



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

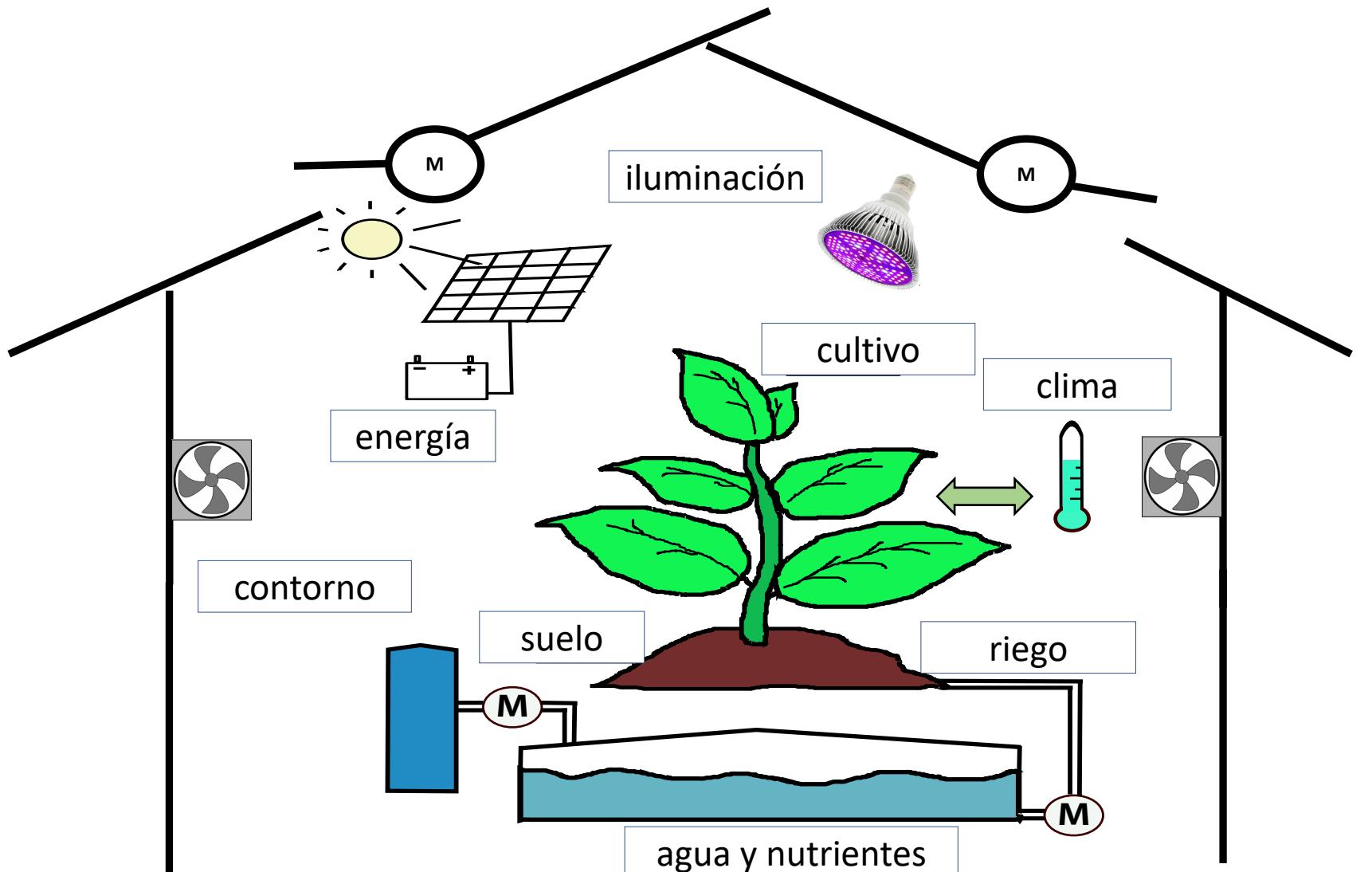
Tecnologías Habilitadoras Digitales para el control y automatización en invernaderos

La cuarta revolución industrial

presentado por:

Francisco Javier Ferrández Pastor

ESCENARIO: SUBSISTEMAS EN EL INVERNADERO

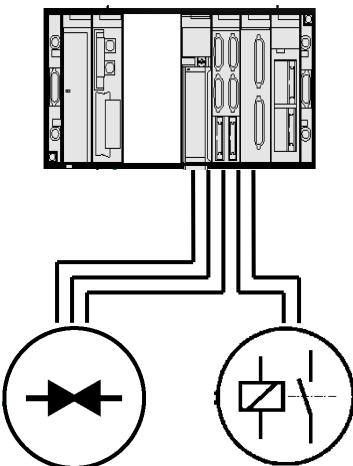




ESCENARIO: AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



PLC1



bloque de control 1

Riego



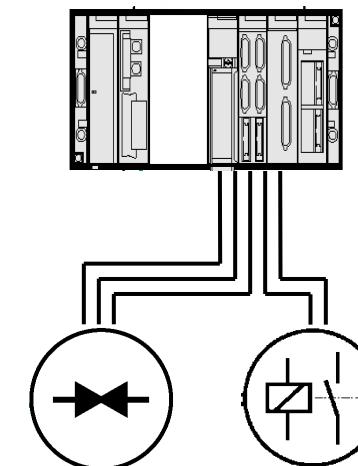
PLC2

bloque de control 2

Clima



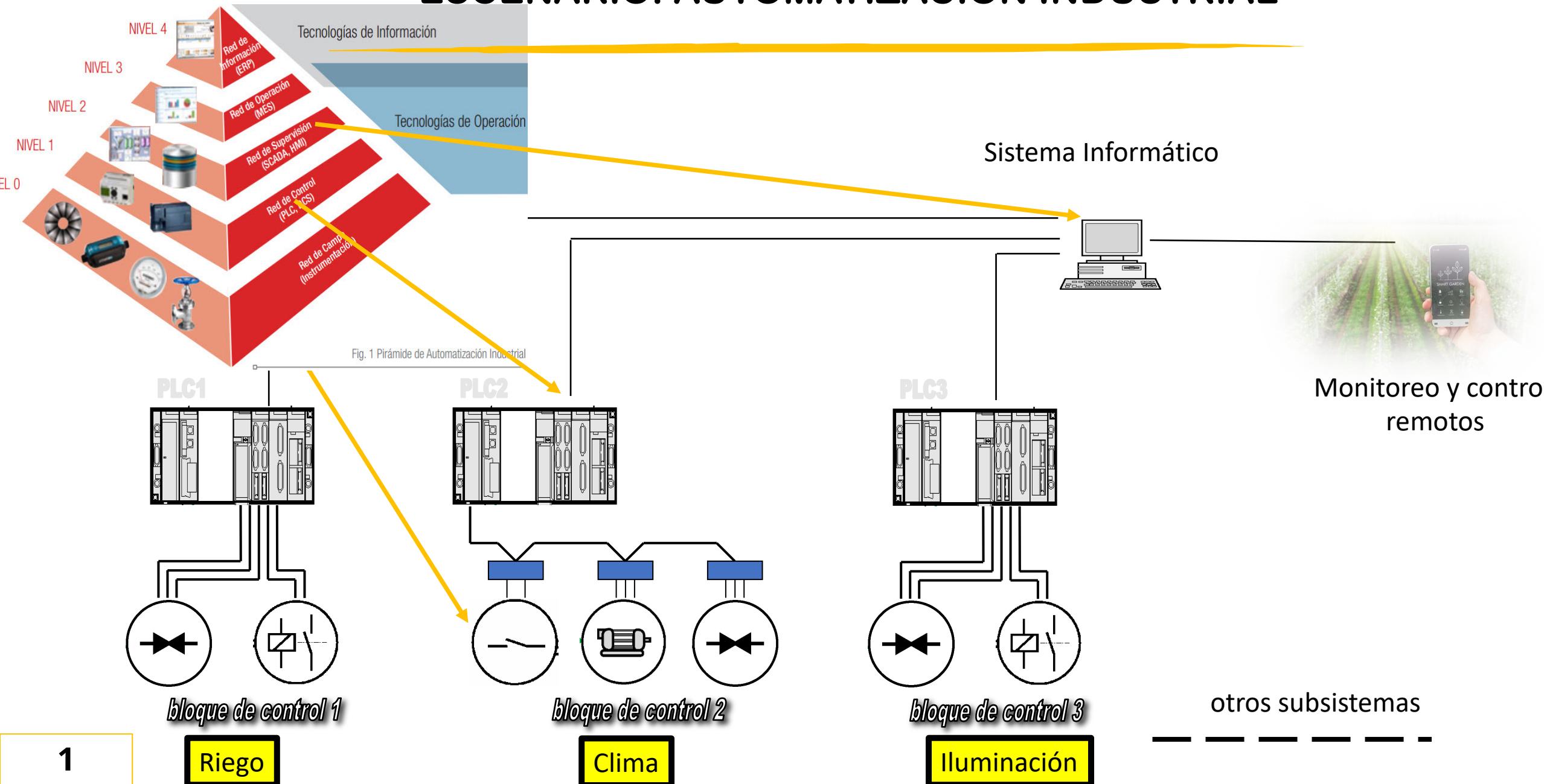
PLC3



bloque de control 3

Iluminación

ESCENARIO: AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL





ESCENARIO: AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



- El modelo jerarquizado ofrece el soporte para desarrollar soluciones que automatizan y optimizan procesos
- Este modelo, sin embargo, tiene algunas limitaciones:
 - 1. Las comunicaciones entre los diferentes subsistemas no está resuelto
 - 2. Las comunicaciones están basadas en protocolos no interoperables
 - 3. Hay poca flexibilidad para la adaptación a las necesidades concretas de los usuarios
 - 4. Son instalaciones complejas, con altos costes de instalación, mantenimiento y operación
 - 5. El modelo promueve el desarrollo de sistemas propietarios
 - 6. En pequeñas explotaciones es difícil de desplegar y amortizar



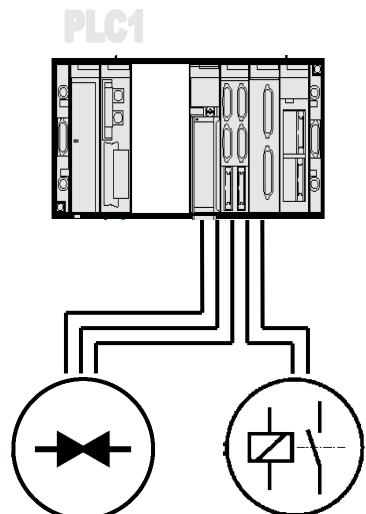
ESCENARIO: AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

- El impulso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (**TIC**) hacen que el modelo jerarquizado de la **pirámide de automatización** se vea enriquecido e incluso sustituido con nuevas formas de gestión de los datos
- Estas nuevas posibilidades vienen de la mano de las redes de comunicación basadas en los protocolos desplegados por las **tecnologías web**
- De un modelo vertical se propone un despliegue horizontal basado en redes de comunicación corporativas

ESCENARIO: INTEGRACIÓN TICC

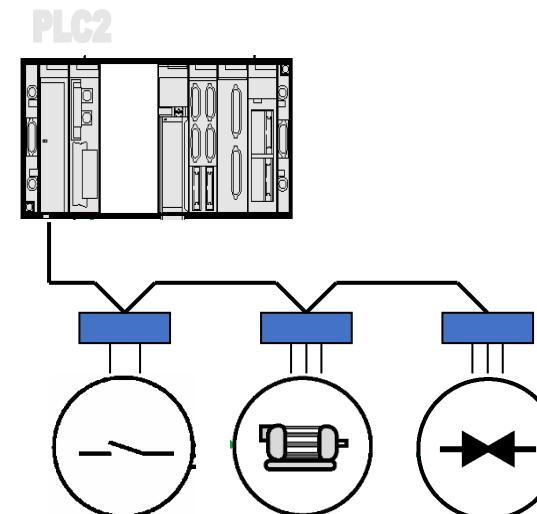
red corporativa (intranet)

Los protocolos sobre los que se desarrolla internet proporcionan el soporte horizontal sobre el cual proponer nuevas alternativas y mejoras



