

**Universidad San Jorge**

**Escuela de Arquitectura y Tecnología**

**Grado en Ingeniería Informática**

**Proyecto Final**

**Sistema para la detección del momento de  
recogida óptimo en cultivos de alfalfa**

**Autor del proyecto: Daniel Lostao Bono**

**Directora del proyecto: Lorena Arcega Rodríguez**

**Zaragoza, 7 de septiembre de 2022**







Este trabajo constituye parte de mi candidatura para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Informática por la Universidad San Jorge y no ha sido entregado previamente (o simultáneamente) para la obtención de cualquier otro título.

Este documento es el resultado de mi propio trabajo, excepto donde de otra manera esté indicado y referido.

Doy mi consentimiento para que se archive este trabajo en la biblioteca universitaria de Universidad San Jorge, donde se puede facilitar su consulta.

Firma: Daniel Lostao Bono

Fecha: 7 de septiembre de 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daniel Lostao Bono', with a long horizontal stroke extending to the right.



## **Dedicatoria y Agradecimiento**

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi familia por apoyarme en cada una de las decisiones que he ido tomando a lo largo de todo el camino. Sin vuestro apoyo no podría haber llegado hasta aquí y convertirme en la persona en la que soy.

Dar las gracias a mis compañeros, he aprendido mucho de vosotros día tras día. Porque a través de los buenos y malos momentos, hemos logrado remar todos hacia un mismo objetivo y superar todos los obstáculos que se han interpuesto en nuestro camino.

Y por último quiero agradecer a Lorena Arcega, por todo lo que me ha aportado todos estos años, desde la primera clase de informática básica hasta la última reunión del proyecto. Gracias por haber guiado mis pasos en buena dirección y haberme enseñado que no hay ningún problema porque se te duerma la pierna en clase, a la profesora también le pasa.

Muchísimas gracias a todos.







## Tabla de contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>Palabras clave .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>Key words .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Contexto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Herramientas existentes .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. Wanfei 00845_5 .....	6
2.1.2. Sonkir .....	7
2.1.3. Estación inalámbrica de Agricultura.....	9
2.1.4. Sensor de humectación en hoja .....	10
2.1.5. Dragino LLMS01 .....	11
2.1.6. Sensor de humedad de superficie de hoja .....	12
<b>2.2. Tabla comparativa de herramientas existentes .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3. Aplicaciones existentes .....</b>	<b>15</b>
2.3.1. Meteoblue .....	15
2.3.2. Cesens .....	16
2.3.3. Agrobot.....	18
<b>2.4. Tabla comparativa de aplicaciones existentes. ....</b>	<b>20</b>
<b>2.5. Conclusión .....</b>	<b>21</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Metodología .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1. Scrum .....</b>	<b>25</b>
4.1.1. Adaptación de la metodología.....	25
<b>4.2. Seguimiento de desarrollo.....</b>	<b>27</b>
4.2.1. Planificación inicial .....	28
4.2.2. Seguimiento del trabajo .....	28
<b>5. Análisis .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1. Sistemas de conexión.....</b>	<b>31</b>
5.1.1. Sigfox .....	31
5.1.2. LoRaWAN.....	33
<b>6. Implementación.....</b>	<b>37</b>
<b>6.1. Sprint 0 – Estado del arte.....</b>	<b>37</b>
6.1.1. Tareas .....	37
6.1.2. Desarrollo .....	37
6.1.3. Duración .....	38
<b>6.2. Sprint 1 – Investigación y conexión .....</b>	<b>38</b>

---

---

6.2.1.	Tareas .....	38
6.2.2.	Desarrollo .....	39
6.2.3.	Duración .....	42
<b>6.3.</b>	<b>Sprint 2 – Gestión y visualización de datos .....</b>	<b>42</b>
6.3.1.	Tareas .....	42
6.3.2.	Desarrollo .....	43
6.3.3.	Duración .....	51
<b>6.4.</b>	<b>Sprint 3 – Configuración de los valores y portabilidad .....</b>	<b>51</b>
6.4.1.	Tareas .....	51
6.4.2.	Desarrollo .....	51
6.4.3.	Duración .....	55
<b>7.</b>	<b>Estudio económico .....</b>	<b>57</b>
<b>7.1.</b>	<b>Costes directos .....</b>	<b>57</b>
7.1.1.	Costes en recursos humanos .....	57
7.1.2.	Costes materiales .....	58
<b>7.2.</b>	<b>Costes finales .....</b>	<b>59</b>
<b>8.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>61</b>
<b>8.1.</b>	<b>Estudio de aplicaciones y herramientas para la detección de la humedad ..</b>	<b>61</b>
<b>8.2.</b>	<b>Análisis de sistemas de conexión .....</b>	<b>61</b>
<b>8.3.</b>	<b>Resultados obtenidos de la implementación .....</b>	<b>61</b>
<b>8.4.</b>	<b>Resultados de la planificación .....</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>67</b>
<b>9.1.</b>	<b>Propuestas de mejora .....</b>	<b>67</b>
<b>9.2.</b>	<b>Valoración personal .....</b>	<b>68</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>Anexo .....</b>	<b>73</b>
<b>11.1.</b>	<b>Anexo 1 - Propuesta .....</b>	<b>73</b>
<b>11.2.</b>	<b>Anexo 2 - Acta de reuniones .....</b>	<b>75</b>
11.2.1.	Primera reunión .....	75
11.2.2.	Segunda reunión .....	76
11.2.3.	Tercera reunión .....	77
11.2.4.	Cuarta reunión .....	78
11.2.5.	Quinta reunión .....	79
11.2.6.	Sexta reunión .....	80
11.2.7.	Séptima reunión .....	81
<b>11.3.</b>	<b>Anexo 3 – Horas trabajadas .....</b>	<b>82</b>
<b>11.4.</b>	<b>Anexo 4 – Planificación inicial .....</b>	<b>83</b>

---



## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Medidor Wanfei 00845_5. Fuente: <a href="http://www.amazon.es">www.amazon.es</a> .....	7
Ilustración 2: Medidor Sonkir. Fuente: <a href="http://www.amazon.es">www.amazon.es</a> .....	8
Ilustración 3: Estación Inalámbrica de Agricultura. Fuente: <a href="http://www.estacionesdavis.es">www.estacionesdavis.es</a> .....	10
Ilustración 4: Sensor de Humectación de Hoja. Fuente: <a href="http://www.estacionesdavis.es">www.estacionesdavis.es</a> .....	11
Ilustración 5: Dragino LLMS01. Fuente: <a href="http://shop.molukas.com">shop.molukas.com</a> .....	12
Ilustración 6: Sensor de humedad de superficie de hoja. Fuente: <a href="http://www.aliexpress.es">www.aliexpress.es</a> .....	13
Ilustración 7: Categorías de productos y cómo acceder a ellos. Fuente: <a href="http://www.meteoblue.com">www.meteoblue.com</a> .	15
Ilustración 8: Mapa meteorológico de la humedad relativa en Zaragoza. Fuente: <a href="http://www.meteoblue.com">www.meteoblue.com</a> .....	16
Ilustración 9: Interfaz gráfica de Cesens .....	18
Ilustración 10: Interfaz gráfica de Agrobot .....	19
Ilustración 11: Bloque 0 de la planificación inicial. Fuente: Propia .....	28
Ilustración 12: Diagrama de Gantt para el seguimiento de horas. Fuente: Propia. ....	29
Ilustración 13: Estructura de la red Sigfox. Fuente: <a href="http://www.productos-iot.com">www.productos-iot.com</a> .....	32
Ilustración 14: Estructura de la red LoRaWAN. Fuente: <a href="http://www.aprendiendoarduino.wordpress.com">www.aprendiendoarduino.wordpress.com</a> .....	33
Ilustración 15: Mapa de gateways dipsonibles. Fuente: <a href="http://www.ttnmapper.org">www.ttnmapper.org</a> .....	34
Ilustración 16: Esquema de conexión. Fuente: Propia .....	39
Ilustración 17: Creación de la aplicación web. Fuente: Propia .....	40
Ilustración 18: Registro del sensor. Fuente: Propia .....	40
Ilustración 19: Placa base del Dragino LoRaWAN Leaf Moisture Sensor. Fuente: <a href="http://www.dragino.com">www.dragino.com</a> .....	41
Ilustración 20: Consola de la aplicación TTN. Fuente: Propia .....	41
Ilustración 21: Diseño del diagrama de actividad UML. Fuente: Propia .....	42
Ilustración 22: Configuración de canal de ThingSpeak. Fuente: Propia. ....	44
Ilustración 23: Widgets de medición de humedad en hoja. Fuente: Propia .....	44
Ilustración 24: Opciones de configuración del widget de humedad en hoja. Fuente: Propia .....	44
Ilustración 25: Creación de un webhook en The Things Stack. Fuente: Propia .....	45
Ilustración 26: Distribución de los 11 Bytes del payload. Fuente: <a href="http://www.dragino.com">www.dragino.com</a> .....	45
Ilustración 27: Código decode para el Payload. Fuente: Propia .....	46
Ilustración 28: Mensajes recibidos antes del código decode. Fuente: Propia .....	47
Ilustración 29: Mensajes recibidos después del código docode. Fuente: Propia .....	47
Ilustración 30: Código final de la función Decoder. Fuente: Propia .....	48
Ilustración 31: Estructura final de los mensajes recibidos. Fuente: Propia .....	48

Ilustración 32: Schedule dowlink. Fuente: Propia .....	49
Ilustración 33: Distribución de bytes de Dowlink Payload. Fuente: <a href="http://wiki.dragino.com">http://wiki.dragino.com</a> .....	49
Ilustración 34: Payload final de 10 minutos. Fuente: Propia.....	49
Ilustración 35: Diseño final del diagrama de actividad UML. Fuente: Propia .....	50
Ilustración 36: Interfaz de la aplicación Thingsview. Fuente: Propia .....	53
Ilustración 37: Interfaz de la aplicación ThingShow. Fuente: Propia .....	54
Ilustración 38: Funcionalidades disponibles en Public view. Fuente: Propia.....	54
Ilustración 39: Widgets en la interfaz de inicio. Fuente: Propia. ....	55
Ilustración 40: Resultados obtenidos de la humedad en hoja. Fuente: Propia .....	62
Ilustración 41: Resultados obtenidos de la temperatura.....	63
Ilustración 42: Planificación inicial y final.....	64
Ilustración 43: Planificación total .....	64

---



## **Tabla de tablas**

Tabla 1: Tabla comparativa de herramientas existentes .....	14
Tabla 2: Comparativa aplicaciones existentes .....	20
Tabla 3: Salario medio ingeniero informático junior en España .....	57
Tabla 4: Costes materiales. ....	58
Tabla 5: Costes finales del prototipo. ....	59
Tabla 6: Coste finales de la implementación en finca. ....	59

---

## **Resumen**

En el proceso de cultivo de la alfalfa intervienen numerosos factores externos para una óptima producción del resultado final. Uno de estos factores es el grado de humedad que tiene la hoja de alfalfa en el momento de la recogida o procesado de este producto. Tradicionalmente, esta medición se realiza de manera aproximada a través del contacto directo con el cultivo. Los conocimientos y experiencia previos por parte del agricultor juegan un papel decisivo para comprobar el grado de humedad con el que se puede manipular la alfalfa.

Como objetivo de este proyecto, se desarrolló un sistema que detecta el nivel de humedad y controla y visualiza las diferentes mediciones obtenidas. Para ello se llevó a cabo un estudio de sensores y aplicaciones existentes en el mercado del sector, así como un análisis de diferentes sistemas de conexión para realizar un seguimiento, control y visualización de datos.

Finalmente, tras la implementación completa del sistema, se estableció un valor óptimo de humedad para una correcta manipulación de la alfalfa. Como resultado se obtuvo un control de las mediciones de humedad y temperatura reflejadas a través de gráficos recogidos en una aplicación web y en dispositivo móvil. Cuando el nivel establecido es alcanzado, este sistema activa una alarma y esta envía una notificación al dispositivo móvil del agricultor, evitando que este se tenga que desplazar hasta cada uno de los campos.

## **Palabras clave**

Sensor, Detección de humedad, Sprint, Visualización de datos, Sistema, Conexión y Aplicación.

## **Abstract**

Numerous external factors are involved in the alfalfa cultivation process for optimal production of the final result. One of these factors is the degree of humidity that the alfalfa leaf has at the time of collection or processing of this product. Traditionally, this measurement is made approximately through direct contact with the crop. The farmer's previous knowledge and experience play a decisive role in checking the degree of humidity with which alfalfa can be handled.



As the aim of this project, it was developed a system that detects the humidity level and controls and visualizes the different measurements obtained. To this end, a study of sensors and existing applications in the sector market was carried out, as well as an analysis of different connection systems to monitor, control and visualize data.

Finally, after the complete implementation of the system, an optimal moisture value was established for a correct handling of alfalfa. As a result, it was obtained the control of the humidity and temperature measurements reflected through graphs collected in a web application and on a mobile device. When the established level is reached, this system activates an alarm and it sends a notification to the farmer's mobile device, avoiding the farmer moving to each one of the fields in their cultivate land.

### **Key words**

Sensor, Moisture Detection, Sprint, Data Display, System, Connection, Application.

## **1. Introducción**

La elaboración final de la alfalfa es un proceso largo que consta de varias partes, en el cual, la presencia de la tecnología para el aumento de la productividad y eficiencia en este trabajo es muy escaso. Para poder realizar de manera correcta la recogida o empaquetación de la alfalfa, esta tiene que estar a un nivel determinado de humedad y de esta forma el producto final es de una mayor calidad. Para conseguir esto, el agricultor tiene que estar en constante movimiento durante horas revisando sus cultivos de alfalfa para conocer una humedad aproximada del producto. Esta medición se recoge en contacto directo con la alfalfa, de esta forma, se puede llegar a conocer de una manera aproximada la humedad relativa del producto. A todo esto, también hay que sumarle la experiencia en el sector del agricultor, ya que, dependiendo de esta, conocerá el grado de humedad óptimo con mayor eficacia, pero, aun así, toda esta medición seguirá siendo de manera objetiva y no a través de datos reales.

Por este motivo se ha decidido desarrollar este Proyecto Fin de Grado, para ayudar a los agricultores a conocer la humedad exacta de la alfalfa de una manera remota y sin tener que perder tiempo en una continua revisión presencial de los cultivos. Ayudando a conseguir unos mejores resultados y permitiendo al agricultor un mejor aprovechamiento del tiempo y productividad en su trabajo.



## **2. Contexto**

A lo largo de los años la humanidad ha ido evolucionando en muchos aspectos, como en la vida cotidiana, en el entretenimiento, en los trabajos, etc. Algunos de estos sectores se han modernizado más que otros, por ejemplo, la forma de consumir cine o series en cualquier lugar y en cualquier momento, era impensable hace unos años. Por ejemplo, otros casos no han ido adoptando la tecnología tan rápido o al mismo nivel que en otros sectores, en el caso de trabajos como puede ser una construcción, una panadería o la agricultura. En estos tipos de trabajos se han incorporado herramientas que hace muchos años no existían o eran inalcanzables para el uso individual, como pueden ser toros mecánicos, hornos eléctricos o tractores. En el caso de la agricultura es donde más se puede notar la justa modernización de este tipo de trabajo, se puede encontrar desde tractores y cosechadoras muy avanzadas tecnológicamente y que eran inimaginables en la época pasadas, pero en cambio se siguen realizando labores agrícolas como hace más de 100 años.

El desarrollo y la obtención de un producto agrícola consta de varias partes en las que el agricultor tiene que estar plenamente involucrado. Dependiendo del tipo de producto que se cultive este proceso puede variar moderadamente, pero generalizando estos siguen el mismo patrón. Se pondrá el ejemplo del cultivo de alfalfa, ya que es el producto más cultivado y exportado en Aragón. La campaña de recogida de la alfalfa comprende desde el mes de abril hasta el mes de octubre, una vez se siembre la semilla, este cultivo dura 5 años y en los meses descritos se realizan diferentes riegos, los cuales están controlados por los diferentes sindicatos de las localidades donde se encuentran las acequias, estableciendo unas fechas determinadas. Una vez el terreno este regado y el producto ya está crecido se pasa a segar y a rastrillar, es decir, se cortan las plantas que han crecido del suelo y se agrupan en las denominadas carreras de alfalfa, esto se realiza así para una próxima recogida del material en forma de paca. Como se ha mencionado anteriormente, el agricultor tiene que estar involucrado constantemente en todas las fases, como por ejemplo tener que esperar para que se rieguen los diferentes campos, o las continuas esperas y revisionados del material una vez cortado y rastrillado, hasta que llegue a un punto de humedad óptimo para su recogida.

Todas estas etapas de la producción de la alfalfa se llevan realizando de la misma manera desde hace siglos, muchas cosas han evolucionado, como centralizar la apertura y cierre automático de las diferentes entradas de agua. Pero en la actualidad este tipo de automatizaciones solo se

encuentran en grandes localidades, en cambio, en pequeñas poblaciones se sigue trabajando de una forma rudimentaria.

La modernización de la agricultura, en cuanto a control de riegos, momentos de recogida y tratamiento de los cultivos, es escaso. La implementación de herramientas o sistemas que ayuden a controlar estas fases tan importantes del proceso de cultivo de un campo son casi inexistentes, de esta forma, la investigación y aplicación de estas herramientas pueden mejorar e incrementar la productividad exponencialmente este procedimiento. Ayudando y agilizando las labores del agricultor y obteniendo como resultado una mejora en su producto final.

Existen una gran variedad de herramientas y aplicaciones para el desarrollo y la implementación de este procedimiento, debido a esto, se realizará una investigación y análisis de diferentes tecnologías aplicadas directamente en el cultivo, así como aplicaciones que permitan al usuario un apoyo visual y un control de diferentes parámetros atmosféricos.

## **2.1. Herramientas existentes**

En cuanto se habla de herramientas que sean capaces de medir la humedad, se pueden encontrar una gran cantidad de ellas en diferentes comercios electrónicos, siendo la mayoría de un uso particular para jardines o pequeños huertos. Debido al gran número de sensores de este tipo que hay en internet, y que mayoritariamente son muy parecidos, se han realizado un primer estudio de varias herramientas que se englobarán dentro del uso particular.

### *2.1.1. Wanfei 00845\_5*

- Descripción: Es un sensor de pequeño tamaño el cual está fabricado en acero inoxidable, está formado por cuatro sensores dedicados a la medición y control de la humedad, la temperatura, los niveles de luz y nutrientes de la planta. Funciona con una pila de botón y la batería tiene una duración de un año segundo especifica el fabricante [1].
- Características:
  1. Conexión a través de aplicación iOS o Android a través de Bluetooth 4.1.
  2. Sensores para el control de niveles de humedad, temperatura/luz y multifertilidad.
  3. Resistente al agua con certificado IPX5 Waterproof [2].
  4. Capaz de reconocer alrededor de 3000 tipos distintos de plantas a través de la aplicación.

5. Un precio de 26,93€.

- Valoración: Esta herramienta es de uso particular para hogares y jardines, teniendo un sistema de conectividad Bluetooth el cual ofrece una distancia máxima reducida. La interfaz gráfica de la aplicación otorga una buena visualización y resumen de los datos a través de gráficos y tablas. Para que funcione correctamente, el sensor tiene que estar introducido en la tierra como se muestra en la *Ilustración 1*, lo cual puede ser una desventaja para determinadas superficies.

