

Iñaki Balaguer Bañeras

04/07/2022

TRABAJO FINAL DE EXPERTO EN DESARROLLO DE APLICACIONES BLOCKCHAIN

Sistema de fumigación con drones basado en la
Blockchain

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Contenido

Descripción del caso	
Justificación del uso de la tecnología Blockchain	
Análisis y modelo del sistema propuesto	
Descripción del entorno de desarrollo utilizado	
Diagramas de secuencia	
Diagramas de clases	
Diagrama de despliegue	
Manual de usuario	
El código desarrollado —del back-end, del front-end y de SmartContracts—	
Testing de la solución	
Conclusiones	

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Descripción del caso

Una empresa ha desarrollado un sistema de fumigación con drones y nos ha solicitado que desarrollemos una solución basada en la Blockchain de Alastria para su uso.

Justificación del uso de la tecnología Blockchain

Teniendo en cuenta que la tecnología Blockchain aumenta la confianza, la seguridad, la transparencia, la trazabilidad de los datos e inmutabilidad de la información, en los últimos años está evolucionando el mundo de los negocios ya que permite registrar transacciones de manera permanente dentro de una red descentralizada, la cual utiliza un registro distribuido, lo que significa que todos sus participantes son dueños de la información.

El uso de la tecnología Blockchain en el sistema de fumigación con drones nos permite llevar un registro de las transacciones de fumigación realizadas en cada una de las parcelas, así como, el detalle de aquellos pesticidas y/o productos fitosanitarios que se han aplicado sobre las mismas a una fecha y hora específica.

Al disponer de forma digitalizada toda esta información, se convierte totalmente auditable, reducimos riesgos operacionales de la empresa evitando errores en la introducción de los datos y como resultado un ahorro en costos de administración.

En caso de que el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación nos solicite el Cuaderno de Campo bastaría con consultar las transacciones y/o eventos registrados en la Blockchain correspondientes a nuestra explotación agrícola.

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Análisis y modelo del sistema propuesto

Se plantea crear una interfaz Web a través de la cual se integre el uso de los contratos inteligentes con la tecnología de Blockchain. Dicha interfaz dispondrá de 2 roles y cada uno de ellos podrá llevar a cabo unas funciones determinadas:

- ▶ Tipo rol Empresa:
 - Se le permitirá registrar los drones. Estos drones se gestionarán mediante tokens no fungibles basados en el estándar ERC 721.
 - Y ver los trabajos asignados a los drones.

- ▶ Tipo rol Propietario:
 - Se le permitirá registrar las parcelas. Estos drones se gestionarán mediante tokens no fungibles basados en el estándar ERC 721.
 - Contratar drones a la empresa para desinfectar una parcela con un pesticida determinado.
 - Y realizar pagos de las contrataciones de los drones desde la cuenta del propietario a la de la empresa. Para la gestión de pagos se creará un token propio basado en el estándar ERC 20.

Las características propias de los drones son:

- ▶ Un identificador único y ascendente, comenzando en 1 y que no puede repetirse.
- ▶ La empresa que lo gestiona, que será la única que pueda mandar acciones al dron.
- ▶ Altura máxima y mínima de vuelo.
- ▶ Una lista de pesticidas que puede suministrar. Los pesticidas existentes son cinco y sus nombres son: Pesticida A, Pesticida B, Pesticida C, Pesticida D y Pesticida E.
- ▶ Coste.

Las características de las parcelas son:

- ▶ Un identificador único y ascendente, que comienza en 1 y que no puede repetirse.
- ▶ Un propietario.
- ▶ Altura máxima y mínima de vuelo permitida.
- ▶ Pesticida aceptado, uno de la lista de pesticidas mencionados anteriormente.

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Descripción del entorno de desarrollo utilizado

Para el desarrollo de la solución se ha hecho uso de las siguientes herramientas:

- **Visual Studio Code.** <https://code.visualstudio.com/download>



Editor de código fuente comúnmente conocido por la comunidad y usado en este caso para la programación de los Smart Contracts.

Adicional a ello y con el objetivo de facilitarnos el desarrollo e implementación de los Smart Contracts haremos uso de las siguientes extensiones:

- **Ethereum Solidity.** <https://marketplace.visualstudio.com/solidity>



Esta extensión nos ayudará a resaltar la sintaxis de Solidity para una mejor legibilidad y nos propondrá fragmentos de código para un desarrollo más rápido.

- **Ethereum Remix.** <https://marketplace.visualstudio.com/remix>



Esta extensión nos ayudará a compilar e implementar los contratos inteligentes (Smart Contracts) en la cadena de bloques, nos proporciona una interfaz gráfica para interactuar con ellos y realizar pruebas sencillas.

- **Truffle Framework.** <https://trufflesuite.com/truffle/>



Se trata del framework más popular para el desarrollo de Ethereum, éste nos crea una estructura de carpetas y archivos que nos facilitan la gestión del proyecto. Nos ofrece la posibilidad de compilar, desplegar, migrar, depurar y realizar testing de manera automatizada sobre los Smart Contracts.

- **Ganache.** <https://trufflesuite.com/ganache/>

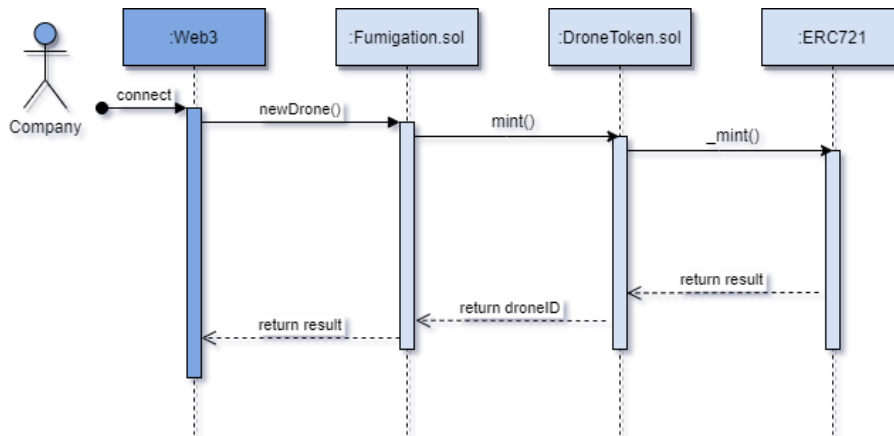


Se trata de un software que nos proporciona una red de pruebas local súper sencilla e intuitiva, además nos permite inspeccionar y controlar el estado y funcionamiento de la cadena

