



IOT HERMES

Sensorización Jardí Botànic de Barcelona



Iker López Iribas
Damià Belles
Sampera
Daniel Boj Cobos



Datos de contacto

Correo:

ilopezir@uoc.edu

dbelles@uoc.edu

dboj@uoc.edu

Página Web:

<https://github.com/DanielBoj/hermes-iot/>

https://github.com/ijonesmsu/Hermes_IoT

Versión del documento

1.0

Fecha: 07-04-2024

Licencia del documento

Obra libre de derechos.



Para ver la licencia completa, visite:

<https://creativecommons.org/share-your-work/public-domain/cc0/>



Análisis funcional

Introducción

Espacio de implantación IoT

Presentación del proyecto

Ventajas de la implantación de una solución IoT

“A desarrollar - ventajas de la sensorización”

Arquitectura del proyecto

Infraestructura IoT

Infraestructura de red

Capas de la solución IoT

Fases de implantación de la solución

Dispositivos

Sensores

Sensores físicos

Sensores químicos

Microcontrolador

Cajas estancas

Baterías y portabaterías

Actuadores

Infraestructura de red

Infraestructura de software

Almacenamiento

Aplicación servidor

Aplicación cliente

Escalado del ecosistema IoT

Prototipo de aplicaciones

Repositorio de software

Análisis económico

Recursos

Gráficos



SENSORIZACIÓN JARDÍ BOTÀNIC DE BARCELONA

ANÁLISIS FUNCIONAL

INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos en un momento de revolución digital en cuanto al análisis y transformación de los datos y su conversión en información. La tecnología IoT, *Internet of Things*, ha generalizado el uso de infraestructuras de sensores con las que somos capaces, no sólo de obtener una fuente directa de datos, sino de generar redes de dispositivos interconectados, tanto de medición como de tratamiento de esos datos y generar estructuras complejas de análisis que hace unas décadas eran impensables. Cuando antes pensábamos en el futuro, lo hacíamos imaginando androides y coches voladores, pero la verdadera revolución ha resultado ser la de los datos y la información.

Mediante esta nube de datos, accedemos a la herramienta base para desarrollar la *Big Data*, un concepto que oímos mucho en la actualidad y que se refiere al tratamiento de datos masivos o complejos y cómo aprovecharlos, y también funciona como una de las bases para el desarrollo de IA y el *Machine Learning*. El desarrollo de las soluciones IoT mueven el foco y lo centran más aún en los individuos, permitiendo el desarrollo de soluciones mucho más específicas, y optimizando muchos procesos que se pueden automatizar, parametrizar o analizar en mayor profundidad. Así, la base de su implantación es procurar una mejora de los procesos donde están implicadas y, por ende, de las capacidades de los individuos a los que afecta.

Estos procesos de *sensorización* de espacios y dispositivos son lo que permiten hablar de la *smartización*, ya que son los cimientos para implementar toda la complejidad posterior de los ecosistemas IoT.

En nuestro caso, proponemos la implantación de un sistema IoT en el espacio del *Jardín Botánico de Barcelona* para su *smartización*. Esta solución comparte elementos tanto de las metodologías aplicadas en *smart cities*¹, como en soluciones de *agricultura 4.0*². Su intención, como en toda solución de este tipo, es simplificar y optimizar los procesos más habituales del cuidado de las especies de un jardín botánico, teniendo en cuenta, además, que en este caso se complica debido a la convivencia en el mismo espacio de distintos biomas.

¹ Guía metodológica sobre ciudades inteligentes. (n.d.). Deloitte Spain. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/public-sector/articles/guia-metodologica-sobre-ciudades-inteligentes-nota-prensa.html>

² Mateo Sanguino, Tomás. (2023). *Agricultura 4.0: Una revisión de tecnologías disruptivas y su impacto en la producción agrícola sostenible*. 1-12.



IOT HERMES

Proceso de integración de una solución Smart



Fases del proyecto de integración de una solución smart, realización propia.

ESPACIO DE IMPLANTACIÓN IoT



Zona del estanque, fuente Jardín Botánico de Barcelona.

El Jardín Botánico de Barcelona está situado en el Parque de Montjuïc, en Barcelona, y aloja vegetación de las cinco regiones del mundo con clima mediterráneo. Su misión es “preservar y dar a conocer colecciones de plantas mediterráneas de todo el mundo”³ y como objetivos principales encontramos:

- La conservación y documentación del patrimonio natural de Cataluña
- Difundir la cultura botánica y naturalista
- Promover el conocimiento y el respeto por la naturaleza.

³ Jardí Botànic de Barcelona | Museu de Ciències Naturals de Barcelona. (n.d.). <https://museuciencias.cat/es/el-nat/las-sedes/jardin-botanico-de-barcelona/>



Si bien estos objetivos se podrían beneficiar de un proyecto IoT, creemos que podemos causar un mayor impacto implementando nuestro proyecto en el área de investigación que tiene lugar en los jardines del parque.

El Jardín Botánico de Barcelona trabaja estrechamente con el Institut Botànic de Barcelona (IBB)⁴ que tiene su sede dentro del parque. El *IBB* desarrolla su actividad científica en diversos campos de la botánica y de la biología evolutiva. Según reza su memoria publicada (2021), su primer objetivo general es “Contribuir al avance de la investigación y el desarrollo tecnológico en el campo de la botánica, la entomología y la biología evolutiva y a su protección internacional”⁵.

Actualmente disponen de dos grupos de investigación consolidados:

- Biodiversitat i Biosistemàtica Vegetals
- Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrània



Espacio del estanque en el plano del Jardí Botànic de Barcelona edición propia del plano oficial.

⁴ De Barcelona, I. B. (2023, November 20). *INSTITUTO - Institut Botànic de Barcelona*. Institut Botànic De Barcelona. <https://www.ibb.csic.es/es/instituto/>

⁵ ICUB. (2021) *Memòria 2021*. Institut Botànic de Barcelona. <https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/128552/1/Memoria%20ICUB%202021.pdf>

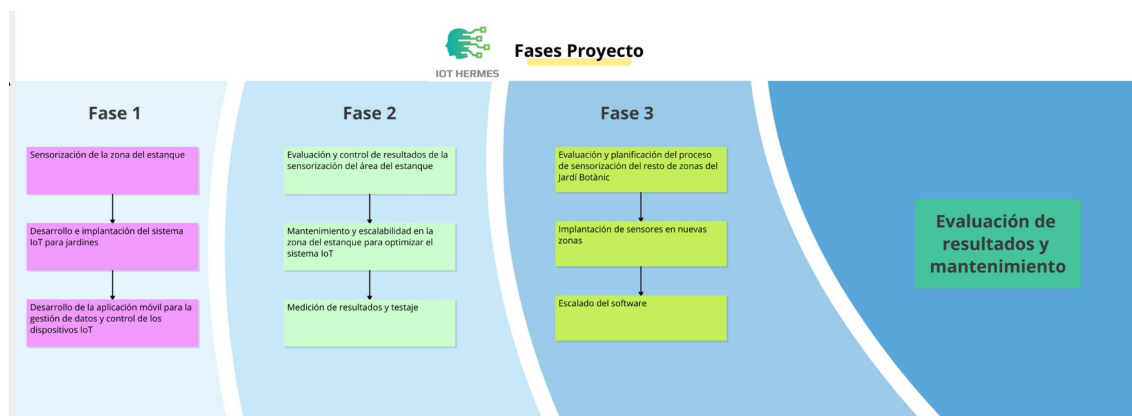


PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Nuestra propuesta se basa en un proyecto de implantación de sensorización y automatización de zonas del parque para la obtención de datos relevantes que ayuden con los siguientes aspectos del proyecto de investigación del IBB⁶:

- Estudiar el comportamiento del clima actual en los sistemas naturales.
- Estudiar las respuestas bióticas a los cambios climáticos.
- Proveer de datos para evaluar posibles consecuencias de los cambios climáticos futuros siendo parte del diseño de estrategias de conservación.
- Estudio de *hotspots* (áreas de concentración de biodiversidad). Factores ecológicos y climáticos.

