



---

**Universidad de Valladolid**

Escuela de Ingeniería Informática

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Grado en Ingeniería Informática

Mención Tecnologías de la Información

**App-web de cálculo y visualización de las  
emisiones de huella de carbono de explotaciones  
agrícolas**

Autor:

**Luis Blanco de la Cruz**

Tutor:

**Margarita Gonzalo Tasis**



# Agradecimientos

Quisiera dedicar unas pequeñas líneas a agradecer a todas las personas que han hecho posible que haya realizado este proyecto.

A mis padres y mi hermana, por haberme apoyado siempre en los momentos difíciles y haber tenido paciencia conmigo durante todo este tiempo aunque no haya sido fácil.

A Nara, por ser la luz de mi vida y estar a mi lado incluso en la distancia. Por sacar lo mejor de mi en cualquier circunstancia y siempre haber creído en mí. Gracias por recorrer la vida conmigo.

A Margarita por su buen hacer guiándome y apoyándome durante todo este proceso consiguiendo que sacara lo mejor de mi para realizarlo.

A mis amigos y familiares, en especial a Rubén por su inestimable apoyo y ayuda para acabar el proyecto, que se han preocupado por mí durante este proceso.

A todos, muchísimas gracias.

*¿Qué hay detrás de la ventana?*

*Viva Belgrado*



# Resumen

El cuidado del medio ambiente es una de las mayores preocupaciones de la sociedad en los últimos años. Uno de los sectores con más margen de mejora en dicho campo es el de la agricultura. Por ello, los agricultores necesitan herramientas que les ayuden a calcular y visualizar su huella de carbono de la forma más sencilla posible para poder establecer estrategias para controlarla y reducirla.

Esta aplicación es el resultado de estas preocupaciones, permitiendo visualizar las emisiones de una explotación agrícola de una forma fácil y sencilla. Se ha realizado utilizando el framework Flutter de Google, Python y Flask.

**Palabras clave:** Huella de carbono, explotación agrícola, Catastro, visualización.



# Abstract

Caring for the environment is one of society's greatest concerns in recent years. One of the sectors with most room for improvement in this field is agriculture. Therefore, farmers need tools that help them to calculate and visualise their carbon footprint in the simplest possible way in order to establish strategies to control and reduce it.

This application is the result of these concerns, allowing to visualise the emissions of a farm in an easy and simple way. It has been developed using Google's Flutter framework, Python and Flask.





# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	1
1.3. Contexto . . . . .	2
1.3.1. Gases de Efecto Invernadero . . . . .	2
1.3.2. Concepto . . . . .	3
1.3.3. Huella de Carbono en la agricultura . . . . .	5
1.3.4. Etapas para el cálculo . . . . .	6
1.4. Aplicaciones similares . . . . .	7
1.4.1. Calculadora del Ministerio para la Transición Ecológica . . . . .	7
1.4.2. Farm Carbon Calculator . . . . .	10
1.4.3. Agrecalc . . . . .	14
1.4.4. Conclusión del estudio de mercado . . . . .	18
1.5. Estructura de la memoria . . . . .	19
<b>2. Planificación</b>	<b>21</b>
2.1. Metodología escogida . . . . .	21
2.1.1. Metodología Scrum . . . . .	21
2.1.1.1. Eventos . . . . .	21
2.1.1.2. Roles . . . . .	22
2.2. Adaptación de Scrum al proyecto . . . . .	22
2.2.1. Weekly Scrum . . . . .	22
2.2.2. Asignación de los roles . . . . .	22
2.3. Plan de trabajo ideal . . . . .	23
2.4. Presupuesto . . . . .	23
2.4.1. Presupuesto Simulado . . . . .	23
2.4.2. Presupuesto Real . . . . .	24
2.5. Análisis de riesgos . . . . .	24
2.6. Plan de trabajo real . . . . .	27
2.6.1. Sprint 0 . . . . .	27
2.6.2. Sprint 1 . . . . .	28
2.6.3. Sprint 2 . . . . .	28

2.6.4.	Sprint 3 . . . . .	29
2.6.5.	Sprint 4 . . . . .	29
2.6.6.	Sprint 5 . . . . .	29
2.6.7.	Sprint 6 . . . . .	30
2.6.8.	Sprint 7 . . . . .	30
2.6.9.	Sprint 8 . . . . .	30
2.6.10.	Sprint 9 . . . . .	30
2.6.11.	Sprint 10 . . . . .	31
2.6.12.	Sprint 11 . . . . .	31
2.6.13.	Sprint 12 . . . . .	31
<b>3.</b>	<b>Análisis</b>	<b>33</b>
3.1.	Introducción . . . . .	33
3.2.	Especificación de requisitos . . . . .	33
3.2.1.	Requisitos funcionales . . . . .	33
3.2.2.	Requisitos No Funcionales . . . . .	34
3.2.3.	Requisitos de Información . . . . .	35
3.3.	Casos de uso . . . . .	35
3.3.1.	Actores . . . . .	35
3.3.2.	Descripción de los Casos de Uso . . . . .	36
3.3.3.	Diagramas de Secuencia . . . . .	41
3.4.	Modelo de dominio . . . . .	43
<b>4.</b>	<b>Diseño</b>	<b>45</b>
4.1.	Arquitectura del sistema . . . . .	45
4.1.1.	Diagramas Modules and Uses Style del cliente y del servidor . . . . .	46
4.2.	Patrones arquitectónicos . . . . .	47
4.2.1.	Cliente basado Flutter . . . . .	47
4.2.2.	Cliente Python Flask . . . . .	48
4.3.	Usabilidad . . . . .	48
4.4.	Diseño del prototipo . . . . .	50
4.5.	Design by privacy . . . . .	52
<b>5.</b>	<b>Implementación</b>	<b>53</b>
5.1.	Tecnologías utilizadas . . . . .	53
5.1.1.	Overleaf . . . . .	53
5.1.2.	Visual Studio Code . . . . .	53
5.1.3.	Python . . . . .	54
5.1.4.	PyCatastro . . . . .	54
5.1.5.	Flutter . . . . .	54
5.1.6.	Dart . . . . .	55

5.1.7.	Flask . . . . .	55
5.1.8.	Mapbox . . . . .	55
5.1.9.	Balsamiq . . . . .	56
5.2.	Fórmulas para el cálculo . . . . .	56
5.2.1.	Cultivo . . . . .	57
5.2.2.	Fertilizante . . . . .	58
5.2.3.	Abono . . . . .	58
5.2.4.	Ruta . . . . .	59
<b>6.</b>	<b>Pruebas</b>	<b>61</b>
6.1.	Pruebas de aceptación de Casos de Uso . . . . .	61
6.1.1.	Criterios . . . . .	61
6.1.2.	Batería de pruebas . . . . .	62
6.1.2.1.	CU-01: Obtener Coordenadas . . . . .	62
6.1.2.2.	CU-02: Obtener Referencia . . . . .	62
6.1.2.3.	CU-03: Calcular Huella . . . . .	63
6.1.2.4.	CU-04: Calcular Huella Fertilizante . . . . .	63
6.1.2.5.	CU-05: Calcular Huella Abono . . . . .	64
6.2.	Pruebas de Usabilidad . . . . .	64
<b>7.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>67</b>
7.1.	Conclusiones . . . . .	67
7.2.	Trabajo futuro . . . . .	67
	<b>Bibliografía</b>	<b>69</b>
	<b>Anexo</b>	<b>73</b>
A.1.	Manual de instalación . . . . .	73
A.1.1.	Requisitos e instalación del servidor . . . . .	73
A.1.2.	Requisitos e instalación del cliente . . . . .	74
A.1.2.1.	Aplicación web . . . . .	74
A.1.2.2.	Aplicación nativa Windows . . . . .	74
A.2.	Manual de usuario . . . . .	75
A.2.1.	Obtener Coordenadas . . . . .	75
A.2.2.	Obtener Referencia Catastral . . . . .	76
A.2.3.	Obtener Huella Carbono . . . . .	76



# Índice de figuras

1.1. Porcentaje de GEI [1] . . . . .	2
1.2. Gráfico Alcance [5] . . . . .	4
1.3. Eurostat [6] . . . . .	5
1.4. Etapas del cálculo. Elaboración propia basada en [8] . . . . .	6
1.5. Calculadora del Ministerio 1 . . . . .	7
1.6. Calculadora del Ministerio 2 . . . . .	8
1.7. Calculadora del Ministerio 3 . . . . .	8
1.8. Calculadora del Ministerio 4 . . . . .	9
1.9. Calculadora del Ministerio 5 . . . . .	9
1.10. Calculadora del Ministerio 6 . . . . .	10
1.11. Farm Carbon Calculator 1 . . . . .	11
1.12. Farm Carbon Calculator 2 . . . . .	11
1.13. Farm Carbon Calculator 3 . . . . .	12
1.14. Farm Carbon Calculator 4 . . . . .	13
1.15. Farm Carbon Calculator 5 . . . . .	13
1.16. Agrecalc 1 . . . . .	15
1.17. Agrecalc 2 . . . . .	15
1.18. Agrecalc 3 . . . . .	16
1.19. Agrecalc 4 . . . . .	17
1.20. Agrecalc 5 . . . . .	18
3.1. Diagrama de Casos de Uso . . . . .	35
3.2. Caso de uso 1: Obtener Coordenadas . . . . .	36
3.3. Caso de uso 2: Obtener Coordenadas . . . . .	37
3.4. Caso de uso 3: Calcular Huella Carbono . . . . .	38
3.5. Caso de uso 4: Calcular Huella Fertilizante . . . . .	39
3.6. Caso de uso 5: Calcular Huella Abono . . . . .	40
3.7. Diagrama de Secuencia CU-01 . . . . .	41
3.8. Diagrama de Secuencia CU-02 . . . . .	41
3.9. Diagrama de Secuencia CU-03 . . . . .	42
3.10. Diagrama de Secuencia CU-04 . . . . .	42
3.11. Diagrama de Secuencia CU-05 . . . . .	42

3.12. Diagrama del Modelo de Dominio . . . . .	43
4.1. Arquitectura del sistema . . . . .	45
4.2. Diagrama Modules and Uses Style del cliente . . . . .	46
4.3. Diagrama Modules and Uses Style del servidor . . . . .	47
4.4. Arquitectura de capas de Flutter . . . . .	48
4.5. Alerta de error . . . . .	49
4.6. Ejemplo de la interfaz . . . . .	49
4.7. Pantalla de inicio . . . . .	50
4.8. Pantalla de Referencia Catastral . . . . .	50
4.9. Pantalla de Referencia Catastral . . . . .	50
4.10. Pantalla de Huella de Carbono . . . . .	51
4.11. Pantalla de Cultivo . . . . .	51
4.12. Pantalla de Ruta . . . . .	51
4.13. Pantalla de Fertilizante . . . . .	51
4.14. Pantalla de Abono . . . . .	52
4.15. Pantalla de Resultados . . . . .	52
5.1. Logo de Overleaf . . . . .	53
5.2. Logo de Visual Studio Code . . . . .	53
5.3. Logo de Python . . . . .	54
5.4. Logo de Flutter . . . . .	54
5.5. Logo de Dart . . . . .	55
5.6. Logo de Flask . . . . .	55
5.7. Logo de Mapbox . . . . .	55
5.8. Logo de Balsamiq Wireframes . . . . .	56
A.1. Home page . . . . .	75
A.2. Obtener Coordenadas . . . . .	75
A.3. Obtener Referencia Catastral . . . . .	76
A.4. Obtener Huella Carbono . . . . .	76
A.5. Cultivo . . . . .	77
A.6. Ruta . . . . .	77
A.7. Fertilizante . . . . .	78
A.8. Abono . . . . .	78
A.9. Resultados . . . . .	79

# Índice de tablas

2.1. Asignación de roles . . . . .	23
2.2. Calendarización de Sprints . . . . .	23
2.3. Tabla de costes simulados . . . . .	24
2.4. Tabla de costes reales . . . . .	25
2.5. Matriz de exposición de riesgos [21] . . . . .	25
2.6. R01 - Fallo en la Planificación . . . . .	25
2.7. R02 – Indisponibilidad del Desarrollador . . . . .	26
2.8. R03 – Indisponibilidad del Tutor . . . . .	26
2.9. R04 – Pérdida de Datos y/o Documentos . . . . .	26
2.10. R05 – Falta de Experiencia . . . . .	27
2.11. R06 – Mal Diseño . . . . .	27
2.12. Tareas del Sprint 0 . . . . .	27
2.13. Tareas del Sprint 1 . . . . .	28
2.14. Tareas del Sprint 2 . . . . .	28
2.15. Tareas del Sprint 3 . . . . .	29
2.16. Tareas del Sprint 4 . . . . .	29
2.17. Tareas del Sprint 5 . . . . .	29
2.18. Tareas del Sprint 6 . . . . .	30
2.19. Tareas del Sprint 7 . . . . .	30
2.20. Tareas del Sprint 8 . . . . .	30
2.21. Tareas del Sprint 9 . . . . .	30
2.22. Tareas del Sprint 10 . . . . .	31
2.23. Tareas del Sprint 11 . . . . .	31
2.24. Tareas del Sprint 12 . . . . .	31
3.1. Requisitos Funcionales . . . . .	34
3.2. Requisitos No Funcionales . . . . .	34
3.3. Requisitos de Información . . . . .	35
6.1. Clasificación Pruebas de aceptación . . . . .	61
6.2. Prueba de aceptación 01 . . . . .	62
6.3. Prueba de aceptación 01* . . . . .	62

6.4. Prueba de aceptación 02 . . . . .	62
6.5. Prueba de aceptación 02* . . . . .	62
6.6. Prueba de aceptación 03 . . . . .	63
6.7. Prueba de aceptación 03* . . . . .	63
6.8. Prueba de aceptación 04 . . . . .	63
6.9. Prueba de aceptación 04* . . . . .	63
6.10. Prueba de aceptación 05 . . . . .	64
6.11. Prueba de aceptación 05* . . . . .	64



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Motivación

En los últimos años, la preocupación por el medio ambiente ha ido cobrando cada vez más importancia en todos los sectores de la sociedad. Entre ellos, el sector agrícola juega un papel importante, no sólo por ser uno de los que más emisiones de carbono genera si no también por su capacidad de mitigación como posible sumidero y reservorio de carbono. Por ello, la creación de herramientas digitales que ayuden a los agricultores y ganaderos a visualizar las emisiones de sus explotaciones y así poder reducirlas, son de gran necesidad.

El documento que se detalla a continuación es la propuesta elaborada como respuesta a la asignatura Trabajo Fin de Grado del Grado (en adelante TFG) en Ingeniería Informática mención Tecnologías de la Información de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad de Valladolid.

### 1.2. Objetivos

El objetivo principal de este TFG es la elaboración de una aplicación web que permita a un agricultor introducir la ubicación de su explotación agrícola, el tipo de cultivo, fertilizante y abono utilizado en su explotación para que la aplicación calcule la huella de carbono resultante.

Objetivos secundarios:

- Tiene que utilizar localizaciones de las explotaciones agrícolas a partir de un punto GPS o bien una referencia catastral.
- Deberemos de tener en cuenta que los potenciales usuarios no están habituados a trámites complejos, por lo que la aplicación deberá de ser sencilla de usar y fácil de aprender.
- Es importante también que los resultados se muestren de una forma sencilla y entendible.

En esta memoria se detallará el proceso de planificación, desarrollo, análisis, diseño e implementación del sistema que cumple estos objetivos.

## 1.3. Contexto

En el contexto actual, es evidente que el cuidado del medio ambiente es una prioridad urgente y permanente para la humanidad. Este compromiso adquiere aún más importancia al considerar el desafío del cambio climático, cuyos efectos ya son palpables en todo el mundo. En este proyecto abordaremos una de las industrias que más Gases de Efecto Invernadero (GEI) emiten a la atmósfera: la agricultura.

### 1.3.1. Gases de Efecto Invernadero

En principio hablaremos de los GEI, pero, ¿qué son los GEI y cuáles hay? Los principales gases responsables del efecto invernadero son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los gases clorofluorocarbonados (CFCs). Estos gases tienen la capacidad de absorber y emitir radiación en el espectro infrarrojo, lo que permite que parte de la energía y la radiación solar no abandonen la atmósfera calentando el planeta. Esto, que en principio es algo bueno ya que permite que la vida pueda florecer en la Tierra, se vuelve contraproducente cuando aumentan incontroladamente dichos gases y el efecto invernadero se intensifica. No ha sido un proceso natural, si no que los seres humanos hemos contribuido a dicho incremento al utilizar los denominados combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Por ello, es nuestra responsabilidad reparar el daño causado a nuestro planeta y crear soluciones para que el futuro sea más limpio.

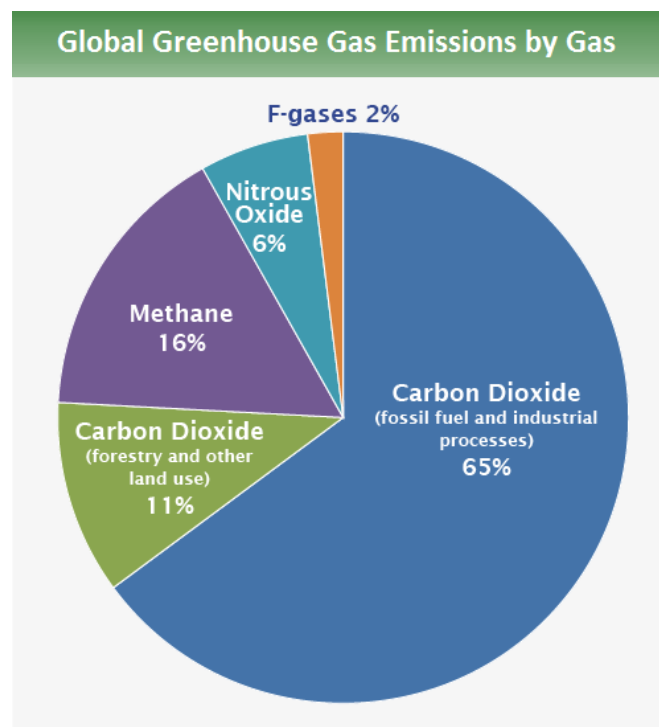


Figura 1.1: Porcentaje de GEI [1]

Como podemos ver en la tabla 1.1, el  $\text{CO}_2$  es, con un 76% el principal gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera por actividades humanas. Este gas está presente de forma natural en la atmósfera

formando parte del ciclo del carbono que ayuda a equilibrar la temperatura de nuestro planeta. Pero, debido a la industrialización y a la globalización a la cual se dirige irremediablemente nuestra sociedad cada vez se emite más CO<sub>2</sub> a la atmósfera arruinando la capacidad de la naturaleza de absorber dicho CO<sub>2</sub> [1].

El siguiente GEI en importancia es el metano, por la combinación de ser el segundo gas que más emitimos los humanos a la atmósfera y por su potencial de calentamiento global. Las principales acciones por las que los humanos emiten metano a la atmósfera son la ganadería, la agricultura de inundación y fugas durante el uso de combustibles fósiles. A pesar de tener una vida en la atmósfera mucho más corta que la del CO<sub>2</sub> el CH<sub>4</sub> tiene un potencial de calentamiento global 28 veces más potente.

El tercer gas en la lista es el óxido nitroso ya que es, en porcentaje, uno de los gases que menos emitimos pero tiene un potencial de calentamiento global 265 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>. Las formas en las que se emite más N<sub>2</sub>O es a través de abonos nitrogenados, incineración de residuos y en la producción industrial.

Por último, los compuestos clorofluorocarbonados, aunque en porcentaje son muy escasos, presentan varios problemas. El primero es que apenas están presentes en la naturaleza y su producción depende casi en exclusiva de los humanos, que tienen potenciales altos o muy altos de calentamiento global y en segundo lugar y muy importante es que poseen una vida en la atmósfera muy superior al resto de gases.

### 1.3.2. Concepto

La huella de carbono es el conjunto de emisiones de GEI generadas directa e indirectamente por una persona, un grupo, una organización, una empresa, una región, o incluso un producto, un servicio, o un evento. Se mide en toneladas de carbono equivalente (t CO<sub>2</sub>eq), ya que el CO<sub>2</sub> es el más abundante y el que se usa como referencia [2]. Pero, ¿cuando surgió el concepto de huella de carbono?