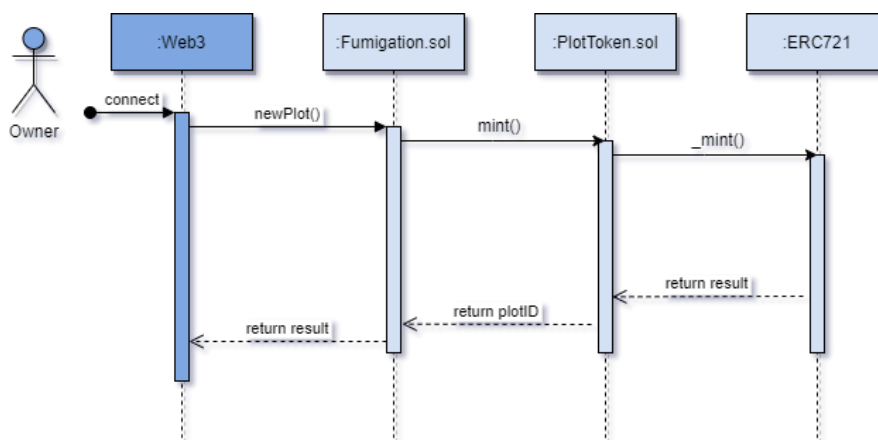
Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Diagramas de secuencia

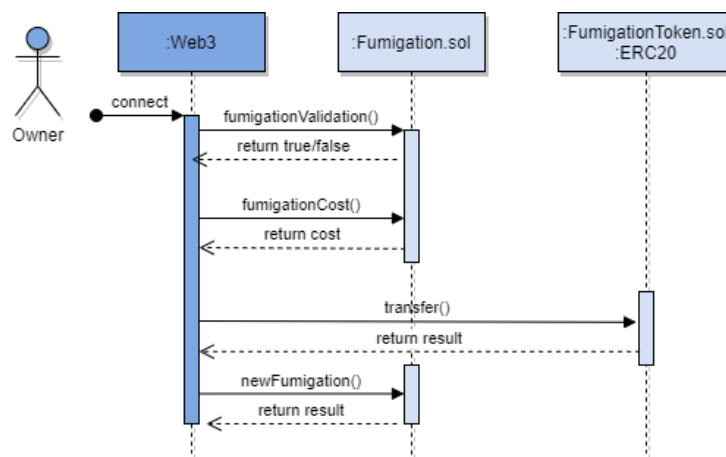
Secuencia para dar de alta un nuevo dron



