



Solución IoT para robot de exploración ambiental de datos críticos con almacenamiento en blockchain

Autor:

Ing. Gonzalo F. Carreño

Director:

Esp. Ing. Sergio Alberino (UTN.BA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 1 de julio de 2024 y el 1 de junio de 2025.*



Solución IoT para robot de exploración ambiental de datos críticos con almacenamiento en blockchain

Autor:

Ing. Gonzalo F. Carreño

Director:

Esp. Ing. Sergio Alberino (UTN/FRBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 22 de junio de 2024 y el 17 de agosto de 2024.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar.	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto.	7
4. Alcance del proyecto	7
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	8
8. Entregables principales del proyecto	8
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	9
11. Diagrama de Gantt	9
12. Presupuesto detallado del proyecto	9
13. Gestión de riesgos	10
14. Gestión de la calidad	10
15. Procesos de cierre.	10

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar.	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto.	7
4. Alcance del proyecto	7
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	10
8. Entregables principales del proyecto	11
9. Desglose del trabajo en tareas	12
10. Diagrama de Activity On Node.	13
11. Diagrama de Gantt	14
12. Presupuesto detallado del proyecto	16
13. Gestión de riesgos	16
14. Gestión de la calidad	18
15. Procesos de cierre.	19



Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento.	1 de julio de 2024



Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento.	22 de junio de 2024
1	Se aplican correcciones y completan capítulos restantes	9 de agosto de 2024

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, **1** de **julio** de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Gonzalo F. Carreño que su Trabajo Final de la Carrera de **Especialización** en Internet de las Cosas se titulará "Solución IoT para robot de exploración ambiental de datos críticos con almacenamiento en blockchain", consistirá en la implementación de un sistema embebido de robot de **exploracion** ambiental conectado a un sistema back-end en la nube **publica** capaz de persistir los datos en una red **blockhain**, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de \$ **108** dólares estadounidenses y **721** horas de trabajo, con fecha de inicio **1** de **julio** de 2024 y fecha de presentación pública **estimada 20** de octubre de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Esp. Lic. Mariano Landini
FCE UBA - Cliente

Esp. Ing. Sergio Alberino
Director del Trabajo Final

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, **22** de **julio** de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Gonzalo F. Carreño que su Trabajo Final de la Carrera de **Maestría** en Internet de las Cosas se titulará "Solución IoT para robot de exploración ambiental de datos críticos con almacenamiento en blockchain", consistirá en la implementación de un sistema embebido de robot de **exploración** ambiental conectado a un sistema back-end en la nube **pública** capaz de persistir los datos en una red **blockchain**, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de \$ **160** dólares estadounidenses y **615** horas de trabajo, con fecha de inicio **22** de **julio** de 2024 y fecha de presentación pública **a definir entre** octubre **y diciembre** de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Esp. Lic. Mariano Landini
FCE UBA - Cliente

Esp. Ing. Sergio Alberino
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto es un emprendimiento personal que busca integrar el dispositivo robótico de exploración ambiental controlable a distancia desarrollado en el marco de la **carrera de especialización en sistemas embebidos** con un backend para el **análisis y explotación** de datos en la nube **pública** y una red blockchain para el almacenamiento inmutable de datos **críticos**.

Estado del arte: Los robots exploradores son los dispositivos robotizados que han sido creados con el fin de reconocer y explorar un lugar o terreno siendo capaces de moverse de forma autónoma o controlados por personas a control remoto. Su objetivo es evitar poner en riesgo la vida de los humanos, ya sea debido a que el lugar es inaccesible o porque se encuentra en una zona contaminada. Algunos de los tipos de robots exploradores más conocidos son los espaciales, de minas, de rescate en catástrofes, de tuberías, acuáticos y/o **submarinos**, y de suelos.

Estos dispositivos, forman parte de una solución arquitectónica IoT más amplia, cumpliendo el rol de nodos "edge". Una vez implementados y funcionando envían lecturas del reconocimiento y operaciones realizadas a sistemas de procesamiento y almacenamiento de datos que conforman el backend, generalmente en la nube, desde donde se puede visualizar los resultados obtenidos, sus métricas derivadas, realizar trazabilidad de las operaciones así como almacenar y gobernar los datos generados.