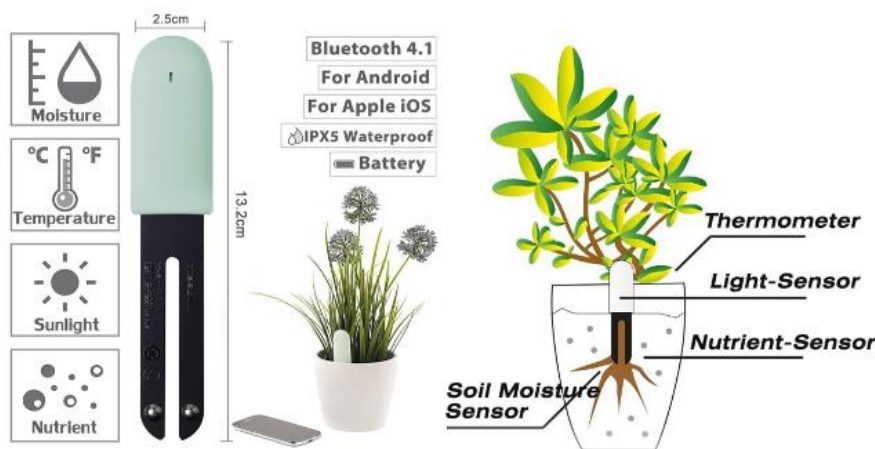


Ilustración 1: Medidor Wanfei 00845\_5. Fuente: [www.amazon.es](http://www.amazon.es)

### 2.1.2. *Sonkir*

- Descripción: Sensor fabricado en plástico y acero inoxidable, encargado de la medición de pH y la humedad del suelo, así como el nivel de la luz solar de la planta. No es necesaria una batería para que la herramienta funcione, alargando así su vida útil. Utiliza una tecnología de detección de doble aguja para las diferentes mediciones, las cuales las realiza al instante [3].
- Características:
  1. Fácil funcionamiento e instalación.
  2. Resultados al instante.
  3. Uso en interiores y exteriores.
  4. Función 3 en 1: humedad del suelo, el valor del pH y el nivel de luz solar.
  5. Precio de 13,99€.
- Valoración: Otro producto para un uso cotidiano, en este caso solamente funciona de manera analógica a través de un marcador donde indica los diferentes niveles. El

fabricante informa de que no hay que dejar el medidor en el suelo durante mucho tiempo, solamente 10 minutos, esto es una importante desventaja ya que es lo que menos interesa para este proyecto. Estos tipos de herramientas no suelen recoger la humedad de la hoja, sino que recogen solamente del terreno, además de esto indica que es para terrenos blandos. En cambio, hay que destacar que en una sola herramienta se pueden obtener diferentes resultados, pero a la vez no permite la conectividad de ninguna manera, siendo un pilar fundamental en el desarrollo de este proyecto.



*Ilustración 2: Medidor Sonkir. Fuente: www.amazon.es*

Este tipo de herramientas son, mayoritariamente, las que se encuentran en la web, debido a que la mayor parte de los consumidores hacen uso doméstico de estos productos. Gracias a esto, tanto las prestaciones como los precios son asequibles para la mayoría de los usuarios, otorgando al consumidor una herramienta cómoda y fácil de usar para el cuidado y el control de pequeños huertos y jardines. La recogida y el análisis de datos no está asociada a la mayoría de los productos de este tipo, muchos de ellos solamente muestran las distintas mediciones que hay en el momento en que se utiliza la herramienta. De esta forma solo alguno de estos sensores tiene algún tipo de conectividad para la transferencia de datos, aun así, los dispositivos que poseen esta funcionalidad son a corta distancia y por sistema Bluetooth, siendo su finalidad principal, el uso doméstico.

A continuación, se han recopilado otras herramientas para un uso más profesional y mucho más resistentes que los recogidos anteriormente. Desde sensores que trabajan directamente en los terrenos agrícolas, hasta otros sistemas instalados en grandes invernaderos. Muchos de ellos son todo en uno, es decir, que un mismo sistema cuente con los sensores, el sistema de

visualización y la estación inalámbrica, siendo el consumidor el responsable de la compra de cada componente por separado, así como su posterior instalación para un correcto funcionamiento. Muchos de los fabricantes recomiendan productos compatibles con su herramienta, lo cual ayuda mucho a la búsqueda de componentes. Todo esto llevará a un incremento de los costes repercutiendo directamente al consumidor.

### *2.1.3. Estación inalámbrica de Agricultura*

- Descripción: Esta estación es utilizada para medir la humedad del follaje y del terreno y la temperatura en campos agrícolas, granjas y otros espacios. Todos los circuitos están protegidos y guardados a través de una caja estanca la cual se alimenta a través de paneles solares y una pila de refuerzo para casos de emergencia. Los datos registrados pueden reflejarse en tiempo real a través de una consola o se pueden almacenar y descargar en un ordenador [4].
  
- Características:
  1. Datos a tiempo real.
  2. Conectividad con dispositivos de terceros.
  3. Resistente al agua y a la intemperie.
  4. Batería a través de placas solares y pila extra.
  5. Máxima versatilidad: incorporación de varios sensores.
  6. Precio de 339,10€.
  
- Valoración: Esta estación es vendida solamente como una estación inalámbrica donde incorporar diferentes sensores compatibles. A pesar de su precio, no incorpora ni los sensores ni las consolas para visualizar los resultados, todos estos tienen que ser adquiridos independientemente. Este es un producto destinado a personas o empresas que poseen gran cantidad de superficie ya que es una herramienta profesional. Si se quisieran adquirir los sensores que nos recomienda el fabricante y los diferentes accesorios el precio podría superar los 1000€.





*Ilustración 3: Estación Inalámbrica de Agricultura. Fuente: [www.estacionesdavis.es](http://www.estacionesdavis.es)*

#### 2.1.4. Sensor de humectación en hoja

- Descripción: Este sensor se compone de dos electrodos los cuales se utilizan para la medición de la humedad, estos se encuentran instalados sobre una placa de fibra de vidrio. Esta humedad se recopila gracias a la conductividad que existe entre estos dos electrodos [5].
- Características:
  1. Compacto y con una fácil instalación.
  2. Cable de 12 metros.
  3. Buena precisión: con un índice de humectación de hoja de  $\pm 0,5$ .
  4. Rango de medición: 0 a 15 índice de humedad de hoja.
  5. Bajo consumo: 100  $\mu$ A.
  6. Precio de 177,87€.
- Valoración: Este es un sensor profesional que asegura un perfecto funcionamiento y cumple todos los requisitos para el desarrollo e implementación de este proyecto. No obstante, para cumplir nuestro objetivo no es suficiente con la adquisición de este producto, ya que es necesario la compra de la estación inalámbrica anterior. El conjunto de estas dos herramientas nos brindaría un perfecto funcionamiento, ya que se encuentran plenamente relacionados en el mismo sitio web, recomendándonos la compra de ambos. A través de este sitio de compra podemos adquirir el de humedad del suelo o el de nivel de temperatura, pero con un coste total muy elevado.



*Ilustración 4: Sensor de Humectación de Hoja. Fuente: [www.estacionesdavis.es](http://www.estacionesdavis.es)*

#### 2.1.5. Dragino LLMS01

- Descripción: Este sensor se ocupa de medir la humedad y temperatura de la hoja, de esta forma recopila la información y la envía a una plataforma para analizar esta información. Este sensor se diferencia en que trabaja con un sistema de conectividad LoRaWAN [6] el cual se explicará más adelante, gracias a esto, nos permitirá establecer conexiones para transferir los datos obtenidos. Realiza sus detecciones usando el método FDR [7], el cual se ocupa de detectar la constante dieléctrica que es originada por el líquido en la superficie de la hoja y transforma el valor en humedad de la hoja [8].
- Características:
  1. Resistente al agua IP67.
  2. Batería de 8500 mAh, con una duración de 5 años según el fabricante.
  3. Sistema de conectividad LoRaWAN.
  4. Precio 105,10€.
- Valoración: Este es un sensor con unas excelentes especificaciones y que cumple con todas las funcionalidades de otros productos analizados anteriormente. Con un diseño compacto en forma de hoja como se muestra en la *Ilustración 5*, podemos realizar una fácil manipulación e instalación del producto. Hay que destacar una característica que ninguno de las herramientas anteriores tenía, y es su sistema de conectividad, el cual nos permitirá transferir los datos recogidos a otras plataformas para su posterior análisis, de esta forma, no se necesita otro dispositivo externo para ver los resultados, y gracias a esto, se conseguirá un gran abanico de posibilidades con los diferentes datos, los cuales se podrán transferir, almacenar, modificar, etc. Por último, destacar que, al no necesitar ningún otro producto o sistema, el ahorro final es considerable.

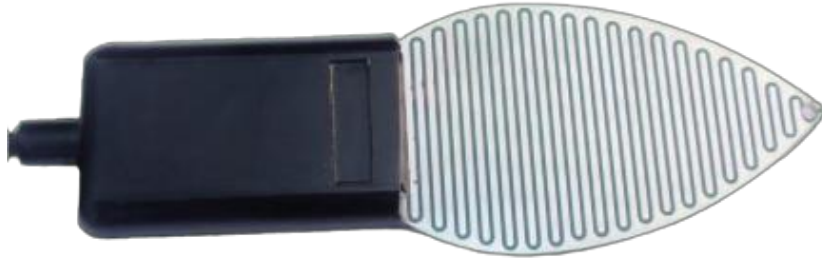


*Ilustración 5: Dragino LMS01. Fuente: shop.molukas.com*

#### 2.1.6. Sensor de humedad de superficie de hoja

- Descripción: Sensor encargado de medir la cantidad de humedad en la superficie de las hojas, este sensor consta de un funcionamiento llamado medición de resistencia, que está compuesto de la "rejilla de inducción de la superficie y el transmisor de señal" [9].
  
- Características:
  1. Tamaño compacto.
  2. Fácil instalación.
  3. Velocidad de respuesta alta.
  4. Precisión de medición alta:  $\pm 0,5$ .
  5. Tiempo de medición: 5 segundos.
  6. Rango de medición: 0~100%.
  7. Precio de 179,76€.

Valoración: Este sensor de humedad es uno de los muchos que se pueden encontrar por páginas de venta online. Tiene unas especificaciones parecidas a los demás productos analizados, pero consta de un precio superior. Este producto no posee la capacidad de conectividad a través de una red u otro componente, o al menos no lo especifica el fabricante. Si observamos la *Ilustración 6* podemos suponer que tiene que ir conectado a través de una estación inalámbrica como el otro producto analizado anteriormente, por lo tanto, la compra de este sensor no sería suficiente para poder manipular los datos recogidos.



*Ilustración 6: Sensor de humedad de superficie de hoja. Fuente: [www.aliexpress.es](http://www.aliexpress.es)*

## 2.2. Tabla comparativa de herramientas existentes

	Wanfei 00845_5	Sonkir	Estación inalámbrica	Sensor de humectación en hoja	Dragino LLMS01	Sensor de humedad de hoja
Conectividad	Si	No	Si	Si	Si	Si
Distintos sensores	Si	Si	Si	No	No	No
Recopilación y visualización de datos automática	Si	Si	No	No	No	No
Equipo profesional	No	No	Si	Si	Si	Si
Comunidad	Si	Si	No	No	Si	No
Soporte	Si	Si	Si	Si	Si	No
Transferencia de datos online	Si	No	Si	No	Si	No
Precio	26,93€	13,99€	339,10€	177,87€	105,10€	179,76€

*Tabla 1: Tabla comparativa de herramientas existentes*

### 2.3. Aplicaciones existentes

Además de herramientas que permitían recoger datos como la humedad y la temperatura de los cultivos, también existen varias aplicaciones que ofrecen diferentes métricas y mediciones meteorológicas. Muchas de ellas se encuentran tanto en la web como para dispositivos móviles, permitiendo al usuario una mayor portabilidad y control. Estas aplicaciones nos ofrecen un gran abanico de funcionalidades, debido a esto, a continuación, se va a realizar un estudio de estas, haciendo un recorrido por todas sus características y finalizando con una valoración de cada una de las aplicaciones.

#### 2.3.1. Meteoblue

- Descripción: Meteoblue es una web que ofrece un servicio meteorológico enfocado inicialmente al sector de la agricultura, el cual fue creado en la Universidad de Basilea en 2006. Esta aplicación utiliza la última tecnología para ofrecer al usuario información detallada y precisa de todas las partes del mundo [10].
- Características:
  1. Previsión detallada de 1 a 6 días.
  2. Diferenciación de temperaturas, humedades y presión entre diferentes tipos zonas. (valles, pendientes, montañas).
  3. Resultados y productos accesibles desde diferentes medios de transmisión, como se plasma en la *Ilustración 7*.

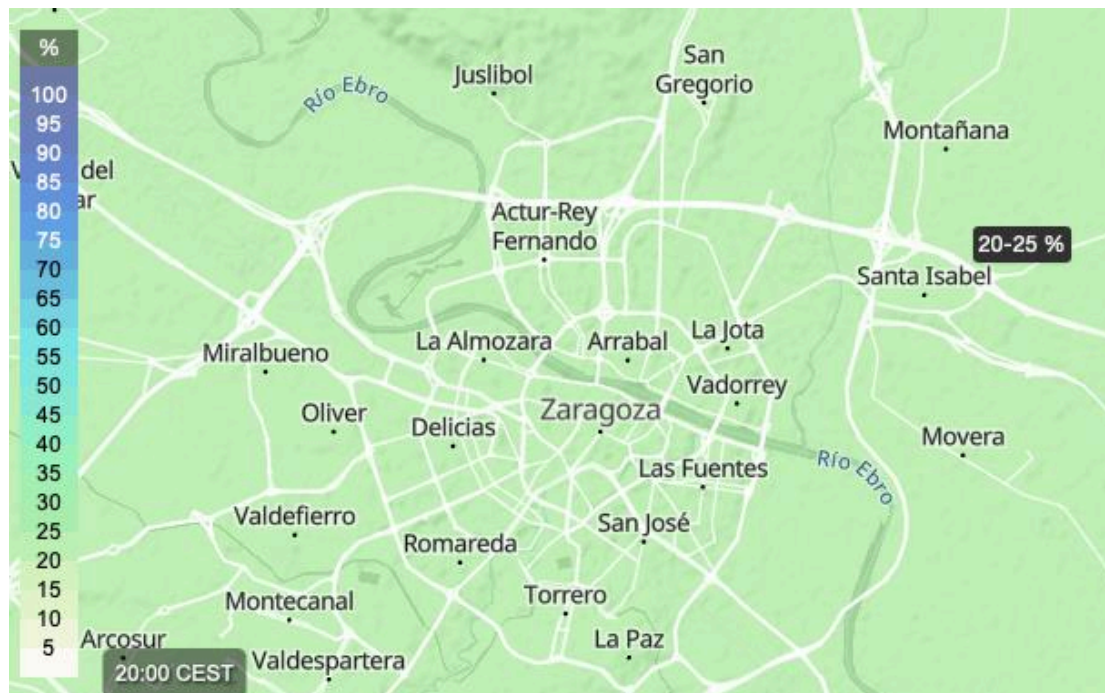
Categorías de Producto	Transmisión					Formatos de datos				
	Sitio web	Apps móviles	API	FTP	Email	JSON	CSV	XLSX	PNG	PDF
Paquetes de datos			x	x	x	x	x			
Imágenes	x	x	x	x	x				x	
Mapas meteorológicos	x		x	x	x				x	
Datos personalizados				x	x		x	x		
Informes				x	x					x

*Ilustración 7: Categorías de productos y cómo acceder a ellos. Fuente: www.meteoblue.com*

4. Actualizaciones y mejoras continuas.
5. Precio gratuito.
6. Gran abanico de funcionalidades, como son el acceso a diferentes webcams de zonas urbanas, apartados específicos para agricultura o aviación, mapas meteorológicos detallados y la aplicación de diferentes *widgets*.



- Valoración: Esta aplicación ofrece al consumidor un servicio profesional de meteorología, lleno de funcionalidades y posibilidades, ayudando al agricultor o cualquier otro usuario con diferentes mapas meteorológicos, así como una gran variedad de opciones un poco más ocultas. Ya que para aprovechar y utilizar todas estas características hay que navegar y adentrarse en la web, de esta forma será una herramienta muy útil para el control y planificación de nuestros cultivos, permitiendo al trabajador saber con mucha precisión diferentes aspectos que afectan directamente a su producto. Como es normal en una aplicación de estas características, ofrece resultados globales, donde se puede navegar y visualizar los datos distribuidos en diferentes zonas y lugares como se refleja en la *Ilustración 8*, siendo esto no del todo preciso ya que para este proyecto interesa conocer la humedad directamente extraída del cultivo, no la humedad superficial de la zona, aunque también resulta de gran ayuda.



*Ilustración 8: Mapa meteorológico de la humedad relativa en Zaragoza. Fuente: [www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)*

### 2.3.2. Cesens

- Descripción: es una aplicación web y aplicación móvil que proporciona un control agroclimático de cultivos. Fue desarrollada por la empresa Encore-lab con sede en Logroño y permite a los usuarios la monitorización y gestión meteorológica de sus campos. Cesens recoge esta información a través de hasta tres estaciones públicas ubicadas por toda la península en su versión gratuita, como son SAIH Ebro, Meteocat,

Euskalmet, etc. Estas estaciones recopilan datos de los cultivos distribuidos por la zona y Cesens los utiliza como información adicional para controlar el riesgo de infección, recomendación de riego o abonado de la tierra. Además de estos datos, esta aplicación es compatible con una gran cantidad de sensores para realizar una medición más personalizada del producto, añadiéndole funciones básicas como predicción de lluvias, heladas, vientos, etc [11] [12].

- Características:
  1. Fácil e intuitiva.
  2. Métricas a tiempo real y métricas calculadas (integral térmica, medias, acumulaciones, etc.).
  3. Mejoras y actualizaciones continuas.
  4. Soporte de calidad.
  5. Entorno web y móvil.
  6. Integración de los datos con otros sistemas a partir de una API disponible.
  7. Sistema de envío directo de datos a través de su plataforma Cloud Cesens
  8. Gran abanico de funcionalidades gratuitas.
  9. Compatibilidad con productos como sensores, estaciones y diferentes packs disponibles directamente desde su tienda online.
  
- Valoración: Este es un producto de muy alta calidad, que ofrece unos servicios profesionales que ayudaran al agricultor a un control total de diferentes aspectos que afectan directamente a sus cultivos, desde información detallada a tiempo real, alarmas, gestión y manipulación de datos. A través de una aplicación multidispositivo con una interfaz minimalista, limpia e intuitiva como se puede apreciar en la *Ilustración 9*. Cesens ofrece un gran producto con muy buenas prestaciones, que dispone de un soporte de calidad, una gran comunidad y un sistema integral, que está completamente enlazado e integrado para ofrecernos una experiencia de usuario realmente buena. Hay que destacar que este software es para un uso profesional, ofreciendo versiones gratuitas con bastantes funcionalidades. Pero si se quiere una mayor monitorización se debe adquirir diferentes productos de su tienda online, como son sensores, estaciones o disponen de un pack clima y un pack tierra, donde se encontrarán una gran cantidad de productos. Estos tienen un precio superior a los 1400€, siendo esta una gran inversión enfocada para uso profesional y empresas o cooperativas agrícolas.





*Ilustración 9: Interfaz gráfica de Cesens*

### 2.3.3. Agrobot

- Descripción: es una plataforma encargada de realizar un monitoreo y planificación inteligente de los cultivos, gracias a un control y recomendaciones diarias, a través de alertas y analíticas. Una de las principales funcionalidades de Agrobot es que se ocupada de realizar una gestión y una trazabilidad para garantizar un incremento de la producción, la calidad de los productos y reducir el impacto medioambiental [13] [14].
- Características:
  1. Simulación de escenarios para un mejor rendimiento y productividad.
  2. Tendencias de mercado.
  3. Control de tareas y actividades
  4. App móvil disponible sin conexión.
  5. Pronóstico climático.
  6. Monitoreo automático diario.
  7. Alertas por irregularidades.
  8. Analíticas y graficas.
  9. Control y asistencia para buenas prácticas agrícolas.
  10. Demo gratuita y necesidad de solicitar presupuesto.
- Valoración: Agrobot es una aplicación y una web destinada principalmente a cooperativas y empresas, tiene una gran cantidad de funcionalidades, donde se puede encontrar similitudes con las que se desarrollan en el proyecto, pero mayoritariamente esta aplicación es utilizada para la gestión del personal, control de tareas, aplicación de



metodologías de trabajo, control financiero, etc. También ofrece un monitoreo de control de cultivos y pronósticos climáticos, como temperatura o humedades relativas, y como pueden afectar a nuestro producto como se muestra en la *Ilustración 10*. De esta forma, se traza un plan de estrategia para lograr el máxima productividad y beneficio. No está orientada a usuarios individuales sino a una plantilla de trabajo, por eso, para conocer más información y solicitar presupuestos, hay que contactar con Agrobot, y se realizará un estudio y análisis de los diferentes escenarios y situaciones. Finalmente. esta aplicación está enfocada a empresas con una gran cantidad de terrenos y una plantilla consolidada.