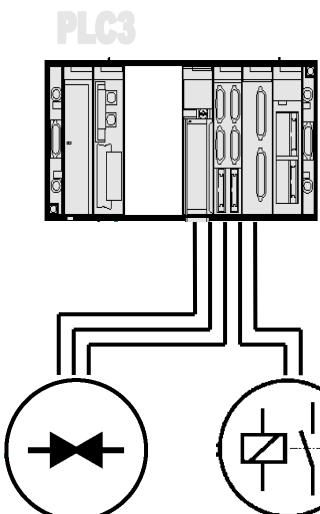
bloque de control 1

Riego



bloque de control 2

Clima

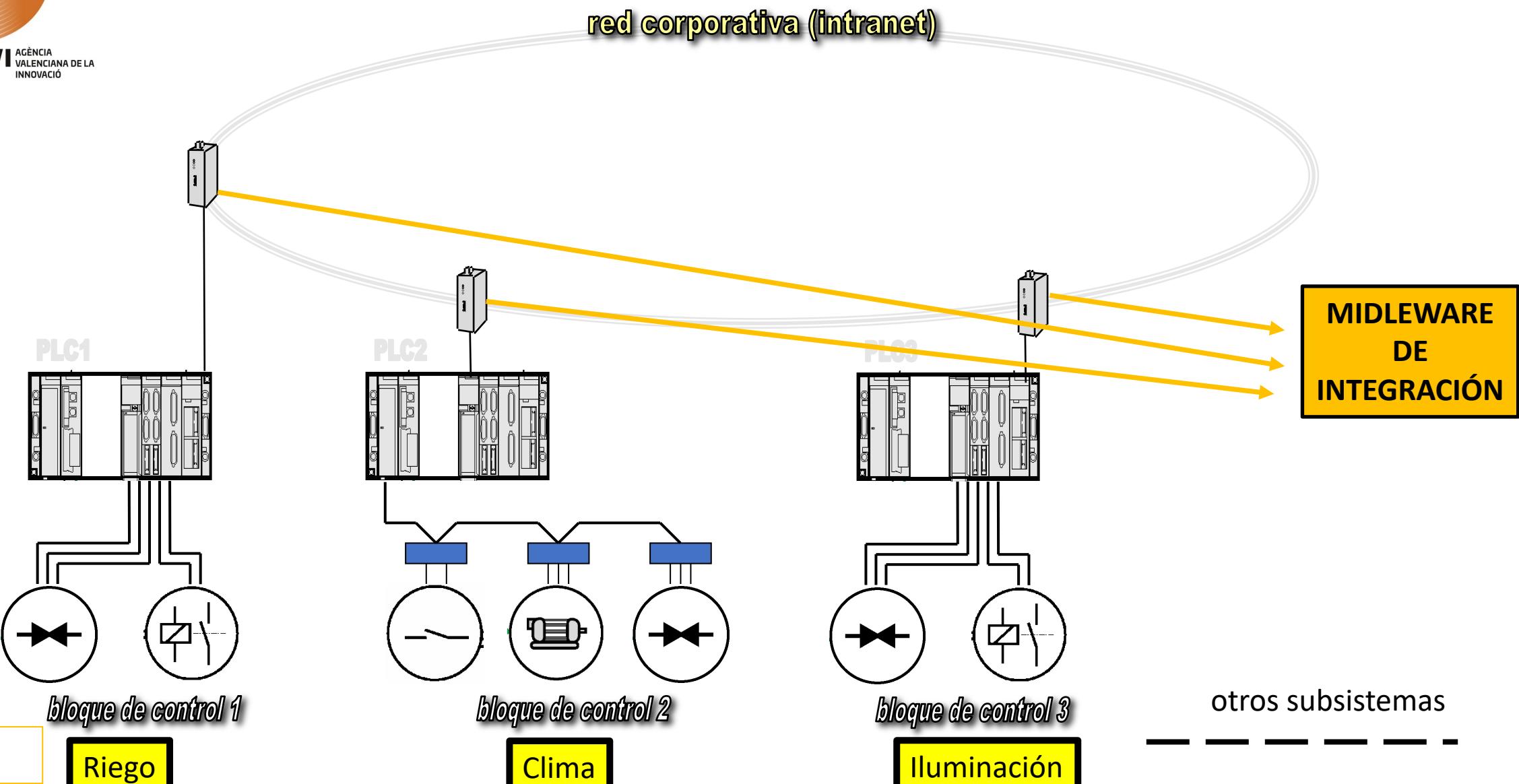


bloque de control 3

Illuminación

otros subsistemas

ESCENARIO: INTEGRACIÓN TICC



ESCENARIO: INTEGRACIÓN TICC



Desarrollo de servicios
dirigidos al usuario

SOPORTE SOFTWARE (web)

Desarrollo de servicios TIC
(monitorización y control)

**MIDDLEWARE
DE
INTEGRACIÓN**

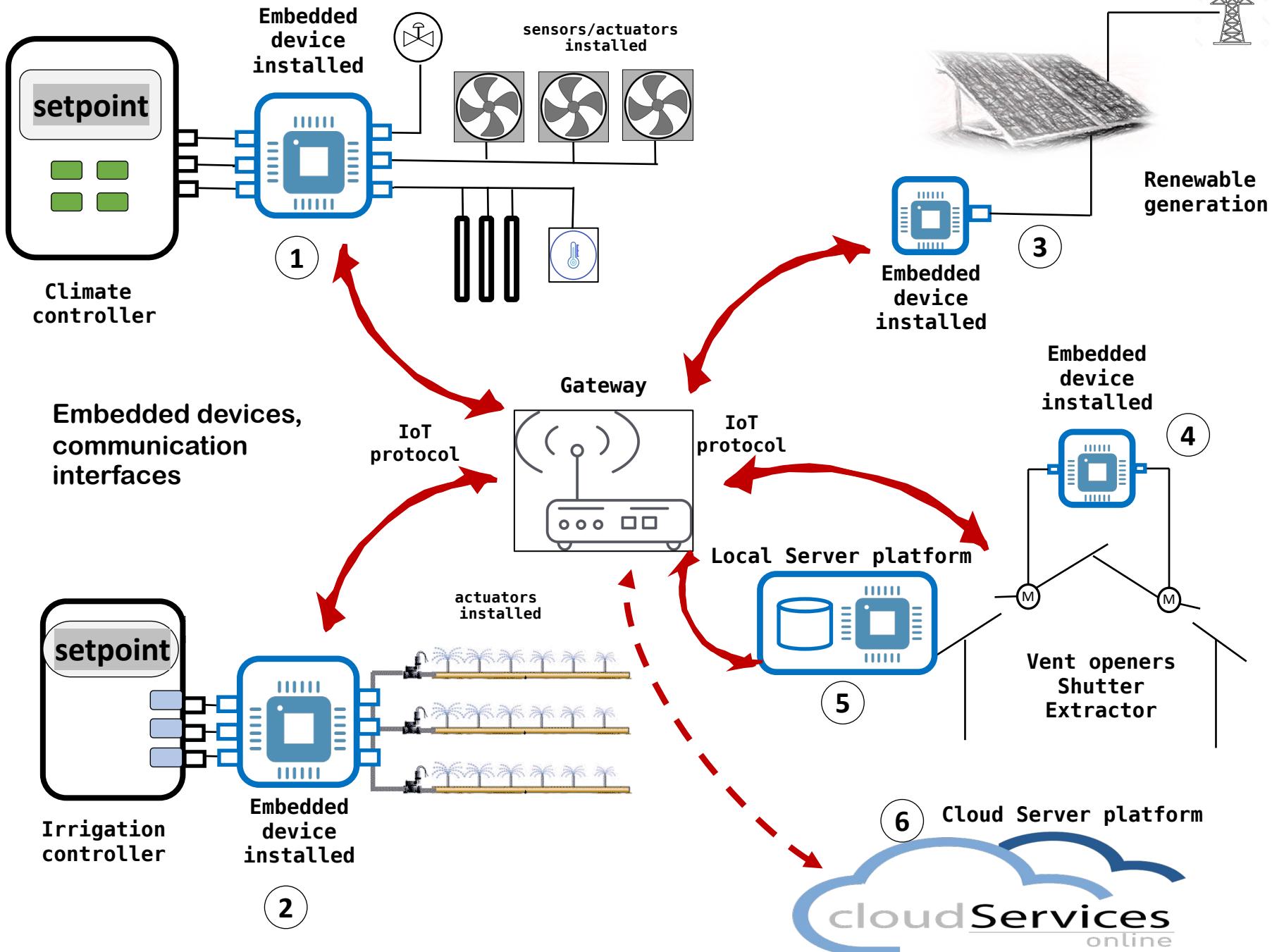


EVOLUCIÓN: CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL



- El objetivo de la capa middleware es el de promover mejoras a las limitaciones existentes: Mejorar la relación de los costes, evitar sistemas propietarios, aumentar las capacidades de las comunicaciones, ampliar la flexibilidad, posibilitar el diseño de sistemas adaptados a las necesidades de los usuarios
- Las tecnologías **TIC**, con el despliegue, uso y desarrollo de internet desde hace años, no sólo han aportado nuevas posibilidades para el diseño y desarrollo de instalaciones, sino que además están en el origen de una nueva evolución (**revolución**). Son las denominadas **Tecnologías Habilitadoras Digitales**, que forman parte de la **cuarta revolución industrial**.

EVOLUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA

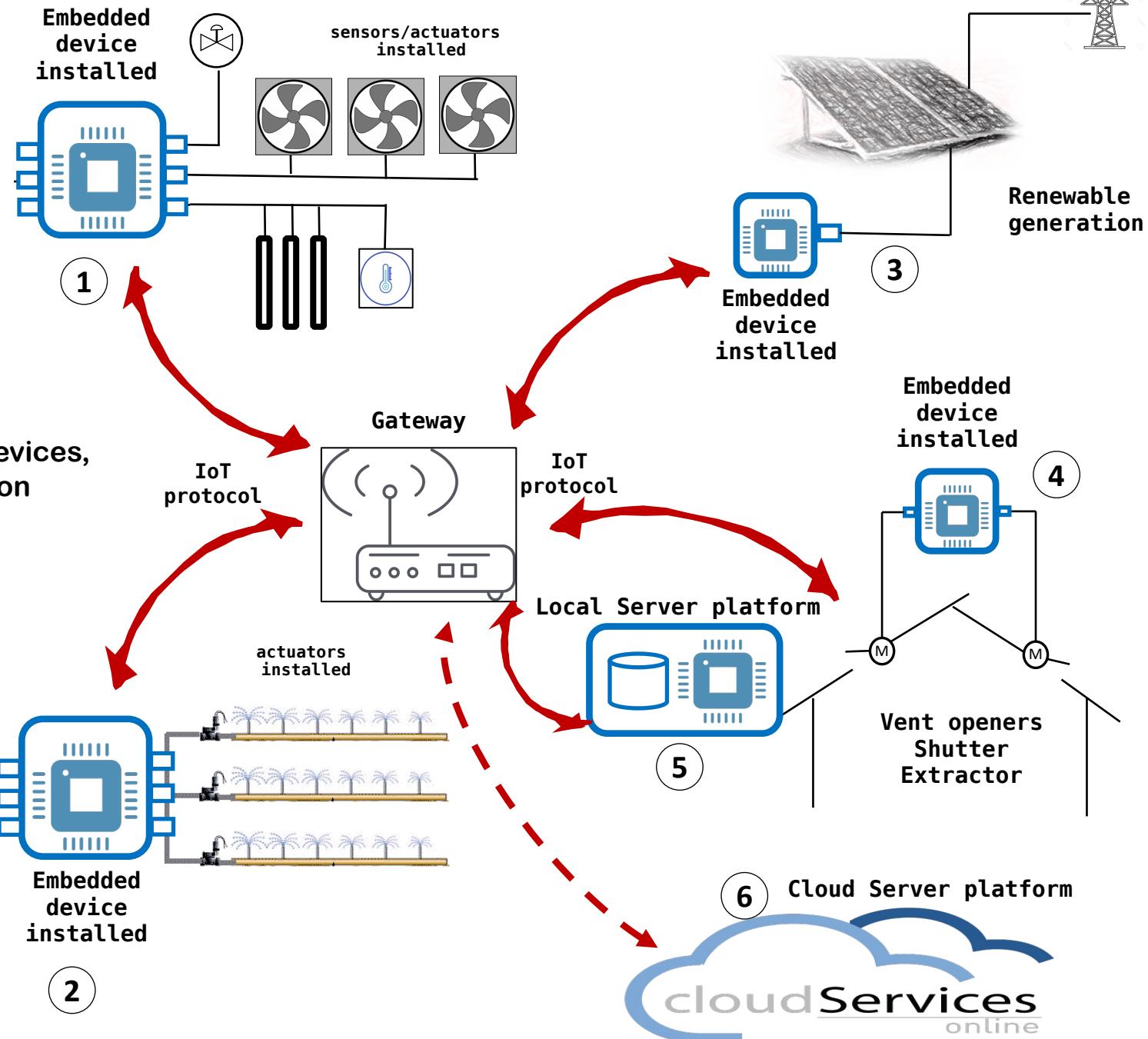




PROPIUESTA DE INSTALACIÓN MEDIANTE SISTEMAS EMBEBIDOS

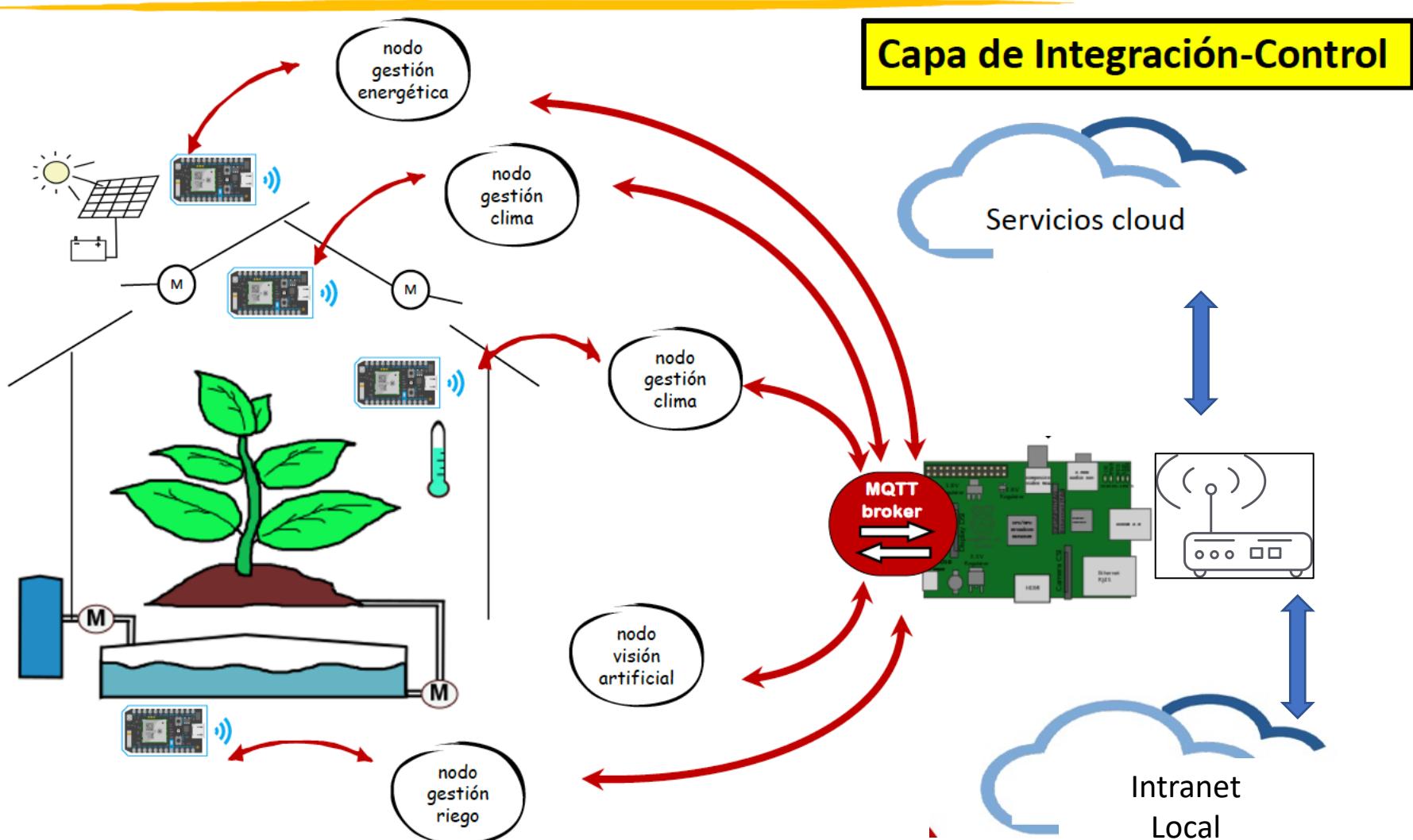


Embedded devices,
communication
interfaces

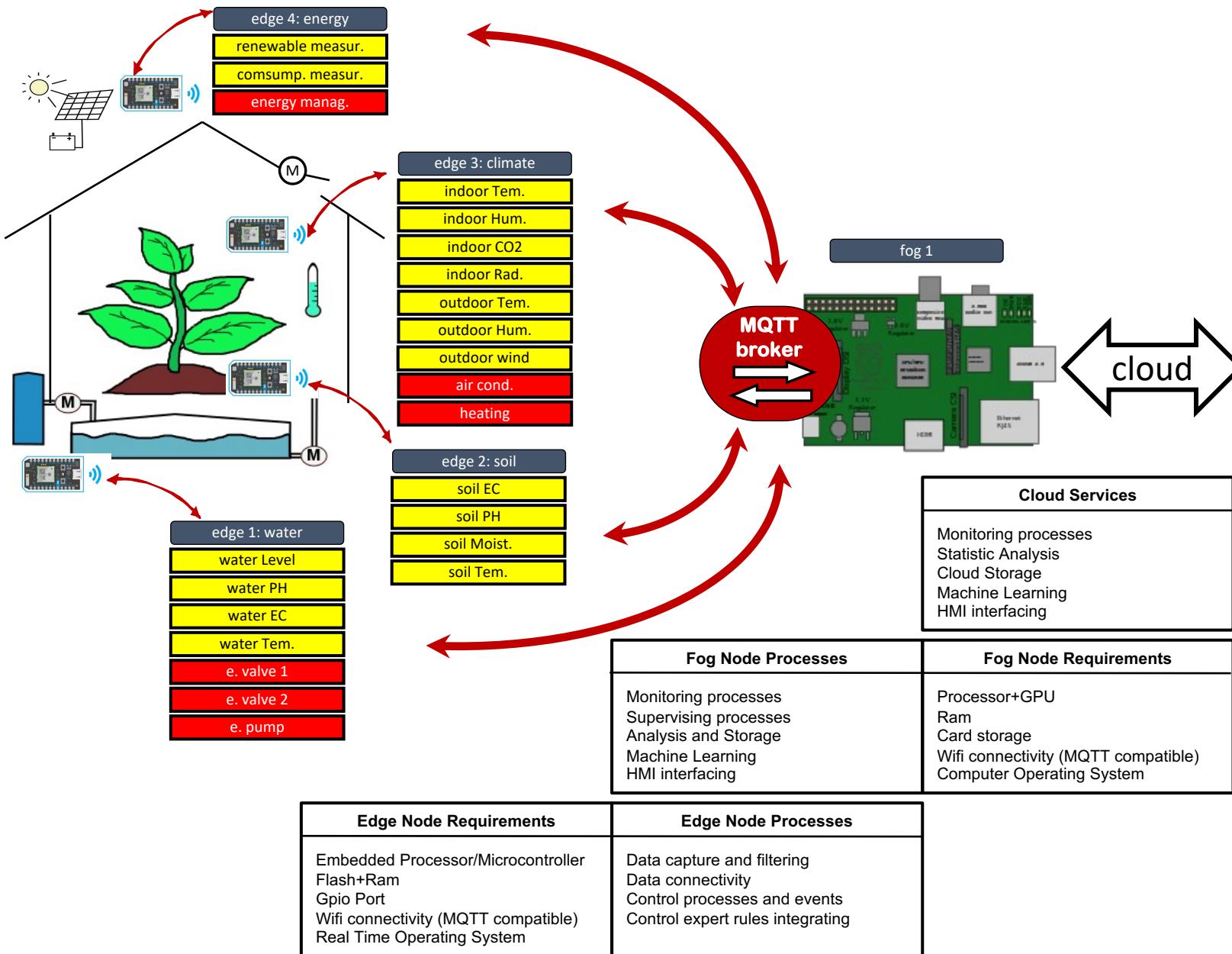


EJEMPLO DE
PROTOTIPO
EN INVERADERO
DEMOSTRADOR

Ejemplo de Sistema de Comunicación y Control



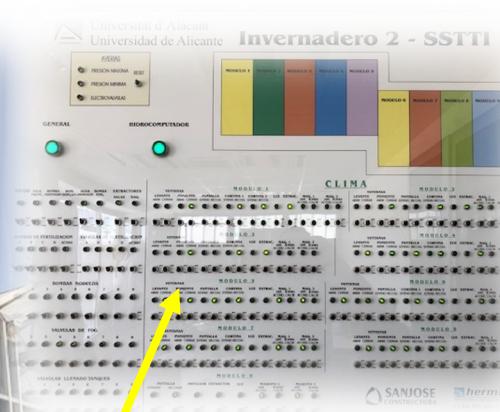
EJEMPLO DE PROTOTIPO EN INVERADERO DEMOSTRADOR





Ventanales