El concepto de la Huella de Carbono empezó a surgir en la década de 1990 inicialmente hablando sólo del concepto de *huella ecológica* como la diferencia entre los recursos consumidos y los producidos por la Tierra. Con el paso del tiempo se fue modificando y fue en 2004 cuando empezó a popularizarse el concepto de Huella de Carbono como tal, de la mano de la petrolera British Petroleum que creó una calculadora y una campaña publicitaria en la que animaba a la gente a calcular su huella de carbono personal [3]. Se fueron sucediendo los movimientos a favor de la reducción de la huella de carbono en las grandes organizaciones y en 2015 se firmó el Acuerdo de París, un acuerdo vinculante entre países con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 1,5° por encima de los niveles preindustriales para el año 2050. El estándar más utilizado para su cálculo, ya sea directa o indirectamente, a nivel global es el GHG Protocol [4].

El GHG Protocol es una herramienta internacional que permite el cálculo de emisiones de GEI. A finales de la década de 1990 tanto el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) como el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, (WBCSD en inglés) veían la necesidad de

crear un estándar internacional a la hora de calcular las emisiones de huella de carbono. Este protocolo se basa en la preparación de inventarios de los GEI, facilitando el sistema de contabilización y ofreciendo información sobre diversas estrategias para reducir la huella de carbono. Es el estándar más utilizado tanto por empresas como por países en la gestión de su huella de carbono. Distingue las emisiones en tres tipos, llamados alcances:

**FIGURE 1**

An example of a "grass-to-gate" carbon footprint boundary of a dairy farm and the direct (Scope 1) and indirect (Scope 2 and Scope 3) greenhouse gas emissions associated with it.

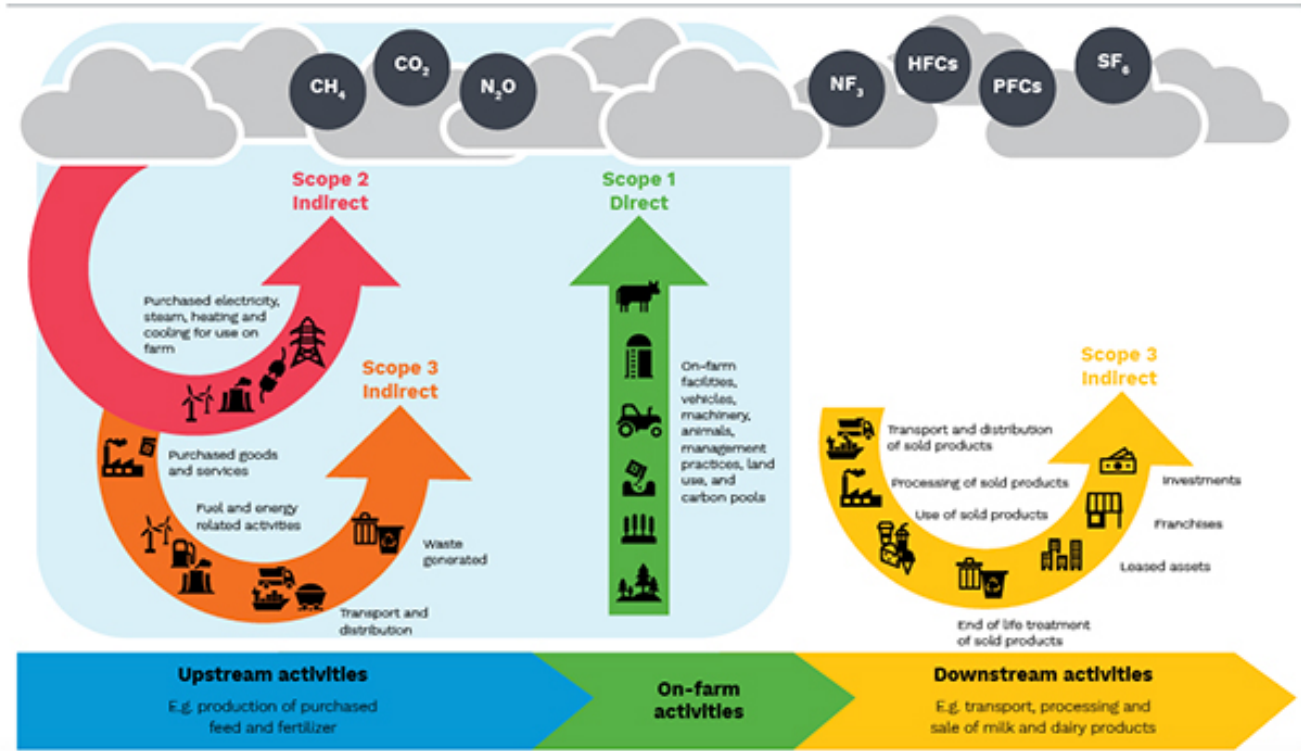


Figura 1.2: Gráfico Alcance [5]

- **Alcance 1: Emisiones Directas.** Incluye las emisiones directas de GEI generadas por fuentes controladas directamente por la organización, como la combustión de combustibles fósiles en maquinaria agrícola o la descomposición de residuos orgánicos.
- **Alcance 2: Emisiones Indirectas por Energía.** Engloba las emisiones indirectas asociadas a la generación de energía comprada y consumida por la organización, como la electricidad adquirida de proveedores externos.
- **Alcance 3:** Las emisiones generadas por los productos utilizados en la organización, de complicado seguimiento ya que es muy difícil conocer el origen de cada producto que se utiliza. Este alcance considera las emisiones indirectas relacionadas con actividades fuera del operativo directo de la organización, como las provenientes de la producción y transporte de bienes agrícolas, la disposición de residuos y el uso de productos vendidos.

### 1.3.3. Huella de Carbono en la agricultura

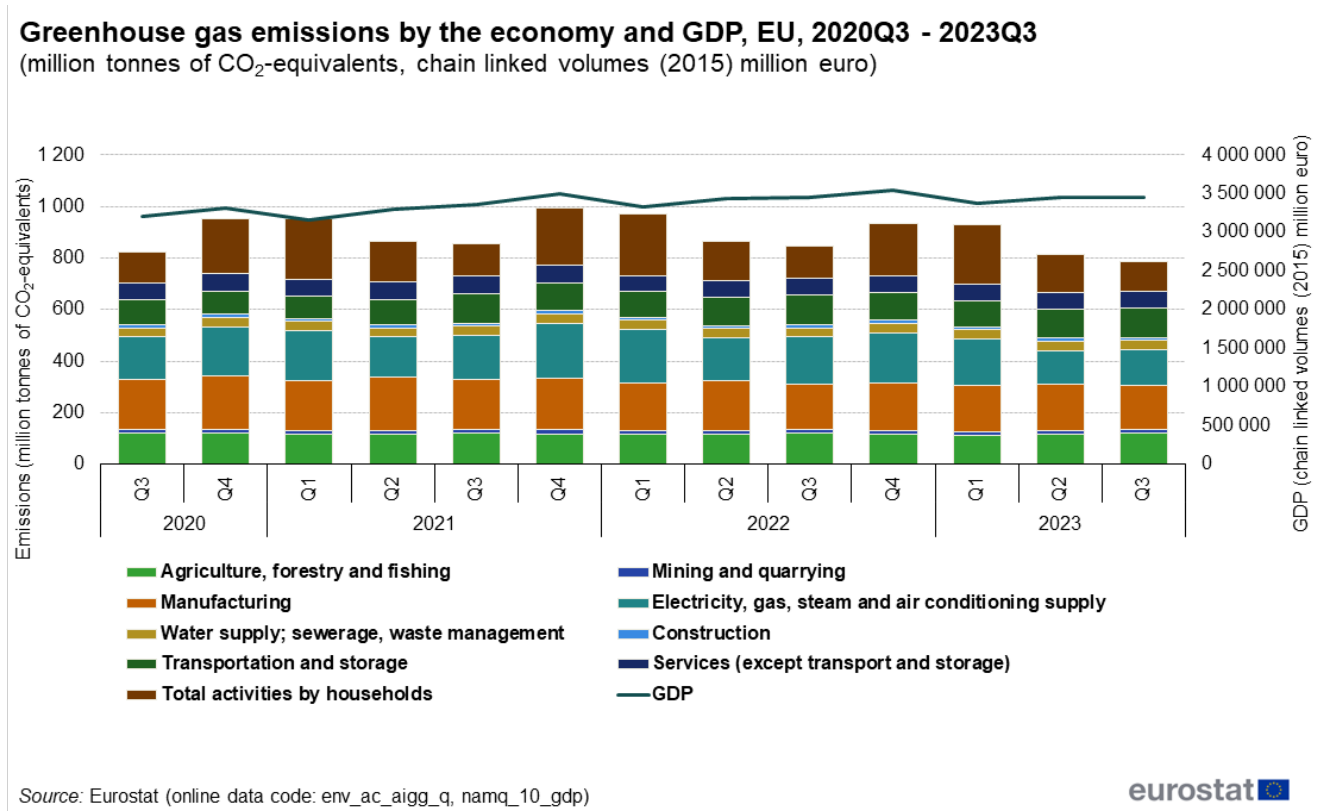


Figura 1.3: Eurostat [6]

Volviendo al tema que ocupa este proyecto, según un reciente estudio realizado por el EUROSTAT [6], la agricultura fue el 3er sector que más emisiones de CO<sub>2</sub> emitió en el último trimestre del 2023 con un 15.4%. Como podemos ver en el gráfico 1.3 a pesar de un descenso generalizado de las emisiones de GEI en los últimos años la agricultura se ha mantenido estable en su porcentaje.

Por estudios como este y otros similares en julio de 2023 en la Comisión Europea se llegaron a acuerdos para poner en común la política agrícola dentro del marco europeo [7]. A este paquete de medidas se le llamó Pacto Verde y se marcaron objetivos tales como:

- Reducir la huella de carbono y climática del sector agrario europeo.
- Fomentar la política agraria común para crear un sistema agrícola sostenible dentro de la Unión Europea.
- Medidas y normas para fomentar y regular la digitalización de la agricultura y las zonas agrícolas.
- Políticas para hacer más sostenible la cadena de suministro, también llamada *de la granja a la mesa* a fin de ser lo más eficientes y competitivos posibles sin descuidar el medio ambiente.

### 1.3.4. Etapas para el cálculo

El MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) dispone de una guía a disposición de todas las organizaciones para el cálculo de la huella de carbono [8]. La base metodológica para el cálculo es la siguiente:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Los cálculos concretos utilizados en este TFG se detallan en la sección 5.2 pero, a modo de resumen, podemos adelantar que se basan en las emisiones de alcance 1+2 y en la calculadora de huella de carbono de una explotación agrícola proporcionada por el MITECO.



Figura 1.4: Etapas del cálculo. Elaboración propia basada en [8]

Los pasos que tiene que llevar a cabo una organización, en nuestro caso agrícola, para obtener el inventario de GEI y posteriormente calcular su huella de carbono los podemos observar resumidamente en la figura 1.4 y son los siguientes:

- **Fijar los límites:** En primer lugar, es crucial establecer los límites del análisis, identificando claramente las áreas de operación y las fuentes de emisiones que se incluirán en la evaluación de la huella de carbono.
- **Determinar el alcance:** Una vez definidos los límites procederemos a precisar los tres alcances de la organización. Los alcances 1 y 2 son obligatorios ya que son datos contrastables derivados de las emisiones directas (alcance 1) y de las emisiones indirectas (alcance 2). Las emisiones de alcance 3 no suelen ser obligatorias en los cálculos ya que es muy difícil saber toda la historia de los productos utilizados.
- **Recopilación de datos:** Se lleva a cabo la recopilación de datos específicos para cada alcance, lo que implica la creación de un inventario exhaustivo de las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización, así como de las actividades asociadas que contribuyen a estas emisiones

- **Cálculo:** Para finalizar, se procederá al cálculo de la huella total de la organización, expresada en t CO<sub>2</sub>eq.

Realmente estamos ante uno de los desafíos del siglo, si no el más crucial, en el cual si no actuamos de manera contundente las generaciones venideras sufrirán las consecuencias. Por ello, todas las estrategias anteriormente mencionadas son de un importancia crucial y debemos asimilarlas, aplicarlas y mejorarlas para una correcta gestión del impacto de la huella de Carbono en nuestras vidas.

## 1.4. Aplicaciones similares

En este apartado se comentarán diferentes herramientas disponibles en internet que realizan una función similar a la que pretende construir este TFG.

### 1.4.1. Calculadora del Ministerio para la Transición Ecológica

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico proporciona una serie de calculadoras en formato Excel para el cálculo de la huella de carbono [9]. Estas herramientas son válidas para una organización, un ayuntamiento o una explotación agrícola. Como explicamos más detalladamente en el apartado de contexto, sólo calculan la huella de carbono de alcance 1+2. Además te permite comparar los resultados de tu explotación agrícola entre distintos años.

Figura 1.5: Calculadora del Ministerio 1

Como se puede ver en la figura 1.5 la calculadora del ministerio tiene una estructura de hojas en las que vas introduciendo datos y se te van mostrando resultados. En la página principal en concreto, debemos introducir el año de cálculo, la provincia y opcionalmente otros años para ver la variación interanual. Te muestra un cálculo de tus emisiones de alcance 1+2 que luego desgranará y mostrará más detalladamente en otros apartados.

Indique para cada tipo de cultivo la superficie expresada en ha y la producción anual expresada en kg.

Sede	Tipo de cultivo <sup>(1)</sup>	Superficie (ha)	Producción anual (kg)
	Cebada	1,00	1.000.000,00
	Arroz	3,93	1.000.000,00

<sup>(1)</sup>Las tipologías de cultivo consideradas son: Cebada, Trigo, Maiz, Avena, Arroz, Otros Cereales, Girasol, Otros Industriales, Tubérculos, Hortalizas, Alfalfa, Otros forrajeros, Olivar, Viñedo, Almendro, Naranja, Otros Leñosos, Otros Labradio. Esta herramienta no permite el cálculo de la huella de carbono para otro tipo de cultivos.

Figura 1.6: Calculadora del Ministerio 2

FERTILIZANTES SINTÉTICOS NITROGENADOS						
Sede	Fertilizante	Tipo de cultivo	Opción B.1 <sup>(1)</sup>			Opción B.2 <sup>(1)</sup>
			Cantidad (kg)	Proporción de N (%)		Nitrógeno (kg N)
				Por defecto	Otros	
	Nitrato de calcio	Cebada	1.000,00	15,00%		
	Nitrato amónico	Trigo	1.000,00	34,00%		

<sup>(1)</sup>Únicamente es necesario rellenar una de las dos casillas de las opciones B1 y B2: "Cantidad de fertilizante" o "Cantidad de nitrógeno aplicado". Al incluir el dato en una de las dos opciones, la otra opción aparecerá sombreada indicando que ese dato ya no es necesario.

ESTIÉRCOLES Y PURINES APLICADOS AL CAMPO							
Sede	Tipo de estiércol o purín	Especie ganadera de procedencia	Tipo de cultivo	Opción B.1 <sup>(1)</sup>			Opción B.2 <sup>(1)</sup>
				Cantidad (kg)	Proporción de N (%)		Nitrógeno (kg N)
					Por defecto	Otros <sup>(2)</sup>	
	Estiércol sólido	Cunicola	Cebada	1.000,00	7,26%		
	Purín	Porcino	Trigo	1.000,00	0,20%		
				1.000,00			
				1.000,00			

<sup>(1)</sup>Únicamente es necesario rellenar una de las dos opciones B1 o B2: "Cantidad de estiércol o purín" o "Cantidad de nitrógeno aplicado". Al incluir el dato en una de las dos opciones, la otra opción aparecerá sombreada indicando que ese dato ya no es necesario.

Figura 1.7: Calculadora del Ministerio 3

En materia de introducción de datos podemos ver en las figuras 1.6 y 1.7 que podemos seleccionar el tipo de cultivo, estiércol o purín desde una lista cerrada, las hectáreas del cultivo y los kilos recolectados o los de fertilizante/estiércol aplicado. Aunque no se muestra en imágenes, los datos de maquinaria y vehículos se introducen de una manera similar.



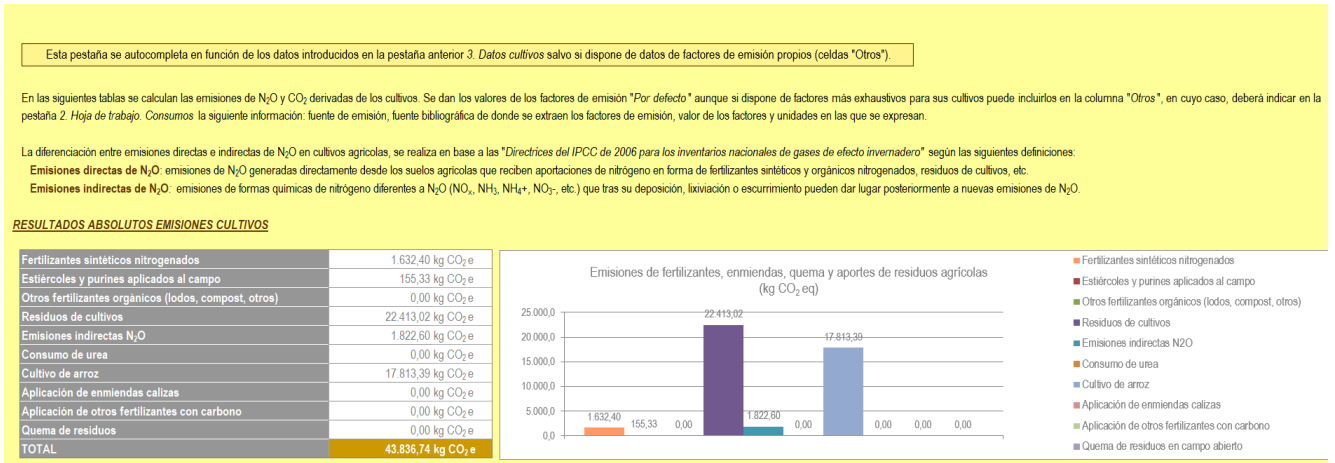


Figura 1.8: Calculadora del Ministerio 4

Después de cada apartado de introducción de datos: cultivos, maquinaria, instalaciones nos muestra un apartado de resultados parciales en forma de gráfico de barras como podemos apreciar en la figura 1.8.