En situaciones en las que el robot es utilizado para explorar y monitorear un área ambientalmente sensible, como una reserva natural o un sitio afectado por un desastre ecológico y su misión es recopilar datos críticos **-como** niveles de contaminación, temperatura, humedad, y calidad del **aire**. **Es** de gran importancia almacenar estas mediciones de una **forma** en la que se pueda asegurar la integridad y transparencia de los datos, como por ejemplo, en una cadena de bloques (blockchain).

Una arquitectura blockchain se basa en el procesamiento y almacenamiento de transacciones agrupadas en bloques encadenados e inmutables de forma distribuida entre los nodos de una red en lo que se conoce como un distributed ledger. De esta manera se puede asegurar integridad de los datos ya que los registros generados no se pueden modificar una vez creados. Además, como la red es accesible entre los actores intervinientes en el caso de **uso -pudiendo ser** pública o privada y con o sin **permisos**, se puede garantizar la transparencia de los datos. La mayoría de las redes blockchain constan de la tecnología para la implementación de código backend ejecutable en la red, que aunque su nombre puede cambiar dependiendo de la red en la cual se implementan, usualmente se los conoce como Smart Contracts. La ejecución de estos componentes es realizada por los nodos de la red en el proceso que se conoce como minería, y como tal es una actividad que requiere el pago de un fee conocido como gas medido en diferentes unidades dependiendo de la red y normalmente pagable desde una cuenta nominada en el token de la red asociada a la aplicación o propietario de los smart contracts. La forma de interactuar con los smart contracts en un caso de uso interactivo desde afuera de la red, se realiza a través de otro componente conocido como dApps (de-centralized applications) que haciendo uso de ciertas **librerías** de Web3 invocan a estos para almacenar y obtener datos en y desde el ledger.

En **el siguiente diagrama** se puede apreciar una posible arquitectura del sistema final.

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto es un emprendimiento personal que busca integrar el dispositivo robótico de exploración ambiental controlable a distancia desarrollado en el marco de la **Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos** con un backend para el **análisis y explotación** de datos en la nube **pública** y una red blockchain para el almacenamiento inmutable de datos **críticos**.

Estado del arte: los robots exploradores son los dispositivos robotizados que han sido creados con el fin de reconocer y explorar un lugar o terreno siendo capaces de moverse de forma autónoma o controlados por personas a control remoto. Su objetivo es evitar poner en riesgo la vida de los humanos, ya sea debido a que el lugar es inaccesible o porque se encuentra en una zona contaminada. Algunos de los tipos de robots exploradores más conocidos son los espaciales, de minas, de rescate en catástrofes, de tuberías, acuáticos y/o **submarinos** y de suelos.

Estos dispositivos, forman parte de una solución arquitectónica IoT más amplia, cumpliendo el rol de nodos "edge". Una vez implementados y funcionando envían lecturas del reconocimiento y operaciones realizadas a sistemas de procesamiento y almacenamiento de datos que conforman el backend, generalmente en la nube, desde donde se puede visualizar los resultados obtenidos, sus métricas derivadas, realizar trazabilidad de las operaciones así como almacenar y gobernar los datos generados.

En situaciones en las que el robot es utilizado para explorar y monitorear un área ambientalmente sensible, como una reserva natural o un sitio afectado por un desastre ecológico y su misión es recopilar datos críticos **tales como** niveles de contaminación, temperatura, humedad, y calidad del **aire**. **Es** de gran importancia almacenar estas mediciones de una **manera** en la que se pueda asegurar la integridad y transparencia de los datos, como por ejemplo, en una cadena de bloques (blockchain).

Una arquitectura blockchain se basa en el procesamiento y almacenamiento de transacciones agrupadas en bloques encadenados e inmutables de forma distribuida entre los nodos de una red en lo que se conoce como un *distributed ledger*. De esta manera se puede asegurar **la** integridad de los datos ya que los registros generados no se pueden modificar una vez creados. Además, como la red es accesible entre los actores intervinientes en el caso de **uso, ya sea** pública o privada y con o sin **permisos**, se puede garantizar la transparencia de los datos. La mayoría de las redes blockchain constan de la tecnología para la implementación de código backend ejecutable en la red, que aunque su nombre puede cambiar dependiendo de la red en la cual se implementan, usualmente se los conoce como *Smart Contracts*. La ejecución de estos componentes es realizada por los nodos de la red en el proceso que se conoce como minería, y como tal es una actividad que requiere el pago de un **fee (comisión)** conocido como **gas** medido en diferentes unidades dependiendo de la red y normalmente pagable desde una cuenta nominada en el token de la red asociada a la aplicación o propietario de los *smart contracts*. La forma de interactuar con los *smart contracts* en un caso de uso interactivo desde afuera de la red, se realiza a través de otro componente conocido como dApps (*de-centralized applications*) que haciendo uso de ciertas **bibliotecas** de Web3 invocan a estos para almacenar y obtener datos en y desde el *ledger*.