Secuencia para dar de alta una nueva parcela



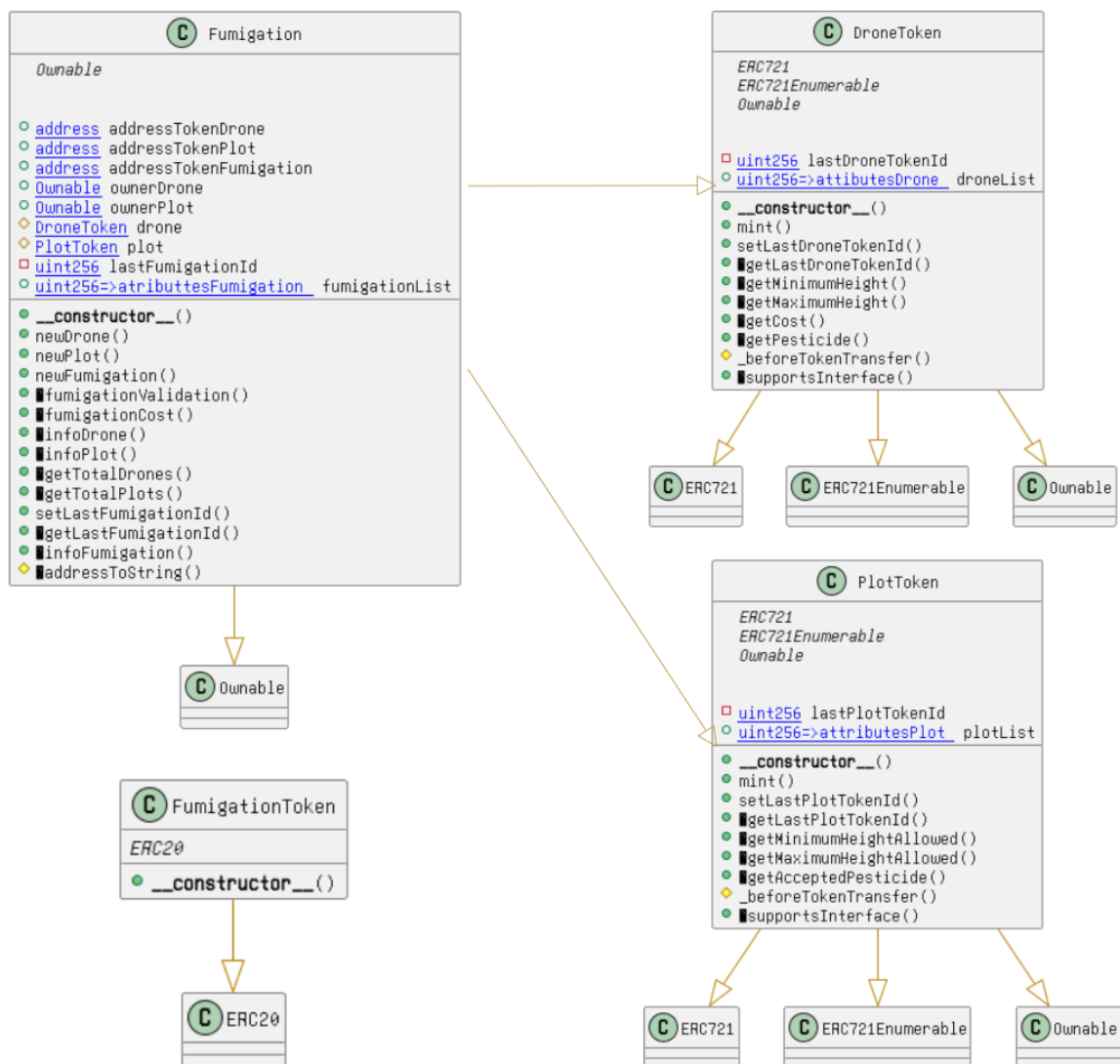
Secuencia para contratar una fumigación



Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Diagramas de clases

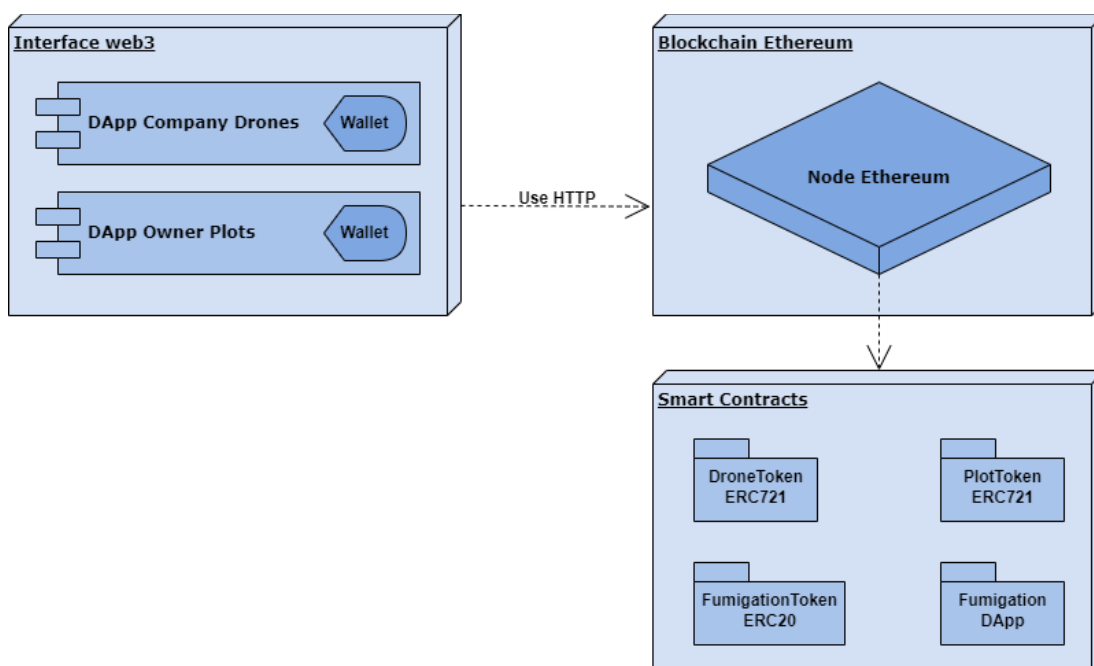
A continuación, se detalla el diagrama de clases con los diferentes Smart Contracts que se han desarrollado en la solución.



Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Diagrama de despliegue

A continuación, se detalla un diagrama de despliegue sobre la red Ethereum.



Mencionar que en este caso la solución propuesta se ha desplegado sobre la red local de pruebas Ganache haciendo uso de Truffle. Se ha intentado desplegar sobre la red Telsius de Alastria pero no ha sido posible debido a problemas de compatibilidad de la versión de Solidity y del propio nodo del VDI.

Para realizar el despliegue de la aplicación se deberán seguir los siguientes pasos:

- ▶ Instalar Node.js <https://github.com/nodejs>.
- ▶ Instalar Truffle <https://trufflesuite.com/docs/installation/>.
- ▶ Instalar Ganache <https://trufflesuite.com/ganache/>.
- ▶ Instalar librerías OpenZeppelin <https://docs.openzeppelin.com/contracts/2.x/>.
- ▶ Instalar la librería de testing Mocha <https://mochajs.org/>.
- ▶ Instalar la librería de testing Chai <https://www.chaijs.com/guide/installation/>.

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

► Ejecutar Ganache Suite.

Ganache nos proporciona 10 cuentas con saldo que podemos usar para implementar y testear nuestros desarrollos en local, también se pueden importar las cuentas haciendo uso de las claves privadas en MetaMask para interactuar entre ellas.

En el desarrollo de esta solución se han usado 3 cuentas, en los puntos siguientes se detalla para que se han usado cada una de ellas.

Ganache

ACCOUNTS

BLOCKS

TRANSACTIONS

CONTRACTS

EVENTS

LOGS

SEARCH FOR BLOCK NUMBERS OR TX HASHES

CURRENT BLOCK

GAS PRICE

GAS LIMIT

HARDFORK

NETWORK ID

RPC SERVER

MINING STATUS

WORKSPACE QUICKSTART

SAVE

SWITCH

261

20000000000

6721975

MUIRGLACIER

5777

HTTP://127.0.0.1:7545

AUTOMINING

MNEMONIC

empty cash tackle erupt unaware culture relief fancy such change trick toilet

HD PATH

m/44'/60'/0'/0'/0/account_index

ADDRESS

0x5b953f27fc7E5399822F82981Ac57017458d4fc6

BALANCE

99.84 ETH

TX COUNT

8

INDEX

0

ADDRESS

0x319A58B9c2a8036239C4CD96CB0b268d23701e22

BALANCE

99.81 ETH

TX COUNT

13

INDEX

1

ADDRESS

0x9c6d9961503869284e8308FD1Bb9F573981393bd

BALANCE

92.93 ETH

TX COUNT

240

INDEX

2

► Editar el fichero de configuración de Truffle “truffle-config.js”.

Se deberá indicar en “host:” la dirección IP que nos proporciona Ganache, en “port:” el puerto al que debemos acceder, en “network_id:” el id de la conexión y por último en “from:” la cuenta desde la que se despliegan los Smart Contracts.

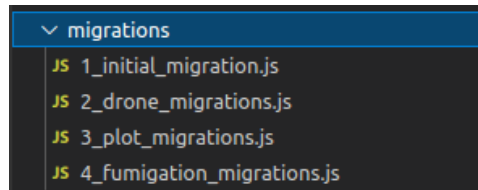
```

JS truffle-config.js x
JS truffle-config.js > [unknown] > networks
38 networks: {}
39 // Useful for testing. The `development` name is special - truffle uses it by default
40 // if it's defined here and no other network is specified at the command line.
41 // You should run a client (like ganache-cli, geth or parity) in a separate terminal
42 // tab if you use this network and you must also set the `host`, `port` and `network_id`
43 // options below to some value.
44 //
45 development: {
46   host: "127.0.0.1", // Localhost (default: none)
47   port: 7545, // Standard Ethereum port (default: none)
48   network_id: "5777", // Any network (default: none)
49   from: "0x9c6d9961503869284e8308FD1Bb9F573981393bd"
50 },

```

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

- Para desplegar los contratos deberemos usar el comando “truffle migrate”



Tal como se ha mencionado anteriormente en esta solución se han hecho uso de 3 cuentas de la siguiente manera:

- La primera cuenta para el despliegue del contrato *DroneToken.sol*.