*Ilustración 10: Interfaz gráfica de Agrobot*

**2.4. Tabla comparativa de aplicaciones existentes.**

	Meteoblue	Cesens	Agrobit
Conexión offline	No	Si	Si
Monitorización climática	Si	Si	Si
Plataforma disponible	Web	Web y aplicación móvil	Web y aplicación móvil
Recopilación y visualización de datos automática	Si	Si	Si
Equipo profesional	Si	Si	Si
Comunidad	Si	Si	Si
Soporte	Si	Si	Si
Transferencia de datos online	Si	Si	Si
Precio	Gratuita/Opciones de pago	Gratuita/Opciones de pago	Pequeña demo gratuita/ solicitar presupuesto

*Tabla 2: Comparativa aplicaciones existentes*

## **2.5. Conclusión**

El estudio comparativo de las distintas herramientas existentes en el mercado ha servido para remarcar diferentes posibilidades a la hora de implementar un sistema de estas características. Por un lado, se tienen los sensores para un uso doméstico y cotidiano, cuya usabilidad está destinada a jardines, plantas de interior o exterior y pequeños huertos. Este tipo de sensores no están cualificados para el desarrollo de este proyecto, debido a sus características y al poco margen que dejan al usuario para la manipulación de los datos.

En el caso de los sistemas de control de cultivos agrícolas profesionales, muchos de ellos están fabricados para resistir a las condiciones que requieren los campos y terrenos agrícolas, compuestos por materiales más resistentes y funcionales. Analizando el mercado, se han encontrado varias formas de implementación de estos sensores, siendo la mayoría no del todo funcionales individualmente, obligando al usuario a tener que adquirir otros productos para poder montar una pequeña red de conexión para la recogida y manipulación de los datos. Como se ha analizado anteriormente, si se está ante un caso como este, el consumidor tendría que comprar los diferentes sensores, una estación inalámbrica en la que se puedan conectar estos sensores y a la vez capaz de distribuir los datos recogidos a un ordenador o consola.

A través de la investigación de las diferentes aplicaciones existentes del mercado, se puede remarcar que estas pueden ser sistemas totalmente integrados para la gestión y control de todos los aspectos relacionados con la agricultura. O también, aplicaciones destinadas a realizar un seguimiento climático, siendo estas, herramientas meteorológicas como pueden ser aplicaciones como el tiempo, pero con mucho más detalle y funcionalidades. Si estas aplicaciones no se combinan con sensores o sistemas capaces de medir valores recogidos directamente del cultivo, estas herramientas proporcionarán mediciones relativas, una función que nos puede ser de gran utilidad, pero no es el objetivo de este proyecto.

Finalmente, una vez recopilados y estudiados diferentes herramientas, se ha decidido profundizar con Dragino LLMS01. Este sensor tiene muchas de las funcionalidades esenciales de los otros productos, enfocado a un público profesional y a un precio razonable en comparación con los demás. Pero una de las principales características que por el que ha sido seleccionado es porque este sensor cuenta con un sistema de conectividad LoRaWAN [15] que permitirá la transferencia y manipulación de datos a otros dispositivos a través de *gateways* como se desarrollará más adelante. Por último, según indican en su web [16], se puede apreciar que este producto ya tiene un bagaje dentro de la industria, con soporte técnico, otros productos relacionados y diferentes

formas de contacto, siendo un apoyo fundamental para los posibles problemas o inconvenientes que vayan apareciendo a lo largo del proyecto.

### **3. Objetivos**

Los objetivos descritos en la propuesta entregada del Trabajo Fin de Grado (TFG) no ha sido cambiados durante el desarrollo del proyecto. Estos objetivos han vuelto a recopilarse para ser expuestos en este capítulo de la memoria, los cuales son los siguientes:

1. Estudiar e investigar las diferentes formas de obtención de datos para la medición de la humedad que puedan ser útiles para la informatización de este procedimiento.
2. Estudiar la aplicación de las fuentes de datos seleccionadas en el sistema, así como, si fuera necesario, las diferentes posibilidades de conexión y almacenamiento de datos.
3. Diseñar y desarrollar de la plataforma software para la interacción del agricultor con el sistema.

En la primera fase del proyecto, se realizó un análisis de los objetivos planteados en la propuesta y la magnitud de estos. Como conclusión se acordó que estos objetivos eran apropiados para el desarrollo del TFG.

En el primer punto, se hizo una investigación de diferentes herramientas y aplicaciones existentes en el mercado, durante este proceso se ha seleccionado una de ellas que se incorporará a la fase de implementación del proyecto.

A continuación, se realizó un análisis y estudio de posibles métodos de conexión para la transferencia de datos recogidos, así como se podría implementar con el sensor elegido en el apartado anterior.

Para finalizar, se desarrollará e implementará este sistema de recogida de datos, aplicando el sistema de conectividad seleccionado y con un apoyo visual y de manipulación de datos como puede ser una aplicación web.



## **4. Metodología**

La metodología que guiará este proyecto se ha decidido considerando varios factores como son, el tipo de trabajo, el tiempo disponible y la situación externa del creador. El tiempo dedicado al proyecto es limitado, debido a que este Trabajo Fin de Grado se está desarrollando al mismo tiempo que otro. Así mismo, se está compaginando con un trabajo entre semana y otro el fin de semana, siendo imposible la dedicación total del tiempo disponible semanalmente. A la hora de definir una metodología, se ha tenido en cuenta el límite de horas y de horario disponible, buscando una organización que permita la variación y cambio de horas dependiendo de la acumulación de trabajo externo de cada semana, permitiendo una organización mucho más flexible y productiva. Esto conlleva un estricto y riguroso seguimiento de las diferentes iteraciones que componen este TFG, siendo fundamentales para cumplir la fecha de entrega prevista con unos resultados positivos.

Para poder aplicar y cubrir todo lo mencionado con anterioridad, se adaptará la metodología Scrum para la organización y el desarrollo de este proyecto. Esta metodología consta de pilares fundamentales como son la productividad, flexibilidad, la eficiencia y la innovación.

### **4.1. Scrum**

Esta metodología se considera un *framework* de trabajo que es utilizado para realizar un seguimiento de metodologías *Aguile*, con esta implementación se busca el uso de buenas prácticas y el trabajo en equipo, con el objetivo de optimizar y mejorar la eficiencia del grupo de cara a la obtención de buenos resultados y una resolución de diferentes problemáticas que vayan surgiendo a lo largo del desarrollo. Cuando un equipo de trabajo decide aplicar *Scrum* a su proyecto es debido a que este tipo de metodología se incorpora en escenarios donde prima la rapidez de obtener diferentes resultados o versiones del proyecto. Además, *Scrum* suele asociarse a planificaciones donde sus requisitos y objetivos son fácilmente alterables debido a que no están establecido de forma definitiva [17].

#### *4.1.1. Adaptación de la metodología*

Los aspectos que constituyen el *framework* de esta metodología van a sufrir algunos cambios, esto es debido a que no hay un cliente final y el proyecto es creado y desarrollado por una sola





persona, de esta forma esta metodología va a ser modificada para acomodarse a los requisitos y tareas comprendidas en este TFG.

La metodología *Scrum* está compuesta de diferentes roles [18], acorde con este proyecto y lo explicado con anterioridad, el equipo de trabajo en Scrum está formado de la siguiente manera:

- *Product Owner*: es el encargado de que después de todo el desarrollo del proyecto, se consiga un resultado final lo más óptimo posible. De esta forma, las tareas correspondientes a este rol son las de delimitar la prioridad y objetivos de cada *Sprint*, ayudar a través de la resolución de dudas o problemas que puedan surgir a lo largo del desarrollo, y, por último, componer y dirigir la lista de tareas que componen la totalidad del proyecto y la división de estas en diferentes *Sprints*, a esta lista se le denomina *Product Backlog*. La responsabilidad se compartirá entre el creador del proyecto, que se ocupara de establecer la prioridad y el tipo de tareas que se van a realizar, y de la tutora encargada del Trabajo Fin de Grado, encargada de tratar y resolver las dudas, y acordar con el creador del proyecto que tareas se van a realizar para la siguiente reunión.
- *Scrum Master*: la responsabilidad de esta persona es que la metodología y el *framework* establecido se cumplan correctamente, dirigiendo la organización del equipo y haciendo que todas las tareas sean concebidas a la perfección. A parte de esto, el *Scrum Master* debe ocuparse de que todos los bloqueos e impedimentos que surjan durante los *Sprints* sean controlados y solucionados. En este rol no habrá responsabilidad compartida, ya que la persona encargada será el creador del proyecto, ocupándose de que haya un progreso positivo del trabajo y una buena organización, la revisión y feedback de los resultados obtenidos y solventar los posibles bloqueos en el desarrollo.
- Equipo de desarrollo: este no es un proyecto que se desarrolla en grupo, sino que es totalmente individual, siendo el creador del Trabajo Fin de Grado quien se haga cargo de realizar todas las responsabilidades del equipo de desarrollo, como la búsqueda de información y medios para el desarrollo del proyecto, siendo capaz de organizarse y realizar todas las tareas y objetivos de los que se compone.

Los eventos y reuniones de los que se componen *Scrum* son un aspecto importante para cumplir estos objetivos con los mejores resultados posibles. Esta metodología está compuesta de diferentes eventos. En el *Sprint Planning* es donde se planifican las tareas y objetivos a tratar en el sprint actual. A continuación, testa el *Daily Meeting* que son las reuniones diarias que se realizan

dentro de cada *Sprint*, sirven para hacer un seguimiento más detallado del desarrollo del proyecto y posible variación de alguna determinada tarea u objetivo. El *Sprint Review* este evento es uno de los más importantes, debido a que es la reunión donde asiste el cliente y se le presenta los diferentes resultados obtenidos en los *sprint* a través del *Product Owner*, donde el cliente comparte su opinión y punto de vista respecto a los resultados mostrados. Finalmente, el último evento del que está compuesto la metodología *Scrum*, es el *Sprint Retrospective*, es cuando todo el equipo realiza una reunión y se hace una revisión de los resultados y los objetivos obtenidos en el *Sprint* y el cumplimiento de estos. Esto da lugar a posibles variaciones o mejoras para los próximos y poder reorganizarlos los que se consideren necesarios. Como este proyecto está desarrollado únicamente por una sola persona y dirigido a través de otra, la aplicación de todos estos eventos en este TFG va a resultar irrealizable y con muy poca utilidad, ya que la organización, resolución de problemas y planificación de reuniones correrá a cargo de solo dos personas. Debido a esto, se decidió modificar el *framework* de trabajo de esta metodología para poder adaptarse mejor a las exigencias del trabajo, acordando la realización de una reunión cada dos semanas, donde se llevarían a cabo todos los eventos descritos con alguna variación. El tiempo estimado para estas reuniones será aproximadamente de una hora, abierto a cambios dependiendo de las tareas a abordar en la reunión o el desarrollo de la misma.

#### **4.2. Seguimiento de desarrollo**

A la hora de hacer un buen seguimiento del desarrollo del proyecto, es fundamental la aplicación de una herramienta que permita la aplicación y planificación de manera funcional, visual y sencilla de este tipo de metodología. Como todos los aspectos y conceptos que nos ofrece *Scrum* se han establecido anteriormente, siendo un pilar de gran ayuda, estos no son suficiente para un control de las tareas y objetivos de este TFG.

Durante el proceso de búsqueda de una herramienta para la aplicación de este *framework*, se estudiaron herramientas como Trello [19] o Jira [20]. Sin embargo, no han resultado óptimas y del todo productivas para llevar un control sobre las diferentes tareas y *Sprints*. Esto es debido a que, al ser un proyecto individual, resultaba más cómodo y eficiente un control más personal, siendo innecesario el compartir todos los progresos del proyecto a través de un tablero, y mejorando la productividad a través de otras alternativas. Como resultado de este estudio, se planteó realizar este seguimiento y planificación a través de un organigrama de Excel, recopilando diferentes aspectos y eventos del proyecto, donde estaría representado de forma visual todas las tareas que componen el TFG, siendo una alternativa más cómoda para el creador de este.

#### 4.2.1. Planificación inicial

La realización del diagrama inicial se desarrolló para la entrega establecida el 7 de septiembre, por eso se dividió en dos bloques que ocuparían los meses de julio y agosto, dividiéndolos en 4 semanas cada uno. El primero de los bloques correspondería a la escritura de la memoria y el segundo a la implementación y desarrollo del producto, pero se empezó con un bloque destinado a la investigación teórica y a establecer una planificación del proyecto, como se muestra en la *Ilustración 11*. De esta forma, se puede llevar un control bastante correcto de las tareas a realizar, dando lugar a posibles variaciones y cambios, que es lo que se buscaba desde un principio. Este diagrama recopila la mayor parte de la tabla de contenidos del proyecto asociándolas a diferentes iteraciones cada semana hasta una semana antes de la fecha de entrega del proyecto, dejando un margen para pequeñas correcciones o cambios.

		Semana 1					Semana 2				
		L	M	MX	J	V	L	MX	J	V	
<b>INVESTIGACIÓN teórica, búsqueda y planificación: BLOQUE 0</b>	COMPRESIÓN TOTAL DEL TFG: Rúbrica, referencias, manual de los tfg...										
	TFGs del repositorio										
	Normativa APA, IEEE...										
	- Investigación: investigación de herramientas y sistemas que nos permitan elaborar el proyecto.										
	- Planificación: Definir partes de proyecto										

*Ilustración 11: Bloque 0 de la planificación inicial. Fuente: Propia*

#### 4.2.2. Seguimiento del trabajo

Se ha añadido un *diagrama de Gantt* para realizar un seguimiento más exhaustivo de la fase de implementación del proyecto. De esta forma se recopila y gestionan las diferentes tareas asociadas a cada *Sprint* con el tiempo estimado para su completo desarrollo, gracias a esto se puede realizar una comparación con el tiempo real definitivo de cada uno de estos *Sprint*, siendo fundamentales para una posible mejora y estimación para futuros proyectos o *Sprints*. En la *Ilustración 12* se refleja la programación establecida para el *Sprint 0*, los demás se son recopilados en el apartado de Anexos.

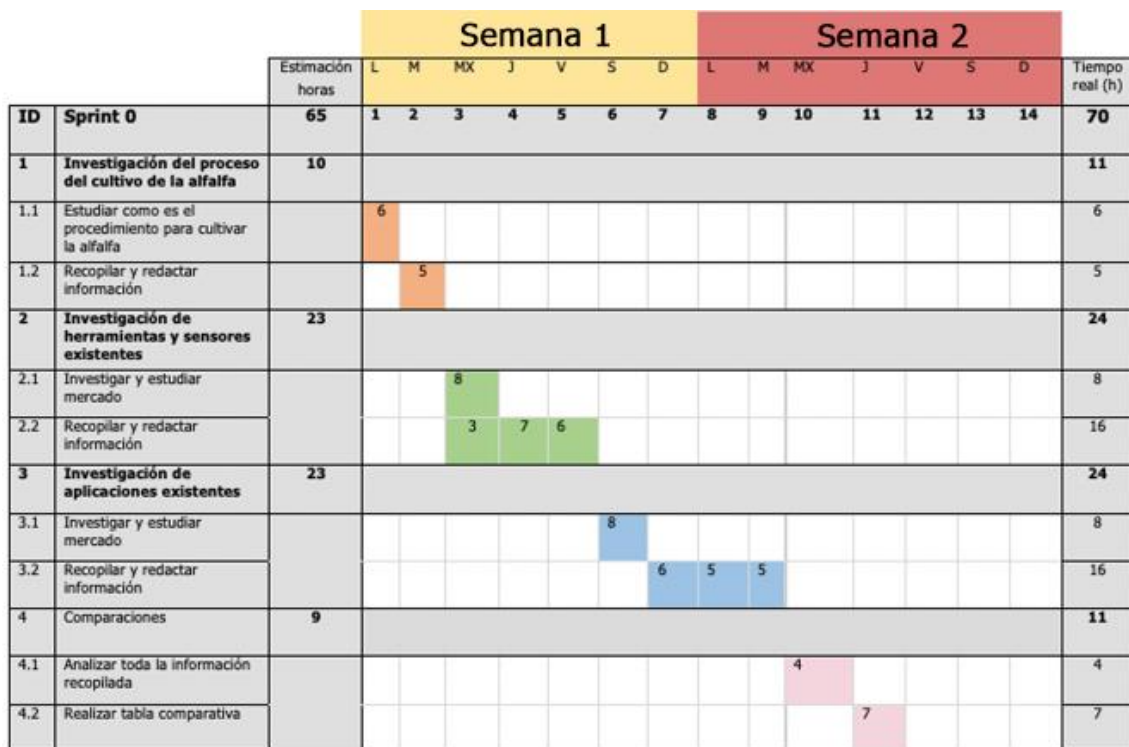


Ilustración 12: Diagrama de Gantt para el seguimiento de horas. Fuente: Propia.



## **5. Análisis**

Para realizar la implementación de los sensores en el proyecto es muy importante establecer primero un sistema de conexión. Una vez tomada la decisión de qué sensores van a formar parte de este desarrollo, hay que decidirse cómo se va a realizar la conexión entre ellos. Por eso se ha realizado una investigación y un análisis de los diferentes sistemas de conectividad existentes y que puedan ser una solución que cumpla los diferentes objetivos de la manera más eficiente y correcta posible. Este sistema se encargará de transportar los datos recopilados por los sensores hasta el usuario final, permitiéndole la consulta y el control de esta información.

En el estudio que se ha realizado de herramientas existentes se ha analizado un sensor cuyo sistema de conectividad era Bluetooth, este tipo de conexión no se tendrá en cuanto ya que no cumple uno de los requisitos indispensables, y es que la tecnología Bluetooth es un tipo de conexión de corto alcance, siendo imposible su implementación en este proyecto. Así mismo, la tecnología inalámbrica Wifi tampoco sería un tipo de conectividad que se adapte correctamente al producto. Estos tipos de sistemas tienen un alcance máximo de 100 metros, en el caso del Bluetooth de clase 1, y de 250 metros en exteriores, por parte del Wifi 6 [21]. Estas distancias no son compatibles con los objetivos que se quieren lograr con este proyecto, por eso en este análisis no se tendrán en consideración.

### **5.1. Sistemas de conexión**

#### *5.1.1. Sigfox*

Sigfox es un sistema de conexión global fundado en 2009, que se encarga de implementar redes inalámbricas para comunicaciones de baja velocidad obteniendo como resultado un menor coste y consumo. Focalizada en el *Internet of Things* (IoT) [16], esta comunicación al basarse en una banda muy estrecha permite adentrarse entre los obstáculos y así permitiendo una buena conectividad a largas distancias y por zonas urbanas [23].

Estructura de la red: esta red está compuesta de varias antenas las cuales están repartidas por diferentes zonas del territorio. Estas antenas son las que comunican con los sensores o también llamados nodos, que serán los encargados de recopilar la información. Esta información es transmitida a través de las antenas hasta los servidores Sigfox donde es almacenada, como se representa en la *Ilustración 13*.

