



Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

**TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL**

**GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN**

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## **RESUMEN**

Este proyecto se centra en la conversión de tierras de secano a regadío en el área municipal de Añorbe, Navarra. Se llevará a cabo sin la necesidad de instalaciones adicionales ni electrificación en las parcelas.

El proyecto está compuesto por cinco documentos: una memoria, anexos, planos, un pliego de condiciones y un presupuesto. En la memoria, se detalla el contenido que se desarrolla en los documentos subsiguientes. Los anexos incluyen un análisis del clima, suelo, calidad del agua para riego, rotación de cultivos, diseño hidráulico y las características del cultivo, asegurando que cumple con los requisitos adecuados para su implementación. Se ha diseñado un sistema de riego por aspersión. Además, se ha llevado a cabo un estudio de costes y un análisis de inversión para evaluar la rentabilidad del proyecto desde un punto de vista económico.

En cuanto al documento de planos, abarca la ubicación del proyecto, las características topográficas de las parcelas, así como el diseño, distribución y detalles del sistema de riego por aspersión.

**Palabras clave:** Riego por aspersión, Añorbe, Navarra.

## **SUMMARY**

This project focuses on the conversion of dry land to irrigated land in the municipal area of Añorbe, Navarra. It will be carried out without the need for additional installations or electrification on the plots.

The project is made up of five documents: a report, annexes, plans, a specification and a budget. The report details the content that is developed in subsequent documents. The annexes include an analysis of the climate, soil, water quality for irrigation, crop rotation, hydraulic design and crop characteristics, ensuring that it meets the appropriate requirements for its implementation. A sprinkler irrigation system has been designed. In addition, a cost study and an investment analysis have been carried out to evaluate the profitability of the project from an economic point of view.

As for the plans document, it covers the location of the project, the topographic characteristics of the plots, as well as the design, distribution and details of the sprinkler irrigation system.

**Keywords:** Sprinkler irrigation, Añorbe, Navarra.







Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **DOCUMENTO Nº 1: ÍNDICE**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



# ÍNDICE DEL PROYECTO

## **DOCUMENTO 1. ÍNDICE**

## **DOCUMENTO 2. MEMORIA**

## **DOCUMENTO 3. ANEJOS**

- Anexo Nº I. Localización y datos de la parcela.
- Anexo Nº II. Estudio climático.
- Anexo Nº III. Estudio geológico y edáfico.
- Anexo Nº IV. Análisis de la calidad del agua de riego.
- Anexo Nº V. Análisis de alternativas.
- Anexo Nº VI. Propuesta de rotación de cultivos.
- Anexo Nº VII. Necesidades hídricas.
- Anexo Nº VIII. Diseño hidráulico.
- Anexo Nº IX. Estudio de la viabilidad económica.

## **DOCUMENTO 4. PLANOS**

- Plano Nº 1: Plano de localización.
- Plano Nº 2: Plano de situación 1.
- Plano Nº 3: Plano de situación 2.
- Plano Nº 4: Plano de sectorización.
- Plano Nº 5: Plano de detalle de la parcela con aspersores 1.
- Plano Nº 6: Plano de detalle de la parcela con aspersores 2.

## **DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES**

## **DOCUMENTO 6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

## **DOCUMENTO Nº 2: MEMORIA**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## ÍNDICE DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

<b>1. OBJETO</b>	1
<b>2. ALCANCE</b>	1
<b>3. ANTECEDENTES</b>	3
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA</b>	3
4.1 EMPLAZAMIENTO	4
4.2 CLIMATOLOGÍA	5
4.3 GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA	8
4.4 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	10
<b>5. NORMAS Y REFERENCIAS</b>	11
5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	11
5.4 BIBLIOGRAFÍA	13
<b>6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS</b>	15
6.1 DEFINICIONES	15
6.2 ABREVIATURAS	15
<b>7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>	16
<b>8. PROPUESTA DE ROTACIÓN DE CULTIVOS</b>	18
<b>9. NECESIDADES HÍDRICAS</b>	20
<b>10. DISEÑO HIDRÁULICO</b>	23
10.1 RED DE DISTRIBUCIÓN	25
<b>11. RESUMEN PRESUPUESTO</b>	26
<b>12. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA</b>	27
12.2 VIABILIDAD Y RENTABILIDAD	28
<b>13. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS</b>	28





## **1. OBJETO**

La redacción del actual proyecto se ha realizado por requerimiento de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias de Navarra, para su presentación y defensa como Trabajo Fin de Grado del grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.

El objeto del presente proyecto es describir y justificar la transformación de secano a regadío de la parcela 204 del polígono Nº 2 localizada en el término municipal de Añorbe, Navarra.

La parcela se encuentra en el sector II.1 de la zona regable del Canal de Navarra, zona tradicional de cultivos cerealistas situada en zona media de Navarra. La instalación de este sistema de riego en explotaciones cercanas durante los últimos años se ha visto incrementada debido a la cercanía del Canal de Navarra y la posible transformación a regadío de las parcelas cercanas a él, por ello este ha sido el motivo principal que ha llevado a la promotora del presente proyecto a iniciar dicha transformación, junto con el objetivo de poder implantar cultivos con mayor rendimiento y mejores agronómicamente, ya que se podría pensar en una rotación de cultivos adecuada a las condiciones ambientales de la zona.

Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego por aspersión que adopta una disposición de 15 metros entre líneas de aspersores y 18 metros entre aspersores de la misma línea.

Se realiza el diseño de la red de distribución de agua, compuesta por tuberías principales y secundarias de PVC, tuberías porta-aspersores de PE, aspersores circulares y sectoriales y demás elementos necesarios para asegurar una correcta distribución del agua por la parcela.

Con el objetivo de la correcta realización de este proyecto, se han realizado diferentes estudios referentes a la climatología del lugar, edafología, propuesta de rotación de cultivos, necesidades hídricas de cultivos, calidad del agua de riego, diseño hidráulico y estudio de viabilidad económica.

## **2. ALCANCE**

En el presente proyecto se va a llevar a cabo la transformación de secano a regadío de la parcela 204 del polígono 2 del término municipal de Añorbe, Navarra.

La superficie total del conjunto de las parcelas alcanza las 6,06 hectáreas, en las cuales se va a realizar la instalación de una red de tuberías y aspersores definida en el Anexo VII. Diseño hidráulico.

Para lograr esa meta, se realizarán investigaciones específicas que aborden el diseño y la eficiencia de los diversos elementos del sistema de riego. Estas investigaciones considerarán tanto los factores internos como externos de la parcela, como su ubicación, clima, tipo de suelo, disponibilidad de agua, entre otros. Se recopilarán todos los datos relevantes y se llevarán a cabo los cálculos necesarios para respaldar la instalación, priorizando en todo momento el óptimo desempeño y la rentabilidad del sistema.

El anteproyecto está constituido respectivamente por los siguientes Documentos Principales (DP): Índice, Memoria, Anexos, Planos, Pliego de condiciones y Mediciones y presupuesto.

En primer lugar, el DP 1 correspondiente al Índice tiene como misión facilitar la localización de los distintos contenidos del proyecto.

En segundo lugar, el DP 2 correspondiente a la Memoria es uno de los documentos que constituyen el proyecto y sirve de nexo de unión entre todos los documentos principales previamente citados.

En tercer lugar, el DP 3 correspondiente a los Anexos justifican o aclaran apartados específicos de la memoria u otros documentos del anteproyecto. El presente proyecto está constituido por los siguientes 9 anexos:

- Anexo I. Localización de la parcela
- Anexo II. Estudio climático.
- Anexo III. Estudio edafológico y edáfico.
- Anexo IV. Análisis de la calidad del agua de riego.
- Anexo V. Análisis de alternativas.
- Anexo VI. Propuesta de rotación de cultivos.
- Anexo VII. Necesidades hídricas.
- Anexo VIII. Diseño hidráulico.
- Anexo IX: Estudio de la viabilidad económica

En cuarto lugar, el DP 4 correspondiente a los Planos tiene como misión definir de forma unívoca la localización del proyecto y el sistema de riego. En este apartado destacan los planos de localización, los planos de situación 1 y 2 y los planos de sectorización y los planos de distribución de aspersores y tuberías, mediante los cuales se es capaz de acceder y situar el proyecto de regadío.

En quinto lugar, el DP 5 correspondiente al Pliego de condiciones tiene como misión determinar todos aquellos condicionantes para en este caso la transformación de secano a regadío.

Finalmente, el DP 6 correspondiente a Mediciones y presupuestos, que tienen como objetivo determinar las unidades de cada partida de obra que configuran la totalidad del proyecto basándose en la información contenida en el documento Planos, donde se incluye el número de unidades y las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra y tras ello determinar el coste económico, en unidades monetarias, de la ejecución material del objeto del anteproyecto especificando las partidas ejecutadas por contrata (obras, instalaciones, mobiliario, prevención de incendios...).

En los documentos mencionados anteriormente se realiza un análisis y estudio previo de los riesgos, supuestos y restricciones para la instalación de riego.

También se determinan las exclusiones explícitas, es decir, todas las ideas que no cumplan los requisitos medibles.

El responsable del proyecto debe tener en cuenta que sea económicamente rentable y sostenible, al igual que obtener los permisos y licencias necesarias para la puesta en marcha de dicho proyecto y verificar que estén todos los documentos completos y que no contengan errores y/o incoherencias. La iniciación del proyecto se realiza cuando la promotora de la parcela haya aceptado las condiciones de presupuesto y memoria resumida.

### **3. ANTECEDENTES**

La Comunidad Foral de Navarra está situada en la parte norte de la Península Ibérica, con una extensión de 10.391 km<sup>2</sup> (2,05% del total de España) y un perímetro total de 757 km. Tiene límites fronterizos al norte con Francia, al sur con La Rioja y Zaragoza, al oeste con las provincias de Álava y Guipúzcoa y al este con Huesca y Zaragoza.

Añorbe es un municipio español de la Comunidad Foral de Navarra, situado en la merindad de Pamplona, en el valle de Valdizarbe a 20,6 km de la capital de la comunidad, Pamplona. La fama agrícola de Añorbe se fundamenta en su tradición agraria arraigada y en las condiciones propicias para la agricultura en la región. Los campos fértiles y el clima favorable han permitido que la comunidad local cultive una variedad de productos agrícolas de alta calidad, desde cereales hasta productos hortícolas.

La parcela objeto de transformación es propiedad de la promotora del proyecto, Lorea Barrena González, natural de Iraizoz, Navarra.

La parcela está situada en el municipio de Añorbe, en el paraje de Lertxundia. La superficie por transformar tiene una extensión de 6,06 hectáreas (60.600 metros cuadrados).

Esta parcela, se vio afectada por la concentración parcelaria del Sector II.1 del canal de Navarra, que reúne las localidades de Añorbe, Obanos y Puente La Reina. En esta concentración parcelaria se ha realizado un gran entramado de caminos de concentración de gran amplitud y buena comunicación, por lo que el acceso a la parcela puede ser desde diversos puntos y con cualquier vehículo o maquinaria. Además, la disponibilidad de agua es total ya que la instalación del hidrante y la tubería general se realizó con anterioridad por lo que el Proyecto solo contempla las obras e instalaciones en el interior de la parcela.

Gracias a ello, y a los diferentes estudios realizados, es posible realizar la instalación de riego por aspersión en la parcela, lo que contribuye a un aumento considerable en los rendimientos de esta, además de aportar una mayor seguridad a la promotora en consecuencia de los problemas debidos a la sequía de los últimos años.

### **4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA**

A fin de comprobar la existencia de unas condiciones apropiadas para la transformación en regadío de la parcela objeto del proyecto, se recogen los siguientes estudios referidos a la localización, climatología, geología y edafología y calidad del agua del riego, que se recogen en los anexos 1, 2 y 3.

#### 4.1 EMPLAZAMIENTO

La parcela objeto de transformación a regadío comprende una superficie total de 6,06 hectáreas, y está situada en la provincia de Navarra, concretamente en la zona media de Navarra, en el término municipal de Añorbe, a 20,6 kilómetros de la capital, Pamplona.

La parcela se encuentra en el paraje denominado "Lertxundia", cercano a las localidades de Añorbe y Artajona.

El emplazamiento de la parcela es:

PROVINCIA: NAVARRA  
TÉRMINO MUNICIPAL: AÑORBE  
POLÍGONO: 2  
PARCELA: 204

COORDENADAS U.T.M. (DATUM ETRS 89):

USO: 30N

X: 603681

Y: 4723018

SUPERFICIE DE LA PARCELA: 6,06 has (60600 m<sup>2</sup>)

Los lindes de la misma son los siguientes:

- AL NORTE: Al norte linda con el camino de concentración que da acceso a la parcela.
- AL SUR: Al sur linda con la parcela 203 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.
- AL ESTE: Al este linda con la parcela 207 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.
- AL OESTE: Al oeste linda con la parcela rústica 201 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.

Es posible observar su localización y situación en la siguiente figura, y en los planos número 1 y 2.

*Imagen 1. Situación de la parcela respecto al núcleo urbano.*



El acceso a la parcela se realiza por caminos de concentración parcelaria en buen estado de firme, que dan accesibilidad a camiones, remolques y maquinaria de gran tamaño.

## 4.2 CLIMATOLOGÍA

Los datos climáticos empleados para la realización del estudio climatológico han sido recogidos por la estación de observación meteorológica “Artajona”, a través de la web de Meteorología y Climatología de Navarra. Hay una distancia aproximada de 9 kilómetros desde la parcela hasta la estación meteorológica.

*Imagen 2. Situación de la parcela respecto a la estación meteorológica.*



Determinar las características climáticas de la zona es un aspecto fundamental a la hora de escoger los cultivos y determinar sus necesidades a lo largo de su ciclo de desarrollo. Además, influyen en gran medida en el diseño del sistema de riego, tanto en lo relacionado con los aportes de agua a la parcela como los posibles problemas ocasionados por precipitaciones, vientos, etc.

Atendiendo a la clasificación climática de Papadakis, la zona afectada por la transformación posee un clima denominado “Mediterráneo templado húmedo”, un régimen de humedad ME “Mediterráneo húmedo”, un tipo de invierno av (Avena fresco) y un tipo de verano M (Maíz), siendo por tanto la fórmula climática la siguiente: AvMMe.

*Tabla 1. Clasificación Papadakis*

Tipo de invierno	av (avena fresco)
Tipo de verano	M (Maíz)
Régimen de humedad	ME (Mediterraneo húmedo)

Grupo climático	Mediterráneo templado húmedo
Fórmula climática	avMME

Los cultivos propuestos en la alternativa de rotación: maíz, trigo, cebada, girasol, colza y guisante, no presentan excesivas limitaciones agroclimáticas, adaptándose perfectamente a las condiciones climáticas existentes en la zona.

A continuación, se definen los principales factores que determinan las condiciones climáticas en las que se encuentra la parcela a tratar.

- TEMPERATURA

De forma general, es posible definir el clima de la zona como mediterráneo templado húmedo. Este tipo de ambiente se caracteriza principalmente por tener veranos secos, primaveras y otoños lluviosos e inviernos suaves.

Respecto a las temperaturas del clima templado mediterráneo, como se ha mencionado con anterioridad, se presentan relativamente suaves en invierno y cálidas en verano, aunque no en exceso. Las temperaturas medias anuales se sitúan en torno a los 12-13 °C, con grandes variaciones térmicas intra-anales de casi 16 °C de diferencia entre la temperatura media de julio (21 °C) y la de enero (5 °C). Estas temperaturas coinciden con el clima en la zona media de Navarra.

Otro de los principales factores determinantes para el cultivo son las bajas temperaturas y heladas, ya que son un factor crucial para el desarrollo de los cultivos. Ocurren con frecuencia en los meses invernales y con menor probabilidad durante mayo y noviembre. En este caso se tiene una media anual de 43 días de heladas, y de esta manera, el periodo libre de heladas abarca 6-7 meses.

- PRECIPITACIONES

Las precipitaciones más abundantes suelen ocurrir en los meses de primavera y otoño, mientras que en verano se experimenta una disminución, resultando en un promedio anual de 486,4 mm.

Dentro de las precipitaciones, también se incluyen aquellas en forma de nieve o granizo, las cuales se dan principalmente en invierno. Sin embargo, generalmente ocurren de forma aislada y de carácter plurianual.

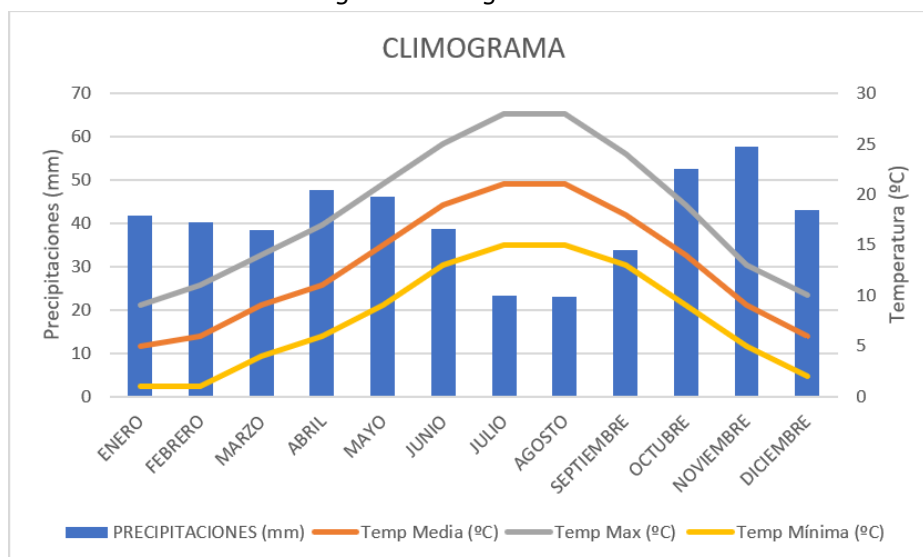
- CLIMOGRAMA

Un climograma es una representación gráfica que combina información sobre la temperatura y la precipitación en una determinada ubicación a lo largo de un periodo de tiempo específico, generalmente un año. Este tipo de diagrama proporciona una visión completa de las condiciones climáticas anuales de un lugar en particular.

En un climograma, el eje vertical generalmente representa la cantidad de precipitación, medida en milímetros, mediante barras o líneas. El eje horizontal, por su parte, representa el tiempo, comúnmente en meses. Además, se incluye una escala secundaria para la temperatura, que suele ser representada mediante líneas o curvas.

Como es posible observar, los veranos son cortos y secos apenas superando los 20°C de media durante tres meses del año, a diferencia de los inviernos largos y fríos, aunque nunca con temperaturas medias inferiores a 5°C.

Imagen 3. Climograma



### 4.3 GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA

Con objeto de asegurar la viabilidad del proyecto, se ha realizado un estudio geológico y edafológico referente a la zona objeto de la transformación. De este modo, se busca descartar la existencia de factores edáficos que resulten limitantes tanto para los cultivos propuestos en la alternativa como para la aptitud al riego de los mismos.

El término municipal de Añorbe se encuentra ubicado en la zona media de Navarra, con altitudes que normalmente no bajan de los 400 metros sobre el nivel del mar. La parcela objeto de estudio presenta un desnivel variado que presenta una pendiente variable entre 3-12%, presentando una altitud media de 590 metros sobre el nivel del mar.

Geológicamente Añorbe se encuentra en la zona media de Navarra, cuya litología está constituida por depósitos terrígenos del Terciario, que se apoyan de forma discordante sobre materiales carbonatados y terrígenos del Mioceno Inferior. Los materiales Miocenos de origen continental son limos y arcillas con areniscas relleno paleocanales, localmente conglomerados.

Destaca porque esta parcela pertenece a una unidad suevisense donde aflora el anticlinorio de Añorbe, donde están constituidos por una alternancia irregular de bancos de yesos y margas, intensamente replegados según estructuras de dirección aproximada E-O.

## PROPIEDADES FÍSICAS

A partir de los datos obtenidos y con la ayuda del triángulo de texturas es posible definir la textura del suelo como una textura Franca Gruesa. Su clasificación taxonómica del suelo es Typic Calcixeroll.

Un suelo franco grueso, de acuerdo con la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se caracteriza por poseer una textura equilibrada que incluye una proporción significativa de arena, limo y arcilla, pero con una clara predominancia de partículas de arena.

Este tipo de suelo exhibe una buena estructura que favorece un drenaje adecuado y una efectiva aireación del suelo. La presencia predominante de arena contribuye a la formación de poros, permitiendo un adecuado paso del agua y del aire en el suelo.

En cuanto a la capacidad de retención de agua en el suelo, conocer la velocidad de infiltración resulta de gran importancia durante la aplicación de riego, ya que influye en diversos aspectos como la dosis y el caudal a aportar a la parcela. Se ha estimado una velocidad de infiltración de 20 milímetros por hora, basándose en la textura, estructura y porosidad del suelo.

Por otro lado, es posible conocer de forma precisa la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD), a partir de los datos de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez, calculados en función de la textura y contenido en materia orgánica del suelo. Se obtiene un valor de 22,32%, que corresponde al agua presente en el suelo que puede ser aprovechada por las plantas.

La permeabilidad es una propiedad física esencial que influye en la velocidad de movimiento del agua a través de un suelo saturado bajo la acción de la gravedad. En el caso de un suelo con textura franca, se estima que la permeabilidad tiene valores medios de 250 mm/día. Esta medida proporciona información sobre la capacidad del suelo para permitir el flujo de agua y está directamente relacionada con la textura del suelo.

## PROPIEDADES QUÍMICAS

En cuanto al pH, se ha obtenido un valor de 8,38, por lo que puede clasificarse como un suelo básico. Este tipo de suelos se caracteriza por ser suelos calizos, con buena estructura, y adecuados para el desarrollo de la actividad microbiana. Sin embargo, pueden existir deficiencias de nutrientes esenciales como nitrógeno o fósforo y de algunos micronutrientes como el hierro, cobre o cinc.

Se ha examinado también el contenido de materia orgánica en el suelo, el cual ejerce una influencia significativa en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Se ha determinado un valor de 2,5%, indicando que el suelo posee un porcentaje de materia orgánica medio.

### **4.4 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

El agua que abastecerá la totalidad de las parcelas será obtenida a partir del Canal de Navarra



aprovechando su paso por las cercanías del término municipal de Añorbe.

El agua que abastecerá las parcelas se tomará del Canal de Navarra a su paso por Añorbe, concretamente del hidrante H21.029A perteneciente al sector II.1.

Existen gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para regadío. Los parámetros más importantes utilizados para evaluar la calidad del agua han sido los índices de primer grado (pH, contenido en sales, conductividad eléctrica, iones específicos) y segundo grado (coeficiente alcalimétrico, S.A.R., carbonato sódico residual, dureza del agua).

Del mismo modo, se han empleado normas combinadas con objeto de interpretar la calidad de las aguas de riego (cuya metodología se rige según las directrices de la F.A.O.), así como normas combinadas postuladas por Wilcox y H. Green.

Los resultados y descripción del análisis se muestran en el Anexo 3. Estudio de la calidad del agua de riego.

El resultado del estudio muestra un pH de entre 7,7 y 8,2, que se clasifica como un pH con ligeramente alcalino, pero no generará problemas para el desarrollo del cultivo. Este valor se encuentra dentro del rango que se considera adecuado para la calidad de agua de riego.

En cuanto a la salinidad, se observa que la conductividad eléctrica alcanza un valor de 143  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , lo que se traduce en un contenido de sales totales disueltas de 0,143 g/L. Al comparar estos valores con los estándares de referencia, se concluye que el agua en cuestión no presenta riesgos para el rendimiento de los cultivos, considerándose de calidad buena según este criterio.

El análisis de los iones presentes en el agua de riego ha dado como resultado valores normales para las concentraciones de nitrato, amonio, nitritos y de sulfatos, con valores respectivos de 6 mg/L, 0,05 mg/L, 0,02 mg/L y 25 mg/L.

En cuanto a la dureza, los análisis obtenidos muestran un agua con una concentración de 80 mg/L, por lo que da un tipo de agua moderadamente dura.

## **5. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

En la redacción del presente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente legislación específica:

- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Asociación Española de Normalización (2014). UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración formal de documentos que constituyen un proyecto técnico. MADRID: AENOR.

- Asociación Española de Normalización (2010). Norma UNE-EN ISO 9261:2010. Equipos de riego. Emisores y tuberías emisoras. Especificaciones y métodos de ensayo. MADRID: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (2020). UNE 53331:2020. Plásticos. Tuberías de Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidas a cargas externas. MADRID: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (1986). UNE 68-075-86. Material de riego: Emisores: Requisitos generales y métodos de ensayo.
- Asociación Española de Normalización (1990). UNE 53-131. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
- Asociación Española de Normalización (2010). UNE-EN ISO 1452-2. Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).
- Asociación Española de Normalización (20125). UNE-ISO 16422:2015. Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión.

## **5.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO**

Para la elaboración de la presente memoria se han utilizado diferentes programas informáticos, modelos y herramientas que han permitido desarrollar los cálculos del proyecto. Los programas son los siguientes:

- Microsoft Office Excel. Es una hoja de cálculo que cuenta con herramientas de cálculo, herramientas gráficas y tablas calculares.
- QGIS Desktop 3.28.11: Software para el manejo de la información geográfica con precisión cartográfica accediendo a información vectorial, rasterizada y a mapas.
- AutoCAD 2024. Software de diseño empleado para dibujo 2 y 3 dimensiones con capacidad para dibujar digitalmente planos o recrear imágenes. Es uno de los programas más usados por ingenieros, diseñadores industriales, arquitectos y otros.
- SITNA: El Sistema de Información Territorial de Navarra es la red organizada de recursos de información referidos al territorio de la Comunidad Foral de Navarra
- Microsoft Project. Software para la administración de proyectos para el desarrollo de planes, asignación de recursos de tarea y seguir el progreso.
- CYPE Arquímedes: Realización de mediciones y presupuesto.

- IDENA: Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra

### **5.3 PLAN DE CALIDAD APLICADO DURANTE LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

Para asegurar la calidad en la redacción del proyecto se ha tomado como base la Norma Española (UNE) 157001:2014 Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

La norma UNE 157001:2014 es una norma española que establece los requisitos para la implantación de sistemas de gestión de la calidad en el ámbito del desarrollo de proyectos. Está diseñada para ser aplicada a cualquier tipo de proyecto, independientemente de su naturaleza, tamaño o complejidad.

El propósito principal de la norma UNE 157001:2014 es brindar a las organizaciones y proyectos un marco normativo para la gestión de la calidad en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Al adoptar esta norma, se busca:

- 1. Establecer procesos claros y eficientes para el desarrollo del proyecto.
- 2. Mejorar la satisfacción del cliente mediante la entrega de productos o servicios que cumplan con sus requisitos.
- 3. Asegurar la identificación y gestión de riesgos de manera efectiva.
- 4. Facilitar la comunicación y la colaboración interna y externa en el contexto del proyecto.
- 5. Proporcionar un enfoque estructurado para la mejora continua de los procesos de gestión de la calidad en proyectos.

Para ello, se requiere seguir un plan detallado para la correcta formulación del proyecto, el cual establece requisitos mínimos y restricciones predefinidas por el diseñador, así como plazos específicos. El cumplimiento de estos aspectos es esencial para asegurar una gestión eficiente de los recursos utilizados en el proyecto.

En consecuencia, los siguientes pasos delimitan el orden de acciones necesario para llevar a cabo el proyecto:

Estudio del Terreno:

- Realizar un acondicionamiento óptimo del terreno basado en un análisis topográfico, edafológico y climatológico correspondiente.
- Garantizar una accesibilidad adecuada a la parcela desde el exterior.

Elección de la Rotación:

- Seleccionar el tipo de cultivo adaptado a las condiciones climáticas de la zona.
- Establecer un límite mínimo de producción como parámetro.

Realización de los Planos:

- Emplear software como QGIS 3.28.11 y AutoCAD 2024
- Elaborar planos detallados que abarquen la parcela, situación, localización, diseño del sistema de riego, entre otros.

Diseño del Sistema de Riego:

- Utilizar el software AutoCAD 2024 para el diseño del sistema.
- Dimensionar de manera precisa la red de tuberías.
- Garantizar la utilización de materiales normalizados.
- Realizar el empalme de las tuberías con el hidrante.

#### 5.4 BIBLIOGRAFÍA

- Navarra - Mapa geológico 1:25.000. (n.d.). <http://geologia.navarra.es/>
- SITNA - Sistema de Información Territorial de Navarra. (n.d.). <https://sitna.navarra.es/navegar/>
- Mapas IGME - Portal de cartografía del IGME: MAGNA 50
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2 a Serie). (n.d.). <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx>
- SIGPAC Navarra. (n.d.). <https://sigpac.navarra.es/navegar/>
- CIMMYT (2022). Infiltración [Archivo PDF]. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4029/98828.pdf?sequence=1&isAllOwed>
- Téc. Hidr., Investigador INTA EEA San Juan (2022). Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico [Archivo PDF]. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf)
- Roberto P.Marano (2022). Relación suelo agua [Archivo PDF]. <https://dytaguas.files.wordpress.com/2011/10/1-agua-en-suelo-marano-2011.pdf>
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Ed. Mundi-Prensa
- Consulte datos y consumos de la zona regable de Aguacanal. (2021, 8 febrero). Aguacanal. <https://regantes.aguacanal.es/regantes/>
- Canasa. (s. f.). <https://www.canasa.es/>

- Laboratorio, C. (2021, April 28). Riego V: Interpretación de Análisis Agua de Riego. CSR Laboratorio. <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/aguas/aguas-de-riego/riego-v-interpretacion-analisis-agua-de-riego/>
- Mancomunidad de la Comarca de Pamplona. (s. f.). MCP. <https://www.mcp.es/>
- De Informática De La Universidad Politécnica De Cartagena, U. (s. f.). Universidad Politécnica de Cartagena. <https://www.upct.es/>
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2022. Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias
- Material de riego. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/eu/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/consulta-paginas.aspx>
- INTIA → Transferencia e Innovación en el sector agroalimentario. (n.d.). <https://www.intiasa.es/web/es>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/>
- NAVARRA AGRARIA. Revista técnica agraria de INTIA. (n.d.). <https://www.navarraagraria.com/>
- RAGT investiga, produce y comercializa semillas en el mundo entero. De esta manera, RAGT cubre las mayores especies de gran cultivo y de ganadería en Europa. (n.d.). <https://ragt-semillas.es/es-es>
- Cherlinka, V. (2023, June 8). Rotación de cultivos: tipos y ejemplos prácticos. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/rotacion-de-cultivos/>
- Guadalsem. (2023, October 27). Cereal Guadalsem. <https://guadalsem.com/cereal>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/>
- ESPACIO SIAR. (n.d.). <https://www.espaciosiar.es/>
- Evapotranspiración del cultivo «Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos». (1990, mayo). FAO. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Esquíroz, O., 2021. Apuntes de la asignatura “Riegos y drenajes”. Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Pamplona. Documento sin publicar.
- Nacional, I. G. (s. f.). Inicio - Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.es/web/ign/portal>
- IDENA - geoportal. (s. f.). Geoportal. <https://geoportal.navarra.es/es/idena>. Venta y descarga de cartografía
- Navarra.es. (s. f.). <https://www.navarra.es/appsext/tiendacartografia/default.aspx>

- Precios medios nacionales. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/precios-medios-nacionales/>
- Política Agraria Común (PAC). (n.d.). Navarra.es. <https://www.navarra.es/es/agricultura-y-ganaderia/pac>.
- NAVARRA AGRARIA. Revista técnica agraria de INTIA. (n.d.). <https://www.navarraagraria.com/>
- Uso Secano Herbáceos.html. (n.d.). <https://www.navarra.es/mapacultivos/usosecanoherbaceos.html>
- Federico "Cálculo del VAN y TIR con Excel" [en línea]. <https://www.zonaeconomica.com/excel/van-tir>
- Consultas sobre las ayudas de la PAC. (n.d.). Navarra.es. <https://www.navarra.es/es/tramites/on-/line/Consultas-sobre-las-ayudas-de-la-PAC>

## 6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

### 6.1 DEFINICIONES

- Sistema de Riego por Aspersión (SRA): Método de riego que dispersa agua en forma de gotas sobre el cultivo.
- Valor Actual Neto (VAN): determina una rentabilidad absoluta a través de la ganancia neta generada por la inversión. Para ello considera la diferencia entre los flujos de caja y el pago de la inversión. Se considera que, si el VAN es mayor de cero, la inversión ya es viable.
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR): Mide la rentabilidad interna que va a tener la inversión considerando que se produce un pago de la inversión y que se van a generar nuevos recursos a través de esa inversión. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión igual a cero.
- Infraestructura hidráulica: Conjunto de elementos, como tuberías y emisores, utilizados para transportar y distribuir agua de riego.
- Conversión de uso de suelo: Proceso de cambiar áreas de secano a tierras de regadío para aumentar la producción agrícola.
- Estudio de impacto ambiental (EIA): Evaluación detallada de los posibles efectos ambientales de un proyecto antes de su ejecución.
- Caudal: Volumen de agua que fluye por una sección de un canal o tubería en un período de tiempo específico.