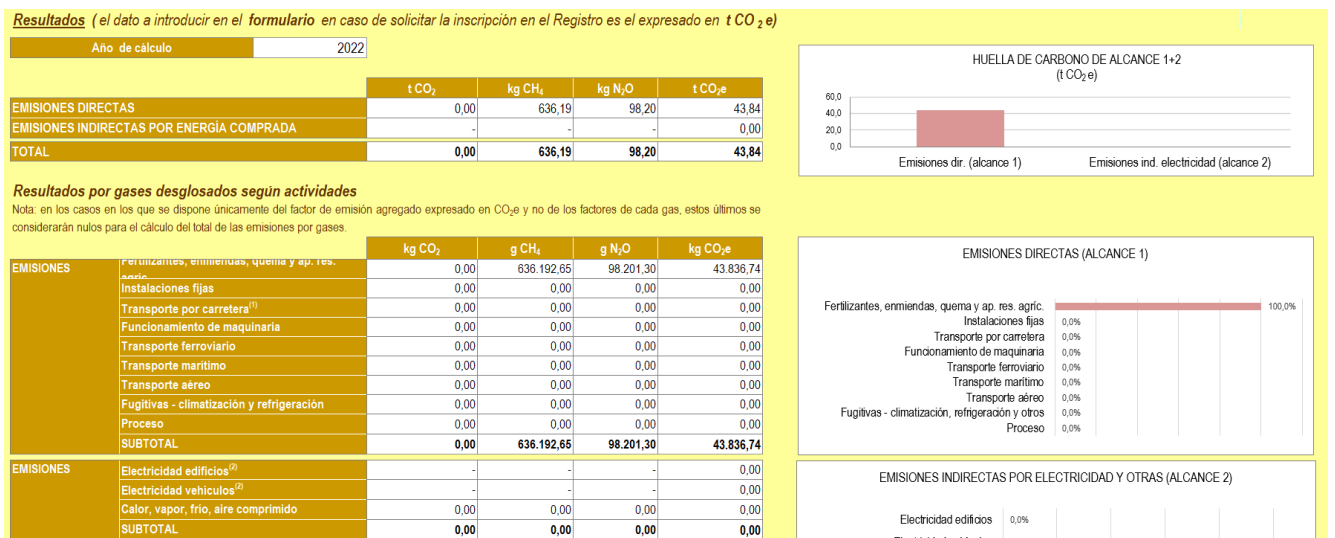


Figura 1.9: Calculadora del Ministerio 5

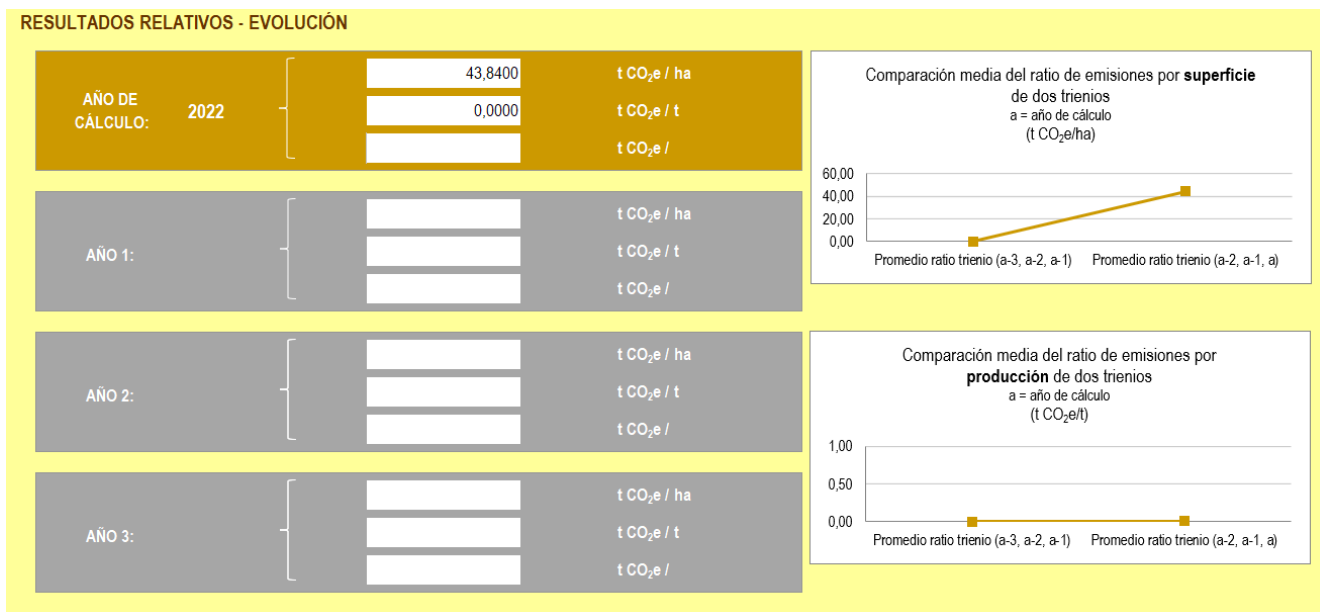


Figura 1.10: Calculadora del Ministerio 6

Para terminar, como se puede ver en las figuras 1.9 y 1.10 después de introducir todos nuestros datos se nos muestra una serie de gráficos sobre las emisiones de alcance 1+2 y luego las desglosa según los distintos apartados. Para acabar, te presenta una comparativa del año actual y de hasta otros tres años.

**Ventajas:**

- Gratis
- Cálculo directo de los requerimientos del Gobierno.
- Permite calcular distintos años

**Desventajas:**

- Complicada de utilizar
- No es nada atractiva a la vista.

**Conclusiones:**

Es una herramienta útil para cumplir con los requerimientos del Gobierno ya que exime de la emisión de un certificado si eres una PYME, pero a veces resulta difícil de utilizar sobre todo para los agricultores que no suelen estar muy versados en el uso de la tecnología.

**1.4.2. Farm Carbon Calculator**

La Farm Carbon Calculator es un servicio online que proporciona una calculadora de huella de carbono realizada por *Farm Calculator Team*. Está circunscrita al territorio del Reino Unido. En desarrollo desde

2009 ha ido creciendo en funcionalidades con el paso de los años, siempre centrándose en ser lo más user-friendly posible tanto en la introducción de datos como en la muestra de resultados [10].



Figura 1.11: Farm Carbon Calculator 1

## Add Emissions

### Emissions source \*

Agricultural crops

Maize



Enter total crop yields per year; the Calculator then makes an automatic calculation to work out the amount of N<sub>2</sub>O released. This applies to both incorporated or mulched residues. If you remove crop residues for composting, don't fill data in here. If you have a failed crop and a re-drill make sure only to include the actual harvested crops.

### Quantity - Tonnes harvested \*

### Area under Cultivation (ha) \*

✓ Save

✗ Cancel

Figura 1.12: Farm Carbon Calculator 2

Como podemos apreciar en la figura 1.11 disponemos de 7 categorías en las que introducir datos. Si seleccionamos una categoría en concreto nos dará la opción de añadir un emisor de gases seleccionando de entre una variedad de opciones, dependiendo de la categoría, para finalmente introducir las toneladas y las hectáreas utilizadas; como se ve en la figura 1.12.

Fertility & Cropping i

+ Add New



Key

- Agricultural crops > Maize
- Agricultural crops > Wheat
- Agricultural crops > Soya
- Agricultural crops > Barley

Type	Quantity	Emissions (t CO <sub>2</sub> e)	Offset (t CO <sub>2</sub> e)	Edit	Delete
Agricultural crops > Maize	1.00 t	0.05	0.00		
Agricultural crops > Wheat	1.00 t	0.04	0.00		
Agricultural crops > Soya	1.00 t	0.12	0.00		
Agricultural crops > Barley	1.00 t	0.05	0.00		
<b>Total:</b>		<b>0.26</b>	<b>0.00</b>		

Figura 1.13: Farm Carbon Calculator 3

Live results

Emissions Totals



Type	t CO <sub>2</sub> e
Fuels	0.35
Crops	0.26
Distribution	0.36
<b>Total:</b>	<b>0.96</b>

Figura 1.14: Farm Carbon Calculator 4

Summary
Full Results
Nitrogen
Benchmarking

### Carbon balance

**Emissions**  
**0.56**  
tonnes CO<sub>2</sub>e per year

**Offset** ●  
**0.00**  
tonnes CO<sub>2</sub>e per year

**Carbon Balance**  
**0.56**  
tonnes CO<sub>2</sub>e per year

[Download](#)

### KPIs

**Carbon Balance:** 0.56 tonnes CO<sub>2</sub>e per year

Carbon Balance / hectare: **0.04**  
tonnes CO<sub>2</sub>e/hectare/year

Carbon Balance / tonne: **0.1850**  
tonnes CO<sub>2</sub>e/tonne of product

Fuel / hectare: **0.0246**  
tonnes CO<sub>2</sub>e/hectare from fuel

### Breakdown of Emissions and Sequestration

[Download](#)

### Table of emissions and sequestration

Emissions	tonnes CO <sub>2</sub> e per year	%	Offset	tonnes CO <sub>2</sub> e per year	%
Fuels	0.35	62.16%			
Crops	0.21	37.84%			
Total	0.56	100%	Total	0.00	100%

### Emissions by Scope & Greenhouse Gas

Emissions	Emissions by Scope				By GHGs			Total tCO <sub>2</sub> e
	Scope 1 tCO <sub>2</sub> e	Scope 2 tCO <sub>2</sub> e	Scope 3 tCO <sub>2</sub> e	Outside of Scope tCO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> tCO <sub>2</sub> e	CH <sub>4</sub> tCO <sub>2</sub> e	N <sub>2</sub> O tCO <sub>2</sub> e	
Fuels	0.31	0.00	0.04	0.00	0.35	0.00	0.00	0.35
Crops	0.21	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.06	0.21
Total	0.52	0.00	0.04	0.00	0.50	0.00	0.06	0.56

### Yield

Total Production	Units	Yield
Crops: Agricultural Crops	tonnes	3.00

### Common Land

Area	Subdivision	Emissions (tCO <sub>2</sub> e)	Active Livestock Units
		0.00	0
Total		0.00	0

### Farm details

Report name: A

Report type: Standard

Region: UK

Soil Type: Loam

Scope of study: Farm

Certification: Organic

Farm area (hectares)	
Cultivated	10.00
Grass	2.00
Non-cropping	2.00
Total	14.00

Figura 1.15: Farm Carbon Calculator 5

A la hora de mostrar los resultados, nada más acabemos de introducir los datos requeridos de un emisor se nos mostrarán las emisiones de ese apartado tanto en forma de diagrama sectorial como en una tabla con los datos más pormenorizados, como se muestra en la figura 1.13. Un detalle muy útil y visual es que, en todo momento y justo al lado del gráfico principal de la sección en la que te encuentras, te va mostrando un pequeño diagrama y una pequeña tabla con las emisiones totales de tu explotación agrícola como vemos en la figura 1.14. Para acabar, te muestra un resumen más pormenorizado de cada categoría en el informe final que se muestra en la figura 1.15.

**Ventajas:**

- Formato web
- Cálculos en tiempo real
- Permite descargar el reporte en formato PDF, JSON y CSV

**Desventajas:**

- En inglés
- No adecuada a la normativa española, solo sigue la normativa británica.

**Conclusiones:**

Es una herramienta mucho más intuitiva que la proporcionada por el Ministerio, que no sólo te permite visualizar y editar tu informe online si no que te permite descargarlo para poder visualizarlo sin conexión, pero para un agricultor español no es de gran utilidad ya que está en inglés y los cálculos que realiza están basados en datos y métricas del Reino Unido por lo que no se ajustarían a los requerimientos del estado español.

**1.4.3. Agrecalc**

La calculadora Agrecalc es otra calculadora de huella de carbono online basada geográficamente en el Reino Unido. Creada en 2007 está respaldada por los investigadores del SRUC (Scotland's Rural College), una institución pública que se dedica a la investigación y formación de alumnos en el ámbito de la agricultura y las ciencias y ha realizado más de 17000 informes para 7600 empresas agrícolas. Tiene como objetivo ser una calculadora integral que cubra todos los sistemas agrícolas y sectores alimenticios [11].

**Enterprise Type**  
 Select all the enterprises on the farm that generate saleable output, for example if you are a dairy farm who also sells finished cattle please select dairy and beef.

Beef
  Sheep
  Dairy
  Pigs
  Poultry
  Forage
  Combinable crops
  Potatoes, beet and root vegetables
  Other vegetables
  Fruit
  Other crops

Select an enterprise type from the drop down list that reflects your main system type and select all the applicable livestock classes you have on your farm and the crops grown on your farm.

For beef, sheep and dairy enterprises data deemed by SRUC specialists to be typical of the farming enterprise type selected can be used in the assessment. Hover the cursor over Insert industry standard data to see what data would be used. If you wish to use industry typical data, select this option. The data can be overwritten with actual values at anytime during the data entry process.

**Poultry Enterprise Details**

Choose Poultry Enterprise Type  
  Organic

Choose classes  
 Hens
  Pullets
  Cockerels
  Cocks/roosters
  Broilers
  Chicks
  Ducks
  Turkeys

**Forage Enterprise Details**

Organic

Choose classes  
 Rough Grazing
  Biodiversity
  Pasture grazing
  Silage & graze
  Hay & graze
  Kale / stubble turnips / swedes / etc
  Fodder beet
  Wholecrop cereals
  Forage maize
  Legume forages (clovers, lucerne)

**Combinable Crops (if used)**

Organic

Choose crops  
 Feed wheat
  Milling wheat
  Feed winter barley
  Malting winter barley
  Feed spring barley
  Malting spring barley
  Winter oats
  Spring oats
  Minor cereals (rye, triticale)
  Oilseed rape
  Field beans
  Field peas
  Grain Maize

Figura 1.16: Agrecalc 1

Desde la página principal del informe nos deja seleccionar entre multitud de opciones para las que luego introducir datos. Cuando seleccionamos una de las opciones de arriba aparece debajo una subsección para poder concretar los datos a introducir, como podemos apreciar en la figura 1.16

## Data Entry

There are three main data entry sections, Land & crops, Livestock and Energy & Waste. Commence data entry at Land & Crops.





 Land & Crops
  Livestock
  Energy & Waste
  Notes

Figura 1.17: Agrecalc 2

Land & Crops

Quickjump to another report ▾

Show/hide text

Land Area and Crops	Fertiliser	Fertiliser (cont.)	Imported & transferred organic manure and lime	Pesticides	Crop production and use
Data Checks					

### Land Area and Crops

▾ Grazing & forage

	Owned and Tenanted Land (ha)	Seasonal land (ha)	Annual occupancy of seasonal land (%)	Number of years crop is in the ground (yrs)
Pasture grazing (8.00 ha)	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="2"/>

▾ Other forage

	Owned and Tenanted Land (ha)	Seasonal land (ha)	Annual occupancy of seasonal land (%)	Number of years crop is in the ground (yrs)
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

▾ Hedges

	Owned and Tenanted Land (km)	Seasonal land (km)	Annual occupancy of seasonal land (%)	
km of Hedges >30yrs	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
km of Hedges <30yrs	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

Figura 1.18: Agrecalc 3

Una vez seleccionados los tipos de datos que vamos a introducir debemos de seleccionar una de las tres zonas de entrada de datos principales, las cuales podemos ver en la figura 1.17. Tras seleccionar una de ellas veremos todas las opciones en cuanto a introducción de datos como diferentes subsecciones en las que introducir todas las variables (figura 1.18)



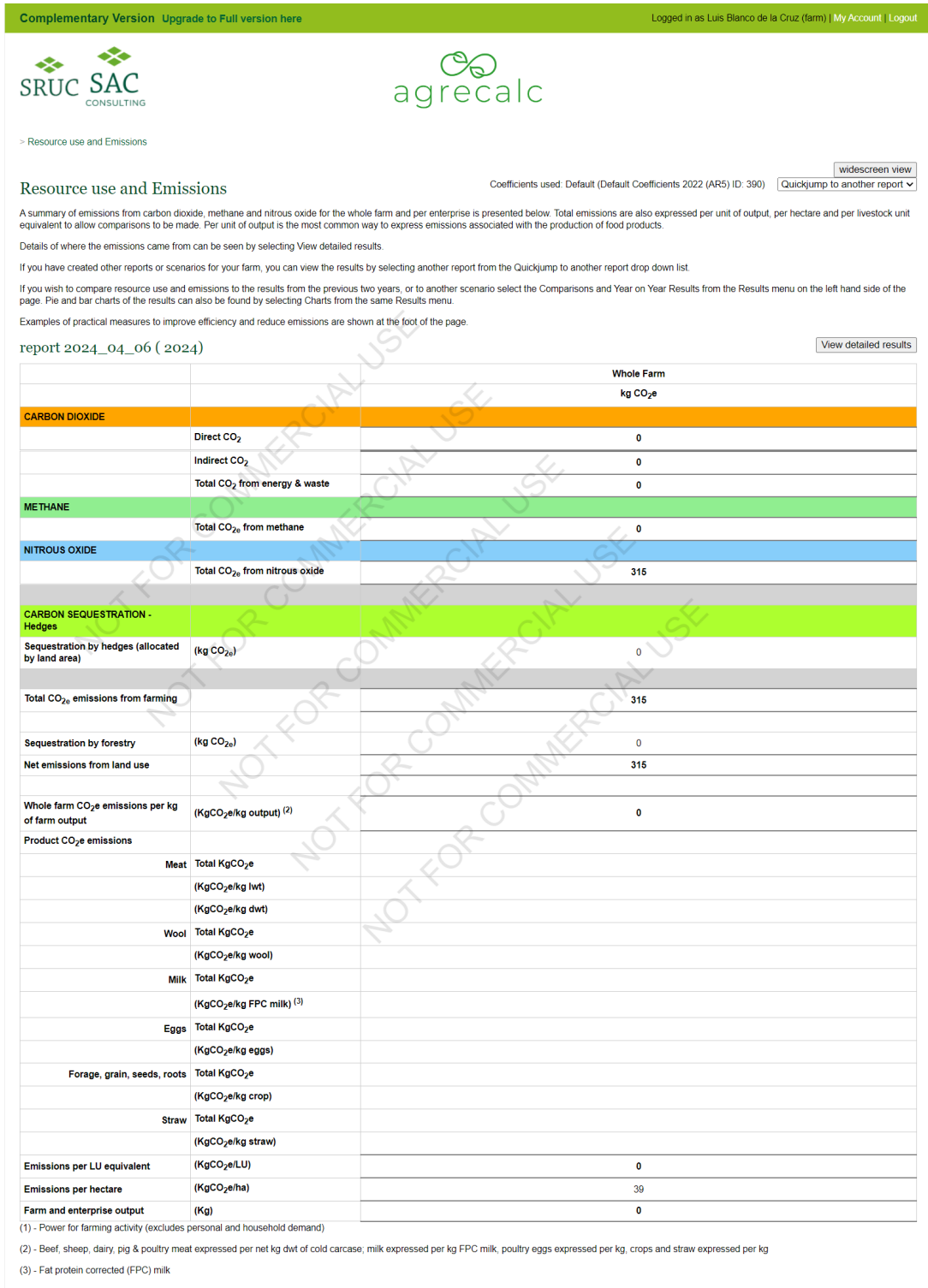


Figura 1.19: Agrecalc 4

## Resource use and Emissions Charts

Coefficients used: Default (Default Coefficients 2022 (AR5) ID: 390)

widescreen view

Quickjump to another report

Emissions by gas and by source for the whole farm and per enterprise are presented below.

If you have created other reports or scenarios for your farm, you can view the results in chart format by selecting another report from the Quickjump to another scenario drop down list.

report 2024\_04\_06 ( 2024)

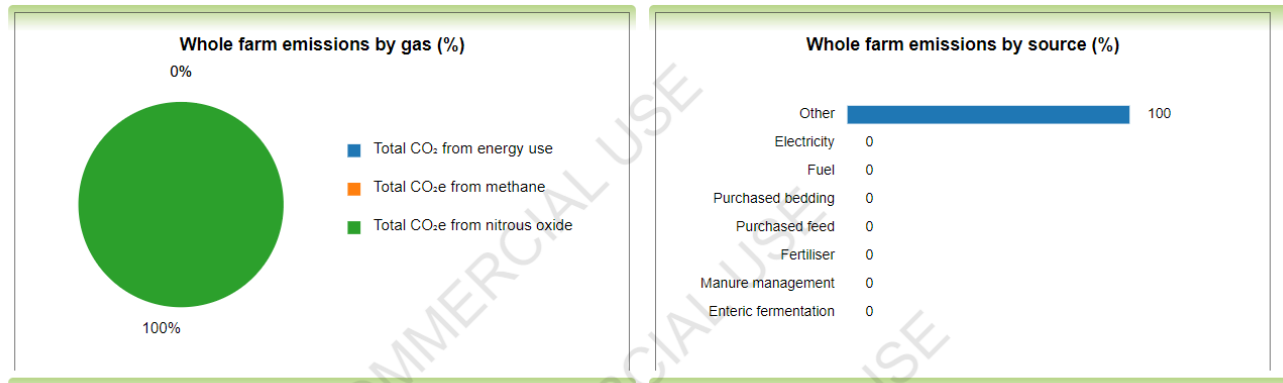


Figura 1.20: Agrecalc 5

Una vez introducidos todos los datos, se nos mostrará un informe pormenorizado de las emisiones de cada sección de nuestra granja (figura 1.19) o podemos obtener un resumen en formato gráfico (figura 1.20).