En **la figura 1** se puede apreciar una posible arquitectura del sistema final.

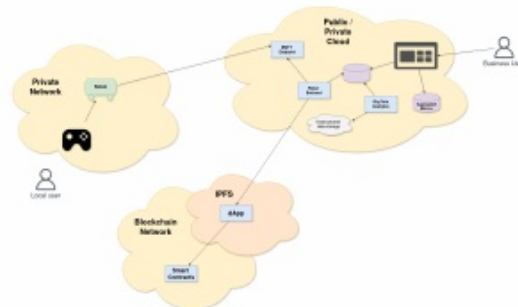


Figura 1. Arquitectura del sistema

El hardware utilizado para la solución de IoT propuesta es un robot de exploración ambiental de control inalámbrico, desarrollado en la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos de la Universidad de Buenos Aires. En la **siguiente imagen** puede apreciarse una fotografía del mismo.

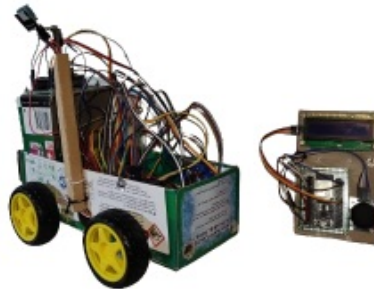


Figura 2. Arquitectura del sistema

2. Identificación y análisis de los interesados

A **continuación** se enumeran los diferentes roles e individuos que participarán en el proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Esp. Lic. Mariano Landini	FCE UBA - Cliente	-
Responsable	Ing. Gonzalo F. Carreño	UTN.BA	Alumno
Orientador	Esp. Ing. Sergio Alberino	UTN.BA	Director Trabajo final

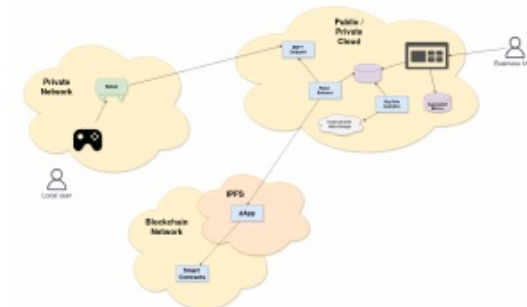


Figura 1. Arquitectura del sistema

El hardware utilizado para la solución de IoT propuesta es un robot de exploración ambiental de control inalámbrico, desarrollado en la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos de la Universidad de Buenos Aires. En la **figura 2** puede apreciarse una fotografía del mismo.

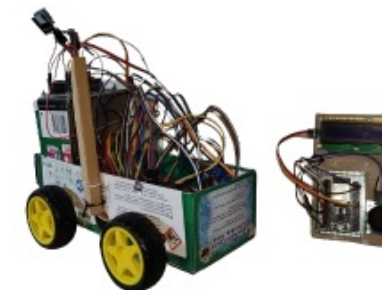


Figura 2. Robot de exploración ambiental

2. Identificación y análisis de los interesados

A **continuación** se enumeran los diferentes roles e individuos que participarán en el proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Esp. Lic. Mariano Landini	FCE UBA - Cliente	-
Responsable	Ing. Gonzalo F. Carreño	UTN/FRBA	Alumno
Orientador	Esp. Ing. Sergio Alberino	UTN/FRBA	Director Trabajo final

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar una solución IoT para un robot de exploración ambiental para casos de uso de datos críticos en los que sea necesario contar con almacenamiento inmutable y transparente para todas las partes en una arquitectura **blockchain**. Por otra parte, se pretende volcar en un desarrollo concreto y de aplicación industrial los conocimientos adquiridos durante la cursada de la Maestría en Internet de las Cosas.