- Eficiencia de riego: Proporción del agua aplicada que realmente llega a las raíces de las plantas y se utiliza de manera efectiva.

- Cuenca hidrográfica: Área de tierra drenada por un sistema de ríos y sus afluentes, que contribuyen al mismo cuerpo de agua.

- Análisis de suelo: Evaluación de las características físicas y químicas del suelo para determinar su idoneidad para la agricultura y la retención de agua.

## 6.2 ABREVIATURAS

- ha: hectárea.
- km: kilómetro.
- m: metro.
- cm: centímetro.
- mm: milímetro.
- Tm: temperatura media.
- Tmin: temperatura mínima.
- Tmax: temperatura máxima.
- h: hora.
- l: litro.
- s: segundo.
- l/s: unidad de medida de caudal. Litro por segundo.
- N: norte.
- S: sur
- E: este
- O: oeste
- MJ/m<sup>2</sup>: unidad de medida de la radiación. Megajulio por metro cuadrado.
- CRAD: capacidad de retención de agua disponible.
- CC: capacidad de campo.
- PM: punto de marchitez.
- CE: conductividad eléctrica.
- kPa: kilopascal.
- ppm: unidad de medida de concentración. Partes por millón.
- GHF: unidad de medida de la dureza del agua. Grados Higrométricos Franceses.
- ETO: evapotranspiración de referencia.
- Kc: coeficiente del cultivo.
- ETc: evapotranspiración de cultivo.
- PE: precipitación efectiva.
- NHn: necesidades hídricas netas.
- NHb: necesidades hídricas brutas.
- IGN: Instituto Geográfico Nacional.
- TP: tubería primaria.
- TS: tubería secundaria.
- PVC: policloruro de vinilo.
- PEAD: polietileno de alta densidad.
- v: velocidad.
- A: área.
- Q: caudal.
- D: diámetro.
- Ø: diámetro.
- P: presión.
- mca: unidad de medida de presión. Metros de columna de agua.
- L: tubería.
- C: coeficiente de rugosidad de la tubería.
- h: pérdidas de carga.
- mg/l: unidad de medida de concentración. Miligramo por litro.

## 7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El objetivo del análisis de alternativas es el de aportar una única solución al proyecto, eligiendo la que mejor cumpla los requisitos y objetivos técnicos y económicos. Para ello se tendrá en cuenta, entre otros aspectos, el tipo de riego que se quiere implantar, la adaptación del cultivo a la zona, la

productividad y la rentabilidad del cultivo. Este se encuentra detallado en el Anexo V (Análisis de alternativas).

Entre las alternativas posibles para la transformación de la parcela objeto de estudio, destacan las más lógicas y que se podrían adaptar a la zona.

*Tabla 2. Alternativas propuestas para dar solución a las variables o problemas*

Problemas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cultivo	Cereal (maíz)	Hortícola anual	Hortícola plurianual
Sistema de riego	Aspersión	Localizado	Pívot
Fertilizantes	Fertirrigación	Abono orgánico	Abono de síntesis
Manejo del suelo	Laboreo mínimo	Cubierta vegetal	Laboreo tradicional

Para la valoración de cada alternativa se usan tres criterios a los que se les da un peso o valor en forma de porcentaje. En este caso los criterios son:

*Tabla 3. Porcentaje de cada criterio de valoración*

Criterio de valoración	Porcentaje (%)
Económico	40
Técnico / Productivo	30
Medioambiental	17
Adaptación al lugar	13

Después de valorar cada alternativa y puntuarla, el resultado de la alternativa que más se ajusta a los objetivos planteados es un cultivo cerealista, en este caso maíz.

El riego por aspersión es un método de riego que implica una lluvia más o menos intensa uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el punto donde cae. Las unidades que componen este sistema de riego son: grupo de bombeo, tuberías principales con sus hidrantes, ramales y emisores (los aspersores).



Este método de riego tiene numerosas ventajas respecto a otros sistemas de riego como el conocido riego por pivó. Es un método que, actualmente, y salvo alguna excepción, se está introduciendo en los nuevos cultivos de regadío. Las principales ventajas respecto al riego por pivó son: una mayor adaptabilidad al terreno y a las necesidades hídricas del cultivo permitiendo un ajuste de la dosis mucho más exacto, un ahorro considerable en la mano de obra dado el grado de desarrollo tecnológico que existe pues se puede controlar desde aplicaciones móviles, conservación del suelo minimizando la erosión del suelo al evitar el impacto directo del agua sobre la superficie, usos específicos para casuísticas diversas como el conocido “riego de socorro” que permite aportar agua a cultivos de zonas húmedas durante periodos de sequía y, por último, un importante ahorro hídrico permitiendo aprovechar más y mejor el agua.

Por otro lado, los principales inconvenientes son que requiere mantenimiento regular para prevenir obstrucciones, consumo energético, costes de reparación depende la zona de rotura y necesidad de monitoreo constante.

Por otro lado, la eficiencia que puede llegar a alcanzarse tras un buen diseño ronda el 90%, porcentajes de eficiencia muy altos.

Como sistema de abonado se utilizará el abono de síntesis, el cual combina perfectamente con el sistema de riego elegido.

En cuanto al manejo del suelo, la mejor opción es un laboreo tradicional, debido a que la rotación de hortalizas anuales deja muchos restos de cultivo y es necesario enterrarlos con el objetivo de que sirvan de nutrientes para el cultivo del año siguiente.

Para lograr un rendimiento efectivo, es esencial considerar varios aspectos, como la presión requerida para garantizar una distribución uniforme del agua, así como el diseño apropiado de la red de tuberías y aspersores.

## **8. PROPUESTA DE ROTACIÓN DE CULTIVOS**

La rotación de cultivos es una de las técnicas más utilizadas en la agricultura actualmente. El principio fundamental de la rotación de cultivos es alternar plantas de diferentes familias en una misma parcela, evitando así que el suelo se agote y provocando que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se eliminen. La rotación de cultivos es capaz de aportar beneficios que se traducen en un incremento de las producciones y, por ende, un aumento del rendimiento de la parcela.

La elección de los cultivos que conforman la rotación se ha realizado siguiendo los siguientes criterios a tener en cuenta:

- Rotación de cultivos: Se busca alternar diferentes tipos de cultivos en ciclos sucesivos. Esto ayuda a evitar el agotamiento del suelo y reduce el riesgo de enfermedades específicas asociadas a un cultivo en particular.
- Ciclos de nutrientes: Se considera la capacidad de los cultivos para absorber y devolver nutrientes al suelo. Algunos cultivos pueden mejorar la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno, por ejemplo, beneficiando a los cultivos subsiguientes.

- Control de malezas e insectos: Se eligen cultivos que ayuden en el control de malezas e insectos. Algunos cultivos pueden actuar como repelentes naturales o interrumpir los ciclos de vida de plagas específicas.
- Clima y estacionalidad: Se tiene en cuenta la adaptabilidad de los cultivos al clima y la estacionalidad de la región. Esto asegura un rendimiento óptimo y evita problemas relacionados con condiciones climáticas adversas.
- Diversificación de ingresos: Se busca una combinación de cultivos que no solo beneficie al suelo, sino que también diversifique las fuentes de ingresos agrícolas, reduciendo la dependencia de un solo cultivo.
- Rotación para enfermedades: Si hay historial de enfermedades específicas en el suelo, se seleccionan cultivos que sean menos susceptibles o que no compartan patógenos comunes.
- Prácticas sostenibles: Se priorizan cultivos y prácticas que promuevan la sostenibilidad a largo plazo, minimizando el uso de químicos y fomentando la salud del ecosistema agrícola.
- Demandas hídricas: Se tiene en cuenta el uso eficiente del agua, eligiendo cultivos que se adapten a las condiciones de disponibilidad de agua y que permitan una gestión responsable de este recurso.
- Economía de la explotación
- Disposiciones legales

Las especies y variedades seleccionadas para la rotación de cultivos en la parcela bajo estudio deben cumplir con los criterios previamente mencionados. Además, se busca que estas elecciones conduzcan a rendimientos económicos apropiados, considerando posibles fluctuaciones a largo plazo en el mercado.

En el siguiente apartado se detallan las variedades elegidas para los cultivos utilizados en la rotación. Una descripción completa de estas variedades se encuentra en el Anexo VI: Propuesta de rotación de cultivos.

*Tabla 4. Propuesta de rotación de cultivos.*

ROTACIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
1	PREP.		MAIZ							CEBADA		
2	CEBADA			GIRASOL					PREP.	TRIGO		
3	TRIGO						BARBECHO					

4	BARBECHO	COLZA	PREP.	GUIS.
5	GUISANTE		BARBECHO	
6	BARBECHO	MAIZ	CEBADA	

Esta propuesta de rotación y calendario es únicamente una recomendación, de forma que pueda servirle al agricultor de guía para la gestión de la parcela objeto de transformación. No es de expresa obligación el cumplimiento de dichos parámetros.

## 9. NECESIDADES HÍDRICAS

Las necesidades hídricas se refieren a la cantidad de agua que requiere un organismo, una planta, un cultivo, un animal o cualquier sistema biológico para su adecuado crecimiento, desarrollo y funcionamiento. En el contexto agrícola, las necesidades hídricas de los cultivos son fundamentales para garantizar una producción óptima y de calidad.

Las necesidades hídricas de los cultivos varían según factores como el tipo de cultivo, la etapa de crecimiento, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y las prácticas agronómicas utilizadas.

Estas han sido calculadas para los ciclos completos de los cultivos más exigentes hídricamente, en este caso, maíz, colza y trigo.

A continuación, se describen los conceptos principales para el cálculo de las necesidades hídricas, las cuales se encuentran descritas más en profundidad en el *Anexo VII. Cálculo de las necesidades hídricas*.

- Evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>).
- Coeficiente del cultivo según el estado de desarrollo (K<sub>c</sub>).
- Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>).
- Precipitación efectiva (PE).
- Necesidades hídricas netas (NH<sub>n</sub>).
- Necesidades hídricas brutas (NH<sub>b</sub>).

El requerimiento de agua de riego se calcula de manera mensual obteniendo en cada cultivo el total de agua requerida en cada mes, a partir de los datos medios de evapotranspiración de referencia obtenidos desde 2012 hasta la actualidad.

Se han analizado las necesidades hídricas de todos los cultivos propuestos en la rotación en el Anexo VII, aunque en la memoria solo se han analizado los 3 cultivos con mayores necesidades hídricas. En el caso del maíz, para el posterior cálculo de las horas semanales de riego, el cálculo se ha realizado semanalmente.

Para el caso del maíz es posible observar en la siguiente tabla 5 como el valor máximo de

necesidades hídricas brutas del maíz a lo largo de su ciclo completo corresponde a la semana 3 de julio, siendo de 65,67 litros/m<sup>2</sup>.

Las necesidades son más elevadas desde inicios de mayo hasta mitad de junio, por lo que es cuando más necesario resulta el riego.

*Tabla 5. Necesidades hídricas semanales del maíz.*

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
Del 21/03 al 27/03	0	13,9	0	0,17	0	0,00
Del 28/03 al 03/04	0,23	14,94	3,44	5,82	0	0,00
Del 04/04 al 10/04	0,53	22,71	12,04	0	12,04	14,16
Del 11/04 al 17/04	0,53	27,06	14,34	0	14,34	16,87
Del 18/04 al 24/04	0,53	14,7	7,79	6,14	1,65	1,94
Del 25/04 al 01/05	0,56	23,85	13,36	6,05	7,31	8,60
Del 02/05 al 08/05	0,75	25,05	18,79	0	18,79	22,11
Del 09/05 al 15/05	0,75	29,85	22,39	0	22,39	26,34
Del 16/05 al 22/05	0,75	42,27	31,7	0	31,7	37,29
Del 23/05 al 29/05	0,75	36,29	27,22	0	27,22	32,02
Del 30/05 al 05/06	0,89	43,94	39,1	0	39,1	46,00
Del 06/06 al 12/06	0,95	43,08	40,93	0	40,93	48,15
Del 13/06 al 19/06	0,95	51,74	49,15	4,5	44,65	52,53
Del 20/06 al 26/06	0,95	37	35,15	0	35,15	41,35
Del 27/06 al 03/07	1,02	44,26	45,14	0	45,14	53,11
Del 04/07 al 10/07	1,11	40,89	45,39	8,86	36,53	42,98
Del 11/07 al 17/07	1,11	48,35	53,67	0	53,67	63,14
Del 18/07 al 24/07	1,11	50,29	55,82	0	55,82	65,67
Del 25/07 al 31/07	1,11	43,84	48,66	0	48,66	57,25
Del 01/08 al 07/08	1,02	43,66	44,53	5,84	38,69	45,52

Del 08/08 al 14/08	1,02	39,78	40,58	0	40,58	47,74
Del 15/08 al 21/08	1,02	37,63	38,39	0	38,39	45,16
Del 22/08 al 28/08	1,02	34,48	35,17	0	35,17	41,38
Del 29/08 al 04/09	0,73	35,05	25,59	0	25,59	30,11
Del 05/09 al 11/09	0,52	29,68	15,44	0	15,44	18,16
Del 12/09 al 18/09	0,52	26,24	13,64	0,52	13,12	15,44
Del 19/09 al 25/09	0,52	24,75	12,87	0	12,87	15,14
Del 26/09 al 02/10	0,37	17,32	6,41	0	6,41	7,54
Del 03/10 al 09/10	0	20,59	0	0	0	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>963,19</b>	<b>-</b>	<b>37,9</b>	<b>761,35</b>	<b>895,71</b>

En el caso de la colza, como es posible observar en la siguiente tabla 6, el valor máximo de necesidades hídricas brutas de la colza a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 175,58 litros/m<sup>2</sup>.

*Tabla 6. Necesidades hídricas mensuales de la colza.*

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0,4	27,2	10,88	12,87	0	0
feb	0,6	44,3	26,58	1,36	25,22	29,6705882
mar	0,8	55,61	44,49	16,33	28,16	33,1294118
abr	1	89,93	89,93	18,01	71,92	84,6117647
may	1	149,25	149,25	0	149,25	175,588235
jun	0,4	187,68	75,07	4,5	70,57	83,0235294
jul	0	204,44	0	8,86	0	0
ago	0	169,98	0	5,84	0	0
sep	0	113,15	0	0,52	0	0
oct	0	82,18	0	11,39	0	0
nov	0,4	30,22	12,09	18,19	0	0

dic	0,4	17,98	7,19	23,68	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1171,92</b>	-	<b>121,55</b>	<b>345,12</b>	<b>406,023529</b>

Para el caso del trigo es posible observar en la tabla 7 que el valor máximo de necesidades hídricas brutas del trigo a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 193,14 litros/m<sup>2</sup>.

*Tabla 2. Necesidades hídricas mensuales del trigo.*

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0	27,2	0	12,87	0	0
feb	0	44,3	0	1,36	0	0
mar	0	55,61	0	16,33	0	0
abr	1	89,93	89,93	18,01	71,92	84,6117647
may	1,1	149,25	164,17	0	164,17	193,141176
jun	0,3	187,68	56,3	4,5	51,8	60,9411765
jul	0	204,44	0	8,86	0	0
ago	0	169,98	0	5,84	0	0
sep	0	113,15	0	0,52	0	0
oct	0	82,18	0	11,39	0	0
nov	0	30,22	0	18,19	0	0
dic	0	17,98	0	23,68	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1171,92</b>	-	<b>121,55</b>	<b>287,89</b>	<b>338,694118</b>

## 10. DISEÑO HIDRÁULICO

En el Anexo VI. Diseño hidráulico, se lleva a cabo el diseño del sistema de riego por aspersión de la parcela objeto de transformación, la cual presenta una superficie total de 6,06 hectáreas y una pendiente media del 12%.

Para la realización del presente proyecto se ha elegido un sistema de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación es del 85%. Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego que adopta una disposición triangular de 15 metros de separación entre los distintos ramales y de 18 metros entre aspersores.

Los aspersores circulares utilizados emiten un caudal de 1.960 l/h (0.558 l/s), mientras que los aspersores de tipo sectorial arrojan un caudal de 1.390 l/h (0.317 l/s). Ambos trabajan con una presión de funcionamiento de 3,5 kg/cm<sup>2</sup> (35 m.c.a.). A partir de dichos datos, se calcula el número de sectores en los que debe dividirse la parcela, en este caso, 8 sectores.

En el diseño agronómico se tiene en cuenta toda la información recogida relacionada con la climatología de la zona de estudio, características edafológicas, características del cultivo, superficie a regar, disponibilidad y calidad del agua de riego.

En función de las necesidades hídricas máximas del cultivo más exigente en la semana de mayor demanda, se determina el tiempo de riego semanal en 64,96 horas. Se aconseja el riego durante cinco de los siete días de la semana para evitar problemas en caso de avería del sistema. De esta forma, el tiempo de riego será de 13 horas al día.

### **10.1 RED DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución es la encargada de permitir el transporte del agua desde el punto de partida, en este caso el Canal de Navarra, hasta cada uno de los aspersores ubicados en las diferentes parcelas objeto de la transformación.

El trazado de esta red se realiza en la medida de lo posible atendiendo a una serie de criterios. Dichos criterios tienen por objeto minimizar el coste de la instalación y mantenimiento de la red, al tiempo que permiten garantizar su eficacia técnica.

Dicha red de distribución se extenderá a lo largo de todas las parcelas y constará de tuberías PVC (policloruro de vinilo) y PEAD (polietileno de alta densidad). Las tuberías de PVC poseerán diámetros externos comprendidos entre 40 y 160 mm, mientras que las tuberías de PE serán en su totalidad de 32 mm.

La distribución de esta red se puede observar en el conjunto de Planos N<sup>º</sup>4 – N<sup>º</sup>6, en los cuales queda representada tanto su distribución general a lo largo de toda la superficie a transformar.

La disposición de las tuberías se lleva a cabo desde el hidrante y se determina según la topografía y la forma de la parcela. En este caso, los sectores tienen una forma rectangular. Para garantizar una distribución efectiva, la presión en los extremos de los ramales debe ser suficiente para que los emisores apliquen el agua de manera adecuada. Con el objetivo de reducir costes, la longitud de las tuberías debe ser la mínima posible, resultando en una proporción PVC/PEAD mínima (tuberías primarias y secundarias de PVC, y ramales de PEAD).

La distribución de la tubería primaria debe minimizar las pérdidas de carga desde el hidrante hasta cada sector, lo cual depende principalmente de la forma de la parcela y la ubicación del hidrante. El dimensionado de la tubería secundaria se determina según los diferentes tramos en los que se divide y sus respectivos diámetros, optimizados en función de la velocidad del agua. Esta velocidad debe mantenerse entre 0,5 y 2 m/s.

A continuación, se evalúa la uniformidad de riego, asegurando que la diferencia de presión entre los aspersores de un mismo sector no supere el 20% de la presión nominal, que en este caso es de 35 mca. Por lo tanto, la diferencia de presión entre el aspersor de máxima y mínima presión no debe exceder los 7 mca.

Finalmente, dado que la tubería primaria tiene un único diámetro, su dimensionado se realiza a partir del sector con mayor demanda. En este caso, el diámetro exterior mínimo de la tubería primaria debe ser de 125 mm. Para determinar la adecuación de la presión en cada sector, se deben considerar la presión de cabecera de cada sector, las pérdidas de carga desde el hidrante hasta la cabecera, y la diferencia de cota entre ambos puntos.

*Tabla 8. Resumen presiones llegada*

Sector	Q(l/s)	$\varnothing_{int}$	v(m/s)	L(m)	1.1 L (m)	C	h TP	$\Delta$ cota	P llegada	P Cab	Dif (m)
1	16,56	118	1,51	61,3	67,43	150	1,12	3	58,08	48,44	9,64
2	14,89	118	1,36	61,3	67,43	150	0,92	3	58,28	40,62	17,66
3	17	118	1,56	150,6	165,66	150	2,9	-5	48,3	45,49	2,81
4	15,54	118	1,42	150,6	165,66	150	2,44	-5	48,76	35,64	13,12
5	15,54	118	1,42	242,6	266,86	150	3,93	-1	51,27	47,63	3,64
6	16,65	118	1,52	242,6	266,86	150	4,47	-1	50,73	38,56	12,17
7	16,73	118	1,53	333,8	367,18	150	6,21	7	56,99	42,65	14,34
8	16,56	118	1,51	333,8	367,18	150	6,09	7	57,11	41,15	15,96

Como es posible observar en la tabla 8, la presión de llegada es mayor en todos los casos que la presión en cabecera, lo que indica que el diámetro de tubería primaria escogido es el adecuado y el hidrante es capaz de proporcionar esas presiones.

Además, la presión proporcionada por el hidrante en diversos sectores a menudo es considerablemente mayor de lo requerido. Por ello, se propone disminuir la presión de salida del hidrante para ajustarse a las necesidades reales de la instalación, mejorando de esta manera el rendimiento global del sistema.



## TUBERÍA PRIMARIA

Este tipo de conducciones fabricadas en PVC son las encargadas de transportar el agua desde cada uno de los hidrantes hasta la cabecera de cada sector, punto de conexión con las tuberías secundarias.

Para la realización del presente proyecto serán necesarios 368 metros de tubería primaria, fabricados en PVC y con un diámetro externo de 125mm.

*Tabla 9. Sector de mayor caudal. primaria.*

Sector de mayor caudal					
Sector	Q(l/s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	∅ <sub>int</sub>	∅ <sub>int</sub> (m)	v(m/s)
3	17	0,017057	118,00	0,118	1,56

En este caso, como es posible observar en la tabla, el sector de mayor demanda es el número 2, por lo que el diámetro interior de la tubería primaria debe ser como mínimo de 118 mm.

## TUBERÍA SECUNDARIA

Fabricadas en PVC (Policloruro de vinilo) permiten transportar el agua desde la cabecera de cada sector hasta las tuberías porta-aspersores. En el conjunto de Planos N°4 – N°6 se puede observar la distribución en planta que seguirán en cada sector de riego.

Los diámetros internos variarán entre 36 y 132 mm. En el Anejo VIII – “Diseño hidráulico” se explica con detalle el proceso seguido para el óptimo dimensionamiento de las mismas.

A continuación, en la tabla 10, se muestran los diámetros y longitudes necesarias de tubería secundaria.

*Tabla 10. Diámetro y longitud de tubería secundaria necesaria.*

∅ TUBERÍA PVC	Cant (m)
40	30
50	30
63	75
75	75
90	75

110	120
125	60
140	90
160	75

#### TUBERIA PORTA ASPERSORES

Son las encargadas de transportar el agua desde las tuberías secundarias hasta cada uno de los aspersores. Todas ellas tendrán un diámetro de 32 mm y estarán fabricadas en PEAD (polietileno de alta densidad). En el conjunto de Planos N°4 – N°6 puede observarse con detalle la ubicación de cada una de ellas en cada sector de riego.

Se necesita un total de 364,45 m de tubería porta aspersores.

#### **11. RESUMEN PRESUPUESTO**

A continuación, se expone el presupuesto de ejecución material y de ejecución por contrata del presente proyecto. El presupuesto completo se encuentra en el Documento N° 6 Mediciones y Presupuestos.

#### Imagen 4. Resumen presupuesto.

Proyecto: PRESUPUESTO PROYECTO

Capítulo	Importe
<b>1 PRESUPUESTO PROYECTO</b>	
1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS.	5.863,5200
1.2 TUBERÍA SECUNDARIA.	4.970,5500
1.3 TUBERÍA PRIMARIA.	5.581,2850
1.4 RAMALES PORTA ASPERSORES.	15.689,5620
1.5 GESTIÓN DE RESÍDUOS.	280,0000
1.6 SEGURIDAD Y SALUD.	320,0000
1.7 CONTROL DE CALIDAD.	50,0000
<b>Total 1 PRESUPUESTO PROYECTO .....</b>	<b>32.754,9170</b>
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>32.754,9170</b>
5% de gastos generales	1.637,7459
5% de beneficio industrial	1.637,7459
<b>Suma</b>	<b>36.030,4088</b>
21% IVA	7.566,3858
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>43.596,7946</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Añorbe, 19 de enero de 2024

Ruben Basterrechea Rodriguez



Propietaria de la parcela, Lorea Barrena González



## 12. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

En un proyecto como este en el que se precisa de una inversión inicial importante es de vital importancia la realización de un análisis económico-financiero.

La evaluación de la viabilidad económica tiene como propósito analizar la factibilidad financiera del proyecto que se pretende llevar a cabo. Este proceso implica determinar si la ejecución del proyecto sería rentable para la promotora, considerando un análisis detallado de costes y beneficios. Se evalúan diversos factores que afectan la rentabilidad del proyecto, como la vida útil, los ingresos y gastos previstos, que se calculan en base a los cultivos detallados en el Anexo IV sobre la rotación de cultivos.

Además, se aplican indicadores económicos clave, como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Rendimiento Interna (TIR), para evaluar la rentabilidad a lo largo del tiempo. También se considera el periodo necesario para recuperar la inversión inicial. En resumen, el estudio de viabilidad económica proporciona información esencial para determinar la conveniencia económica de llevar a cabo el proyecto.

## **12.2 VIABILIDAD Y RENTABILIDAD**

Se entiende como rentable aquella inversión en la que el valor de los rendimientos que proporciona es superior al de los recursos que utiliza. Con el objetivo de determinar la rentabilidad de la inversión se emplean indicadores de rentabilidad tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el periodo de retorno. Para la elaboración de la evaluación económico-financiera del proyecto se deben considerar una serie de premisas.

### VIDA ÚTIL

Se entiende como vida útil del proyecto como el número de años durante los cuales la inversión estará generando rendimientos positivos. En el proyecto actual se estima una vida útil de 20 años, teniendo en cuenta la naturaleza del mismo.

### PAGO DE LA INVERSIÓN

El pago de la inversión es el número de unidades monetarias que la inversora debe desembolsar con el objetivo de conseguir que el proyecto entre en funcionamiento. El pago de la inversión coincide con el presupuesto del proyecto, que son 43.596,79€.

Después de realizar los cálculos necesarios para determinar diversos indicadores económicos, se han obtenido los siguientes resultados.

El Valor Actual Neto de la inversión es de 23.563,79€, una cantidad superior a cero. Este resultado sugiere que la ejecución del proyecto es recomendable.

Adicionalmente, se ha calculado una Tasa Interna de Rendimiento del 12%. En conjunto con lo anterior, se puede concluir que, según estos dos indicadores, la inversión sería tanto viable como rentable.

Es importante destacar que la inversión inicial se recupera en un período de 6 años, a partir del cual se empezarán a obtener beneficios. Considerando que se estima que el proyecto tiene una vida útil de 20 años, iniciar la recuperación de la inversión antes de llegar a la mitad de ese tiempo es nuevamente un indicador positivo.

## **13. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS**

En caso de incompatibilidad de los documentos básicos del proyecto, el orden de prioridad entre los documentos básicos a respetar es el siguiente:

- 1. Planos
- 2. Pliego de condiciones
- 3. Mediciones y Presupuesto
- 4. Memoria
- 5. Anexos





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

## **DOCUMENTO Nº 3: ANEXOS**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## **ÍNDICE DOCUMENTO N°3: ANEXOS**

ANEXO I. LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA

ANEXO II. ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEXO III. ESTUDIO GEOLÓGICO Y EDÁFICO

ANEXO IV. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

ANEXO V. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

ANEXO VI. PROPUESTA DE ROTACIÓN DE CULTIVOS

ANEXO VII. NECESIDADES HÍDRICAS

ANEXO VIII. DISEÑO HIDRÁULICO

ANEXO IX. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA







Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO I: LOCALIZACION Y DATOS DE LA PARCELA**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## ÍNDICE LOCALIZACIÓN Y DATOS DE LA PARCELA

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
<b>3. DATOS DE LA PARCELA</b>	<b>3</b>
3.1. Límites de la parcela	3
3.2 Disponibilidad de agua	3
3.3 Accesos	3



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como propósito brindar una detallada descripción de la parcela identificada como la número 204, ubicada en el Polígono Nº 2 del término municipal de Añorbe, situado en la provincia de Navarra. Añorbe es un municipio situado en la merindad de Pamplona, en el valle de Valdizarbe, a 20,6 km de la capital de la comunidad, Pamplona.

Este documento proporciona información relevante sobre la localización geográfica, dimensiones y características específicas de la mencionada parcela, abarcando una extensión total de 6,06 hectáreas.

A través de la recopilación detallada de datos cartográficos y topográficos, este anexo busca ofrecer una visión integral de la configuración y peculiaridades que definen la parcela en cuestión. La información aquí presentada se presenta con el propósito de facilitar un entendimiento claro y completo de la ubicación y atributos esenciales de la parcela 204, proporcionando así un recurso de referencia crucial para cualquier análisis futuro, gestión territorial o proyecto asociado a este predio específico.

## 2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La ubicación de la parcela, como se puede observar en el Plano Nº1 del Documento Planos, se encuentra en el término municipal de Añorbe, a una distancia aproximada de 2 km al Oeste del casco urbano. El acceso a la parcela se realiza a través de la carretera Na-6013. Este camino rural impone una limitación de velocidad de 40 km/h para todos los usuarios de la vía, así como un tonelaje máximo permitido de 14 T, excepto para vehículos agrícolas.

*Imagen 1. Localización geográfica 1*



*Imagen 2. Localización geográfica 2*



*Imagen 3. Localización geográfica 3*



Las coordenadas geográficas aproximadas de Añorbe son:

Altura Media del municipio: 462 m  
Latitud en grados decimales: 42.667  
Longitud en grados decimales: -1.717  
Coordenada X UTM Huso 30: 605172  
Coordenada Y UTM Huso 30: 4724682.7  
Superficie: 24,1 km<sup>2</sup>.

### 3. DATOS DE LA PARCELA

Como se ha relatado anteriormente, se trata de una parcela, la cual se encuentra en régimen de tierra de labor de secano. La instalación del riego se realizará sobre la totalidad de la parcela, siempre y cuando sea posible debido al tipo de riego y a la capacidad de laboreo por maniobrabilidad y acceso. Cuenta con una superficie de 6,06 has.

*Imagen 4. Localización geográfica de la parcela en base al núcleo urbano*



#### 3.1. Límites de la parcela

Los límites de la parcela son los siguientes:

- Al norte linda con el camino de concentración que da acceso a la parcela.
- Al sur linda con la parcela 203 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.
- Al este linda con la parcela 207 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.
- Al oeste linda con la parcela rústica 201 del polígono 2 del término municipal de Añorbe.

#### 3.2 Disponibilidad de agua

Esta parcela será suministrada de agua por el hidrante H21.029A, que se encuentra en la propia parcela en el límite derecho.

Este hidrante es propiedad de Agua Canal y está dotado de una presión de 61,2 mca y un caudal de 17 l/s.

#### 3.3 Accesos

El acceso a la parcela, como se ha comentado anteriormente, es a través de un camino de concentración, el cual es suficientemente ancho y no genera ningún tipo de limitación para el paso de cualquier tipo de maquinaria, así como para la accesibilidad a la finca.







Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO II: ESTUDIO CLIMÁTICO**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE ESTUDIO CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. FACTORES CLIMÁTICOS	2
2.1. CLIMA	2
2.2 PERIODO LIBRE DE HELADAS	3
2.3 PRECIPITACIONES	4
2.4 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO	4
2.5 HUMEDAD RELATIVA	5
2.6 VIENTO	6
3. CONCLUSIÓN	7
4. BIBLIOGRAFÍA	7



## 1. INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como objetivo analizar las condiciones climáticas de la parcela en cuestión. A través de este análisis, se pretende describir el clima predominante en la zona y examinar la influencia de diversos factores climáticos.

Los datos utilizados provienen de la estación meteorológica de Artajona, ubicada a una distancia de 9 km de la parcela sujeta al proyecto. Estos datos abarcan los últimos 10 años, desde 2012 hasta la fecha actual. De esta manera, las condiciones climáticas analizadas en este estudio son muy similares a las de la parcela en cuestión.

A continuación, se muestran los detalles de dicha estación, los cuales se encuentran recogidos en el portal web Meteo Navarra, propiedad del Gobierno de Navarra:

Coordenada UTM (Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30):

X: 599221

Y: 4715278

Altitud: 353 m

Fecha de instalación: 02/03/2004

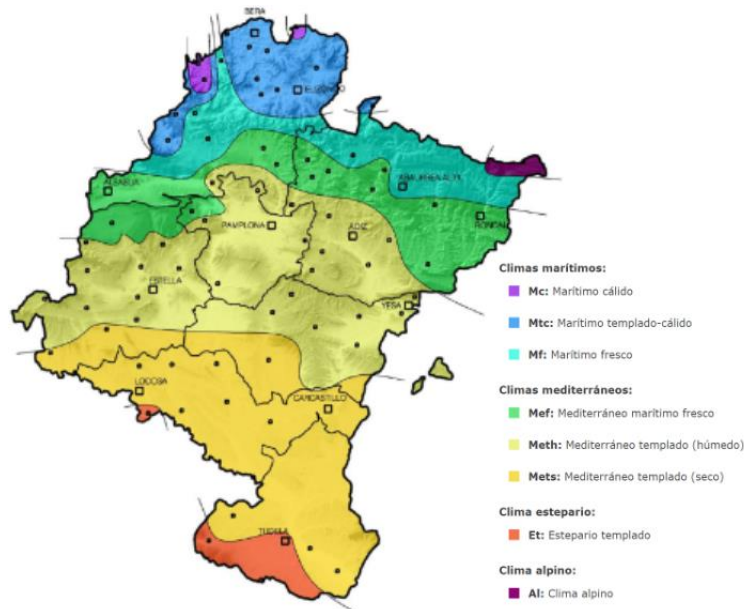
*Imagen 1. Estación automática de Artajona*



De forma general, es posible definir el clima de la zona como mediterráneo templado húmedo. Este tipo de ambiente se caracteriza principalmente por tener veranos secos, primaveras y otoños lluviosos e inviernos suaves.