### Ventajas:

- Formato web
- Gran variedad de variables soportadas

### Desventajas:

- En inglés
- No aplica la normativa española
- Varias funcionalidades son de pago

### Conclusiones:

Al igual que la Farm Carbon Calculator es una herramienta mucho más visual que la proporcionada por el Ministerio pero también está basada en los datos y métricas del Reino Unido y además esta calculadora tiene muchas funciones que son de pago.

## 1.4.4. Conclusión del estudio de mercado

Por lo tanto, una vez analizadas las aplicaciones que tienen objetivos similares a los propuestos por este TFG, tendremos que tener en cuenta los puntos débiles de estas aplicaciones para conseguir una ventaja competitiva sobre ellos y cumplir la mayor parte de los puntos fuertes para no perderla.

Entonces, deberíamos intentar que :

- Se pudiera utilizar el idioma español
- Que aplique la normativa española o que por lo menos, utilice las pautas del MITECO
- Se pueda utilizar en el mayor número de dispositivos posibles.
- Que sea lo más fácil posible de usar y de aprender.

## **1.5. Estructura de la memoria**

Esta memoria está dividido en 7 capítulos, a su vez divididos en secciones y subsecciones:

1. Capítulo 1. Introducción: Parte inicial en la que se introduce el concepto de la huella de carbono y se comentan aplicaciones similares a la que se va a desarrollar.
2. Capítulo 2. Planificación: En este capítulo se detalla la metodología de trabajo que se va a utilizar durante el proyecto, el presupuesto y el seguimiento del trabajo realizado.
3. Capítulo 3. Análisis: En este apartado se realizará un estudio teórico del sistema y de las características que debe de tener para que funcione de acuerdo a los objetivos.
4. Capítulo 4. Diseño: Completa el capítulo anterior llevando el análisis a un nivel más cercano a la implementación real. Se comenta también la arquitectura del sistema.
5. Capítulo 5. Implementación: Capítulo en el cual se comentan las tecnologías y herramientas utilizadas durante el desarrollo del proyecto.
6. Capítulo 6. Pruebas: En este capítulo se detallan las pruebas realizadas sobre la aplicación.
7. Capítulo 7. Conclusiones: Capítulo final en el que se comentan los objetivos conseguidos y el trabajo futuro.



# Capítulo 2

## Planificación

En este capítulo se detalla la metodología escogida para la realización del proyecto así como su desarrollo

### 2.1. Metodología escogida

Tras una reunión con la tutora se decidió que para este Trabajo de Fin de Grado se utilizará la metodología ágil Scrum.

#### 2.1.1. Metodología Scrum

Scrum es un marco de gestión de proyectos de metodología ágil, el cual da unos herramientas a los equipos de trabajo para facilitar la estructuración y gestión de las tareas [12]. Scrum insta a los equipos a la autoevaluación continua, con el objetivo de ser los más flexibles posibles ante cualquier imprevisto que pueda surgir durante el desarrollo del proyecto o para ser lo más óptimos en el desarrollo de las tareas.

La metodología Scrum se caracteriza por una entrega incremental e iterativa, por lo que en vez de entregar el proyecto de una vez se va dividiendo el trabajo en unidades más pequeñas llamadas "sprints".

Scrum se basa en tres apartados clave: **eventos, roles y artefactos**:

##### 2.1.1.1. Eventos

La metodología Scrum define varios eventos de carácter regular con el objetivo de adaptarse lo más posible a las necesidades del proyecto y minimizar el número de reuniones: [13]

- **Sprint:** El Sprint es el evento principal de Scrum, tiene duración fija y contiene al resto de eventos. Se podría considerar un mini-proyecto, ya que tiene un objetivo claro con el fin de asegurar la calidad del producto y no desviarse de la planificación.
- **Sprint Planning:** Evento que ocurre al inicio de un Sprint en el que se reúnen todos los miembros del equipo con el fin de elegir los elementos del backlog a priorizar y cómo se abordarán.

- **Daily Scrum:** Evento diario de unos 15 minutos de duración en el que el equipo se reúne para evaluar el progreso hasta la fecha, revisar las tareas pendientes y revisar posibles dudas o problemas.
- **Sprint Review:** Evento en el cual se presentan los resultados del Sprint y se recibe retroalimentación de los stakeholders
- **Sprint Retrospective:** Último evento del Sprint en el cual el Scrum Master y el equipo de desarrollo ponen en común cómo ha ido el Sprint para ver posibles escenarios de mejora en los sprints sucesivos.

#### 2.1.1.2. Roles

La metodología Scrum presenta tres roles horizontales en los que cada uno tiene un rol definido con el fin de crear unidades independientes que aporten valor al producto en cada sprint de manera autónoma. [14]

- **Product Owner:** Es el encargado de la comunicación con los stakeholders y de hacer respetar sus directivas en materia de negocio. Ante cualquier duda se debe de respetar la opinión del Product Owner ya que es la persona que conoce la realidad del proyecto y la idea de negocio.
- **Scrum Master:** Es la persona que se encarga de que se sigan las directrices Scrum y que debe de guiar al equipo ante cualquier vicisitud que surja durante el proyecto.
- **Equipo de desarrollo:** Es la persona o personas que se encargan de la realización del proyecto. Cada profesional debe de ser capaz de aportar al proyecto de manera autónoma o en colaboración con otros miembros del equipo. Deberán entregar un incremento útil al final de cada Sprint.

## 2.2. Adaptación de Scrum al proyecto

Dado que se trata de un Trabajo de fin de Grado y el equipo es tan reducido, hasta el punto de ser solamente un alumno, que no se podrán aplicar todas las directrices de la metodología Scrum.

### 2.2.1. Weekly Scrum

Dada la peculiaridad de este proyecto, se sustituirá la Daily Scrum por una Weekly Scrum presencial entre alumno y tutora en la que además se unirán el Sprint Review, el Sprint Retrospective y el Sprint Planning.

### 2.2.2. Asignación de los roles

Al igual que comentamos antes, no se adaptarán todas las directrices debido a que el equipo desarrollador solo estará compuesto por una persona, el alumno. La Scrum Master será la tutora, porque será la que vaya marcando las pautas del trabajo y cómo se debe de ir realizando. El rol de Product Owner será compartido entre tutora y alumno ya que ambos irán aportando ideas al proyecto de forma común.

<b>Rol</b>	<b>Responsable</b>
Scrum Master	Margarita Gonzalo Tasis
Equipo de Desarrollo	Luis Blanco de la Cruz
Product Owner	Margarita Gonzalo Tasis Luis Blanco de la Cruz

Tabla 2.1: Asignación de roles

## 2.3. Plan de trabajo ideal

Se establecerá como duración de cada Sprint una semana (salvo el Sprint 1 que coincide con las vacaciones de Semana Santa) y fijando como fecha máxima para la finalización del proyecto el día 17 de junio, dando como resultado 12 Sprints. De acuerdo con lo establecido en la asignatura de Trabajo de Fin

de Grado. Mención Tecnologías de la Información se presupuestan 300 horas para la realización de este proyecto por lo que se estimarán 22 horas de trabajo por Sprint, salvo para el Sprint 1 tendrá una duración menor debido a que están las vacaciones de Semana Santa y para el sprint 12 que será más corto debido a la fecha de entrega. Las horas que falten de dedicar se irán distribuyendo naturalmente entre el resto de Sprints.

<b>Nombre</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Fin</b>
Sprint 0	14/03/2024	20/03/2024
Sprint 1	21/03/2024	03/04/2024
Sprint 2	04/07/2024	10/04/2024
Sprint 3	11/04/2024	17/04/2024
Sprint 4	18/04/2024	24/04/2024
Sprint 5	25/04/2024	01/05/2024
Sprint 6	02/05/2024	08/05/2024
Sprint 7	09/05/2024	15/05/2024
Sprint 8	16/05/2024	22/05/2024
Sprint 9	23/05/2024	29/05/2024
Sprint 10	30/05/2024	05/06/2024
Sprint 11	06/06/2024	12/06/2024
Sprint 12	13/06/2024	18/06/2024

Tabla 2.2: Calendarización de Sprints

## 2.4. Presupuesto

### 2.4.1. Presupuesto Simulado

Para la elaboración de un presupuesto para un proyecto se tienen que tener en cuenta varios factores tales como el sueldo e impuestos del equipo de desarrollo, el coste del hardware y el coste de las licencias software utilizadas en el proyecto.

Según Talent [15] el salario medio de un desarrollador en España es de 31.417€ al año o de 16,11€ la hora. Dado que para la asignatura de Trabajo de Fin de Grado se estiman 300 horas el coste del equipo de desarrollo serían 4.833€

Para el desarrollo del proyecto se utilizó un portátil HP Victus 16-e0085ns [16] con un coste de 799€ y una vida útil estimada de 5 años por lo que su coste al mes serían 13,31€ al mes. Dado que se estiman 3 meses de trabajo su coste amortizado serían 39,95€. También se utilizó un monitor AOC 24G2U5/BK [17] con un coste de 249€ y una vida útil de 10 años por lo que su coste al mes serían 2,075€. Dado que se estiman 3 meses de trabajo su coste amortizado serían 6,23€. Para las pruebas se utilizó un teléfono móvil Google Pixel 7a [18] con un coste de 509€ y de vida útil 4 años por lo que su coste al mes serían 10,60€. Dado que se estiman 3 meses de trabajo su coste amortizado serían 31,82€.

Para el desarrollo software se utilizan programas con licencia gratuita salvo Astah Professional y Microsoft 365. El coste mensual de una licencia de Astah Professional es de 8,99€ al mes [19] por lo que el coste amortizado durante el proyecto serán 26,97€. Una licencia de Microsoft 365 Estándar tiene un coste de 11,7€ al mes [20] por lo que el coste para el proyecto serán 35,1€.

Debido a posibles imprevistos durante el desarrollo, al coste total se añadirá un 20 % para poder paliarlos.

Concepto	Coste
Sueldo	4.833€
Portátil	39,95€
Monitor	6,23€
Móvil	31,82€
Astah	26,97€
Microsoft 365	35,1€
<b>Total</b>	<b>4973,07€</b>
<b>Total+20 %</b>	<b>5967,68€</b>

Tabla 2.3: Tabla de costes simulados

### 2.4.2. Presupuesto Real

Dado que este es un proyecto de un Trabajo de Fin de Grado realizado por un alumno universitario el coste del sueldo no se aplica. En el apartado de licencias, éstas son proporcionadas por la Universidad de Valladolid, por lo que su coste sería nulo también. En el apartado de hardware sí que se deberían de aplicar sus costes ya que el material utilizado es propiedad del alumno y su desgaste es real.

## 2.5. Análisis de riesgos

A continuación, se detalla los distintos riesgos del proyecto y el plan de contingencia elegido para cada uno de ellos.



Concepto	Coste
Portátil	39,95€
Monitor	6,23€
Móvil	31,82€
<b>Total</b>	<b>78€</b>

Tabla 2.4: Tabla de costes reales

Para cada analizar correctamente cada riesgo se deberá tener en cuenta dos valores: el impacto que tiene sobre el proyecto y la probabilidad de que el riesgo ocurra. Esta tabla muestra la exposición al riesgo en función de los dos valores anteriormente mencionados.

Impacto/Probabilidad	100-81 %	80-61 %	60-41 %	40-21 %	20-0 %
<b>Catastrófico</b>	Alto	Alto	Moderado	Moderado	Bajo
<b>Crítico</b>	Alto	Alto	Moderado	Bajo	Ninguno
<b>Marginal</b>	Moderado	Moderado	Bajo	Ninguno	Ninguno
<b>Despreciable</b>	Moderado	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno

Tabla 2.5: Matriz de exposición de riesgos [21]

Cada riesgo se mostrará en una tabla que cuenta con, además del nombre e identificador, seis campos: Descripción, Probabilidad, Impacto, Exposición, Plan de Mitigación y Plan de Contingencia.

<b>R01 - Fallo en la Planificación</b>	
<b>Descripción</b>	La planificación del proyecto es insuficiente para desarrollar las tareas y por ello no se cumplen los plazos establecidos
<b>Probabilidad</b>	60 %
<b>Impacto</b>	Crítico
<b>Exposición</b>	Alto
<b>Plan de Mitigación</b>	Ajustarse a la calendarización lo máximo posible
<b>Plan de Contingencia</b>	Priorizar tareas y revisar periódicamente la planificación

Tabla 2.6: R01 - Fallo en la Planificación

<b>R02 – Indisponibilidad del Desarrollador</b>	
<b>Descripción</b>	El desarrollador no puede dedicar al proyecto el tiempo suficiente resultando en una demora en los tiempos planificados,
<b>Probabilidad</b>	55 %
<b>Impacto</b>	Crítico
<b>Exposición</b>	Moderado
<b>Plan de Mitigación</b>	Cumplir al máximo posible con los tiempos marcados,
<b>Plan de Contingencia</b>	Replanificar las tareas y dedicar más horas a la semana de las planificadas.

Tabla 2.7: R02 – Indisponibilidad del Desarrollador

<b>R03 – Indisponibilidad del Tutor</b>	
<b>Descripción</b>	El tutor no puede dedicar al proyecto el tiempo suficiente resultando en una demora en los tiempos planificados.
<b>Probabilidad</b>	20 %
<b>Impacto</b>	Crítico
<b>Exposición</b>	Ninguno
<b>Plan de Mitigación</b>	Cumplir con los objetivos marcados e incluir un colchón de seguridad en la planificación.
<b>Plan de Contingencia</b>	Replanificar tareas, paralelizando algunas si fuera necesario.

Tabla 2.8: R03 – Indisponibilidad del Tutor

<b>R04 – Pérdida de Datos y/o Documentos</b>	
<b>Descripción</b>	Por algún motivo, se pierden total o parcialmente los datos y/o documentos del proyecto.
<b>Probabilidad</b>	10 %
<b>Impacto</b>	Catastrófico
<b>Exposición</b>	Bajo
<b>Plan de Mitigación</b>	Tener copias de seguridad en la nube de todo lo que sea posible. Actualizar dichas copias cada vez que haya un progreso significativo en el proyecto.
<b>Plan de Contingencia</b>	Replanificar las tareas en función de los datos perdidos.

Tabla 2.9: R04 – Pérdida de Datos y/o Documentos

<b>R05 – Falta de Experiencia</b>	
<b>Descripción</b>	El desarrollador no conoce lo suficiente una o varias tecnologías y ello le retrasa en su avance con las tareas.
<b>Probabilidad</b>	70 %
<b>Impacto</b>	Crítico
<b>Exposición</b>	Bajo
<b>Plan de Mitigación</b>	Tener copias de seguridad en la nube de todo lo que sea posible. Actualizar dichas copias cada vez que haya un progreso significativo en el proyecto.
<b>Plan de Contingencia</b>	Replanificar las tareas en función de los datos perdidos.

Tabla 2.10: R05 – Falta de Experiencia

<b>R06 – Mal Diseño</b>	
<b>Descripción</b>	El diseño inicial no se ajusta a lo demandado por el proyecto.
<b>Probabilidad</b>	50 %
<b>Impacto</b>	Crítico
<b>Exposición</b>	Moderado
<b>Plan de Mitigación</b>	Tener comunicación fluida con el tutor ante cualquier posible duda.
<b>Plan de Contingencia</b>	Corregir los posibles errores y replanificar las tareas afectadas.

Tabla 2.11: R06 – Mal Diseño

## 2.6. Plan de trabajo real

### 2.6.1. Sprint 0

<b>Nombre Tarea</b>	<b>Estado</b>	<b>Duración</b>
Creación del proyecto en Latex	Completada	3
Investigación de APIs del catastro	Completada	6
Aprendizaje del lenguaje de programación Dart	En proceso	4
Aprendizaje del SDK Flutter	En proceso	5
Búsqueda de información sobre TFGs con información del cálculo de la huella de carbono	Completada	2
Búsqueda de herramientas sobre cálculo de huella de carbono	En proceso	2
Inicio de creación de requisitos	Completada	2
<b>Total horas</b>		<b>24</b>

Tabla 2.12: Tareas del Sprint 0

### 2.6.2. Sprint 1

Nombre Tarea	Estado	Duración
Investigación y aprendizaje del Método Scrum	Completada	6
Redacción de la Planificación de la memoria	Completada	5
Redacción de la Introducción de la memoria	En proceso	4
Redacción de la parte de Riesgos de la memoria	En proceso	3
Aprendizaje sobre PyCatastro	Completada	3
Aprendizaje sobre Python	Completada	7
Creación de una demo basada en PyCatastro	Completada	10
<b>Total horas</b>		<b>38</b>

Tabla 2.13: Tareas del Sprint 1

### 2.6.3. Sprint 2

Nombre Tarea	Estado	Duración
Lista de Requisitos iniciales	Completada	4
Creación de prototipo en papel de la interfaz	Completada	3
Investigación de aplicaciones similares	En proceso	2
Investigación para obtención de fórmulas del cálculo de la huella de carbono	Completada	3
Redacción del presupuesto de la memoria	Completada	3
Desglose Tecnologías utilizadas	En proceso	2
Aprendizaje del SDK Flutter	Completada	3
Programación de una demo en Flutter	Completada	5
<b>Total horas</b>		<b>25</b>

Tabla 2.14: Tareas del Sprint 2

### 2.6.4. Sprint 3

Nombre Tarea	Estado	Duración
Programación de las fórmulas de cálculo de la huella de carbono en cultivos	Completada	5
Programación de las fórmulas de cálculo de la huella de carbono en fertilizantes	Completada	3
Programación de las fórmulas de cálculo de la huella de carbono en estiércoles	Completada	2
Investigación sobre UML y diseño de software	Completada	4
Creación de los casos de uso iniciales	Completada	3
Creación del modelo de dominio inicial	Completada	3
Aprendizaje sobre la conexión entre Python y Flutter	En proceso	5
<b>Total horas</b>		<b>25</b>

Tabla 2.15: Tareas del Sprint 3

### 2.6.5. Sprint 4

Nombre Tarea	Estado	Duración
Redacción apartado Contexto	En proceso	7
Búsqueda de aplicaciones similares	Completada	6
Corrección modelo de dominio y diagrama de clases	Completada	3
Aprendizaje sobre la conexión entre Python y Flutter	Completada	6
<b>Total horas</b>		<b>22</b>

Tabla 2.16: Tareas del Sprint 4

### 2.6.6. Sprint 5

Nombre Tarea	Estado	Duración
Creación de la versión Beta de la Aplicación	Completada	29
<b>Total horas</b>		<b>29</b>

Tabla 2.17: Tareas del Sprint 5

### 2.6.7. Sprint 6

Nombre Tarea	Estado	Duración
Redacción apartado Contexto	Completada	7
Investigación sobre mapas y Python/Flutter	En proceso	6
Redacción apartado fórmulas	Completada	6
Corrección de usabilidad en la Demo	Completada	2
<b>Total horas</b>		21

Tabla 2.18: Tareas del Sprint 6

### 2.6.8. Sprint 7

Nombre Tarea	Estado	Duración
Investigación sobre Análisis	Completada	4
Investigación sobre mapas y Python/Flutter	Completada	5
Integración Mapbox en la aplicación	En Proceso	6
Redacción apartado Análisis	En Proceso	6
<b>Total horas</b>		21

Tabla 2.19: Tareas del Sprint 7

### 2.6.9. Sprint 8

Nombre Tarea	Estado	Duración
Creación de la versión 1.0 de la aplicación con toda la funcionalidad	Completada	20
Redacción apartado Análisis	Completada	5
<b>Total horas</b>		25

Tabla 2.20: Tareas del Sprint 8

### 2.6.10. Sprint 9

Nombre Tarea	Estado	Duración
Corrección bugs aplicación	Completada	4
Investigación sobre Diseño	Completada	7
Investigación sobre Usabilidad	Completada	4
Redacción apartado Diseño	En Proceso	5
<b>Total horas</b>		20

Tabla 2.21: Tareas del Sprint 9

**2.6.11. Sprint 10**

<b>Nombre Tarea</b>	<b>Estado</b>	<b>Duración</b>
Revisión apartados varios de la memoria	Completada	3
Revisión apartado Análisis	Completada	2
Redacción apartado Diseño	En proceso	4
Creación de los Test de Usabilidad	Completada	2
Realización de los Test de Usabilidad	Completada	2
Validación en la aplicación	En proceso	8
<b>Total horas</b>		<b>21</b>

Tabla 2.22: Tareas del Sprint 10

**2.6.12. Sprint 11**

<b>Nombre Tarea</b>	<b>Estado</b>	<b>Duración</b>
Validación en la aplicación	Completada	6
Redacción apartado Diseño	Completada	7
Redacción apartado Pruebas	Completada	5
Adecuación visual de la aplicación	En proceso	3
<b>Total horas</b>		<b>21</b>

Tabla 2.23: Tareas del Sprint 11

**2.6.13. Sprint 12**

<b>Nombre Tarea</b>	<b>Estado</b>	<b>Duración</b>
Adecuación visual de la aplicación	En proceso	14
Finalización de la memoria	Completada	10
<b>Total horas</b>		<b>24</b>

Tabla 2.24: Tareas del Sprint 12





# Capítulo 3

## Análisis

### 3.1. Introducción

En este capítulo hablaremos del funcionamiento de la aplicación desde el punto de vista del análisis. Elicitaremos los requisitos y se estudiarán los posibles casos de uso y actores.