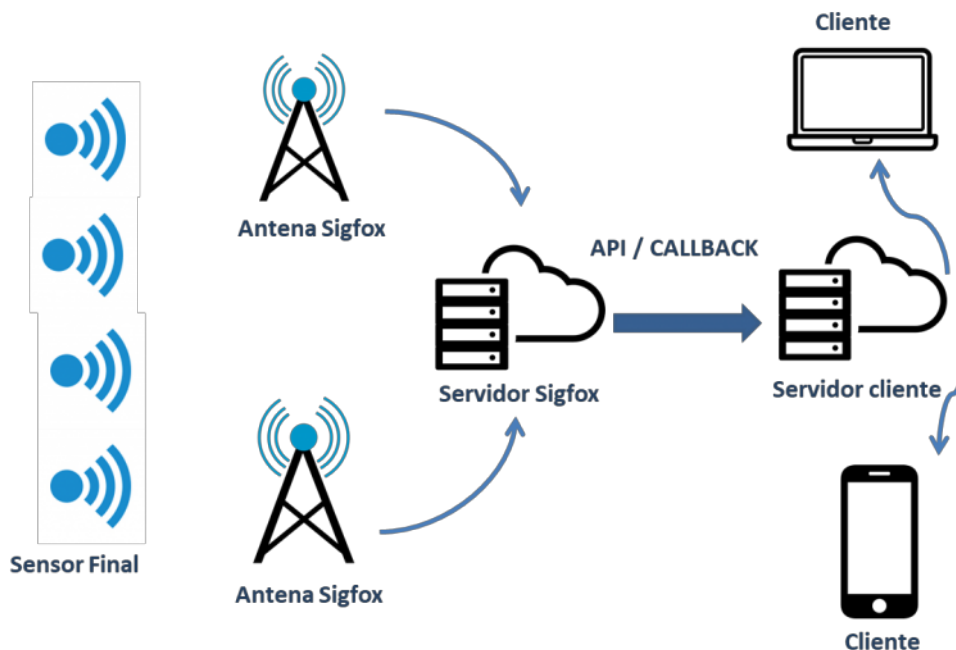


Ilustración 13: Estructura de la red Sigfox. Fuente: [www.productos-iot.com](http://www.productos-iot.com)

Este tipo de tecnología puede implementarse para monitorizar o controlar un gran abanico de posibilidades: variables ambientales externas y de interés del sector agrícola, como es la recolecta de datos sobre las condiciones de la tierra y el cultivo entre otras; monitorización del funcionamiento de instalaciones de producción o clima; o control de la eficiencia energética, tanto eléctrica como agua o gas. Con un precio de la tarifa básica de 3,5€ permitiendo solamente un máximo de 2 mensajes al día de *uplink* y 4 al mes de *downlink* por cada dispositivo asociado [24].

El sistema de conexión como todas las funcionalidades que ofrece Sigfox hace que sea considerada una de las mejores opciones para implementar el producto a desarrollar. Con una tecnología de fácil integración, bajo consumo, una gran red y comunidad establecida y con unas tarifas de suscripción baratas, convierten a Sigfox en un sistema profesional, optimizado y funcional. A pesar de esto, el número limitado de mensajes y las noticias de su posible bancarrota debido al COVID-19 el cual habría sido devastador para sus ingresos [25], hace que esta opción no se sitúe en primer lugar.

### 5.1.2. LoRaWAN

LoRaWAN es un protocolo de red de baja potencia y extensas áreas, este tipo de protocolo es utilizado por la tecnología inalámbrica LoRa que fue desarrollada en 2012. Este tipo de tecnología permite que los dispositivos conectados que requieren IoT (Internet of Things) puedan cambiar pequeñas cantidades de datos a poca velocidad, con un consumo mínimo, con conexiones bidireccionales seguras y llegando a grandes distancias de 5 a 30 kilómetros. Esta conexión LoRa/LoRaWAN proporciona al usuario la posibilidad de interconectar dispositivos inteligentes sin obligatoriedad de realizar instalaciones o infraestructuras complicadas. Como sensores que no tengan la posibilidad de conectarse a una red eléctrica, otorgando al usuario final un gran abanico de aplicaciones y una gran libertad y flexibilidad, permitiendo la conexión en lugares de difícil acceso [26] [27] [28].

Estructura de la red: LoRaWAN está compuesta de nodos (sensores o dispositivos) y *gateways* (antenas). Los nodos son los encargados de recolectar y enviar la información a los gateways, siendo estos los encargados de recibir y enviar los paquetes de datos recogidos y conectarse a través de conexiones IP estándar a un servidor central donde los datos serán almacenados. Este servidor centralizado filtrará los paquetes duplicados, revisará la seguridad y se encargará la administración de la red, enviando los datos a los servidores de aplicaciones mediante una conexión inalámbrica usando la tecnología LoRa RF (radiofrecuencia), para una posterior visualización o manipulación de los datos, permitiendo al usuario final un gran control y libertad [27], como se muestra en la *Ilustración 14*.

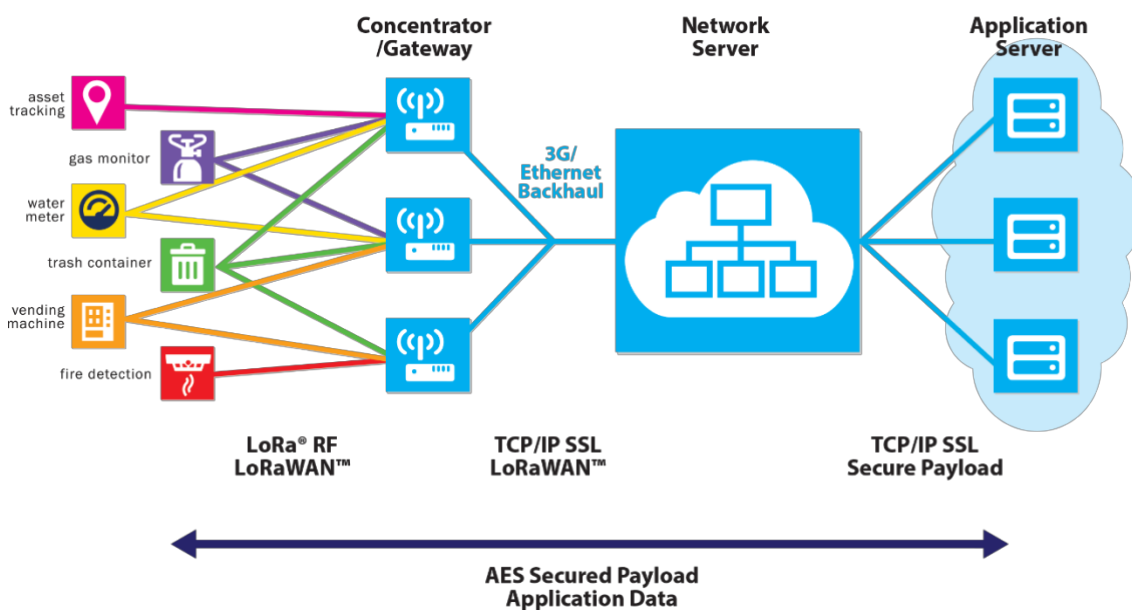


Ilustración 14: Estructura de la red LoRaWAN. Fuente: [www.aprendiendoarduino.wordpress.com](http://www.aprendiendoarduino.wordpress.com)





Teniendo clara la estructura base que sigue LoRaWAN, este protocolo nos ofrece una red pública llamada The Things Network (TTN) [29]. Como se ha mencionado anteriormente LoRaWAN ofrece una cobertura media de al menos 15 km en zonas urbanas, siendo suficiente para cumplir muchos de los objetivos. Pero para lograr una cobertura mucho mayor TTN ha creado una red para Internet of Things utilizando la tecnología LoRaWAN, encargándose de la construcción de todo el *backend* de la red. Siendo esto una fracción del desarrollo web encargado de que toda la lógica de la red funcione, y dando soporte a diferentes *gateways* repartidos por el planeta. Las ventajas de la utilización de TTN en el sistema de conexión del proyecto, es que, aparte de estar muy consolidado entre las empresas y universidades, ofrece un funcionalidades más personalizadas e individuales, ya que se depende tanto de empresas de terceros. Esta tecnología permite la integración por HTTP y MQTT, a parte la creación de APIs en diferentes lenguajes de programación como Go, Java, Node-RED y NODE.js. Una de las ventajas es que al conectar a esta red no será necesario la compra de un *gateway* propio, debido es que al entablar una conexión con TTN este se conectará a cualquier *gateway* cercano, para este procedimiento existentes páginas web como TTN Mapper [30], la que permite visualizar de forma gráfica el número de *gateways* existentes por la zona [31], de la manera en la que se muestra en la *Ilustración15*.



*Ilustración 15: Mapa de gateways disponibles. Fuente: www.ttnmapper.org*

Esta red permite una gran cantidad de funcionalidades, entre ellas, la aplicación de LoRa en los terrenos agrícolas, estableciendo una conexión a través de sensores y *gateways*. Gracias a esto se puede realizar un control y monitorización de diferentes valores como la humedad en hoja o temperatura de nuestros cultivos, entre otras mediciones. Además, ofrece un uso totalmente gratuito, con la posibilidad infinita de envíos y recibos de mensajes a velocidades hasta 50 kB/s. [27]

LoRa, al igual que Sigfox son tecnologías LPWAN (Low Power Wide Area Network) pero con una gran diferencia, y es que LoRa es una red abierta, pero creada a través de conexiones bidireccionales seguras con encriptación de extremo a extremo, a diferencia de Sigfox, que es una red privada. Como consecuencia, LoRa permite a los usuarios y empresas la creación y explotación de su propia red, ofreciendo al consumidor mucho más control y personalización. Por otro lado, requiere la adquisición de un *gateway* para establecer la conexión, con un precio aproximado de 250€. Pero para un uso personal y no profesional, la implementación de TTN es una mejor elección y mucho más económica [32].

Todo las características y funcionalidades mencionadas, hace que LoRaWAN se convierta en el sistema de conexión elegido para el desarrollo y la implementación del proyecto, siendo una tecnología que permitirá un gran control y manipulación del sistema, dando una gran flexibilidad y permitiendo la integración de otras tecnologías.



## **6. Implementación**

Después de analizar en profundidad los dos posibles sistemas de conexión, así como sus ventajas e inconvenientes, se decidió aplicar el sistema LoRaWAN para el desarrollo de este proyecto, con el objetivo de que a través de este sistema se nos brinde una mayor flexibilidad y estabilidad y un mejor control que su competidor.

### **6.1. Sprint 0 – Estado del arte**

Antes del desarrollo del producto final, y como se redactó en los objetivos del proyecto, se realizó una amplia labor de investigación para conocer todas las herramientas y aplicaciones existentes, así como, los procesos a seguir para la producción de alfalfa.

#### *6.1.1. Tareas*

Las tareas realizadas en este *Sprint* se dividieron en:

- Investigación del proceso del cultivo de la alfalfa.
- Investigación de herramientas y sensores existentes.
- Investigación de aplicaciones existentes.
- Comparaciones.

#### *6.1.2. Desarrollo*

Como uno de los principales objetivos de este *Sprint* fue el de conocer el proceso de cultivo de la alfalfa, de esta forma a la hora de desarrollar el proyecto se pudo partir de unas bases y hacia un objetivo claro. Para conseguir estos conocimientos, se estableció contacto con un agricultor para que explicará detalladamente todos los pasos a seguir de principio a fin, así como algunos problemas o cosas a mejorar en la aplicación de estos.

Una vez aclarado el proceso de cultivo se comenzó con la búsqueda de herramientas y aplicaciones existente que permitiesen diferentes formas de obtención de datos para la medición de la humedad. En esta investigación se tuvieron en cuenta desde las herramientas y los sensores más comunes y cotidianos hasta los sistemas más profesionales, esto es debido a que, en el inicio del proyecto todavía no se había decidido que herramientas se iban a utilizar, y gracias a una

exhaustiva investigación se estrechó el círculo debido a la recopilación de características y una pequeña valoración final de cada una de ellas. Para poder tener una decisión final se realizaron dos tablas comparativas donde se recopilaban las características y funcionalidades que se consideraban más importantes y se estudiaba que herramientas y aplicaciones cumplían cada una de ellas. De esta forma, se obtiene de manera sintetizada y bastante gráfica, un resumen y comparativa de todos los sistemas analizados en el *Sprint*. Esta investigación se analizaron diferentes sensores que se encontraban en el mercado, así como sus características, funcionalidades y precios. En cada uno de estos dispositivos se realizó una valoración personal, donde se valoró diferentes aspectos como el tipo de conectividad o si el sensor cumplía los requisitos para implementarlo en el proyecto, lo cual ayudó para la decisión final.

### 6.1.3. Duración

La estimación de horas para el desarrollo de este *Sprint* fue de 65 horas, pero debido a la aplicación de manera correcta de las indicaciones recogidas en el manual del TFG, así como, el correcto uso de la normativa IEEE para la referenciación de la información, ocasiono un aumento de 5 horas con respecto al tiempo estimado, llevando este *Sprint* a un total 70 horas.

## 6.2. Sprint 1 – Investigación y conexión

Como se ha mencionado anteriormente, el esquema de conexión de nuestro producto consta de diversas partes interconectadas entre sí. En este primer *Sprint* se llevó a cabo un esquema propio de nuestro sistema de conexión, la investigación en profundidad de todas las características y del funcionamiento de The Things Network y la implementación de la primera fase de la conexión.

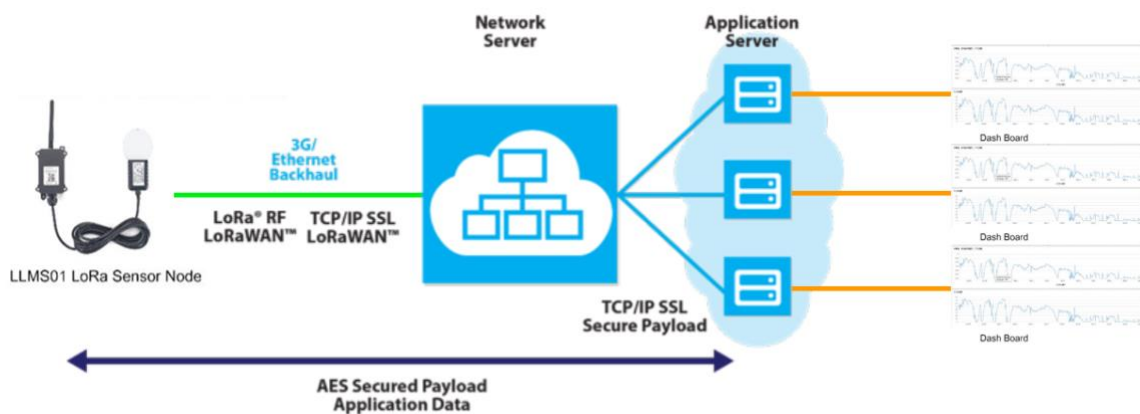
### 6.2.1. Tareas

El *Sprint* se dividió en las siguientes tareas:

- Creación de un nuevo esquema de conexión.
- Investigación del funcionamiento de The Things Network.
- Implementación de la conexión.

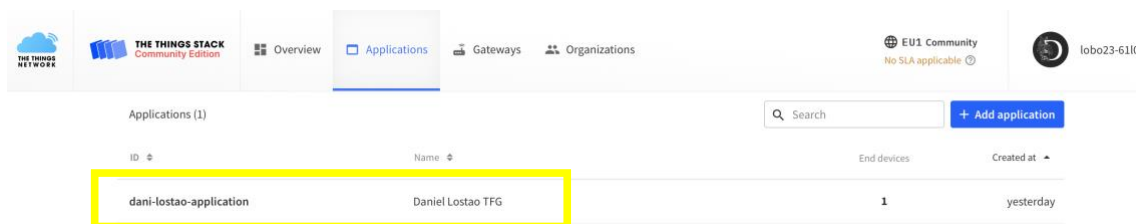
### 6.2.2. Desarrollo

Inicialmente hubo que partir de un esquema inicial para aclarar las diferentes partes que comprendían el esquema de conexión. Al solo poder adquirir un sensor de humedad en hoja, este se convirtió en la única fuente de recogida de datos del proyecto, dejando la puerta abierta a futuras ampliaciones con otro tipo de sensores, siendo la distribución del esquema muy similar en todos los casos. A diferencia con el esquema mostrado anteriormente, en esta organización se eliminó el apartado del *gateway*, aunque pueda conectarse a través de ellos. Este sensor permite una conexión a través de un sistema de conectividad automático capaz de establecer una conexión potente y segura gracias a su antena. Como consecuencia, se pudo evitar la compra de un *gateway* propio y la búsqueda de uno disponible a través de TTN Mapper [30]. Finalmente, nuestro esquema final se implementó como queda reflejado en la *Ilustración 16*.



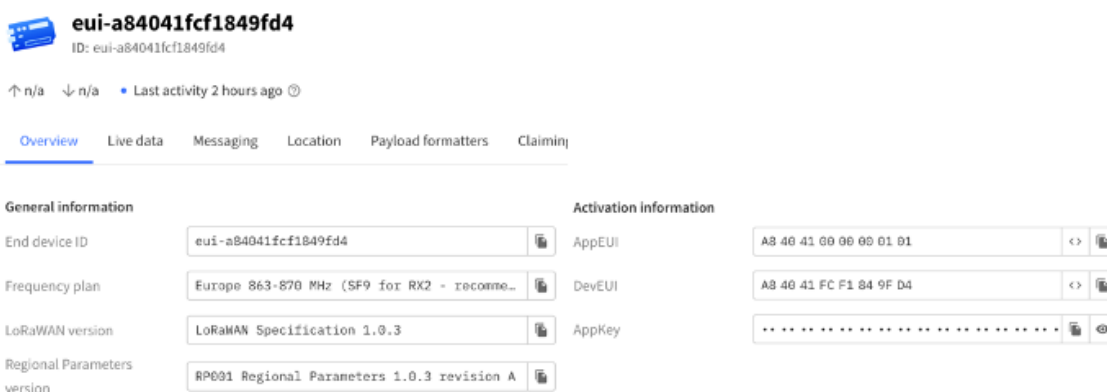
*Ilustración 16: Esquema de conexión. Fuente: Propia*

Terminado el nuevo esquema de conexión, comenzó un viaje a través de las funcionalidades presentes en la web de The Things Network, ya que era un lugar totalmente desconocido lleno de nuevas funciones y aplicaciones. TTN permitió la creación de una aplicación web gracias a su plataforma en la nube The Things Stack [33], a través de la selección de un *cluster* de la compañía ubicado en Dublín, permitiendo la interconexión entre otros computadores dentro de un mismo sistema para mejorar el rendimiento. Una vez seleccionado el *cluster* se creó la aplicación web como se muestra en la *Ilustración 17*.



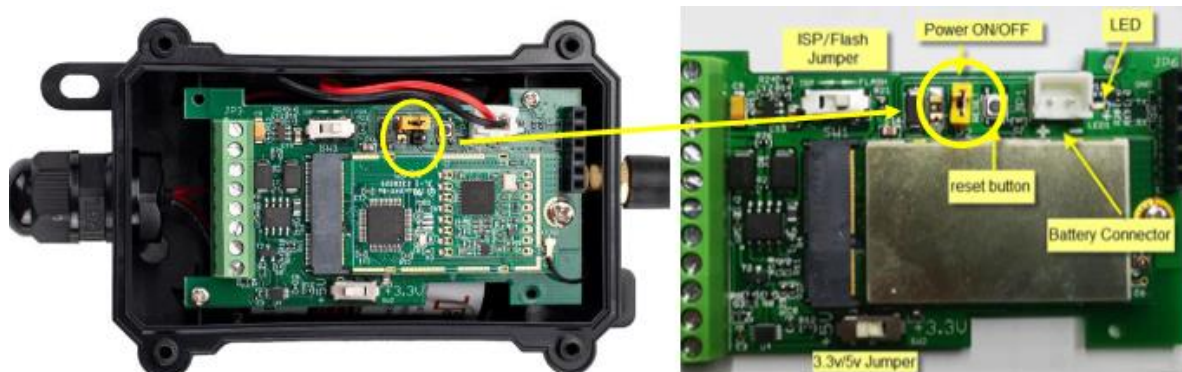
*Ilustración 17: Creación de la aplicación web. Fuente: Propia*

Esta aplicación permitió gestionar todo el sistema de conexión, así como la conexiones con *gateways* y con los sensores. Establecer la conexión con el sensor resultó un poco tediosa, aunque se disponía de la documentación asociada a nuestro dispositivo, termino siendo un proceso largo para obtener una conexión totalmente establecida. Dentro de la documentación [34] había que seguir un procedimiento para registrar el sensor en la aplicación a través diferentes claves que venían junto al dispositivo en su caja, y sistemas de frecuencia como se refleja en la *Ilustración 18*.



*Ilustración 18: Registro del sensor. Fuente: Propia*

Para la activación del sensor tuvo que abrirse la caja que se encuentra conectada a este, donde esta almacenada la placa base compuesta de todos los circuitos, la batería, dos interruptores que nos permitirán activar un indicador luminoso, un botón de *reset* para restaurar la conexión y un puente o *jumper* para encender el sensor. Este puente viene desconectado para que evitar el consumo de batería, debido a esto, se tuvo que cambiar el puente de horizontal a vertical para cerrar el circuito y que se encendiera el dispositivo, como se indica en la *Ilustración 19*.