Respecto a las temperaturas del clima templado mediterráneo, como se ha mencionado con anterioridad, se presentan relativamente suaves en invierno y cálidas en verano, aunque no en exceso.

Imagen 2. Mapa climático de papadakis de Navarra



## 2. FACTORES CLIMÁTICOS

A continuación, se van a analizar los puntos más importantes del medio físico de la zona.

### 2.1. CLIMA

La tasa de crecimiento y desarrollo de una planta se ve significativamente afectada por la temperatura, ya que todos los procesos fisiológicos de la planta ocurren dentro de un rango de temperaturas que va desde una temperatura mínima necesaria hasta una temperatura óptima. Para investigar este fenómeno, se examinan los registros mensuales de la temperatura promedio diaria (Tm), la temperatura mínima (Tmin) y la temperatura máxima (Tmax). Estos datos se refieren al promedio de las temperaturas diarias medias, mínimas y máximas, respectivamente.

- Temperatura media (Tm): Temperatura media de las medias diarias
- Temperatura mínima (Tmin): Media de las temperaturas mínimas diarias
- Temperatura máxima (Tmax): Media de las temperaturas máximas diarias

Tabla 1. Datos de las temperaturas de las series 2012-2022

	Temp Media (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mínima (°C)
ENERO	5	9	1
FEBRERO	6	11	1
MARZO	9	14	4
ABRIL	11	17	6

MAYO	15	21	9
JUNIO	19	25	13
JULIO	21	28	15
AGOSTO	21	28	15
SEPTIEMBRE	18	24	13
OCTUBRE	14	19	9
NOVIEMBRE	9	13	5
DICIEMBRE	6	10	2
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>12,8</b>	<b>18,25</b>	<b>7,75</b>

En la Tabla 2, se observa como las temperaturas medias anuales se sitúan entre los 12- 13º C, no obstante, se da una variación térmica intra-anual de casi 16 º C de diferencia entre la temperatura media de julio (21 ºC) y la de enero (5 ºC). Estas temperaturas coinciden con el clima en la zona media de Navarra.

Dentro de las características térmicas, existe un aspecto a tener en cuenta para los cultivos agrícolas, este es el del periodo y la frecuencia de las heladas. Estas condicionan la duración del periodo vegetativo, y en ocasiones pueden causar daños en determinados cultivos.

## 2.2 PERIODO LIBRE DE HELADAS

Conocer la duración del periodo libre de heladas es muy importante para poder evaluar qué cultivos y variedades se adaptan mejor a las condiciones de la parcela. El daño producido por una helada depende de muchos factores como son el cultivo y sus variedades, la madurez de los tejidos, tipo de poda, la temperatura alcanzada, la duración de la helada y velocidad de bajada de la temperatura. En la Tabla 2 se muestran como las heladas suceden de forma frecuente en los meses de invierno y con menos probabilidad durante mayo y noviembre, siendo la media anual de 43 días de helada al año.

Por lo tanto, se puede observar que el periodo libre de heladas es de 6-7 meses.

*Tabla 2. Días de heladas*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	AÑO
Días heladas	18	13	3	5	0	0	0	0	0	0	0	4	43



## 2.3 PRECIPITACIONES

La disponibilidad de agua para las plantas es otro factor crucial en el desarrollo del cultivo, y las precipitaciones juegan un papel fundamental en este aspecto. El estrés hídrico puede manifestarse tanto por un exceso como por un déficit de agua. En la región donde se encuentra la parcela bajo estudio, el problema predominante es la escasez de agua debida a la falta de precipitaciones, como se evidencia en la tabla 3 que presenta las medias mensuales de precipitación.

Las precipitaciones más abundantes suelen ocurrir en los meses de primavera y otoño, mientras que en verano se experimenta una disminución, resultando en un promedio anual de 486,4 mm.

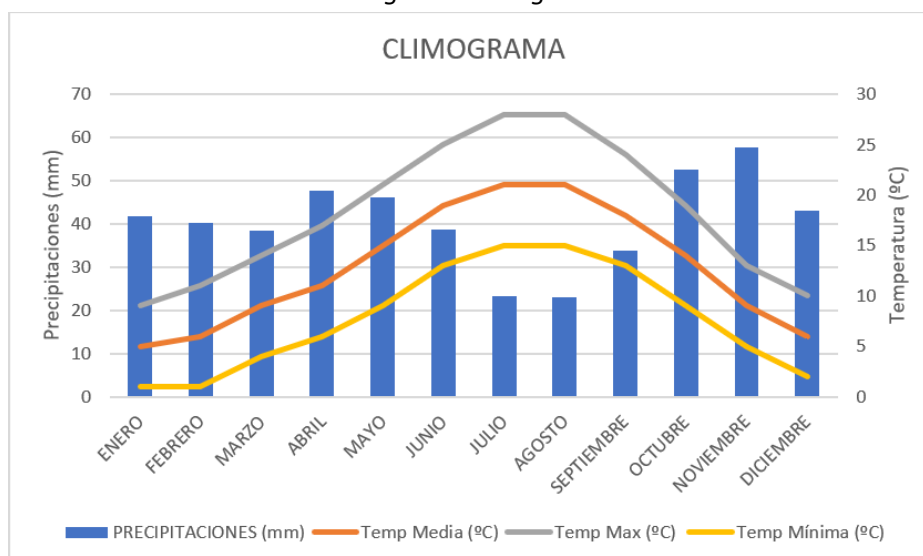
*Tabla 3. Régimen de precipitaciones.*

MES	PRECIPITACIONES (mm)
ENERO	41,8
FEBRERO	40,3
MARZO	38,4
ABRIL	47,8
MAYO	46,1
JUNIO	38,8
JULIO	23,2
AGOSTO	22,9
SEPTIEMBRE	33,7
OCTUBRE	52,7
NOVIEMBRE	57,7
DICIEMBRE	43
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>486,4</b>

## 2.4 DIAGRAMA OMBROTÉRMICO

A continuación, en la imagen 3 se muestra el diagrama Ombrotérmico que relaciona la precipitación acumulada mensual junto con las temperaturas media, mínima y máxima mensuales

Imagen 3. Climograma



## 2.5 HUMEDAD RELATIVA

La presencia de humedad constituye un elemento climático crucial que guarda estrecha relación con la liberación de vapor de agua por parte de la planta. Este factor resulta fundamental para facilitar el intercambio de gases esenciales y llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Un exceso de humedad, por otro lado, conlleva a una disminución en la transpiración, lo que a su vez reduce la absorción de nutrientes, impactando negativamente en el desarrollo de la planta. Adicionalmente, propicia la proliferación de plagas y enfermedades que afectan la salud y vitalidad del vegetal.

Tabla 4. Humedad relativa media

MES	HUMEDAD RELATIVA (%)
ENERO	79,4
FEBRERO	77,6
MARZO	82,7
ABRIL	79,4
MAYO	65,9
JUNIO	60,7
JULIO	60,9
AGOSTO	65,0
SEPTIEMBRE	67,9
OCTUBRE	71,2
NOVIEMBRE	87,4

DICIEMBRE	94,6
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>74,4</b>

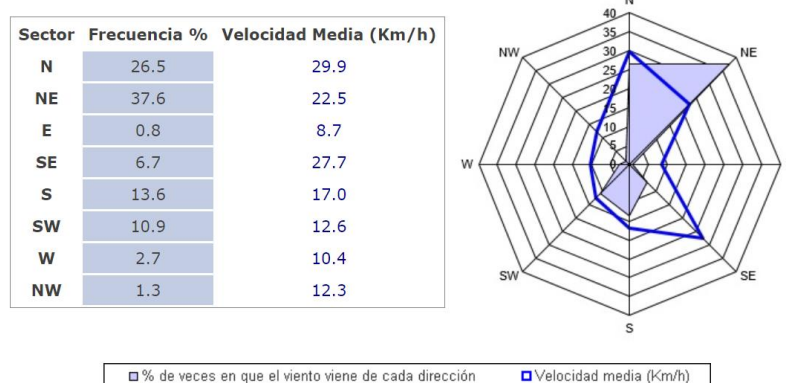
En lo referido a los datos de la zona en la que se sitúa la parcela objeto de estudio, es posible determinar que los valores máximos se obtienen en los meses entre noviembre y abril. En verano, ocurre lo contrario.

Se puede clasificar en base al régimen de humedad como Mediterráneo Húmedo (ME).

## 2.6 VIENTO

La mejor forma de analizar los datos del viento es mediante la observación de la Rosa de los Vientos. En la cual, para Añorbe, podemos observar valores medios desde 8,7 km/h con vientos del sur, hasta 29,9 km/h con vientos del noreste. Es interesante distinguir la frecuencia de los vientos con su dirección, ya que los vientos del norte acostumbran a ser más fríos, mientras que los vientos del sur suelen ser más cálidos.

Imagen 4. Rosa de los vientos



Como se puede observar en la Imagen 4 el viento noreste es el predominante en esta zona, seguido este por los vientos del sur. El viento del sur es conocido comúnmente como Bochorno. Los vientos del norte suelen ser vientos más bien fríos, al contrario que los vientos del sur, que por lo general suelen ser vientos cálidos, aunque a veces son vientos fríos que traen consigo inestabilidades y borrascas.

## 3. CONCLUSIÓN

En conclusión, el entendimiento de las condiciones climáticas que impactan sobre la parcela bajo estudio emerge como un elemento esencial al momento de determinar los requerimientos de los cultivos, abarcando tanto aspectos hídricos como relacionados con la temperatura y la humedad. Este conocimiento ejerce una influencia significativa en la eficacia del riego, especialmente debido al factor del viento.

A través de la interpretación de los datos recabados en la estación meteorológica de Artajona, se abre la posibilidad de diseñar una rotación de cultivos que se ajuste de manera apropiada a las condiciones climáticas específicas de la zona. Asimismo, con base en estas condiciones, se pueden llevar a cabo los aportes de riego necesarios para cubrir las demandas hídricas de los cultivos de manera efectiva.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- *Meteo Navarra - Gobierno de Navarra.* (s. f.). <http://meteo.navarra.es/>
- De Meteorología, A. E. (s. f.). *El tiempo: Artajona (Navarra) - Predicción 7 Días - Tabla - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España.* Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España. <https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/artajona-id31038>
- *Portal externo > Inicio.* (s. f.). <https://eportal.mapa.gob.es/>
- *WeatherSpark.* (s. f.). WeatherSpark. <https://es.weatherspark.com/>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO III: ESTUDIO GEOLÓGICO Y EDÁFICO**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE ESTUDIO GEOLÓGICO Y EDÁFICO

<b>1. ESTUDIO GEOLÓGICO</b>	1
<b>2. ESTUDIO EDAFOLÓGICO</b>	2
2.1 DESCRIPCIÓN Y USO DEL SUELO	2
2.2 ADQUISICIÓN DE DATOS	3
<b>3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	3
3.1 PROPIEDADES FÍSICAS	4
3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS	8
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b>	11



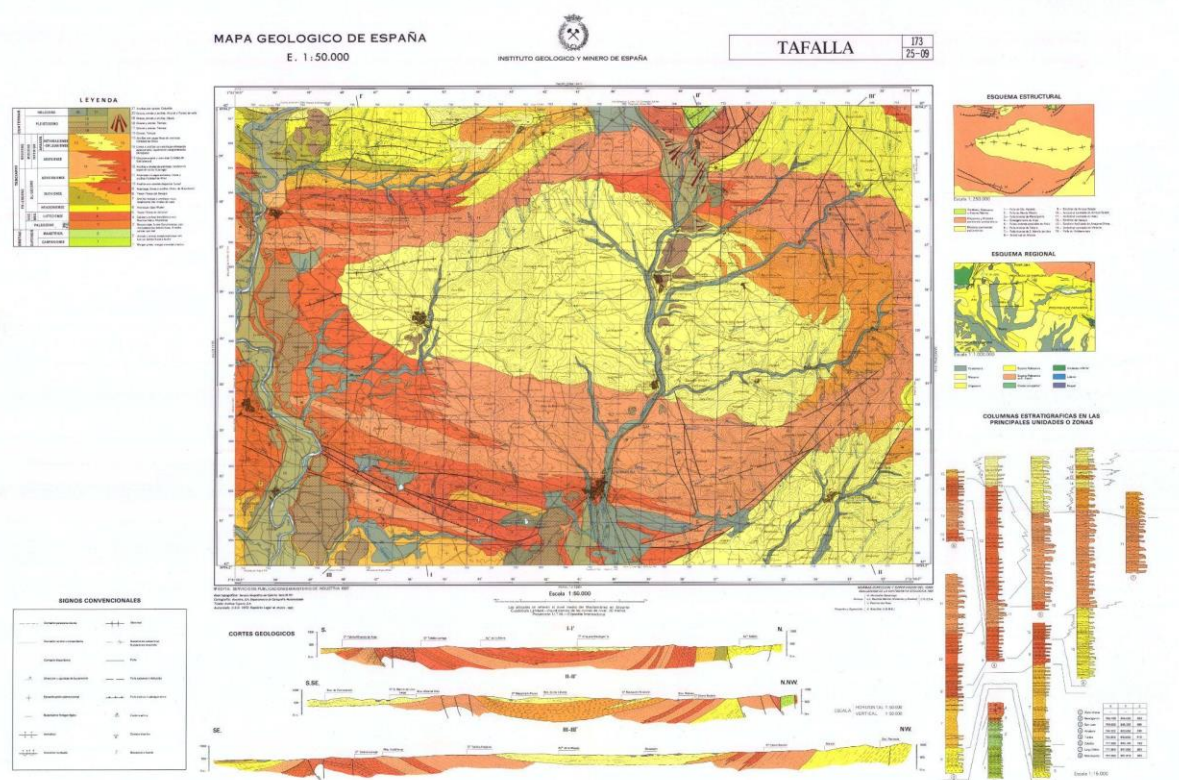


## 1. ESTUDIO GEOLÓGICO

Dentro de este estudio se realiza una descripción de las características geológicas presentes en el municipio de Añorbe y en las zonas cercanas a la parcela.

El estudio tiene como objetivo determinar las condiciones geológicas del terreno donde se va a desarrollar el proyecto de transformación a regadío por un sistema de aspersión, en la parcela 204, del polígono 2 del Término Municipal de Añorbe. La unidad geológica de Añorbe (Imagen 1: “Mapa geológico de Añorbe”).

Imagen 1. Mapa geológico de Añorbe



La parcela donde se va a realizar el proyecto se localiza en el polígono nº 2 del Término municipal de Tauste. Sobre un terreno de cultivo, donde en la actualidad está destinado al cultivo de cebada.

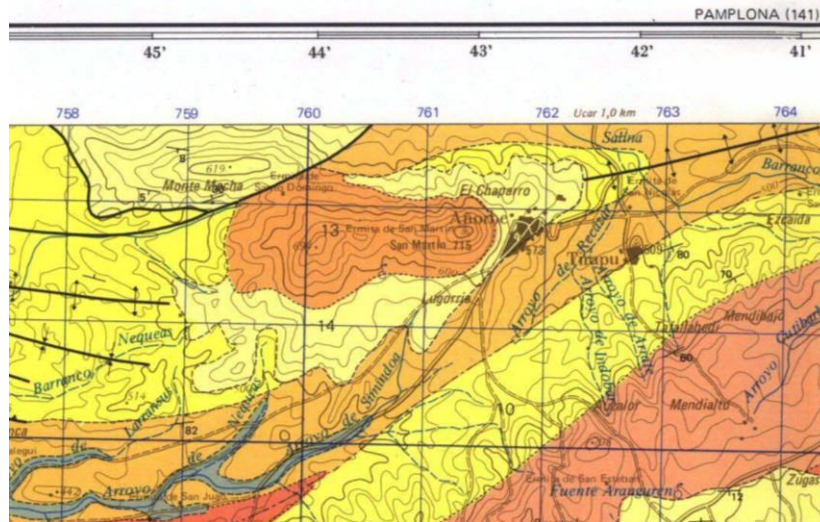
Geológicamente Añorbe se encuentra en la zona media de Navarra, cuya litología está constituida por depósitos terrígenos del Terciario, que se apoyan de forma discordante sobre materiales carbonatados y terrígenos del Mioceno Inferior. Los materiales Miocenos de origen continental son limos y arcillas con areniscas relleno paleocanales, localmente conglomerados.

Destaca porque esta parcela pertenece a una unidad suevisense donde aflora el anticlinorio de Añorbe, donde están constituidos por una alternancia irregular de bancos de yesos y margas, intensamente replegados según estructuras de dirección aproximada E-O.

El Mioceno es la cuarta época geológica de la Era Cenozoica. Comenzó hace 23,03 millones de

años y terminó hace 5,332 millones de años. En este período continuó la elevación de cordilleras como los Pirineos, los Alpes y el Himalaya. La erosión favorecida por estas orogénesis originó sedimentos y depósitos de petróleo en zonas que eran cuencas marinas de poca profundidad. La temperatura era más baja que la actual y se originaron las masas de hielo en la Antártida.

*Imagen 2. Ampliación mapa geológico de Añorbe*



## 2. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

El propósito fundamental del análisis edafológico radica en obtener y analizar de manera detallada las propiedades físicas y químicas de una o más fracciones del suelo destinado a una transformación, brindando así una comprensión profunda de su estructura y composición.

Las evaluaciones se llevan a cabo mediante métodos estandarizados, tanto en laboratorio como, en algunos casos, directamente en el campo. Para ello, se ejecutan estudios físicos destinados a caracterizar diversos parámetros, tales como la textura, la densidad aparente y la permeabilidad. Asimismo, se realizan análisis químicos para determinar el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica en el suelo.

Los resultados obtenidos a partir de este estudio posibilitan la identificación de aspectos cruciales para el desarrollo del proyecto, como la composición elemental del suelo, su nivel de fertilidad y equilibrio, así como los posibles problemas que pueda presentar. Además, permiten discernir qué cultivos se adaptarán de manera óptima a la parcela, identificar deficiencias nutricionales en el suelo, detectar la presencia de contaminantes y evaluar la necesidad de aplicar enmiendas con el fin de mejorar los rendimientos agrícolas.

### 2.1 DESCRIPCIÓN Y USO DEL SUELO

Para conocer el suelo de la parcela en estudio se ha realizado un estudio edafológico, con el fin de clasificar y catalogar el suelo de la parcela, así como de descartar la existencia de factores

edáficos que resulten limitantes tanto para los cultivos propuestos en el informe de alternativas, como para la aptitud de riego de los mismos. El estudio se realizó con el método de evaluación de tierras para riego (Sistema USBR).

El estudio edafológico se lleva a cabo en la parcela 204 del polígono 2 del término municipal de Añorbe, Navarra.

La parcela presenta una forma rectangular con pendiente negativa variable entre 3-12%. La cota media es elevada, de 590 metros sobre el nivel del mar. En la actualidad, el uso de la parcela está destinado al cultivo de cereal, permitiendo así la presencia de cubierta vegetal durante gran parte del año.

## 2.2 ADQUISICIÓN DE DATOS

Los datos de los diferentes parámetros estudiados han sido obtenidos del Portal de Idena. Más concretamente dos muestras realizadas en forma de calicatas que datan de la campaña de 1986.

Las dos calicatas se efectuaron en la parcela colindante, a 130 m del centro de la parcela utilizada en este proyecto. Además, las dos se encuentran a altitudes muy similares, 581 y 582 m respectivamente, y muestran resultados muy similares, por lo que se ha escogido una de las calicatas para analizar.

*Tabla 1. Localización calicatas*

CALICAT A	MUNICIPIO	PROVINCIA	FECHA	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	COORDENADAS Z
1	AÑORBE	NAVARRA	04/09/1986	603598	4722844	581
2	AÑORBE	NAVARRA	04/09/1986	603660	4722873	582

## 3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se lleva a cabo la interpretación de los resultados obtenidos siguiendo la metodología explicada en el apartado anterior.

### 3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

#### TEXTURA

La textura refleja los grosores de las partículas del suelo y el porcentaje de estas en cada uno de los horizontes del suelo. Según los datos obtenidos en el diagrama triangular del ISSS, se considera que el suelo es franco arenoso (FA).

La textura del suelo es una característica fundamental que influye en sus propiedades físicas

y químicas, así como en su capacidad para sustentar la vida vegetal. Esta propiedad se define por la proporción relativa de tres tipos principales de partículas minerales presentes en el suelo: arena, limo y arcilla. Cada tipo de partícula tiene sus propias características, y la combinación de estas determina la textura general.

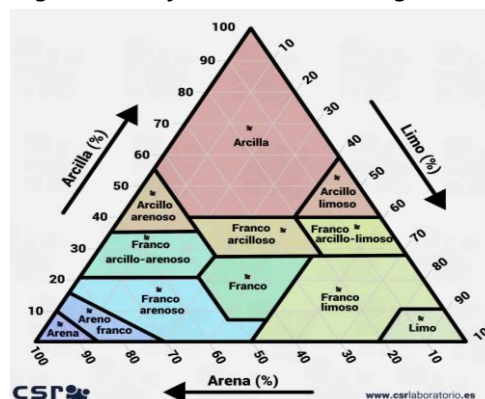
- Fracción Arena: Las partículas de arena son las más grandes, generalmente con un diámetro superior a 2 mm. Su tamaño confiere una estructura porosa al suelo, permitiendo un rápido drenaje del agua y una buena aireación. Sin embargo, la arena no retiene nutrientes y agua eficientemente y tiende a calentarse y secarse rápidamente.
- Fracción Limo: Las partículas de limo son más pequeñas que la arena, con diámetros que oscilan entre 0.05 mm y 2 mm. El suelo limoso tiene una textura suave y sedosa cuando está mojado. Debido a su tamaño de partícula intermedio, el limo retiene agua y nutrientes de manera más efectiva que la arena, contribuyendo a una mejor capacidad de retención de agua.
- Fracción Arcilla: Las partículas de arcilla son las más pequeñas, con diámetros inferiores a 0.002 mm. La arcilla confiere al suelo una textura pegajosa y puede volverse muy compacta cuando está mojada. Retiene agua y nutrientes de manera eficiente, pero también puede causar problemas de drenaje y aireación debido a su capacidad para compactarse.

La proporción relativa de estas partículas en un suelo determina su clasificación como suelo arenoso, suelo limoso, suelo arcilloso o suelo franco. El suelo franco es una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, lo que a menudo resulta en una textura óptima para el crecimiento de las plantas.

La textura del suelo es crucial para la agricultura, ya que afecta la retención de agua, la aireación y la disponibilidad de nutrientes. Los agricultores y planificadores agrícolas deben entender la textura del suelo en sus áreas específicas para tomar decisiones informadas sobre cultivos, riego y fertilización. Además, el conocimiento de la textura del suelo es esencial para la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente.

Para su determinación, se emplean diagramas triangulares que se puede observar a continuación según los criterios USDA (United States Department of Agriculture).

Imagen 3. Clasificación textural según USDA.



A partir de los datos obtenidos y con la ayuda del triángulo de texturas es posible definir la textura del suelo como una textura Franca Gruesa. Su clasificación taxonómica del suelo es Typic Calcixeroll.

Un suelo franco grueso, de acuerdo con la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se caracteriza por poseer una textura equilibrada que incluye una proporción significativa de arena, limo y arcilla, pero con una clara predominancia de partículas de arena.

Este tipo de suelo exhibe una buena estructura que favorece un drenaje adecuado y una efectiva aireación del suelo. La presencia predominante de arena contribuye a la formación de poros, permitiendo un adecuado paso del agua y del aire en el suelo.

A pesar de que la arena es más abundante, el suelo franco grueso tiene una capacidad moderada para retener agua. Esta capacidad de retención es superior a la de los suelos arenosos, pero se encuentra por debajo de la retención de agua característica de suelos limosos o arcillosos.

En términos de fertilidad, este tipo de suelo muestra una capacidad razonable para retener nutrientes, proporcionando un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas. Además, su estructura permite un trabajo del suelo relativamente sencillo, facilitando las actividades agrícolas y la preparación para el cultivo.

El suelo franco grueso es propicio para el crecimiento de una variedad de plantas, ya que las raíces pueden penetrar fácilmente en el suelo y acceder a los nutrientes necesarios. Su resistencia a la erosión es generalmente mayor que la de los suelos con una proporción más alta de arcilla.

En cuanto al color, puede variar, pero suele presentar tonalidades más claras debido a la predominancia de partículas de arena. En resumen, el suelo franco grueso es un tipo de suelo versátil que ofrece una combinación equilibrada de propiedades beneficiosas para la agricultura y otras actividades relacionadas con el uso del suelo.

### RETENCIÓN DE AGUA

La capacidad de retención de agua en el suelo se refiere a la cantidad de agua que el suelo puede retener para su uso por las plantas. Esta capacidad está influenciada por la textura del suelo, su estructura y otros factores. La retención de agua en el suelo se compone de dos componentes

La infiltración de agua en el suelo es un proceso crucial en la implementación del riego, ya que desempeña un papel fundamental en la determinación de la cantidad adecuada de riego y el flujo de agua necesario para la parcela. La infiltración de agua en el suelo está influenciada por varios factores, tales como el contenido inicial de humedad, la permeabilidad de la capa superficial, las propiedades particulares del suelo y la existencia y actividad de organismos que lo habitan. Estos elementos ejercen una influencia directa en la eficacia con la que el agua penetra en el suelo y, por lo tanto, son consideraciones esenciales al planificar estrategias de riego.

No se han encontrado datos de velocidad de infiltración, pero basándose en la textura del suelo se puede estimar una velocidad de infiltración de 20 mm/h, por lo que es un suelo que no tiene problemas de encharcamiento. Esta estimación se basa en la textura, estructura y porosidad del suelo.

Además, se puede observar que los materiales de origen son conglomerados, un material característico por su permeabilidad.

Por otro lado, es posible conocer de forma precisa la cantidad de agua presente en el suelo que puede ser aprovechada por las plantas, es decir, la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD). Su determinación se realiza a través de dos estados límite:

- Capacidad de campo (CC): Se denomina el contenido de humedad retenida en el suelo tras drenar libremente durante 2 o 3 días después de una lluvia o riego abundante. Se corresponde con un potencial matricial de -33 kPa.

$$CC (\%) = 0,48 * (\%arcilla) + 0,162 * (\%limo) + 0,023 * (\%arena) + (\%mat.org.) = 37,98 \%$$

- Punto de marchitez (PM): Es el contenido de agua de un suelo retenido firmemente que las plantas no pueden extraer causándoles una marchitez irreversible. En este caso, se corresponde con un potencial matricial de -1500 kPa.

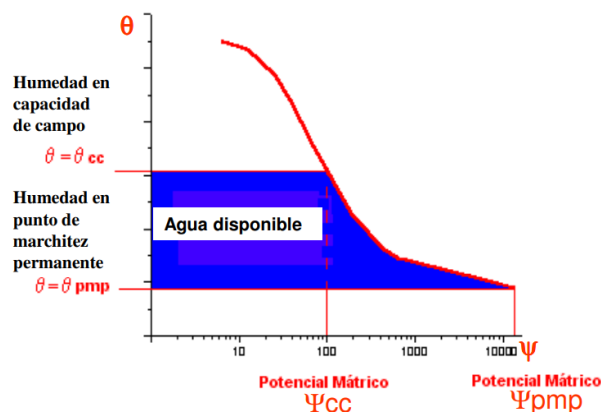
$$PM (\%) = 0,302 * (\%arcilla) + 0,102 * (\%limo) + 0,0147 * (\%arena) = 22,32\%$$

Por tanto, el agua útil o disponible para las plantas es la diferencia entre la contenida a capacidad de campo y la que el suelo posee en el punto de marchitez.

$$CRAD (\%) = \text{Agua a CC} (\%) - \text{Agua en PM} (\%)$$

$$CRAD (\%) = 37,98\% - 22,32\% = 15,66 \%$$

Imagen 4. Curva de retención hídrica





## PERMEABILIDAD

La permeabilidad del suelo se refiere a la capacidad del suelo para permitir el paso del agua y otros fluidos a través de sus poros y espacios intergranulares. Esta propiedad es esencial para entender cómo el agua se mueve y se retiene en el suelo, y está determinada por factores como la textura, la estructura y la cantidad de materia orgánica presente.

La textura del suelo desempeña un papel fundamental: los suelos arenosos, con partículas más grandes, tienden a ser más permeables, facilitando el paso del agua. En contraste, los suelos arcillosos, con partículas más pequeñas y compactas, suelen ser menos permeables. La estructura del suelo también influye; una buena estructura con porosidad adecuada puede aumentar la permeabilidad, permitiendo un mejor flujo del agua.

Además, el contenido de materia orgánica desempeña un papel clave. Aunque aumenta la capacidad del suelo para retener agua, también puede mantener una porosidad que facilita el flujo de agua. La permeabilidad se mide en términos de la velocidad con la que el agua puede pasar a través del suelo. Suelos altamente permeables permitirán un rápido flujo de agua, mientras que suelos menos permeables restringirán el movimiento del agua.

Como se ha comentado antes, el suelo tiene un material de origen son conglomerados, un material característico por su permeabilidad, que sumado a su textura ofrece un suelo permeable y sin problemas de encharcamiento. En este caso, al tratarse de un suelo de textura franca, la permeabilidad alcanzará valores medios de 250 mm por día

Además, al tratarse de una parcela con pendiente, los suelos se encuentran en una ladera de erosión en la que no hay problemas de encharcamiento.

*Imagen 5. Coeficientes de permeabilidad*





### 3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

#### pH

El pH del suelo es una medida que indica si el suelo es ácido, neutro o alcalino. Se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutro. Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7 indica alcalinidad.

La acidez o alcalinidad se relaciona con la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el suelo. Un suelo ácido puede limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes, mientras que un suelo alcalino puede tener problemas de solubilidad de ciertos elementos esenciales para las plantas.

La mayoría de las plantas precisan de un pH entre 6 y 7 para un crecimiento óptimo, y se pueden realizar ajustes mediante enmiendas como la cal o el azufre para corregir el pH del suelo.

Medir y controlar el pH es esencial en agricultura y jardinería para crear condiciones favorables para el crecimiento de las plantas y una adecuada disponibilidad de nutrientes.

En nuestro caso la parcela cuenta con un pH de 8,3, lo que significa que es un suelo con un pH básico - ligeramente alcalino.

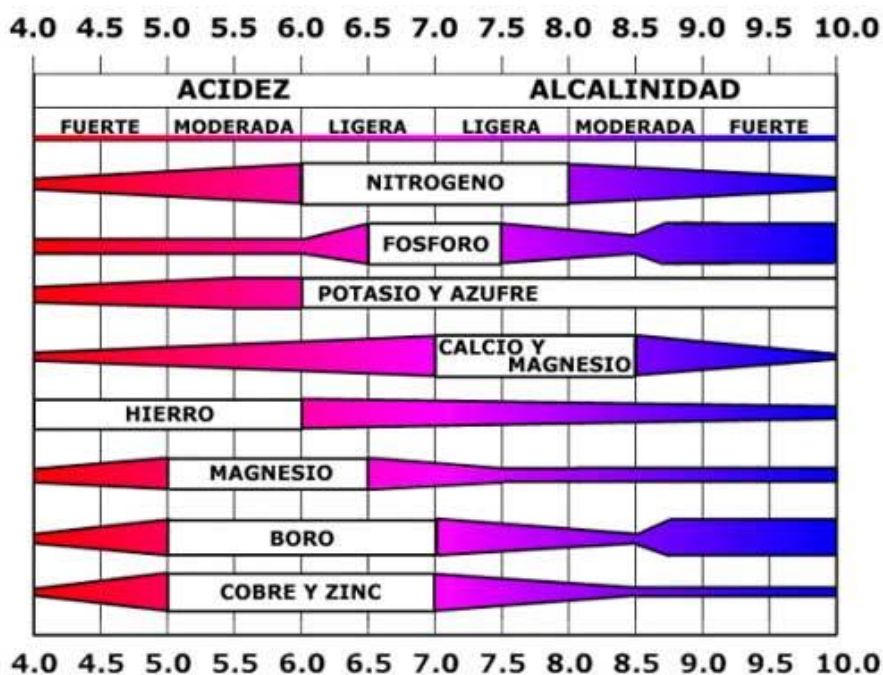
Imagen 6. Clasificación de los suelos según el pH.