AVI VALENCIANA DE LA INNOVACIÓ



Cuadro de control general

Mallas Sombreado

Lámparas

Aire acondicionado

Extractor

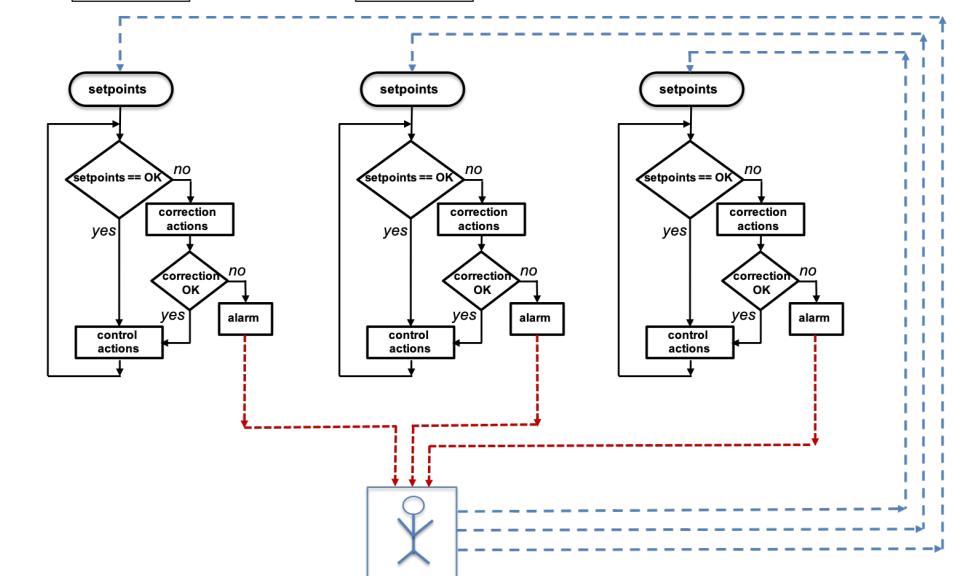
Sistema Fog

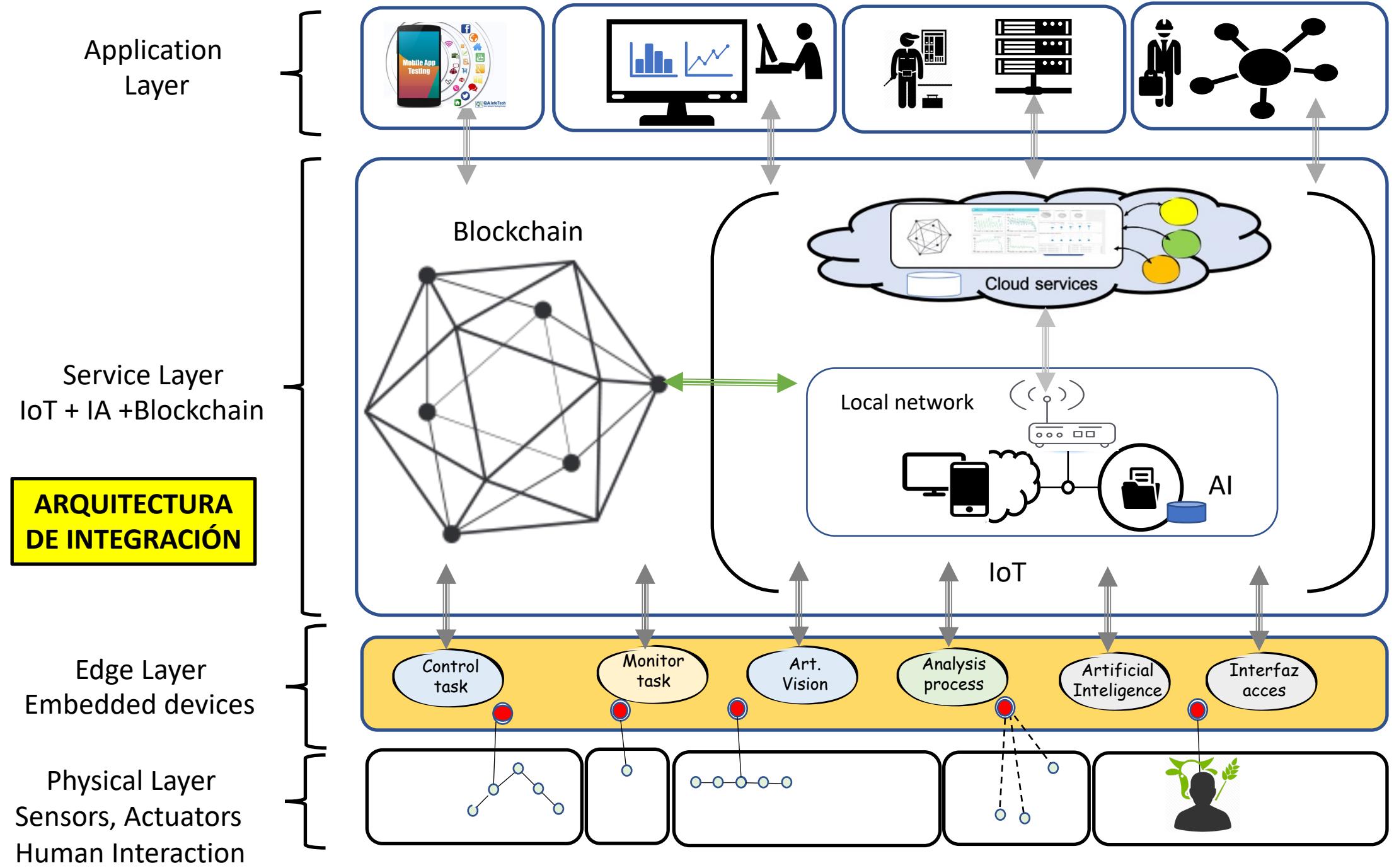


Clima subsystem

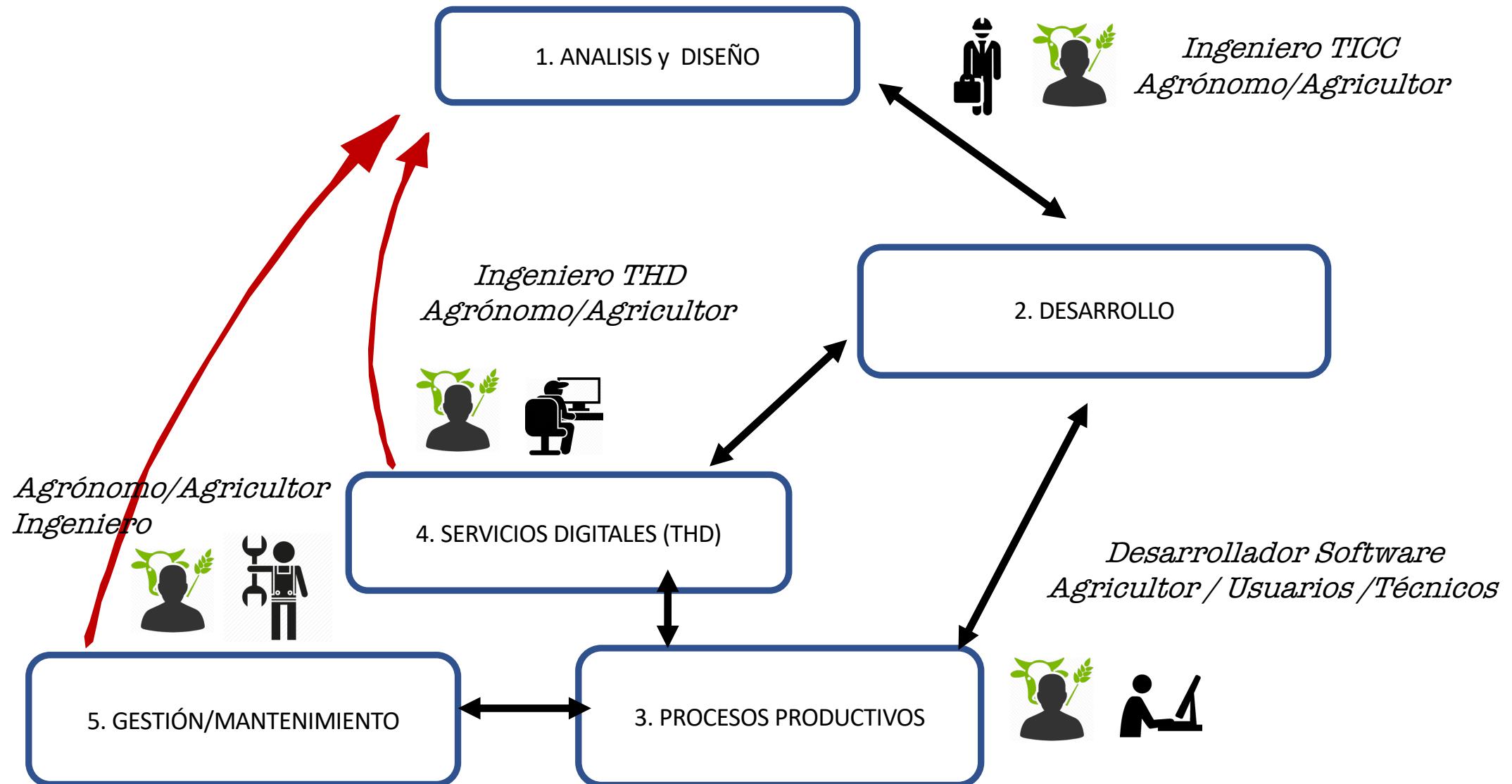
Irrigation subsystem

Vent op. subsystem

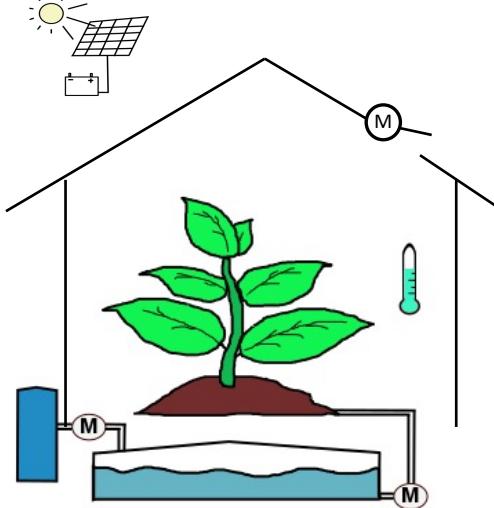




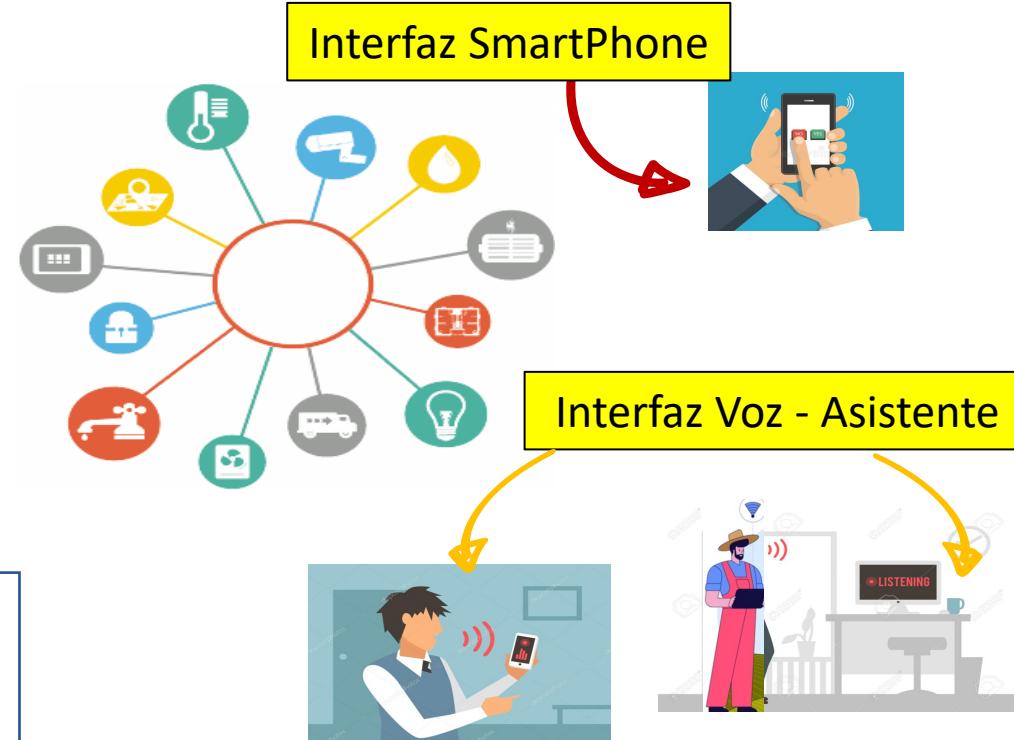
Diseño Centrado en el Usuario



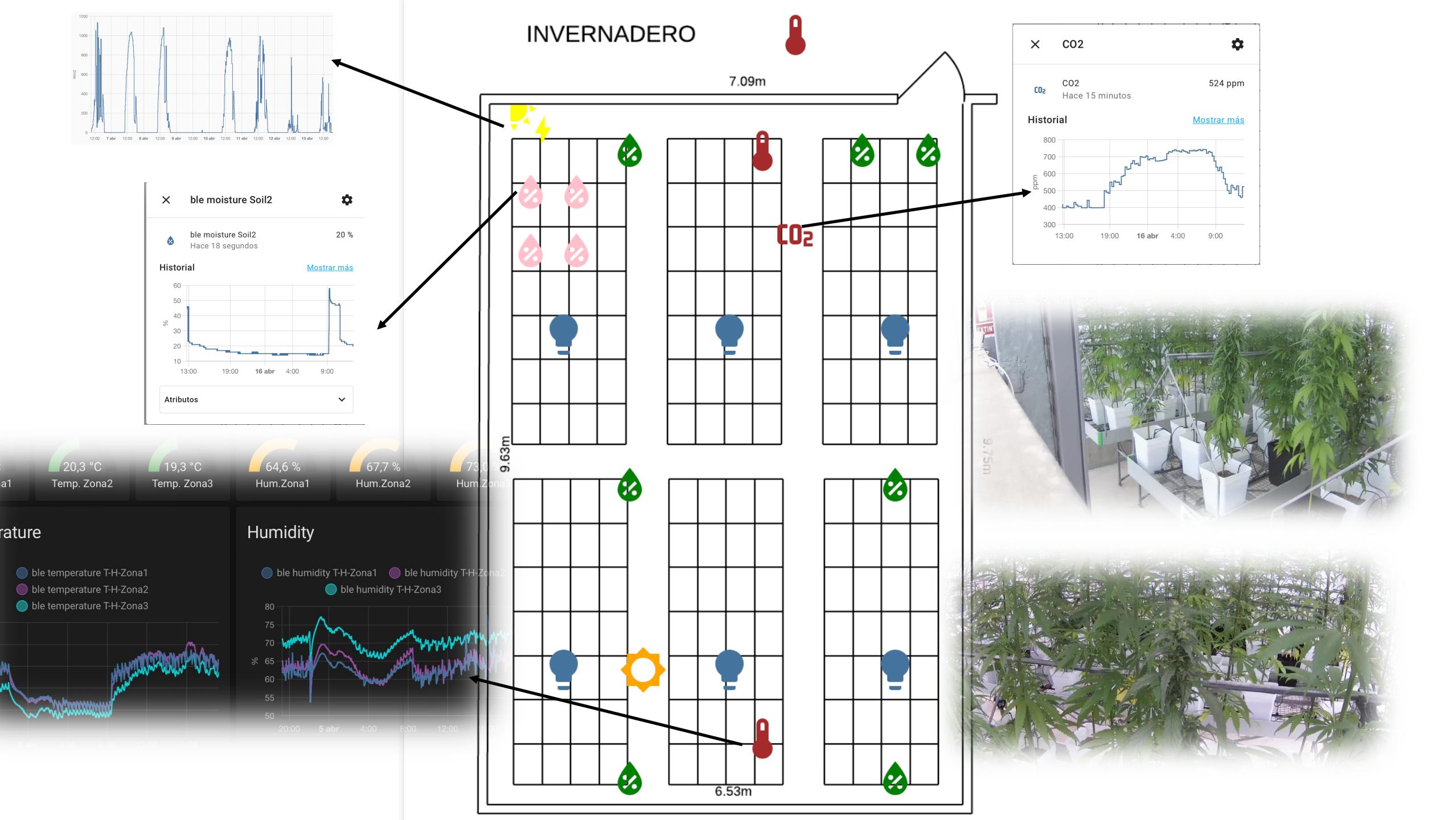
Diseño Centrado en el Usuario: Interfaces