*Ilustración 19: Placa base del Dragino LoRaWAN Leaf Moisture Sensor. Fuente: www.dragino.com*

Terminada la configuración y la instalación del sensor en nuestra aplicación de TTN, se tuvo que comprobar si el funcionamiento y la conexión entre ellos eran correctos. Dentro de la aplicación, a través de la consola, se pudo realizar un seguimiento de todo el tráfico de solicitudes y mensajes que enviaba el dispositivo. Una vez conectado, comenzaron a mostrarse los mensajes representados a través de la *Ilustración 20*, indicándonos que se había aceptado la solicitud de ingreso y que la conexión entre la aplicación y el sensor había sido un éxito.



*Ilustración 20: Consola de la aplicación TTN. Fuente: Propia*

Para modelar este flujo de eventos y acciones se decidió usar un diagrama de actividad UML con el fin de ilustrar el proceso de conexión de la aplicación y el sensor de manera simplificada, el cual se refleja en la *Ilustración 21*. Como esta conexión depende de más de un proceso, el diagrama se representó en dos procesos en paralelo interconectados entre sí, con el objetivo de juntar acciones realizadas por distintos actores dentro de un mismo hilo, la aplicación web The Things Stack y el sensor. El diagrama está compuesto de varias acciones, explicadas anteriormente, que concluyen en un símbolo de finalización, el cual representa la conclusión de todos los flujos de estos procesos, siendo fundamental que las acciones posteriores se hayan superado correctamente.



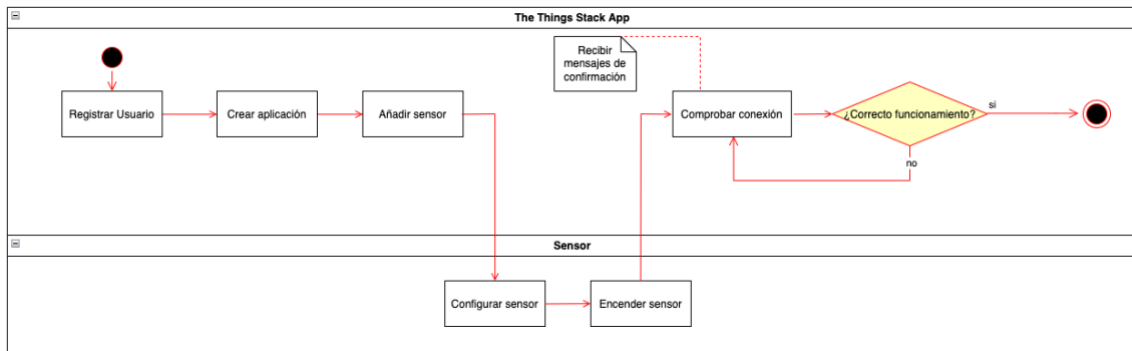


Ilustración 21: Diseño del diagrama de actividad UML. Fuente: Propia

### 6.2.3. Duración

Estas tareas estaban estimadas para 50 horas, pero durante el proceso se fueron encontrando diferentes problemas para establecer la conexión, ocasionados principalmente por el desconocimiento de la plataforma y complejidad de las conexiones. Por lo que el tiempo real utilizado para este *Sprint* fue de 58 horas.

## 6.3. Sprint 2 – Gestión y visualización de datos

Con la conexión aplicación-sensor establecida, la implementación de un sistema para poder visualizar y gestionar los datos fue una parte fundamental para cumplir con los objetivos del proyecto, este sistema permitirá al usuario final estudiar y analizar la información recogida por el sensor. Por eso, durante este *Sprint*, se buscó una solución para la visualización de estos datos, así como la compatibilidad con diferentes aplicaciones.

### 6.3.1. Tareas

El Sprint se dividió en las siguientes tareas:

- Investigación de cómo gestionar los datos.
- Implementación.
- Visualización.

### 6.3.2. Desarrollo

Una vez realizada la instalación del sensor y la comprobación de correcto funcionamiento a través del tráfico de mensajes con la aplicación web. Se investigó la forma en la que se quería gestionar la información, de tal manera que el usuario final pueda observar a simple vista y de forma simplificada los diferentes datos recopilados por el sensor, que este caso serán la humedad en hoja y la temperatura ambiente. La plataforma con la que se gestiona nuestra aplicación nos ofrece un apartado de integraciones, el cual nos permita la compatibilidad con Azure IoT [35], AWS IoT [36], LoRa Cloud [37] o diferentes Webhooks, entre otros. Dentro de los Webhooks nos permitía seleccionar entre diferentes aplicaciones de terceros, las cuales trabajan con TTN y tenían completa compatibilidad. Después de un análisis del mercado de estas herramientas para el control y visualización de los datos, se decidió implementar una aplicación llamada ThingSpeak [38]. Esta decisión fue tomada debido a la facilidades y flexibilidad que daba ante sus competidoras, con una interfaz más fácil de utilizar y de comprender para usuarios estándar no orientados al mundo de la informática o de la gestión de datos, la cual está destinada a un uso más personal y no tan profesional o empresarial como las demás.

Seleccionada la forma de visualizar los datos, se tuvo que investigar el funcionamiento de esta aplicación y como implementar y conectar el sistema que habíamos creado. Gracias a la documentación y la web de ThingSpeak se fueron realizando diferentes pasos.

Una vez creada una nueva cuenta en la web, lo primero que se hizo fue la creación de un nuevo canal, estos almacenan todos los datos que recopilará desde nuestra aplicación The Things Stack y cada canal incluye 8 *fields* o campos los cuales pueden contener cualquier tipo de datos, en los que diferenciaremos la humedad en hoja y temperatura, a parte de estos parámetros, se incorporó un campo para una alarma y otro para indicar el voltaje de la batería, como se muestra en la *Ilustración 22*.

## Channel Settings

<b>Percentage complete</b>	30%	<b>Field 1</b>	Bateria	✓
<b>Channel ID</b>	1827534	<b>Field 2</b>	TemperaturaOpcional	✓
<b>Name</b>	Dani Lostao	<b>Field 3</b>	Humedad en hoja	✓
<b>Description</b>		<b>Field 4</b>	Temperatura	✓
		<b>Field 5</b>	Alarma	✓

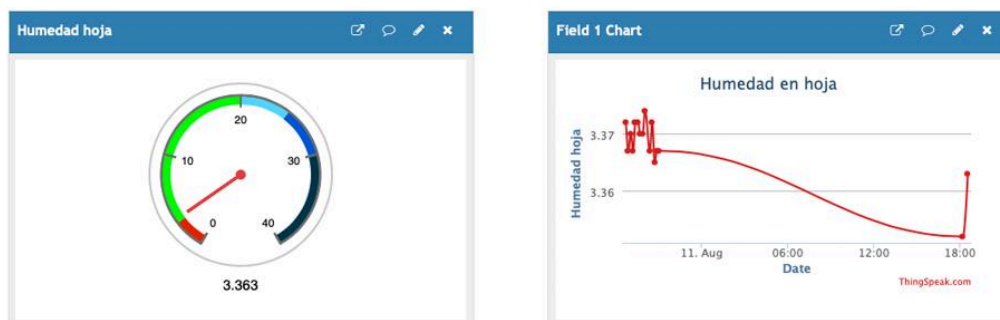
*Ilustración 22: Configuración de canal de ThingSpeak. Fuente: Propia.*

Guardada esta configuración del canal, comenzó la creación de gráficas y relojes medidores para visualizar y controlar los datos recopilados. Esta aplicación nos permite la incorporación de plantillas de *widjets* predeterminados, siendo necesario la configuración individual de cada uno, para especificar diferentes rangos y asociarlos a los diferentes *fields* creados con anterioridad como se refleja en la *Ilustración 23* y la *Ilustración 24*.



## Channel Stats

Created: 2 days ago  
Last entry: 40 minutes ago  
Entries: 37



*Ilustración 23: Widgets de medición de humedad en hoja. Fuente: Propia*

## Humedad hoja Options

Display Value

**Name** Humedad hoja

**Field** Field 1

**Min** 0

**Max** 40

**Units** Enter Measurement Units

**Tick Interval** 10

**Update Interval** 15 second(s)

**Range**

-1	3	<span style="color: red;">■</span>
3	20	<span style="color: green;">■</span>
20	25	<span style="color: cyan;">■</span>
25	30	<span style="color: blue;">■</span>
30	100	<span style="color: black;">■</span>

*Ilustración 24: Opciones de configuración del widget de humedad en hoja. Fuente: Propia*



Para establecer la conexión entre la aplicación The Things Stack y de ThingSpeak, fue a través del canal creado anteriormente, el cual fue asociado automáticamente a un *Channel ID* y a una *API Key*, teniendo que ingresar estos números directamente en la zona destinada a ThingSpeak en la aplicación The Things Stack donde se encuentra en el sensor conectado, como se refleja en la *Ilustración 25*.

Setup webhook for ThingSpeak  
Send data to ThingSpeak channel  
[About ThingSpeak](#) | [Documentation](#)

Webhook ID \*  
my-new-thingspeak-webhook

Channel ID \*  
ThingSpeak Channel ID

API Key \*  
ThingSpeak Write API Key

Create ThingSpeak webhook

*Ilustración 25: Creación de un webhook en The Things Stack. Fuente: Propia*

Una vez establecida la conexión entre las dos aplicaciones, se tuvieron que gestionar todos los datos que se recibían. Accediendo a la documentación oficial del sensor, se dispone de un apartado llamado Uplink Payload, refiriéndose a como se transmiten los mensajes del dispositivo a la aplicación. Los cuales son compartidos en un *payload* que incluye un total de 11 bytes, que será el conjunto de datos transmitidos útiles, excluyendo metadatos y otro tipo de información inútil, de esta forma se garantiza el envío del mensaje. Estos bytes se distribuyen de la manera que se muestra en la *Ilustración 26*.

Size (bytes)	2	2	2	2	1	1	1
Value	<a href="#">BAT</a>	<a href="#">Temperature (Optional)</a>	<a href="#">Leaf Moisture</a>	<a href="#">Leaf Temperature</a>	<a href="#">Digital Interrupt (Optional)</a>	Reserve	<a href="#">Message Type</a>

*Ilustración 26: Distribución de los 11 Bytes del payload. Fuente: www.dragino.com*

Los bytes utilizados en la implementación del proyecto fueron los 6 bytes marcados en la *Ilustración 26*. Los 2 primeros, correspondientes a la posición 0 y 1 del *array* de bytes se



relacionan con el voltaje de intensidad que utiliza la batería en ese momento, el segundo bloque amarillo, se encuentran los bytes de la posición 4 y 5 correspondientes a la humedad en hoja, y el byte 6 y 7, correspondientes a la temperatura en hoja. Los otros bytes sobrantes, no son necesarios para el proyecto, correspondiéndose, por ejemplo, en el caso del segundo par de bytes, a una temperatura recogida por un sensor externo que se puede conectar al principal.

Dentro del sensor, en la aplicación The Things Stack, se encuentra un apartado llamado Payload Formatters, dentro esta, en la sección de Uplink, se encontraba un panel para escribir el código JavaScript. En la que venía de forma predeterminada una función Decoder vacía, que servía para transformar los datos recogidos por el sensor a valores decimales entendibles por el usuario. Dentro de la documentación oficial que acompañaba al sensor, se encontraba un archivo .js [39] el cual permitía la decodificación de la información recopilada por el dispositivo. Una vez analizado y comprendido el código se adjuntó a la consola, donde se realizaron pequeños cambios, comentarios y anotaciones para un mejor entendimiento de este, como se refleja en la *Ilustración 27*.

```

1 function Decoder(bytes, port){
2   // Decode an uplink message from a buffer
3   // (array) of bytes to an object of fields.
4   var value=(bytes[0]<<8 | bytes[1]) & 0x3FFF;
5   var batV=value/1000;//Battery,units:V
6
7   value=bytes[2]<<8 | bytes[3];
8   if(bytes[2] & 0x80)
9     {value |= 0xFFFF0000;}
10  var temp_DS18B20=(value/10).toFixed(2);//DS18B20,temperature
11
12  value=bytes[4]<<8 | bytes[5];
13  var moisture=(value/10).toFixed(2); //HUMEDAD
14
15  value=bytes[6]<<8 | bytes[7];
16  var temp=0;
17  if((value & 0x8000)>>15 === 0)
18    temp=(value/10).toFixed(2);//temp_SOIL,temperature
19  else if((value & 0x8000)>>15 === 1)
20    temp=((value-0xFFFF)/10).toFixed(2);
21
22  //var i_flag = bytes[8];
23  //var mes_type = bytes[10];
24  return {
25    Bateria:batV + " V",
26    TemperaturaOpcional:temp_DS18B20+" ºC",
27    HumedadHoja :moisture,
28    TemperaturaHoja:temp
29    //Interrupt_flag:i_flag,
30    //Message_type:mes_type
31  };
32 }

```

*Ilustración 27: Código decode para el Payload. Fuente: Propia*

A través de este código, se le asignó una variable a cada par de bytes descritos anteriormente, es decir, a los bytes que se encuentran en la posición 4 y 5 del *array* que son los que se asocian a la medición de la humedad en hoja son asignados a la variable *moisture* (humedad) y así con los bytes que nos han interesado. Como la representación de los bytes están en hexadecimal, estos son transformados a decimal, una vez convertidos, estos nos dan valores descompensados para una buena medición, por eso, se dividió este valor para 1000 o para 10 dependiendo el caso, una vez realizada la operación se llama al método *toFixed(2)* [40] que redondea el resultado a

dos decimales, y si este no dispone de dos, se le añaden ceros. Una vez guardados los cambios del código, se comenzará a recibir mensajes con información que antes estaba disponible, como muestran la *Ilustración 28* y la *Ilustración 29*. Cabe mencionar que estas mediciones de prueba fueron recogidas con el dispositivo dentro de una vivienda y humedeciendo un poco la zona del sensor.

Antes

```

↑ 19:17:44 Forward join-accept message      DevAddr: 26 0B 39 F4 <>
↔ 19:17:43 Accept join-request            DevAddr: 26 0B 39 F4 <>
    
```

*Ilustración 28: Mensajes recibidos antes del código decode. Fuente: Propia*

Después

```

↓ 18:44:34 Schedule data downlink for transmiss.. DevAddr: 26 0B 91 67 <>
↑ 18:44:33 Forward uplink data message          DevAddr: 26 0B 91 67 <>
←
FPort: 1 Confirmed downlink MAC payload: 1C 4F 53 CE <> Rx1 Delay: 5
Payload: { Bateria: "3.356 V", HumedadHoja: "6.20", TemperaturaHoja: "33.38", TemperaturaOpcional: "0.00 Å°C" }
    
```

*Ilustración 29: Mensajes recibidos después del código docode. Fuente: Propia*

Para realizar la conexión de las diferentes gráficas creadas en Thingspeak con los datos recogidos por el sensor, se tuvo que realizar algunas modificaciones en el código mostrado anteriormente. Dentro de la función `Decoder`, dentro de las variables que devuelve esta función, se tuvo que asignar los diferentes *fields* a sus correspondientes valores. Visitando de nuevo la aplicación se observó los diferentes *fields* con sus números correspondientes, como se muestra en la *Ilustración 22*, una vez diferenciados estos campos, se procedió así, a su asignación a través del código reflejado en la *Ilustración 30*.

```

1 function Decoder(bytes, port){
2   // Decode an uplink message from a buffer
3   // (array) of bytes to an object of fields.
4   var value=(bytes[0]<<8 | bytes[1]) & 0x3FFF;
5   var batV=value/1000;//Battery,units:V
6
7   value=bytes[2]<<8 | bytes[3];
8   if(bytes[2] & 0x80)
9   {value |= 0xFFFF0000;}
10  var temp_DS18B20=(value/10).toFixed(2);//DS18B20,temperature
11
12  value=bytes[4]<<8 | bytes[5];
13  var moisture=(value/10).toFixed(2); //HUMEDAD
14
15  value=bytes[6]<<8 | bytes[7];
16  var temp=0;
17  if((value & 0x8000)>>15 === 0)
18  temp=(value/10).toFixed(2);//temp_SOIL,temperature
19  else if((value & 0x8000)>>15 === 1)
20  temp=((value-0xFFFF)/10).toFixed(2);
21
22  //var i_flag = bytes[8];
23  //var mes_type = bytes[10];
24  return {
25    field1:field1, //Bateria
26    field2:field2, //Temperatura Opcional
27    field3:field3, //Humedad en hoja
28    field4:field4, //Temperatura en hoja
29    //Interrupt_flag:i_flag,
30    //Message_type:mes_type
31  };
32 }

```

Ilustración 30: Código final de la función Decoder. Fuente: Propia

Finalmente, la estructura de los mensajes recibidos varía de forma leve en comparación con los mostrados anteriormente, estos comienzan a seguir el formato acorde con el nuevo código, como se plasma en la *Ilustración 31*.

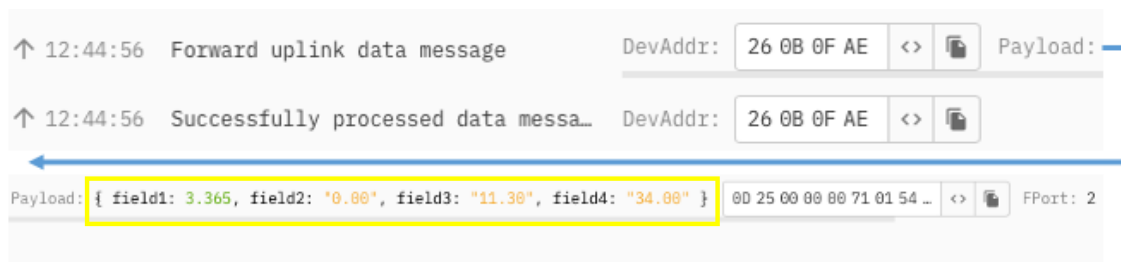


Ilustración 31: Estructura final de los mensajes recibidos. Fuente: Propia

El intervalo de tiempo con el que se envían los datos es de 20 minutos, este viene establecido de serie por el fabricante. Para poder ver una buena progresión de las mediciones, se decidió cambiar el tiempo de envío de estos datos a 10 minutos. La aplicación ofrece la posibilidad de cambiar este intervalo de tiempo desde una opción llamada Schedule dowlink, donde se enviará la información desde la aplicación al dispositivo. Esta funcionalidad se realiza introduciendo el tiempo a través de un *payload* de bytes o con un *json*, como se puede observar en la *Ilustración 32*.

### Schedule downlink

**Insert Mode**

- Replace downlink queue  
 Push to downlink queue (append)

**FPort\***

**Payload type**

- Bytes  JSON

**Payload**

The desired payload bytes of the downlink message

*Ilustración 32: Schedule downlink. Fuente: Propia*

Se eligió la opción en bytes, donde la distribución de estos se organiza de la manera en que se muestra en la *Ilustración 33*. Como el tiempo del intervalo seleccionado fue el de 10 minutos, se tuvo que establecer este valor a través de una conversión a segundos, cuyo resultado es 600 segundos. Una vez se tuvo el valor en segundos, se transformó esta cifra a hexadecimal, obteniendo como resultado 0x258, el cual ocupó los 4 últimos bytes del *payload*.

Downlink Command	FPort	Header	Downlink payload format
TDC (Transmit Time Interval)	Any	01	Total bytes: 4. Unit: Second Example: 0x01000258: Set AT+TDC=0x258=600S Recommend: higher than 0x12C (5 minutos)

*Ilustración 33: Distribución de bytes de Downlink Payload. Fuente: <http://wiki.dragino.com>*

Como resultado final, para establecer el intervalo de 10 minutos de respuesta, se tradujo el valor hexadecimal 0x258 a la forma del *payload* y que nos indica la *Ilustración 29*, obteniendo como solución lo que se refleja en la *Ilustración 34*.