Clasificación de los suelos según el valor del pH (U.S.D.A.)		
	< 4,5	extremadamente ácido
	4,5 – 5,5	Fuertemente ácido
	5,6 – 6	Medianamente ácido
	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
	6,6 – 7,3	Neutro
	7,4 – 7,8	Medianamente básico
	7,9 – 8,4	Básico
	8,5 – 9	Ligeramente alcalino
	9,1 – 10	Alcalino
	> 10	Fuertemente alcalino

- El valor de pH varía entre 0 y 14
- En la mayoría de los suelos el valor de pH está comprendido entre 4,5 y 10

Además, el pH afecta de manera importante a la movilidad de los diferentes elementos del suelo, lo que influye directamente en la nutrición de las plantas. En función del grado de acidez o basicidad de un suelo, los nutrientes serán más o menos asimilables para las plantas. El Diagrama de Truog relaciona los distintos niveles de pH con la solubilidad de las especies químicas.

Imagen 7. Relación del pH y movilidad de los nutrientes



Los suelos con un pH de 8.3 son considerados básicos, siendo mayormente suelos cálidos que contienen proporciones significativas de carbonatos. Estos carbonatos tienen características químicas que los hacen insolubles en agua e inestables frente a los ácidos. En términos de propiedades, los suelos básicos presentan una buena estructura gracias a la presencia de calcio y magnesio, lo que mantiene las arcillas floculadas. Además, el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) actúa como agente cementante para formar macro agregados.

Los valores de pH entre 7.4 y 8.5 son propicios para el desarrollo de la actividad microbiana, facilitando la mineralización de la materia orgánica fresca. Sin embargo, la presencia de carbonatos dificulta la descomposición del humus. Estos suelos pueden enfrentar problemas nutricionales, ya que la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo es menor. Además, pueden surgir deficiencias de micronutrientes como hierro, cobre y zinc debido a su forma insoluble, siendo la carencia de hierro notable en suelos calizos, pudiendo provocar clorosis férrica si los niveles son demasiado bajos.

En suelos con pH básico, no es factible eliminar el exceso de caliza o reducir los valores de pH mediante prácticas habituales de manejo agrícola del suelo. Por ello, se emplean estrategias específicas de abonado para suplir las carencias e inmovilizaciones de ciertos nutrientes. Al realizar la fertilización, se deben considerar medidas como fraccionar la época de aplicación de los abonos y modificar el tipo de productos utilizados.

### MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica en el suelo, compuesta por restos de plantas y animales en diversos estados de descomposición, desempeña un papel crucial en múltiples aspectos del suelo. Al descomponerse, libera nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno,

fósforo, azufre y micronutrientes. Además, actúa como agente aglomerante, mejorando la estructura del suelo, formando agregados y favoreciendo la porosidad, lo cual influye en la retención de agua y el drenaje.

La materia orgánica también sustenta la actividad microbiana en el suelo, proporcionando un sustrato para microorganismos descomponedores. Estos organismos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y liberan nutrientes en el proceso. Además, la presencia de materia orgánica alimenta a organismos del suelo como lombrices, insectos y otros microorganismos, mejorando la salud general del suelo.

La capacidad de la materia orgánica para retener agua es crucial, ofreciendo un suministro constante para las plantas durante períodos secos y contribuyendo a la resistencia del suelo contra la erosión. Además, actúa como un reservorio de carbono, ayudando al secuestro de carbono atmosférico y mitigando el cambio climático al reducir la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.

La descomposición de la materia orgánica también libera ácidos húmicos y fúlvicos, mejorando la capacidad del suelo para retener nutrientes y favoreciendo la formación de complejos arcillo-húmicos, lo que mejora la fertilidad del suelo. Además, contribuye a la resistencia de las plantas a enfermedades al fomentar una comunidad microbiana diversa y equilibrada en el suelo.

En nuestro caso, el suelo cuenta con un porcentaje de materia orgánica del 2,5%, un valor considerado medio.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Navarra - Mapa geológico 1:25.000. (n.d.). <http://geologia.navarra.es/>
- SITNA - Sistema de Información Territorial de Navarra. (n.d.). <https://sitna.navarra.es/navegar/>
- Mapas IGME - Portal de cartografía del IGME: MAGNA 50 - Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2ª Serie). (n.d.). <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx>
- SIGPAC Navarra. (n.d.). <https://sigpac.navarra.es/navegar/>
- CIMMYT (2022). Infiltración [Archivo PDF]. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4029/98828.pdf?sequence=1&isAllowed>
- Téc. Hidr., Investigador INTA EEA San Juan (2022). Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico [Archivo PDF]. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-)

[%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](#)

- Roberto P. Marano (2022). Relación suelo - agua [Archivo PDF]. <https://dytaguas.files.wordpress.com/2011/10/1-agua-en-suelo-marano-2011.pdf>
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Ed. Mundi-Prensa.





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO IV: ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. POSIBLES LIMITACIONES</b>	2
<b>3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS</b>	3
3.1 pH	3
3.2 SALINIDAD	4
3.3 IONES	5
3.4 DUREZA	6
<b>4. CONCLUSIÓN</b>	7
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	7





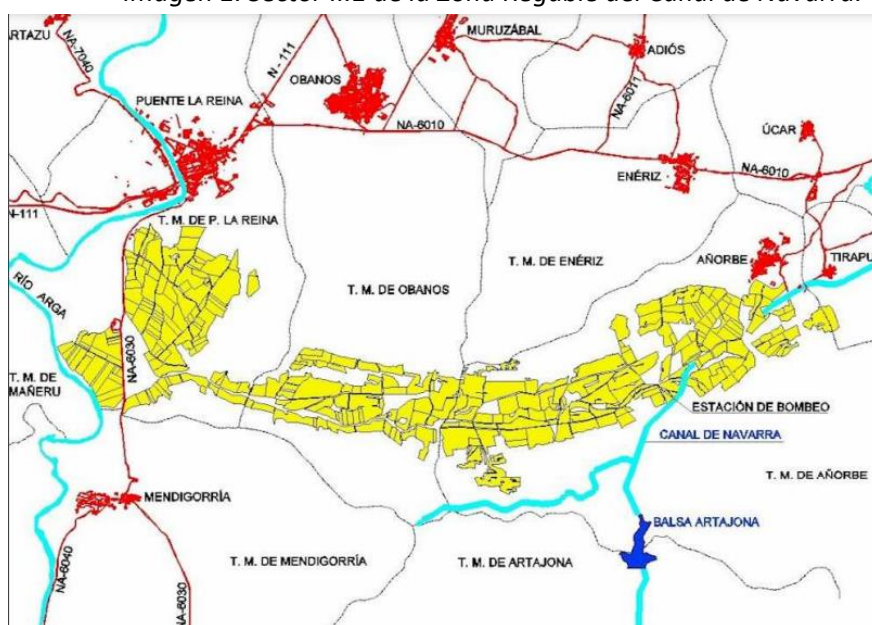
## 1. INTRODUCCIÓN

A través de este estudio se busca describir y analizar las características del agua que abastece la parcela objeto del presente proyecto, con el fin de conocer su aptitud para el riego.

Esta agua va a ser cogida del Canal de Navarra, a su paso por Añorbe, concretamente del hidrante H21.029A perteneciente al sector IV.1. En este caso, el hidrante nos proporciona una presión de 61,2 mca y un caudal de 17 l/s. Los diferentes resultados analíticos han sido proporcionados por técnicos de Agua Canal.

La parcela pertenece al sector II.1 de la Zona Regable del Canal de Navarra.

*Imagen 1. Sector II.1 de la Zona Regable del Canal de Navarra.*



El Canal de Navarra nace en el Embalse de Itoiz, sobre el río Irati, al norte de la cuenca de Pamplona y recorre gran parte del territorio de la Comunidad Foral para llevar agua a terrenos demandantes de la zona medio y sur de Navarra. Para ello se cuenta con una concesión de 416 Hm<sup>3</sup> de agua procedente del embalse de Itoiz.

Para acometer la construcción y explotación de esta infraestructura el Gobierno de España y el Gobierno de Navarra crearon en enero del año 2000 la sociedad estatal "Canal de Navarra S.A." con una participación del 60% Estado y 40% Gobierno de Navarra.

Su construcción fue planificada en dos fases, una primera que partiendo de Itoiz llegará hasta las proximidades del río Aragón y una segunda que, cruzando los ríos Aragón y Ebro, acabaría en la laguna de Lor en el T.M. de Ablitas, atendiendo las necesidades de la Comarca de La Ribera. Recientemente se ha decidido una ampliación de la primera fase para atender demandas en las cuencas del Ega y el Arga.

El canal fue diseñado con una capacidad de transporte de 45 m<sup>3</sup>/s en el origen, reduciéndose

a medida que van atendiendo las demandas. Una vez finalizado tendrá una longitud total de 198 Km, de los que 98 Km corresponden a la primera fase, 21 Km a la ampliación prevista de ésta y el resto a la segunda fase.

Dispone de unas balsas de regulación intermedia, tres en la primera fase (Villaveta, Monreal y Artajona) y una en el inicio de la segunda (Pitillas) con una capacidad de embalse total de 8,65 Hm<sup>3</sup>. En su recorrido total atraviesa 9 túneles, 12 sifones y 2 acueductos.

La actuación incluye también dos centrales hidroeléctricas, la CH de Pie de Presa de Itoiz, para un caudal de 30 m<sup>3</sup>/s con un salto de 100 metros y una potencia de 28,4 MW y la CH de Toma de Canal, para un caudal de 45 m<sup>3</sup>/s con un salto de 50 metros y una potencia de 20 MW.

*Imagen 2. Trazado del canal de Navarra*



## 2. POSIBLES LIMITACIONES

La evaluación de la idoneidad del agua para riego se centra primordialmente en la composición fisicoquímica del recurso, específicamente en la composición mineral y la presencia de sustancias sólidas u orgánicas en ella. Este factor puede tener un impacto significativo en las condiciones del suelo, el desarrollo de los cultivos y el propio sistema de riego.

Diversos factores pueden restringir el uso del agua para riego, algunos de los cuales se detallan a continuación:

- Salinidad: La acumulación de sales solubles en el suelo disminuye la disponibilidad de agua para las plantas. A medida que aumenta el contenido de sales en la solución del suelo, se incrementa la tensión osmótica, lo que requiere que la planta realice un mayor esfuerzo para absorber agua a través de las raíces. La salinidad se mide mediante la conductividad eléctrica y representa la cantidad de sales inorgánicas disueltas en el agua.
- Infiltración del agua en el suelo: Contenidos relativamente altos de sodio y bajos de calcio y magnesio pueden hacer que las partículas del suelo tiendan a desintegrarse, lo que provoca una reducción considerable en la velocidad de infiltración del agua. Esto puede resultar en una disminución de la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas.
- pH: El valor de pH en el agua indica el nivel de acidez o alcalinidad. La acidez del agua afecta directamente la capacidad de las plantas para asimilar nutrientes y también tiene repercusiones en la disolución y descomposición de sustancias orgánicas, así como en la eliminación de pesticidas o metales pesados.
- Toxicidad: Ciertos iones como sodio, cloro o boro pueden acumularse en los cultivos en concentraciones lo suficientemente altas como para causar daños significativos y reducir el rendimiento de las cosechas.
- Otros efectos: En ocasiones, es necesario tener en cuenta los nutrientes presentes en el agua de riego para ajustar la fertilización y evitar excesos perjudiciales. Además, puede haber casos de corrosión excesiva en el equipo de riego, lo que aumenta los costes de mantenimiento.

### **3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

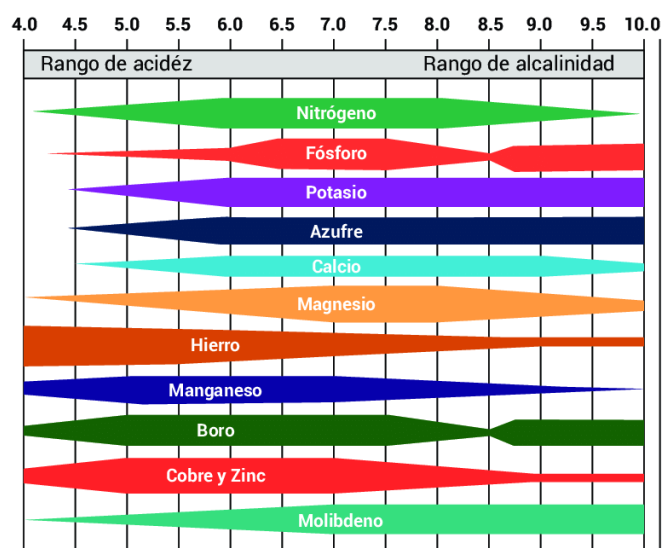
A continuación, se detallan los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico realizado por la Confederación Hidrográfica del Duero

#### **3.1 pH**

El pH del suelo puede alterarse a largo plazo por el pH del agua de riego. Un pH inadecuado podría derivar en un déficit de absorción de nutrientes.

De este modo, con un pH inferior a 5,5 nos muestra unas carencias en los contenidos de bases, pudiendo aparecer deficiencias de Ca, Mg, Mo o B y provocando toxicidad por exceso de Mn, Zn, Al, Fe o Ni.

Imagen 3. Nutrientes según pH del suelo



El resultado del estudio muestra un pH de entre 7,7 y 8,2, que se clasifica como un pH con ligeramente alcalino, pero no generará problemas para el desarrollo del cultivo. Este valor se encuentra dentro del rango que se considera adecuado para la calidad de agua de riego.

### 3.2 SALINIDAD

Evaluar el riesgo de reducción del potencial osmótico debido a la presencia elevada de sales disueltas en el suelo, lo cual podría obstaculizar la capacidad de absorción de agua por parte de las raíces y, consecuentemente, generar una disminución en el rendimiento de los cultivos. Esta disminución se observaría de manera casi proporcional a la concentración de sales en el suelo.

Para evaluar este parámetro, se examina la conductividad eléctrica (CE) inducida por las sales inorgánicas disueltas en el agua. Un valor bajo de conductividad eléctrica podría representar riesgos potenciales relacionados con la corrosión y/o infiltración.

La relación entre el contenido total de sales (TSD) y la conductividad eléctrica se expresa aproximadamente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TSD} = 0,65 \times \text{CE}$$

Donde:

- TSD: Sales totales disueltas (medidas en partes por millón - ppm).
- CE: Conductividad eléctrica (medida en micro siemens por centímetro -  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

Los resultados obtenidos para el agua son:

$$\text{TSD} = 0,65 \times 220 = 143 \text{ ppm} = 0,143 \text{ g/L}$$

A continuación, se muestran los valores de referencia y riesgo de salinidad en función de los

niveles de TSD y CE presentes en el agua de riego.

*Tabla 1. Riesgo de salinidad en función de los niveles de TSD y CE.*

Valor TSD (g/l)	Valor CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	Nivel de riesgo	Riesgo
< 0,45	< 700	Sin problema	-
0,45 - 2,2	700 - 3500	Vigilar	Ligero-moderado
> 2,2	> 3500	Riesgo	Elevado

En la muestra analizada, se observa que la conductividad eléctrica alcanza un valor de 143  $\mu\text{s/cm}$ , lo que se traduce en un contenido de sales totales disueltas de 0,143 g/L. Al comparar estos valores con los estándares de referencia, se concluye que el agua en cuestión no presenta riesgos para el rendimiento de los cultivos, considerándose de calidad buena según este criterio.

En caso de que surjan problemas de salinidad en el agua de riego, se sugiere la adopción de medidas preventivas, como el cultivo de plantas altamente tolerantes a la salinidad y la implementación de prácticas de lavado adecuadas. Estas acciones podrían contribuir de manera efectiva a mitigar en gran medida los posibles inconvenientes asociados con la salinidad del agua y, por ende, proteger el rendimiento de los cultivos.

### **3.3 IONES**

En un estudio representativo destinado a evaluar la calidad del agua para riego, resulta sumamente valioso llevar a cabo un análisis detallado de los iones presentes en ella. Este análisis proporciona información crucial para la evaluación de posibles niveles de toxicidad en el agua, los cuales pueden tener un impacto significativo tanto en el rendimiento de los cultivos como en la salud general del suelo.

Entre los iones sometidos a análisis se encuentran:

- Amonio: Este ion, derivado principalmente de la descomposición de materia orgánica, estiércoles, purines o fertilizantes, requiere un control cuidadoso. Aunque aporta un valor nutritivo esencial al agua de riego, un exceso de amonio puede ocasionar problemas de toxicidad o interferir en la absorción de nutrientes como el potasio por parte de las raíces.
- Nitratos: Estos iones, provenientes principalmente de la lixiviación de fertilizantes, descomposición de materia orgánica y aguas residuales, pueden ser beneficiosos en planes de abonado, pero su exceso plantea desafíos medioambientales y legales. Niveles elevados de nitratos pueden estimular un desarrollo vegetativo excesivo en las plantas, aumentando la susceptibilidad a enfermedades y generando problemas de eutrofización en estanques y balsas.
- Sulfatos: Los sulfatos, mayormente originados por la interacción de yesos con el agua,

generalmente no constituyen un problema significativo para las aguas. Sin embargo, es esencial monitorear su presencia para prevenir riesgos como la precipitación con el calcio y posibles problemas de corrosión.

*Tabla 2. Concentración iones (mg/L)*

Parámetro	Concentración (mg/L)	Rango
Nitratos	6	10,0 - 100.000
Amonio	<0,05	0,05 - 5,00
Nitritos	<0,02	0,03 - 1,0
Sulfatos	25	10,0 - 4.000

El análisis muestra una concentración de Nitratos de 6 mg/L, es un valor por debajo del límite cuantificable (10 mg/L). Los nitratos pueden dar problemas con concentraciones menores a 5 mg/L.

En referencia a la concentración de amonio es menos de 0,05 mg/L, lo cual indica que no existe riesgo de toxicidad.

La concentración de Nitritos es menor de 0,02 mg/L, esta concentración está fuera del rango de riesgo, por lo que no aparecerán toxinas referentes a este ion.

La presencia de sulfatos contribuye a la corrosión de los elementos que componen la instalación de riego. En este resultado de 25 mg/L está lejos del límite de 300 mg/L y no se da una situación de riesgo.

### **3.4 DUREZA**

El análisis de la dureza del agua es una evaluación que se realiza para determinar la cantidad de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) presentes en el agua. Estos minerales son los principales responsables de conferir "dureza" al agua. La dureza del agua puede clasificarse en dos categorías principales: dureza temporal y dureza permanente.

El análisis de la dureza del agua es esencial en diversas aplicaciones, como en sistemas de suministro de agua, instalaciones industriales, y especialmente en la agricultura. Agua demasiado dura puede generar problemas como acumulación de incrustaciones en tuberías y equipos, disminución de la eficiencia, y en algunos casos, impacto negativo en procesos industriales y agrícolas.

Los resultados del análisis de dureza del agua se expresan comúnmente en unidades de concentración, como partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L) de carbonato de calcio equivalente.

Tabla 3. Concentración CaCO<sub>3</sub> (mg/L)

Tipo de agua	Concentración CaCO <sub>3</sub> (mg/L)
Blanda	0 - 75
Moderadamente dura	75 - 150
Dura	150 - 300
Muy dura	>300

Basándonos en la tabla 3, los análisis del agua muestran un agua con una concentración de 80, por lo que da un tipo de agua moderadamente dura.

#### 4. CONCLUSIÓN

El análisis del agua de riego es un aspecto fundamental a tener en cuenta en la instalación global de regadío, ya que puede llegar a influir de manera importante tanto en las características del suelo como en el rendimiento de los cultivos.

Después de examinar los diversos factores, se determina que el agua destinada para el riego en la parcela exhibe una baja conductividad eléctrica, lo que previene complicaciones relacionadas con la salinidad. Es aceptable para todos los tipos de cultivos, ya que no presenta ninguna toxicidad asociada con las sales analizadas. Sin embargo, se identifica que posee una característica de dureza moderada, lo cual implica la necesidad de ejercer un mayor control sobre la compactación del suelo en la parcela.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- *Consulte datos y consumos de la zona regable de Aguacanal*. (2021, 8 febrero). Aguacanal. <https://regantes.aguacanal.es/regantes/>
- *Canasa*. (s. f.). <https://www.canasa.es/>
- Laboratorio, C. (2021, April 28). *Riego V: Interpretación de Análisis Agua de Riego*. CSR Laboratorio. <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/aguas/aguas-de-riego/riego-v-interpretacion-analisis-agua-de-riego/>
- *Mancomunidad de la Comarca de Pamplona*. (s. f.). MCP. <https://www.mcp.es/>
- De Informática De La Universidad Politécnica De Cartagena, U. (s. f.). *Universidad Politécnica de Cartagena*. <https://www.upct.es/>







Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO V: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	1
<b>3. MÉTODO</b>	1
<b>4. ASPECTOS CLAVE</b>	1
<b>5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>	2
5.1 PROCEDIMIENTO	2
5.2 TIPOS DE VARIABLES Y ALTERNATIVAS	2
5.3 CRITERIOS DE VALORACIÓN	8
5.4 ESCALAS DE VALORACIÓN	8
5.5 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS GLOBALES	10
<b>6. RESULTADOS</b>	12
<b>7. CONCLUSIONES</b>	13
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	13



## **1. INTRODUCCIÓN**

El informe de alternativas es la herramienta de análisis que sirve para analizar las distintas opciones que existen para realizar un proyecto, con el fin de tener una valoración tanto positiva como negativa de ellas. Con la información recabada y respecto a los objetivos del proyecto se realizará una escala de valor con el fin de asignar a cada alternativa un valor. Una vez otorgados los valores se realiza la elección de las alternativas con puntuación más alta como solución última.

Para la elección de dicha solución y llevar a cabo el proyecto de la mejor manera posible, el promotor del proyecto ha encargado un informe de alternativas que se redacta a continuación.

## **2. OBJETIVOS**

La realización de este ejercicio tiene diferentes objetivos a los que deberemos centrarnos:

- Plantear alternativas ante problemas que se den en un proyecto que puedan solucionarlas.
- Desarrollar y analizar cada alternativa de, así como sus ventajas y desventajas.
- Proponer las alternativas que mejor se ajusten al problema y requisitos propuestos.

En conclusión, el principal objetivo del informe es la evaluación de las distintas alternativas que existen en torno a la transformación de secano a regadío, para que después se elija la mejor opción en cuanto a los criterios establecidos. Estos criterios se clasifican en criterios económicos, técnicos/productivos, medioambientales y adaptación al lugar. Cada alternativa será descrita y valorada, con tal de que se recomiende la mejor solución al cliente.

## **3. MÉTODO**

El método utilizado para la evaluación de alternativas es la Escala de valoración. Este asigna a cada alternativa considerada valores de entre 0 y 5, siendo 0 el valor más bajo y 5 el valor más alto. Para ello, se construye una matriz con las diferentes alternativas a cada punto crítico, describiéndolas y buscando sus ventajas y desventajas más significativas.

A continuación, se procede a la asignación de las diferentes escalas de cada opción en función de los económicos, medioambientales, funcionales y de adaptación.

Una vez hecho esto, se puntúa cada alternativa teniendo en cuenta que cada criterio tendrá mayor o menor importancia en la resolución del objetivo

## **4. ASPECTOS CLAVE**

Algunos de los factores clave a considerar al planificar la irrigación de una parcela son los siguientes:

- Selección de cultivos: Es fundamental determinar qué tipo de cultivo se desea cultivar en la parcela y planificar la rotación de cultivos a lo largo de su ciclo de vida. Esto depende de las características del terreno, el tipo de suelo y las condiciones climáticas de la zona. Debe elegirse cultivos que se adapten bien a estas condiciones.

- Sistema de riego: La elección del sistema de riego es crucial, ya que afecta al diseño y la disposición de las siembras o plantaciones. Debe seleccionarse un sistema que se ajuste a las necesidades de riego de los cultivos.
- Requerimientos de agua: Es importante tener en cuenta las necesidades hídricas que necesita el cultivo, lo cual está influenciado por la cantidad de lluvia en la zona. La cantidad de agua de riego requerida variará en consecuencia.
- Necesidades nutricionales: Además de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, es esencial asegurarse de que estos nutrientes estén disponibles para las plantas. Factores como el pH del suelo, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y la disponibilidad de nutrientes pueden ser limitantes.
- Productividad y rentabilidad del cultivo a implantar: Evaluar la viabilidad económica y la productividad del cultivo que se planea establecer es fundamental para tomar decisiones informadas.
- Legislación vigente: Es importante asegurarse de que todas las acciones relacionadas con el regadío de la parcela cumplan con las regulaciones y normativas locales y nacionales.

## **5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

### **5.1 PROCEDIMIENTO**

En primer lugar, se detalla el método empleado, es decir, el procedimiento seguido para la elección de la alternativa más idónea para la promotora.

A continuación, se han definido ciertos criterios importantes para la empresa. Estos criterios han sido ponderados por la promotora según su importancia relativa para la empresa que encarga el informe de alternativas. Finalmente, se le ha dado un valor numérico entre 0 y 5 a cada alternativa y se ha multiplicado por su factor de ponderación, obteniendo una puntuación media global. De este modo, la elección final es lo más objetiva posible. Como es lógico, la alternativa con mayor puntuación será la elegida para desarrollar el sistema de producción más adecuado.

### **5.2 TIPOS DE VARIABLES Y ALTERNATIVAS**

Con el objetivo de cumplir con las exigencias de la promotora, se han tenido en cuenta las siguientes alternativas:

*Tabla 1. Alternativas propuestas para dar solución a las variables o problemas*

Problemas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Rotación de cultivos	Cereal (maíz)	Hortícola anual	Hortícola plurianual
Sistema de riego	Aspersión	Localizado	Pívot
Fertilizantes	Fertiirrigación	Abono orgánico	Abono de síntesis
Manejo del suelo	Laboreo mínimo	Cubierta vegetal	Laboreo tradicional

Como se observa en la *Tabla 1*, se han propuesto tres alternativas para cada una de las variables. A continuación, se procede a desarrollar más a fondo cada alternativa individual, analizando los puntos positivos y negativos principales de cada una de ellas.

#### Rotación de cultivos cerealistas:

En esta práctica se alternan cultivos como el maíz y la cebada en la parcela. Se ha realizado previamente en esta área.

- Ventajas: Experiencia en el manejo de estos cultivos. Posibilidad de compensar la falta de agua debido a la irregularidad de las lluvias con riego. Cultivo sencillo que no requiere adaptación de maquinaria.
- Desventajas: La inversión para cambiar de secano a riego puede tardar muchos años en amortizarse, ya que los beneficios adicionales son mínimos o incluso nulos. Riesgo de resistencias y plagas debido al monocultivo.

#### Rotación de cultivos hortícolas anuales:

Se practica la alternancia de cultivos hortícolas anuales como maíz, guisantes, judías verdes, espinacas y achicoria en la parcela.

- Ventajas: Cultivos de alto rendimiento con beneficios económicos significativos que mejoran la estructura y la calidad del suelo. Las leguminosas contribuyen a la fijación de nitrógeno en el suelo. Experiencia en el cultivo a lo largo de una década.
- Desventajas: Requiere una gestión más precisa y tecnificada, con costes más altos debido al precio elevado de la semilla.



### Rotación de cultivos hortícolas plurianuales:

Se practica la rotación de cultivos hortícolas plurianuales como espárragos blancos y verdes.

- Ventajas: Cultivo productivo con bajo mantenimiento.
- Desventajas: Requiere una inversión inicial significativa, un período de 3 años sin cosecha inicial, recolección manual y precios variables.

### Riego localizado:

El riego localizado se basa en la aplicación precisa de agua en una zona específica que generalmente corresponde al área ocupada por la superficie radicular de la planta. Como resultado, no se riega toda la extensión del suelo, sino que se emplean pequeños caudales de agua a baja presión con una alta frecuencia de aplicación. Esta técnica es adecuada para una amplia variedad de terrenos y no tiene restricciones significativas.

El riego localizado incluye métodos como el riego por goteo y la microaspersión. En el riego por goteo, el agua se libera gota a gota o fluye continuamente a un caudal inferior a 16 litros por hora por punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo. En el caso de la microaspersión, se utiliza para dispersar el agua en forma de lluvia fina con tasas que oscilan entre 16 y 200 litros por hora por punto de emisión.

Las ventajas del riego localizado son numerosas, entre ellas se encuentra la eficiente utilización del agua por parte de las plantas, con una eficiencia de riego que supera el 90%. Además, se logra un significativo ahorro de agua en comparación con el riego por aspersión, estimado en alrededor del 50% según varios expertos. También se destaca la uniformidad del riego, la optimización de la absorción de fertilizantes, el aumento de la calidad y cantidad de las cosechas, y la reducción de la proliferación de malas hierbas debido a la menor superficie mojada. Por último, el riego localizado reduce la necesidad de mano de obra.

No obstante, estos sistemas de riego también presentan desafíos significativos, como el alto coste inicial de instalación. Además, requieren un monitoreo constante para prevenir obstrucciones, y es fundamental llevar un control detallado del suministro de agua, las dosis, los fertilizantes, pesticidas y otros productos agregados al agua. También se debe considerar que las tuberías y componentes del sistema pueden obstaculizar o dificultar las labores en el terreno.

### Riego por aspersión:

El riego por aspersión es un método de riego que implica una lluvia más o menos intensa uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el punto donde cae. Las unidades que componen este sistema de riego son: grupo de bombeo, tuberías principales con sus hidrantes, ramales y emisores (los aspersores).

Para lograr un riego por aspersión efectivo, es necesario contar con una presión de agua adecuada, una red de tuberías diseñada para esa presión y aspersores adecuados que puedan dispersar el agua a la presión proporcionada por la red de distribución.

El riego por aspersión ofrece varias ventajas. Es un método que, actualmente, y salvo alguna excepción, se está introduciendo en los nuevos cultivos de regadío. Las principales ventajas respecto al riego por pivot son: una mayor adaptabilidad al terreno y a las necesidades hídricas del cultivo permitiendo un ajuste de la dosis mucho más exacto, un ahorro considerable en la mano de obra dado el grado de desarrollo tecnológico que existe pues se puede controlar desde aplicaciones móviles, conservación del suelo minimizando la erosión del suelo al evitar el impacto directo del agua sobre las superficies, eliminación de la necesidad de nivelar previamente el terreno (lo que evita la pérdida de fertilidad del suelo), usos específicos para casuísticas diversas como el conocido “riego de socorro” que permite aportar agua a cultivos de zonas húmedas durante periodos de sequía y, por último, un importante ahorro hídrico permitiendo aprovechar más y mejor el agua.

Sin embargo, el riego por aspersión presenta desafíos, como la inversión inicial significativa en equipos, y su susceptibilidad al viento, que puede afectar la uniformidad del riego. También puede causar daños a las hojas y flores de las plantas. En algunos casos, puede aumentar la incidencia de enfermedades en las plantas mojadas durante la floración. Comparado con el riego localizado, puede haber pérdidas por evaporación, arrastre y escorrentía superficial, y no es adecuado para aguas con alto contenido de salinidad. Además, requiere más mano de obra y presión en comparación con el riego localizado.

Por otro lado, la eficiencia que puede llegar a alcanzarse tras un buen diseño ronda el 90%, porcentajes de eficiencia muy altos.

#### Riego por Pívo:

El riego con pivotes es otro método de riego por aspersión. Se considera uno de los sistemas de riego más avanzados disponibles, y su principal ventaja radica en su capacidad para abarcar áreas de trabajo significativamente mayores en comparación con otros sistemas. Estos sistemas se diseñan para funcionar a presiones de trabajo similares a las del riego por aspersión.

No obstante, el riego con pivotes ofrece varias ventajas, que incluyen una reducción del consumo de energía de aproximadamente un 20% a 30%, un aumento demostrado en la producción de cultivos del 15% en comparación con otros sistemas, una alta uniformidad en la distribución del riego (alrededor del 95%), menor susceptibilidad al viento, flujos de agua instantáneos significativamente más bajos, lo que elimina las demandas máximas, una respuesta más eficiente de las plantas al riego diario, la capacidad de proporcionar riego puntual al cultivo según las condiciones climáticas, la creación de microclimas beneficiosos en los campos, que ayudan a proteger contra plagas al crear un entorno desfavorable para ellas.

Sin embargo, es importante destacar que los costes de inversión necesarios para la instalación de sistemas de riego con pivotes son considerablemente elevados.

#### Fertiirrigación:

Este método de fertilización implica la automatización de la aplicación de fertilizantes a través del riego. Por lo general, implica la conexión de un depósito de fertilizante al sistema de riego de la parcela, lo que permite ajustar las concentraciones en cualquier momento.

La fertiirrigación ofrece varias ventajas:

- Asegura una distribución uniforme de los nutrientes.
- Permite la fertilización en situaciones atípicas, como en cultivos de gran altura o en áreas de difícil acceso para maquinaria.
- Puede utilizar aguas de baja calidad para el riego.
- Aumenta la eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes.

Permite la adaptación de los nutrientes a las necesidades específicas de un cultivo, el tipo de sustrato, la calidad del agua de riego y las condiciones climáticas.