4. Alcance del proyecto

Contando con el hardware mencionado anteriormente que auspicia de componente edge en una arquitectura IoT, se propone la implementación de la plataforma tecnológica que alcanza:

- La publicación del endpoint MQTT para la recepción de los datos enviados por el robot.
- La adaptación del sistema embebido del robot de exploración ambiental para la conexión segura con el backend vía MQTT.
- La arquitectura e implementación de los sistemas backend y el modelo de datos necesario para el almacenamiento de las mediciones enviadas por el robot.
- La arquitectura, implementación y despliegue de la dApp (**de-centralized application**) y **Smart Contracts** necesarios para el almacenamiento de las mediciones en una red Blockchain (a definir).
- La definición de métricas agregadas de valor y posterior arquitectura e implementación de los sistemas analíticos para procesar de forma batch y/o real-time (dependiendo de las métricas a definir) **los datos enviados** utilizando herramientas de procesamiento paralelo basadas en big data.
- La implementación de la interfaz gráfica para poder visualizar los datos enviados y analíticas calculadas.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- será posible tener acceso a redes de desarrollo y testing de forma gratuita mediante la **obtención** de Faucets,
- será posible experimentar, desarrollar y hacer testing del backend cloud con el presupuesto estimado,
- **arquitectónicamente** resultará viable implementar la **solución** propuesta,
- se dispondrá del conjunto de **librerías**, drivers y APIs de bajo nivel para el desarrollo de las funcionalidades planteadas en el alcance sin ser necesario el desarrollo de drivers y dichos componentes de bajo nivel. **Además**, tanto estos componentes de software como los open source de la comunidad de software libre utilizados durante el desarrollo del producto, se encontrará estable para que su integración en el proyecto no resulte en desvíos,

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar una solución IoT para un robot de exploración ambiental para casos de uso de datos críticos en los que sea necesario contar con almacenamiento inmutable y transparente para todas las partes en una arquitectura **blockchain**. Por otra parte, se pretende volcar en un desarrollo concreto y de aplicación industrial los conocimientos adquiridos durante la cursada de la Maestría en Internet de las Cosas.

4. Alcance del proyecto

Contando con el hardware mencionado anteriormente que auspicia de componente edge en una arquitectura IoT, se propone la implementación de la plataforma tecnológica que alcanza:

- La publicación del endpoint MQTT para la recepción de los datos enviados por el robot.
- La adaptación del sistema embebido del robot de exploración ambiental para la conexión segura con el backend vía MQTT.
- La arquitectura e implementación de los sistemas backend y el modelo de datos necesario para el almacenamiento de las mediciones enviadas por el robot.
- La arquitectura, implementación y despliegue de la dApp y **smart contracts** necesarios para el almacenamiento de las mediciones en una red Blockchain (a definir).
- La definición de métricas agregadas de valor y posterior arquitectura e implementación de los sistemas analíticos para procesar de forma *batch* y/o *real-time* (dependiendo de las métricas a definir) utilizando herramientas de procesamiento paralelo basadas en big data.
- La implementación de la interfaz gráfica para poder visualizar los datos enviados y analíticas calculadas.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- será posible tener acceso a redes de desarrollo y testing de forma gratuita mediante la **obtención tokens de prueba por medio** de Faucets,
- será posible experimentar, desarrollar y hacer testing del backend cloud con el presupuesto estimado,
- **será posible contar con la capa gratuita en el servicio cloud utilizado,**
- **arquitectónicamente** resultará viable implementar la **solución** propuesta,
- se dispondrá del conjunto de **bibliotecas**, drivers y APIs de bajo nivel para el desarrollo de las funcionalidades planteadas en el alcance sin ser necesario el desarrollo de drivers y dichos componentes de bajo nivel. **Además**, tanto estos componentes de software como los *open source* de la comunidad de software libre utilizados durante el desarrollo del producto, se encontrará estable para que su integración en el proyecto no resulte en desvíos,

- tanto el prototipado de los componentes de software del sistema embebido como el ensamblado de los componentes de hardware del dispositivo no producirán desvíos considerables en el plan,
- no habrá desvíos no contemplados en el plan que impidan o demoren entregas en el proyecto,
- el comité académico encargado de la corrección tendrá disponibilidad para realizar la evaluación en las fechas planificadas de entrega,
- el director asignado tendrá la disponibilidad de tiempo para darle seguimiento al proyecto,
- el alumno contará con una disponibilidad de entre 3 y 5 horas diarias (incluyendo fines de semana) para el desarrollo del proyecto en el tiempo convenido,
- los materiales, componentes, software de terceros y servicios cloud utilizados funcionaran de forma óptima y de acuerdo a lo esperado,
- el robot desarrollado **seguirá** funcionando de forma estable sin ser necesario su ajuste, reparación o modificación a nivel hardware o sistema base (fuera de lo planificado para la **integración** con MQTT),
- los recursos no directamente relacionados con el desarrollo del proyecto, pero utilizados durante el mismo, funcionaran adecuadamente y en caso de falta de suministro (por ejemplo el servicio de **internet**) o **avería** (por ejemplo en el caso de la computadora utilizada) la **resolución será** expeditiva no suponiendo un **desvío** en el plan,
- no **sucedarán** nuevos eventos de impacto global (pandemia, guerras, etc) durante el desarrollo del proyecto que impliquen una demora o imposibilidad en la entrega.