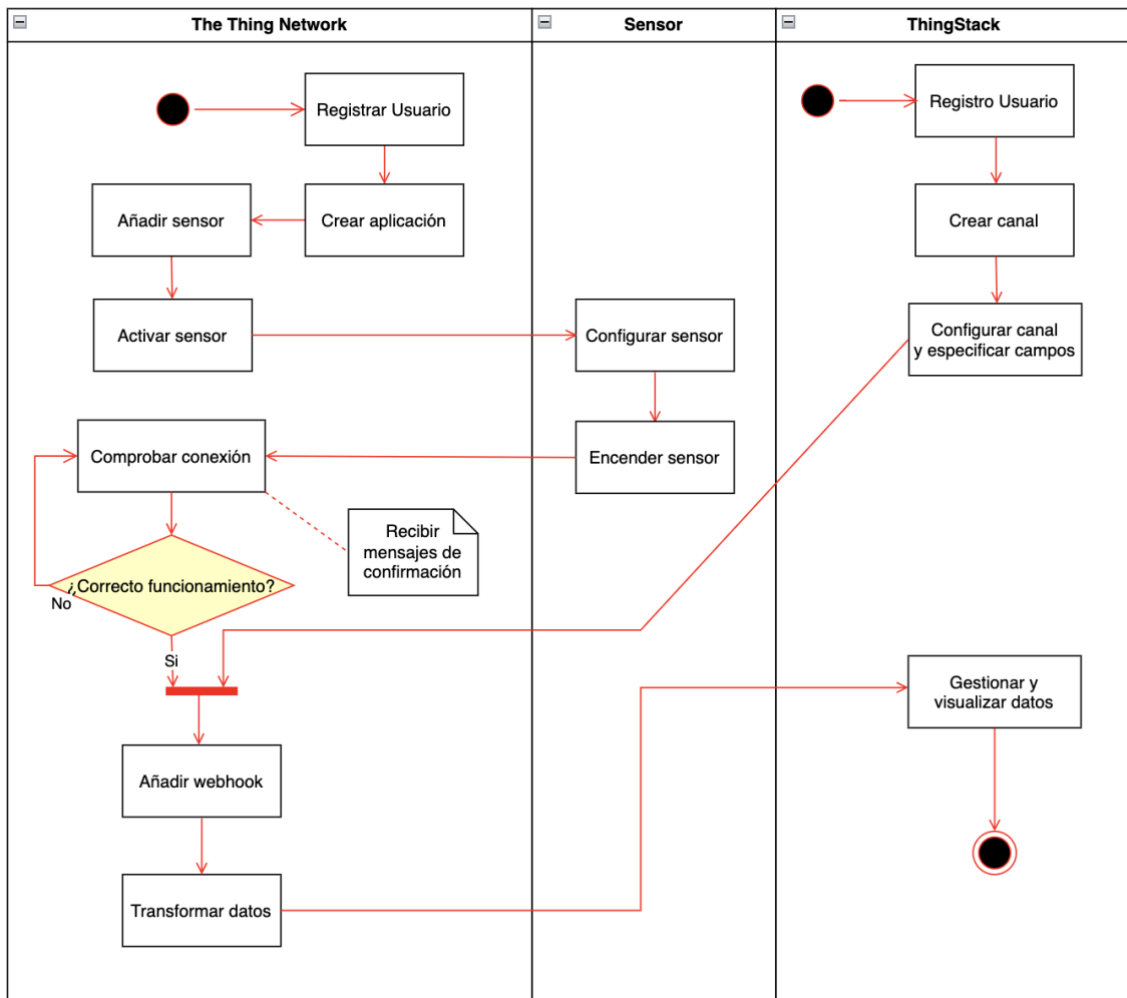
**Payload**

The desired payload bytes of the downlink message

*Ilustración 34: Payload final de 10 minutos. Fuente: Propia*



Durante el desarrollo de este *Sprint* se fue actualizando el diagrama de actividad UML representado en la *Ilustración 21*, con el objetivo de tener un apoyo visual que se vaya construyendo a la vez que se crean las diferentes conexiones entre las aplicaciones. Como en este *Sprint* se contó con un tercer actor, este se añadió al diagrama como un nuevo proceso, donde se representa de manera simplificada todas las acciones explicadas durante este *Sprint*. Como se aprecia en la *Ilustración 35*, este diagrama tiene dos puntos de inicio, donde comienzan dos procesos consecutivos, los cuales son interconectados a través de un símbolo llamado tenedor o *merge*, el cual combina estas dos actividades y las introduce en un nuevo flujo donde solo sucede una actividad simultáneamente.



*Ilustración 35: Diseño final del diagrama de actividad UML. Fuente: Propia*

### 6.3.3. Duración

Las tareas planteadas para este *Sprint* estaban estimadas para realizarse en 60 horas. Desde un principio fue asignado un gran margen de tiempo para el desarrollo de *Sprint*, debido a una mayor complejidad y amplitud de este. Debido a esto, en comparación con el anterior *Sprint*, se respetaron aproximadamente las horas estimadas, alargándose un poco hasta 65. Este incremento se debió a la amplia labor de investigación realizada, y la confusa información encontrada para lograr una comprensión total de la organización de los bytes, la estructura del código y el seguimiento de los mensajes.

## 6.4. Sprint 3 – Configuración de los valores y portabilidad

Una vez terminada la conexión total del sistema y comprobado su funcionamiento, durante este *Sprint* se establecieron los rangos y valores de las gráficas y medidores donde los datos recopilados por el sensor quedan reflejados. Además, se implantó un sistema de portabilidad y compatibilidad con aplicaciones de terceros para que el usuario pueda consultar los datos desde su dispositivo móvil.

### 6.4.1. Tareas

Las tareas que se realizaron durante el desarrollo de este *Sprint* son las siguientes:

- Establecer rangos de medición.
- Investigar para la portabilidad móvil.
- Implementar en dispositivo móvil.

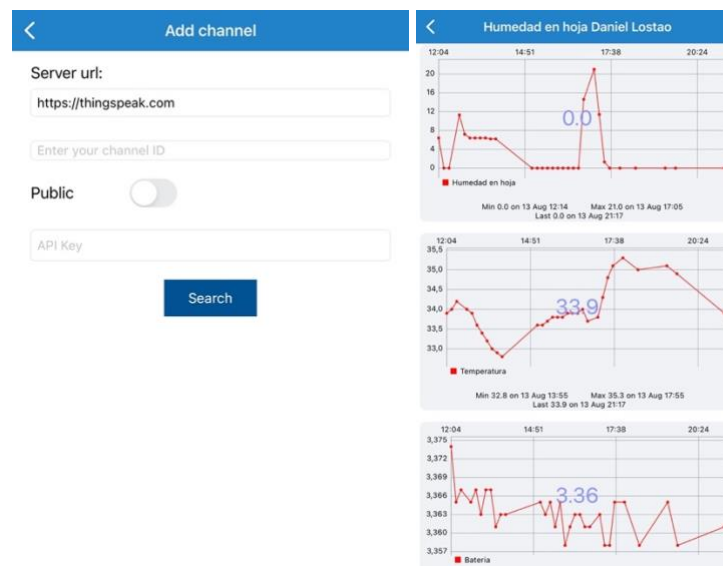
### 6.4.2. Desarrollo

A la hora de establecer los diferentes valores y rangos óptimos para poder tratar los cultivos de manera correcta, se contó con la ayuda de un agricultor profesional, esto es debido a que este tendrá todos los conocimientos necesarios para guiarnos a la hora de colocar de forma correcta estos valores y así poder implementar este proyecto en un caso real.

Como se ha podido observar en apartados anteriores, el sensor puede obtener mediciones de la humedad en hoja y temperatura, además, se puede obtener también el voltaje de la batería en Voltios, debido a esto se instauraron 2 gráficas para cada tipo de dato que se ofrece el sensor.

Para la humedad en hoja se implantó un intervalo de 5 unidades en un rango de 0 a 50, estableciendo la zona de humedad óptima en 7. Este valor se estableció realizando pruebas directamente en el cultivo, llevando el sensor al campo, controlando los distintos valores que recopilaba el sensor y comprobando manualmente como de humedecida estaba la alfalfa, de esta forma, se pudo establecer un valor acorde a las preferencias del agricultor. Para la temperatura, los datos varían considerablemente en comparación con la humedad, estos son recogidos en grados Celsius por eso se estableció un intervalo de 5 unidades en un rango desde  $-10^{\circ}$  hasta un límite de  $50^{\circ}$ . Para la temperatura no se configuró una zona de alerta, porque para poder manipular el cultivo lo importante es la cantidad de humedad en hoja que tiene en un momento determinado. Aun así, la temperatura influye directamente en el nivel de humedad, por lo que se decidió que el usuario disponga también de un seguimiento de la temperatura. Lo mismo sucede con el voltaje de la batería, se estableció un rango de 0 a 50 con un intervalo de 5 unidades, siendo suficiente para poder realizar un seguimiento de la intensidad en Voltios que tiene la batería, ya que, según las pruebas realizadas, suele orbitar en torno a un valor de 3.30 a 3.40 V, esto ayuda al usuario a llevar un control y seguimiento de posibles anomalías o problemas.

A la hora de afrontar la portabilidad de los datos y las gráficas, se decidió la instalación de una aplicación de terceros llamada Thingsview [41], esta es una de las pocas aplicaciones compatibles con nuestro sistema de visualización de datos para el sistema operativo iOS. Esta aplicación nos permite a través de la web de Thingspeak y nuestro canal ID y API Key, la conexión total entre estas dos aplicaciones, ofreciendo la posibilidad de visualización de las gráficas creadas con anterioridad como se muestra en la *Ilustración 36*.



*Ilustración 36: Interfaz de la aplicación Thingsview. Fuente: Propia*

A la hora de migrar a un sistema operativo Android, ya que el caso real se implementó con este sistema, se encontró una aplicación con muchas más funcionalidades que nos permitía visualizar y manipular los datos de diferentes maneras, esta aplicación era ThingShow for ThingSpeak [42]. Como su propio nombre indica esta aplicación tiene una compatibilidad con la aplicación web de visualización implementada en el ordenador, de esta forma nos permitió a través del channel ID y del API Key una conexión completa. En comparación con la otra aplicación, esta nos permite visualizar todas las gráficas y los relojes medidores creados en la aplicación web, ofreciendo al usuario un mejor vistazo de todos los datos como se refleja en la *Ilustración 37*.

Para un tratamiento de la información más personalizada y para poder acceder a todas las funcionalidades de la aplicación, se tuvo que marcar la opción de Public view en nuestro canal de Thingspeak, ya que desde la aplicación móvil era necesario hacer público nuestros datos para acceder a todas las características de la aplicación. Dentro de estas, se implementó una alarma, en la cual se seleccionó la gráfica de humedad en hoja y se estableció que cuando el valor llegue a 7 unidades se muestre una notificación en el dispositivo móvil como se muestra en la *Ilustración 38*, de esta forma no es necesario estar revisando constantemente las mediciones y ofrece al usuario una tranquilidad y confianza absoluta. Esta alarma ofrece la posibilidad al usuario de configurarla de manera personalizada, eligiendo el tipo de sonido para la notificación, la vibración o si suena una sola vez o de forma continua hasta que el usuario la apague. Por último, se implementó la posibilidad de visualizar diferentes *widgets* en la pantalla de inicio del dispositivo, ofreciendo al usuario un control y un seguimiento de la humedad y la temperatura mientras navega entre las interfaces o hace uso del dispositivo, como se puede apreciar en la *Ilustración 39*.

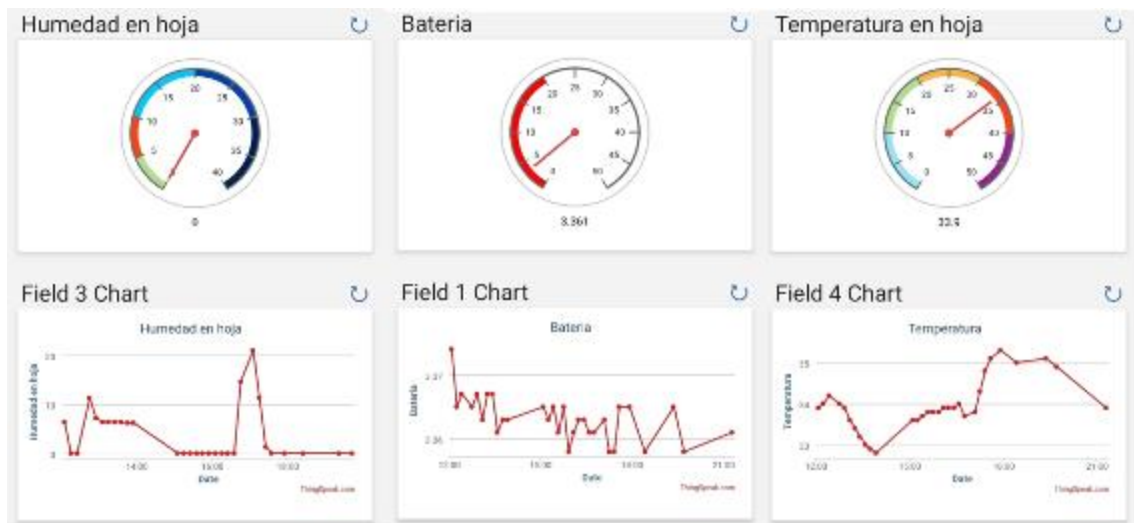


Ilustración 37: Interfaz de la aplicación ThingShow. Fuente: Propia

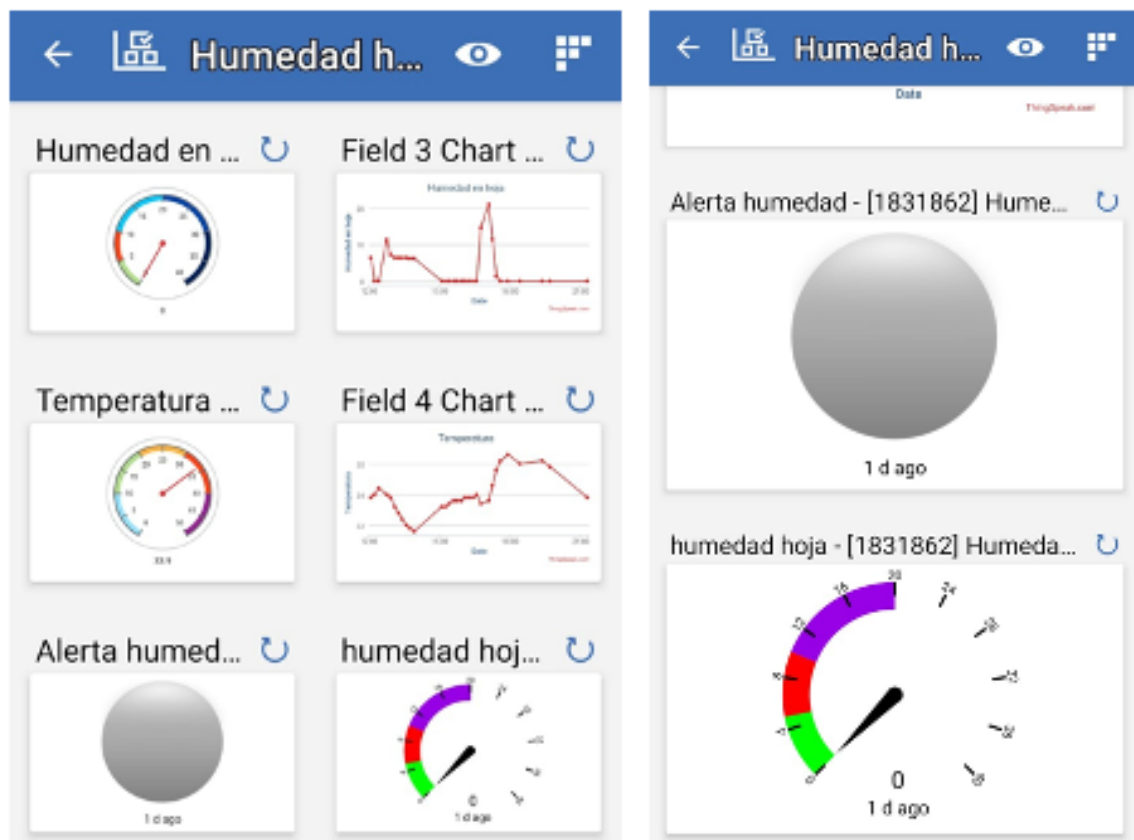
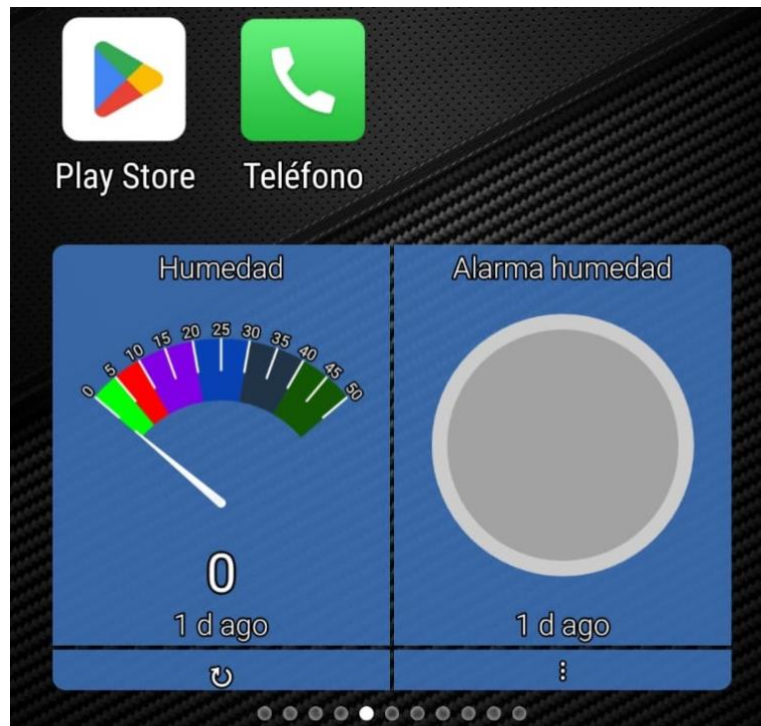


Ilustración 38: Funcionalidades disponibles en Public view. Fuente: Propia



*Ilustración 39: Widgets en la interfaz de inicio. Fuente: Propia.*

#### 6.4.3. Duración

La estimación de horas para el desarrollo de este Sprint fue de 40 horas totales. Pero todas las tareas y objetivos fueron completados en un total de 35 horas, esto es debido a una buena comprensión del *workflow* que siguen este tipo de aplicaciones para realizar sus conexiones, dedicando más tiempo a la investigación de todas las funcionalidades y entresijos de las aplicaciones. Este margen de 5 horas sirvió para compensar otros *Sprints* donde el tiempo estimado fue superado.



## 7. Estudio económico

En este apartado se va a recopilar un desglose económico de todos los aspectos que han influido en el desarrollo del proyecto, haciendo hincapié en el coste destinado a recursos humanos y a material utilizado para el desarrollo del proyecto. La idea del proyecto era la implementación de una herramienta de uso libre que ayudara al agricultor a ser más productivo y eficiente a la hora de recoger el cultivo de alfalfa, así como, un ahorro importante de tiempo, consiguiendo abaratar costes de desplazamiento a cada uno de sus cultivos. Por eso, este proyecto nunca se enfocó con el objetivo de conseguir un beneficio económico.

### 7.1. Costes directos

#### 7.1.1. Costes en recursos humanos

Este proyecto se ha desarrollado íntegramente por una única persona, por eso, solamente habría que tener en cuenta el sueldo de un trabajador. Al ser un proyecto donde se requieren conocimientos de programación, así como de redes y comunicaciones, no se podría especificar un trabajo en concreto que cubra todo esto, debido a esto, se ha decidido tener en cuenta el salario medio de ingeniero informático con un año de experiencia laboral en España el cual oscila entre los 18.000€ a los 22.000€ brutos al año [43].

Para calcular el coste en recursos humanos de la empresa, se ha elegido un sueldo bruto de 22.000€. A este salario habrá que sumarle el coste de la seguridad social en España [44], y como resultado se obtendrá el coste real que tendrá que pagar la empresa para contratar a este trabajador.