Sin embargo, también presenta desventajas:

- Suele ser más costoso que los métodos de aplicación de fertilizantes convencionales, tanto en términos del coste de los productos como en el de la implementación.
- Requiere la supervisión y manejo por parte de personal capacitado.
- Existe el riesgo de obstrucción de los goteros de riego.

#### Abono orgánico:

Abono orgánico se refiere a materiales naturales, como compost, estiércol o restos de plantas, que son ricos en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Este enfoque tiene sus ventajas:

- Enriquece el suelo a largo plazo, mejorando su estructura y fertilidad.
- Promueve la retención de agua y nutrientes en el suelo.
- Contribuye a un entorno de cultivo más saludable y sostenible.
- Ayuda a reducir la erosión del suelo y el riesgo de contaminación.

No obstante, también presenta desventajas:

- Puede requerir más tiempo y espacio para la preparación y aplicación.
- La liberación de nutrientes es más lenta y puede variar en función de la descomposición orgánica.
- Puede contener semillas de malas hierbas o patógenos, lo que podría ser perjudicial para el cultivo si no se maneja adecuadamente.

#### Abono inorgánico:

Estos compuestos químicos sintéticos, que contienen fósforo, calcio, potasio y nitrógeno, son nutrientes esenciales que promueven el crecimiento de las plantas.

Este enfoque tiene sus ventajas:

- Es más económico y conveniente en comparación con el uso de fertilizantes orgánicos.
- Tiene un efecto a corto plazo y permite un seguimiento más preciso de cuándo aplicar los nutrientes y cuándo estarán disponibles para las plantas.

No obstante, también presenta desventajas:

- Aunque satisface las necesidades de los cultivos, no enriquece el suelo a largo plazo.
- Existe el riesgo de pérdida de nutrientes debido al lavado, lo que puede resultar en la contaminación de acuíferos y del entorno en general, lo que a su vez conlleva pérdidas económicas.

#### Cubierta vegetal:

Consiste en mantener el suelo cubierto durante todo el año sin labrarlo, utilizando prácticas de siembra directa.

- Ventajas: Reduce la erosión, aporta nutrientes y materia orgánica al suelo.
- Desventajas: Dificulta el control de malas hierbas y puede requerir el uso de herbicidas.

#### Laboreo tradicional:

Método de labranza convencional que implica trabajar la capa superior del suelo, generalmente los primeros 30 centímetros, mediante el uso de arados. El proceso de labranza tradicional consta de al menos dos etapas: una primera etapa que implica enterrar los restos de plantas en la superficie y aflojar profundamente el suelo, y una segunda etapa que prepara la capa superior del suelo para el cultivo subsiguiente.

El sistema de labranza tradicional ofrece ciertas ventajas:

- Facilita la oxigenación de las capas superficiales del suelo.
- Mejora la estructura de la capa superior del suelo.
- Permite la incorporación efectiva de fertilizantes y enmiendas.
- Ofrece un control mecánico para gestionar las malezas.

No obstante, también presenta desventajas:

- La materia orgánica tiende a disminuir debido a la aceleración de su descomposición al exponerse al oxígeno.
- Puede provocar la degradación de la estructura del suelo.
- Aumenta el riesgo de erosión, ya que el suelo a menudo se encuentra expuesto sin cobertura vegetal.
- Puede dar lugar a una menor retención de agua, ya que las precipitaciones de baja cantidad no se aprovechan eficazmente.

#### Mínimo laboreo:

Reducción de las labores de trabajo y profundidad, generalmente hasta 10 cm con chisel o gradas de discos.

- Ventajas: Menos pérdida de suelo y conservación de la humedad.
- Desventajas: Requiere maquinaria especializada y control adicional de malas hierbas.

### Acceso a la maquinaria:

Facilita o dificulta la entrada de diferentes tipos de maquinaria en la parcela.

- Ventajas: Posibilidad de cultivar productos especiales que requieren maquinaria grande.
- Desventajas: Limita la elección de cultivos que necesitan maquinaria especializada de gran tamaño.

### **5.3 CRITERIOS DE VALORACIÓN**

A continuación, se reflejan las diferentes ponderaciones que se les va a atribuir a cada criterio de valoración.

*Tabla 2. Porcentaje de cada criterio de valoración*

<b>Criterio de valoración</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Económico	40
Técnico / Productivo	30
Medioambiental	17
Adaptación al lugar	13

Los aspectos económicos y técnicos llevan un peso más significativo en la evaluación debido a que, al implementar un sistema de riego, la prioridad primordial radica en su viabilidad financiera. Posteriormente, se valora su eficiencia y capacidad para generar la máxima producción, buscando así obtener los mayores rendimientos económicos posibles.

A continuación, se encuentra el criterio de adaptación al lugar, con una ponderación poco mayor que la adaptación al lugar, pero que también está muy condicionada con las prácticas de gestión que realice el agricultor.

Por último, se encuentra la adaptación al lugar, y aunque tenga la valoración más baja sigue siendo crucial que el sistema se adapte de manera efectiva al terreno y a las condiciones específicas de la zona.

### **5.4 ESCALAS DE VALORACIÓN**

Vamos a evaluar las soluciones considerando distintos aspectos, como su viabilidad económica, impacto medioambiental, rendimiento técnico-funcional y su capacidad de adaptarse al entorno específico. A continuación, se detallan los criterios de evaluación para cada área:

#### - Viabilidad Económica:

1. Costoso y poco viable económicamente: Elevado en coste y con limitada sostenibilidad financiera.

2. Caro, pero con viabilidad económica: Aunque costoso, es económicamente viable.
3. Precio medio y viable económicamente: Coste moderado y con buena viabilidad financiera.
4. Económico y viable económicamente: Asequible y con una sólida viabilidad económica.
5. Muy económico y altamente viable económicamente: Económico y altamente sostenible desde el punto de vista económico.

- Rendimiento Técnico-Productivo:

1. Ineficaz, sin producción: No funciona y no genera producción.
2. Produce con rendimiento bajo: Genera producción, pero con rendimiento limitado.
3. Produce correctamente, pero no alcanza la eficiencia deseada: Rendimiento adecuado, pero sin alcanzar la eficiencia deseada.
4. Mejora en producción y se acerca a eficiencia esperada: Rendimiento mejorado, acercándose a la eficiencia esperada.
5. Producción máxima y eficiencia óptima: Rendimiento y eficiencia en su punto máximo.

- Impacto Medioambiental:

1. Alto riesgo de contaminación con consecuencias graves y permanentes: Elevado riesgo con consecuencias graves y duraderas.
2. Riesgo de contaminación sin consecuencias permanentes: Riesgo de contaminación, pero sin efectos permanentes.
3. Sin impacto dañino ni beneficioso en el medio ambiente: Neutral, sin impacto significativo.
4. Contribuye a la conservación del medio ambiente: Ayuda a preservar el entorno.
5. Destacada contribución a la conservación del equilibrio medioambiental: Contribución destacada al mantenimiento del equilibrio medioambiental.

- Adaptación al Entorno:

1. Imposible de instalar: No puede ser instalado.
2. No se ajusta al terreno: Falta de adaptación al entorno.
3. Se adapta bien pero no contribuye eficientemente a la utilización de recursos: Buena adaptación, pero sin contribuir eficientemente a la utilización de recursos.
4. Se adapta bien y contribuye a la eficiente utilización de recursos: Se adapta adecuadamente y contribuye positivamente a la utilización de recursos.

5. Se adapta perfectamente y contribuye a la perfecta utilización de recursos: Adaptación óptima, con una contribución destacada a la utilización eficiente de recursos.

### 5.5 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS GLOBALES

A continuación, se valoran la combinación de alternativas presentadas anteriormente en la Tabla 1. Dichas alternativas globales se han producido de manera aleatoria ya que las alternativas son independientes de las otras. Debido al número elevado de alternativas globales y la confusión que ello conlleva para la promotora, en este caso se van a evaluar 5 alternativas globales en total. Para ello, se va a tener en cuenta tanto los criterios de valoración como las escalas de valoración.

Por ello, en las Tablas 3-7 se observa la valoración de alternativas globales.

*Tabla 3. Valoración de la alternativa global 1.*

Criterio	Cereal	Riego por aspersión	Abono de síntesis	Laboreo tradicional	Media	Ponderado
Económico	5	5	5	4	4,75	1,9
Técnico/productivo	5	4	5	5	4,75	1,425
Medioambiental	4	3	4	3	3,5	0,595
Adaptación al lugar	5	4	3	4	4	0,52
TOTAL						4,44

*Tabla 4. Valoración de la alternativa global 2.*

Criterio	Hortícola plurianual	Localizado	Fertirrigación	Laboreo tradicional	Media	Ponderado
Económico	4	2	2	4	3	1,2
Técnico/productivo	4	5	4	5	4,5	1,35
Medioambiental	3	4	3	3	3,25	0,5525
Adaptación al lugar	1	1	2	4	2	0,26
TOTAL						3,3625

Tabla 5. Valoración de la alternativa global 3.

Criterio	Hortícola plurianual	Pívor	Abono orgánico	Cubierta vegetal	Media	Ponderado
Económico	4	3	4	3	3,5	1,4
Técnico/productivo	4	3	3	2	3	0,9
Medioambiental	3	3	3	4	3,25	0,5525
Adaptación al lugar	1	1	3	2	1,75	0,2275
TOTAL						3,08

Tabla 6. Valoración de la alternativa global 4.

Criterio	Hortícola anual	Riego por aspersión	Abono de síntesis	Laboreo mínimo	Media	Ponderado
Económico	4	5	5	3	4,25	1,7
Técnico/productivo	4	4	5	2	3,75	1,125
Medioambiental	3	3	4	4	3,5	0,595
Adaptación al lugar	1	4	3	2	2,5	0,325
TOTAL						3,745

Tabla 7. Valoración de la alternativa global 5.

Criterio	Cereal	Pívor	Fertirrigación	Laboreo mínimo	Media	Ponderado
Económico	5	3	2	3	3,25	1,3
Técnico/productivo	5	3	4	2	3,5	1,05
Medioambiental	4	3	3	4	3,5	0,595
Adaptación al lugar	5	1	2	2	2,25	0,2925
TOTAL						3,2375



## 6. RESULTADOS

En la Tabla 8 se observa la puntuación media obtenida por las diferentes alternativas globales, teniendo en cuenta el método de puntuación ya mencionado.

*Tabla 8. Puntuación media obtenidas por las diferentes alternativas globales.*

	Alternativa global 1	Alternativa global 2	Alternativa global 3	Alternativa global 4	Alternativa global 5
Puntuación	4,44	3,3625	3,08	3,745	3,2375

Tal y como se muestra en las Tablas 3-7, las alternativas se han puntuado dependiendo de sus puntos fuertes e inconvenientes basándose en la ponderación de los criterios definidos por la promotora.

### Alternativa Global 1: Sistema Integrado

Esta alternativa se destaca por un desempeño excepcional en los criterios económicos y técnicos/productivos, con puntuaciones de 5 en ambas categorías. Se basa en un sistema agrícola integrado que incluye el cultivo de cereales, riego por aspersión, uso de abono de síntesis, y labores tradicionales. La adaptación al lugar también es sólida, resultando en una puntuación total ponderada de 4.44, la más alta entre todas las alternativas.

### Alternativa Global 2: Agricultura Localizada

Esta alternativa se fundamenta en la agricultura localizada y destaca en criterios técnico/productivos, con una puntuación de 4.5. Sin embargo, su evaluación económica es moderada (puntuación de 3), y la adaptación al lugar es baja (puntuación de 2). La totalidad de los sistemas incluyen horticultura plurianual, localización del cultivo, fertiirrigación, y labores tradicionales.

### Alternativa Global 3: Agricultura Sostenible

Esta alternativa se basa en prácticas agrícolas sostenibles, incluyendo horticultura plurianual, el uso de abono orgánico, y la implementación de cubierta vegetal. Muestra un rendimiento medio en criterios económicos y técnico/productivos, pero baja adaptación al lugar. Su puntuación total ponderada es de 3.08.

### Alternativa Global 4: Agricultura de Conservación

Esta alternativa se centra en la agricultura de conservación, con un enfoque en reducir la perturbación del suelo. Presenta un buen desempeño en los criterios económicos y técnico/productivos, pero una adaptación al lugar moderada. Se basa en la horticultura anual, riego por aspersión, abono de síntesis, y labores mínimas.

### Alternativa Global 5: Agricultura Diversificada

Esta alternativa se caracteriza por una combinación de sistemas agrícolas, incluyendo el cultivo de

cereales, riego por aspersión, fertirrigación, y labores mínimas. Aunque su evaluación es en general media, la adaptación al lugar es baja. La puntuación total ponderada es de 3,2375.

En conclusión, la Alternativa Global 1, basada en un sistema agrícola integrado, se destaca como la opción más sólida y es la alternativa que se va a implantar en este proyecto.

## 7. CONCLUSIONES

Tal y como se observa en la Tabla 8, la alternativa global con mayor puntuación es la alternativa 1, con una puntuación total de 4,44. Por tanto, como es lógico, este informe de alternativas toma la decisión de que las nuevas medidas implantadas a diseñar y construir en el anteproyecto sean: Cultivo de cereal, en este caso maíz, regado por riego por aspersión, abonado con abono de síntesis y con un laboreo tradicional.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2022. Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias
- Material de riego. (n.d.).

<https://www.mapa.gob.es/eu/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/consulta-paginas.aspx>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO VI: PROPUESTA DE ROTACIÓN DE CULTIVOS**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE PROPUESTA DE ROTACIÓN DE CULTIVOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CUADRO DE ROTACIÓN	2
3. CULTIVOS PROPUESTOS	3
4. BIBLIOGRAFÍA	4



## 1. INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos, una técnica agrícola de alternancia entre diversos tipos de plantas con diferentes exigencias nutricionales y sistemas radicales en un mismo terreno busca mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo. Esta estrategia se respalda en la supresión de malezas, plagas y enfermedades específicas, aprovechando la exploración completa de las raíces en todo el perfil del suelo y la extracción equitativa de nutrientes por parte de cada cultivo.

El resultado de esta combinación, cuando se administra adecuadamente, conlleva a rendimientos superiores y a una mayor diversificación en la producción. Además, reduce el riesgo económico en comparación con el monocultivo. La planificación cuidadosa de la rotación puede incluso permitir múltiples cosechas en un solo año, lo que contribuye significativamente a aumentar la rentabilidad del terreno.

Para garantizar la idoneidad de la elección de cultivos y el orden de la rotación, es esencial considerar los siguientes criterios:

- **Experiencia en Técnicas de Cultivo:** Es crucial poseer un conocimiento sólido sobre las técnicas de cultivo, comprendiendo las prácticas agrícolas más eficientes y adecuadas para cada tipo de planta.
- **Comprensión de Características Morfológicas y Fisiológicas:** Entender las características morfológicas y fisiológicas de los cultivos es fundamental para adaptar las prácticas agrícolas a las necesidades específicas de cada planta.
- **Conocimiento de Malezas, Plagas y Enfermedades:** Estar al tanto de las posibles amenazas, como malezas, plagas y enfermedades, es esencial para implementar medidas preventivas y correctivas de manera oportuna.
- **Adaptación a Condiciones Climáticas y Edáficas:** Los cultivos deben seleccionarse en función de su adaptación a las condiciones climáticas y del suelo de la parcela, asegurando un entorno propicio para su desarrollo.
- **Impacto en las Características del Suelo:** Evaluar la capacidad de los cultivos para mantener o mejorar las características del suelo es fundamental para preservar la fertilidad y salud del mismo.
- **Aprovechamiento de Recursos del Cultivo Anterior:** La capacidad de los cultivos para utilizar los recursos dejados por el cultivo anterior contribuye a una gestión eficiente de los nutrientes disponibles en el suelo.
- **Flexibilidad para Introducir Nuevos Cultivos:** Se debe considerar la capacidad de introducir nuevos cultivos en la rotación en momentos específicos según las necesidades cambiantes.
- **Consideraciones Económicas y Comerciales:** Evaluar la economía de la explotación, la capacidad de comercialización de los productos y la disponibilidad de factores de producción como maquinaria, insumos y mano de obra.
- **Cumplimiento de Disposiciones Legales:** Es crucial ajustarse a las disposiciones legales pertinentes que regulan la elección de cultivos y prácticas agrícolas en la región.

Estos criterios holísticos aseguran una planificación de rotación de cultivos que maximiza la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad en la explotación agrícola.



La parcela en estudio se encuentra en una zona de regadío en la Zona Media de Navarra. Actualmente sobre dicha parcela se cultivan cereales de invierno. Con la transformación a regadío se espera conseguir una mayor productividad y una diversificación de cultivos.

## 2. CUADRO DE ROTACIÓN

A continuación, se muestra la rotación de cultivos propuesta para la parcela a estudio, trabajando con cultivos ya conocidos

*Tabla 1. Propuesta de rotación de cultivos.*

ROTACIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
1	PREP.		MAIZ							CEBADA		
2	CEBADA				GIRASOL					PREP.	TRIGO	
3	TRIGO						BARBECHO					
4	BARBECHO		COLZA							PREP.	GUIS.	
5	GUISANTE						BARBECHO					
6	BARBECHO		MAIZ							CEBADA		

El primer año, ya que en la parcela se van a hacer modificaciones de humedad (aportes de agua), terreno (zanjas para las tuberías) y de las condiciones de la parcela en general, se ha decidido cultivar maíz, ya que es un cultivo conocido y que nos puede acusar los problemas que puedan surgir.

Además, como la cosecha se hace en la época seca, no tendremos problemas de atascos de la maquinaria por asentamiento de zanjas.

Se ha tenido en cuenta que entre cultivos de leguminosas se debe dejar un periodo mínimo de 4 años, ya que si no se hace pueden producir problemas de hongos en el suelo. Se ha tratado de hacer una rotación lo más variada posible tanto en ciclos, como en especies, dentro de las capacidades de la parcela, para así intentar evitar malas hierbas, plagas, enfermedades y agotamiento del suelo

## 3. CULTIVOS PROPUESTOS

Adaptando las condiciones de las diversas variedades de cultivos al previamente expuesto calendario y teniendo en consideración los rendimientos específicos en la zona donde se localiza la parcela objeto de estudio, se han seleccionado con meticulosidad las variedades que a continuación detallamos. Es imperativo resaltar que estas sugerencias de rotación y elección de variedades se presentan a la promotora como directrices, sin constituir una rigurosa obligación de ajustarse a estos

parámetros.

#### Maíz:

En cuanto al cultivo de maíz, se han seleccionado de manera específica las variedades Pioneer 15/24 y Pioneer 0937, todas ellas híbridas. La primera, de ciclo 700 (FAO 700), destaca por su vigor inicial, desarrollo en los primeros estadios de crecimiento, mazorca cilíndrica y gran capacidad de adaptación a las condiciones locales.

Es importante subrayar que la elección de estas variedades de maíz ha considerado no solo su rendimiento individual, sino también su complementariedad dentro del sistema de rotación de cultivos, promoviendo así la biodiversidad y la resiliencia del sistema agrícola.

#### Trigo:

La elección recae en la variedad Berdún, destacada por rendimientos sobresalientes y clasificada como la más utilizada en la zona. Este trigo blando de ciclo largo no solo presenta resistencia a bajas temperaturas durante las fases iniciales del desarrollo, sino que también exhibe un perfil sanitario ejemplar y un peso específico notablemente elevado.

Además, es crucial señalar que la elección de variedades debe ser considerada en consonancia con la naturaleza cíclica y rotativa de los cultivos, lo que contribuirá a mantener la salud del suelo y maximizar los rendimientos a lo largo del tiempo.

#### Cebada:

Para el cultivo de cebada, se ha seleccionado la variedad Hispanic, específicamente destinada a la industria del pienso. Esta variedad exhibe rendimientos destacados, no solo debido a su gran adaptabilidad a las condiciones locales, sino también a su alto contenido de proteínas (9.5) y su peso específico notable (65.4). Además, presenta resistencia a condiciones adversas como el encamado y el oidio, aspectos cruciales para la sostenibilidad a largo plazo del cultivo.

#### Girasol:

El cultivo de girasol se ha planificado para la tercera semana del mes de junio como segunda cosecha después de la cebada. La variedad seleccionada, Starsol, destaca por su adaptabilidad a las condiciones específicas de la parcela y rendimientos elevados. La recomendación es sembrar inmediatamente después de la recolección de la cebada para aprovechar un mayor desarrollo de la planta y, consecuentemente, mayores rendimientos.

#### Colza:

Dentro de la planificación agrícola para la parcela en cuestión, se ha incluido estratégicamente el cultivo de colza, siendo la variedad específica seleccionada la "Innavarro," conocida por su adaptabilidad y rendimiento destacado en la zona media de Navarra. Esta elección se basa en las

características particulares de la variedad, que incluyen resistencia a enfermedades locales, capacidad de fijación de nitrógeno y beneficios para la estructura del suelo.

La "Innavarro" se ha demostrado eficaz en la secuencia planificada de cultivos, contribuyendo a la diversificación y sostenibilidad del sistema agrícola. Su resistencia a condiciones específicas de la región y su capacidad para prosperar en el calendario establecido la convierten en una adición valiosa al conjunto de cultivos, mejorando la salud del suelo y aportando beneficios agronómicos al sistema en general. La siembra estratégica de colza, especialmente con variedades adaptadas como la "Innavarro," fortalece la gestión integral de la parcela y contribuye a un enfoque sostenible y equilibrado en la agricultura de la zona.

#### Guisante:

Para el cultivo de guisantes, se ha optado por la variedad Ballet, reconocida por su adaptación a la zona y sincronización con el calendario propuesto. Esta variedad, siendo de ciclo medio-tardío y destinada a la industria, produce un grano verde rugoso de calibre grueso y exhibe una notable resistencia. Además, el guisante es un cultivo que fija gran cantidad de nitrógeno en el suelo, nutriente esencial para el desarrollo de los cultivos.

Al concluir, es crucial subrayar la importancia de monitorear y adaptar continuamente las prácticas agrícolas según las condiciones cambiantes del entorno, garantizando así la eficiencia y sostenibilidad a largo plazo de la gestión de la parcela.

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

- INTIA → Transferencia e Innovación en el sector agroalimentario. (n.d.). <https://www.intiasa.es/web/es>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/>
- NAVARRA AGRARIA - Revista técnica agraria de INTIA. (n.d.). <https://www.navarraagraria.com/>
- RAGT investiga, produce y comercializa semillas en el mundo entero. De esta manera, RAGT cubre las mayores especies de gran cultivo y de ganadería en Europa. (n.d.). <https://ragt-semillas.es/es-es>
- Cherlinka, V. (2023, June 8). Rotación de cultivos: tipos y ejemplos prácticos. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/rotacion-de-cultivos/>
- Guadalsem. (2023, October 27). Cereal • Guadalsem. <https://guadalsem.com/cereal/>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO VII: NECESIDADES HÍDRICAS**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024 ko otsaila



## ÍNDICE NECESIDADES HÍDRICAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. EVAPOTRANSPIRACIÓN Y ETO</b>	1
<b>3. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)</b>	3
<b>4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS</b>	4
4.1. MAIZ	4
4.2 TRIGO	6
4.3 CEBADA	7
4.4 GUISANTE	8
4.5 GIRASOL	9
4.6 COLZA	10
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	10

## 1. INTRODUCCIÓN

Con objeto de poder determinar los caudales necesarios en la red de distribución y poder dimensionar la misma, se hace indispensable realizar en primer lugar el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.

Las necesidades hídricas se han calculado para los cultivos más exigentes desde el punto de vista hídrico presentes en la rotación, es decir, maíz y trigo.

Estos cálculos se realizan en base a una metodología que se resume brevemente a continuación:

- Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>):
- Determinación de los diferentes coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>).
- Cálculo de las necesidades hídricas

## 2. EVAPOTRANSPIRACIÓN y ET<sub>0</sub>

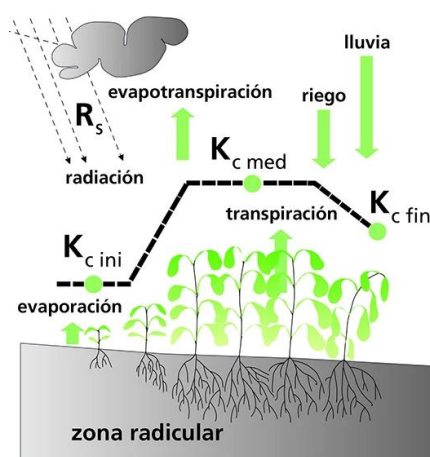
La evapotranspiración es un proceso mediante el cual el agua se transfiere desde la superficie del suelo y las plantas a la atmósfera en forma de vapor de agua. Incluye dos componentes principales: la evaporación, que es la pérdida de agua desde la superficie del suelo y cuerpos de agua, y la transpiración, que es la pérdida de agua a través de los estomas de las plantas. La evapotranspiración es un factor clave en el ciclo hidrológico y juega un papel fundamental en el balance hídrico de una región.

Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>0</sub>): La evapotranspiración de referencia es la cantidad de agua que se evapora de una superficie vegetada específica llamada "cultivo de referencia". Esta superficie de referencia es un césped corto y bien regado, que tiene una altura uniforme y un buen estado de salud. La ET<sub>0</sub> se utiliza como una medida estándar para estimar la demanda atmosférica de agua en una ubicación particular.

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$



Imagen 1. Representación gráfica del balance hídrico del cultivo



El método FAO Penman-Monteith es un procedimiento ampliamente aceptado para calcular la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>). Fue desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Este método tiene en cuenta diversos factores climáticos, como la radiación solar, la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad relativa y la presión atmosférica, para proporcionar una estimación más precisa de la ET<sub>0</sub>.

Para realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) utilizando el método FAO Penman-Monteith, se requieren los siguientes datos climáticos diarios o a intervalos específicos:

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 \cdot U_2)}$$

- Radiación solar: la cantidad de energía solar recibida por la superficie en un período determinado.
- Temperatura del aire: las temperaturas máximas y mínimas diarias, así como la temperatura del aire a una hora específica (por ejemplo, a mediodía).
- Velocidad del viento: la velocidad media del viento a una altura estándar (generalmente a 2 metros sobre la superficie).
- Humedad relativa: la humedad relativa del aire, expresada como un porcentaje.
- Presión atmosférica: la presión atmosférica al nivel del mar o ajustada a la altitud de la ubicación.

Estos datos se utilizan en la fórmula del método FAO Penman-Monteith para calcular la ET<sub>0</sub>, proporcionando una estimación precisa de la pérdida potencial de agua debido a la evaporación y la transpiración en condiciones climáticas específicas.

Los datos meteorológicos con los que se han realizado los cálculos se han obtenido de los registros de la Estación Meteorológica de Artajona, propiedad del Gobierno de Navarra, durante el periodo 2012-2022, calculando para ello, los valores promedios diarios durante el periodo considerado.

El procedimiento del cálculo consiste en los siguientes pasos:

1. Derivación de algunos parámetros climáticos de las temperaturas máximas y mínimas diarias ( $T_{max}$  y  $T_{min}$ ), de la altitud ( $z$ ) y de la velocidad media del viento ( $U_2$ )

2. Cálculo del déficit de la presión del vapor ( $e_s - e_a$ ). La presión de saturación de vapor ( $e_s$ ) se deriva de  $T_{max}$  y  $T_{min}$ , mientras que la presión real del vapor ( $e_a$ ) se puede derivar de la temperatura del punto de rocío (Trocito), de la humedad relativa máxima y mínima ( $HR_{max}$  y  $HR_{min}$ ), de la humedad relativa máxima solamente ( $HR_{max}$ ), o de la humedad relativa promedio ( $HR_{media}$ ).

3. Determinación de la radiación neta ( $R_n$ ) como la diferencia entre la radiación neta de onda corta ( $R_{ns}$ ) y la radiación neta de onda larga ( $R_{nl}$ ). En la ecuación FAO Penman- Monteith, la radiación neta, expresada en  $MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$ , se convierte a  $mm\ día^{-1}$  (evaporación equivalente) usando 0,408 como el factor de la conversión dentro de la ecuación.

4. La  $ET_0$  se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

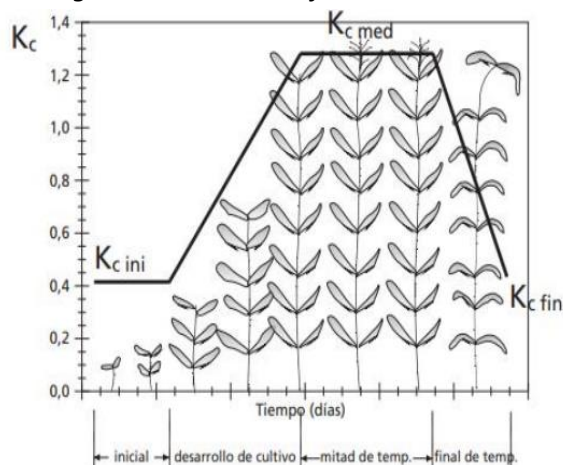
### **3. COEFICIENTE DEL CULTIVO ( $K_c$ )**

El coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) es un factor utilizado en la estimación de las necesidades de agua de los cultivos, específicamente en relación con la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ). Este coeficiente se aplica a la  $ET_0$  para obtener la evapotranspiración real de un cultivo en particular.

Este coeficiente depende únicamente del cultivo, y varía en función del estado de desarrollo en el que se encuentre. Durante el periodo de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo  $K_c$  expresa los cambios en la vegetación en el grado de cobertura del suelo. De forma general, su valor se encuentra comprendido en el intervalo entre 0,1 y 1,2.

Por lo tanto, mientras la  $ET_0$  representa un indicador de la demanda climática, el valor de coeficiente de cultivo  $K_c$  varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando únicamente en una pequeña proporción en función del clima.

Imagen 2. Curva del coeficiente del cultivo



La precisión del cálculo de  $K_c$  es esencial para una gestión eficiente del agua en la agricultura, ya que proporciona una guía sobre la cantidad de agua que los cultivos requieren en diferentes momentos de su crecimiento.

#### 4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS

En este apartado se calcularán las necesidades hídricas de los diferentes cultivos propuestos en la alternativa: Maíz, Trigo, Cebada, Guisante, Girasol y Colza.

Una vez que se haya calculado la evapotranspiración del cultivo, se considerará la precipitación efectiva promedio de cada semana para determinar las necesidades hídricas netas. La determinación final de las necesidades hídricas brutas estará influenciada por la eficiencia del sistema de riego implementado en la parcela, es decir, el porcentaje de aprovechamiento del agua utilizada para el riego.

En este caso, dado que se utiliza riego por aspersión, la eficiencia se establece en un 85%.

El requerimiento de agua de riego se calcula de manera mensual obteniendo en cada cultivo el total de agua requerida en cada mes, a partir de los datos medios de evapotranspiración de referencia obtenidos desde 2012 hasta la actualidad.

En el caso del maíz al ser el cultivo más exigente y para el posterior cálculo de las horas semanales de riego, el cálculo se ha realizado semanalmente.

##### 4.1. MAÍZ

Cómo es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas del maíz a lo largo de su ciclo completo  $K_c$  corresponde a la semana 3 de julio, siendo de 65,67 litros/m<sup>2</sup>.

Las necesidades son más elevadas desde inicios de mayo hasta mitad de junio, por lo que es cuando más necesario resulta el riego.

Tabla 1. Necesidades hídricas semanales del maíz.

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
Del 21/03 al 27/03	0	13,9	0	0,17	0	0,00
Del 28/03 al 03/04	0,23	14,94	3,44	5,82	0	0,00
Del 04/04 al 10/04	0,53	22,71	12,04	0	12,04	14,16
Del 11/04 al 17/04	0,53	27,06	14,34	0	14,34	16,87
Del 18/04 al 24/04	0,53	14,7	7,79	6,14	1,65	1,94
Del 25/04 al 01/05	0,56	23,85	13,36	6,05	7,31	8,60
Del 02/05 al 08/05	0,75	25,05	18,79	0	18,79	22,11
Del 09/05 al 15/05	0,75	29,85	22,39	0	22,39	26,34
Del 16/05 al 22/05	0,75	42,27	31,7	0	31,7	37,29
Del 23/05 al 29/05	0,75	36,29	27,22	0	27,22	32,02
Del 30/05 al 05/06	0,89	43,94	39,1	0	39,1	46,00
Del 06/06 al 12/06	0,95	43,08	40,93	0	40,93	48,15
Del 13/06 al 19/06	0,95	51,74	49,15	4,5	44,65	52,53
Del 20/06 al 26/06	0,95	37	35,15	0	35,15	41,35
Del 27/06 al 03/07	1,02	44,26	45,14	0	45,14	53,11
Del 04/07 al 10/07	1,11	40,89	45,39	8,86	36,53	42,98
Del 11/07 al 17/07	1,11	48,35	53,67	0	53,67	63,14
Del 18/07 al 24/07	1,11	50,29	55,82	0	55,82	65,67
Del 25/07 al 31/07	1,11	43,84	48,66	0	48,66	57,25
Del 01/08 al 07/08	1,02	43,66	44,53	5,84	38,69	45,52
Del 08/08 al 14/08	1,02	39,78	40,58	0	40,58	47,74
Del 15/08 al 21/08	1,02	37,63	38,39	0	38,39	45,16
Del 22/08 al 28/08	1,02	34,48	35,17	0	35,17	41,38
Del 29/08 al 04/09	0,73	35,05	25,59	0	25,59	30,11

Del 05/09 al 11/09	0,52	29,68	15,44	0	15,44	18,16
Del 12/09 al 18/09	0,52	26,24	13,64	0,52	13,12	15,44
Del 19/09 al 25/09	0,52	24,75	12,87	0	12,87	15,14
Del 26/09 al 02/10	0,37	17,32	6,41	0	6,41	7,54
Del 03/10 al 09/10	0	20,59	0	0	0	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>963,19</b>	-	<b>37,9</b>	<b>761,35</b>	<b>895,71</b>

#### 4.2 TRIGO

Como es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas del trigo a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 193,14 litros/m<sup>2</sup>.