6. Requerimientos

A **continuación** se listan los requerimientos del producto:

...

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

A continuación se listan las historias de usuario. La ponderación de *story points* se realiza considerando 1 punto = 1 hora:

...

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

...

- tanto el prototipado de los componentes de software del sistema embebido como el ensamblado de los componentes de hardware del dispositivo no producirán desvíos considerables en el plan,
- no habrá desvíos no contemplados en el plan que impidan o demoren entregas en el proyecto,
- el comité académico encargado de la corrección tendrá disponibilidad para realizar la evaluación en las fechas planificadas de entrega,
- el director asignado tendrá la disponibilidad de tiempo para darle seguimiento al proyecto,
- el alumno contará con una disponibilidad de entre 3 y 5 horas diarias (incluyendo fines de semana) para el desarrollo del proyecto en el tiempo convenido,
- los materiales, componentes, software de terceros y servicios cloud utilizados funcionaran de forma óptima y de acuerdo a lo esperado,
- el robot desarrollado **seguirá** funcionando de forma estable sin ser necesario su ajuste, reparación o modificación a nivel hardware o sistema base (fuera de lo planificado para la **integración** con MQTT),
- los recursos no directamente relacionados con el desarrollo del proyecto, pero utilizados durante el mismo, funcionaran adecuadamente y en caso de falta de suministro (por ejemplo el servicio de **Internet**) o **avería** (por ejemplo en el caso de la computadora utilizada) la **resolución será** expeditiva no suponiendo un **desvío** en el plan,
- no **sucedarán** nuevos eventos de impacto global (pandemia, guerras, etc) durante el desarrollo del proyecto que impliquen una demora o imposibilidad en la entrega.

6. Requerimientos

A **continuación**, se listan los requerimientos del producto:

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El robot de exploración ambiental debe poder enviar a la plataforma datos de mediciones de parámetros ambientales, incluyendo los datos de fecha, hora, localización geográfica (que puede ser implementada como un mock inicialmente) y la categorización si es o no un valor crítico.
- 1.2. El robot de exploración ambiental debe incorporar lógica para categorizar los valores medidos de cada parámetro ambiental como valores críticos si:
 - 1) representan un máximo o mínimo global sensado hasta el momento,
 - 2) representan un máximo o mínimo local durante el último día.
- 1.3. La plataforma debe poder recibir y almacenar las mediciones de parámetros ambientales enviadas por el robot.
- 1.4. Los datos considerados críticos deben ser almacenados en un sistema inmutable.
- 1.5. La plataforma debe poder procesar las mediciones de parámetros ambientales enviadas por el robot para generar métricas de valor para el usuario de negocio.
- 1.6. El la plataforma proveer dos *front-end* con interfaz web:

9. Desglose del trabajo en tareas

El conjunto de actividades y tareas que se realizarán durante el proyecto son:

10. Diagrama de Activity On Node

A continuación se detalla la lista de actividades que se realizarán durante el proyecto. Los tiempos están expresados en días, y como se considera una dedicación de 4 horas diarias (incluyendo fines de semana).

Id	Tarea	Duración	Dependencia	Predecesora
1	Gestión del proyecto	-	-	-
2	Adquisición de materiales	-	-	-
3	Investigación y prototipado	-	-	-
4	Set-up integración continua (opcional)	-	-	-
5	Diseño y desarrollo de funcionalidades	-	-	-
6	Testing	-	-	-
7	Ensamblado del hardware	-	-	-
8	Funcionalidades extras (opcional)	-	-	-
9	Documentación	-	-	-

11. Diagrama de Gantt

12. Presupuesto detallado del proyecto

El siguiente cuadro presenta los costos en dólares estadounidenses estimados para el proyecto:

Descripción	COSTOS DIRECTOS		
	Cantidad	Valor unitario	Valor total
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
-	1	\$ 0,00	\$ 0,00
TOTAL			\$ 0,00

1) el *front-end* para el usuario de negocio,

2) el *front-end* para el usuario administrador.