	<b>Sueldo bruto</b>	<b>Seguridad social</b>	<b>Coste real empresa</b>
<b>Anualmente</b>	22.000€	6.600€	28.600€
<b>Mensualmente</b>	1.833€	550€	2.383€
<b>Coste total/2 meses</b>	<b>3.666€</b>	<b>1100€</b>	<b>4.766€</b>

*Tabla 3: Salario medio ingeniero informático junior en España*

Estableciendo una jornada laboral completa de 8 horas de trabajo y una media de 20 días mensuales durante un total de 2 meses, equivale a 320 horas de trabajo. Estas horas resultan



aproximadamente similares a las 318 horas utilizadas para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado, permitiendo calcular con una buena aproximación los costes del proyecto. El equivalente del coste diario de una jordana laboral sería de 91,65€ para la empresa, por lo que, acorde con los dos meses que ha durado el desarrollo del proyecto, el total de los costes humanos sería de 4.766€ para la empresa.

### 7.1.2. Costes materiales

En este apartado se va a desglosar los diferentes gastos en relación con el software y hardware requeridos para el desarrollo y la implementación de este proyecto.

Para desarrollar el proyecto se ha utilizado principalmente un MacBook Pro de 13 pulgadas con 8GB de memoria unificada y 256GB de almacenamiento con fecha de lanzamiento en noviembre de 2016 con un precio de 1.800€. También se utilizaron diferentes periféricos como un monitor externo DELL con un precio de 300€, un ratón Logitech MX Master 3 con un precio de 100€ y un Apple Magic Keyboard con un precio de 148€.

A parte de todo esto, se realizó la compra del sensor de humedad en hoja Dragino LLMS01 para poder desarrollar e implementar este proyecto, con un precio de 120€.

El coste total de todo el hardware utilizado es de 2.468€, no obstante, para el desarrollo del proyecto no sería necesario contar con casi todos los productos recopilados en esta lista, pudiendo verse reducido considerablemente el coste final. Debido a esto, estos costes se van a distribuir a través del tiempo de uso de los mismos.

	Precio	Vida útil	Tiempo de uso	Coste real
<b>Macbook Pro 13"</b>	1.800€	10 años [45]	2 meses	30€
<b>Teclado</b>	148€	7 años [45]	2 meses	2,46€
<b>Ratón</b>	100€	8 años [46]	2 meses	2,08€
<b>Monitor Dell</b>	300€	10 años [46]	2 meses	5€
<b>Sensor Dragino</b>	120€	-	-	120€
<b>Coste Total</b>				<b>159,54€</b>

Tabla 4: Costes materiales.

Por parte del software no se ha requerido ningún gasto económico, debido a que se ha hecho uso de una versión gratuita o a través de la licencia estudiantil. Estos programas han sido los siguientes: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Microsoft Teams, Google Drive, The Things Network, The Things Stack, ThingSpeak, ThingsView, ThingShow, TTMapper y Diagram.net.

## 7.2. Costes finales

Una vez calculado los costes humanos y materiales, se pueden calcular los costes totales del desarrollo del proyecto a través de la suma de todos ellos. Estos costes se recopilan en la siguiente tabla:

Costes humanos	Costes materiales	Costes totales
4.766€	159,54€	4.925,54€

*Tabla 5: Costes finales del prototipo.*

Este coste final es para la creación de un prototipo real, pero para poder realizar una instalación en una finca agrícola el coste total sería más elevado, esto es debido a un incremento de los costes materiales y de los costes humanos. Para realizar una instalación a mayor escala se necesitaría la compra de algún otro sensor, aunque con un dispositivo se puede cubrir varios campos colindantes, ya que la humedad o la temperatura no varía mucho dentro de la misma zona. El tener más dispositivos conectados equivale a una mayor cantidad de datos para gestionar, por lo que el sistema de conexión podría llevar un mes más de trabajo para su desarrollo final. Todo esto aumentaría el salario del trabajador a un total de 3 meses de trabajo, lo que equivaldría a un coste humano final de 7.149€, es decir, el coste real que tendría que pagar la empresa en los tres meses por tener al trabajador contratado. Además, se la sumaría la necesaria adquisición de al menos dos sensores más para cubrir todas las parcelas, dependiendo el tamaño de la finca, lo que llevaría a un coste material de 399,54€. Estos datos se recopilan en la *Tabla 6*.

Costes humanos	Costes materiales	Costes totales
7.149€	399,54€	7.548,54€

*Tabla 6: Coste finales de la implementación en finca.*



## **8. Resultados**

En primer lugar, todos los objetivos establecidos al inicio del proyecto han sido completados de una manera exitosa. Obteniendo como resultado, el estudio de diferentes aplicaciones y herramientas, el análisis de sistemas de conexión, y el sistema de detección de humedad desarrollado. Debido a esto este apartado se dividirá en estas 3 categorías más los resultados de la planificación. Ofreciendo al usuario un sistema que le ayude a mejorar su productividad y ahorrar tiempo en su trabajo. Siendo aplicado directamente a un caso real para comprobar el funcionamiento correcto del sistema de conexión, así como, los datos recogidos por el sensor, los rangos de medición establecidos y el sistema de visualización.

### **8.1. Estudio de aplicaciones y herramientas para la detección de la humedad**

Se realizó un amplio estudio sobre diferentes herramientas y aplicaciones existentes en el mercado que puedan realizar un control de la humedad en los cultivos. Además, también se ha realizado una gran labor de investigación sobre aplicaciones que permitan al usuario un seguimiento de diferentes métricas y mediciones meteorológicas, ofreciendo una forma diferente de control y gestión de factores externos que afectan directamente a los cultivos. Terminado el estudio, toda esta información se recopiló y redactó, obteniendo como resultado los apartados de Herramientas existentes y Aplicaciones existentes.

### **8.2. Análisis de sistemas de conexión**

Para la gestión y visualización de datos se ha realizado un exhaustivo análisis de diferentes sistemas de conexión. Este se realizó con el objetivo de investigar y analizar cómo se podría hacer un seguimiento de los datos recogidos por el sensor y su posterior visualización y manipulación. Finalmente, terminada esta investigación se realizó su posterior análisis donde se recopiló y estructuró toda la información obtenida, dando como resultado el apartado de Análisis. El sistema elegido fue probado y desarrollado en la implementación del proyecto.

### **8.3. Resultados obtenidos de la implementación**

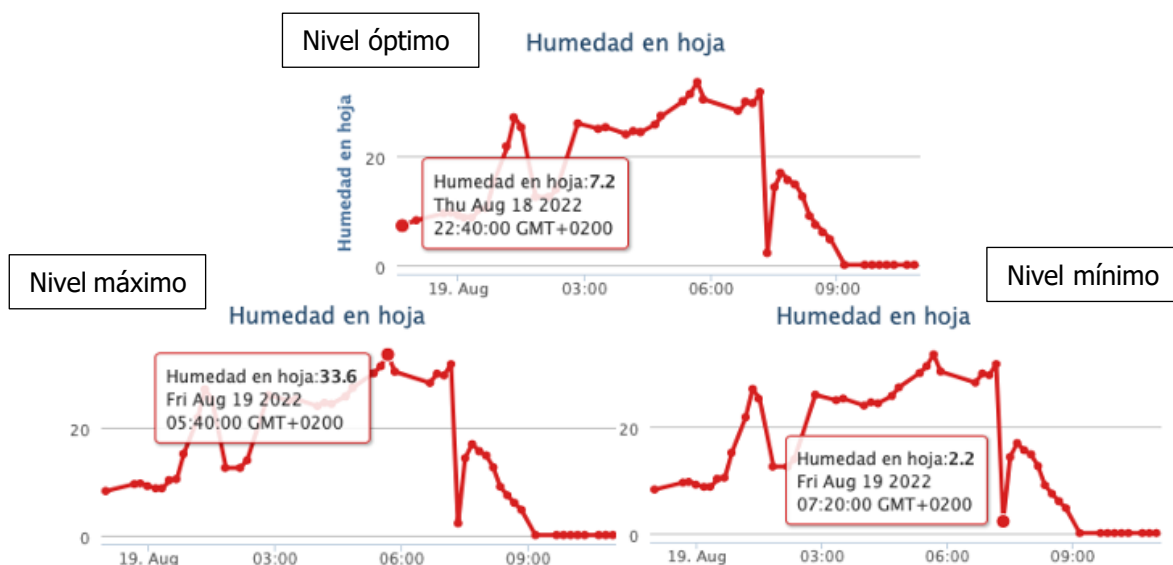
Los resultados reflejados en este apartado son los obtenidos en el caso real que se ha realizado. Durante este caso, se acudió al campo en compañía de un agricultor, donde se colocó el sensor entre el cultivo de alfalfa, tal y como se muestra en la *Ilustración 40*. Durante las siguientes horas,

este dispositivo estuvo recogiendo datos, y no fue hasta el momento en que la medición obtenida llegó al nivel que se había preestablecido anteriormente, cuando saltó la alarma programada, y este fue el momento en el que el agricultor acudió al campo a realizar las tareas de recogida del producto.



*Ilustración 40: Sensor de humedad en el cultivo de alfalfa. Fuente: Propia*

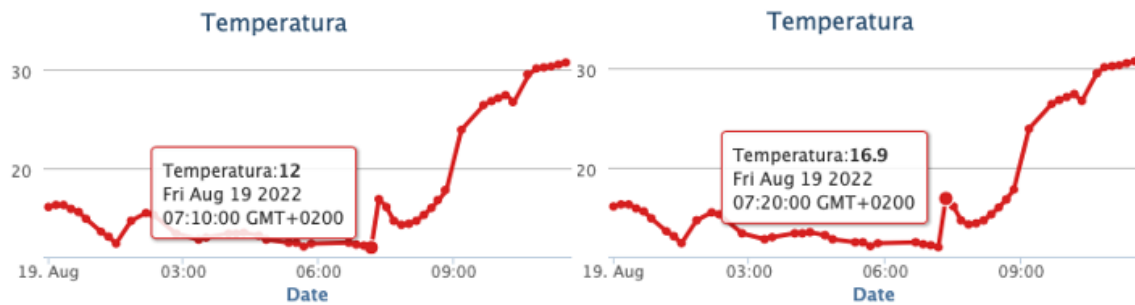
El sensor se colocó en el cultivo a las 22:00 de la noche y la primera medición que recopiló fue de un valor 7.2 a las 22:40. Una vez llegó a este valor, en el móvil comenzó a sonar la alarma preestablecida que se había configurado anteriormente. El valor máximo de humedad alcanzado en la medición fue de 33.6 a las 5:40 de la madrugada, y el menor de 2.2 a las 7:20 de la mañana, como se refleja en la *Ilustración 41*.



*Ilustración 41: Resultados obtenidos de la humedad en hoja. Fuente: Propia*



En cuanto al nivel de temperatura, esta alcanzó un mínimo a las 7:10 de la mañana de 12° y un aumento repentino a las 7:20 llegando a su máximo de 16.9°, como se muestra en la *Ilustración 42*, como consecuencia a esa hora se registró la humedad mínima de la noche.



*Ilustración 42: Resultados obtenidos de la temperatura. Fuente: Propia*

Estos resultados confirman un rotundo éxito de la implementación y desarrollo del sistema. Obteniendo unas mediciones muy útiles y satisfactorias para realizar un buen seguimiento y control de la humedad y la temperatura. Siendo de gran ayuda para el agricultor a la hora de conocer el momento de recogida óptimo de la alfalfa, de una manera sencilla y flexible. Destacar el buen funcionamiento de la alarma y las notificaciones, activándose en cuanto el valor llega al nivel establecido.

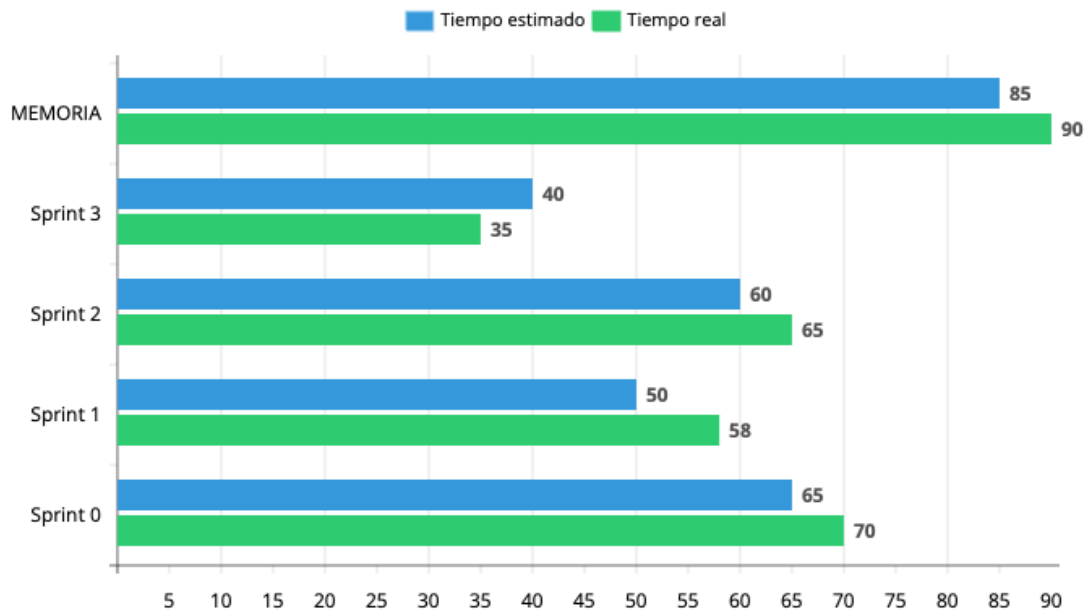
Una vez recopilados los resultados, hay que destacar algún inconveniente encontrado durante la medición. Cuando se enciende el sensor, este suele tardar en empezar a enviar datos a la aplicación The Things Stack, una vez se recibe el primer paquete de información, el dispositivo empieza a enviar dentro del intervalo de tiempo establecido. Por otro lado, si se ha accionado el botón de *reset*, habrá que volver a enviar el mensaje de *downlink* donde se establece el intervalo de tiempo, si no este volverá a ser de 20 minutos de forma predeterminada. Lo mismo sucede con la entrada de datos en la aplicación de visualización ThingSpeak, donde la primera vez que conectamos el sensor, suele tardar bastante tiempo en reflejar en la graficas las mediciones.

Por otro lado, toda la investigación realizada de herramientas y aplicaciones existentes ha resultado muy útil para contextualizar la situación en la que se encuentra el sector, y así poder ofrecer un producto con la mayor calidad posible y lleno de posibilidades. Además, el análisis de los posibles sistemas de conexión ha servido para conocer un sistema que permitirá la creación e implementación de muchos otros dispositivos para ofrecer al usuario mucha más información. Finalmente, el conjunto total ha cumplido con las expectativas y objetivos previstos para él,

recibiendo un feedback muy positivo por parte del usuario que ha podido probarlo en un caso real, sugiriendo posibles ampliaciones para un futuro.

#### 8.4. Resultados de la planificación

Toda la implementación se desarrolló sin ningún problema u obstáculo que paralizará por completo el desarrollo del proyecto. En cambio, sí que hubo algunos cambios de la planificación inicial, esto cambios fueron causados por causas externas al proyecto o plazos de entrega del sensor, pero finalmente no hubo ningún Sprint donde las horas finales fuera desorbitadas en comparación con las iniciales, tal y como se muestra en la *Ilustración 41* y el resultado del tiempo total dedicado al proyecto en la *Ilustración 43*.



*Ilustración 43: Planificación inicial y final*



*Ilustración 44: Planificación total*

Como se puede apreciar, el tiempo estimado total no fue excesivamente superado por el tiempo real, sobrepasándolo por tan solo 18 horas, dejando en buen lugar la planificación inicial planteada y respetando casi todos los tiempos marcados al inicio de los *Sprints*.





## **9. Conclusiones**

Recopilados y analizados los resultados obtenidos, y siendo estos tan buenos y beneficiosos, se concluye que el sistema para la detección del momento de recogida óptimo en cultivos de alfalfa se podría utilizar de manera profesional en casos reales, contemplando la completa integración de este sistema en el conjunto de herramientas de trabajo de los agricultores.

Este sistema no solo permitiría reducir costes de movilidad, siendo innecesario el desplazamiento al cultivo para comprobar el nivel de la humedad y decidir si poder recoger el producto, sino que permitiría al agricultor un ahorro de tiempo considerable, así como, una mejora en su producto final en todos sus cultivos, sabiendo con exactitud el nivel de humedad con el que se está trabajando la alfalfa.

Además de todo esto, una vez establecido el sistema de conexión y una comprensión total del funcionamiento interno de las aplicaciones, es fácilmente ajustable y adaptable a la situación de cada usuario, de tal forma que la suma de diferentes sensores, como el de temperatura ambiente o el del nivel de agua, resulta fácil de implementar, incrementando considerablemente las prestaciones de este sistema, y ayudando todavía más al usuario final.

Finalmente, destacar que este proyecto ha sido validado por un agricultor profesional con más de 30 años de experiencia en el sector, confirmando que el sistema de conexión creado, la gestión y control de la información y posibilidades de visualización son correctas y válidas para utilizarse de manera frecuente en su *workflow* de trabajo.

### **9.1. Propuestas de mejora**

El sistema podría llegar a ser mucho más beneficioso si se incorporara otro tipo de sensores, llegando a obtener muchas más mediciones y pudiendo implementarse en otros tipos de trabajos relacionados con la agricultura. Por ejemplo, cuando se está en el proceso de riego de un cultivo, la puerta de la acequia se abre para que el agua pueda acceder al campo, y se deja abierta hasta que el regador ve a simple vista que el cultivo ya tiene suficiente agua como para cerrar esta compuerta. De esta forma, se pueden desperdiciar una gran cantidad de litros de agua, pero si se implementará en este sistema de conexión un sensor de nivel de agua, se podría dejar a una distancia estudiada previamente en el terreno. Una vez que el agua llegara al nivel del sensor, este avisaría al regador para que cerrará la compuerta, y de esta forma se podrían ahorrar muchos litros de agua por cultivo.

Además, resultaría muy útil la implementación de un nuevo sistema de encendido del sensor, ya que cada vez que se quiere apagar o encender, se necesita la ayuda de herramientas para poder abrir la caja que contiene el botón, lo cual resulta muy incómodo y tedioso. A parte de esto, también resultaría útil la instalación de una pequeña luz en el dispositivo, ya que este se utiliza durante la noche y cuando el usuario lo va a recoger puede resultar difícil de encontrarlo a simple vista.

## **9.2. Valoración personal**

Una vez acabado el desarrollo del proyecto y comprobado su funcionamiento, puedo decir que este sistema ha cubierto todas las expectativas y ha resultado todo un éxito. Este proyecto me ha permitido crear un sistema que va ahorrará tiempo y dinero a las personas que lo utilicen, resultado un sistema fácil de controlar y muy intuitivo para todo tipo de usuario. Siempre había querido realizar un proyecto con posibilidad de aplicación en un caso real, y a través de TFG he tenido la posibilidad de desarrollarlo e implementarlo. El proceso ha resultado largo y complicado, pero muy productivo para abarcar nuevos temas y aprender de ellos, consiguiendo un gran conocimiento acerca de sistemas de conexión, aplicaciones que me permitan la gestión y control de datos y diferentes tipos de sensores, que seguro que volveré a utilizar en un futuro.

Poder realizar un proyecto de Fin de Grado que se haya podido aplicar en la vida real ha supuesto todo un orgullo y satisfacción. Además, una vez finalizadas las pruebas para la obtención de los resultados finales, se ha podido observar de primera mano cómo el agricultor encargado de los cultivos ya lo implementó en su rutina diaria para el control y la gestión de la humedad de manera totalmente autónoma, ha cumplido con todos los objetivos que tenía con este proyecto.