Para ello es necesario modificar el fichero “truffle-config.js” indicando la cuenta que se quiere usar y ejecutar el comando “truffle migrate -f 2 --to 2”.

```
JS truffle-config.js x
JS truffle-config.js > [?] <unknown> > networks > development > from
43 // options below to some value.
44 //
45 development: {
46   host: "127.0.0.1", // Localhost (default: none)
47   port: 7545, // Standard Ethereum port (default: none)
48   network_id: "5777", // Any network (default: none)
49   from: "0x5b953f27fc7E5399822F82981Ac57017458d4fc6"
50 },
51
```

```
JS 2_drone_migrations.js x
migrations > JS 2_drone_migrations.js > ...
1 const droneToken = artifacts.require("DroneToken");
2
3 module.exports = function (deployer) {
4   deployer.then(async () => {
5     await deployer.deploy(droneToken, "Drone", "DRON");
6   });
7 };
```

```
2_drone_migrations.js
=====
Replacing 'DroneToken'
-----
> transaction hash: 0x6bb6be41865ce2586a879e87de611d99b3841f14ced52711ddb2c7c03021a84e
> Blocks: 0 Seconds: 0
> contract address: 0xC80E5D9340e9A301601C41928026A9D2762cb8f7
> block number: 262
> block timestamp: 1656959018
> account: 0x5b953f27fc7E5399822F82981Ac57017458d4fc6
> balance: 99.78172792
> gas used: 3056093 (0x2ea1dd)
> gas price: 20 gwei
> value sent: 0 ETH
> total cost: 0.06112186 ETH

> Saving artifacts
-----
> Total cost: 0.06112186 ETH

Summary
=====
> Total deployments: 1
> Final cost: 0.06112186 ETH
```

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

- La segunda cuenta para el despliegue del contrato de las *PlotToken.sol* y para el despliegue del contrato *FumigationToken.sol*.

Para ello es necesario modificar el fichero “truffle-config.js” indicando la cuenta que se quiere usar y ejecutar el comando “truffle migrate -f 3 --to 3”.

```
JS truffle-config.js X
JS truffle-config.js > [?] <unknown> > networks > development > from
43 // options below to some value.
44 //
45 development: {
46   host: "127.0.0.1", // Localhost (default: none)
47   port: 7545, // Standard Ethereum port (default: none)
48   network_id: "5777", // Any network (default: none)
49   from: "0x319A58B9c2a8036239C4CD96CB0b268d23701e22"
50 },
```

```
JS 3_plot_migrations.js X
migrations > JS 3_plot_migrations.js > ...
1 const plotToken = artifacts.require("PlotToken");
2 const fumigationToken = artifacts.require("FumigationToken");
3 module.exports = function (deployer) {
4   deployer.then(async () => {
5     await deployer.deploy(plotToken, "Plot", "PLOT");
6     await deployer.deploy(fumigationToken);
7   });
8 };
```

```
3_plot_migrations.js
=====
Replacing 'PlotToken'
-----
> transaction hash: 0x865039d2e63f7cd5944ee3324c62f1bb666e6aab7e7f792c329c9308379a738c
> Blocks: 0 Seconds: 0
> contract address: 0xC9bde3ECFF87cb9858532A66BE40Ad531E74c5A
> block number: 263
> block timestamp: 1656959469
> account: 0x319A58B9c2a8036239C4CD96CB0b268d23701e22
> balance: 99.7473397
> gas used: 3018139 (0x2e0d9b)
> gas price: 20 gwei
> value sent: 0 ETH
> total cost: 0.06036278 ETH

Replacing 'FumigationToken'
-----
> transaction hash: 0x0fd577f0856816740fa203f113a386909d50b180bdb298731d9703b15b2d8551
> Blocks: 0 Seconds: 0
> contract address: 0xDa95c5db12269620e34A11AbaADA44FcCB4a32AA
> block number: 264
> block timestamp: 1656959470
> account: 0x319A58B9c2a8036239C4CD96CB0b268d23701e22
> balance: 99.72396112
> gas used: 1168929 (0x11d621)
> gas price: 20 gwei
> value sent: 0 ETH
> total cost: 0.02337858 ETH

> Saving artifacts
-----
> Total cost: 0.08374136 ETH

Summary
=====
> Total deployments: 2
> Final cost: 0.08374136 ETH
```

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

- La tercera y última cuenta para el despliegue del contrato *Fumigation.sol*.

Para ello es necesario modificar el fichero “truffle-config.js” indicando la cuenta que se quiere usar, modificar el fichero “4_fumigation_migrations.js” para indicar las direcciones de los contratos desplegados anteriormente de los drones y las parcelas y ejecutar el comando “truffle migrate -f 4 --to 4”.

```
JS truffle-config.js x
JS truffle-config.js > [?] <unknown> > [?] networks > [?] development > [?] from
43 // options below to some value.
44 //
45 development: [?]
46   host: "127.0.0.1",      // Localhost (default: none)
47   port: 7545,            // Standard Ethereum port (default: none)
48   network_id: "5777",    // Any network (default: none)
49   from: "0x9c6d9961503869284e8308FD1Bb9F573981393bd",
50   [?],
```

```
JS 4_fumigation_migrations.js x
migrations > JS 4_fumigation_migrations.js > [?] <unknown> > [?] exports > [?] deployer.then() callback
1  const fumigation = artifacts.require("Fumigation");
2
3  module.exports = function (deployer) {
4    deployer.then(async () => {
5      //first address = address contract drone
6      //second address = address contract plot
7      await deployer.deploy(
8        fumigation,
9        "0xC80E5D9340e9A301601C41928026A9D2762cb8f7",
10       "0xC9bde3ECFF87cb9858532A66BEd40Ad531E74c5A"[0]);
11     });
12  };

```

```
4_fumigation_migrations.js
=====
Replacing 'Fumigation'
-----
> transaction hash: 0xedcfa785042ff70e77db3af856cde229e8177a98e3bc75094bac032ece563928
> Blocks: 0
> contract address: 0x23026C00d6553ff282f6b956E0D2c91e960f7825
> block number: 265
> block timestamp: 1656960330
> account: 0x9c6d9961503869284e8308FD1Bb9F573981393bd
> balance: 92.8824131
> gas used: 2274549 (0x22b4f5)
> gas price: 20 gwei
> value sent: 0 ETH
> total cost: 0.04549098 ETH

> Saving artifacts
-----
> Total cost: 0.04549098 ETH

Summary
=====
> Total deployments: 1
> Final cost: 0.04549098 ETH
```