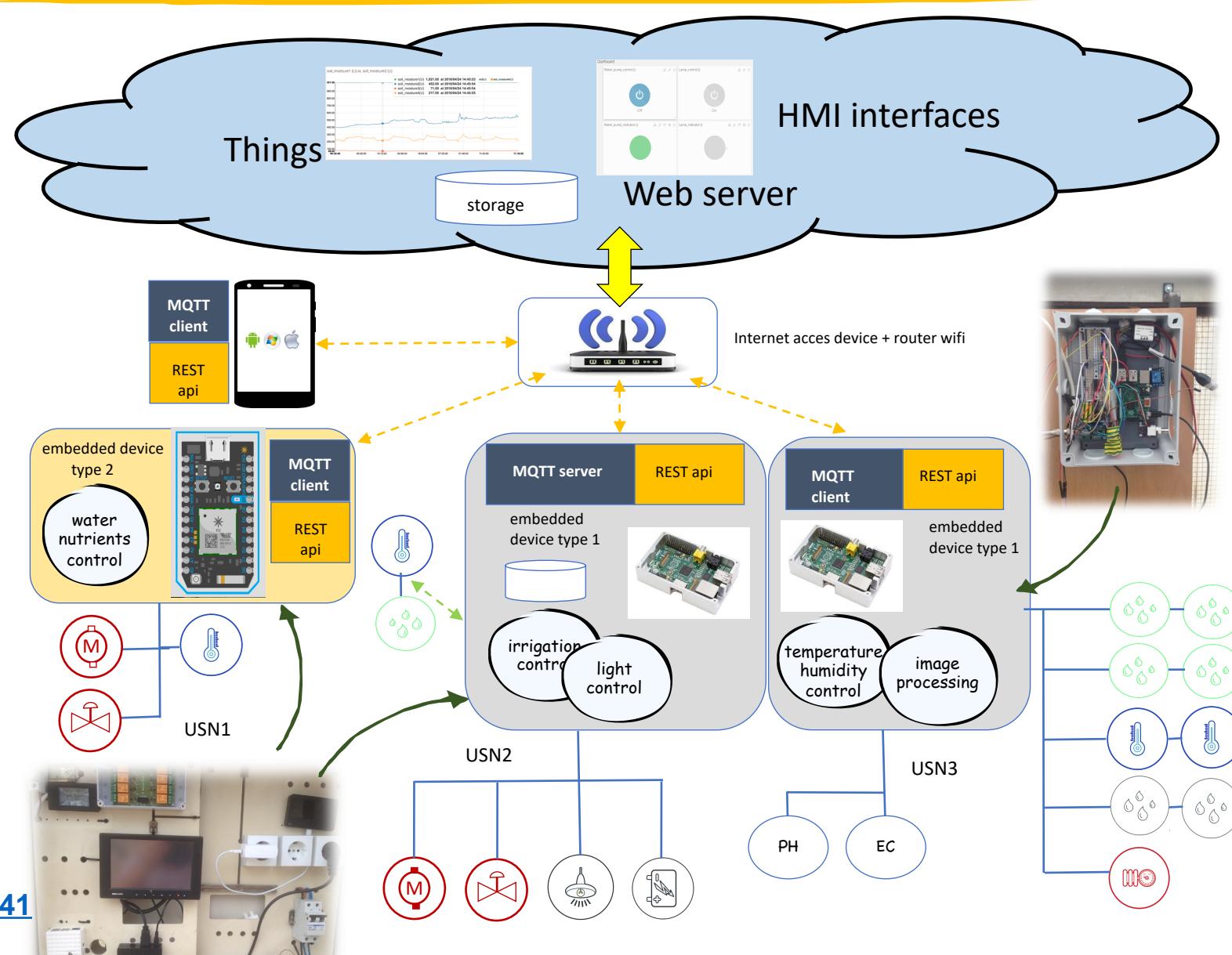
Interfaz Web



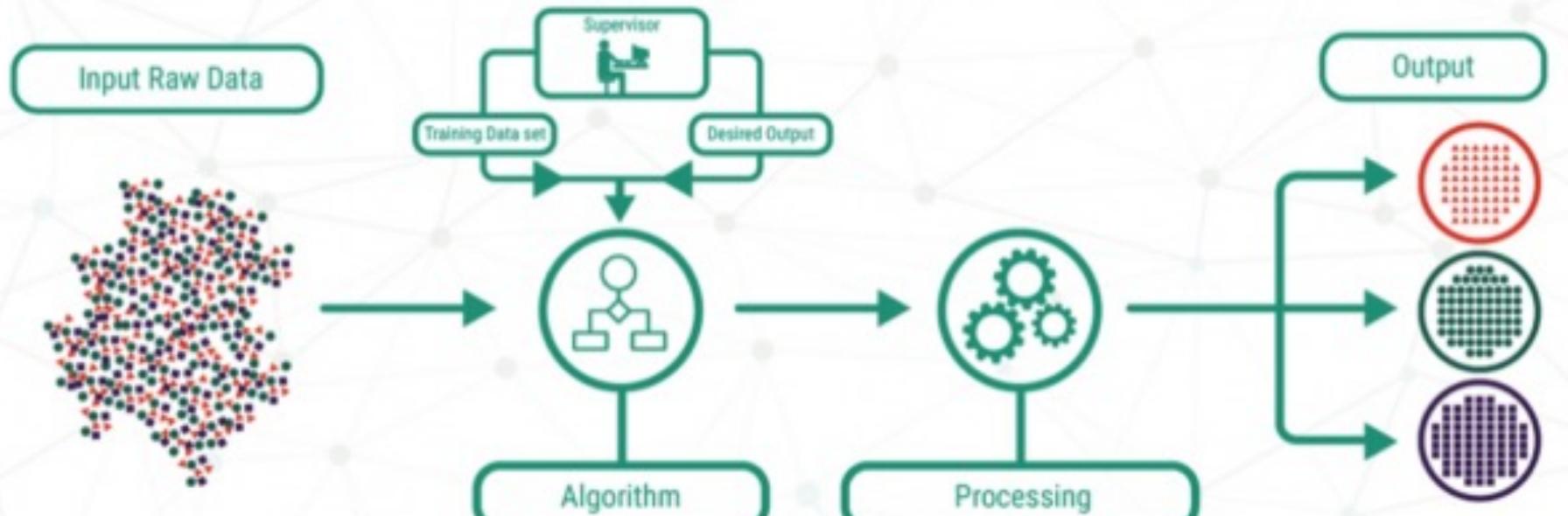
INVERNADERO



Internet de las cosas: Datos interoperables

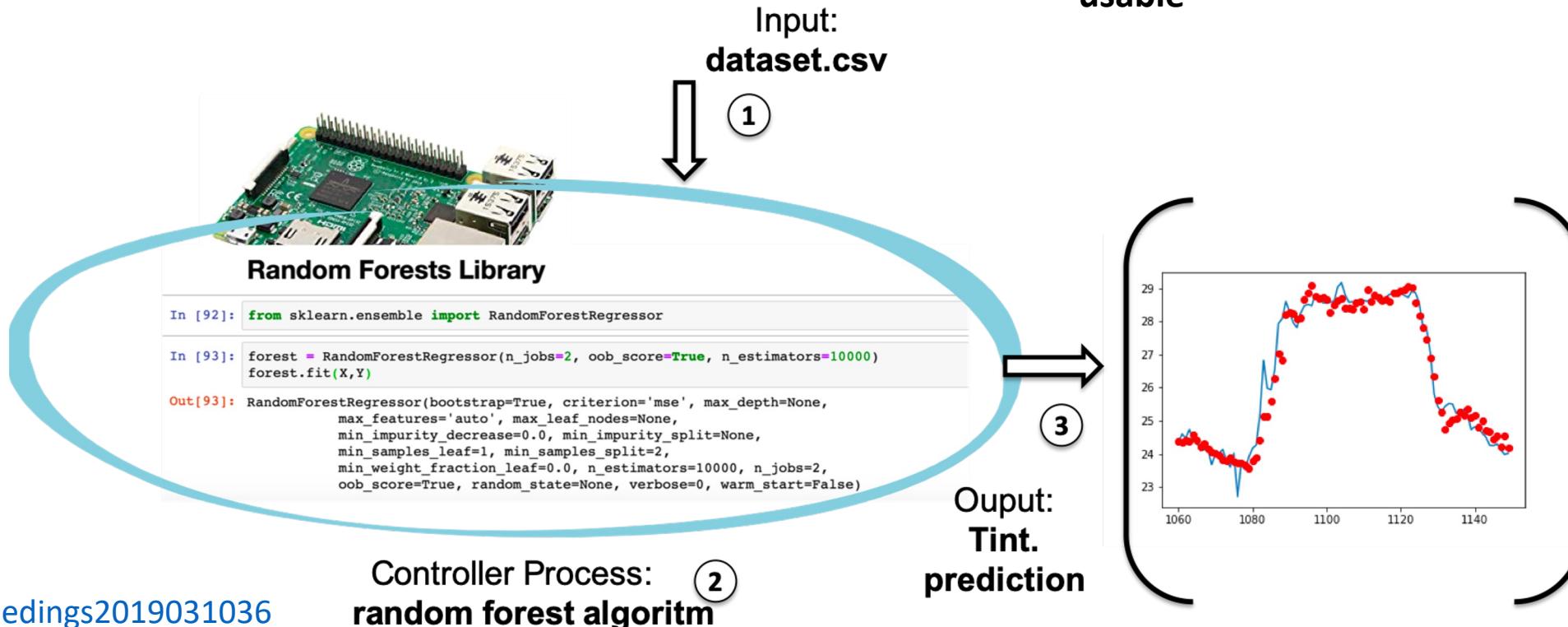


Inteligencia artificial: reconocimiento

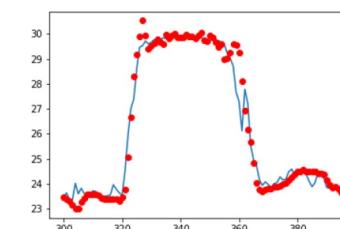
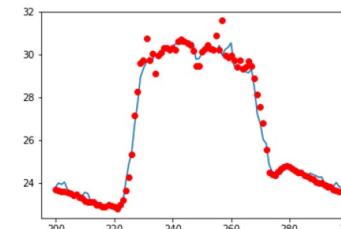
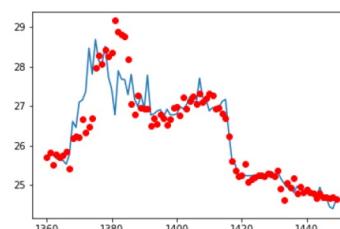
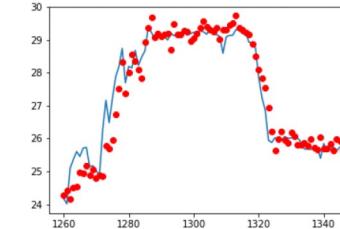
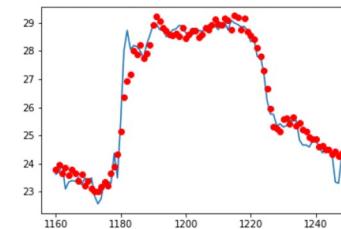
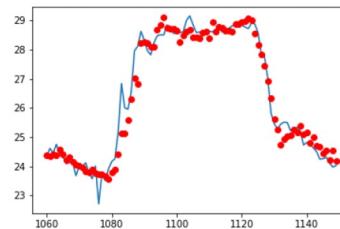
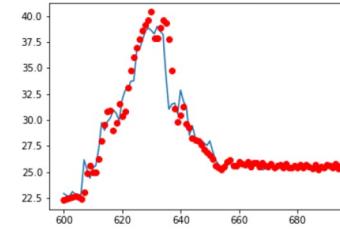
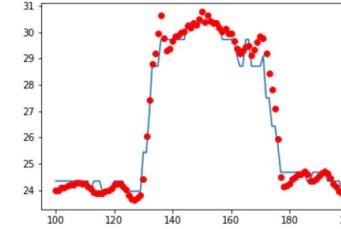
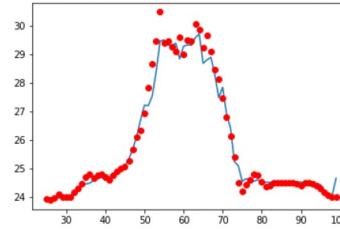


Trabajo experimental en invernadero: predicción Temperatura

	Texterior	HRexterior	Viento	Dviento	Radiacion	HRinterior	Tinterior
0	13.581	93.238	3.06870	43.144	1.3312	59.931	24.044
1	13.500	93.638	1.35620	43.137	1.2812	59.819	23.969
2	13.531	93.856	0.64375	54.394	1.3125	59.756	23.900
3	13.581	93.906	0.43750	58.294	1.3313	59.638	23.950
4	13.544	93.963	0.20625	69.912	1.3250	59.550	24.000



Trabajo experimental en invernadero: predicción Temperatura



DOI:

[10.3390/proceedings2019031036](https://doi.org/10.3390/proceedings2019031036)

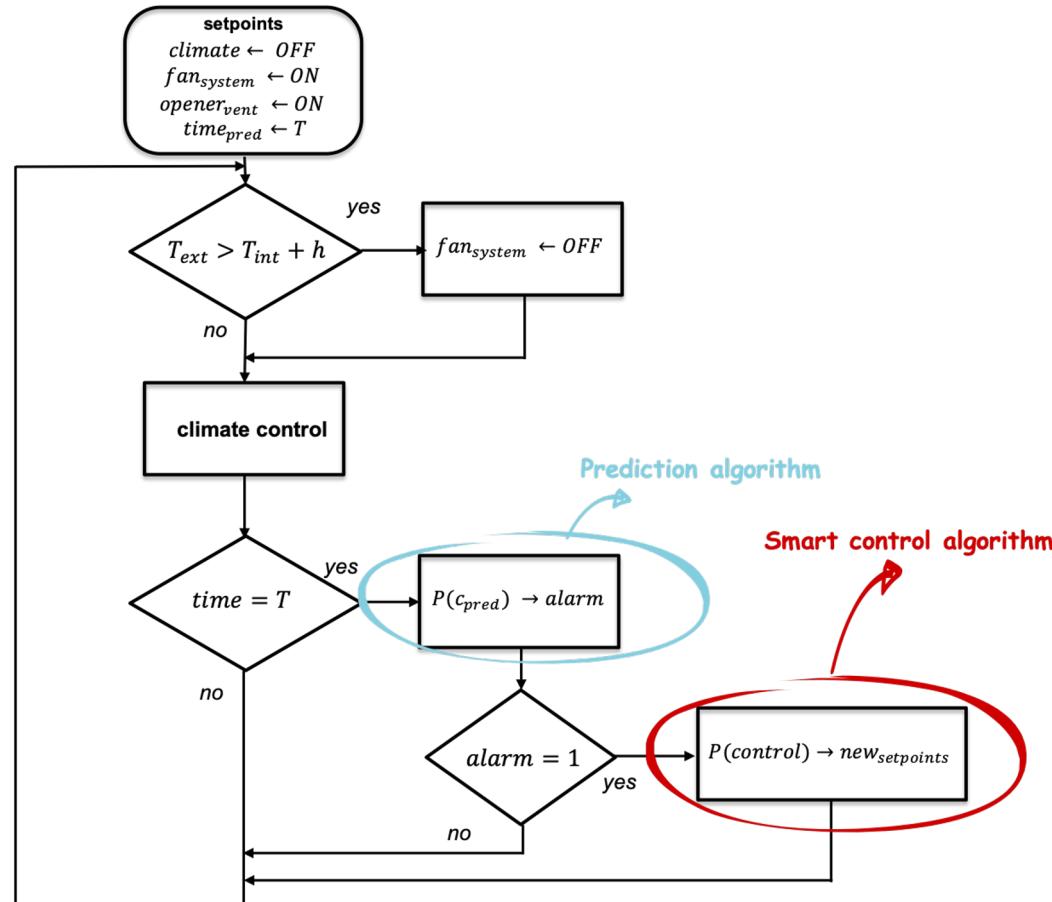
Every 15 min the algorithm predicts the expected temperature.