## 10. Bibliografía

- [1] Wanfei, «Amazon,» 4 Noviembre 2019. [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/WANFEI-Inteligente-Bluetooth-Fertilidad-Temperatura/dp/B083FKYNWS?linkCode=ll1&tag=epcomconsejos120421-21&linkId=715b8f56a6fafd4bcb73b037eac536ca&language=es\\_ES&ref\\_=as\\_li\\_ss\\_tl&h=1](https://www.amazon.es/WANFEI-Inteligente-Bluetooth-Fertilidad-Temperatura/dp/B083FKYNWS?linkCode=ll1&tag=epcomconsejos120421-21&linkId=715b8f56a6fafd4bcb73b037eac536ca&language=es_ES&ref_=as_li_ss_tl&h=1).
- [2] FullSpecs.net, «FullSpecs.net,» [En línea]. Available: <https://www.fullspecs.net/blog/headphone-guide/what-is-iph5-waterproof-rating-8/>. [Último acceso: 21 Julio 2022].
- [3] Sonkir, «Amazon,» 19 Abril 2018. [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/dp/B07BR52P26/ref=sspa\\_dk\\_detail\\_1?psc=1&pd\\_rd\\_i=B07BR52P26&pd\\_rd\\_w=wOLxK&content-id=amzn1.sym.1831d79b-677b-428e-990a-c04cdbe213a7&pf\\_rd\\_p=1831d79b-677b-428e-990a-c04cdbe213a7&pf\\_rd\\_r=6WVXYQSQ1HW6DCAHXEZ8&pd\\_rd\\_wg=9ByD6&pd\\_rd\\_r=d17e](https://www.amazon.es/dp/B07BR52P26/ref=sspa_dk_detail_1?psc=1&pd_rd_i=B07BR52P26&pd_rd_w=wOLxK&content-id=amzn1.sym.1831d79b-677b-428e-990a-c04cdbe213a7&pf_rd_p=1831d79b-677b-428e-990a-c04cdbe213a7&pf_rd_r=6WVXYQSQ1HW6DCAHXEZ8&pd_rd_wg=9ByD6&pd_rd_r=d17e).
- [4] E. Davis, «estacionesdavis.es,» [En línea]. Available: <https://www.estacionesdavis.es/es/transmisores/61-estacion-inalambrica-de-agricultura-sondas-no-incluidas-6345-davis-instruments.html>.
- [5] E. Davis, «estacionesdavis.es,» [En línea]. Available: <https://www.estacionesdavis.es/es/transmisores/61-estacion-inalambrica-de-agricultura-sondas-no-incluidas-6345-davis-instruments.html>.
- [6] LoRaWAN, «LoRaWAN,» [En línea]. Available: <https://lorawan.es>. [Último acceso: 21 Julio 2022].
- [7] Labferrer, Biofísica ambiental, [En línea]. Available: <https://blog.biofisicaambiental.com/sondas-de-humedad-del-suelo-tipos-de-sondas-de-contenido-de-agua-del-suelo/>. [Último acceso: 21 Julio 2022].
- [8] Dragino, «molukas labs,» [En línea]. Available: <https://shop.molukas.com/es/nodos/63-dragino-llms01-lorawan-leaf-moisture-sensor-eu868.html>.
- [9] AliExpress, «AliExpress,» [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/32811637508.html>.
- [10] «Meteoblue,» [En línea]. Available: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/toledo\\_españa\\_2510409#coords=11.22/41.6931/-0.8042&map=humidity~hourly~auto~2%20m%20above%20gnd~none](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapas/toledo_españa_2510409#coords=11.22/41.6931/-0.8042&map=humidity~hourly~auto~2%20m%20above%20gnd~none). [Último acceso: 24 Julio 2022].
- [11] «Cesens,» [En línea]. Available: <https://www.cesens.es>. [Último acceso: 25 Julio 2022].
- [12] «Coiam,» [En línea]. Available: <https://coiam.es/index.php/noticias-de-actualidad/4137-cesens®,-el-sistema-de-información-agroclimática-gratuito>. [Último acceso: 25 Julio 2022].
- [13] «FEMAC,» [En línea]. Available: <https://www.femac.org/project/agrobit/>. [Último acceso: 26 Julio 2022].
- [14] «Agrobit,» [En línea]. Available: <https://agrobit.com/index.html>. [Último acceso: 26 Julio 2022].
- [15] «LoRaWAN,» [En línea]. Available: <https://lorawan.es>. [Último acceso: 28 Julio 2022].

- [16] Dragino, «Dragino,» [En línea]. Available: <https://www.dragino.com/products/products-list.html>.
- [17] Proyectosagiles.org, «Proyectosagiles.org,» [En línea]. Available: <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>.
- [18] M. A. de Dios, «We are marketing,» 9 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.waremarketing.com/es/blog/metodologia-scrum-que-es-y-como-funciona.html>.
- [19] Trello, «Trello,» [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiL5\\_6CwfH4AhVCQ\\_EDHWpxCuQQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Ftrello.com%2Fes&usq=AOvVaw3WmEzZYQBZuC\\_VANqNcQTo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiL5_6CwfH4AhVCQ_EDHWpxCuQQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Ftrello.com%2Fes&usq=AOvVaw3WmEzZYQBZuC_VANqNcQTo).
- [20] Atlassian, «Atlassian Jira Software,» [En línea]. Available: [https://www.atlassian.com/es/software/jira?&aceid=&adposition=&adgroup=136933765414&campaign=17615719345&creative=607279080382&device=c&keyword=jira&matchtype=e&network=g&placement=&ds\\_kids=p71874567792&ds\\_e=GOOGLE&ds\\_eid=7000000011558501&ds\\_e1=GOOGLE&gclid](https://www.atlassian.com/es/software/jira?&aceid=&adposition=&adgroup=136933765414&campaign=17615719345&creative=607279080382&device=c&keyword=jira&matchtype=e&network=g&placement=&ds_kids=p71874567792&ds_e=GOOGLE&ds_eid=7000000011558501&ds_e1=GOOGLE&gclid).
- [21] Emilio, «Movistar,» [En línea]. Available: <https://comunidad.movistar.es/t5/Blog-Movisfera/Cuál-es-el-rango-de-alcance-medio-de-una-red-inalámbrica/ba-p/4661297>. [Último acceso: 22 Julio 2022].
- [22] Wikipedia, «Wikipedia,» [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things). [Último acceso: 22 Julio 2022].
- [23] «dset energy,» [En línea]. Available: <http://productos-iot.com/sigfox-3/>. [Último acceso: 22 Julio 2022].
- [24] Sigfox, «Sigfox España,» [En línea]. Available: <https://www.sigfox.es/admiral-blue>.
- [25] «LPWAN.es,» 30 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://lpwan.es/sigfox/sigfox-entra-en-bancarrotas-sera-su-final/>. [Último acceso: 22 Julio 2022].
- [26] «Lorawan,» [En línea]. Available: <https://lorawan.es>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [27] «Cat Sensors,» [En línea]. Available: <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [28] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/LoRaWAN>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [29] «The Things Network,» [En línea]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org>. [Último acceso: 10 Agosto 2022].
- [30] «TTN Mapper,» [En línea]. Available: <https://ttnmapper.org/heatmap/>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [31] «Aprendiendo Arduino,» [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/the-things-network/>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [32] V. Ferrer, «Vicent Ferrer,» [En línea]. Available: [https://vicentferrer.com/lora-lorawan/#Definicion\\_de\\_LoRa](https://vicentferrer.com/lora-lorawan/#Definicion_de_LoRa). [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [33] «The Things Industries,» [En línea]. Available: <https://www.thethingsindustries.com/stack/>. [Último acceso: 11 Agosto 2022].

- [34] «LoRaWAN Leaf Moisture Sensor User Manual,» [En línea]. Available: [https://www.dragino.com/downloads/downloads/LoRa\\_End\\_Node/LLMS01/LoRaWAN\\_Leaf\\_Moisture\\_Sensor\\_UserManual\\_v1.0%283%29.pdf](https://www.dragino.com/downloads/downloads/LoRa_End_Node/LLMS01/LoRaWAN_Leaf_Moisture_Sensor_UserManual_v1.0%283%29.pdf). [Último acceso: 10 Agosto 2022].
- [35] «Azure IoT,» [En línea]. Available: <https://www.thethingsindustries.com/docs/integrations/cloud-integrations/azure-iot-hub/>. [Último acceso: 11 Agosto 2022].
- [36] «AWS IoT,» [En línea]. Available: <https://www.thethingsindustries.com/docs/integrations/cloud-integrations/aws-iot/>. [Último acceso: 11 Agosto 2022].
- [37] «LoRa Cloud,» [En línea]. Available: <https://www.loracloud.com>. [Último acceso: 11 Agosto 2022].
- [38] «ThingSpeak,» [En línea]. Available: <https://thingspeak.com>. [Último acceso: 11 Agosto 2022].
- [39] «Dragino Download Server, LLMS01\_TTN\_Decoder\_V1.0.0.js,» [En línea]. Available: [https://www.dragino.com/downloads/index.php?dir=LoRa\\_End\\_Node/LLMS01/Decoder/](https://www.dragino.com/downloads/index.php?dir=LoRa_End_Node/LLMS01/Decoder/). [Último acceso: 12 Agosto 2022].
- [40] «MDN Web Docs,» [En línea]. Available: [https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Reference/Global\\_Objects/Number/toFixed](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Number/toFixed). [Último acceso: 12 Agosto 2022].
- [41] «Google Play Thingsview,» [En línea]. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica\\_tech.thingview.full&hl=es\\_419&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview.full&hl=es_419&gl=US). [Último acceso: 14 Agosto 2022].
- [42] «Google Play ThingShow for ThingSpeak,» [En línea]. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica\\_tech.thingview.full&hl=es\\_419&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview.full&hl=es_419&gl=US). [Último acceso: 14 Agosto 2022].
- [43] «Jobted,» [En línea]. Available: <https://www.jobted.es/salario/ingeniero-informático>. [Último acceso: 16 Agosto 2022].
- [44] «Kenjo blog,» [En línea]. Available: <https://blog.kenjo.io/es/cual-es-el-coste-de-la-empresa-al-contratar-a-un-trabajador>. [Último acceso: 22 Agosto 2022].
- [45] «TP, Vida util Apple,» [En línea]. Available: <https://www.ticpymes.es/tecnologia/noticias/1111246049504/vida-util-de-tecnologia-apple-puede-llegar-12-anos.1.html#:~:text=La%20vida%20%C3%BAtil%20de%20la,a%C3%B1os%20%7C%20N oticias%20%7C%20Tecnolog%C3%ADa%20%7C%20TicPymes&text=Si%20hay%20a lgo%20que%20>. [Último acceso: 22 Agosto 2022].
- [46] «Wikiversus,» [En línea]. Available: <https://www.wikiversus.com/informatica/cuanto-tiempo-equivalen-millones-de-pulsaciones/>. [Último acceso: 22 Agosto 2022].
- [47] «Hardzone,» [En línea]. Available: <https://hardzone.es/noticias/componentes/discos-duros-hdd-mayor-capacidad-ssd/>. [Último acceso: 22 Agosto 2022].



## **11. Anexo**

### **11.1. Anexo 1 - Propuesta**

**Nombre alumno:** Daniel Lostao Bono

**Titulación:** Grado en Ingeniería Informática

**Curso académico:** 2021/2022

#### **1. TÍTULO DEL PROYECTO**

Sistema para la detección del momento de recogida óptimo en cultivos de alfalfa

#### **2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA A TRATAR**

En el valle del Ebro el principal cultivo agrícola es la alfalfa, el sistema de recogida de la alfalfa consiste en siegas mensuales de mayo a septiembre. Para la recogida óptima del cultivo segado, las empresas transformadoras exigen una determinada humedad del cultivo. Este es el mayor problema con el que se enfrenta el agricultor, ya que el segado del cultivo se produce según las condiciones meteorológicas reinantes y obliga muchas veces al trabajo de recogida nocturno.

Por eso, el proyecto que propongo se basa en la investigación y desarrollo de un sistema que ayude a los agricultores a detectar cual es el momento de recogida óptimo. El sistema será capaz de medir los diferentes valores que afectan al cultivo, como puede ser la humedad de la hoja o del terreno que se está cultivando. Una vez llegado al nivel adecuado de humedad, el sistema avisará al agricultor de que ha llegado el momento óptimo de la recogida, para que pueda optimizar de una manera bastante efectiva el proceso de esta, no solo ahorrando tiempo al agricultor, ya que no tiene que estar revisando cada cierto tiempo los diferentes campos y decidir según su experiencia si es está a un nivel adecuado para su transformación, sino mejorando el producto final ya que se está tratando el cultivo con unos parámetros óptimos mecánicos que no se podrían conseguir de otra forma.

#### **3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- Estudio e investigación de las diferentes formas de obtención de datos para la medición de la humedad que puedan ser útiles para la informatización de este procedimiento.
- Estudio de la aplicación de las fuentes de datos seleccionadas en el sistema, así como, si fuera necesario, las diferentes posibilidades de conexión y almacenamiento de datos.



- Diseño y desarrollo de la plataforma software para la interacción del agricultor con el sistema.

#### **4. METODOLOGÍA**

La metodología se establecerá en las primeras fases del proyecto.

#### **5. PLANIFICACIÓN DE TAREAS**

Las tareas quedan predefinidas de manera global en los objetivos. Serán fijadas de forma concreta durante el desarrollo del proyecto.

#### **6. OBSERVACIONES**

## 11.2. Anexo 2 - Acta de reuniones

### 11.2.1. Primera reunión

<b>REUNIÓN: 01</b>
--------------------

<b>Fecha:</b> 12 de enero de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 11:30	<b>Hora finalización:</b> 12:00
<b>Lugar:</b> Universidad San Jorge	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

### Orden del día / Acta

No.	Asunto	Acuerdo
1	Comentar los primeros pasos del Trabajo Fin de Grado	-
2	Plazos de entrega	-
3	Overview del tema a tratar en el Trabajo Fin de Grado	-
4	<b>Otros asuntos</b>	
5	<b>Próxima reunión</b> A determinar	

### Resumen de acuerdos

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable

11.2.2. Segunda reunión

**REUNIÓN: 02**

<b>Fecha:</b> 6 de julio de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Organización del proyecto	-
2	Definición de la metodología	001
3	Definición del Sprint 0: estado del arte	002
4	<b>Otros asuntos</b>	
5	<b>Próxima reunión</b> 20 de julio de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Elegir metodología para la planificación del proyecto	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono
002	Investigar y recopilar herramientas y aplicaciones existentes con sus tablas comparativas	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono

11.2.3. Tercera reunión

**REUNIÓN: 03**

<b>Fecha:</b> 20 de julio de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Revisión del Sprint 0: estado del arte	001
2	Definición de cómo enfocar el análisis	002
3	Planteamiento Sprint 1	003
9	<b>Otros asuntos</b>	
10	<b>Próxima reunión</b> 29 de julio de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Correcciones de diferentes aspectos del estado del arte y finalización de este Sprint	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono
002	Investigar y analizar que sistemas de conexión que existentes y como se implementarían en el sistema	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono
003	Instalación del sensor, creación aplicaciones web, cambiar esquema de la conexión y agregar diagramas UML	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono

11.2.4. Cuarta reunión

**REUNIÓN: 04**

<b>Fecha:</b> 29 de julio de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Revisión Sprint 1	-
2	Revisión final del análisis de conexiones	-
3	Planteamiento Sprint 2 y 3	001
9	<b>Otros asuntos</b>	
10	<b>Próxima reunión</b> 12 de agosto de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Estudio de la documentación del sensor, establecer conexión e investigación de formas de visualización	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono

11.2.5. Quinta reunión

**REUNIÓN: 05**

<b>Fecha:</b> 12 de agosto de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Revisión Sprint 2	001
2	Revisión Sprint 3	001
3	Planteamiento de las tareas finales del TFG	-
4	<b>Otros asuntos</b>	
5	<b>Próxima reunión</b> 18 de agosto de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Corrección de diagrama, entendimiento total del código de gestión de datos	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono
002	Corrección de estructura, corregir sistema de visualización	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono

11.2.6. Sexta reunión

**REUNIÓN: 06**

<b>Fecha:</b> 18 de agosto de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Revisión final de los Sprints	-
2	Correcciones de últimos aspectos del TFG: Resultados, estudio económico y conclusiones.	001
3	<b>Otros asuntos</b>	
4	<b>Próxima reunión</b> 26 de agosto de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Cambiar coste empresa, añadir valoración personal y coste del prototipo.	Siguiente reunión	Daniel Lostao Bono

11.2.7. Séptima reunión

**REUNIÓN: 07**

<b>Fecha:</b> 26 de agosto de 2022	
<b>Hora comienzo:</b> 12:00	<b>Hora finalización:</b> 13:00
<b>Lugar:</b> En remoto a través de Teams	
<b>Elabora acta:</b> Daniel Lostao Bono	
<b>Convocados:</b> Lorena Arcega Rodríguez y Daniel Lostao Bono	

**Orden del día / Acta**

No.	Asunto	Acuerdo
1	Revisión final del TFG	001
2	Finalización TFG	-
3	<b>Otros asuntos</b>	
4	<b>Próxima reunión</b> 26 de agosto de 2022	

**Resumen de acuerdos**

Número	Acuerdo	Plazo	Responsable
001	Realizar set up del detecto, hoja de consentimiento, agregar apartados a resultados obtenidos y revisar resumen.		Daniel Lostao Bono



### 11.3. Anexo 3 – Horas trabajadas

		Semana 3							Semana 4								
		Estimación horas	L	M	MX	J	V	S	D	L	M	MX	J	V	S	D	Tiempo real (h)
<b>ID</b>	<b>Sprint 1</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>58</b>
<b>1</b>	<b>Creación de un nuevo esquema de conexión</b>	<b>5</b>															<b>5</b>
1.1	Reestructurar el esquema de conexión antiguo		5														5
<b>2</b>	<b>Investigación del funcionamiento de The Things Network</b>	<b>20</b>															<b>17</b>
2.1	Investigar aplicación			6													6
2.2	Crear aplicación web			2	4	5											11
<b>3</b>	<b>Implementación de la conexión</b>	<b>25</b>															<b>36</b>
3.1.	Estudiar la documentación del sensor						5										5
3.2.	Establecer la conexión							5	5	5	2						17
3.3	Comprobar la conexión							5		3	2						10
3.4.	Crear diagrama de actividad UML												4				4

		Semana 5							Semana 6								
		Estimación horas	L	M	MX	J	V	S	D	L	M	MX	J	V	S	D	Tiempo real (h)
<b>ID</b>	<b>Sprint 2</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>65</b>
<b>1</b>	<b>Investigación de cómo gestionar los datos</b>	<b>9</b>															<b>10</b>
1.1	Analizar diferentes métodos de gestión		10														10
<b>2</b>	<b>Implementación</b>	<b>26</b>															<b>28</b>
2.1	Crear nuevo canal y configurar aplicación web			5													5
2.2	Estudiar y comprender cómo se gestionan los datos			4	7	4											15
2.3	Cambiar código y comprobar funcionamiento						8										8
<b>3</b>	<b>Visualización</b>	<b>25</b>															<b>27</b>
3.1.	Estudiar información de los paquetes recibidos							7									7
3.2.	Estudiar y comprender cómo cambiar tiempo de medición								6	5	4						15
3.3	Enviar mensaje y comprobar funcionamiento											5					5

ID	Sprint 3	Estimación horas	Semana 7							Semana 8							Tiempo real (h)
			L	M	MX	J	V	S	D	L	M	MX	J	V	S	D	
		40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	35
1	Establecer rangos de medición	5															4
1.1	Configurar rangos y valores óptimos.		4														4
2	Investigar para la portabilidad móvil	15															11
2.1	Buscar y analizar aplicaciones móviles compatibles			6	5												11
3	Implementar en dispositivo móvil	20															20
3.1	Configurar aplicación móvil					7											7
3.2	Establecer rangos						3										3
3.3	Comprobar resultados								5	5							10

#### 11.4. Anexo 4 – Planificación inicial

	Semana 1					Semana 2				Semana 3				
	L	M	MX	J	V	L	MX	J	V	L	M	MX	J	V
<b>Escritura Memoria: BLOQUE 1</b> - Tabla de contenidos - ESTADO DEL ARTE: Contexto, herramientas existentes: aplicaciones ya existan para controlar el riego del jardín, etc. - Metodología: SCRUM, adaptación de la metodología, seguimiento del desarrollo, UNA PLANIFICACIÓN INICIAL y - Dividirlo en Sprints - Analisis: de tipos de conexióm														

	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5			Semana 6			Semana 7			Semana 8					
	L	M	J	L	M	J	L	M	J	L	M	J	L	M	J	L	M	J	L	M	J	L	M	J			
Implementación:																											
- Tipo de conexión e implementaría																											
- Cómo gestionar los datos y los paquetes recibidos																											
- Investigar cómo visualizar los datos e implementación																											
- Comprobar funcionamiento																											
- Implementar en caso real																											
- Conclusiones																											

Escritura Memoria:  
BLOQUE 2