Debido al tamaño del espacio, las distintas naturalezas de cada bioma y sus necesidades y a tratarse de un proyecto que pretende actuar como punta de lanza. Hemos decidido proponer un desarrollo de este basado en distintas fases de implantación. En la primera, nos centramos en la sensorización del área del estanque que se sitúa dentro del bioma dedicado a las Islas Canarias, justo en la entrada del jardín. Además, este espacio se sitúa colindante a las oficinas del recinto, con lo que simplifica la instalación de la infraestructura.



Fases del proyecto de sensorización del Jardí Botànic de Barcelona, realización propia.

VENTAJAS DE LA IMPLANTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN IoT

Un mayor control de las condiciones y la automatización de procesos esenciales para el biotopo, generarán una mejora en la sostenibilidad del entorno biológico y facilitarán el mantenimiento de las especies botánicas.

A través de la sensorización de los espacios ajardinados y las terrazas de cultivo del Jardí Botànic pretendemos obtener una serie de ventajas y optimizaciones de los procesos que se desarrollan en estos. Los datos obtenidos, junto con la flexibilidad de la implementación, permitirán a los equipos de investigación obtener datos claros y métricas más controladas que les posibiliten alcanzar mejores resultados en sus estudios, mayor capacidad de análisis de datos, así como la mejor respuesta frente al cultivo y mantenimiento de las especies:

- Mayor control de las condiciones ambientales y de cultivo de las especies

⁶ Institut Botànic de Barcelona



- Ahorro en los recursos dedicados
- Automatización y simplificación de los procesos esenciales de cuidado del bioma
- Mejora de la sostenibilidad del entorno biológico
- Mejor del mantenimiento de las especies botánicas:
 - Control de nutrición
 - Control de riego
 - Control de plagas y enfermedades
 - Control de calidad del terreno
- Métricas en tiempo real
- Mejora de la respuesta y previsión de acciones correctivas
- Integración de *triggers* y aplicación de recetas *IFTTT*⁷



Ventajas del proceso de sensorización del Jardín Botánico de Barcelona, realización propia.

⁷ Team, I. (2021, September 23). *What is IFTTT?* IFTTT. https://ifttt.com/explore/new_to_ifttt

ARQUITECTURA DEL PROYECTO

El Jardín Botánico está distribuido en diferentes zonas según el área geográfica de proveniencia de los vegetales. Si bien la recogida de datos de todas las áreas sería el escenario idóneo para la creación de una base de datos completa, entendemos que al tratarse de un proyecto de investigación los recursos (económicos, humanos, ...) pueden ser no finitos y en consecuencia, nuestra propuesta se centra en un paquete básico de sensorización que pueda ser escalable y reubicable en función de las necesidades del equipo investigador.



Plano oficial del Jardí Botànic de Barcelona, fuente Jardí Botànic de Barcelona.

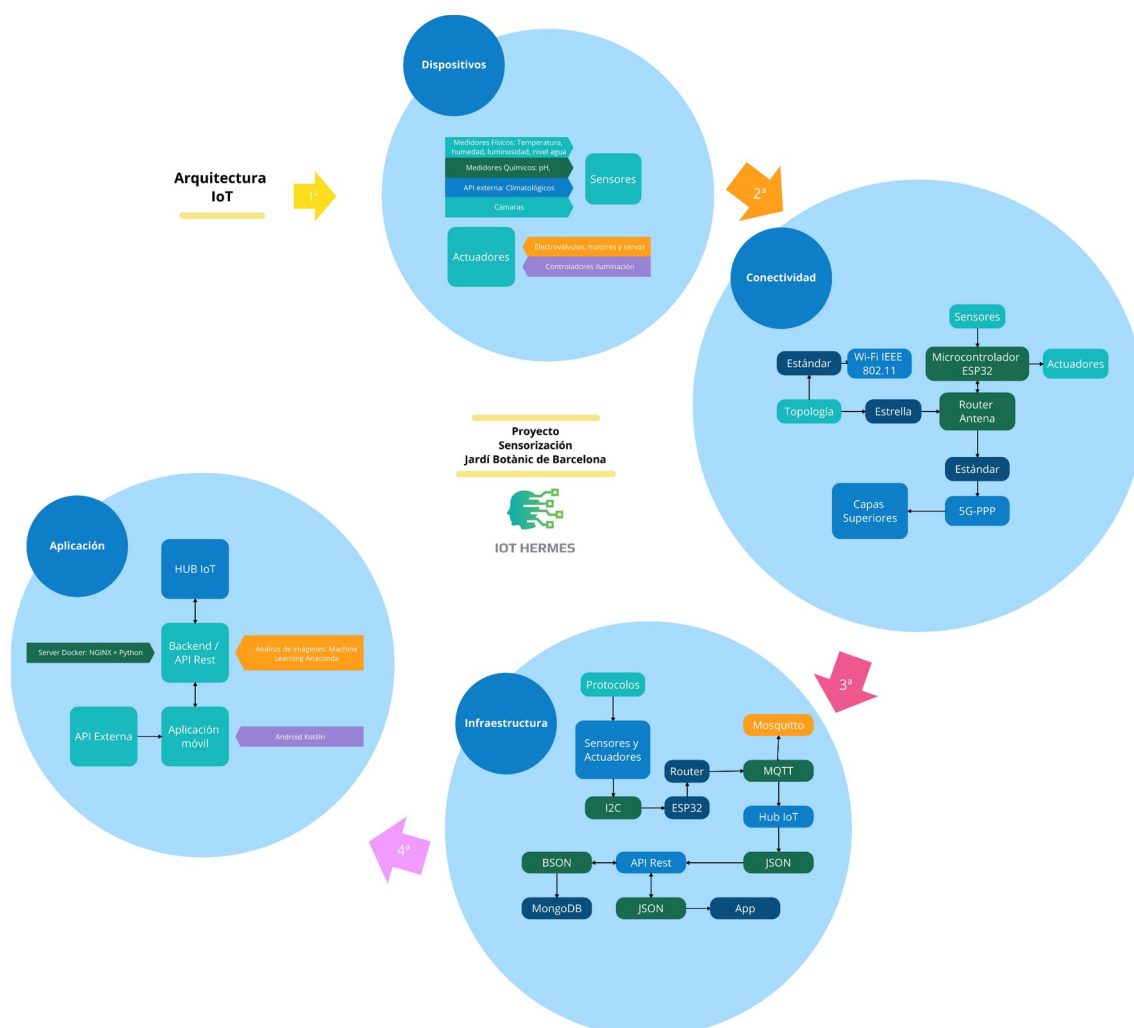


Gráfico de la arquitectura IoT del proyecto, elaboración propia.

INFRAESTRUCTURA IoT

El entorno propuesto se basa en un sistema de *dispositivos sensores* de toma y lectura de datos (temperatura, humedad, luminosidad, acidez, imágenes) que serán enviados a un nodo central a través de nuestra red WiFi local, este nodo tiene tanto conectividad WiFi como 5G y se encargará de enviar los datos mediante el protocolo MQTT a un HUB IoT. Proponemos el uso de sensores basados en Arduino que montaremos en microcontroladores ESP-32⁸, configurados mediante Arduino, que permiten traducir los mensajes de los sensores emitidos mediante el protocolo I2C⁹ al protocolo IEEE 802.11¹⁰ de la red WiFi.