*Tabla 2. Necesidades hídricas mensuales del trigo.*

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0	27,2	0	12,87	0	0
feb	0	44,3	0	1,36	0	0
mar	0	55,61	0	16,33	0	0
abr	1	89,93	89,93	18,01	71,92	84,6117647
may	1,1	149,25	164,17	0	164,17	193,141176
jun	0,3	187,68	56,3	4,5	51,8	60,9411765
jul	0	204,44	0	8,86	0	0
ago	0	169,98	0	5,84	0	0
sep	0	113,15	0	0,52	0	0
oct	0	82,18	0	11,39	0	0
nov	0	30,22	0	18,19	0	0
dic	0	17,98	0	23,68	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1171,92</b>	-	<b>121,55</b>	<b>287,89</b>	<b>338,694118</b>

### 4.3 CEBADA

Como es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas de la cebada a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 151,12 litros/m<sup>2</sup>.

Tabla 3. Necesidades hídricas mensuales de la cebada.

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0	26,96	0	53,33	0	0
feb	0	37,47	0	14,26	0	0
mar	0	79,54	0	0	0	0
abr	0,8	108,08	86,47	1,53	84,94	99,9294118
may	1,05	132,17	138,78	10,32	128,46	151,129412
jun	0,4	149,5	59,8	10,75	49,05	57,7058824
jul	0	186,4	0	0	0	0
ago	0	171,8	0	0	0	0
sep	0	96,27	0	73,52	0	0
oct	0	67,82	0	37,31	0	0
nov	0	37,03	0	19,65	0	0
dic	0	20,06	0	8,23	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1113,1</b>	-	<b>228,9</b>	<b>262,45</b>	<b>308,764706</b>

### 4.4 GUISANTE

Como es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas del guisante a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 163,23 litros/m<sup>2</sup>.

Tabla 4. Necesidades hídricas mensuales del guisante.

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0	26,96	0	53,33	0	0
feb	0	37,47	0	14,26	0	0
mar	0	79,54	0	0	0	0

abr	0,5	108,08	54,04	1,53	52,51	61,7764706
may	0,85	132,17	112,35	10,32	102,03	120,035294
jun	1	149,5	149,5	10,75	138,75	163,235294
jul	0,6	186,4	111,84	0	111,84	131,576471
ago	0	171,8	0	0	0	0
sep	0	96,27	0	73,52	0	0
oct	0	67,82	0	37,31	0	0
nov	0	37,03	0	19,65	0	0
dic	0	20,06	0	8,23	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1113,1</b>	<b>-</b>	<b>228,9</b>	<b>405,13</b>	<b>476,623529</b>

#### 4.5 GIRASOL

Como es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas del girasol a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 219,29 litros/m<sup>2</sup>.

Tabla 5. Necesidades hídricas mensuales del girasol.

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0	26,96	0	53,33	0	0
feb	0	37,47	0	14,26	0	0
mar	0	79,54	0	0	0	0
abr	0,21	108,08	22,7	1,53	21,17	24,9058824
may	0,55	132,17	72,69	10,32	62,37	73,3764706
jun	0,71	149,5	106,15	10,75	95,4	112,235294
jul	1	186,4	186,4	0	186,4	219,294118
ago	1	171,8	171,8	0	171,8	202,117647
sep	0	96,27	0	73,52	0	0
oct	0	67,82	0	37,31	0	0

nov	0	37,03	0	19,65	0	0
dic	0	20,06	0	8,23	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1113,1</b>	<b>-</b>	<b>228,9</b>	<b>537,14</b>	<b>631,929412</b>

#### 4.6 COLZA

Como es posible observar en la tabla, el valor máximo de necesidades hídricas brutas de la colza a lo largo de su ciclo completo corresponde al mes de mayo, siendo de 175,58 litros/m<sup>2</sup>.

*Tabla 6. Necesidades hídricas mensuales de la colza.*

Fecha	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)	Pe (mm)	NHn (mm)	NHb (mm)
ene	0,4	27,2	10,88	12,87	0	0
feb	0,6	44,3	26,58	1,36	25,22	29,6705882
mar	0,8	55,61	44,49	16,33	28,16	33,1294118
abr	1	89,93	89,93	18,01	71,92	84,6117647
may	1	149,25	149,25	0	149,25	175,588235
jun	0,4	187,68	75,07	4,5	70,57	83,0235294
jul	0	204,44	0	8,86	0	0
ago	0	169,98	0	5,84	0	0
sep	0	113,15	0	0,52	0	0
oct	0	82,18	0	11,39	0	0
nov	0,4	30,22	12,09	18,19	0	0
dic	0,4	17,98	7,19	23,68	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1171,92</b>	<b>-</b>	<b>121,55</b>	<b>345,12</b>	<b>406,023529</b>

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/>
- ESPACIO SIAR. (n.d.). <https://www.espaciosiar.es/>



- Evapotranspiración del cultivo «Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos». (1990, mayo). FAO. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO VIII: DISEÑO HIDRÁULICO**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## ÍNDICE DISEÑO HIDRÁULICO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN</b>	1
<b>3. MARCO DE RIEGO</b>	3
<b>4. SECTORIZACIÓN</b>	4
4.1 DISPOSICIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS	6
<b>5. DISEÑO HIDRÁULICO DE CADA SECTOR</b>	7
5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA SECUNDARIA	7
5.2 UNIFORMIDAD DE RIEGO	11
5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA PRIMARIA	16
5.4 DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN NECESARIA EN LAS CABECERAS	17
5.5 BALANCE ENTRE LA PRESIÓN DE CABECERA Y LA PRESIÓN DEL HIDRANTE	19
5.6 PRESIÓN LLEGADA	20
<b>6. CONCLUSIÓN</b>	20
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	20



## **1. INTRODUCCIÓN**

En este anexo se realiza la planificación del sistema de riego mediante aspersión para la parcela 204 ubicada en el polígono 2 del municipio de Añorbe, Navarra. La parcela cuenta con una superficie de 6,06 has y una pendiente media de 12%.

Como se relata en el ANEXO 4, se parte de la base que contamos con el hidrante H21.029A perteneciente al sector II.1 de la zona regable del Canal de Navarra. Este hidrante proporciona una presión de 61,2 mca y un caudal de 17 l/s a la entrada de él, aunque, para el diseño hidráulico, teniendo en cuenta los 5 mca de pérdidas de carga que se producen en el propio hidrante, la presión de salida es de 56,2 mca.

Antes de la realización del riego se requiere información acerca de la parcela sobre la que se va a diseñar el riego. Para ello, vamos a buscar el catastro, el modelo digital del terreno y la ortofoto de la parcela. El modelo digital del terreno se va a obtener del Instituto Geográfico Nacional; la ortofoto se va a obtener del visor Idena a partir de la tienda cartográfica de Navarra y, por último, el catastro se va a obtener también del visor Idena. Una vez se tengan las tres capas se van a procesar mediante el programa QGIS con el cual se van a superponer todas las capas juntas permitiendo definir claramente nuestra parcela con sus límites y sus curvas de nivel.

Una vez se procesan las capas y tengamos la parcela bien definida editamos con el programa AutoCAD dicho plano y colocamos sobre él los aspersores. Es importante definir la disposición de los aspersores entre sí pudiéndose poner en forma de cuadrado, de rectángulo o de triángulo, también conocido como “tresbolillo”. En nuestro caso se va a colocar la forma de triángulo pues se considera que es más eficiente desde el punto de vista económico y energético. Después de cubrir en AutoCAD toda la parcela con los aspersores en disposición 18x15, se puede comenzar el diseño hidráulico.

## **2. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN**

El riego por aspersión se configura como un método donde el agua se distribuye de manera similar a una lluvia más o menos intensa sobre la parcela, con el propósito de lograr una infiltración directa en el punto de aplicación. Las unidades que componen este sistema de riego son: grupo de bombeo, tuberías principales con sus hidrantes, ramales y emisores (los aspersores).

El riego por aspersión destaca por su versatilidad al ajustarse eficazmente a distintas dosis de riego necesarias para satisfacer las demandas hídricas de diversos cultivos. Además, posibilita la aplicación de fertilizantes, productos fitosanitarios o tratamientos contra heladas, contribuyendo así a la reducción de costes asociados con aplicaciones previas o futuras.

Este sistema se adapta con facilidad a diversos tipos de terrenos y topografías, prescindiendo de la necesidad de nivelación, lo que en general facilita la mecanización. En suelos con una capacidad de infiltración alta, mejora la uniformidad de la aplicación de agua, un aspecto que puede ser comprometido en ocasiones por la presencia de vientos fuertes.

Entre las ventajas más importantes del sistema de riego por aspersión se encuentran:

- Uniformidad de riego: los sistemas de riego por aspersión pueden proporcionar una distribución uniforme del agua sobre la zona de cultivo, lo que ayuda a garantizar que todas las plantas reciban la cantidad necesaria de agua.
- Automatización: pueden ser fácilmente automatizados mediante temporizadores y sistemas de control, lo que permite una gestión eficiente del riego sin la necesidad de supervisión constante.
- Flexibilidad: son adecuados para una variedad de cultivos y tipos de suelo, y pueden adaptarse a diferentes formas y tamaños de terreno.
- Enfriamiento ambiental: en entornos agrícolas y áreas verdes, el riego por aspersión puede ayudar a reducir la temperatura ambiente, lo que es beneficioso para ciertos cultivos y el bienestar de las plantas.
- Reducción de enfermedades: al regar sobre las copas de las plantas en lugar de directamente sobre el suelo, se puede reducir el riesgo de enfermedades fúngicas y bacterianas relacionadas con el exceso de humedad en la superficie del suelo.

Y en cuanto a sus desventajas se encuentran:

- Pérdida por evaporación: existe el riesgo de pérdida de agua debido a la evaporación, especialmente en climas cálidos y ventosos, lo que puede afectar la eficiencia del sistema.
- Costes iniciales: la instalación inicial de un sistema de riego por aspersión puede ser costosa, especialmente para grandes extensiones de tierra.
- Consumo de energía: en algunos casos, se requiere energía adicional para operar las bombas de agua y otros componentes, lo que puede aumentar los costes operativos.
- Obstrucciones: los aspersores pueden obstruirse debido a la acumulación de sedimentos o minerales en el agua, lo que afecta la eficacia del sistema y requiere mantenimiento regular.
- No adecuado para todos los cultivos: algunos cultivos pueden ser sensibles al agua en las hojas, lo que puede llevar a problemas de enfermedades o quemaduras solares.
- Posible erosión del suelo: en ciertos casos, la fuerza del agua al ser rociada puede provocar erosión del suelo, especialmente en terrenos inclinados o con suelos más ligeros.

La presión nominal de funcionamiento del aspersor será de 35 m.c.a. y los caudales emitidos por cada uno de ambos tipos de aspersores son:

- Caudal aspersor círculo completo: 0,558 l/s
- Caudal aspersor sectorial: 0,371 l/s



### 3. MARCO DE RIEGO

Un aspersor actuando individualmente no emite la precipitación de modo uniforme, ya que generalmente la zona próxima al pie del aspersor recibe una mayor cantidad de lluvia, decreciendo en intensidad conforme aumenta la distancia al pie.

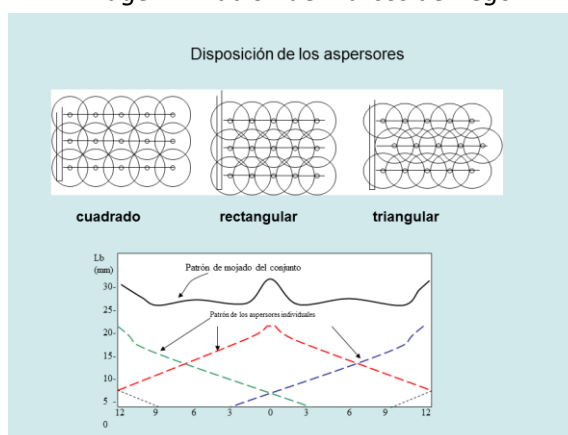
Es por esto por lo que la uniformidad del riego se logra mediante la acumulación de la precipitación procedente de aspersores contiguos. Por tanto, se comprende la necesidad de superponer las áreas mojadas de los aspersores si se desea obtener, como lo requieren los cultivos, una altura de agua aplicada uniforme.

El marco de riego está definido no solo por el tipo de disposición adoptado sino por la distancia entre los aspersores. En general los marcos pequeños presentan como ventajas un riego más uniforme y pequeñas presiones de trabajo. Como principal inconveniente, el hecho de conllevar una mayor inversión por hectárea.

Actualmente los marcos empleados con una mayor frecuencia en agricultura son los siguientes:

- Marco cuadrangular: La distancia entre aspersores y ramales es la idéntica. Adoptan disposiciones del tipo: 12 x 12m; 15 x 15m; 18 x 18 m.
- Marco rectangular: Existe una separación mayor entre ramales que entre aspersores (12 x 15m; 12 x 18m, 15 x 18m).
- Marco triangular: Se forman triángulos sensiblemente equiláteros. Adoptan disposiciones del tipo: 18 x 15m; 21 x 18m.

*Imagen 1. Patrón de marcos de riego*



En este escenario, se opta por un patrón triangular con una separación de 15 metros entre las líneas y 18 metros entre cada aspersor, también conocido como “tresbolillo”. Este diseño es ampliamente utilizado en la región y resulta el más adecuado para los cultivos contemplados en la rotación planificada. La distancia entre las líneas posibilita un riego uniforme y, al mismo tiempo,

ofrece un ancho cómodo para el paso de maquinaria y las labores agrícolas.

Una vez que se ha seleccionado el patrón, se implementa en la finca, realizando los ajustes necesarios tanto en los límites como en las cabeceras de la parcela. En este caso, se ha determinado que la disposición de las líneas sea de este a oeste, ajustando los aspersores de manera que en las cabeceras haya un espacio mínimo de giro de 15 metros para facilitar las maniobras y un espacio mínimo de tierra labrada, es decir, de cultivo, de 10 metros.

Los aspersores que queden fuera de la parcela serán eliminados. Además, se seguirán los siguientes criterios referidos al diseño de la distribución de los aspersores:

- Si la distancia del aspersor a la linde es menor a 3 metros, se moverá hasta la linde.
- Si la distancia del aspersor a la linde está comprendida entre 3 y 5 metros, este aspersor no se reubicará, y habrá una zona seca cercana a la linde.
- Si la distancia del aspersor a la linde es mayor a 5 metros, este se moverá hasta la linde y se colocará otro aspersor a una distancia media entre el aspersor reubicado y el siguiente de su misma línea.

#### **4. SECTORIZACIÓN**

Para la delimitación de zonas en la parcela, es esencial considerar tanto la demanda hídrica de los cultivos como la capacidad del hidrante, garantizando así una segmentación óptima que facilite la distribución efectiva del caudal proveniente del hidrante.

En base a estos criterios se lleva a cabo un recuento de los aspersores que se han ubicado en la parcela, junto con sus respectivos caudales. Existirán aspersores de dos tipos:

- Totales: con un ángulo de giro de 360° y un caudal de 0,558 l/s
- Sectoriales: con un ángulo de giro ajustable (habitualmente 180°) y un caudal de 0,317 l/s

A continuación, se procede al cálculo del mínimo necesario de subparcelas o sectores de riego. En el plano número 4 se detalla la ubicación específica de cada aspersor, proporcionando información precisa sobre el número y tipo de aspersores presentes, y consecuentemente, el caudal total de agua emitido por ellos. Estos datos se desglosan de manera detallada en la Tabla 1 para una comprensión más precisa.

La parcela se ha diseñado con un total de 199 aspersores totales y 53 aspersores sectoriales. Multiplicando el número de aspersores de ambos tipos por sus respectivos caudales, obtenemos el caudal necesario para abastecer a toda la parcela al mismo tiempo el cual es de 128,22 l/s.

Tabla 1. Caudal total

Tipo de aspersor	Número	Caudal (l/s)	Caudal total (l/s)
Total	199	0,558	111,042
Sectorial	53	0,317	16,8
TOTAL			128,22

Como el hidrante no es capaz de proporcionar 128,22 l/s, se divide el caudal obtenido entre el caudal máximo de salida del hidrante (17 l/s) y se obtiene la necesidad de dividir la parcela en 7,54 sectores, por lo que se va a dividir en 8 sectores.

$$N^{\circ} \text{sectores} = (n^{\circ} \text{asptot} * \text{caudal } n^{\circ} \text{asptot} * \text{caudal}) / \text{Caudal Hidrante}$$

En base a la semana de mayor necesidad hídrica del cultivo más exigente, en este caso el maíz, se define el siguiente tiempo de riego:

Para empezar, con el cálculo de la sectorización se puede definir el área de cada sector como:

$$\text{Área cada sector} = \frac{\text{Área total}}{N^{\circ} \text{sectores}} = \frac{60600 \text{ m}^2}{8} = 7575 \text{ m}^2$$

Por otra parte, las necesidades hídricas del cultivo más exigente en la semana de mayor necesidad hídrica, en este caso el maíz, son de 65,67 l/m<sup>2</sup>, lo que supone unas necesidades hídricas diarias de 9,38 l/m<sup>2</sup>.

Tras ello, se puede calcular las necesidades hídricas diarias de cada sector multiplicando el área del sector por las necesidades hídricas diarias calculadas previamente:

$$\text{Necesidades hídricas diarias por sector} = 9,38 \text{ l/m}^2 \times 7575 \text{ m}^2 = 71064,32 \text{ l/día}$$

Como cada sector dispone de 17 l/s, las horas diarias de riego por sector son:

$$\text{Horas de riego diarias por sector} = \frac{71064,32 \text{ l/día}}{17 \text{ l/s}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1,16 \text{ h riego diarias/sector}$$

Por lo tanto, las horas de riego semanales totales para el cultivo más exigente y la semana de necesidades hídricas más exigentes son 8,12h semanales/sector, teniendo en cuenta que se riega todos los días.

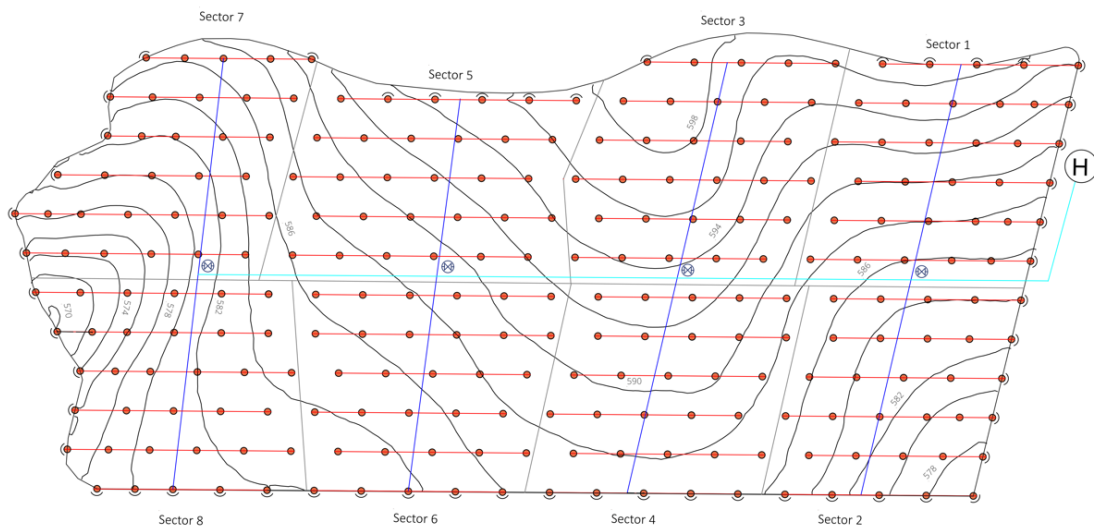
En total, las horas de riego semanales del conjunto de los sectores son de 64,96 h, que corresponden a la semana 3 de julio, semana de mayores exigencias hídricas del cultivo del maíz.

Se sugiere distribuir este lapso a lo largo de cinco días para prevenir posibles contratiempos en caso de fallo del sistema. De esta manera, se recomienda asignar 13 horas de riego en cada uno de estos días, idealmente programadas durante la noche o los fines de semana, con el objetivo de minimizar los costes eléctricos asociados. Estas 13 horas de riego son para toda la parcela, por lo que cada sector tendría 1,6 horas de riego diarias.

Además, pueden darse casos de altas temperaturas o épocas de sequía, en los que podría haber restricciones de riego durante las horas diurnas para evitar considerables pérdidas de agua por evaporación.

A continuación, en la imagen, se muestra el diseño de la parcela con su respectiva sectorización:

*Imagen 2. Diseño de la parcela*



#### **4.1 DISPOSICIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS**

El sistema de riego por aspersión se compone de diversas categorías de tuberías, cada una cumpliendo un papel específico en la distribución del agua:

- Tubería primaria (TP): Encargada de transportar el agua desde el hidrante hacia los diferentes sectores, conectándose a las tuberías secundarias que forman parte del sistema.
- Tubería secundaria (TS): Suministra agua a todos los ramales dentro de un sector específico.
- Ramales: Conectados a las tuberías secundarias, llevan el agua hasta los emisores responsables de dispensarla en la parcela.

La disposición de la red de tuberías se planifica desde el hidrante, y factores como la topografía y la forma de la parcela influyen en su diseño. Al realizar la distribución de las tuberías, se deben considerar diversos aspectos:

- Forma de los sectores: En este caso, los sectores presentan una forma rectangular. Es crucial que la presión en los extremos de los ramales sea suficiente para un riego adecuado, lo que hace que la disposición de la tubería secundaria tenga un impacto significativo.
- Relación PVC/PEAD: Las tuberías primaria y secundaria son de PVC, mientras que los ramales son de PEAD (Poliétileno de Alta Densidad). Para una relación PVC/PEAD ideal, la forma del sector debe ser lo más cuadrada posible, lo que resulta en ahorros sustanciales en el coste de la instalación.
- Dirección de la tubería secundaria: Para ser eficaz, debe colocarse paralela al eje mayor del rombo formado por cuatro aspersores de tres ramales distintos, minimizando así la cantidad de metros de tubería secundaria y, por ende, reduciendo costes y mejorando la eficiencia energética.
- Colocación centrada o descentrada de la tubería secundaria: Dependiendo de la topografía de la parcela, se ajusta la ubicación de la tubería secundaria para garantizar una presión adecuada en los emisores de los extremos de los ramales.
- Disposición de la tubería primaria: Se planifica para minimizar las pérdidas de presión desde el hidrante hasta las tuberías secundarias, considerando la forma de la parcela y la posición del hidrante.

En términos generales, todas las tuberías deben ser eficientes y cumplir su función con la menor longitud posible, con el objetivo de reducir los costes totales de la instalación. Una buena disposición de los sectores, evitando longitudes excesivas o irregularidades, también es esencial para lograr una operación eficiente del sistema.

## **5. DISEÑO HIDRÁULICO DE CADA SECTOR**

Una vez fraccionada la totalidad de la superficie en diferentes sectores de riego se puede comenzar a dimensionar las tuberías que componen la red de distribución. En este sentido, se comenzará por dimensionar las tuberías secundarias para, posteriormente, realizar el mismo proceso con las conducciones de diámetro mayor. Las tuberías porta- aspersores tendrán un único diámetro ( $\varnothing=32\text{mm}$ ) y estarán fabricadas en polietileno de alta densidad (PEAD).

### **5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA SECUNDARIA**

La tubería secundaria es una conducción hidráulica telescópica con distribución del caudal en ruta. Esto significa que a lo largo de su recorrido va a repartir el caudal siendo diferente el caudal transportado a lo largo de ella. En cuanto al dimensionamiento de la tubería esta consideración es importante pues la necesidad de diámetro para conducir los diferentes caudales va a variar en cada tramo de ramal (en cada ramal se evacúa parte del agua transportado) y, por tanto, emplearemos diferentes diámetros en base a la necesidad de caudal buscando así la eficiencia económica. No vamos a colocar una tubería que cueste más dinero para cubrir una necesidad de mayor caudal inexistente.

Para realizar el dimensionamiento del diámetro de cada tramo se va a comenzar del tramo final. Se van a calcular las necesidades de caudal de cada ramal al que abastece dicho tramo multiplicando el caudal del aspersor total por el número de aspersores totales y sumándole el caudal de los aspersores sectoriales multiplicados por el número de aspersores sectoriales que haya en dichos ramales. Seguidamente se calcula, de la misma manera, la demanda de caudal del siguiente tramo y se van sumando. De esta manera, comenzando por el final, vamos a ir determinando el caudal de cada tramo. En resumen, calculamos la demanda de cada tramo y le sumamos el caudal del tramo siguiente.

Una vez conozcamos el caudal de cada tramo es cuando se procede al dimensionamiento de cada tramo de la tubería secundaria basándose en un criterio de velocidad. Basándonos en la ecuación hidráulica que define la velocidad de una tubería (Ecuación 1), vamos a ir probando diferentes diámetros comerciales de tuberías y analizando la velocidad que alcanzaría el flujo buscando el diámetro óptimo. El diámetro óptimo se puede definir como el menor diámetro posible que suponga una velocidad de flujo de entre 0,5 m/s y 2 m/s (el límite inferior buscando evitar la sedimentación de las partículas que pueda llevar suspendidas el flujo y, el límite superior, buscando evitar la erosión de la tubería). Se van probando los diferentes valores de diámetros comerciales hasta determinar el diámetro óptimo para cada tramo de la tubería. Una vez tengamos todos los diámetros ya habremos terminado el dimensionamiento de la tubería secundaria

*Ecuación 1. Ecuación de la hidráulica*

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

Donde:

- V = Velocidad (m/s)
- Q= Caudal (m<sup>3</sup> /s)
- A = Área (m<sup>2</sup>)
- d = Diámetro interno (m)

Se van probando los diferentes valores de diámetros comerciales hasta determinar el diámetro óptimo para cada tramo de la tubería. Una vez se obtengan todos los diámetros ya habrá finalizado el dimensionamiento de la tubería secundaria.

En la Tabla 2 se muestran, a modo de ejemplo, los cálculos para el dimensionamiento de la tubería secundaria sector 4. Es posible observar la variación del diámetro de la tubería secundaria provocada por la disminución del caudal que circula a lo largo de la tubería, con el fin de mantener la velocidad dentro del rango comentado anteriormente.

*Tabla 2. Dimensionamiento de la tubería secundaria sector 4.*

Tramo secundaria	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Øext (mm)	Øint (mm)	Ø int (m)	L (m)	v (m/s)
1	1,6	0,001585	63	58,80	0,059	15	0,58
2	4,4	0,004375	75	84,60	0,085	15	0,78

3	7,2	0,007165	90	84,60	0,085	15	1,27
4	10,0	0,009955	110	103,80	0,104	15	1,18
5	12,7	0,012745	125	103,80	0,104	15	1,51
6	15,5	0,015535	140	132,00	0,132	7,5	1,14

Los diámetros de los diversos tramos de la tubería secundaria han sido calculados de forma exacta. Sin embargo, a la hora de llevar a cabo el diseño real de la instalación, se escogerían 2 o 3 diámetros con el objetivo de reducir los costes de trabajo que conlleva el acoplamiento de las diversas tuberías de diámetro variable. Además, de esta forma, se reducirían las pérdidas de carga (localizadas) producidas a lo largo de dicha tubería.

A continuación, en la tabla 3, se muestra los valores de caudal obtenidos en cada uno de los tramos de los 8 sectores de riego

*Tabla 3. Tabla resumen del caudal de cada tramo de cada sector.*

Tramo secundaria	Q (l/s)							
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
1	1,585	1,585	2,549	1,585	2,143	1,585	2,308	1,585
2	4,692	4,134	5,339	4,375	5,491	4,375	4,857	4,692
3	7,799	7,241	8,129	7,165	8,839	7,165	7,406	7,241
4	10,348	9,79	11,477	9,955	12,187	9,955	9,955	10,348
5	13,455	12,339	14,267	12,745	15,535	13,303	13,62	13,455
6	16,562	14,888	17,05	15,535	-	16,651	16,73	16,562

En la siguiente tabla 4 se pueden observar los diámetros exteriores de cada tramo de cada sector de riego. Como se puede observar y tal y como se ha comentado anteriormente, los sectores están formados por tuberías secundarias telescópicas con diámetros variables.

Tabla 4. Tabla resumen del diámetro interior de tubería de cada tramo de cada sector.

Tramo secundaria	Øext (mm)							
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
1	63	40	75	63	75	40	50	50
2	75	50	90	75	90	50	63	63
3	90	63	110	90	110	63	75	75
4	110	75	125	110	125	75	90	90
5	125	90	140	125	140	90	110	110
6	140	110	160	140	-	110	125	125

A continuación, en la tabla 5, se observa como las velocidades de cada tramo de cada sector se mantienen entre 0,5 y 2 m/s, ya que a velocidades inferiores a 0,5 m/s puede ocurrir sedimentación de partículas y superiores a 2 m/s pueden ocasionar erosión de la tubería.

Tabla 5. Tabla resumen de la velocidad de cada tramo de cada sector.

Tramo secundaria	v (m/s)							
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
1	0,58	1,56	0,65	0,58	0,55	1,56	1,39	0,95
2	0,55	1,52	0,63	0,78	0,65	1,61	1,79	1,20
3	0,57	1,29	0,59	1,27	1,04	1,83	1,89	1,29
4	0,58	0,90	0,64	1,18	1,11	1,77	1,77	0,95
5	0,75	0,90	0,80	1,51	1,42	1,57	1,61	0,98



6	0,92	1,09	0,95	1,14	-	1,52	1,22	1,21
---	------	------	------	------	---	------	------	------

Finalmente, en la siguiente tabla 6 se pueden observar las diferentes longitudes de cada tramo de tubería de cada sector.

*Tabla 6. Tabla resumen de la longitud de cada tramo de cada sector.*

Tramo secundaria	L (m)							
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
1	15	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	7,5	15	15	15
6	7,5	7,5	7,5	7,5	-	7,5	7,5	7,5

## 5.2 UNIFORMIDAD DE RIEGO

La uniformidad de riego podemos entenderla como un indicador que permite calificar la calidad de nuestro riego. Cuando hablamos de una parcela de producción es fundamental, para un buen y homogéneo desarrollo de dicho cultivo, un riego uniforme siendo un aspecto muy importante, por tanto, a considerar durante el diseño.

La uniformidad de riego toma un valor adecuado cuando, como máximo, la diferencia entre el caudal del aspersor de mayor caudal y el de menor no supera el 10%, o lo que es equivalente, cuando la diferencia de presión entre el aspersor de mayor presión y el de menor sea inferior al 20% de la presión nominal que, normalmente, y en nuestro caso toma el valor de 35 m.c.a.

Para empezar, se han calculado las pérdidas de carga localizadas en cada uno de los tramos de cada sector con los siguientes parámetros:

- Q = caudal de agua necesario (expresado en l/s o m<sup>3</sup>/s) para abastecer al grupo de aspersores correspondientes. En los Planos N°4 a N°6 pueden observarse los aspersores que abastecerán a cada tramo de tubería secundaria.

- $\varnothing_{int}$  = diámetro interno seleccionado para el tramo de tubería (mm) y (m)
- $v$  = velocidad del agua en el tramo expresado en m/s. Es función del  $\varnothing_{int}$  elegido y del caudal de agua que transporta. Recuérdese que la velocidad ha de ser inferior a 2 m/s.
- $C$ : coeficiente de rugosidad propio del material ( $C=100$  tuberías polietileno de alta densidad) ( $C=150$  tuberías PVC)
- $L$  = longitud del tramo (m)
- $h$  = pérdidas de carga localizadas en cada tramo de tubería seleccionada (m). Las pérdidas de carga localizadas totales de la tubería secundaria de cada rector resultan de la suma de las pérdidas de carga de cada tramo.

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza mediante la ecuación de Hazen-Williams en cada uno de los tramos de la tubería secundaria, y posteriormente se añaden las pérdidas de carga que se producen desde el último tramo de esta hasta el aspersor de mínima.