1.7. El *front-end* para el usuario de negocio debe proveer métricas para visualizar:

1) las lecturas históricas almacenadas,

2) agregaciones (máximo, mínimo, promedio, etc) de cada parámetro ambiental agrupado por frecuencias (ventanas de tiempo) y coordenadas geográficas,

3) las referencias a los datos persistidos en blockchain.

1.8. El *front-end* para el usuario de administración debe permitir:

1) acceder a los diferentes recursos utilizados por la herramienta (topics MQTT, *smart contracts*, *buckets*, etc),

2) resetear valores y estado.

2. Requerimientos no funcionales

2.1. La plataforma debe contar con al menos un *back-end* de procesamiento y acceso a datos operacionales para la lógica de negocio.

2.2. La plataforma debe contar con al menos un *back-end* de acceso, procesamiento, almacenamiento de datos analíticos para la generación de métricas.

2.3. El envío de los valores ambientales censados al *back-end* debe ser mediante MQTT.

2.4. Las lecturas ambientales categorizadas como críticas deben ser almacenadas en blockchain para garantizar fiabilidad e inmutabilidad.

2.5. La gestión de datos almacenados en blockchain debe ser implementada mediante *smart contracts* desplegados en la red.

2.6. La interacción con los *smart contracts* debe realizarse desde una dApp.

2.7. Los sistemas de transferencia y almacenamiento de datos utilizados deben contar con seguridad, permitiendo encriptación, autenticación y autorización.

3. Requerimientos de documentación

3.1. Video demostrativo.

3.2. Documentación de arquitectura técnica del diseño del sistema.

3.3. Manual de usuario.

3.4. Memoria final.

4. Requerimiento de testing

4.1. Se debe incluir tests de unitarios de componentes.

4.2. Se debe incluir tests funcionales (*smoke test*) del producto general.

5. Requerimientos opcionales

5.1. De infraestructura y despliegue:

1) Se permite realizar el despliegue de la dApp en un IPFS (preferentemente) o en la nube.

2) Se permite agregar hardware al robot para la captura de datos adicionales.

3) Se permite agregar automatización para la creación de la infraestructura como código.

5.2. De datos:

1) Se permite almacenar cualquier otro dato adicional sensado o derivado.

2) Se permite agregar cualquier implementación de gobierno de datos.

3) Se permite almacenar cualquier otra métrica o gráfico de explotación de datos adicional.

13. Gestión de riesgos

14. Gestión de la calidad

15. Procesos de cierre

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

A continuación, se listan las historias de usuario. La ponderación de *story points* se realiza considerando 1 punto = 1 día:

1. Integración MQTT

- Detalle: Como arquitecto quiero que el envío de los datos desde el robot al *back-end* se realice mediante MQTT.
- Esfuerzo: 5 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

2. Arquitectura operacional

- Detalle: Como arquitecto quiero que la arquitectura de tanto los *front-ends* como el *back-end* sean web exponiendo APIs vía servicios REST. La interfaz gráfica debe ser implementada en Angular u otro framework MVC/MVVC de Javascript.
- Esfuerzo: 37 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

3. Arquitectura analítica

- Detalle: Como arquitecto quiero que las métricas de valor sean generadas de forma *batch* mediante un *pipeline* de datos.
- Esfuerzo: 27 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

4. Arquitectura blockchain

- Detalle: Como arquitecto blockchain quiero que la infraestructura seleccionada permita el despliegue de dApps y *smart contracts* de manera escalable, simple y que el desarrollo sea fácil de mantener y mejorar.
- Esfuerzo: 37 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

5. Métricas agregadas

- Detalle: Como usuario quiero una métrica que me indique los valores agregados de mínimo, máximo y promedio de cada parámetro ambiental agrupado por fecha y coordenadas.
- Esfuerzo: 15 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

6. Métricas históricas

- Detalle: Como usuario quiero poder ver en series de tiempo los valores medidos para los diferentes parámetros ambientales.
- Esfuerzo: 18 puntos
- Criterio de aceptación: funcionalidad verificada y documentación.

7. Gráficos de explotación