El HUB IoT, que funciona como nuestro *nodo* de lectura, se implementará mediante una solución Azure¹¹, que tendrá acceso a las lecturas de los datos de los distintos sensores de cada zona en tiempo real y se encargará de parametrizar y

⁸ The Internet of Things with ESP32. (s. f.). <http://esp32.net/>

⁹ I2C - What's that? - I2C bus. (2016, September 19). I2C Bus. <https://www.i2c-bus.org/>

¹⁰ IEEE 802.11, the working group setting the standards for wireless LANs. (n.d.). <https://ieee802.org/11/>

¹¹ IoT Hub | Microsoft Azure. (n.d.). <https://azure.microsoft.com/es-es/products/iot-hub/>



transformar los datos para enviarlos al servidor backend como JSON mediante el protocolo HTTP¹².

El servidor backend tendrá tres funcionalidades principales, la primera, recibir las métricas de cada sensor formateadas y enviadas por el HUB y grabarlas en una base de datos no-relacional, de este modo, implementaremos los históricos de cada sensor para poder acceder y analizar la información. La segunda, será implementar los *endpoints* a los cuales podrá acceder nuestra aplicación final, que permitirá la visualización de los datos de los sensores, las alarmas y *triggers* definidos en la lógica de negocio y la actuación sobre los elementos IoT actuadores:

- Centralita de riego manejada mediante WiFi: Podremos acceder a esta mediante la API pública del fabricante desde nuestro backend y ofrecer una interacción personalizada para nuestro cliente en la aplicación final.
- Electroválvulas para el control de vaciado y llenado del estanque.

Por último, funcionará como cliente de la aplicación de *Machine Learning* a la que enviará las imágenes capturadas por las cámaras IoT, en esta serán analizadas y, tras el periodo de aprendizaje, automatizará el envío al cliente final de alarmas con objetivo de:

- Mejorar la respuesta y anticipación a plagas y enfermedades
- Optimizar el riego
- Controlar el crecimiento de las especies para establecer periodos de poda o abono

De este modo, podemos resumir los servicios del *backend*:

- Crear un historial de lectura de los sensores.
- Realizar procesos automatizados en respuesta a los datos obtenidos de los sensores mediante la ejecución de *eventos*.
- Conectar con la *aplicación cliente* que permitirá configurar los procesos anteriores, recibir y analizar las métricas obtenidas del sistema de sensores o ejecutar de forma manual procesos sobre la red de *actuadores* del Jardín Botánico.

Finalmente, el último nivel de nuestra solución, como hemos comentado, será la aplicación móvil cliente que permitirá manejar los datos e interactuar con la infraestructura IoT. Está tendrá acceso tanto a nuestra API Rest dedicada, donde podremos interactuar con los sensores y actuadores, como a datos meteorológicos a través de una API pública. Además, la implementaremos como un desarrollo enfocado a eventos, para que maneje los *triggers* y alarmas que vaya recibiendo del *backend*.

En cuanto a los detalles técnicos restantes, los protocolos de conexión *cliente-servidor* se basarán en HTTP y usarán el formato JSON¹³ y DSON. La base de datos la construiremos en un clúster *Atlas de MongoDB*¹⁴ dedicado, para aprovechar la velocidad y flexibilidad de las bases de datos no-relacionales. La aplicación de

¹² Generalidades del protocolo HTTP - HTTP | MDN. (2023, September 22). MDN Web Docs. <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP/Overview>

¹³ JSON. (n.d.). <https://json.org/json-es.html>

¹⁴ MongoDB. (n.d.). MongoDB Atlas | Plataforma de datos multicloud para desarrolladores | MongoDB. <https://www.mongodb.com/es/atlas>



Machine Learnig se implementará mediante Python y *Anaconda*¹⁵, el *backend* se construirá mediante una aplicación *Flask*¹⁶ escrita en Python y se desplegará como un servidor *NGINX*¹⁷ y basado en un contenedor *Docker*¹⁸ en un servidor *Heroku*. Finalmente, la aplicación móvil estará basada en *Android*¹⁹, escrita en Kotlin, y será ejecutable en cualquier móvil o tableta con este sistema operativo.

Nuestro objetivo es, por un lado, que, a través de nuestro servicio dedicado y otros datos de investigaciones, tanto locales (mismo equipo investigador) como externas (otros equipos en colaboración nacional e internacional), los equipos del IBB encuentren una mejora notable en la realización de sus estudios y, por el otro, conseguir los efectos positivos comentados anteriormente sobre la creación y mantenimiento de los biomas.

INFRAESTRUCTURA DE RED

Como se deduce de la explicación, debemos contar con dos piezas esenciales más en el proyecto. Por un lado, un sistema de red de comunicación ajustado a las necesidades del escenario. En este caso, por el tamaño de las instalaciones y la posible distancia entre el nodo principal y los dispositivos, hemos pensado en usar una red inalámbrica basada en una WiFi para establecer una LAN privada, con lo que, de salida, necesitaríamos añadir una infraestructura con un *router*, *bridge* y repetidores para expandir el área de conexión inalámbrica.

Pero, tras el análisis de los requisitos, hemos hallado la siguiente solución. Como hemos comentado, conectando los sensores y actuadores a microcontroladores ESP-32, podemos trabajar mediante una red WiFi. Para la primera zona, necesitamos una red con un alcance mínimo de 150 metros. Como ahora mismo solo tenemos esta zona delimitada, usaremos una antena 4G-5G-WiFi Poynting XPOL-2-5G²⁰ que funciona como *concentrador/router* inicial y nos permite conectar nuestra red WiFi LAN a la red WAN mediante 5G.

De este modo, comenzamos por una implantación más sencilla, para en un futuro, escalar el proyecto. De este modo, podríamos convertir nuestra antena *concentrador/router* en únicamente un *concentrador* que conecte con un *router* central instalado en las oficinas del Jardín Botánico. De este modo, cada zona del jardín contaría con su concentrador y podrían irse ampliando de forma progresiva.

¹⁵ Anaconda. (2024, March 12). Unleash AI Innovation and Value | Anaconda. <https://www.anaconda.com/>

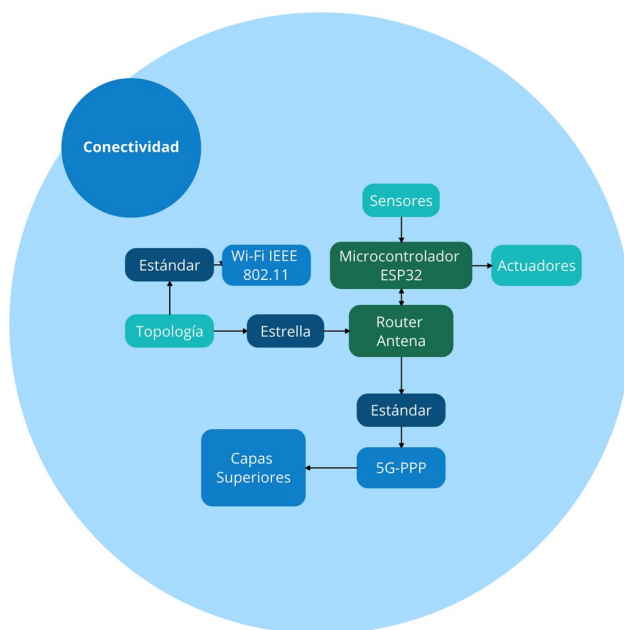
¹⁶ Welcome to Flask — Flask Documentation (3.0.X). (n.d.). <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>

¹⁷ nginx. (n.d.). <https://nginx.org/en/>

¹⁸ Docker: Accelerated Container Application Development. (2024, January 23). Docker. <https://www.docker.com/>

¹⁹ Android Developers. (n.d.). Herramientas para desarrolladores de aplicaciones para dispositivos móviles Android - Android Developers. <https://developer.android.com/?hl=es-419>

²⁰



Infraestructura de red, elaboración propia.

