 0$

Definición 7: Aislabilidad para $M(E, X, Y, F)$. El aislamiento de fallas consiste en buscar en la matriz de fallas para distinguir entre todas las fallas posibles. De esta forma, todas las firmas deben ser diferentes $\forall o, t \in \{1, \dots, n\}$, $o \neq t S(f_o) \neq S(f_t)$.

Arr	Signature Matrix					
	Normal	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
Arr ₁	0	1	1	0	0	1
Arr ₂	0	1	1	0	1	0
Arr ₃	0	0	0	0	1	1
Arr ₄	0	1	0	1	0	1

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

Definición 8: Gráfico bipartito. Es un triple ordenado $G = (Z, E, \Gamma)$, donde Z y E son conjuntos de vértices, $Z \cap E = \emptyset$, donde $Z = \bigcup_{X \in E} U_X \cup F$, y Γ son los arcos establecidos en G .

Definición 15: Emparejamiento. Es un conjunto de aristas del gráfico G , y cada arco tiene un nodo de Z a E .

Definición 16: Coincidencia máxima. Es una coincidencia M de un gráfico G con la propiedad que no es un subconjunto de ninguna otra coincidencia en el gráfico G . De esta manera, una coincidencia máxima M de un gráfico G es si cada borde en G (Z y E) tiene una intersección no vacía con al menos una arista en M . Por lo tanto, cubre todos sus vértices $Z \cap E$.

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

$$\text{MinHVAC}_{\text{mode},t}(\text{P}_{\text{consumed}}(\text{HVAC}_{\text{mode},t}), \text{Cost}(\text{HVAC}_{\text{mode},t}), \text{COP}_{\text{global}}(\text{HVAC}_{\text{mode},t}), \\ \text{Comfort}(\text{HVAC}_{\text{mode},t}))$$

Sensores:

- $\text{P}_{\text{consumed}}(\text{HVAC}_{\text{mode},t})$: $Q_{\text{fluid}}(t)$, ρ_{fluid} , y $\Delta T_{\text{HVAC}}(t)$.
- $\text{Cost}(\text{HVAC}_{\text{mode},t})$: TE_i .
- $\text{Comfort}(\text{HVAC}_{\text{mode},t})$: sensores para la temperatura ambiente actual en cada zona.

Fallas:

- f_1 : Fallas en el HVAC.
- f_2 to f_5 : fallas 4 sensores en el HVAC .
- f_6 to f_z : fallas en los sensores de temperatura en cada zona.

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

Algorithm Diagnosability(G)

```
1. for k = 1, k = #faults | f ∈ F
2.   MTES (fk) = GA1(fk, G);
   % It calculates the MTES's for each fault
1.   if at least ∃ MTES (f) ≠ 0 | ∀ f ∈ F
2.     for i = 1, i = # faults | f ∈ F;
3.       S(i) = det (i, MTES (fi));
   % It calculates the faults cover by the MTES's of each
   fault
1.   end
2.   if verify (S) = True
   % to verify the detectability of the model
1.     Sm = iso(fi, S);
   % It builds the fault signature matrix
1.     ind_opt = GA2(Sm);
   % to verify the isolability of the faults
1. End
```

El algoritmo llamado Diagnosability busca varias coincidencias máximas en el modelo (redundancias).

El algoritmo elimina las variables no observadas encontrando las posibles conexiones entre variables y ecuaciones.

Poblaciones de MTES utilizando el primer GA, llamado GA1, que verifica la propiedad de detectabilidad de las fallas.

Determina la propiedad de aislabilidad usando un segundo GA, llamado GA2, que usa el mejor MTES generado por GA1 para construir la matriz de firma de fallas.

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

Algorithm: Configuration(G)

```
% definition of new sensors for unknown variables  
1. cost = GA3(G,G', cost)  
2. If GA3 has converged due to Nb_generation then  
3.   print "The diagnosability property is not reached"  
4. else  
5.   print "the new configuration of sensors is" G'  
   "with a cost of" cost  
6. End
```

El algoritmo de configuración utiliza otro GA, llamado GA3, para encontrar un conjunto de posibles configuraciones de sensores

Cada individuo es una posible configuración de sensor, y su función de costo depende de las fallas a detectar y el costo y la energía de los sensores

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

Dos diferentes EMS: EM1 y EM2

Pesos GA1

Objective	Optimization criteria	Optimized Value
w_1	Number of Failures	100
w_2	Failure in study	1000
w_3	System Redundancy	10000