### 3.2. Especificación de requisitos

#### 3.2.1. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales son aquellos servicios que debe proporcionar el sistema y cómo se debe comportar ante entradas particulares [22].

<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
RF01	Cálculo de la huella de carbono	El sistema permitirá el cálculo de la huella de carbono.
RF02	Identificar parcela	El sistema deberá identificar una explotación agrícola de forma única por una referencia catastral o el punto GPS de dicha explotación.
RF03	Introducir datos parcela	EL sistema deberá ofrecer introducir un punto GPS o una referencia catastral perteneciente a una explotación agrícola.
RF04	Introducir datos cultivos	El sistema deberá permitir introducir valores de abono, fertilizante y cultivos para realizar el cálculo de la huella de carbono.
RF05	Identificar vehículo	El sistema deberá identificar el vehículo con el que se realizan las tareas agrícolas.

RF06	Introducir datos vehículo	El sistema deberá permitir introducir valores de combustible y tipo para realizar el cálculo de la huella de carbono.
RF07	Visualizar resultados	El sistema deberá permitir al usuario visualizar la ruta y los cálculos de su huella de carbono

Tabla 3.1: Requisitos Funcionales

### 3.2.2. Requisitos No Funcionales

Los requisitos no funcionales son aquellas restricciones que no tienen que ver con las funciones del sistema en sí, si no como se desarrolla e implementa.

ID	Nombre	Descripción
RNF01	Uso de la aplicación	La aplicación podrá de ser usada de diversas maneras tanto en PC como en dispositivos móviles.
RNF02	Navegadores soportados	La aplicación deberá de soportar los navegadores Microsoft Edge, Mozilla Firefox y Google Chrome
RNF03	Codificación de caracteres	La aplicación deberá de usar el formato de codificación UTF-8
RNF04	Eficiencia	La aplicación deberá de responder en menos de 5 segundos a cada interacción del usuario
RNF05	Facilidad de Aprendizaje	Será necesario diseñar la aplicación de modo que el usuario pueda deducir cómo usarla explorando la interfaz
RNF06	Mapas	La aplicación utilizará un servicio de mapas para la visualización de los resultados.

Tabla 3.2: Requisitos No Funcionales

### 3.2.3. Requisitos de Información

ID	Nombre	Descripción
RI01	Información parcela	El sistema debe permitir al usuario introducir la referencia catastral y las coordenadas de su explotación
RI02	Información cultivo	El sistema debe permitir al usuario seleccionar su tipo de cultivo y la cantidad que siembra
RI03	Información vehículo	El sistema debe permitir al usuario seleccionar su tipo de vehículo, su combustible y dónde se guarda
RI04	Información fertilizante	El sistema debe permitir al usuario seleccionar su tipo de fertilizante y la cantidad que utiliza
RI05	Información	El sistema debe permitir al usuario seleccionar su tipo primario de abono, su tipo secundario de abono y la cantidad que utiliza.

Tabla 3.3: Requisitos de Información

## 3.3. Casos de uso

### 3.3.1. Actores

Se ha identificado únicamente un actor principal en este proyecto: el usuario que utiliza la aplicación.

- **Usuario:** Aquella persona que interactúa con la aplicación para obtener sus coordenadas, su referencia catastral o su huella de carbono.

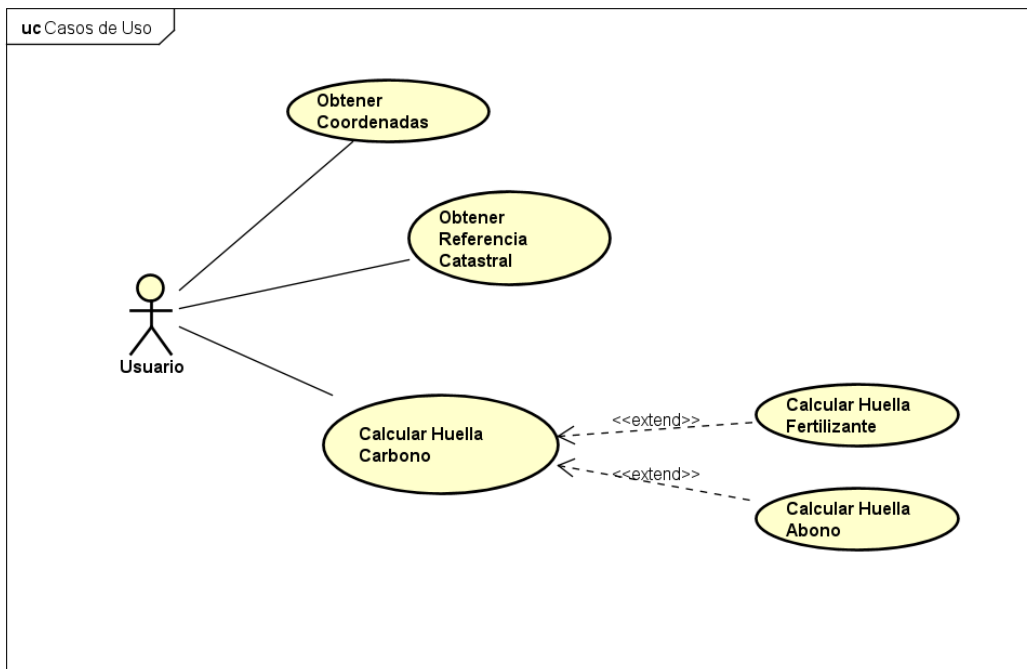


Figura 3.1: Diagrama de Casos de Uso

### 3.3.2. Descripción de los Casos de Uso

ITEM	VALUE
UseCase	Obtener Coordenadas
Summary	El usuario desea obtener las coordenadas de su parcela mediante una referencia catastral.
Actor	Usuario
Precondition	Ninguna
Postcondition	Ninguna
Base Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario introduce la referencia catastral</li> <li>2. El sistema comprueba que existe una parcela asociada a esa referencia catastral y muestra por pantalla la latitud y longitud.</li> </ol>
Branch Sequence	
Exception Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Si la referencia catastral no está en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>2.a Si no hay una parcela asociada a esa referencia catastral, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> </ol>
Sub UseCase	
Note	

Figura 3.2: Caso de uso 1: Obtener Coordenadas

ITEM	VALUE
UseCase	Obtener Referencia Catastral
Summary	El usuario desea obtener la referencia catastral de su parcela mediante unas coordenadas.
Actor	Usuario
Precondition	Ninguna
Postcondition	Ninguna
Base Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario introduce la latitud y longitud</li> <li>2. El sistema comprueba que existe una parcela asociada a esas coordenadas y muestra por pantalla la referencia catastral.</li> </ol>
Branch Sequence	
Exception Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Si las coordenadas no está en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>2.a Si no hay una parcela asociada a esas coordenadas, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> </ol>
Sub UseCase	
Note	

Figura 3.3: Caso de uso 2: Obtener Coordenadas

ITEM	VALUE
UseCase	Calcular Huella Carbono
Summary	El usuario desea obtener la huella de carbono de su explotación agrícola.
Actor	Usuario
Precondition	Ninguna
Postcondition	Se muestra por pantalla los resultados del cálculo y el mapa de la ruta de transporte.
Base Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario introduce la provincia y la referencia catastral de su explotación agrícola y las opciones de utilizar fertilizante y estiércol.</li> <li>2. El sistema comprueba que existe una parcela asociada a esa provincia y a esa referencia catastral.</li> <li>3. El usuario introduce el tipo de cultivo y la cantidad.</li> <li>4. El sistema comprueba que el tipo de cultivo es correcto y realiza cálculos/calcula el CO2 de los cultivos.</li> <li>5. El usuario introduce el tipo de vehículo, el tipo de combustible, el número de viajes y las coordenadas del garaje.</li> <li>6. El sistema comprueba que el tipo de vehículo, el combustible y las coordenadas son correctas y realiza cálculos/calcula el CO2 del transporte.</li> <li>7. El sistema muestra los resultados por pantalla y el caso de uso finaliza</li> </ol>
Branch Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>6.a Caso de uso CU-04 Calcular Huella Fertilizante</li> <li>6.b Caso de uso CU-05 Calcular Huella Abono</li> </ol>
Exception Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Si la referencia catastral o la provincia no están en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>2.a Si no hay una parcela asociada a esa referencia catastral, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>3a. Si el tipo de cultivo y la cantidad no están en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>4a. Si no hay un tipo de cultivo igual al indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>5a. Si el tipo de vehículo, el tipo de combustible, la cantidad de viajes y las coordenadas de garaje no están en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>6a. Si no hay un tipo de vehículo o de combustible igual al indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> </ol>
Sub UseCase	
Note	

Figura 3.4: Caso de uso 3: Calcular Huella Carbono

ITEM	VALUE
UseCase	Calcular Huella Fertilizante
Summary	
Actor	
Precondition	El usuario ha introducido todos los datos requeridos para el cálculo de la huella de carbono y el CU-03: Calcular Huella Carbono haber sido iniciado
Postcondition	Continúa el CU-03
Base Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario introduce el tipo de fertilizante y la cantidad.</li> <li>2. El sistema comprueba que el tipo de fertilizante es correcto, calcula el CO2 del fertilizante y continúa en el CU-03.</li> </ol>
Branch Sequence	
Exception Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Si el tipo de fertilizante o la cantidad no están en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>2.a Si no hay un tipo de fertilizante igual al indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> </ol>
Sub UseCase	
Note	

Figura 3.5: Caso de uso 4: Calcular Huella Fertilizante

ITEM	VALUE
UseCase	Calcular Huella Abono
Summary	
Actor	
Precondition	El usuario ha introducido todos los datos requeridos para el cálculo de la huella de carbono y el CU-03: Calcular Huella Carbono haber sido iniciado
Postcondition	Continúa el CU-03
Base Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario introduce el tipo primario de abono, el tipo secundario de abono y la cantidad.</li> <li>2. El sistema comprueba que los tipos de abono son correctos, calcula el CO2 del abono y continúa el CU-03.</li> </ol>
Branch Sequence	
Exception Sequence	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Si el tipo primario de abono, el tipo secundario de abono o la cantidad no están en el formato indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> <li>2.a Si no hay un tipo de abono igual al indicado, el sistema muestra un mensaje de error y el Caso de Uso queda sin efecto.</li> </ol>
Sub UseCase	
Note	