CAPAS DE LA SOLUCIÓN IoT

Tras el desarrollo conceptual anterior, pasamos a describir en forma de gráfico las distintas capas que componen nuestra solución IoT:

- Capa de dispositivos: Incluye todos los dispositivos IoT; sensores y actuadores.

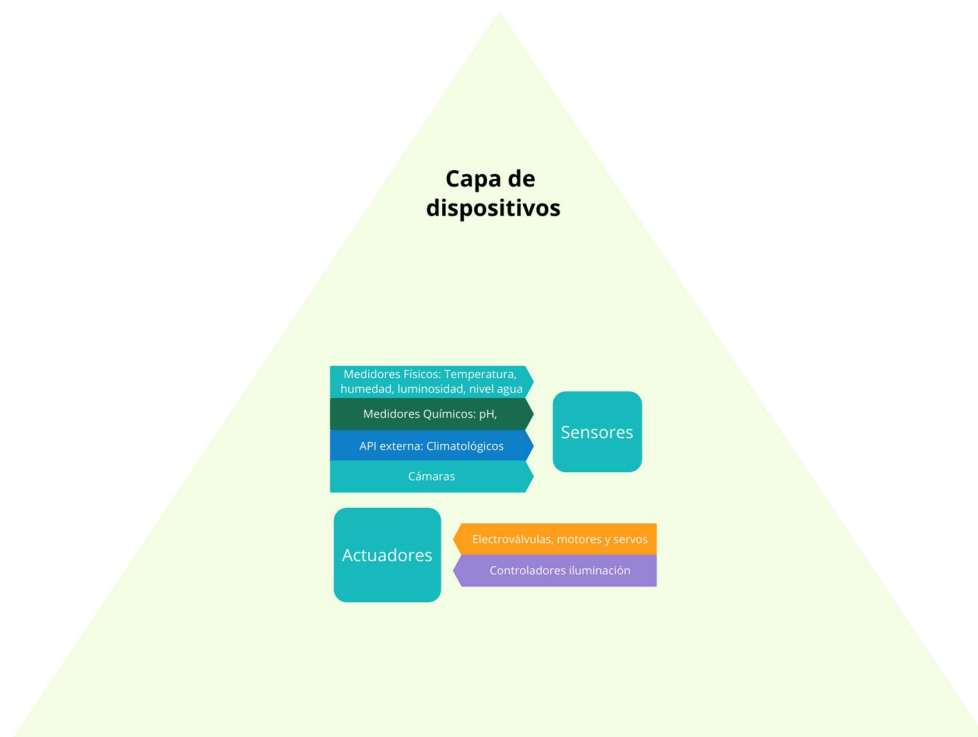


Gráfico capa de dispositivos IoT, elaboración propia.



- Capa de conexión: Incluye la infraestructura de red que hemos pormenorizado anteriormente y permite la comunicación entre los elementos de nuestra infraestructura.

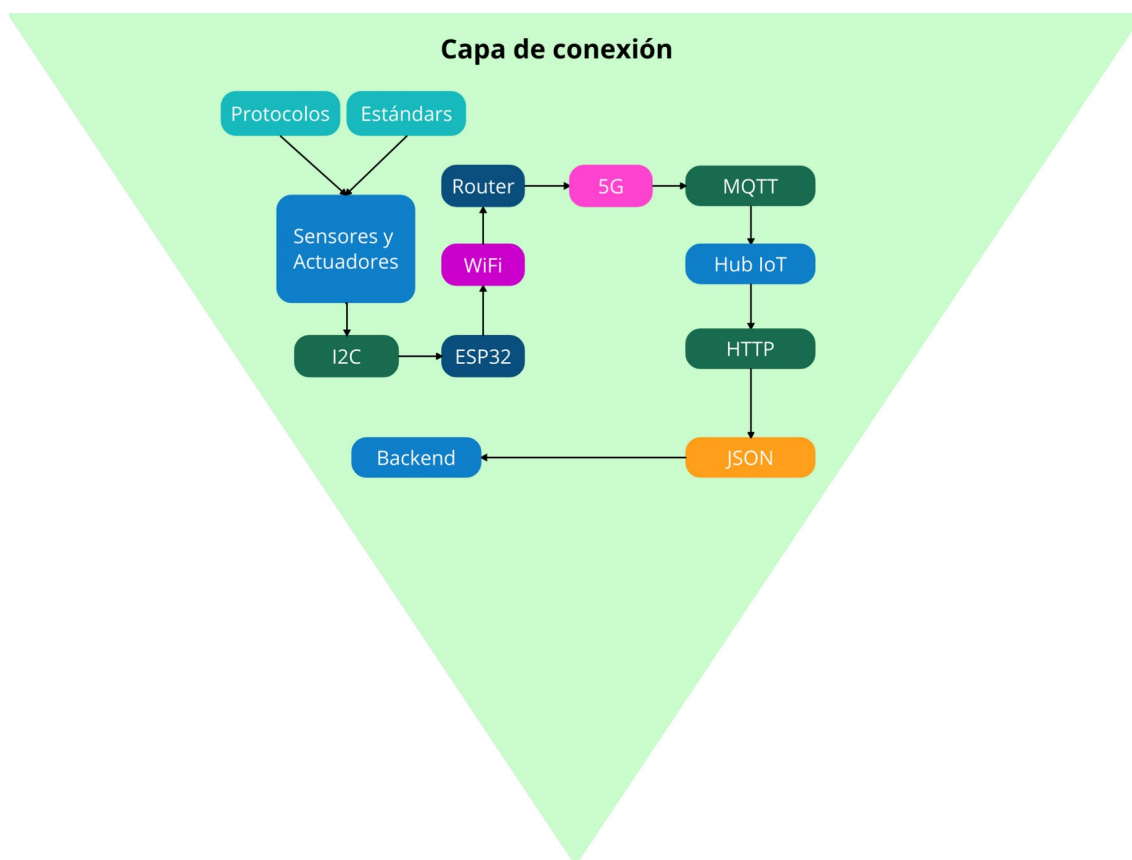


Gráfico capa de conexión, elaboración propia.



- Capa de almacenamiento: Como hemos explicado anteriormente, nuestra aplicación *backend* se encarga de recibir los datos de nuestro HUB IoT y almacenarlos en una base de datos de tipo no-relacional gestionada por el motor MongoDB y desplegada en un clúster gratuito de Atlas.