La ecuación de Hazen-Williams dice así:

$$h = L \left[ \frac{v}{0,85 \times C \times R^{0,63}} \right]^{1,85}$$

- $L$ : longitud del tramo sobre el que se están calculando las pérdidas
- $C$ : coeficiente de rugosidad propio del material ( $C=100$  tuberías polietileno de alta densidad) ( $C=150$  tuberías PVC)
- $D$ : diámetro de la tubería
- $R$ : Radio hidráulico

En ambos casos, se emplea el concepto de longitud equivalente, es decir, el 110% del valor real de longitud de la tubería, de forma que se tienen en cuenta las pérdidas de carga localizadas que se producen a lo largo de ella.

Los resultados para el sector 4 se pueden observar a continuación.

*Tabla 7. Pérdidas de carga en la tubería secundaria del sector 4.*

Tramo secundaria	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\varnothing_{int}$ (m)	$v$ (m/s)	$C$	$L$ (m)	$1,1 * L$	$(D/4)^{0,63}$ (m)	$h$ (m)
1	1,6	0,001585	58,80	0,059	0,58	150	15	16,5	0,07005027	0,10556733
2	4,4	0,004375	84,60	0,085	0,78	150	15	16,5	0,08809389	0,11765673
3	7,2	0,007165	84,60	0,085	1,27	150	15	16,5	0,08809389	0,29332837
4	10,0	0,009955	103,80	0,104	1,18	150	15	16,5	0,10020896	0,19917031

5	12,7	0,012745	103,80	0,104	1,51	150	15	16,5	0,10020896	0,31472096
6	15,5	0,015535	132,00	0,132	1,14	150	7,5	8,25	0,11659066	0,07042866

A continuación, en la tabla 8 se observa un resumen de las pérdidas de carga localizadas de cada tramo de cada sector.

*Tabla 8. Resumen pérdidas de carga localizadas en las tuberías secundarias.*

Tramo secundaria	h (m)							
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
1	0,1055673	1,151550	0,1392322	0,10556733	0,0757300	1,1515501	0,6999069	0,348984
2	0,0494601	0,623062	0,0628272	0,11765673	0,0661797	0,6919925	0,8397635	0,323236
3	0,0393161	0,299116	0,0424523	0,29332837	0,1598079	0,7079424	0,7526697	0,299116
4	0,0344799	0,103413	0,0417684	0,19917031	0,1551369	0,5393180	0,5393180	0,114593
5	0,0560697	0,091946	0,0624965	0,31472096	0,1215897	0,3407125	0,3559000	0,107937
6	0,0411897	0,065093	0,0434985	0,07042866	-	0,1382584	0,0807618	0,079292

Para la elección del aspersor de máxima y de mínima se escoge como aspersor de máxima aquel que tenga menos pérdidas de carga, y como aspersor de mínima el que tenga más pérdidas de carga

Para ello, con objeto de conocer la diferencia de presión entre los aspersores de mayor y menor presión se ha supuesto una presión ficticia y temporal en la cabecera del sector de 100 m.c.a. Al tratarse únicamente del cálculo de la diferencia de presión entre dos aspersores no resulta necesario conocer el valor real de la presión en la cabecera.

A esa presión se le han ido restando las pérdidas de carga PVC, pérdidas de carga PE, diferencia de cota y altura de la caña, es decir, las pérdidas de carga desde el aspersor seleccionado hasta la intersección con la tubería primaria. Tras ello, se ha obtenido una presión de llegada final en cada uno de los dos aspersores más y menos desfavorables de cada sector. Si la diferencia entre las presiones de llegada de cada aspersor más y menos desfavorable de cada sector no superan los 7 m.c.a, el

criterio de la uniformidad de riego se cumple.

A continuación, para la comprobación de la uniformidad de riego en cada sector se han utilizado estos parámetros:

- Presión inicial (m.c.a.): Con objeto de conocer la diferencia de presión entre los aspersores de mayor y menor presión se ha supuesto una presión ficticia y temporal en la cabecera del sector de 100 m.c.a. Al tratarse únicamente del cálculo de la diferencia de presión entre dos aspersores no resulta necesario conocer el valor real de la presión en la cabecera.
- Pérdidas PVC (m.c.a.): Hace referencia a las pérdidas que se producen en las tuberías secundarias. El valor utilizado en este punto corresponde al obtenido en el apartado anterior  $\Sigma H_f$  para los tramos correspondiente de tubería de PVC.
- Pérdidas PE (m.c.a.): Corresponden a las pérdidas de carga en las tuberías porta-aspersores. Estas pérdidas de carga han sido obtenidas a partir del cálculo previo teniendo el diámetro de la tubería porta-aspersores ( $\varnothing=32$  mm) y la distancia a la conexión con la tubería secundaria.
- $\Delta z$  (m): Desnivel existente entre la cabecera del sector y el aspersor de máxima o mínima presión. A efectos prácticos, en caso de que el aspersor se encuentre a una altura superior a la cabecera del sector la diferencia se considerará positiva, mientras que si el aspersor se encuentra a una altura inferior la diferencia de cota se considerará negativa. En el cálculo se han sumado 2 metros a cada aspersor, que es la altura que tiene la caña porta aspersor, pero al ser una altura que en todos los aspersores es igual no interfiere en el resultado.
- Presión de llegada (m.c.a.): Hace referencia a la presión de llegada del agua a la boquilla del aspersor. Se calcula restando a la presión inicial las pérdidas de carga producidas en las tuberías de PVC y de PE, teniendo en cuenta además el desnivel existente entre la cabecera del sector y el aspersor de máxima o mínima presión.

$$\text{Presión de llegada (m.c.a.)} = \text{Presión inicial} - \text{Pérdidas PE} - \text{Pérdidas PVC} - \Delta z$$

Tabla 9. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 1.

SECTOR 1	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,326083162	1,37	11	91,30	6,92
Asp. +fav	100	0,041189772	2,73	3	98,23	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

Tabla 9. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 2.

SECTOR 2	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,55956992	3,15	3	97,29	6,57
Asp. +fav	100	2,33418284	1,81	-4	103,86	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

Tabla 11. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 3.

SECTOR 3	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,39227529	1,29	8	94,32	6,9
Asp. +fav	100	0,0434985	2,74	-4	101,22	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

Tabla 12. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 4.

SECTOR 4	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,58431992	4,89	-2	100,52	4,66
Asp. +fav	100	1,10087236	1,72	-4	105,18	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

Tabla 13. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 5.

SECTOR 5	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,57844445	1,92	10	91,50	

Asp. +fav	100	0,12158979	8,38	-1	96,50	5
-----------	-----	------------	------	----	-------	---

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

*Tabla 14. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 6.*

SECTOR 6	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	0,47897102	6,05	1	96,47	6,86
Asp. +fav	100	3,56977416	1,11	-4	103,32	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

*Tabla 15. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 7.*

SECTOR 7	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	3,26832017	0,99	3	96,74	4,18
Asp. +fav	100	0,08076188	0,35	11	92,57	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

*Tabla 16. Comprobación de uniformidad de riego en el sector 8.*

SECTOR 8	P inicial (mca)	h PVC (m.c.a.)	h PE (m)	$\Delta z$ (m)	P llegada (m.c.a.)	DIF ASP
Asp. -favorable	100	1,27316023	1,51	3	98,21	5,65
Asp. +fav	100	0,07929279	0,35	11	92,57	

La diferencia entre los aspersores de máxima y mínima presión adquiere un valor inferior a 7 m.c.a., por lo que puede considerarse un sector con riego uniforme.

### 5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA PRIMARIA

Las tuberías primarias tienen la función de llevar el agua desde cada punto de salida desde los hidrantes hasta cada una de las tuberías secundarias presentes en cada parcela. Están fabricadas con policloruro de vinilo (PVC), y su tamaño (diámetros) está determinado por la velocidad y el caudal de agua que fluye en cada tramo seleccionado.

Es importante tener en cuenta que la tubería primaria no es telescópica, sino que tiene un único diámetro.

Para dicho dimensionamiento necesitamos conocer el sector que más demanda de agua tiene. Conocido dicho valor del caudal vamos a aplicar el mismo criterio de velocidades aplicado en el dimensionamiento de la tubería secundaria.

Se va a tomar el valor del caudal del sector de mayor caudal y, a partir de la ecuación hidráulica que define la velocidad de una tubería (Ecuación 3), vamos a ir probando diferentes diámetros comerciales de tuberías y analizando la velocidad que alcanzaría el flujo buscando el diámetro óptimo. El diámetro óptimo se puede definir como el menor diámetro posible que suponga una velocidad de flujo de entre 0,5 m/s y 2 m/s (el límite inferior buscando evitar la sedimentación de las partículas que pueda llevar suspendidas el flujo y, el límite superior, buscando evitar la erosión de la tubería). Se van probando los diferentes valores de diámetros comerciales hasta determinar el diámetro óptimo para cada tramo de la tubería. Una vez esté elegido el diámetro habrá finalizado el dimensionamiento de la tubería primaria.

*Ecuación 3. Ecuación de la hidráulica*

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

Donde:

- V = Velocidad (m/s)
- Q= Caudal (m<sup>3</sup> /s)
- A = Área (m<sup>2</sup> )
- d = Diámetro interno (m)

A continuación, se observan los caudales obtenidos para cada sector.

*Tabla 17: Tabla de los sectores y su caudal total.*

Sector	caudal (l/s)
1	16,5
2	14,8

Sector	caudal (l/s)
3	17
4	15,5
5	15,5
6	16,6
7	16,7
8	16,5

Tabla 18. Sector de mayor caudal

Sector de mayor caudal						
Sector	Q(l/s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	$\varnothing_{ext}$ (mm)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\varnothing_{int}$ (m)	v(m/s)
3	17	0,017057	125	118	0,118	1,56

En este caso, como es posible observar en la tabla, el sector de mayor demanda es el número 2, por lo que el diámetro interior de la tubería primaria debe ser como mínimo de 125 mm.

#### 5.4 DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN NECESARIA EN LAS CABECERAS

La determinación de la presión de entrada a la válvula del sector se realiza para favorecer el correcto funcionamiento de los aspersores. Muestra la presión necesaria en la boca de las diversas tuberías secundarias para que se efectúe un riego uniforme.

La determinación de la presión de entrada a la válvula del sector se realiza para favorecer el correcto funcionamiento de los aspersores. Muestra la presión necesaria en la boca de las diversas tuberías secundarias para que se efectúe un riego uniforme.

Para ello, es necesario conocer la presión mínima, las pérdidas de carga desde la cabecera hasta el aspersor de mínima, la diferencia de cota, la altura de la caña porta aspersor y las pérdidas de carga que se producen en ducha caña. La fórmula empleada para el cálculo de la presión en cabecera se muestra a continuación.



$$P_{cabecera} = H_{min} + h_{[cabecera-asp.min]} \pm \Delta cota + Altura_{caña} + h_{caña}$$

El cálculo de la presión mínima (Hmin) se realiza restando a la presión nominal, un cuarto de la pérdida de carga que tienen lugar entre la cabecera del sector y el aspensor de mínima.

$$H_{min} = P_{nominal} - \frac{1}{4} \cdot h_{[cabecera-asp.min]}$$

El procedimiento de cálculo se realiza de la misma manera para cada uno de los 8 sectores, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 19. Presión en cabecera para cada sector.

Sector	caudal (l/s)	h (hTS + hb)	Hmin	Δcota cabecera-aspensor	P Cab
1	16,56	0,33	34,92	9,00	48,44
2	14,89	0,56	34,86	1,00	40,62
3	17,06	0,39	34,90	6,00	45,49
4	15,54	0,58	34,85	-4,00	35,64
5	15,54	0,58	34,86	8,00	47,63
6	16,65	0,48	34,88	-1,00	38,56
7	16,73	3,27	34,18	1,00	42,65
8	16,56	1,27	34,68	1,00	41,15

Tabla 20: Tabla de algunos parámetros necesarios para el cálculo

PN (m)	35
Altura caña porta aspersor (m)	2
h caña (aspersor sectorial) (m)	1,1989
h <sub>valv</sub> (m)	1

### 5.5 BALANCE ENTRE LA PRESIÓN DE CABECERA Y LA PRESIÓN DEL HIDRANTE

Para la realización de dicho balance se van a determinar las pérdidas de carga que ocurren en la tubería primaria hasta la cabecera de cada sector para, restándoselas a la presión aportada por el hidrante, comparar con la demanda de presión de cabecera de cada sector y evaluar si se cumplen las necesidades o no.

Se considerarán negativas las diferencias de elevación cuando el aspersor de menor caudal esté topográficamente más alto que la cabecera y se sumarán cuando el aspersor de menor presión esté topográficamente más bajo que la cabecera

La presión de llegada desde el hidrante hasta cada cabecera puede ser determinada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Presión de llegada} = PH - h_{TP} \pm \Delta\text{elevación}$$

Donde:

PH: presión del hidrante. Tomaremos el valor de 56,2 m.c.a.

h<sub>TP</sub>: pérdidas de carga en la tubería primaria.

Tabla 21. Tabla de los cálculos de la presión de llegada

Sector	Q(l/s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Ø <sub>int</sub>	Ø <sub>int</sub> (m)	v(m/s)	L(m)	1.1 L (m)	C	h TP	Δcota	P llegada
1	16,56	0,016562	118,00	0,118	1,51	61,3	67,43	150	1,12	3,00	58,08
2	14,89	0,014888	118,00	0,118	1,36	61,3	67,43	150	0,92	3,00	58,28
3	17	0,017057	118,00	0,118	1,56	150,6	165,66	150	2,90	-5,00	48,30
4	15,54	0,015535	118,00	0,118	1,42	150,6	165,66	150	2,44	-5,00	48,76
5	15,54	0,015535	118,00	0,118	1,42	242,6	266,86	150	3,93	-1,00	51,27

6	16,65	0,016651	118,00	0,118	1,52	242,6	266,86	150	4,47	-1,00	50,73
7	16,73	0,016727	118,00	0,118	1,53	333,8	367,18	150	6,21	7,00	56,99
8	16,56	0,016562	118,00	0,118	1,51	333,8	367,18	150	6,09	7,00	57,11

Tabla 22. Datos utilizados en la tabla 23.

P hidrante	56,2
C	150

## 5.6 PRESIÓN LLEGADA

Como es posible observar en las tablas 19 y 21, la presión de llegada es mayor en todos los casos que la presión en cabecera, lo que indica que el diámetro de tubería primaria escogido es el adecuado y el hidrante es capaz de proporcionar esas presiones.

Además, la presión proporcionada por el hidrante en diversos sectores a menudo es considerablemente mayor de lo requerido. Por ello, se propone disminuir la presión de salida del hidrante para ajustarse a las necesidades reales de la instalación, mejorando de esta manera el rendimiento global del sistema.

## 6. CONCLUSIÓN

En conclusión, se puede afirmar que ha sido complicado el diseño pues los sectores a diseñar no eran muy heterogéneos, y todo ello sumado al desnivel de la parcela ha sido un cálculo hidráulico complicado, pero se ha logrado una uniformidad y una adaptación total a las particularidades del terreno.

El diseño hidráulico se ha desarrollado tomando como referencia explotaciones similares en la región, considerando los costes asociados a los distintos materiales utilizados en las tuberías y aspersores, y evaluando diversas alternativas en términos de eficiencia y rendimiento. Este proceso se ha guiado por criterios de velocidad y uniformidad en los diferentes sectores, permitiendo así la creación de un diseño óptimo adaptado a la forma y topografía de la parcela. Además, se ha establecido un tiempo de riego adecuado para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo más exigente en su fase más crítica.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Esquíroz, O., 2021. Apuntes de la asignatura "Riegos y drenajes". Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Pamplona. Documento sin

publicar.

- Nacional, I. G. (s. f.). *Inicio - Instituto Geográfico Nacional*. <https://www.ign.es/web/ign/portal>
- IDENA - *geoportal*. (s. f.). Geoportal. <https://geoportal.navarra.es/es/idena>
- *Venta y descarga de cartografía - Navarra.es*. (s. f.).  
<https://www.navarra.es/appsext/tiendacartografia/default.aspx>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **ANEXO IX: ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## ÍNDICE ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>	1
2.1 VIDA ÚTIL	1
2.2 INVERSIÓN	2
2.3 INGRESOS	2
<b>3. FLUJO DE CAJA</b>	2
3.1 COBROS ORDINARIOS	2
3.2 COBROS EXTRAORDINARIOS	3
<b>4. PREVISIONES DE PAGO</b>	4
4.1 PAGOS ORDINARIOS	4
4.2 PAGOS EXTRAORDINARIOS	8
4.3 FLUJO DE CAJA	8
<b>5. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN BASE A CRITERIOS DE EVALUACIÓN FINANCIERA DE INVERSIONES</b>	10
5.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)	10
5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	10
5.3 PAYBACK	11
<b>6. CONCLUSIÓN</b>	12
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	12





## **1. INTRODUCCIÓN**

En este informe se lleva a cabo la evaluación económico-financiera del proyecto de conversión de terreno de secano a regadío en la parcela 204, ubicada en el polígono Nº 2 del término municipal de Añorbe, Navarra. La valoración financiera o análisis económico de un proyecto es crucial para determinar su viabilidad desde el punto de vista económico.

La rentabilidad de una inversión se define por la comparación entre los rendimientos generados y los recursos empleados. Se considera rentable aquella inversión cuyos rendimientos superan a los recursos utilizados. Existen dos categorías principales de métodos para analizar inversiones: métodos estáticos y métodos dinámicos. Los métodos estáticos no toman en cuenta la devaluación del dinero y evalúan el balance de la inversión en un momento específico. En cambio, los métodos dinámicos consideran el momento en el que se generan los flujos de efectivo de la inversión.

Por los motivos anteriormente expuestos, se ha realizado un estudio de viabilidad económico considerando una serie de indicadores de rentabilidad. En el caso del presente proyecto, se han utilizado los índices de rentabilidad que se muestran a continuación:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR)
- Plazo de recuperación de la inversión.

El cálculo de estos índices requiere el conocimiento previo de la inversión a realizar, el modo de financiación, así como de los costes y beneficios que ocasiona dicho proyecto, tanto en la fase de ejecución como en la fase de explotación posterior de la instalación.

## **2. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO**

La evaluación de la rentabilidad financiera del proyecto se fundamenta en el examen de los flujos de efectivo generados por la inversión en comparación con el desembolso necesario para su implementación. Este análisis se realiza de manera dinámica, considerando la variación del valor del dinero a lo largo del tiempo.

A continuación, se abordarán los diversos parámetros que definen la inversión, abarcando aspectos como su vida útil, el proceso de amortización, los ingresos y egresos financieros, así como los flujos de efectivo que el proyecto genera.

### **2.1 VIDA ÚTIL**

Se entiende como vida útil del proyecto el número de años durante los cuales la inversión estará generando rendimientos positivos, atendiendo a las previsiones de la inversora. En este proyecto se estima una vida útil de 20 años

## **2.2 INVERSIÓN**

El pago de la inversión es el número de unidades monetarias que la inversora debe desembolsar con el objetivo de conseguir que el proyecto entre en funcionamiento.

Para calcular el monto completo de la inversión inicial del proyecto objeto de este estudio, es esencial consultar el Documento N°5 titulado "Mediciones y presupuestos". En dicho documento se detallan y respaldan cada uno de los costes asociados a los diversos materiales e instalaciones. El importe total, que representa la cantidad a desembolsar por el propietario, se encuentra especificado como 43596,79€, CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS, en dicha documentación.

## **2.3 INGRESOS**

El total de la financiación del proyecto será aportada por el propietario de la finca, mediante los fondos propios, no realizándose el desembolso hasta que las obras hayan llegado a su final como viene indicado en el Documento nº4. "Pliego de Condiciones".

De entre los fondos propios de los que dispone el propietario de la finca para la financiación del proyecto el 40% sobre la inversión necesaria total provendrá de fondos obtenidos a partir de una subvención a través de las ayudas propuestas por la el Gobierno de Navarra para "Ayudas a inversiones en equipamiento de riego para explotaciones agrarias en la zona de actuación del Canal de Navarra", que asciende al 40% de la inversión total a realizar al tratarse del caso de personas jóvenes agricultoras, Resolución 268E/2022,

Además, el propietario, cuenta con el soporte obtenido a través de la Política Agraria Común (PAC) obtenidas en el año 2022 anterior a la realización de las obras, de la que obtuvo al margen del tipo de cultivo 140 euros/ha.

## **3. FLUJO DE CAJA**

### **3.1 COBROS ORDINARIOS**

Los cobros ordinarios son los debidos a la actividad normal de la explotación. En este caso, serán los cobros procedentes de la venta de los cultivos recolectados. Los precios son datos medios en función de los precios obtenidos en la campaña de 2023.

Además, se incluyen como ya se ha mencionado anteriormente los ingresos que se obtienen de la PAC que alcanzan los 140 euros/ha.

Tabla 1. Rendimientos y precios

AÑO	CULTIVO	PRODUCCIÓN (kg/ha)	PRECIOS (€/kg)	INGRESOS PRODUCCIÓN (€/ha)
1	MAIZ	8000	0,26	2080
2	CEBADA	5500	0,319	1754,5
	GIRASOL	3000	0,585	175,5
3	TRIGO BLANDO	6000	0,332	1992
4	COLZA	4500	0,49	2205
5	GUISANTE	4500	0,35	1575
6	MAIZ	8000	0,26	2080

Tabla 2. Ingresos

AÑO	CULTIVO	INGRESOS PRODUCCIÓN (€/ha)	INGRESOS PAC (€/ha)	INGRESOS NETOS (€/ha)	INGRESOS TOTALES (€)
1	MAIZ	2080	140	3200	5410
2	CEBADA	1754,5	140	1840	3130
	GIRASOL	1755	140	1589	2644,4
3	TRIGO BLANDO	1992	140	2270	3880
4	COLZA	2205	140	2795	5320
5	GUISANTE	1575	140	1260,5	2831,1
6	MAIZ	2080	140	3200	5410

### 3.2 COBROS EXTRAORDINARIOS

Finalmente, se ha tenido en cuenta como un ingreso extra, la ayuda obtenida por el agricultor para llevar a cabo la obra de instalación de riego en la finca a través de las ayudas propuestas por la el Gobierno de Navarra para “Ayudas a inversiones en equipamiento de riego para explotaciones agrarias en la zona de actuación del Canal de Navarra”, que asciende al 40% de la inversión total a

realizar al tratarse del caso de personas jóvenes agricultoras, lo cual supondrá un ingreso de 17438,716€.

#### 4. PREVISIONES DE PAGO

##### 4.1 PAGOS ORDINARIOS

Los pagos ordinarios son aquellos pagos necesarios para el correcto funcionamiento de la explotación. En este caso, los pagos coinciden con los costes derivados de los cultivos, excluyendo aquellos costes que no suponen un pago (amortizaciones).

##### CULTIVO

Los pagos ordinarios son aquellos pagos necesarios para el correcto funcionamiento de la explotación. En este caso, los pagos coinciden con los costes derivados de los cultivos, excluyendo aquellos costes que no suponen un pago (amortizaciones).

Todos estos datos, han sido proporcionados por el propietario de la finca, quien disponía de la información gracias a sus registros y a los consultados en la empresa en la que adquiere todos los elementos necesarios para llevar a cabo su actividad.

*Tabla 3. Costes/ha cultivo*

MAIZ	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	230
Semilla	190
Siembra	120
Fertilizantes	400
Fitosanitarios	80
Cosecha	150
Transporte	40
Seguro	30
TOTAL	1240

*Tabla 4. Costes/ha cultivo*

TRIGO	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	200
Semilla	400
Siembra	50
Fertilizantes	330
Fitosanitarios	120
Cosecha	90
Transporte	40
Seguro	30
TOTAL	1260

*Tabla 5. Costes/ha cultivo*

CEBADA	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	210
Semilla	380
Siembra	60
Fertilizantes	320
Fitosanitarios	100
Cosecha	100
Transporte	40
Seguro	30
TOTAL	1240

Tabla 6. Costes/ha cultivo

COLZA	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	100
Semilla	60
Siembra	60
Fertilizantes	350
Fitosanitarios	120
Cosecha	110
Transporte	40
Seguro	30
TOTAL	870

Tabla 7. Costes/ha cultivo

GIRASOL	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	180
Semilla	50
Siembra	40
Fertilizantes	90
Fitosanitarios	80
Cosecha	70
Transporte	30
Seguro	30
TOTAL	570

Tabla 8. Costes/ha cultivo

GUISANTE	
Labor	Coste (€/ha)
Preparación	90
Semilla	50
Siembra	40
Fertilizantes	50
Fitosanitarios	100
Cosecha	110
Transporte	50
Seguro	40
TOTAL	530

#### AGUA

En el Anejo VII. "Necesidades hídricas" han sido calculadas las necesidades hídricas de la alternativa propuesta, las cuales ascienden anualmente a 895.71 mm/hectárea correspondientes al año de mayor demanda de agua (año en que el cultivo del maíz, cultivo de mayores exigencias hídricas). Por tanto, será necesario realizar la captación de 4.956 m<sup>3</sup> agua/ha.

De este modo, el caudal total de agua (m<sup>3</sup> /año) utilizado a lo largo del citado año de mayores necesidades hídricas será:

$$8957,1 \text{ (m}^3 \text{ /Ha)} \cdot 6,06 \text{ Ha} = 54.280,026 \text{ (m}^3 \text{ /Año)}$$

Dado que el canon de captación de agua está estipulado en 0,0327 €/m<sup>3</sup> , el coste anual del proyecto ascenderá a:

$$54.280,026 \text{ (m}^3 \text{ /Año)} \cdot 0,0327 \text{ (€/m}^3 \text{ )} = 1774,95 \text{ (€/Año)}$$

#### MANTENIMIENTO DE LA RED

En este apartado se recogen todos los gastos referentes a cualquier reparación que haya que realizar. Se estima que estos gastos anuales equivalen al 1 % del presupuesto de ejecución de material, lo que representa aproximadamente 400 euros/año.

#### COMUNIDAD REGANTES

Los gastos de gestión de la comunidad de regantes se estiman aproximadamente en 200



€/hectárea. Al tratarse en este caso de 6,06 hectáreas el coste anual ascenderá a:

$$200 \text{ (€/Ha)} \cdot 6,06 \text{ (Ha)} = 1212 \text{ (€/año)}$$

A continuación se exponen todos los pagos ordinarios anuales de la nueva explotación.

*Tabla 9. Pagos ordinarios anuales*

AÑO	CULTIVO	GASTO CULTIVO (€/ha)	GASTO CULTIVO TOTAL (€/ha)	GASTO AGUA (€)	COMUNIDAD REGANTES (€)	MANTENIMIENTO (€)	GASTOS TOTALES (€)
1	MAIZ	1240	7514,4	1774,95	1212	400	10901,35
2	CEBADA	1240	7514,4	611,85	1212	400	9738,25
	GIRASOL	570	3454,2	1252,24	1212	400	6318,44
3	TRIGO BLANDO	1260	7635,6	671,15	1212	400	9918,75
4	COLZA	870	5272,2	804,5	1212	400	7688,7
5	GUISANTE	530	3211,8	944,47	1212	400	5768,27
6	MAIZ	1240	7514,4	1774,95	1212	400	10901,35

#### **4.2 PAGOS EXTRAORDINARIOS**

Para el desarrollador del proyecto, se clasificará como un pago extraordinario aquel que conlleva la ejecución de la inversión. Por consiguiente, generalmente se considerará como gasto el desembolso inicial para la inversión del proyecto. No obstante, en este escenario, según lo estipulado en el Documento nº4, Pliego de Condiciones, dicho pago no se llevará a cabo hasta la conclusión de las obras.

#### **4.3 FLUJO DE CAJA**

El flujo de caja hace referencia a la diferencia entre las entradas y salidas de dinero, es decir, la diferencia entre los cobros y pagos, asociados al proyecto en cada ejercicio económico. La Tabla 10 muestra el flujo de caja del proyecto y el flujo de caja acumulado en los años de vida útil propuestos con anterioridad.

Tabla 10. Flujo de caja.

AÑO	CULTIVO	COBROS (€)		PAGOS (€)		FLUJO DE CAJA (€)	FLUJO DE CAJA ACUMULADO (€)
		ORDINARIOS	EXTRAORDI NARIOS	ORDINARIOS	EXTRAORDIN ARIOS		
0			17438,716		43596,79	-26158,074	-26158,074
1	MAIZ	13453,2		10680,15		2773,05	-23385,024
2	CEBADA	11480,67		9274,65		2206,02	-21179,004
	GIRASOL	11483,7		6218,44		5265,26	-15913,744
3	TRIGO BLANDO	12919,92		9515,75		3404,17	-12509,574
4	COLZA	14210,7		7467,5		6743,2	-5766,374
5	GUISANTE	10392,9		5668,27		4724,63	-1041,744
6	MAIZ	13453,2		10680,15		2773,05	1731,306
7	CEBADA	11480,67		9274,65		2206,02	3937,326
	GIRASOL	11483,7		6218,44		5265,26	9202,586
8	TRIGO BLANDO	12919,92		9515,75		3404,17	12606,756
9	COLZA	14210,7		7467,5		6743,2	19349,956
10	GUISANTE	10392,9		5668,27		4724,63	24074,586
11	MAIZ	13453,2		10680,15		2773,05	26847,636
12	CEBADA	11480,67		9274,65		2206,02	29053,656
	GIRASOL	11483,7		6218,44		5265,26	34318,916
13	TRIGO BLANDO	12919,92		9515,75		3404,17	37723,086
14	COLZA	14210,7		7467,5		6743,2	44466,286
15	GUISANTE	10392,9		5668,27		4724,63	49190,916

16	MAIZ	13453,2		10680,15		2773,05	51963,966
17	CEBADA	11480,67		9274,65		2206,02	54169,986
	GIRASOL	11483,7		6218,44		5265,26	59435,246
18	TRIGO BLANDO	12919,92		9515,75		3404,17	62839,416
19	COLZA	14210,7		7467,5		6743,2	69582,616
20	GUISANTE	10392,9		5668,27		4724,63	74307,246

## 5. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN BASE A CRITERIOS DE EVALUACIÓN FINANCIERA DE INVERSIONES

A continuación, se analizará la rentabilidad financiera del proyecto en base a distintos criterios de evaluación financiera de inversiones. En concreto, se utilizarán los criterios más habituales: valor actual neto, plazo de recuperación y tasa interna de retorno.

### 5.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) indica la ganancia neta generada por el proyecto. Por ello, cuando un proyecto tiene un VAN mayor que cero se dice que, para el tipo de interés elegido, resulta viable desde un punto de vista financiero.

Se dice que es un proyecto que crea valor, puesto que la suma del valor generado es superior al desembolso realizado para la puesta en marcha del proyecto.

Por el contrario, si el VAN es negativo, el proyecto no será viable y quedará inmediatamente descartada su ejecución. El VAN se ha calculado mediante la siguiente expresión

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Siendo:

- R<sub>j</sub>: Flujo de caja en cada año j
- n: Vida útil de la inversión
- r: Tasa de actualización
- k: Pago de la inversión

Se considera como tasa de descuento apropiada para la valoración de este proyecto de inversión del 10%, para la cual se obtiene un VAN de 23563,79€

## 5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad (TIR) mide la rentabilidad en términos relativos de la inversión, siendo esta la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de los flujos de caja de la inversión sea igual al valor del desembolso realizado para su puesta en funcionamiento. Es decir, es la tasa de actualización para la cual el VAN del proyecto es igual a 0.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Resultando la tasa interna de rendimiento del proyecto: 12%

## 5.3 PAYBACK

Se trata del periodo de tiempo se tarda en recuperar la inversión inicial a través de los flujos de caja que va generando. Para ello, se va calculando el sumatorio de los flujos de caja actualizados a medida que van pasando los años. Los primeros serán negativos debido al gran desembolso que se habrá tenido que realizar por la inversión inicial. El instante de tiempo en que este sumatorio alcance una cifra positiva será el payback o plazo de recuperación de la inversión.

Como se observa en la tabla 11, se alcanza una cifra positiva en el año 6.

Tabla 11. Payback.

AÑO	FLUJO DE CAJA (€)	FLUJO DE CAJA ACUMULADO (€)
0	-26158,074	-26158,074
1	2773,05	-23385,024
2	2206,02	-21179,004
	5265,26	-15913,744
3	3404,17	-12509,574
4	6743,2	-5766,374
5	4724,63	-1041,744

6	2773,05	1731,306
7	2206,02	3937,326
	5265,26	9202,586
8	3404,17	12606,756
9	6743,2	19349,956
10	4724,63	24074,586
11	2773,05	26847,636
12	2206,02	29053,656
	5265,26	34318,916
13	3404,17	37723,086
14	6743,2	44466,286
15	4724,63	49190,916
16	2773,05	51963,966
17	2206,02	54169,986
	5265,26	59435,246
18	3404,17	62839,416
19	6743,2	69582,616
20	4724,63	74307,246

## 6. CONCLUSIÓN

En conclusión, teniendo en cuenta los distintos parámetros de la inversión y los criterios para la valoración de la rentabilidad financiera del proyecto analizados anteriormente, se puede afirmar que el proyecto es rentable, y se puede autofinanciar con los ingresos generados por el mismo.