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

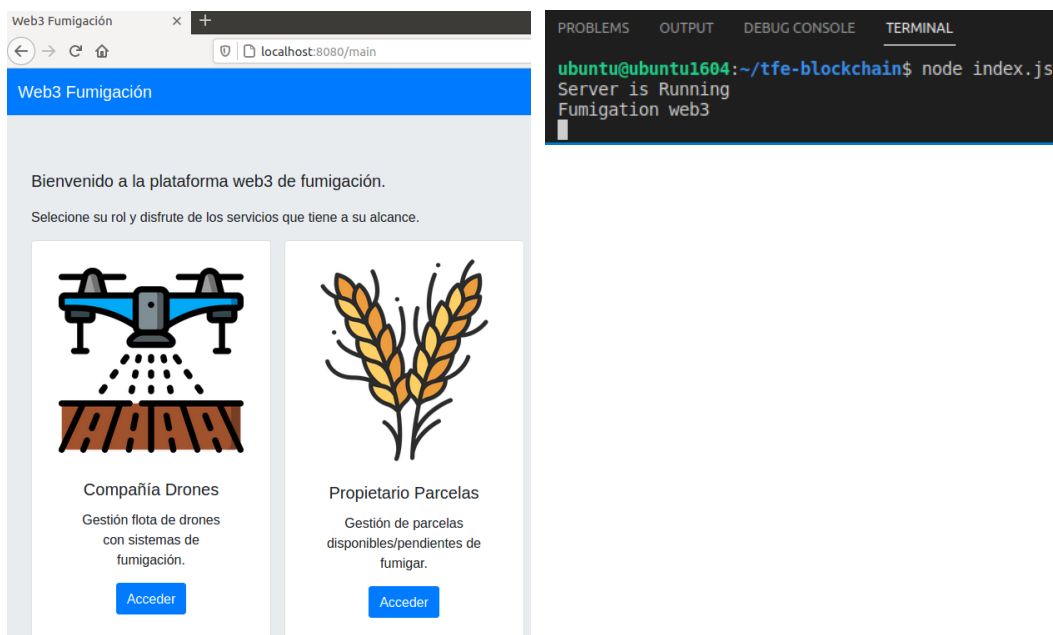
- Una vez tengamos los contratos desplegados deberemos modificar los ficheros *FumigationCompany.html* y *FumigationOwner.html* para indicar las direcciones de los Smart Contracts y poder interactuar con ellos haciendo uso de sus ABI con la librería web3.

```

FumigationCompany.html x
web > FumigationCompany.html > html > body > script
17 <body>
18 <!-------S-T-A-R-T-----S-C-R-I-P-T----->
19 <!-------S-T-A-R-T-----S-C-R-I-P-T----->
20 <!-------S-T-A-R-T-----S-C-R-I-P-T----->
21 <script>
22
23 //Variables
24 var contractAddressDroneToken = "0xC80E5D9340e9A301601C41928026A9D2762cb8f7";
25 var contractAddressPlotToken = "0xC9bde3ECFF87cb9858532A66BE40Ad531E74c5A";
26 var contractAddressFumigationToken = "0xDA95c5db12269620e34A11AbaADA44FcCB4a32AA";
27 var contractAddressFumigation = "0x23026C00d6553ff282f6b956E0D2c91e960f7825";
28
29 const ABIDroneToken = [{"inputs":[{"internalType":"string","name":"name_","type":"string"}],"name":"getDroneToken","outputs":[{"internalType":"string","name":"","type":"string"}]}];
30 const ABIPlotToken = [{"inputs":[{"internalType":"string","name":"name_","type":"string"}],"name":"getPlotToken","outputs":[{"internalType":"string","name":"","type":"string"}]}];
31 const ABIFumigationToken = [{"inputs":[],"stateMutability":"nonpayable","type":"constructor"}];
32 const ABIFumigation = [{"inputs":[{"internalType":"address","name":"_addressTokenDroneToken","type":"address"}],"name":"addDroneToken","outputs":[],"stateMutability":"nonpayable","type":"function"}];
33
34 var instanceContractAddressDroneToken;
35 var instanceContractAddressPlotToken;
36 var instanceContractAddressFumigationToken;
37 var instanceContractAddressFumigation;

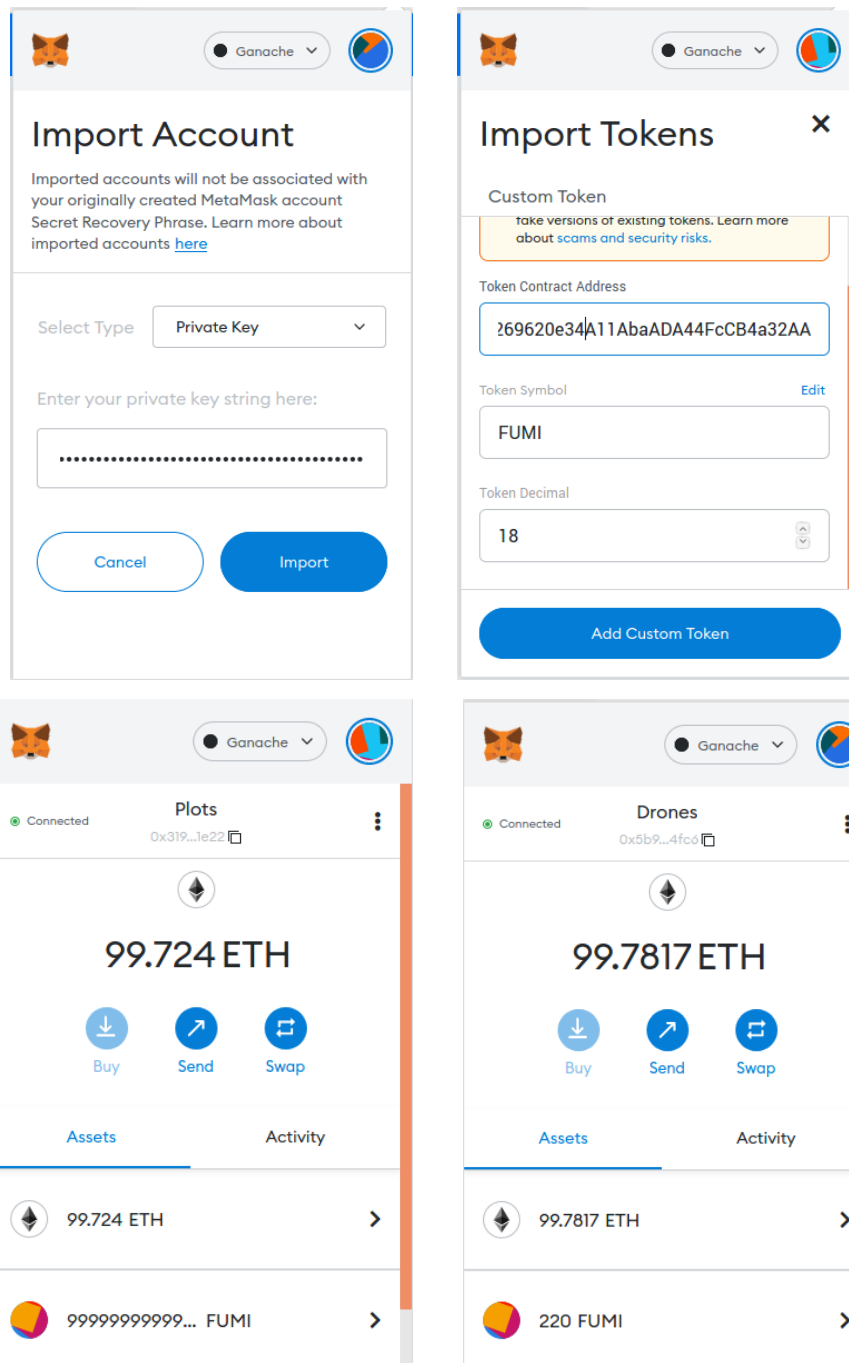
```