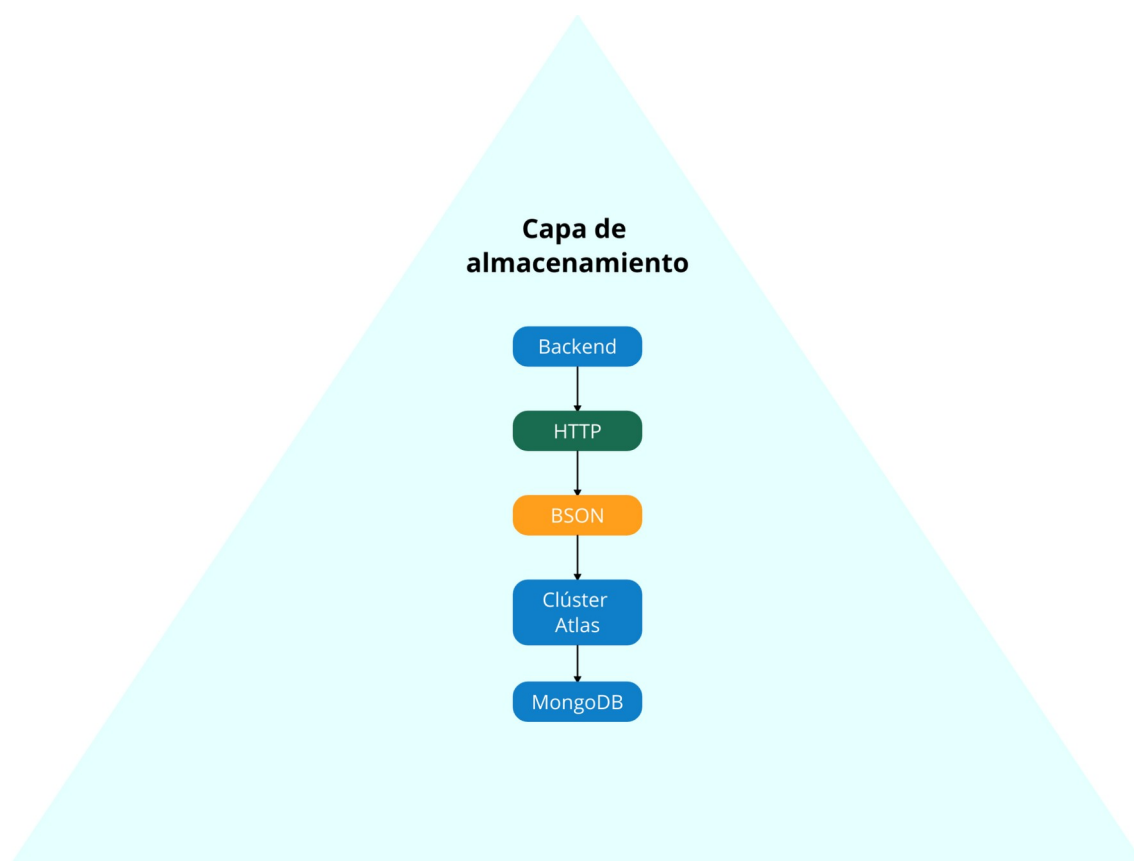


Gráfico capa de almacenamiento, elaboración propia.



- Capa de procesamiento: La aplicación de *backend* se encarga de procesar los datos que recibe y generar los eventos necesarios tras su análisis. Por otro lado, conecta como cliente a la aplicación Anaconda encargada de ejecutar los algoritmos de Machine Learning para analizar las fotografías de las plantas y disparar los *triggers* necesarios que ejecutarán los eventos en el *backend*. Por último, pone a disposición de la aplicación *cliente* los endpoints necesarios para enviar sus *request*.

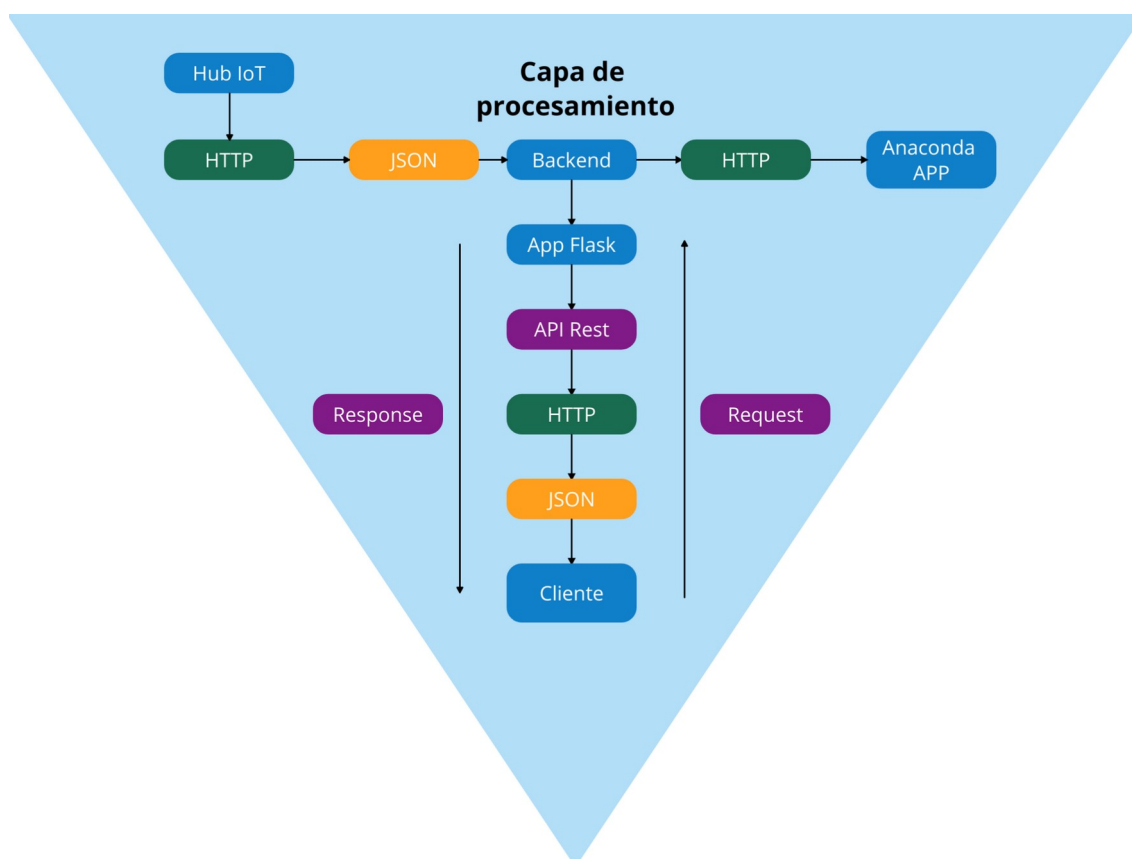


Gráfico capa de procesamiento, elaboración propia.



- Capa de aplicación: Nuestro *cliente* es una aplicación móvil Android que podrá ejecutarse desde móviles y tablets y permitirá la interacción con los dispositivos IoT, creación y configuración de IFTTT, ejecución de procesos mediante los dispositivos actuadores y, además, conectará con una API pública para obtener datos meteorológicos.



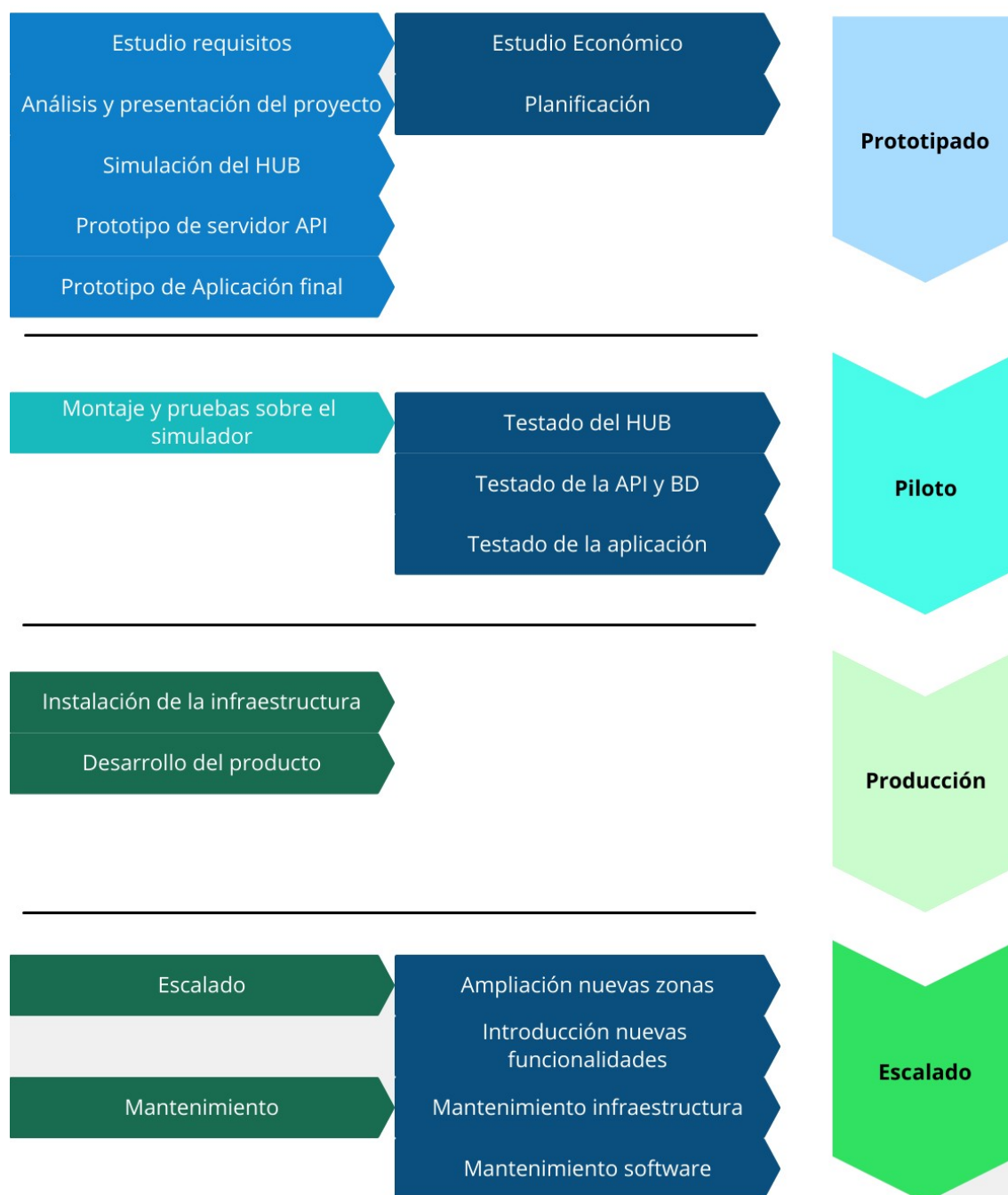
Gráfico de la capa de aplicación, elaboración propia.