% Fallas que detecta EM1

% faults	Fitness Function
10%	31012
15%	10078
20%	0

Resultados GA1

Case			Fitness Function	
P1	P2	P3	EMS 1	EMS 2
100	0	10000	0	33368
100	1000	10000	0	80054
0	1000	10000	0	40174
0	1000	0	0	1890
0	0	10000	0	40810
100	0	0	0	368

Generar residuos (ARR) para analizar la propiedad de capacidad de diagnóstico en un EMS

La primera condición O1 garantiza que el vector de firma de falla f_i construido por el individuo es diferente al vector de firma de falla f_j , de lo contrario, penaliza con un valor bajo, interpretando que f_i no puede aislarse debido a f_j .

La condición de O2 garantiza que la suma de cada vector en la matriz de firma de falla sea distinta de cero, de lo contrario, no puede diferenciar el comportamiento normal del comportamiento de un sistema con falla. En este caso, debe penalizar al individuo con un valor elevado.

Resultados GA2

EMS 1		EMS 2	
O1	O2	O1	O2
20	3000	10	1000

Resultados GA3

Individual	Fitness function	
	EMS 1	EMS 2
I1	1.4	1.2
I2	1.1	1.6
I3	0.7	1.5
I4	0.7	1.5

Usando dos objetivos: el costo de los sensores y su energía consumida

Sistemas Autónomos

- La IA esta programada para actuar **sin intervención y control humano** y tener la **capacidad auto-adaptativa** de sus propios recursos

Ejemplos son las **aulas inteligentes** y los **vehículos autónomos**, que combinan varias ramas de la IA para realizar tareas **sin supervisión humana**, e incluso definir sus objetivos

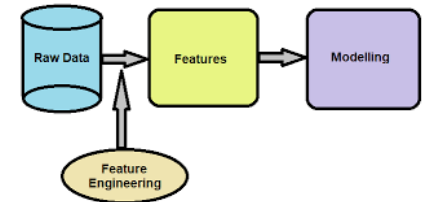
- Definición de **ciclos autonómicos de tareas de análisis de datos** en el contexto de la autogestión energética
- Desarrollo de **tareas de análisis de datos** para el contexto BEM como **servicios**

Conclusiones

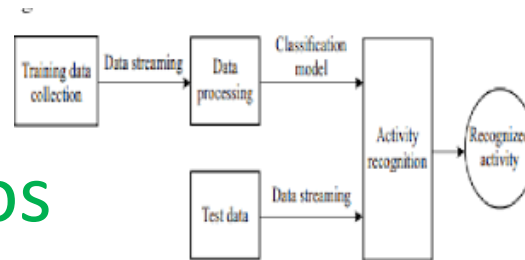
- Meta-aprendizaje



- Automatizar ingeniería de descriptores



- Automatizar procesamiento de los datos

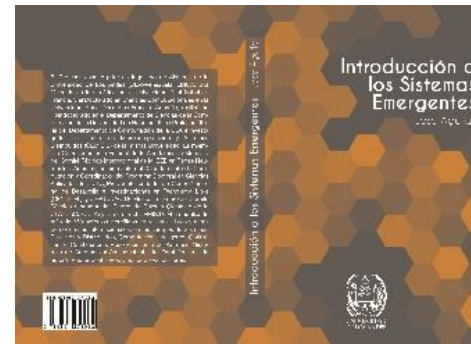


- Aprendizaje federado

- Transferencia de Aprendizaje



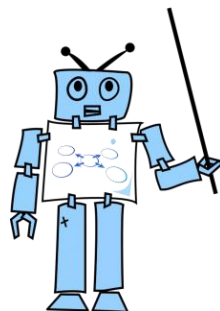
- Control Emergente



<http://bit.do/fSivD>

- Aprendizaje Incremental

- Meta-etiqueta en tareas de diagnóstico



- ML explicativo



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA




INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN AFECTIVA



Jose Aguilar, Jhon Edgar Amaya & Ángel Gil
Editores

“Si buscas resultados distintos, entonces no hagas siempre lo mismo”