- Para levantar la parte de la interfaz web debemos ejecutar el comando “node index.js” y en ese momento tendremos la aplicación disponible en <http://localhost:8080/main>



Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

- Por último, se deberán importar las cuentas a MetaMask, en este caso se ha importando la cuenta de la compañía que gestiona los drones y la cuenta del propietario que gestiona las parcelas, a la cuenta del propietario también se han importado los tokens ERC20 con los que debe pagar a la empresa por el coste de la contratación de la fumigación.

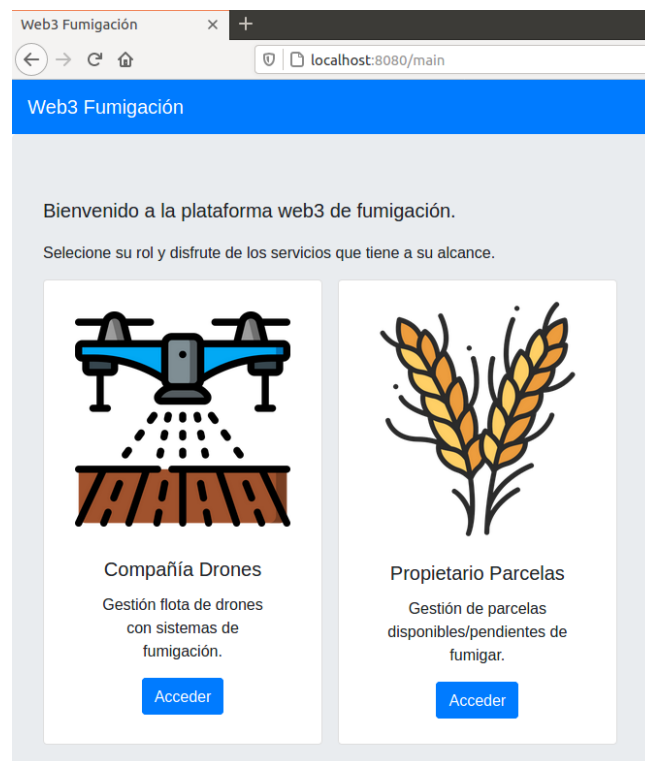


Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Manual de usuario

Pantalla de inicio a la plataforma web3 de fumigación.

Desde esta pantalla, tanto la compañía de los drones como los propietarios de las parcelas accederán a una interfaz totalmente personalizada e individualizada con diferentes funciones y operativas para cada uno de ellos.



Interfaz plataforma web3

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Interfaz de la compañía que gestiona los drones.

Web3 Fumigación

Compañía Drones

Gestión de drones acondicionados para la fumigación.

ID Dron: 3

Altura mínima de vuelo: Altura mínima

Coste de fumigación: Coste

Altura máxima de vuelo: Altura máxima

Pesticida proporcionado: Pesticida A

Crear Dron

ID	Altura mínima	Altura máxima	Coste	Pesticida proporcionado
1	10	50	25	Pesticida A
2	20	60	30	Pesticida B

Listado de drones

ID	Dron ID	Parcela ID	Pesticida fumigado	Coste fumigación
1	1	1	Pesticida A	50 FUMI

Listado de fumigaciones realizadas por los drones

Vista general interfaz compañía drones

La compañía podrá dar de alta nuevos drones a través del siguiente formulario. El "ID Dron" no es editable y se trata de un contador automático e incremental. Se deberán informar los campos "Altura mínima de vuelo", "Altura máxima de vuelo", "Coste de fumigación" y "Pesticida proporcionado".

Web3 Fumigación

Compañía Drones

Gestión de drones acondicionados para la fumigación.

ID Dron: 3

Altura mínima de vuelo: Altura mínima

Coste de fumigación: Coste

Altura máxima de vuelo: Altura máxima

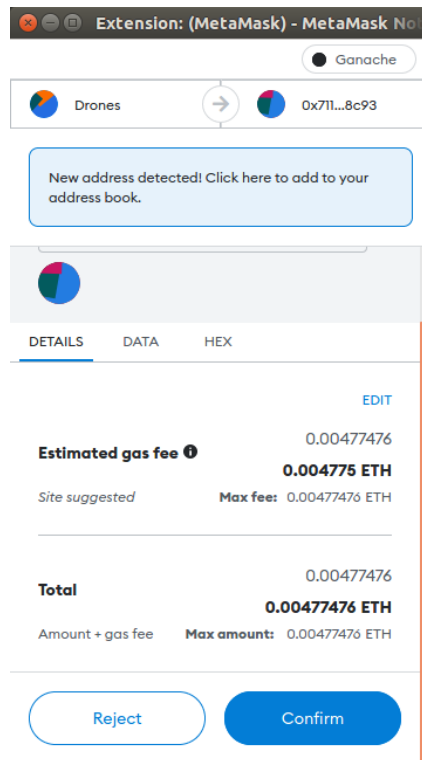
Pesticida proporcionado: Pesticida A

Crear Dron

Formulario creación de un nuevo dron

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Cuando demos de alta un nuevo dron se nos abrirá la cuenta MetaMask de la compañía que gestiona los drones y deberemos confirmar la operación pagando el correspondiente gas fee.