Figura 3.6: Caso de uso 5: Calcular Huella Abono



### 3.3.3. Diagramas de Secuencia

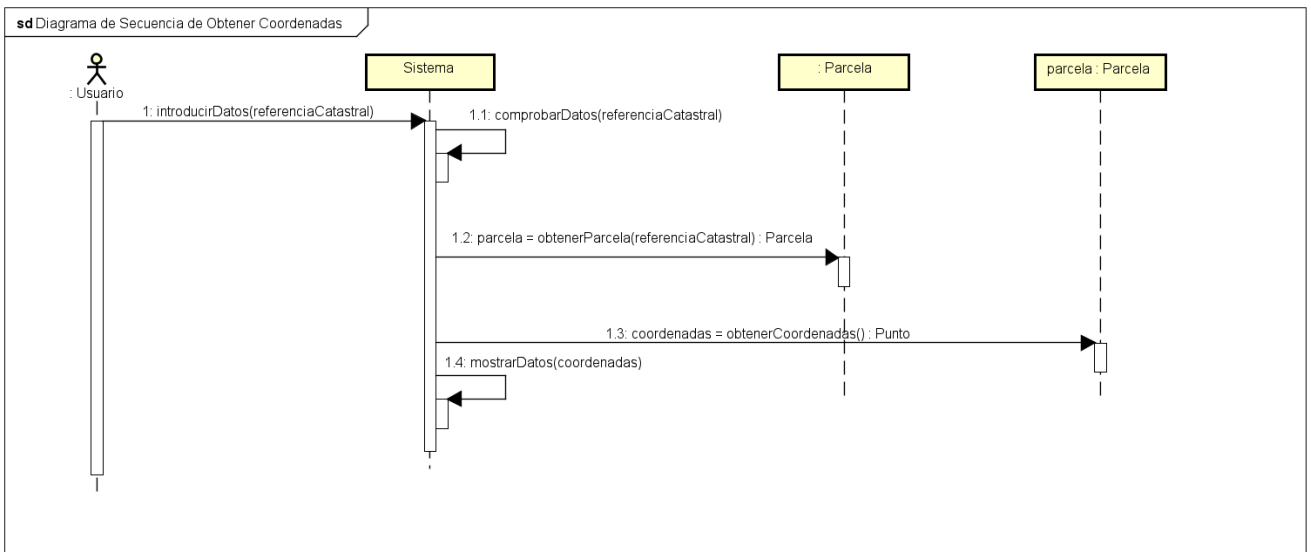


Figura 3.7: Diagrama de Secuencia CU-01

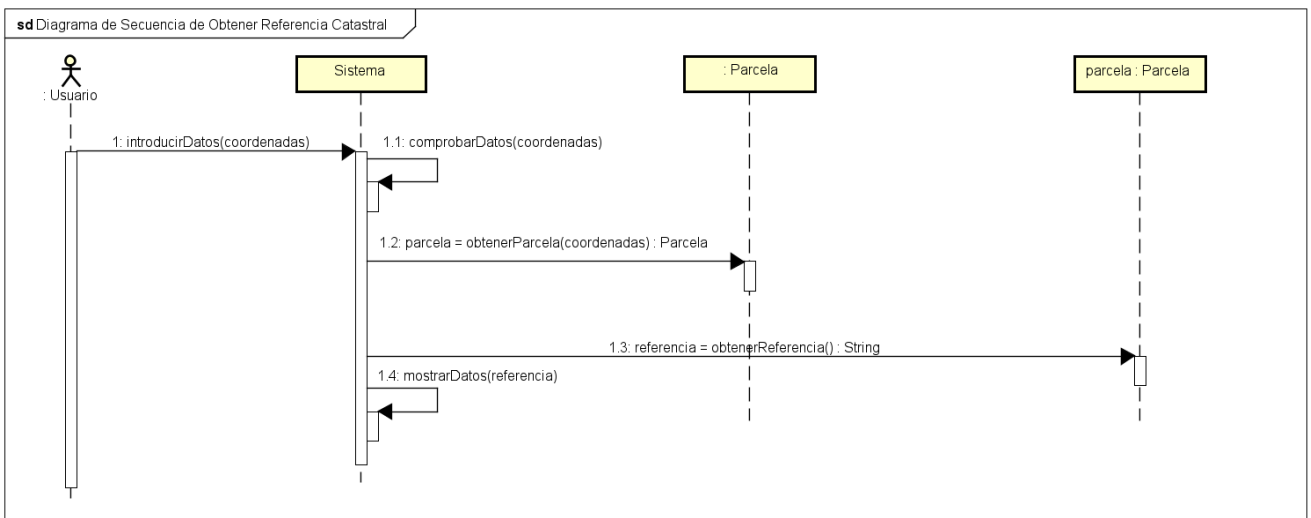


Figura 3.8: Diagrama de Secuencia CU-02

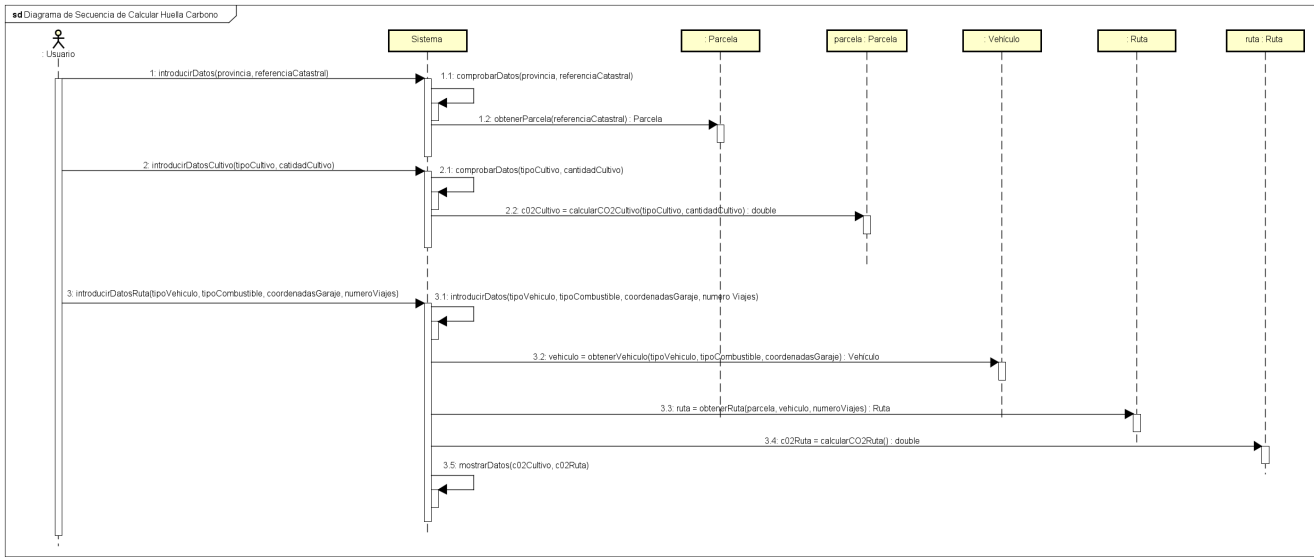


Figura 3.9: Diagrama de Secuencia CU-03

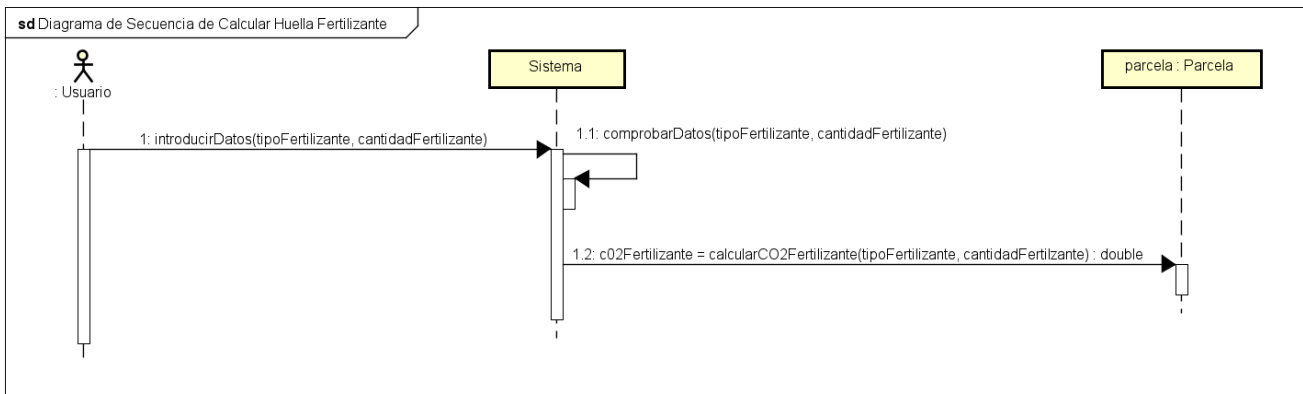


Figura 3.10: Diagrama de Secuencia CU-04

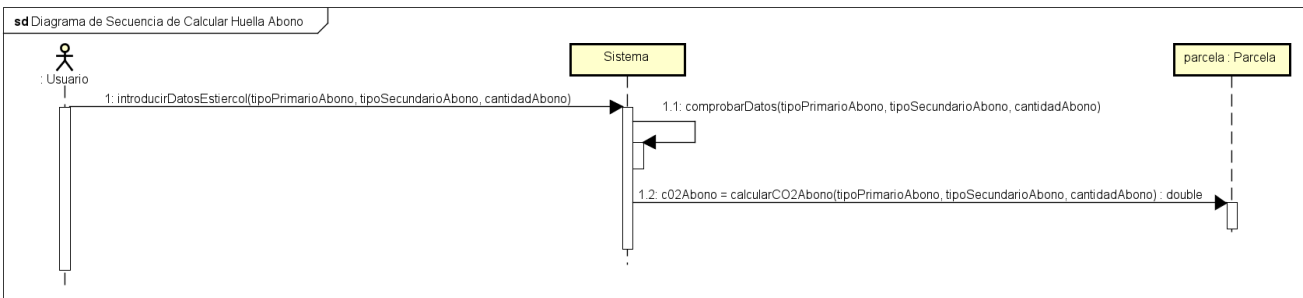


Figura 3.11: Diagrama de Secuencia CU-05

### 3.4. Modelo de dominio

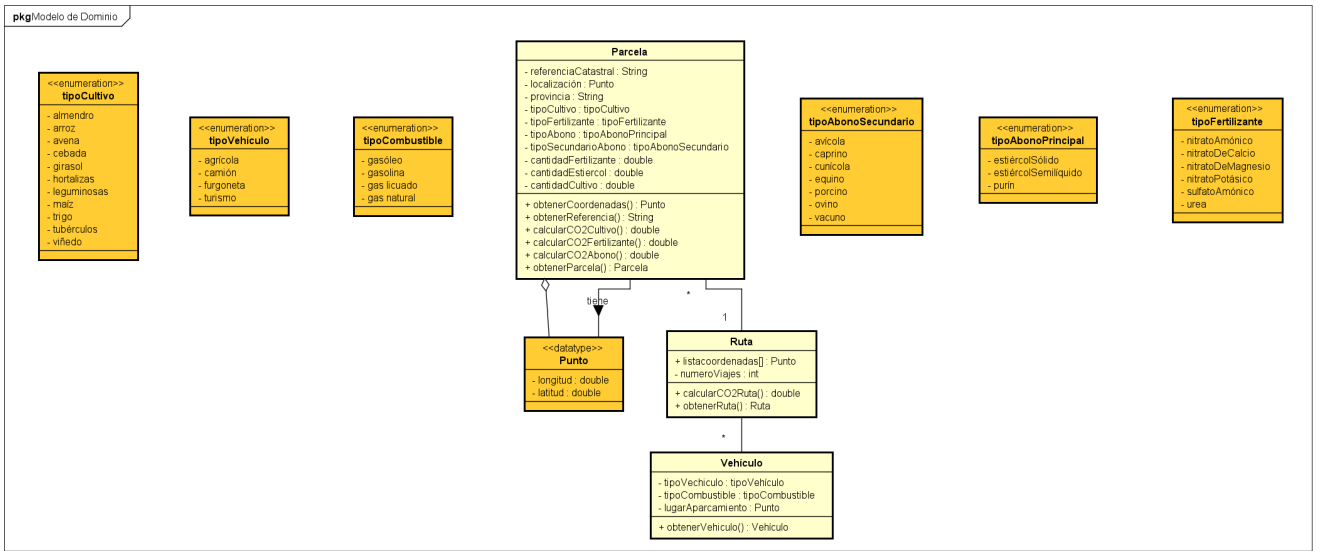


Figura 3.12: Diagrama del Modelo de Dominio



# Capítulo 4

## Diseño

En este capítulo detallaremos el diseño propuesto para la aplicación así como los patrones utilizados para la realización de la aplicación.

### 4.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura elegida para esta aplicación ha sido la de Cliente-Servidor debido a las limitaciones de Flutter al acceso a los datos de un backend. Al estar Flutter enfocado al diseño frontend y ser relativamente joven no dispone de suficientes herramientas como para sostener una aplicación completa en sí misma, teniendo que depender de terceros para completar todas las funcionalidades.

Tras una investigación de todas las opciones disponibles se decidió crear un servidor Python sobre el que se realizarán peticiones HTTP para obtener los cálculos necesarios para la aplicación.

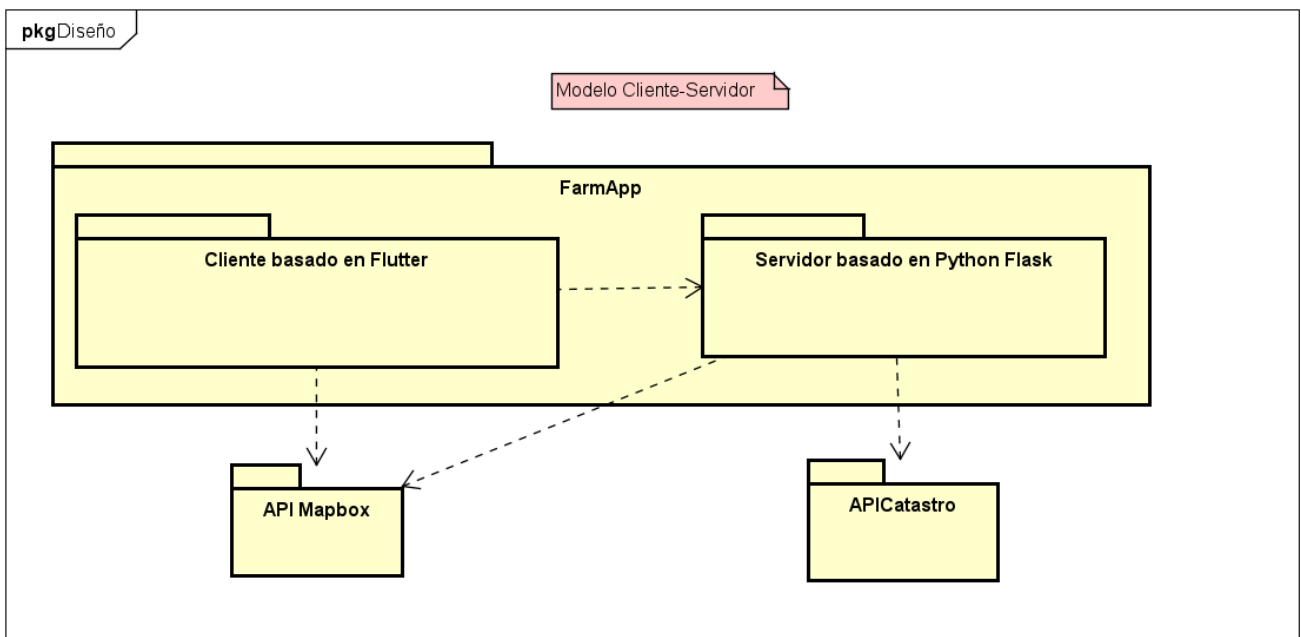


Figura 4.1: Arquitectura del sistema

### 4.1.1. Diagramas Modules and Uses Style del cliente y del servidor

Las vistas de módulos muestran estructuras de arquitectura en las que los elementos son unidades de implementación, o módulos. Los módulos deben representarse en UML como paquetes, clases o interfaces.

La vista del *Uses Style* describe las dependencias de uso entre módulos. En UML, las dependencias se muestran utilizando la flecha de dependencia.

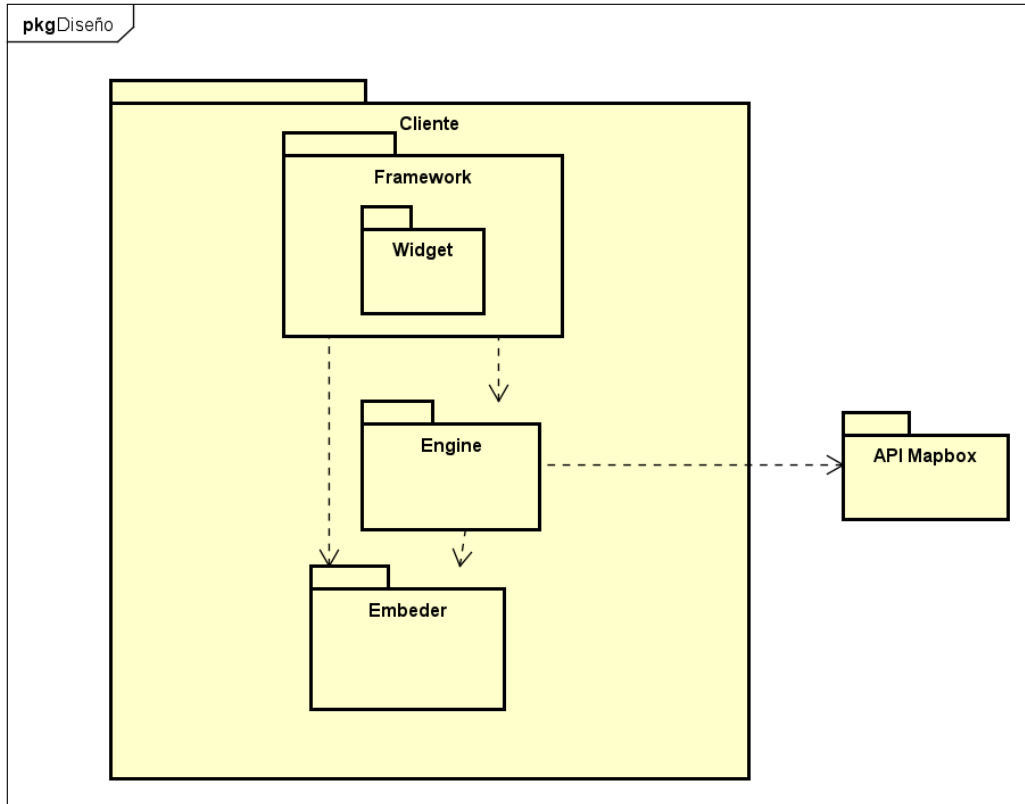


Figura 4.2: Diagrama Modules and Uses Style del cliente

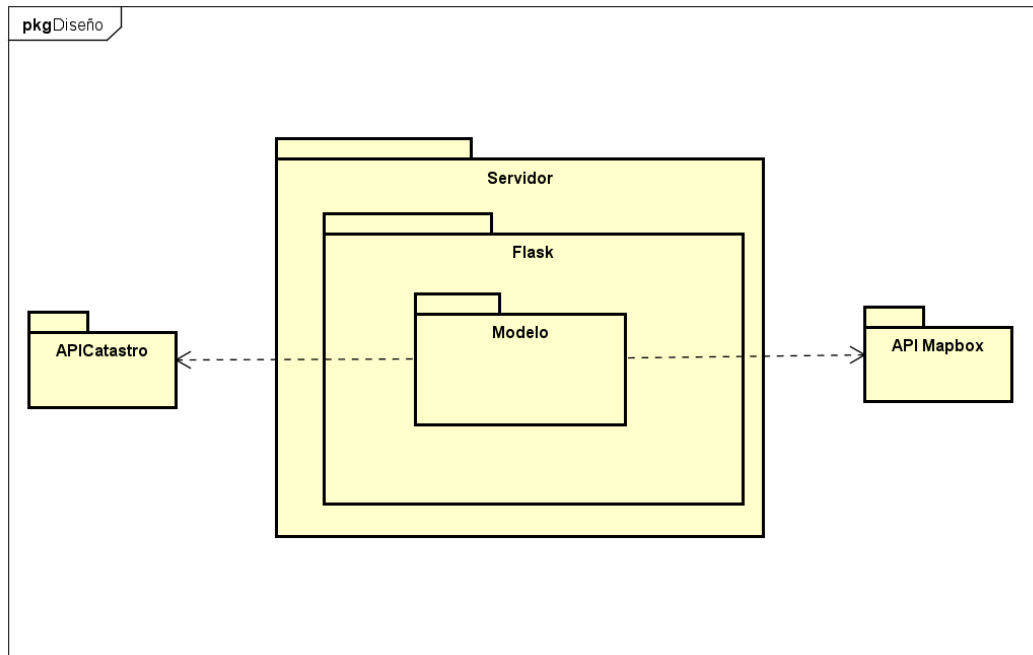


Figura 4.3: Diagrama Modules and Uses Style del servidor

## 4.2. Patrones arquitectónicos

### 4.2.1. Cliente basado Flutter

El framework Flutter está diseñado como una arquitectura de capas extensible. Cada capa existe como una biblioteca independiente ,pero, que depende de la capa subyacente. Ninguna capa tiene acceso privilegiado a la capa anterior y todas las capas están diseñadas para ser opcionales e intercambiables [23].

Toda nuestra aplicación está basada en widgets, que son los componentes básicos de la interfaz de usuario de Flutter. Funcionan con una jerarquía de anidación en la que cada widget hereda el contexto del padre y todos depende de un widget raíz.

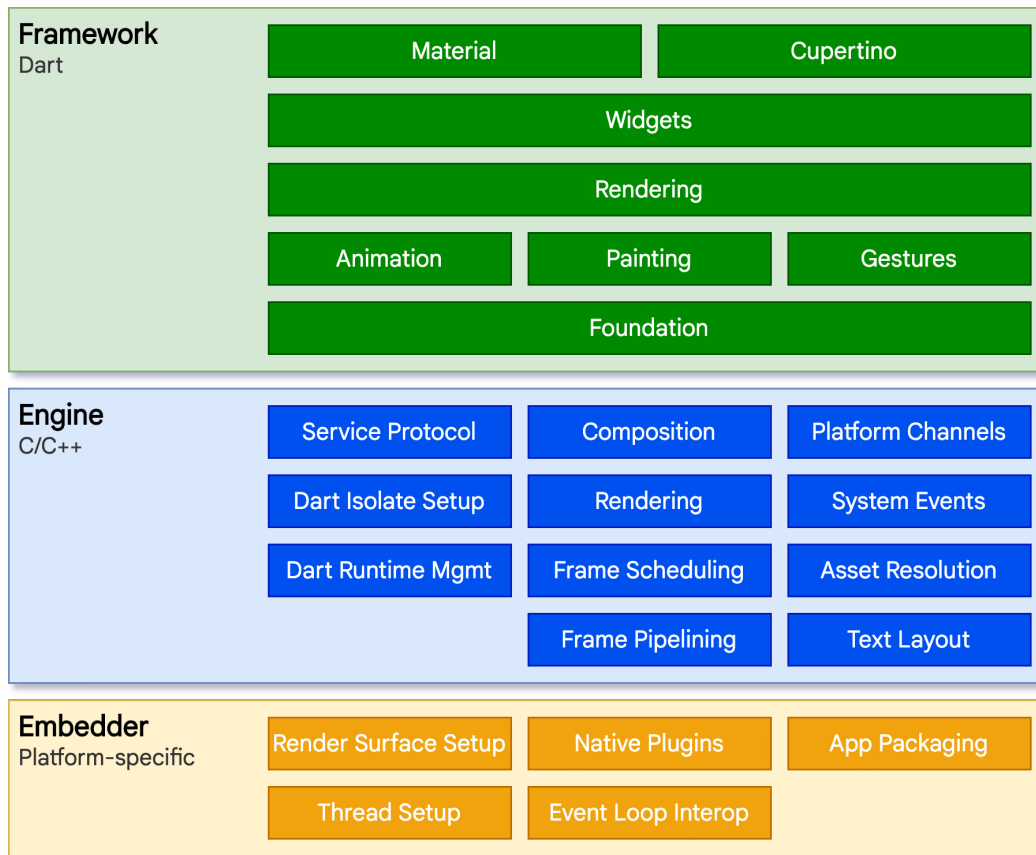


Figura 4.4: Arquitectura de capas de Flutter

### 4.2.2. Cliente Python Flask

Una vez decidido todo el diseño del cliente, para la comunicación necesitábamos un servidor que aceptase peticiones HTTP simples, realizando los cálculos y devolviendo los resultados al cliente. Debido a la simpleza de las peticiones necesarias, se decidió implementar una versión básica de Flask para la comunicación con el cliente y dentro tener el modelo que se encargaría de realizar los cálculos y las peticiones a las APIs externas.

## 4.3. Usabilidad

Para el apartado de usabilidad nos hemos centrado en tres atributos principales de usabilidad: **facilidad de aprendizaje, facilidad de recuerdo y gestión de errores.**

Para la **gestión de errores** se han tomado tres decisiones fundamentales:

- Limitación de introducción de caracteres para evitar que en las zonas de introducción de cantidades se introduzca nada que no sea un número, una coma o un menos.
- Introducción de selectores para facilitar la introducción de los datos y limitar las variables introducidas.



- El mostrar alertas concisas para que el usuario identifique correctamente el error cometido y pueda subsanarla lo más fácilmente posible. Podemos ver un ejemplo en la figura 4.5.



Figura 4.5: Alerta de error

Hablando de los apartados de **facilidad de aprendizaje** y **facilidad de recuerdo** éstos se centran en que un usuario pueda deducir por sí mismo cómo funciona un sistema explorando la interfaz y recordar cómo funciona el sistema después de haberlo usado.

Para lograr esto nos hemos centrado en realizar una interfaz lo más limpia posible en la que todos los elementos sean lo suficientemente descriptivos. Además, no hemos sobrecargado cada pantalla mostrada, a costa de aumentar el número de pasos para llegar a los resultados pero compartimentando cada paso que sea lo más claro posible al usuario. Podemos ver un ejemplo de esta interfaz en la figura 4.6.



Figura 4.6: Ejemplo de la interfaz

## 4.4. Diseño del prototipo

A partir de las guías de diseño de cada uno de los atributos de usabilidad seleccionados, que se deben aplicar se construyó el prototipo de la aplicación. Este diseño fue elaborado con la herramienta *Balsamiq Wireframes* [24]

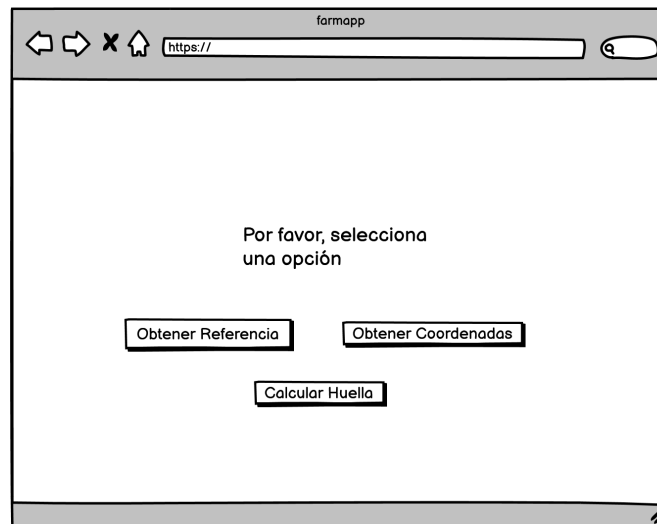


Figura 4.7: Pantalla de inicio

En la figura 4.7 podemos ver la pantalla inicial en la que se nos presentaran las tres opciones disponibles para el usuario.