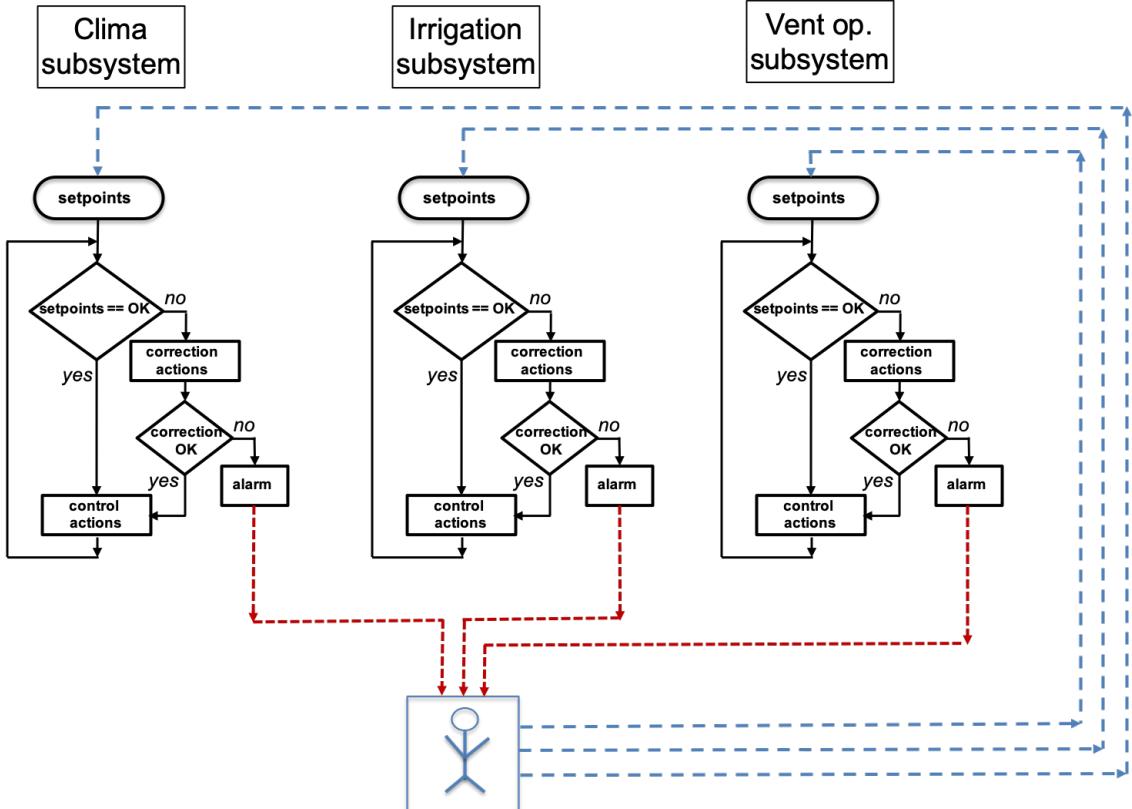
With this prediction the system can act and make control decisions. The installed controller has stored a dataset of values for the last 30 days of operation

Trabajo experimental en invernadero: predicción Temperatura

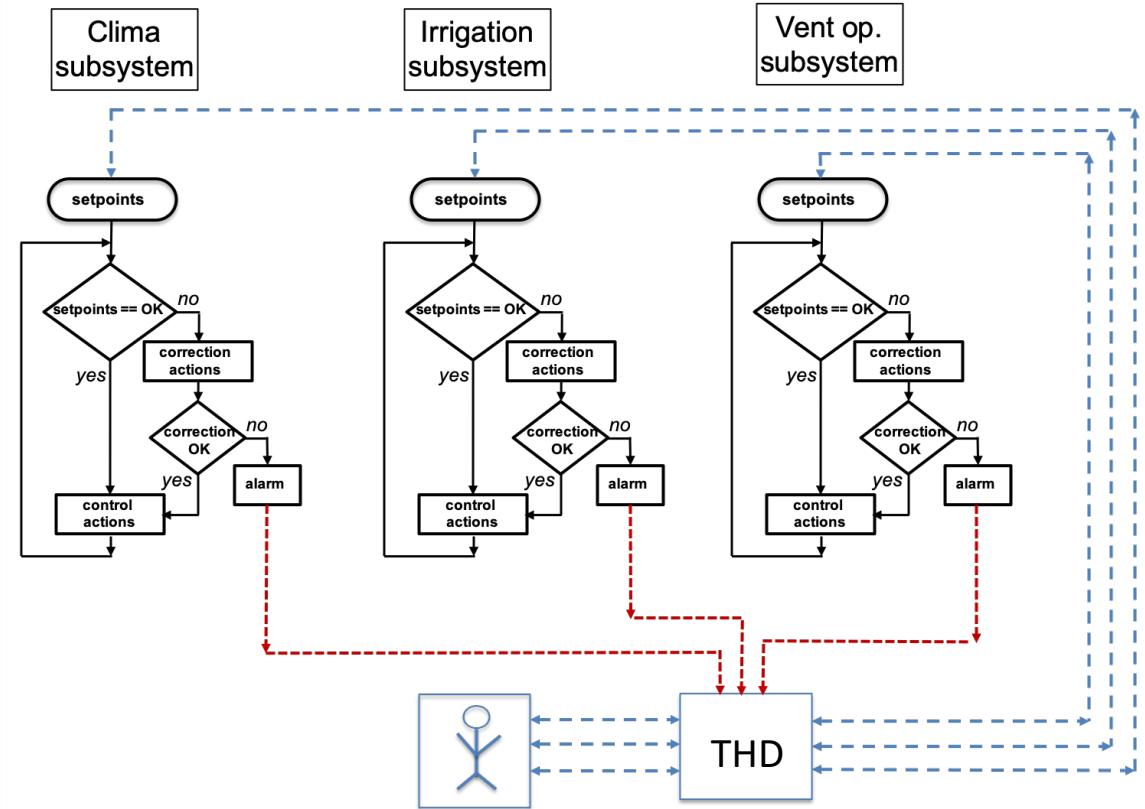
DOI:

[10.3390/proceedings2019031036](https://doi.org/10.3390/proceedings2019031036)





**DISEÑO DE SERVICIOS
BASADOS EN PARADIGMAS
IA**



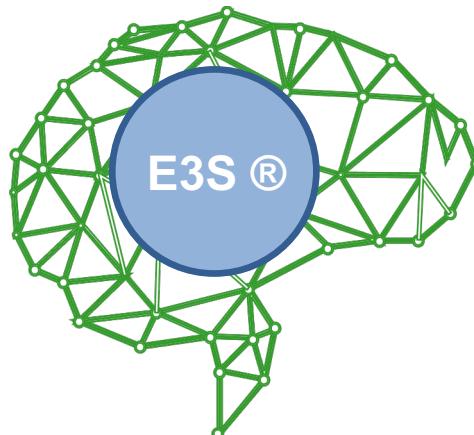
INTERFACES: Desarrollo Centrado en el usuario
MONITORIZACIÓN Y CONTROL: IoT + Sistemas embebidos
ASISTENTE INTELIGENTE: IA, Big Data, Visión Artificial
TRAZABILIDAD: Blockchain

E3S®: Algoritmo AI mercado eléctrico

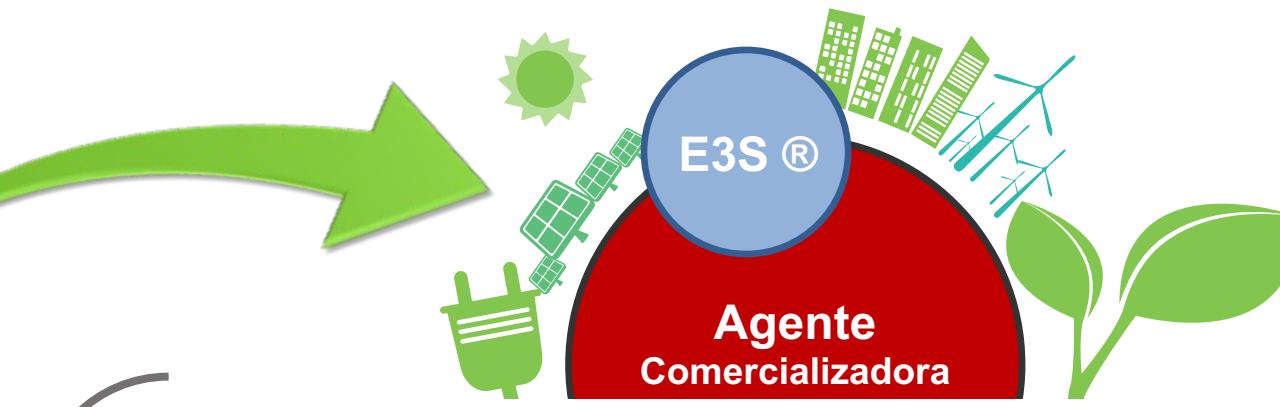
AVI



Algoritmo de predicción



Servicios de comercialización



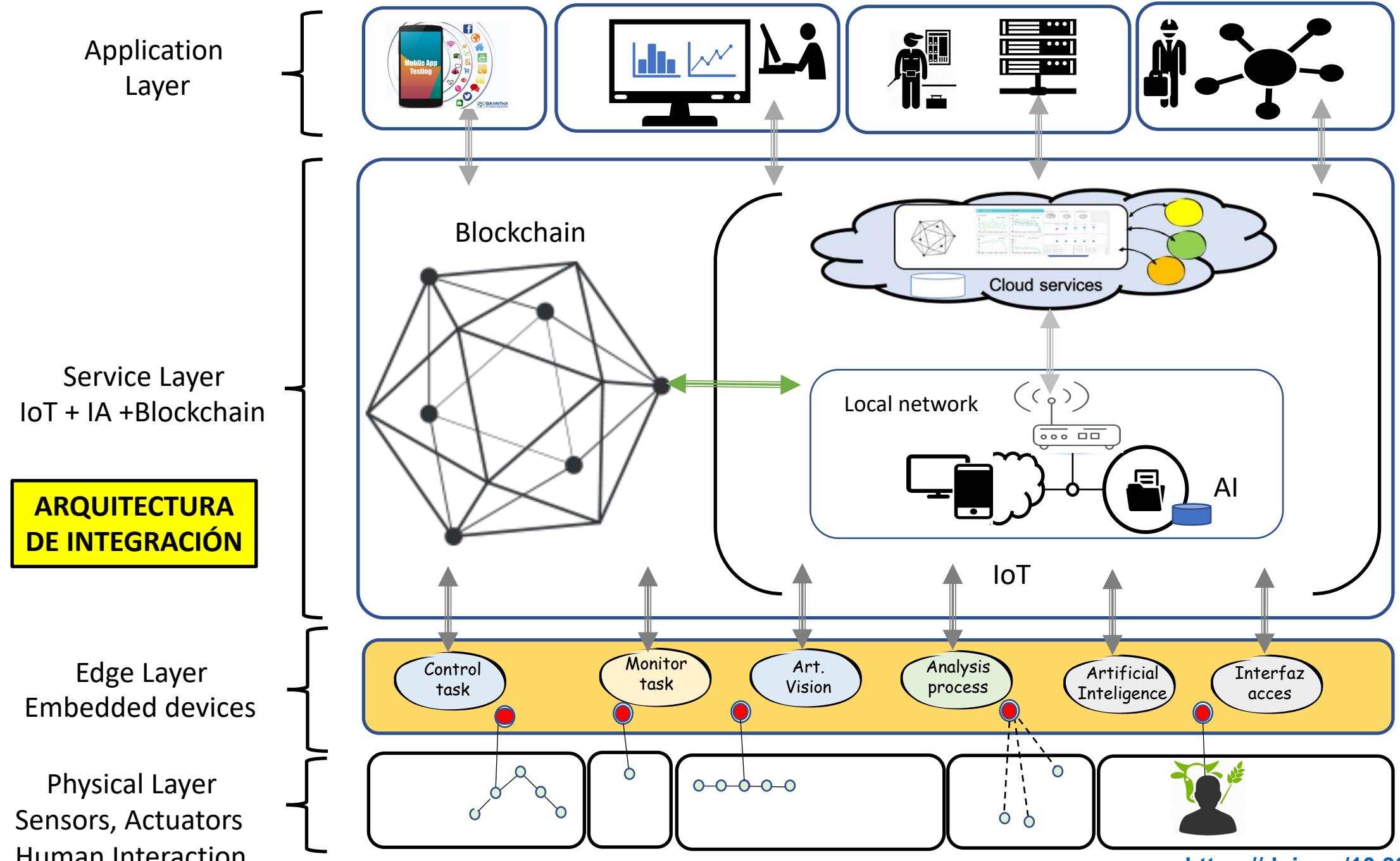
Ejemplo de fichero de datos enviado a la comercializadora

	demandad1	generaSolarD1	generaEolicaD1	renovable	Norenovable	gas	carbon	CO2	oil	precioT_1	precioT_2	precioT_3	precioT_4	precioT_5	precioT_6	francia	precio
0	25712.0	632.0	5296.62	6665.0	19047.0	5.475	49.0	28.98	43.31	34.64	38.99	39.00	38.99	36.10	36.18	-900.0	34.19
1	24073.0	615.5	5521.54	6174.0	17899.0	5.475	49.0	28.98	43.31	34.19	34.64	38.99	39.00	38.99	36.10	150.0	33.42
2	22951.0	598.3	5372.12	6083.0	16868.0	5.475	49.0	28.98	43.31	33.42	34.19	34.64	38.99	39.00	38.99	150.0	32.53
3	22350.0	585.2	5474.50	6049.0	16301.0	5.475	49.0	28.98	43.31	32.53	33.42	34.19	34.64	38.99	39.00	150.0	32.32
4	22274.0	532.9	5926.68	5795.0	16479.0	5.475	49.0	28.98	43.31	32.32	32.53	33.42	34.19	34.64	38.99	150.0	32.68
5	22787.0	434.6	6076.83	5424.0	17363.0	5.475	49.0	28.98	43.31	32.68	32.32	32.53	33.42	34.19	34.64	150.0	32.94
6	24671.0	328.9	6393.97	6050.0	18621.0	5.475	49.0	28.98	43.31	32.94	32.68	32.32	32.53	33.42	34.19	150.0	33.39
7	26771.0	682.5	6429.01	6352.0	20419.0	5.475	49.0	28.98	43.31	33.39	32.94	32.68	32.32	32.53	33.42	-900.0	35.82
8	28990.0	2302.1	6788.86	8052.0	20938.0	5.475	49.0	28.98	43.31	35.82	33.39	32.94	32.68	32.32	32.53	-1100.0	37.11
9	31081.0	4939.8	7270.06	10272.0	20809.0	5.475	49.0	28.98	43.31	37.11	35.82	33.39	32.94	32.68	32.32	-1100.0	36.62
10	32483.0	7046.6	7040.92	13039.0	19444.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.62	37.11	35.82	33.39	32.94	32.68	-1100.0	36.16
11	33231.0	8122.2	7103.48	13889.0	19342.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.16	36.62	37.11	35.82	33.39	32.94	-1100.0	36.09
12	34295.0	8669.3	7176.87	14305.0	19990.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.09	36.16	36.62	37.11	35.82	33.39	-1100.0	36.11
13	35039.0	8867.8	7135.84	14931.0	20108.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.11	36.09	36.16	36.62	37.11	35.82	-1100.0	35.98
14	34691.0	8849.6	7126.10	15167.0	19524.0	5.475	49.0	28.98	43.31	35.98	36.11	36.09	36.16	36.62	37.11	-1100.0	36.12
15	33986.0	8634.4	7136.76	15715.0	18271.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.12	35.98	36.11	36.09	36.16	36.62	-1100.0	36.30
16	33791.0	8180.7	7257.81	15600.0	18191.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.30	36.12	35.98	36.11	36.09	36.16	-1100.0	36.42
17	33707.0	7422.3	7067.10	15408.0	18299.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.42	36.30	36.12	35.98	36.11	36.09	-1100.0	36.43
18	33342.0	6155.1	6943.52	15390.0	17952.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.43	36.42	36.30	36.12	35.98	36.11	-900.0	36.94
19	32999.0	4346.6	7122.38	15585.0	17414.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.94	36.43	36.42	36.30	36.12	35.98	-900.0	36.74
20	32448.0	1910.8	8246.89	14365.0	18083.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.74	36.94	36.43	36.42	36.30	36.12	-900.0	36.77
21	31951.0	586.2	9656.88	13716.0	18235.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.77	36.74	36.94	36.43	36.42	36.30	-900.0	36.50
22	30986.0	327.9	8253.74	13600.0	17386.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.50	36.77	36.74	36.94	36.43	36.42	-900.0	36.60
23	28920.0	489.3	9802.55	13434.0	15963.0	5.475	49.0	28.98	43.31	36.60	36.50	36.77	36.74	36.94	36.43	-900.0	34.64