FASES DE IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN



Fases Implantación



Fases de implantación de una solución IoT, elaboración propia.

DISPOSITIVOS



Gráfico de los dispositivos de la infraestructura IoT, elaboración propia.

SENSORES

Nuestra propuesta de solución de *sensorización* hace uso de dispositivos sensores IoT basados en Arduino, siendo normalmente los más utilizados y económicos. Estos sensores basan su comunicación en el bus I2C de Arduino, por lo que irán todos integrados, como hemos explicado, en microcontroladores ESP-32, que implementan la misma arquitectura que las placas Arduino.

SENSORES FÍSICOS

Tipo	Modelo	Información
Temperatura y humedad ambiente	DHT-22	Hardware Libre
Humedad del terreno	YL-69	Microlab - IoT
Luminosidad	BH1750	Random Nerd Tutorials
Nivel del agua	DF Robot Gravity	DF Robot Gravity Sensors
Cámara	ESP32-CAM	Hardware Libre

SENSORES QUÍMICOS

Tipo	Modelo	Información
Acidez del terreno	Atlas Scientific Surveyor	Atlas Scientific



Tipo	Modelo	Información
Acidez del agua	CQRobot Ocean TDS	CQ Robot

MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es necesario para instalar el sensor y hacerlo compatible con nuestra red WiFi, su arquitectura se base en Arduino y se configura a través de un dispositivo Arduino.

Tipo	Modelo	Información
Microcontrolador Arduino	ESP-32	The Internet of Things with ESP-32

CAJAS ESTANCAS

La instalación de las unidades de sensor, microcontrolador y baterías recargables se realizará dentro de cajas estancas para asegurar el grado de protección IP66.

Tipo	Modelo Protección	Información
Caja estanca	PRO-0289 IP66	BricoGeek

BATERÍAS Y PORTABATERÍAS

El bajo consumo de los dispositivos IoT permite su funcionamiento mediante baterías recargables. Para asegurar la sostenibilidad del proyecto, uno de los pasos en la siguiente fase de este sería instalar un sistema de recarga basado en placas solares.

Tipo	Referencia	Información
Base baterías Arduino	3XAA	BricoGeek
Batería AA recargable NiMH 2500mAh	BAT-005	BricoGeek
Base baterías cámara	4XAA	BricoGeek

ACTUADORES

De partida, necesitaremos dos tipos de actuadores, una centralita de riego accesible y configurable mediante WiFi y varias electroválvulas para controlar el llenado y vaciado automático del estanque. Como el recinto del Jardí Botànic ya dispone de riego automático, no hay que realizar una instalación de todo el sistema de riego, sino que lo convertimos en accesible al ecosistema IoT mediante las centralitas. Finalmente, por seguridad, no instalaremos una única válvula para cada circuito, llenado y vaciado, ya que si fallara podría causar un incidente.

Tipo	Modelo	Información
Centralita de riego WiFi	Solem Smart IS6	Solem



Electroválvula de 2/2 vías	Bürkert 6281	Bürkert
----------------------------	--------------	-------------------------

INFRAESTRUCTURA DE RED

El dispositivo principal para el montaje de la red es una antena con funciones de *concentrador* y *router* con conectividad WiFi, 4G y 5G.

Tipo	Modelo	Información
Router	Antena 4G-5G-WiFi Poynting XPOL-2-5G	Vitriko

INFRAESTRUCTURA DE SOFTWARE

ALMACENAMIENTO

Vamos a usar una solución *DBaaS (DataBase as a Service)* en la nube basada en un clúster Atlas de MongoDB, de esta forma, explotaremos toda la agilidad y flexibilidad de las bases de datos no-relacionales y podremos delegar los servicios de seguridad y mantenimiento a Mongo. Esta solución también nos asegura una escalabilidad muy simple y la posibilidad de abrir el acceso a nuestra base de datos a cualquier otro equipo de investigación a nivel internacional.

Tipo	Servicio	Información
Server Dedicado DBaaS	Clúster Atlas	MongoDB

APLICACIÓN SERVIDOR

Necesitaremos un servicio de hospedaje para desplegar nuestros servicios de *backend*, para ello usaremos Heroku, una plataforma muy conocida de servicios para despliegue de aplicaciones web. Igualmente, necesitaremos implementar nuestro HUB IoT para el tratamiento y envío de los datos suministrados por los sensores, para ello usaremos el servicio de HUB de Azure.

Tipo	Servicio	Información
Servicio de despliegue	Heroku Production	Heroku
Centralita IoT	Azure HUB IoT	Azure

APLICACIÓN CLIENTE

Ofreceremos a nuestro cliente una aplicación final para dispositivos móviles Android desarrollada por nuestro propio equipo y totalmente personalizada.



ESCALADO DEL ECOSISTEMA IoT

En futuras iteraciones de nuestro proyecto planteamos:

1. Realizar un estudio de los resultados del proyecto inicial para analizar las mejoras y cambios necesarios y plantear la viabilidad de la expansión del ecosistema IoT a otras zonas del Jardín Botánico de Barcelona.
2. Escalar las funcionalidades: Instalar nuevos tipos sensores y actuadores, implantar nuevos servicios para el análisis y estudio de los datos, crear nuevas interacciones con los dispositivos del Jardín Botánico.
3. Escalar la infraestructura: Aumentar el número de sensores y actuadores de la zona del Estanque y ampliar el ecosistema IoT a nuevas zonas del recinto.
4. Evaluación de los resultados, refactorización y mantenimiento del sistema.