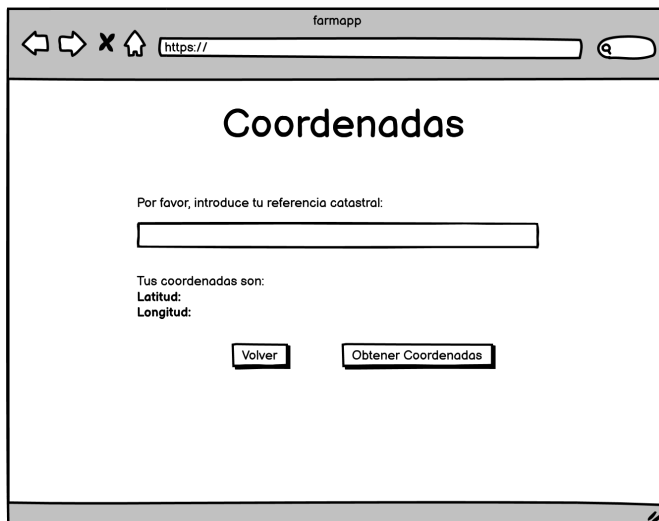


Figura 4.8: Pantalla de Referencia Catastral

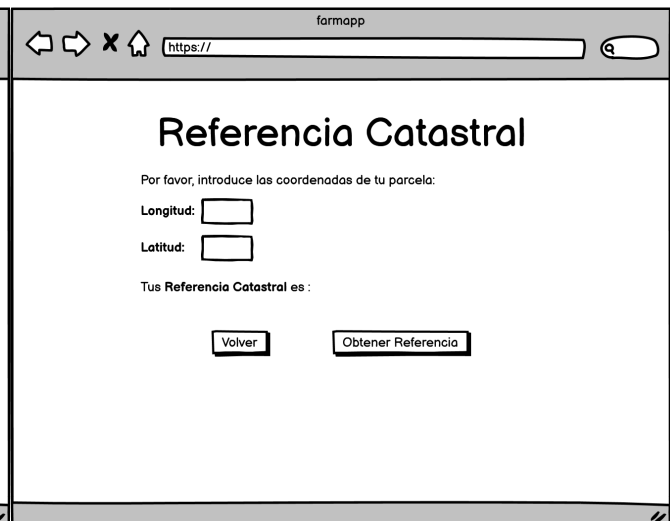


Figura 4.9: Pantalla de Referencia Catastral

En las figuras 4.8 y 4.9 podemos ver las opciones de *Obtener Coordenadas* y *Obtener Referencia Catastral*. Ambas opciones son autoconclusivas y no llevan a otras pantallas.

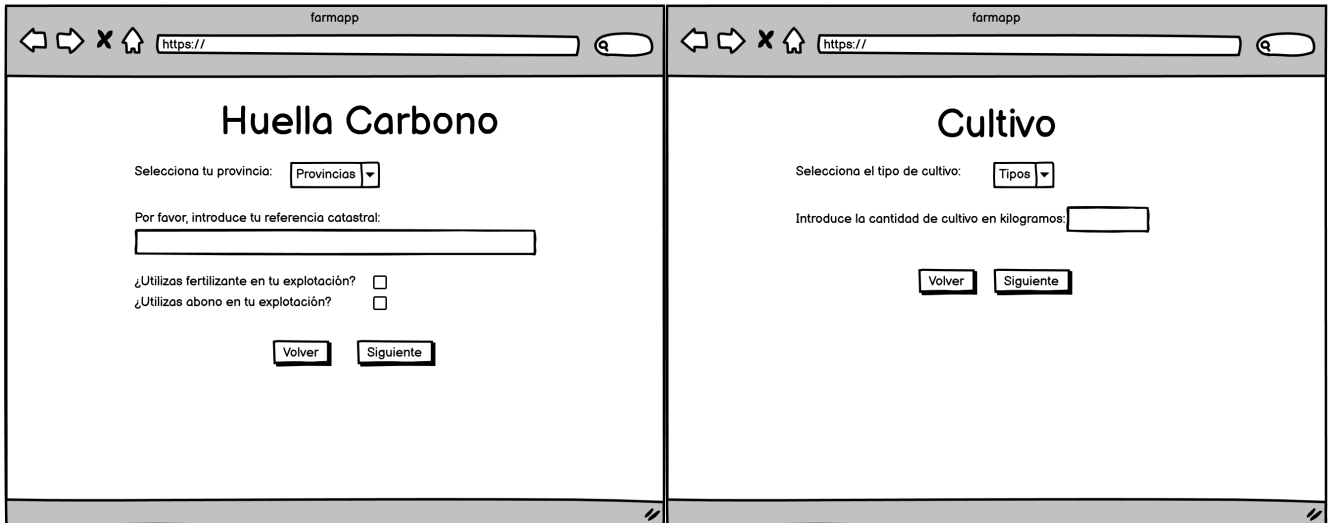


Figura 4.10: Pantalla de Huella de Carbono

Figura 4.11: Pantalla de Cultivo

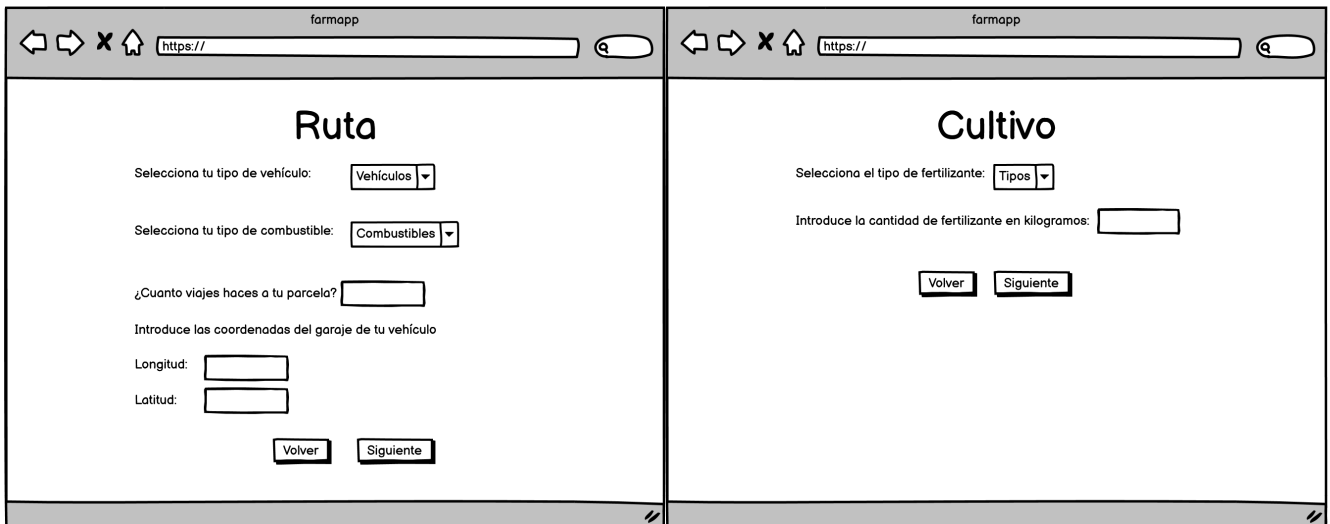


Figura 4.12: Pantalla de Ruta

Figura 4.13: Pantalla de Fertilizante

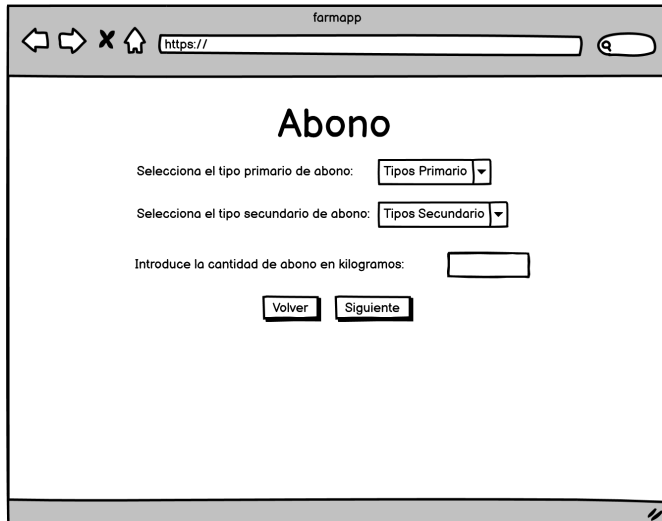


Figura 4.14: Pantalla de Abono



Figura 4.15: Pantalla de Resultados

Para acabar, desde la figura 4.10 hasta la figura 4.15 podemos ver toda la secuencia de *Calcular Huella Carbono* desde la pantalla inicial hasta la pantalla de muestra de los resultados.

## 4.5. Design by privacy

Según la AEPD, la protección de datos desde el diseño es enfocar el diseño de una plataforma o aplicación teniendo ya en mente y aplicando desde el principio las medidas técnicas adecuadas para asegurar la protección de los datos de los usuarios [25].

Por ello, y como nuestra aplicación no almacena ningún dato personal, podemos afirmar que nuestra aplicación cumple con el principio de privacidad de datos.

# Capítulo 5

## Implementación

### 5.1. Tecnologías utilizadas

En este apartado se desgranarán las tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo de este proyecto.

#### 5.1.1. Overleaf



Figura 5.1: Logo de Overleaf

Para el desarrollo de la memoria se utilizó el procesador de Latex online Overleaf [26]. Se decidió utilizar esta herramienta debido a la facilidad que supone tener la memoria alojada online accesible desde cualquier dispositivo y para facilitar también todas las correcciones de la tutora a la memoria.

#### 5.1.2. Visual Studio Code



Figura 5.2: Logo de Visual Studio Code

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el editor de código fuente gratuito Visual Studio Code [27]. Se optó por esta herramienta por su versatilidad para el desarrollo en varios lenguajes y el abanico de extensiones del que dispone.

### 5.1.3. Python



Figura 5.3: Logo de Python

Uno de los lenguajes de programación utilizados fue Python [28]. Python es un lenguaje de programación interpretado utilizado ampliamente en todo el sector y se decantó por su uso debido a que la API utilizada para la comunicación con el Catastro está desarrollada en este lenguaje

### 5.1.4. PyCatastro

Tras el análisis de las distintas opciones para acceder a los servicios del Catastro se decantó por la utilización de la API basada en Python: PyCatastro [29] debido a que es un lenguaje ya conocido y fácil de implementar luego con el resto de tecnologías.

### 5.1.5. Flutter



Figura 5.4: Logo de Flutter

Para el desarrollo de la interfaz se ha optado por la utilización del SDK Flutter [30] puesto que es multiplataforma y te permite desarrollar tanto web como móvil con el mismo código. Flutter es una reciente creación de Google con el objetivo de que sea su entorno de desarrollo nativo de interfaces para sus aplicaciones y para su próximo Sistema Operativo.

### 5.1.6. Dart



Figura 5.5: Logo de Dart

Dart es el lenguaje de programación en el que está basado Flutter. Es de código abierto y nació con la intención de complementar a Javascript, no de reemplazarlo. Sintácticamente, tiene similitudes con Java, C y Javascript [31].

### 5.1.7. Flask



Figura 5.6: Logo de Flask

En la parte del servidor, para la interacción entre cliente y servidor se levantará un servidor Flask básico que gestionará peticiones HTTP POST. Flask es un framework simple para desarrollar servidores web basados en Python [32].

### 5.1.8. Mapbox



Figura 5.7: Logo de Mapbox

Mapbox es una plataforma con múltiples servicios de mapas y geolocalización. Se utilizó la API de Mapbox para la obtención de mapa estáticos [33]. Para obtener dichos mapas se realizaron peticiones HTTP para obtener las imágenes y mostrarlas con una librería integrada en Flutter.

### 5.1.9. Balsamiq



balsamiq Wireframes

Figura 5.8: Logo de Balsamiq Wireframes

Para la creación del prototipo de la aplicación se utilizó Balsamiq Wireframes. Esta herramienta es usada para la creación de prototipos de interfaz como si de dibujos en papel se tratasen [24].

## 5.2. Fórmulas para el cálculo

Como ya comentamos en el apartado 1.3.4 de la Introducción este proyecto está pensado para los agricultores españoles y basado en datos del Catastro Español. Por ello, se decidió utilizar la guía proporcionada por el MITECO para los cálculos internos de la aplicación [8]. La metodología se basa en una fórmula sencilla, que según entremos en la materia se irá complicando y especializando:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Esta huella de carbono se expresa en t CO<sub>2</sub>eq, (toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente), unidad utilizada para englobar todos los GEIs y universalizar su potencial de calentamiento global en comparación del gas más abundante, el CO<sub>2</sub>. (ver sección 1.3.1)

El MITECO, además de proporcionar la guía de metodología general, nos proporciona una calculadora para que podamos aplicar la metodología anterior en nuestra explotación agrícola [9]. De ella, extraeremos las fórmulas concretas que necesitaremos para nuestra aplicación.

Inicialmente, acotamos los apartados en los que se centrará este proyecto, ya que al ser un Trabajo de Fin de Grado no se pueden contemplar todas las opciones que te proporciona la calculadora. Distinguiremos cuatro apartados de cálculo:

- Cultivo
- Fertilizante
- Abono
- Vehículo



### 5.2.1. Cultivo

Para el cálculo del CO<sub>2</sub>eq emitido por los cultivos, lo que realmente se calcula es el Nitrógeno que emiten los cultivos y luego se convierte a CO<sub>2</sub>eq. En la aplicación se contemplan las siguientes tipologías:

- Almendro
- Arroz
- Avena
- Cebada
- Girasol
- Hortalizas
- Leguminosas
- Maíz
- Trigo
- Tubérculos
- Viñedo

Aquí, a pesar de lo comentado anteriormente del Nitrógeno, tenemos que hacer una distinción especial en el arroz, ya que tiene una fórmula especial al ser un cultivo de inundación. En este caso lo que se calcula es el Metano en función de la hectáreas sembradas y luego se convierte a CO<sub>2</sub>eq.

**Emisiones arroz = Superficie x Factor de Emisión x Factor Conversión**

La superficie se expresa en hectáreas(*ha*), el factor de emisión kg CH<sub>4</sub>/ha es 161,980 y el factor de conversión de CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub>eq es 28. Por ende, la fórmula queda así:

**Emisiones arroz = ha x 161,980 x 28**

Para el resto de cultivos, seguiremos esta fórmula:

Emisiones cultivo = Cantidad x Porcentaje de Nitrógeno x Factor de Emisión x Factor Conversión

La cantidad la expresaremos en *kg* y el factor de conversión es 265. El Factor de Emisión la calculadora lo expresa como *kg N<sub>2</sub>O-N/kg N* pero luego lo traduce como Factor emisión dependiente de la provincia (*F<sub>p</sub>*) x 44/28, por lo que la fórmula queda así:

**Emisiones cultivo = kg x F<sub>p</sub> x 44/28 x 265**

### 5.2.2. Fertilizante

En el apartado de fertilizante también calcularemos el Nitrógeno emitido para después convertirlo a CO<sub>2</sub>eq. Los fertilizantes que tendremos en cuenta en este proyecto son:

- Nitrato amónico
- Nitrato de calcio
- Nitrato de magnesio
- Nitrato potásico
- Sulfato amónico
- Urea

La fórmula que nos propone la calculadora para los fertilizantes es la siguiente:

Emisiones fertilizante = Cantidad x Porcentaje de Nitrógeno x Factor de Emisión x Factor Conversión

Al igual que en el apartado anterior, el Factor de Emisión lo expresa como *kg N<sub>2</sub>O-N/kg N* pero luego lo traduce como Factor emisión que depende de la provincia ( $F_p$ ) x 44/28, la cantidad la expresaremos en *kg* y el factor de conversión es 265; por lo que la fórmula nos queda así:

$$\text{Emisiones fertilizante} = \text{kg} \times F_p \times 44/28 \times 265$$

### 5.2.3. Abono

Como en apartados anteriores, para obtener el CO<sub>2</sub>eq proveniente del abono primero calcularemos el Nitrógeno que emite y luego realizaremos la conversión. Aquí tendremos tres apartados principales y luego un origen de procedencia:

- Purín
  - Porcino
  - Vacuno
- Estiércol Semilíquido
  - Avícola
  - Cunicola
  - Porcino
  - Vacuno
- Estiércol Sólido

- Avícola
- Caprino
- Cunícola
- Equino
- Ovino
- Porcino
- Vacuno

La fórmula que nos propone la calculadora para los fertilizantes es la siguiente:

$\text{Emisiones abono} = \text{Cantidad} \times \text{Porcentaje de Nitrógeno} \times \text{Factor de Emisión} \times \text{Factor Conversión}$

Al igual que en el apartado anterior, el Factor de Emisión lo expresa como  $kg\ N_2O-N/kg\ N$  pero luego lo traduce como Factor emisión que depende de la provincia ( $F_p$ )  $\times 44/28$ , la cantidad la expresaremos en  $kg$  y el factor de conversión es 265; por lo que la fórmula nos queda así:

$$\text{Emisiones abono} = kg \times F_p \times 44/28 \times 265$$

#### 5.2.4. Ruta

Finalmente, para el cálculo resultante del viaje desde el garaje en el que se encuentra el vehículo utilizado para desplazarse a la parcela la calculadora utiliza esta fórmula:

$$\text{Emisiones ruta} = \text{distancia} \times \text{N}^\circ \text{viajes} \times F_c$$

Siendo  $F_c$  el coeficiente dependiente del tipo de vehículo y su tipo de combustible. Se tienen en cuenta estos tipos de vehículos y sus correspondientes combustibles:

- Agrícola
  - Gasóleo
- Camión
  - Gasóleo
  - Gasolina
  - Gas natural
- Furgoneta
  - Gasóleo
  - Gasolina
- Turismo

- Gasóleo
- Gasolina
- Gas natural
- Gas licuado

# Capítulo 6

## Pruebas

En este apartado se detallarán todas las pruebas realizadas. Distinguiremos dos tipos de pruebas distintas, las pruebas sobre casos de uso y las pruebas de usabilidad en usuarios reales. Las pruebas se realizaron todas en el ordenador del alumno, habiendo desplegado la app-web en local en el navegador Google Chrome.

### 6.1. Pruebas de aceptación de Casos de Uso

#### 6.1.1. Criterios

Para poder realizar unas correctas pruebas se deberán de establecer unas métricas que nos ayuden a clasificar las pruebas en función de los resultados obtenidos. Para ello definiremos tres escenarios distintos detallados en la tabla 6.1.

<b>Clasificación</b>	<b>Criterio</b>
Óptima	La prueba se completa con éxito, se obtienen los resultados esperados y con un funcionamiento adecuado
Aceptable	La prueba se completa con éxito, pero no se obtienen los resultados esperados o la aplicación no responde como se esperaba
Bug	La prueba no se completa con éxito.

Tabla 6.1: Clasificación Pruebas de aceptación

## 6.1.2. Batería de pruebas

### 6.1.2.1. CU-01: Obtener Coordenadas

<b>PA-01</b>	<b>Obtener Coordenadas</b>
Descripción	Para obtener un par de coordenadas, se introducirá una referencia catastral.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará las coordenadas asociadas a esa parcela.
Resultado obtenido	Las coordenadas se muestran.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.2: Prueba de aceptación 01

<b>PA-01*</b>	<b>Obtener Coordenadas erróneo</b>
Descripción	Se introducirá una referencia catastral errónea para probar la validación.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará una alerta indicando que existen datos erróneos.
Resultado obtenido	La alerta se muestra.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.3: Prueba de aceptación 01\*

### 6.1.2.2. CU-02: Obtener Referencia

<b>PA-02</b>	<b>Obtener Referencia Catastral</b>
Descripción	Para obtener una referencia catastral, se introducirá un par de coordenadas.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará las coordenadas asociadas a esa parcela.
Resultado obtenido	Las coordenadas se muestran.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.4: Prueba de aceptación 02

<b>PA-02*</b>	<b>Obtener Referencia Catastral erróneo</b>
Descripción	Se introduce un par de coordenadas erróneo.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará una alerta indicando que existen datos erróneos.
Resultado obtenido	La alerta se muestra.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.5: Prueba de aceptación 02\*

**6.1.2.3. CU-03: Calcular Huella**

<b>PA-03</b>	<b>Calcular Huella Carbono</b>
Descripción	Para obtener el cálculo de la huella de carbono, se introducirá el tipo de cultivo y su cantidad y el tipo de vehículo, el tipo de combustible, el número de viajes y sus coordenadas.
Resultado óptimo	La aplicación continuará mostrará los resultados.
Resultado obtenido	Las aplicación continúa.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.6: Prueba de aceptación 03

<b>PA-03*</b>	<b>Calcular Huella Carbono erróneo</b>
Descripción	Se introduce un tipo o cantidad errónea.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará una alerta indicando que existen datos erróneos.
Resultado obtenido	La alerta se muestra.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.7: Prueba de aceptación 03\*

**6.1.2.4. CU-04: Calcular Huella Fertilizante**

<b>PA-04</b>	<b>Calcular Huella Fertilizante</b>
Descripción	Para obtener el cálculo de la huella de carbono del fertilizante, se introducirá el tipo de fertilizante y su cantidad.
Resultado óptimo	La aplicación continuará con el CU-03.
Resultado obtenido	Las aplicación continúa.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.8: Prueba de aceptación 04

<b>PA-04*</b>	<b>Calcular Huella Fertilizante erróneo</b>
Descripción	Se introduce un tipo o cantidad errónea.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará una alerta indicando que existen datos erróneos.
Resultado obtenido	La alerta se muestra.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.9: Prueba de aceptación 04\*

### 6.1.2.5. CU-05: Calcular Huella Abono

PA-05	Calcular Huella Abono
Descripción	Para obtener el cálculo de la huella de carbono del abono, se introducirá el tipo primario de abono, un tipo secundario y su cantidad.
Resultado óptimo	La aplicación continuará con el CU-03.
Resultado obtenido	Las aplicación continúa.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.10: Prueba de aceptación 05

PA-05*	Calcular Huella Abono erróneo
Descripción	Se introduce un tipo o cantidad errónea.
Resultado óptimo	La aplicación mostrará una alerta indicando que existen datos erróneos.
Resultado obtenido	La alerta se muestra.
Clasificación	Óptima.