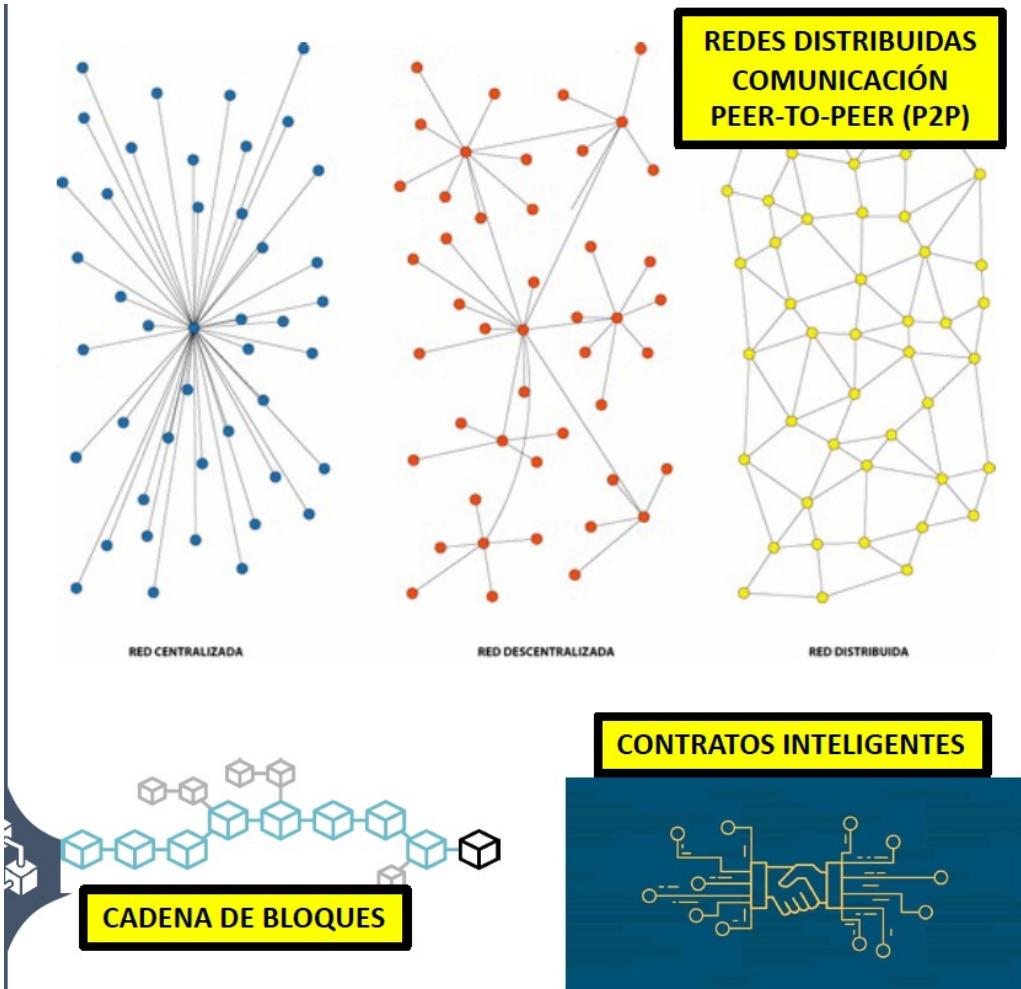
Ejemplo de asistente digital: reconocimiento de intención



Reconocimiento de voz y diálogos preprogramados



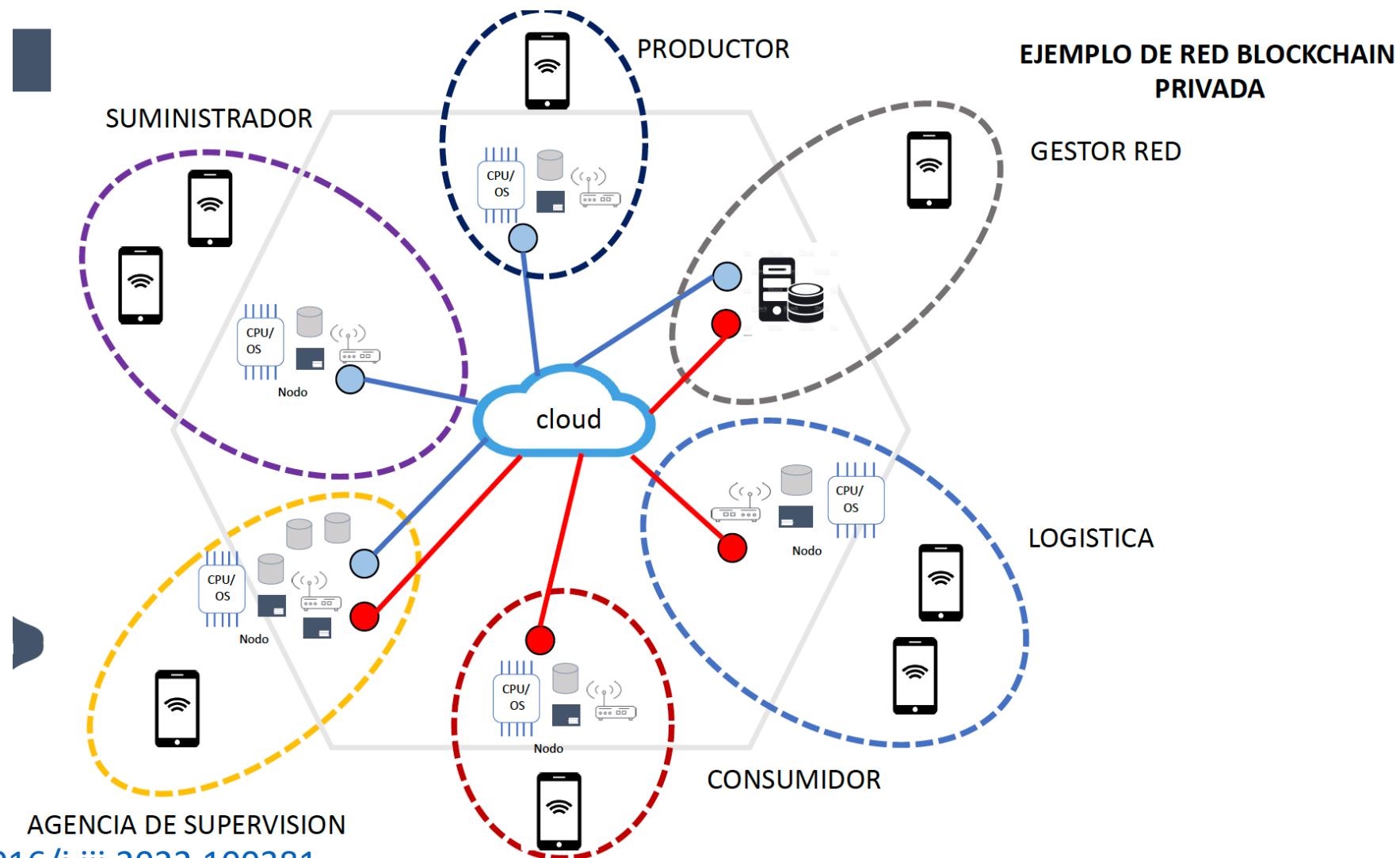
Trazabilidad de los cultivos: Blockchain



BC se basa en una tecnología **de registro distribuido (DLT)** que gestiona bases de datos digitales replicados, compartidos y sincronizados, distribuidos geográficamente a través de múltiples sitios, países y /o instituciones. La DLT es, esencialmente, un registro de propiedad de activos virtual mantenido en forma descentralizada, en el que las transacciones y los cambios de propiedad se realizan y verifican por medio de criptografía, permitiendo la realización de transacciones entre dos partes de manera segura, sin que sea necesario que intervenga una autoridad central que las verifiquen, ya que el propio sistema es el encargado de ello, a través de sus nodos.

Todos los participantes pueden tener su propia copia idéntica (**cadena de bloques**) de la base de datos . Otro aspecto importante es la creación de los denominados **contratos inteligentes** (Smart-contracts)

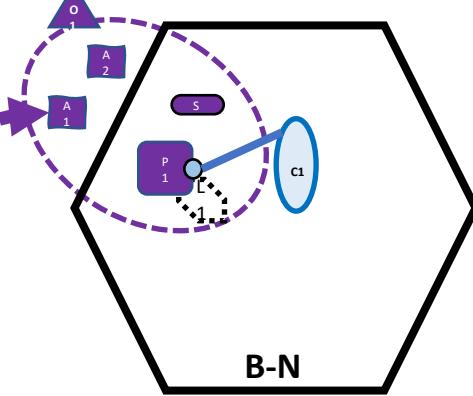
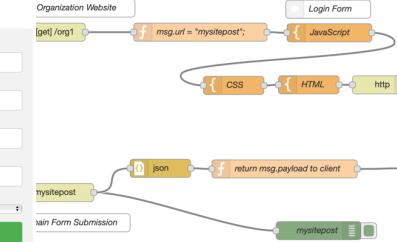
Trazabilidad de los cultivos: Blockchain



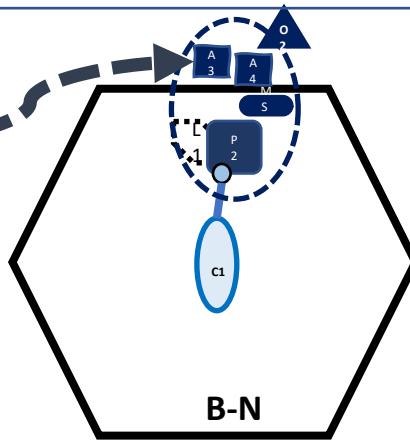
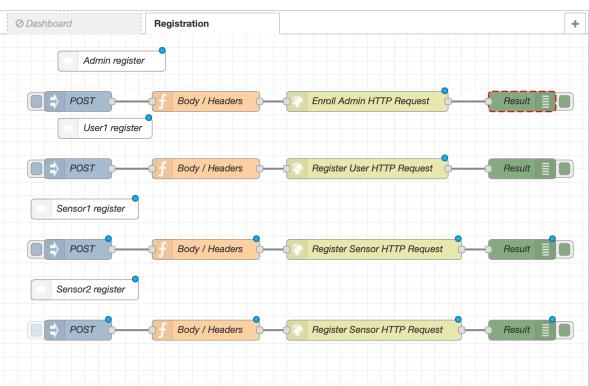


Web form Input

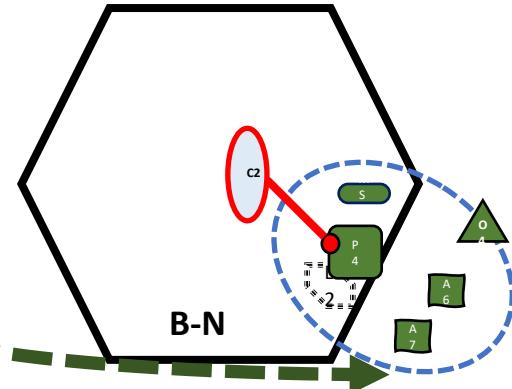
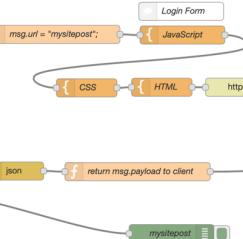
Hemp seed supply form. INPUT



IoT sensor Plant node



Web form Output





Traceability
uqr.to/puro



Fertilizers
uqr.to/puri



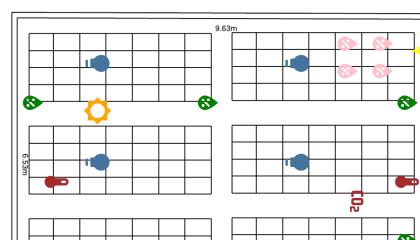
Seeds origin
uqr.to/purr



IP Link
Web form
HMI

A screenshot of a web form titled "Irrigation Data". The form has sections for "Farmer ID", "Contact Support", "Issue", and "Introduction". It includes various input fields like dropdowns and checkboxes, and a "Get Fields" button.