A. Einstein

www.ing.ula.ve/~aguilar

<http://www.ing.ula.ve/~aguilar/distinciones/conferencias/>



Algunos últimos artículos

- M. Sanchez, E. Exposito,, J. Aguilar, “Implementing self-* autonomic properties in self-coordinated manufacturing processes for the Industry 4.0 context” ,Computers in Industry, 2020.
- J. Aguilar, J. Cordero, O. Buendia, “Specification of the Autonomic Cycles of Learning Analytic Tasks for a Smart Classroom”, Journal of Educational Computing Research, vol 56 no. 6, pp. 866-891, 2018
- L. Morales, C. Ouedraogo, J. Aguilar, C. Chassot, S. Medjiah, Khalil Drira, “Experimental Comparison of the Diagnostic Capabilities of Classification and Clustering Algorithms for the QoS Management in an Autonomic IoT Platform”, Service Oriented Computing and Applications, Elsevier, 2019
- F. Pacheco, E. Exposito, J. Aguilar, M. Gineste, C. Budoin, “Towards the deployment of Machine Learning solutions in traffic network classification: A systematic survey”. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2019.
- J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, N. Gallego-Salvador, J. Gutiérrez de Mesa, J. Gómez-Pulido, A. García-Tejedor, "A multi-HVAC system autonomic management architecture for smart buildings", IEEE Access, Vol, 7, pp. 123402 – 123415, 2019.
- O Buendia, J. Aguilar, A. Pinto, J. Gutierrez, "Social Learning Analytics for determining Learning Styles in a Smart Classroom", Interactive Learning Environments, Taylor & Francis, 2019
- J. Cordero, ,, J. Aguilar, K. Aguilar, D. Chávez, E. Puerto “Recognition of the Driving Style in Vehicle Drivers”. *Sensors*, Vol. 20, No. 9, 2020
- M. Sanchez, J. Aguilar, E. Exposito, "Fog Computing for the integration of agents and web services in an autonomic reflexive middleware", Service Oriented Computing and Applications, Elsevier, Vol. 12, No. 3-4, pp. 333-347, 2018
- M. Mendonça, J. Aguilar, N. Perozo, “Ontological Emergence Scheme in Self-Organized and Emerging Systems“. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 44, 2020
- “Emotional model for a multi-robot system with emergent behavior” Co-autores: A. Gil, E. Dapena, R. Riva, International Journal of Robotics and Automation, Vol 9, No 3, pp. 220-232, 2020

Algunos últimos artículos

- C. Lopez, J. Aguilar, M. Santorum. "Autonomous VOs Management based on Industry 4.0: A Systematic Literature Review", " Coautor: Aceptado para publicación, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2021.
- F. Díaz, J. Aguilar, J. Altamiranda, N. Pérez, A. Pinto, "An Adaptive System for Emerging Serious Games using a Swarm Intelligence Algorithm" *IEEE Transactions on Game*,, Octubre, 2021 (<http://bit.do/fSdrc>).
- L. Morales, J. Aguilar, A. Rosales D. Pozo-Espin, "A Fuzzy Sliding-Mode Control based on Z-Numbers and LAMDA " *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 117714-117733, 2021 (<http://bit.do/fRDAd>).
- L. Morales, J. Aguilar, O. Camacho, A. Rosales, "An Intelligent Sliding Mode Control based on LAMDA for a class of SISO uncertain systems" *Information Sciences*, Vol 567, pp 75-99, 2021 (<http://bit.do/fPFai>).
- W. Hoyo, J. Aguilar, M. Toro, "Dengue Models Based on Machine-Learning Techniques: A Systematic Literature Review" *Artificial Intelligence In Medicine*, Aceptado para publicación, Vol. 119, 2021 (<http://bit.do/fRLdE>).
- Y. Quintero, D. Ardilas, E. Camargo, F. Rivas, J. Aguilar, "Machine Learning Models for the Prediction of the SEIRD variables for the COVID-19 pandemic based on a Deep Dependence Analysis of Variables", *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 134, 2021 (<https://tinyurl.com/y96dzvwb>).
- L. Restrepo, J. Aguilar, M. Toro, E. Suescún. "A sustainable-development approach for self-adaptive cyber-physical system's life cycle: A systematic mapping study". *Journal of Systems & Software*, Vol. 180, 2021 (<http://bit.do/fQ23P>).
- C. Ouedraogo, S. Medjah, C Chassot, K. Drira, J. Aguilar, "A Cost-Effective Approach for End-to-End QoS Management in NFV-enabled IoT Platforms" *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 5, pp. 3885-3903, vol. 8, No. 5, 2021, (<http://bit.do/fJMKv>).
- C. Salazar, E. Montoya. J. Aguilar, "Analysis of different affective state multimodal recognition approaches with missing data-oriented to virtual learning environment". *Heliyon*, Vol. 7, No. 6, 2021 (<http://bit.do/fQ7F7>).