Tabla 6.11: Prueba de aceptación 05\*

## 6.2. Pruebas de Usabilidad

Para la realización de este apartado lo que se ha hecho es crear un guión con ligeras variaciones para que distintos usuarios que no participaron en el desarrollo de la aplicación prueben la aplicación y den su feedback. Se hará hincapié en evaluar la facilidad de aprendizaje y de uso, por lo que se darán sólo órdenes básicas para que sea el usuario el que descubra cómo se utiliza la aplicación por su cuenta o con pequeñas ayudas.

Se llevarán a cabo pruebas de usabilidad moderada en las que se pondrán a prueba dos casos de uso principales, el CU-02 primero para obtener una referencia catastral a partir de unas coordenadas previamente dadas para luego poder utilizarla en el CU-03. Además, se distinguirán variantes en las cuales se pondrán a prueba el CU-04, el CU-05 o ambos. Para el CU-02 simplemente se dará la orden *Obtener huella de carbono* y se proporcionará un par de coordenadas. Para el CU-03 simplemente se dará la orden *Obtener huella de carbono* y se proporcionarán los datos necesarios y si se utilizan fertilizante y/o abono. A continuación se detallarán los resultados obtenidos:

Se han realizado pruebas a dos usuarios de mediana edad que no son nativos digitales y que podrían tener más problemas para aprender a usar la aplicación. El tiempo que tardaron en finalizar la prueba osciló entre los 4 y 5 minutos, pudiendo ambos superar la totalidad de la prueba sin necesidad de preguntar cual es el siguiente paso a seguir. Ambos obtuvieron una alerta de error, por confundirse al introducir una coordenada y por olvidarse de seleccionar el tipo de combustible pero pudieron seguir con la prueba sin recibir ayuda alguna.



Se ha realizado una prueba a un usuario joven, de 24 años, familiarizado con la tecnología pero sin conocimientos informáticos. Como se suponía, este usuario tardó la mitad de tiempo (2 minutos) que los usuarios de mediana edad en completar la prueba y no se le tuvo que dar ningún apunte ni obtuvo ninguna alerta de error.

Como conclusión, todos los usuarios alabaron la facilidad de uso de la aplicación, destacando lo fácil e intuitivo que fue utilizar la aplicación. Un usuario comentó la posibilidad de introducir en vez de coordenadas la dirección escrita o que se pudiera obtener automáticamente. Otro usuario comentó la posibilidad de aumentar el número de cultivos disponibles que se tendrá en cuenta para próximas ampliaciones.



# Capítulo 7

## Conclusiones

En este apartado final se detallarán las conclusiones de este proyecto y las posibles implementaciones futuras.

### 7.1. Conclusiones

El objetivo principal de este TFG lo consideramos cumplido, ya que se ha conseguido la elaboración de una aplicación web que permita a un agricultor introducir la ubicación de su explotación agrícola, el tipo de cultivo, fertilizante y abono utilizado en su explotación para que la aplicación calcule la huella de carbono resultante..

En cuanto a los objetivos secundarios, se consideran cumplidos los siguientes:

- Tiene que utilizar localizaciones de las explotaciones agrícolas a partir de un punto GPS o bien una referencia catastral.
- Deberemos de tener en cuenta que los potenciales usuarios no están habituados a trámites complejos, por lo que la aplicación deberá de ser sencilla de usar y fácil de aprender.
- Es importante también que los resultados se muestren de una forma sencilla y entendible.

Como objetivos cumplidos a nivel personal, me gustaría destacar el aprendizaje y la utilización de la metodología Scrum, que ha ayudado a que durante el desarrollo la motivación fuera siempre la necesaria para que el proyecto llegara a buen puerto sin apenas contratiempos. Además, la utilización de Flutter para la parte del front supone el aprendizaje de un framework relativamente nuevo y que, al tener detrás a Google, supondrá abrir más puertas en el mercado laboral.

### 7.2. Trabajo futuro

En esta sección expondremos posibles mejoras que se podrían implementar en la aplicación en un futuro.

- En vez de tener que introducir coordenadas se podría dar soporte a la introducción de direcciones completas.
- Se podría exportar el trabajo a otros idiomas y basarlo en catastros de otros países.
- Se podría añadir la posibilidad de exportar los resultados en formato pdf o similar.

# Bibliografía

- [1] EPA. Overview of greenhouse gases. URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>. Último acceso: may. 2024.
- [2] ClimateTrade. Concepto de huella de carbono. URL: <https://climatetrade.com/es/huella-de-carbono/>. Último acceso: may. 2024.
- [3] Climate Trade. Evolucion de la huella de carbono. URL: <https://climatetrade.com/the-evolution-of-carbon-footprint-measurement/>. Último acceso: abr. 2024.
- [4] World Business Council for Sustainable Development. Ghg protocol. URL: <https://ghgprotocol.org/>. Último acceso: abr. 2024.
- [5] AGProud. Manure greenhouse gas footprint tools on farms. URL: <https://www.agproud.com/articles/35920-greenhouse-gas-footprint-tools-on-farms>. Último acceso: may. 2024.
- [6] Eurostat. Quarterly greenhouse gas emissions in the eu. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Quarterly\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_in\\_the\\_EU#:~:text=Emissions%20by%20economic%20activity,-Greenhouse%20gas%20emissions&text=In%20the%20third%20quarter%20of%202023%2C%20the%20economic%20sectors%20responsible,%20\(see%20Figure%201\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Quarterly_greenhouse_gas_emissions_in_the_EU#:~:text=Emissions%20by%20economic%20activity,-Greenhouse%20gas%20emissions&text=In%20the%20third%20quarter%20of%202023%2C%20the%20economic%20sectors%20responsible,%20(see%20Figure%201).). Último acceso: abr. 2024.
- [7] Comisión Europea. Pacto verde. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/agriculture-and-green-deal\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/agriculture-and-green-deal_es). Último acceso: jun. 2024.
- [8] Miteco. Guía para el cálculo de la huella de carbono. URL: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf). Último acceso: may. 2024.
- [9] Eurostat. Calculadora ministerio. URL: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html>. Último acceso: abr. 2024.

- [10] Farm Carbon Team. Farm carbon calculator. URL: <https://calculator.farmcarbontoolkit.org.uk/about-us>. Último acceso: abr. 2024.
- [11] Agrecalc Team. Agrecalc. URL: <https://www.agrecalc.com/home/about/agrecalc-en-espanol/>. Último acceso: abr. 2024.
- [12] Atlassian. ¿qué es scrum? URL: <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum>. Último acceso: mar. 2024.
- [13] Scrum Organization. The scrum events. URL: <https://www.scrum.org/learning-series/what-is-scrum/the-scrum-events>. Último acceso: mar. 2024.
- [14] Scrum Organization. The scrum team. URL: <https://www.scrum.org/learning-series/what-is-scrum/the-scrum-team>. Último acceso: mar. 2024.
- [15] Talent. Salario medio para desarrollador en españa, 2024. URL: <https://es.talent.com/salary?job=desarrollador>. Último acceso: abr. 2024.
- [16] HP. Portátil hp victus 16-e0085ns. URL: <https://support.hp.com/es-es/document/c08197564>. Último acceso: abr. 2024.
- [17] AOC. Aoc monitor 24g2u5/bk. URL: <https://aoc.com/es/gaming/products/monitors/24g2u5-bk>. Último acceso: abr. 2024.
- [18] Google. Google pixel 7a. URL: [https://store.google.com/es/product/pixel\\_7a?hl=es](https://store.google.com/es/product/pixel_7a?hl=es). Último acceso: abr. 2024.
- [19] Astah. Astah pricing. URL: <https://astah.net/pricing/individual/>. Último acceso: abr. 2024.
- [20] Microsoft. Astah pricing. URL: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/business/compare-all-microsoft-365-business-products>. Último acceso: abr. 2024.
- [21] R S. Pressman. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. McGraw-Hill, séptima edition, 2010.
- [22] Ian Sommerville. *Ingeniería de Software*. Pearson, séptima edition, 2005.
- [23] Google. Flutter documentation. URL: <https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview#architectural-layers>. Último acceso: jun. 2024.
- [24] Balsamiq Studios. Balsamiq wireframes. URL: <https://balsamiq.com/wireframes/>. Último acceso: jun. 2024.
- [25] AEPD. Privacidad desde el diseño. URL: <https://www.aepd.es/guias/guia-privacidad-desde-diseno.pdf>. Último acceso: jun. 2024.

- [26] Overleaf. Overleaf. URL: <https://es.overleaf.com/>. Último acceso: abr. 2024.
- [27] Microsoft. Visual studio code. URL: <https://code.visualstudio.com/>. Último acceso: abr. 2024.
- [28] Python Software Foundation. Python. URL: <https://www.python.org/>. Último acceso: abr. 2024.
- [29] SL GISCE-TI. Pycatastro. URL: <https://github.com/gisce/pycatastro>. Último acceso: abr. 2024.
- [30] Google. Flutter. URL: <https://flutter.dev/>. Último acceso: abr. 2024.
- [31] Google. Dart. URL: <https://dart.dev/>. Último acceso: jun. 2024.
- [32] Pallets. Flask. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>. Último acceso: jun. 2024.
- [33] Mapbox. Mapbox. URL: <https://www.mapbox.com/>. Último acceso: jun. 2024.
- [34] Python Org. Python installation. URL: <https://www.python.org/downloads/>. Último acceso: jun. 2024.
- [35] Google. Flutter installation. URL: <https://docs.flutter.dev/get-started/install>. Último acceso: jun. 2024.





# Anexo

## A.1. Manual de instalación

En este apartado se detallará la instalación y ejecución de la aplicación, tanto de la parte del servidor como de la parte del cliente. El código de este proyecto se encuentra en el siguiente repositorio:

<https://github.com/luisblanco111/TFG>

Además del código de la aplicación, en el repositorio se encuentran dos comprimidos con los ejecutables ya creados para facilitar su uso.

### A.1.1. Requisitos e instalación del servidor

El servidor ha sido desarrollado en la versión 3.10.12 de Python pudiéndose descargar de la página oficial. [34] Se han utilizado los siguientes paquetes:

- pycatastro 0.3.1
- flask 3.0.3
- flask\_cors 4.0.0
- subprocess
- json
- urllib 2.2.1
- geopy 2.4.1

Para la instalación de los paquetes se deberá de ejecutar el siguiente comando, sustituyendo "nombrepaquete" por el comando en cuestión:

```
pip install nombrepaquete
```

Finalmente, para la ejecución del servidor se deberá introducir el siguiente comando en el directorio en el que se encuentre:

```
python3 APIFarmApp.py
```

El servidor se ejecuta por defecto en el puerto 5000, si se desea modificar a uno distinto se debe editar la línea 170.

## A.1.2. Requisitos e instalación del cliente

El cliente ha sido desarrollado en la versión 3.22.2 de Flutter y 3.4.3 de Dart. Al instalar Flutter desde la página oficial [35] se deberán instalar los componentes tanto de desarrollo web como de escritorio.

Tras instalar Flutter, en la carpeta raíz del cliente se deberá ejecutar el siguiente comando para instalar todas las dependencias:

```
flutter pub get
```

Después de instalar todas las dependencias dispondremos de dos opciones para generar un ejecutable:

### A.1.2.1. Aplicación web

Para la creación de un fichero HTML se deberá ejecutar el siguiente comando desde la raíz del directorio del proyecto:

```
flutter build web
```

El propio comando nos indicará la carpeta en la que se genera el fichero HTML. Para su ejecución se deberán de deshabilitar las restricciones CORS del navegador elegido para su correcta ejecución.

### A.1.2.2. Aplicación nativa Windows

Para la creación de un fichero .exe se deberá ejecutar el siguiente comando desde la raíz del directorio del proyecto:

```
flutter build windows
```

El propio comando nos indicará la carpeta en la que se genera el fichero.

Finalmente, el cliente apunta por defecto al servidor de la escuela en el que alojó durante el desarrollo, para elegir uno distinto se deberá editar el fichero *llamada.dart* y en la línea 4 introducir la url donde esté ejecutándose el servidor.

## A.2. Manual de usuario

En este apartado detallaremos las funcionalidades de la aplicación con ejemplos reales.

Nada más abrir la aplicación, se nos mostrará una pantalla de inicio en la que se mostrarán las tres opciones posibles, como se aprecia en la figura A.1



Figura A.1: Home page

### A.2.1. Obtener Coordenadas

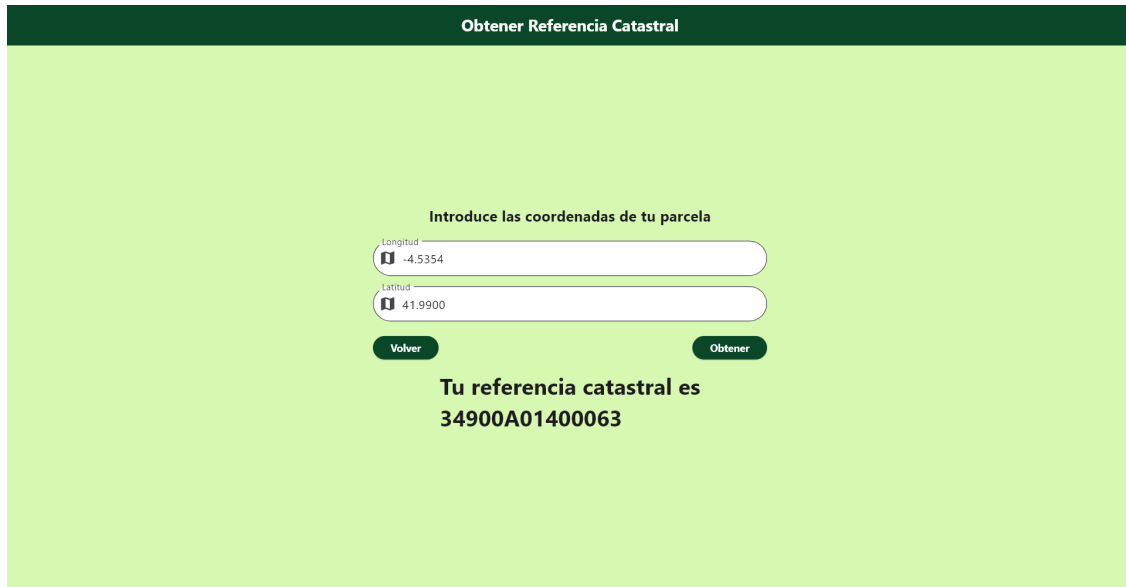
Seleccionando *Obtener Coordenadas* se nos pedirá que introduzcamos una referencia catastral válida. Si es correcto, se nos mostrará las coordenadas asociadas a dicha referencia, como se muestra a continuación:



Figura A.2: Obtener Coordenadas

### A.2.2. Obtener Referencia Catastral

Si por el contrario seleccionamos *Obtener Referencia Catastral* se nos pedirá que introduzcamos unas coordenadas válidas. Si es correcto, se nos mostrará la referencia asociada a dichas coordenadas, como se muestra a continuación:



The screenshot shows a web interface with a dark green header containing the text "Obtener Referencia Catastral". The main content area has a light green background. In the center, there is a form titled "Introduce las coordenadas de tu parcela". It contains two input fields: "Longitud" with the value "-4.5354" and "Latitud" with the value "41.9900". Below these fields are two buttons: "Volver" and "Obtener". Below the buttons, the text reads "Tu referencia catastral es" followed by the value "34900A01400063".

Figura A.3: Obtener Referencia Catastral

### A.2.3. Obtener Huella Carbono

Por último, si seleccionamos *Obtener Huella Carbono* se nos pedirá que seleccionemos nuestra provincia, introduzcamos la referencia catastral de nuestra parcela y seleccionemos si usamos o no fertilizante y/o abono.



The screenshot shows a web interface with a dark green header containing the text "Huella de Carbono". The main content area has a light green background. In the center, there is a form titled "Introduce tu referencia catastral y selecciona tu provincia y tus opciones". It contains a dropdown menu for "Provincia" with "Palencia" selected, and an input field for "Referencia catastral" with the value "34900A01400063". Below these fields are two checkboxes: "¿Utilizas fertilizante en tu granja?" and "¿Utilizas abono en tu granja?", both of which are checked. At the bottom of the form are two buttons: "Volver" and "Siguiente".

Figura A.4: Obtener Huella Carbono

Tras esto, se nos pedirá que introduzcamos los datos referentes a los cultivos, ruta, fertilizante y abono; como podemos observar en las figuras de la A.5 a la A.8.



The screenshot shows a mobile application interface for the 'Cultivos' (Crops) section. At the top, there is a dark green header with the word 'Cultivos' in white. Below the header, the background is a light green color. The main content area contains the following elements:

- Instruction:** 'Selecciona tu tipo de cultivo e introduce la cantidad que siembras en kilogramos' (Select your crop type and enter the quantity you plant in kilograms).
- Cultivo:** A dropdown menu with 'Maíz' (Corn) selected.
- Cantidad:** A text input field containing the number '100000'.
- Buttons:** Two dark green buttons at the bottom: 'Volver' (Back) on the left and 'Siguiente' (Next) on the right.

Figura A.5: Cultivo



The screenshot shows a mobile application interface for the 'Ruta' (Route) section. At the top, there is a dark green header with the word 'Ruta' in white. Below the header, the background is a light green color. The main content area contains the following elements:

- Instruction:** 'Selecciona tu tipo de vehículo y su combustible. Introduce el número de viajes hasta tu parcela y la localización del garaje de tu vehículo' (Select your vehicle type and fuel. Enter the number of trips to your plot and the location of your vehicle's garage).
- Tipo Vehículo:** A dropdown menu with 'Agrícola' (Agricultural) selected.
- Combustible:** A dropdown menu with 'Gasóleo' (Diesel) selected.
- Viajes:** A text input field with a '#' icon and the number '6'.
- Longitud:** A text input field with a location pin icon and the number '-4.54078'.
- Estitud:** A text input field with a location pin icon and the number '42.0149'.
- Buttons:** Two dark green buttons at the bottom: 'Volver' (Back) on the left and 'Siguiente' (Next) on the right.

Figura A.6: Ruta

**Fertilizante**

**Selecciona tu tipo de fertilizante e introduce la cantidad que utilizas en kilogramos**

Tipo Fertilizante  
Nitrató potásico

Cantidad  
10000

**Volver** **Siguiente**

Figura A.7: Fertilizante

**Abono**

**Selecciona tu tipo de abono y su origen e introduce la cantidad que utilizas en kilogramos**

Tipo Abono  
Estiércol sólido

Origen Abono  
Caprino

Cantidad  
10000

**Volver** **Siguiente**

Figura A.8: Abono

Al acabar, como se puede observar en la figura A.9, la aplicación mostrará una pantalla con los resultados obtenidos del cálculo de la huella de carbono.



Figura A.9: Resultados