IoT data
automatic



web form
hash

hash generation

IoT hash

BC
transaction

BC
transaction

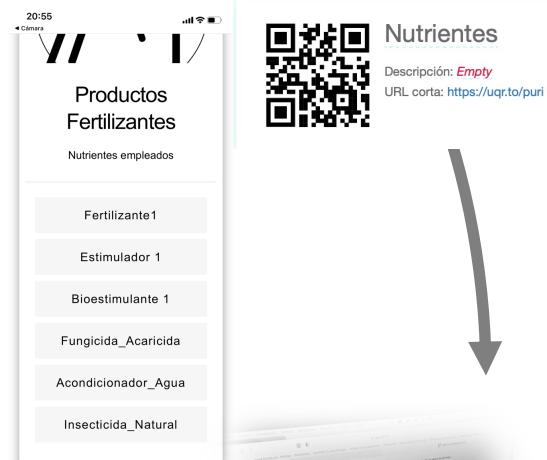
BC
transaction

BC
transaction

**App and web acces
Traceability seed QR**



**App iniciada con QR
de trazabilidad de insumos**



**Taceability acces
uqr.to/puro**





Trazabilidad de los cultivos: Blockchain

BLOCKCHAIN PROPORCIONA:

- *Seguridad*: utiliza mecanismos de criptografía avanzada para firmar, acceder y cifrar las transacciones
- *Trazabilidad*: capacidad de conocer el origen, situación y seguimiento durante la emisión de un producto, transacción, etc.,
- *Transparencia*: la totalidad de participantes pueden ver los registros transacciones (bloques)
- *Inmutabilidad*: el registro obtiene un *timestamp* validado por varios nodos que no permite su modificación, alteración o cambio posterior



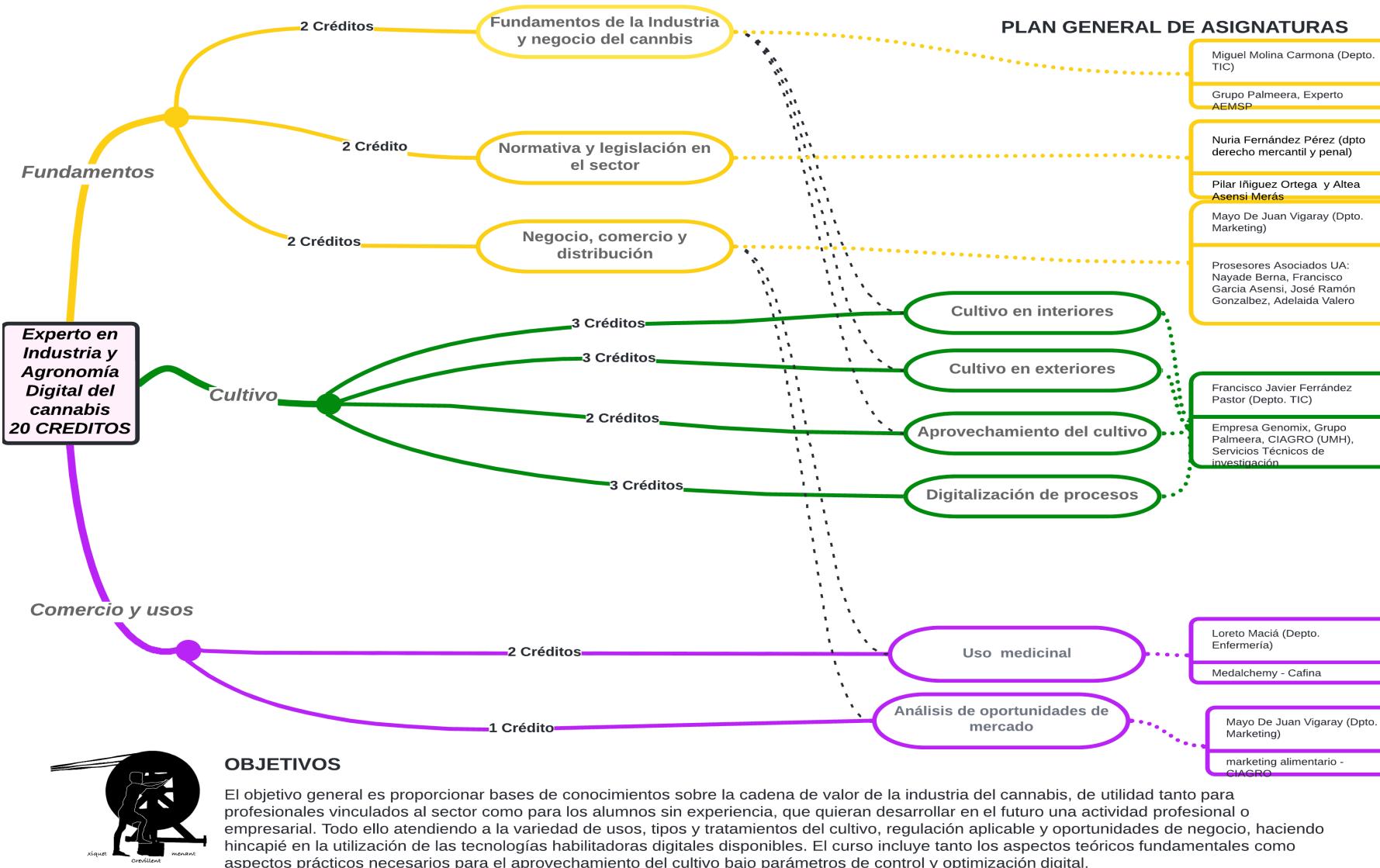
PROYECTOS Y TRABAJOS FUTUROS



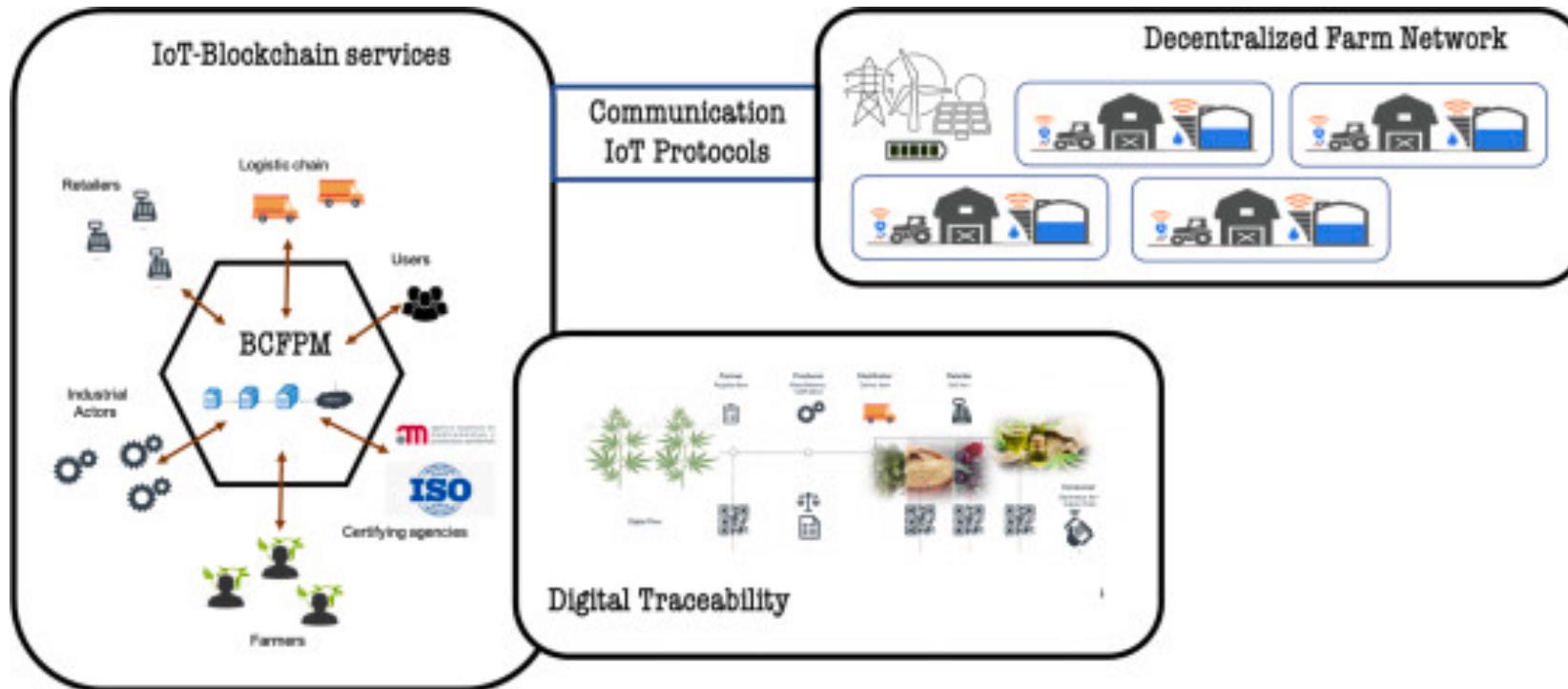
- Propuesta del “Curso de Especialista Universitario en Industria y Agronomía Digital del Cannabis”. Coordinado por las Universidades Miguel Hernández de Elche (UMH) y la Universidad de Alicante (UA).
- Despliegue de un ecosistema de trazabilidad digital de los procesos y la cadena de valor del cultivo de cannabis basado en tecnología Blockchain.
- Propuesta del proyecto CANNADIG (UMH y UA) con los objetivos de:
 - Optimizar la producción agroecológica de Cannabis sativa en invernadero para la obtención de CBD, con la integración de energías renovables (EERR), con el empleo de una malla fotovoltaica de sombreo, a partir de tecnología de gemelos digitales.
 - Favorecer la trazabilidad en la cadena agroindustrial mediante el empleo de tecnologías habilitadoras digitales (THD).



Titulo Universitario en industria cannabis



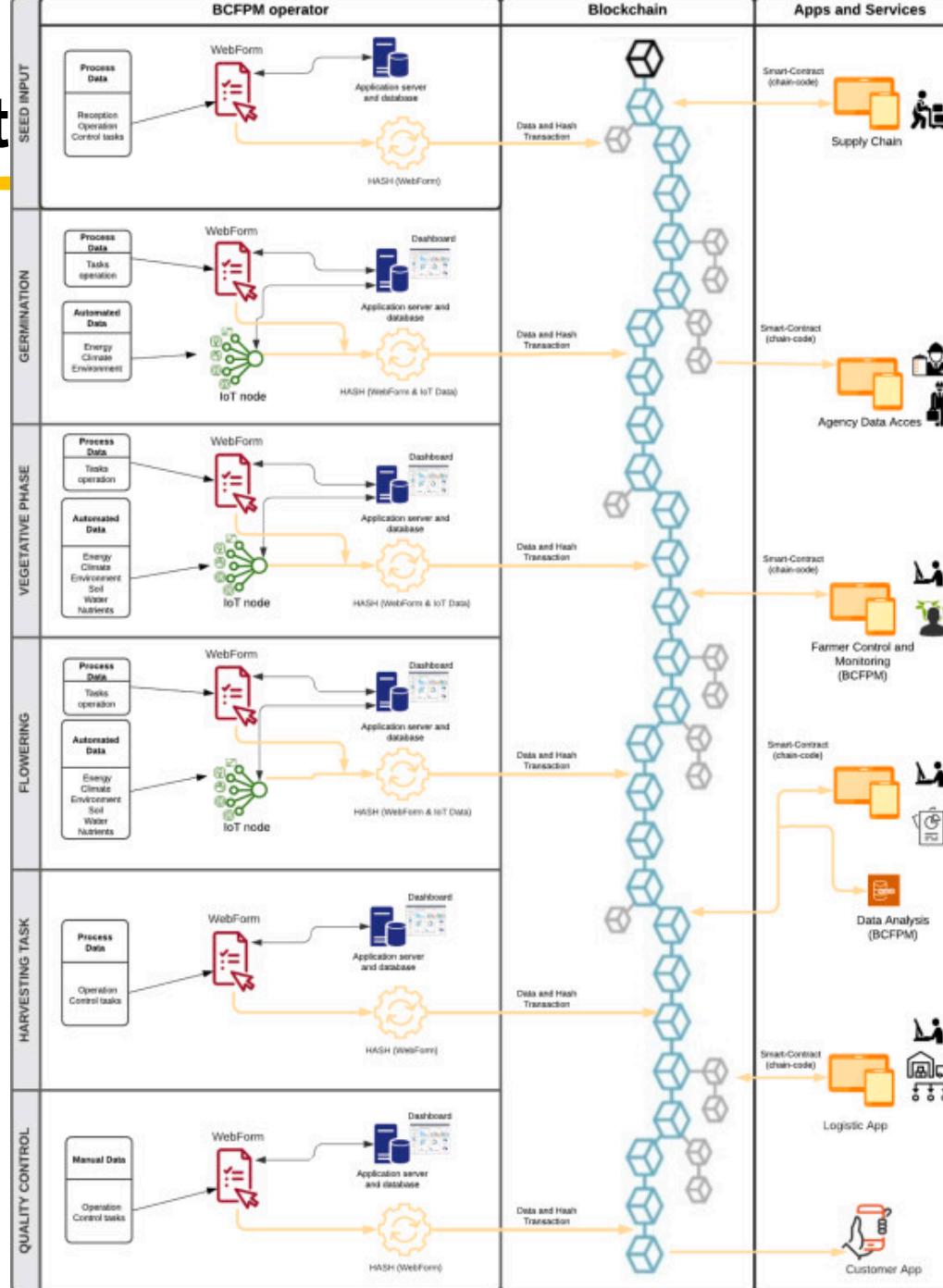
Ecosistema de trazabilidad digital



<https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100381>



Ecosist



<https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100381>

Diseño centrado en el usuario