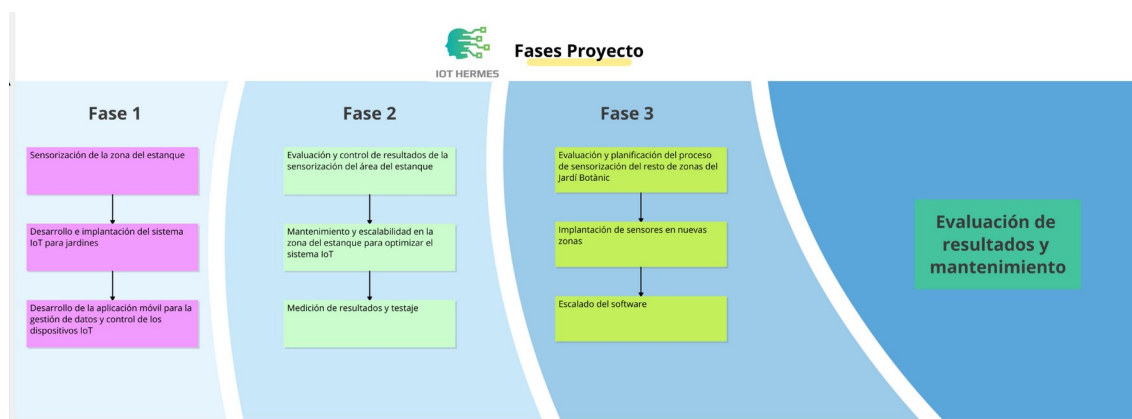


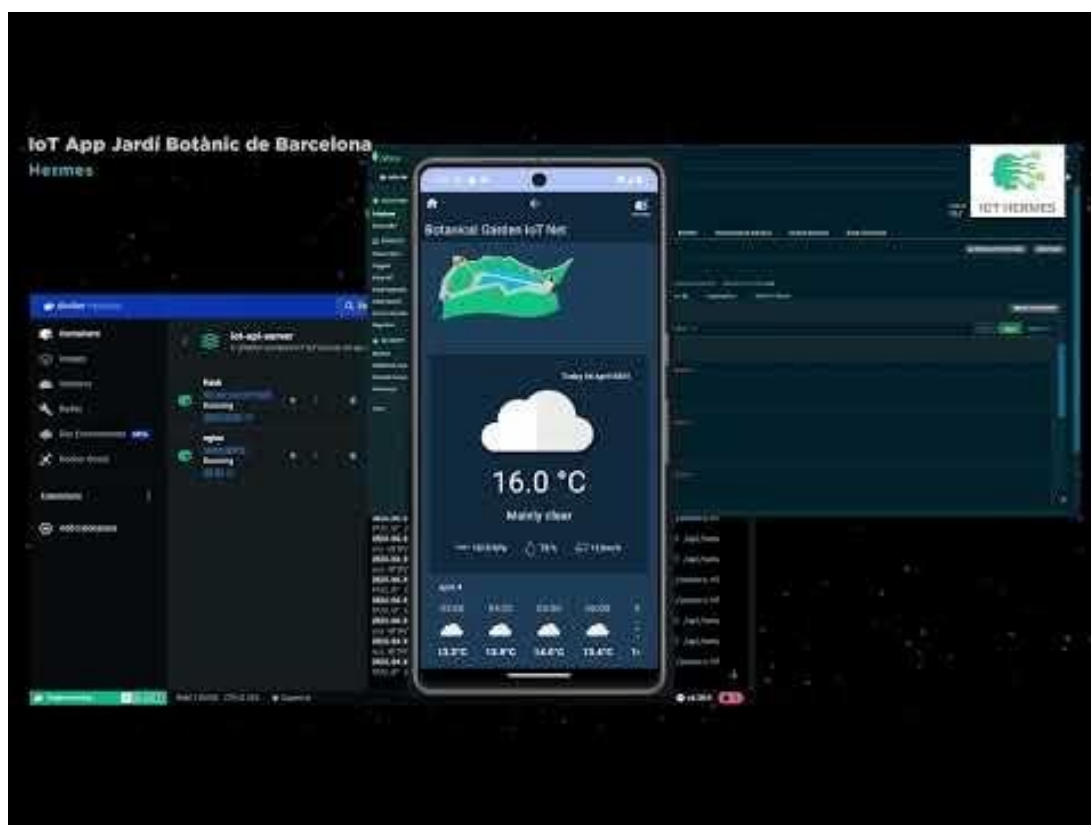
Gráfico de análisis de las distintas iteraciones del proyecto de sensorización completo del Jardín Botánico de Barcelona, elaboración propia.



PROTOTIPO DE APLICACIONES

A continuación, ofrecemos una muestra del funcionamiento de los prototipos de las distintas aplicaciones de software para que el cliente pueda hacerse una idea de cómo funcionará el sistema y donde podemos comprobar la funcionalidad del proyecto.

La información de los sensores se ha simulado cargando los datos en la BD.





RECURSOS

De Barcelona, I. B. (2023, November 20). *INSTITUTO - Institut Botànic de Barcelona*. Institut Botànic De Barcelona. <https://www.ibb.csic.es/es/instituto/>

Jardí Botànic de Barcelona | *Museu de Ciències Naturals de Barcelona*. (n.d.). <https://museuciencies.cat/es/el-nat/las-sedes/jardin-botanico-de-barcelona/>

ICUB. (2021) *Memòria 2021*. Institut Botànic de Barcelona. <https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/128552/1/Memoria%20ICUB%202021.pdf>

Atlas Scientific. (s. f.). *Atlas Scientific | Environmental Robotics*. <https://atlas-scientific.com/>
Admin, & Admin. (2023, 29 mayo). *Interfacing Atlas Scientific Ph Sensor with Arduino via UART/I2C*. How To Electronics. <https://how2electronics.com/interfacing-atlas-scientific-ph-sensor-with-arduino-via-uart-i2c/>

dfrobot.com. (s. f.). *DFRobot Electronics, open-source hardware electronics and kits*. <https://www.dfrobot.com/>

Arduino - home. (s. f.). <https://www.arduino.cc/>

Tutorial módulo sensor de luz BH1750. (s. f.). Naylamp Mechatronics - Perú. https://naylampmechatronics.com/blog/44_tutorial-modulo-sensor-de-luz-bh1750.html

The Internet of Things with ESP32. (s. f.). <http://esp32.net/>

Arduino® Nano ESP32 with headers. (s. f.). Arduino Official Store. https://store.arduino.cc/products/nano-esp32-with-headers?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwwr6wBhBcEiwAfMEQs7t0qekeBGUcDKahuwxQFEAVWGNKW2RFmNeNZy2H5b7zfaa9B9-YZRoCr9YQAvD_BwE

Isaac. (2021, 22 febrero). ESP32-CAM: lo que debes saber sobre este módulo. *Hardware Libre*. <https://www.hwlibre.com/esp32-cam/>

Caja estanca IP66 para Sonoff Adafruit 3931 | *BricoGeek.com*. (s. f.). <https://tienda.bricogeek.com/cajas/1503-caja-estanca-ip66-para-sonoff.html>

Base para baterías 3xAA con interruptor Sparkfun PRT-10891 | *BricoGeek.com*. (s. f.). <https://tienda.bricogeek.com/fuentes-de-alimentacion/752-base-para-baterias-3xaa-con-interruptor.html>

VITRIKO. (2024, 18 enero). *Antena 4G-5G-WiFi Poynting XPOL-2-5G* - VITRIKO. VITRIKO SmartSolutions For IoT. <https://vitriko.eu/antena-poynting-xpol-2-5g/>



Batería AA recargable - NiMH 2500mAh. Pila 18650 Sparkfun PRT-00335 | BricoGeek.com.