Cuenta MetaMask compañía drones

La compañía desde su interfaz podrá visualizar en todo momento un listado con la información detallada de los drones que gestiona.

ID	Altura mínima	Altura máxima	Coste	Pesticida proporcionado
1	10	50	25	Pesticida A
2	20	60	30	Pesticida B
3	30	80	41	Pesticida C

Listado de drones

Listado drones

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

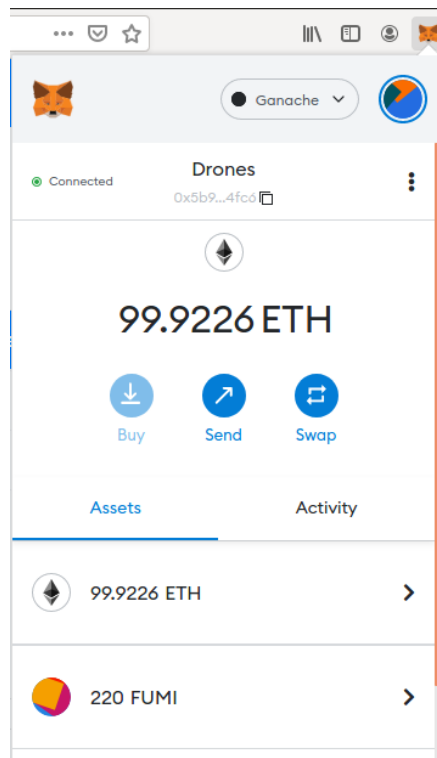
Al mismo tiempo también dispondrá de un listado detallado con las fumigaciones realizadas por cada uno de los drones.

ID	Dron ID	Parcela ID	Pesticida fumigado	Coste fumigación
1	1	1	Pesticida A	50 FUMI
2	2	2	Pesticida B	120 FUMI
3	1	1	Pesticida A	50 FUMI

Listado de fumigaciones realizadas por los drones

Listado fumigaciones

Y por consiguiente, verá reflejada en su cuenta de MetaMask los tokens transferidos por el propietario de las parcelas al realizar las contrataciones de las fumigaciones con drones.



Cuenta MetaMask compañía drones

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Interfaz del propietario que gestiona sus parcelas.

The screenshot shows a web application titled "Web3 Fumigación". It has two main sections: "Gestión de parcelas" and "Gestión de fumigaciones".

Gestión de parcelas: Includes a form with "ID Parcela" (value 2), "Altura mínima permitida" (value 10), "Altura máxima permitida" (value 50), and "Pesticida aceptado" (value Pesticida A). A "Crear Parcela" button is present.

Gestión de fumigaciones: Includes a form with "ID Parcela" and "ID Dron". A "Contratar Fumigación" button is present.

Listado de parcelas:

ID	Altura mínima	Altura máxima	Pesticida aceptado
1	10	50	Pesticida A

Listado de drones:

ID	Altura mínima	Altura máxima	Coste	Pesticida proporcionado
1	10	50	25	Pesticida A
2	20	60	30	Pesticida B

Vista general interfaz propietario parcelas

El propietario podrá dar de alta nuevas parcelas a través del siguiente formulario. El "ID Parcela" no es editable y se trata de un contador automático e incremental. Se deberán informar los campos "Altura mínima permitida", "Altura máxima permitida" y "Pesticida aceptado".

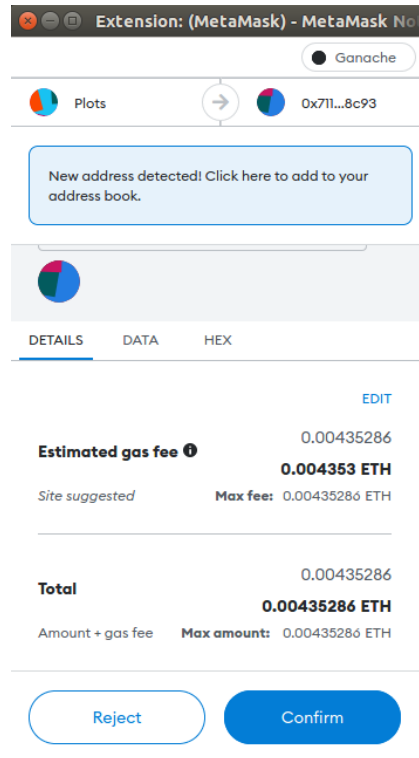
The screenshot shows the "Web3 Fumigación" interface with the "Gestión de parcelas" section highlighted. The form includes:

- ID Parcela:** A text input field containing the value "2".
- Altura mínima permitida:** A text input field containing the value "10".
- Altura máxima permitida:** A text input field containing the value "50".
- Pesticida aceptado:** A dropdown menu with "Pesticida A" selected.
- Crear Parcela:** A blue button to submit the form.

Formulario creación de una nueva parcela

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Cuando demos de alta una nueva parcela se nos abrirá la cuenta MetaMask del propietario de las parcelas y deberemos confirmar la operación pagando el correspondiente gas fee.



Cuenta MetaMask propietario parcelas

El propietario de las parcelas desde su interfaz podrá visualizar en todo momento un listado con la información detallada de las parcelas que gestiona.

ID	Altura mínima	Altura máxima	Pesticida aceptado
1	10	50	Pesticida A
2	15	80	Pesticida B

Listado de parcelas

Listado parcelas

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

A su vez, podrá tendrá acceso al listado de drones que dispone la empresa para realizar fumigaciones y poder contratar dicho servicio.