(s. f.). <https://tienda.bricogeek.com/baterias-lipo/315-bateria-aa-recargable-nimh-2500mah.html>

Base para baterías (4xAA) Sparkfun PRT-00552 | BricoGeek.com. (s. f.). <https://tienda.bricogeek.com/componentes/160-base-para-baterias-4xaa.html>

Diotronic (Barcelona) - Calle Muntaner, 49. (s. f.). <https://diotronic.com/>

Buy IntelliJ IDEA Ultimate. (2021, 1 junio). JetBrains. <https://www.jetbrains.com/idea/buy/?section=commercial&billing=yearly>

Pricing | Heroku. (s. f.). <https://www.heroku.com/pricing>

Calculadora de precios | Microsoft Azure. (n.d.). Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/calculator/>

Esneik. (2020, December 30). *Los 5 mejores Programadores de Riego Wifi [2021]*. Domoticasa. <https://domoticasa.net/los-mejores-programadores-de-riego-wifi/>

Home - EUR | Rain Bird. (n.d.). <https://www.rainbird.com/es/eur>

Guía metodológica sobre ciudades inteligentes. (n.d.). Deloitte Spain. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/public-sector/articles/guia-metodologica-sobre-ciudades-inteligentes-nota-prensa.html>

Iat, & Iat. (2020, December 14). *IoT en agricultura. Cultivos y dispositivos inteligentes*. IAT. <https://iat.es/tecnologias/internet-de-las-cosas-iot/agricultura/>

Mateo Sanguino, Tomás. (2023). *Agricultura 4.0: Una revisión de tecnologías disruptivas y su impacto en la producción agrícola sostenible*. 1-12.

Team, I. (2021, September 23). *What is IFTTT?* IFTTT. https://ifttt.com/explore/new_to_ifttt

I2C - What's that? - I2C bus. (2016, September 19). I2C Bus. <https://www.i2c-bus.org/>

IoT Hub | Microsoft Azure. (n.d.). <https://azure.microsoft.com/es-es/products/iot-hub/>

Generalidades del protocolo HTTP - HTTP | MDN. (2023, September 22). MDN Web Docs. <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP/Overview>

IEEE 802.11, the working group setting the standards for wireless LANs. (n.d.). <https://ieee802.org/11/>

MongoDB. (n.d.). MongoDB Atlas | Plataforma de datos multicloud para desarrolladores | MongoDB. <https://www.mongodb.com/es/atlas>

JSON. (n.d.). <https://json.org/json-es.html>

Welcome to Flask — Flask Documentation (3.0.X). (n.d.). <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>



Anaconda. (2024, March 12). Unleash AI Innovation and Value | Anaconda. <https://www.anaconda.com/>

nginx. (n.d.). <https://nginx.org/en/>

Docker: Accelerated Container Application Development. (2024, January 23). Docker. <https://www.docker.com/>

Android Developers. (n.d.). Herramientas para desarrolladores de aplicaciones para dispositivos móviles Android - Android Developers. <https://developer.android.com/?hl=es-419>

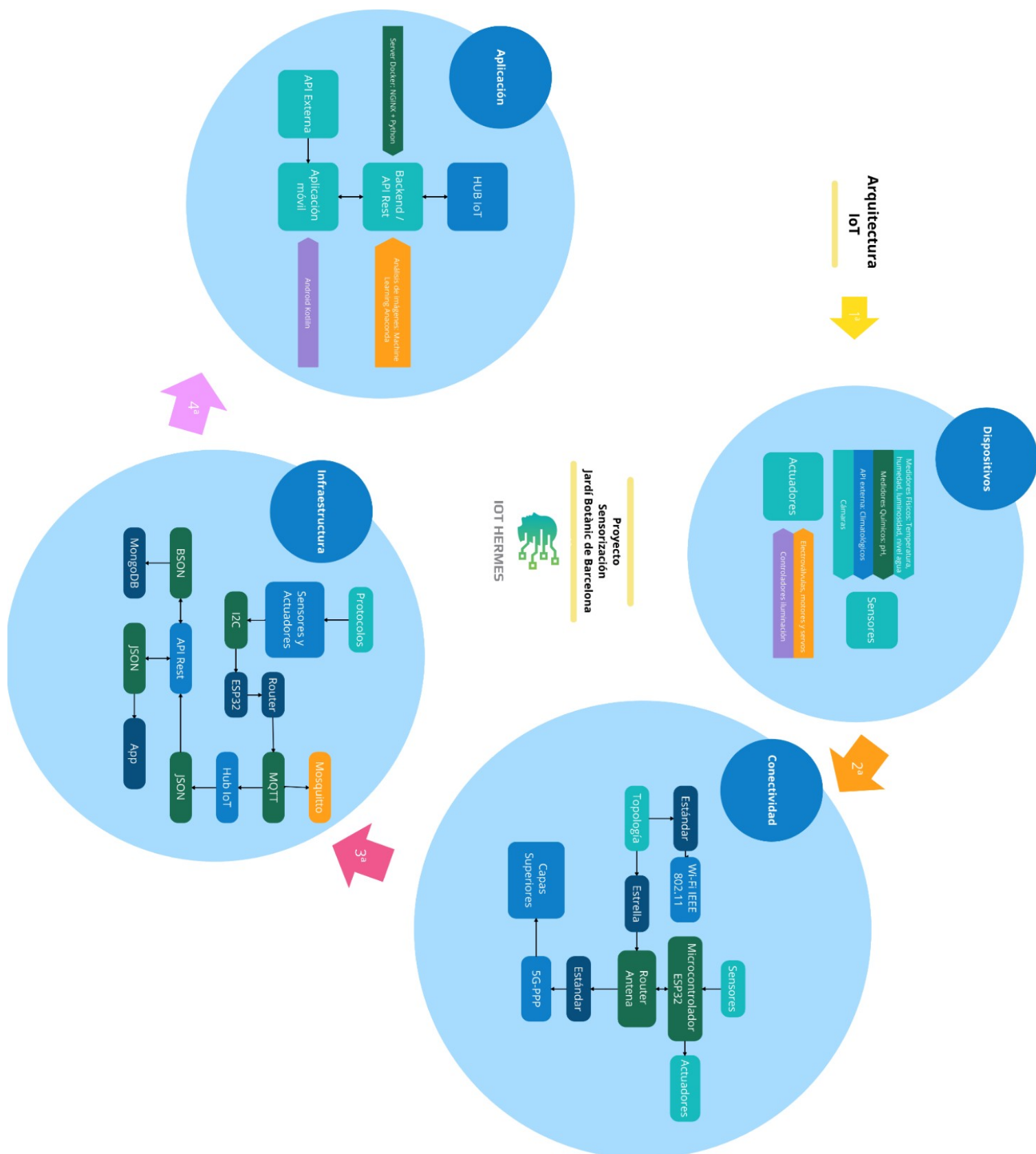
Isaac. (2019, October 11). DHT22: el sensor de temperatura y humedad de precisión. Hardware Libre. <https://www.hwlibre.com/dht22/>

Anasi, C. (2023, February 6). Sensor de humedad YL-69 con Arduino - Tutorial. Blog. <https://microlab.ec/blog/sensor-de-humedad-yl-69-con-arduino/>

Santos, S., & Santos, S. (2022, March 11). Arduino with BH1750 Ambient Light Sensor | Random Nerd Tutorials. Random Nerd Tutorials. <https://randomnerdtutorials.com/arduino-bh1750-ambient-light-sensor/>



GRÁFICOS





IOT HERMES

Ahorro de recursos

El control y la reacción en tiempo real permitirán automatizar un gran número de operaciones sobre los biomas y reducir el consumo de los recursos adaptándolos en todo momento a la situación real

Calidad de vida de las especies

La respuesta casi inmediata a las necesidades y problemas de las especies supondrán un mejor control de su crecimiento, floración y reproducción



Ventajas Sensorización



IOT HERMES

La aplicación final permitirá conectarse desde cualquier dispositivo móvil al backend para analizar y controlar el sistema IoT de forma remota, además de permitir crear y aplicar recetas IFTTT en cualquier momento

Mediante el manejo de información actualizada en tiempo real, la automatización de la creación de historiales de métricas y su posterior análisis Big Data y la automatización de las respuestas a disparadores

Monitorización remota

Eficiencia de toma de decisiones y BI