ID	Altura mínima	Altura máxima	Coste	Pesticida proporcionado
1	10	50	25	Pesticida A
2	20	60	30	Pesticida B
3	30	80	41	Pesticida C

Listado de drones

Listado de drones disponibles para fumigar

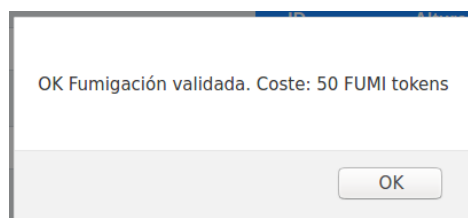
La contratación de las fumigaciones la deberá realizar desde el siguiente formulario indicando: “ID Parcela” a fumigar e “ID Dron” que realizará la fumigación.

Gestión de fumigaciones

ID Parcela ID Dron

Formulario contratar fumigación

Cuando pulsemos sobre “Contratar fumigación” nos aparecerá un mensaje indicándonos si las características de la parcela/dron son compatibles y el coste que nos supone contratar la fumigación a la empresa que proporciona los drones.

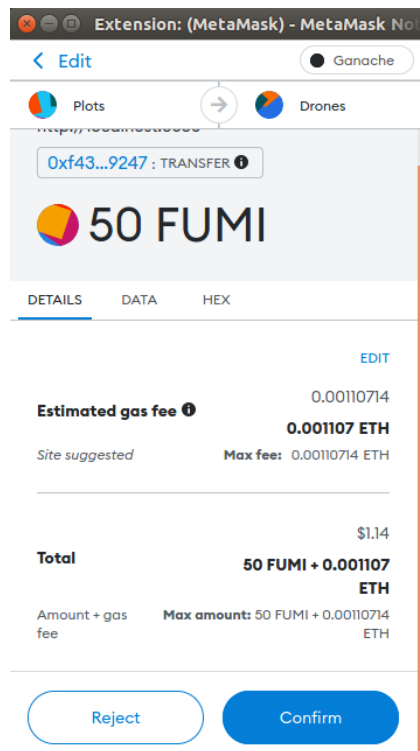


Mensaje informativo fumigación

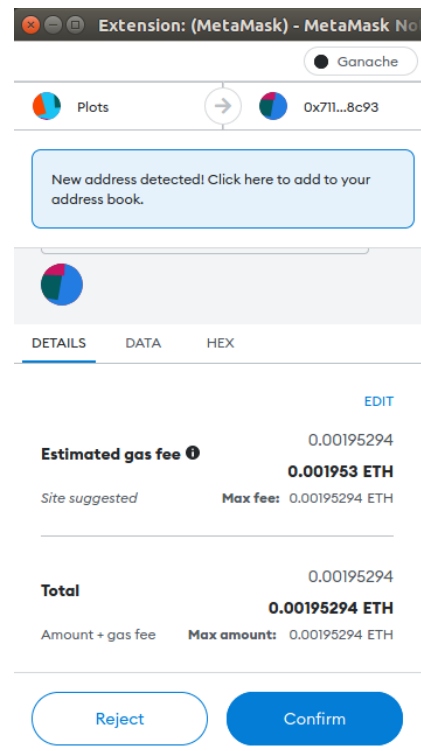
Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Al propietario de las parcelas se le abrirá su cuenta MetaMask para que confirme la transferencia de “Tokens FUMI” a la cuenta de la empresa que gestiona los drones para asumir el coste de la contratación y pagar por el servicio.

Una vez la transferencia por la correspondiente contratación a la cuenta de la empresa que gestiona los drones ha sido realizada, el propietario de la parcela deberá confirmar la operación de fumigación pagando el correspondiente gas fee.



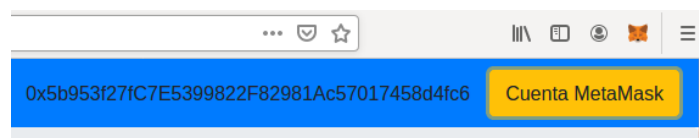
Transferencia de FUMI por la contratación



Cuenta MetaMask propietario parcelas

En ambas interfaces y a nivel informativo, en la esquina superior derecha se podrá visualizar la cuenta a la que estamos conectados.

Pulsando sobre el botón “Cuenta MetaMask” ésta se actualizará.



Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

El código desarrollado —del back-end, del front-end y de SmartContracts—

El código desarrollado haciendo uso de Truffle se ha subido al repositorio GitHub y se puede encontrar en la siguiente dirección:

<https://github.com/inakibalaguer/tfe-blockchain-unir>

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Testing de la solución

Para el Testing de la solución se han usado dos herramientas:

- ▶ En las primeras fases del desarrollo y tal como se iban implementando las funcionalidades en paralelo se han ido realizado pruebas unitarias desde **Remix IDE** interactuando con los Smart Contracts desde los botones que nos proporciona su interfaz una vez hemos desplegado los smart contracts.



- ▶ En la fase final del desarrollo y una vez se disponían al completo de los Smart Contracts implementados, se ha realizado test desde **VSCode** haciendo uso de la herramienta **Truffle Test** junto a las librerías **Mocha y Chai**. El resultado obtenido de las pruebas realizadas fue el siguiente:



```

PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL

ubuntu@ubuntu1604:~/tfe-blockchain$ truffle test
Using network 'development'.

Compiling your contracts...
=====
> Everything is up to date, there is nothing to compile.

Contract: Tests
  DroneToken
    ✓ Should be create a drone token (900ms)
  PlotToken
    ✓ Should be create a plot token (549ms)

2 passing (5s)

ubuntu@ubuntu1604:~/tfe-blockchain$ █

```

Salida obtenida desde el terminal de VS Code

Trabajo Final de Experto	Datos del alumno	Fecha
Sistema de fumigación con drones basado en Blockchain	Apellidos: Balaguer Bañeras	04/07/2022
	Nombre: Iñaki	

Conclusiones

Tras la implementación de la solución basada en Blockchain he logrado aplicar y poner en practica todos los conocimientos obtenidos durante la realización del curso con Solidity/web3 y refrescar aquellos que hacía tiempo que no tocaba como HTML/CSS/JavaScript entre otros.

El resultado obtenido me genera una satisfacción muy gratificante, dado que han sido 4 meses de constancia y dedicación que he tenido que compaginar con el trabajo y lo personal.

Considero que la tecnología Blockchain ha venido para quedarse y es por ello que mi intención es seguir aprendiendo de éste maravilloso mundo y crecer junto a ella en lo profesional.

Por último, agradecer al claustro de profesores de UNIR que han impartido el curso de Experto Universitario en Desarrollo de Aplicaciones Blockchain, por la dedicación mostrada en cada una de las clases, la interacción y resolución de dudas por los foros internos y por su gran conocimiento sobre la materia.