Atendiendo al flujo de caja generado, el plazo de recuperación, momento en el que la inversora del proyecto recupera el dinero de la inversión y obtiene beneficios, es de 6 años. Se corresponde con un plazo corto, teniendo en cuenta el tipo de proyecto.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Precios medios nacionales. (n.d.). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/precios-medios-nacionales/>
- Política Agraria Común (PAC). (n.d.). Navarra.es. <https://www.navarra.es/es/agricultura-y-ganaderia/pac>
- NAVARRA AGRARIA - Revista técnica agraria de INTIA. (n.d.). <https://www.navarraagraria.com/>
- Uso Secano Herbáceos.html. (n.d.). <https://www.navarra.es/mapacultivos/usosecanoherbaceos.html>
- Federico "Cálculo del VAN y TIR con Excel" [en línea]. <https://www.zonaeconomica.com/excel/van-tir>
- Consultas sobre las ayudas de la PAC. (n.d.). Navarra.es. <https://www.navarra.es/es/tramites/on/-/line/Consultas-sobre-las-ayudas-de-la-PAC>





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **DOCUMENTO Nº4: PLANOS**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila





## **ÍNDICE DOCUMENTO Nº4: PLANOS**

PLANO Nº 1: PLANO PLANO DE LOCALIZACIÓN

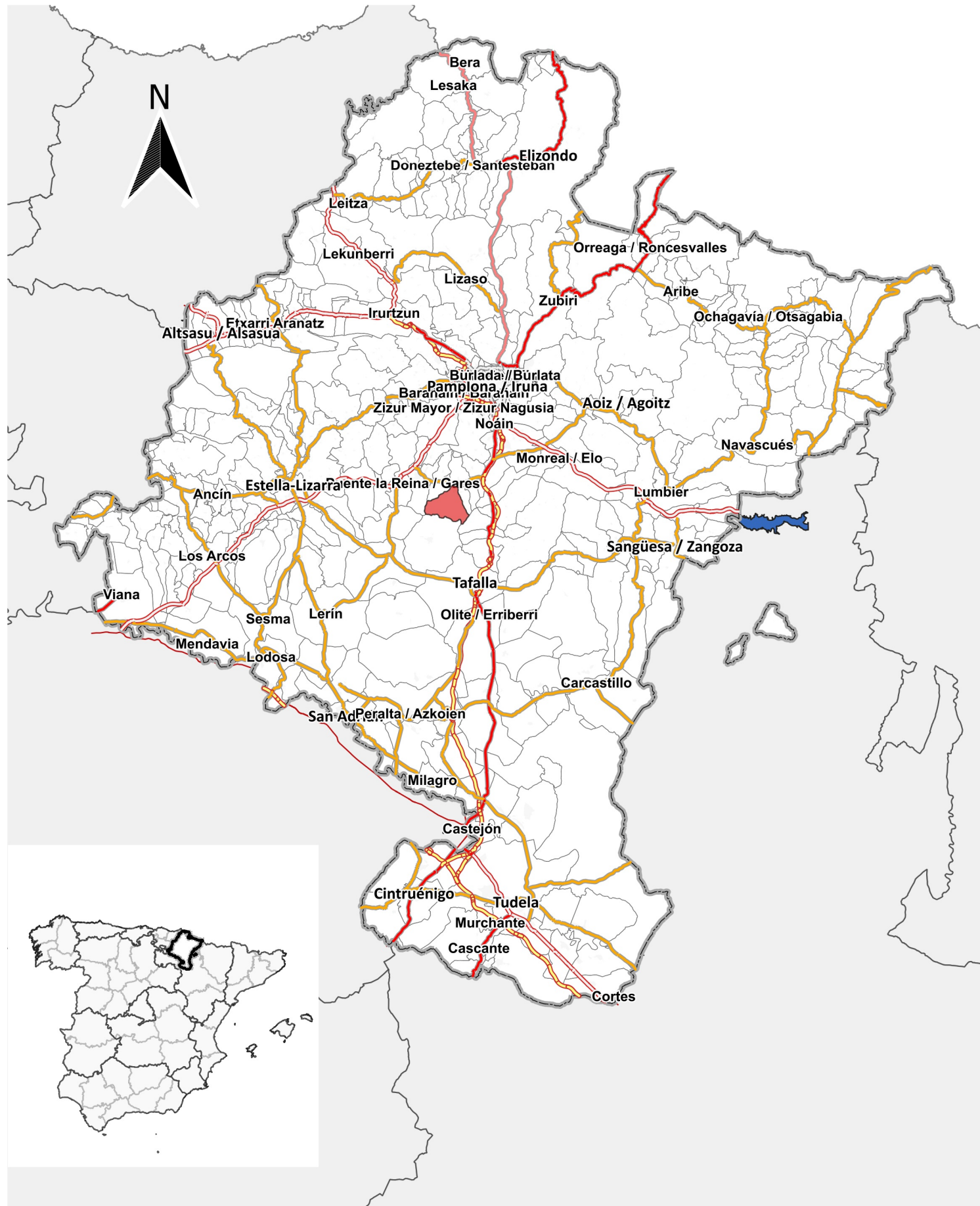
PLANO Nº 2: PLANO DE SITUACIÓN 1

PLANO Nº 3: PLANO DE SITUACIÓN 2

PLANO Nº 4: PLANO DE SECTORIZACIÓN

PLANO Nº 5: PLANO DE DETALLE DE LA PARCELA CON ASPERSORES 1

PLANO Nº 6: PLANO DE DETALLE DE LA PARCELA CON ASPERSORES 2



**LEYENDA**

- Municipio\_Añorbe
- Provincias
- Superficie Agua
- Lin\_Navarra
- FFCC
- Carreteras

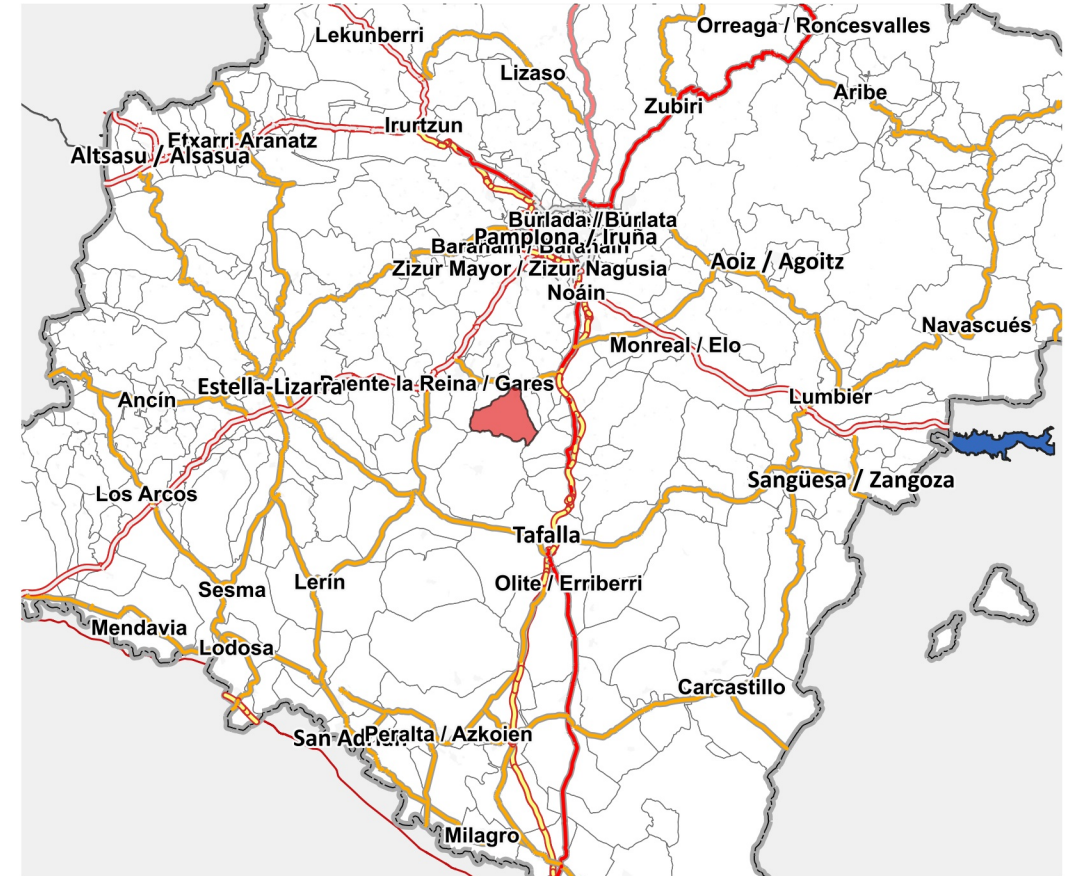
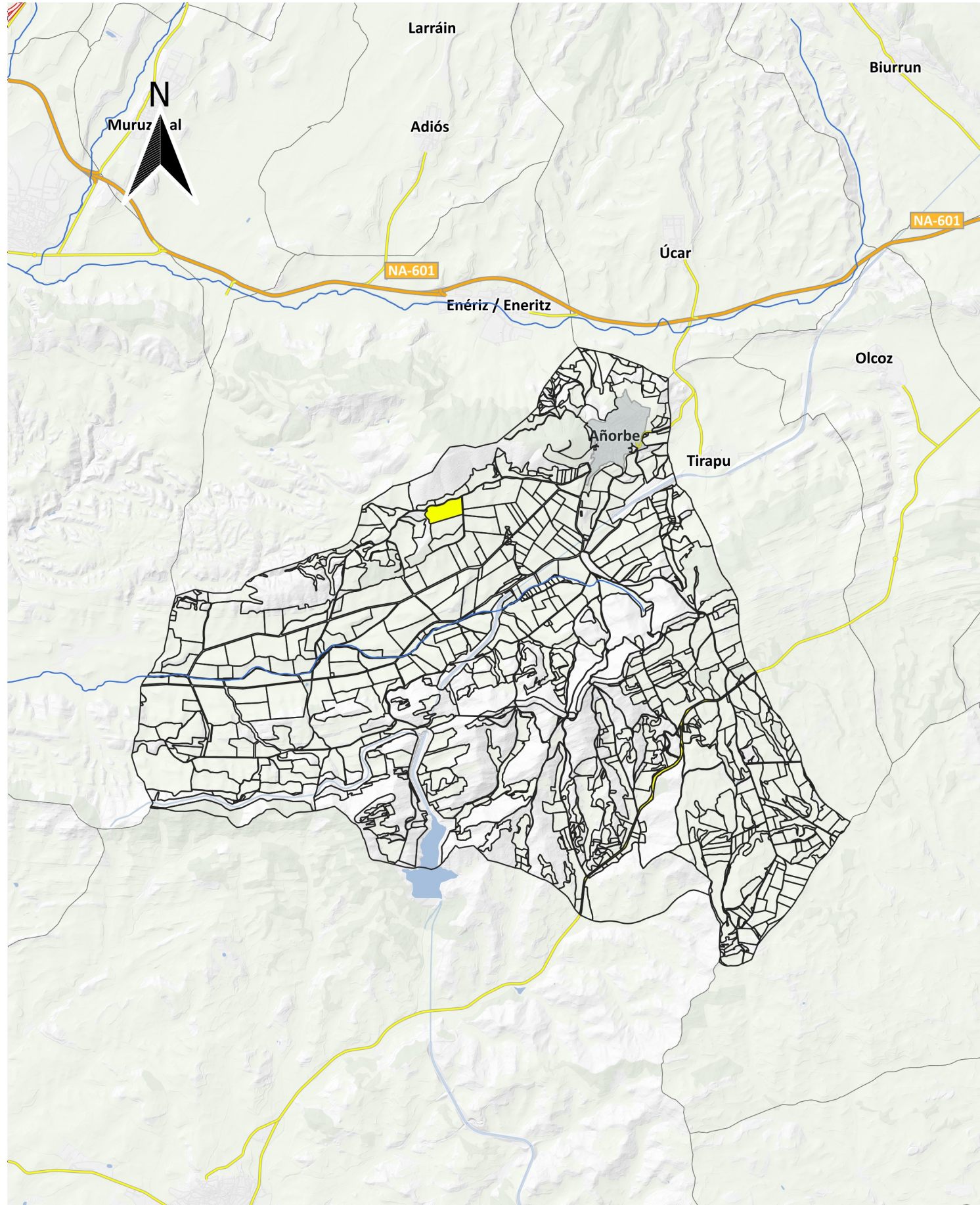
**upna**

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Curso 2023-2024  
Departamento de Ingeniería  
Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202401	REVISIÓN 5
AUTOR:  Fdo: Ruben Basterrechea  		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)  PLANO DE:  Localización	
REFERENCIA TÉCNICA  Ruben Basterrechea	APROBADO POR:  Ruben Basterrechea	EDITADO POR 1ª VEZ: 02/11/2023	ESCALA/S: 1/800000 1/20000000
		EDITADO: 10/01/2024	PLANO: 1





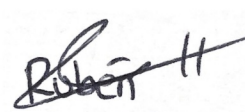
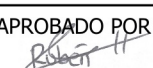
**LEYENDA**

- Municipio\_Añorbe
- Parcela
- Casco Urbano
- Superficie Agua
- FFCC
- Carreteras
- Rios

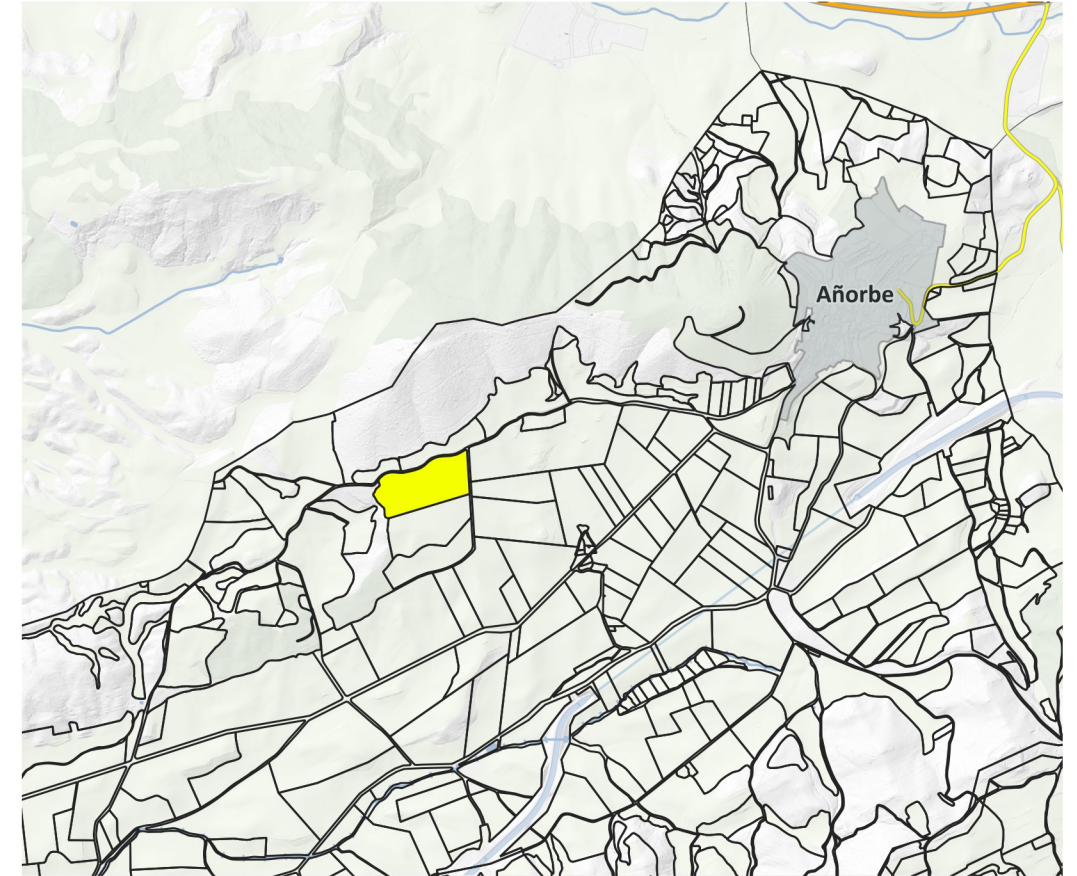
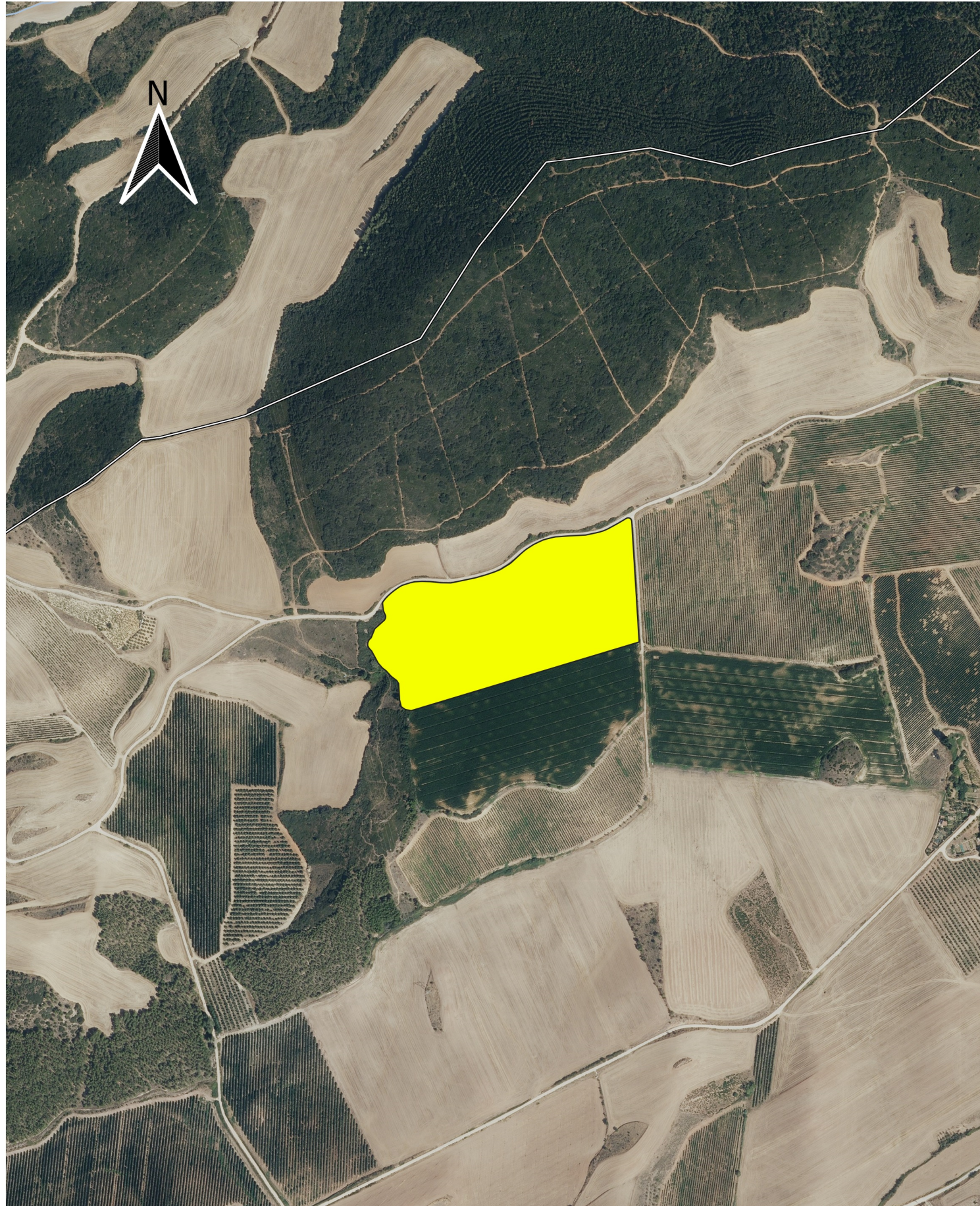
**upna**

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Curso 2023-2024  
Departamento de Ingeniería  
Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202402	REVISIÓN 5
AUTOR:  Fdo: Ruben Basterrechea  		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)	
		PLANO DE:  Situación 1	
REFERENCIA TÉCNICA Ruben Basterrechea	APROBADO POR:  Ruben Basterrechea	EDITADO POR 1ª VEZ: 02/11/2023	ESCALA/S: 1/50000 1/800000
		EDITADO: 10/01/2024	PLANO: 2





**LEYENDA**

- Parcela
- Casco Urbano

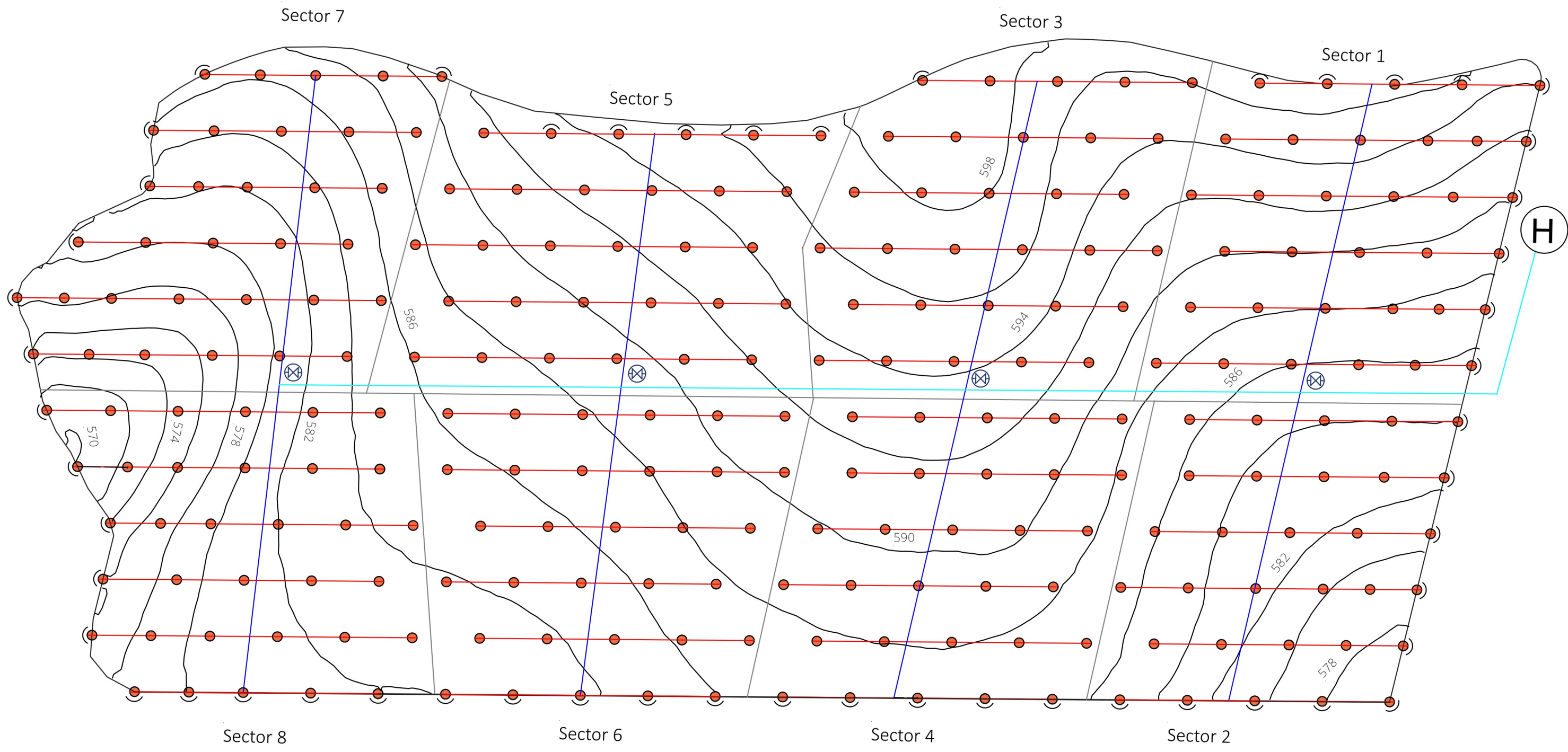
**upna**

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Curso 2023-2024  
Departamento de Ingeniería  
Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202403	REVISIÓN 5
AUTOR:  Fdo: Ruben Basterrechea  		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)  PLANO DE:  Situación 2	
REFERENCIA TÉCNICA  Ruben Basterrechea	APROBADO POR:  Ruben Basterrechea	EDITADO POR 1ª VEZ: 02/11/2023  EDITADO: 10/01/2024	ESCALA/S: 1/7000 1/30000  PLANO: 3





Tipo Aspersor	Caudal (l/s)	Número	Caudal total (l/s)
Total	0,558	199	11,042
Sectorial	0,317	53	16,8
		<b>TOTAL</b>	<b>128,22</b>

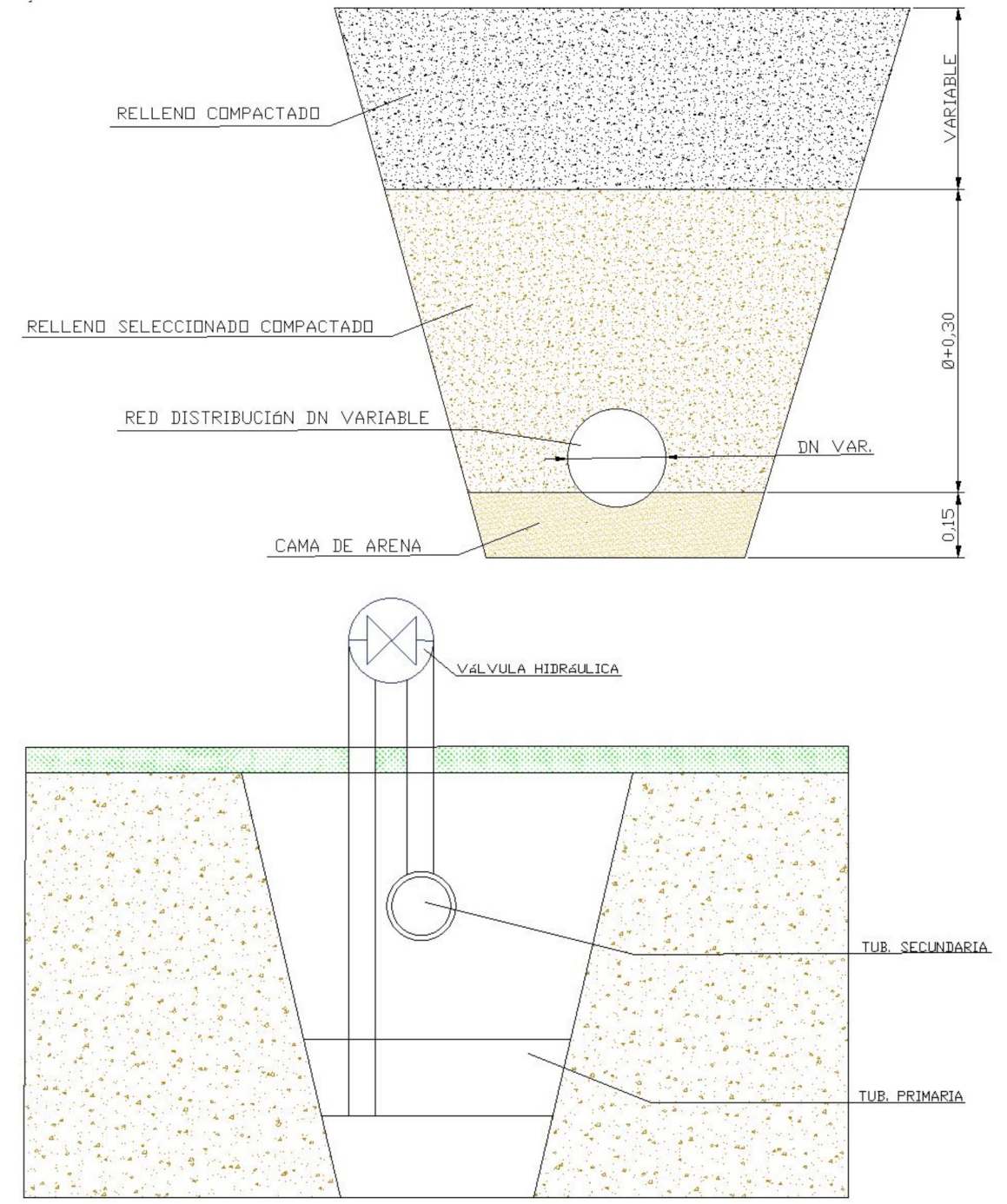
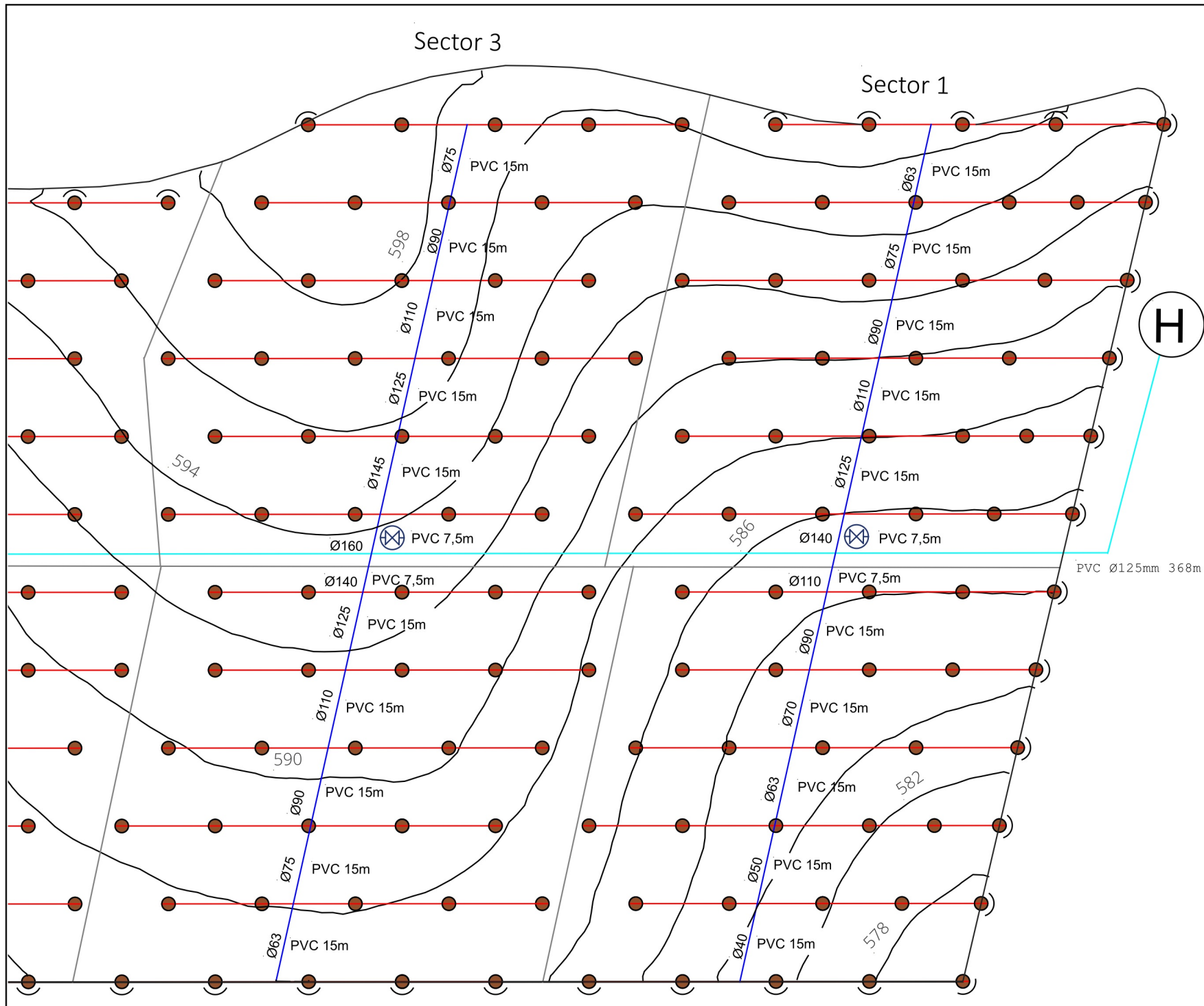
- LEYENDA**
- ASPERSOR SECTORIAL
  - ASPERSOR TOTAL
  - SECTORIZACIÓN
  - TUBERÍAS LATERALES PEAD Ø 32mm
  - TUBERÍA SECUNDARIA PVC
  - TUBERÍA PRIMARIA PVC Ø 125mm
  - HIDRANTE
  - VÁLVULA HIDRÁULICA

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Curso 2023-2024  
Departamento de Ingeniería  
Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202404	REVISIÓN 5
AUTOR:  Fdo: Ruben Basterrechea 		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)  PLANO DE: Sectorización	
REFERENCIA TÉCNICA  Ruben Basterrechea	APROBADO POR:  Ruben Basterrechea	EDITADO POR 1ª VEZ: 27/12/2023  EDITADO: 10/01/2024	ESCALA/S: 1/1070  PLANO: 4





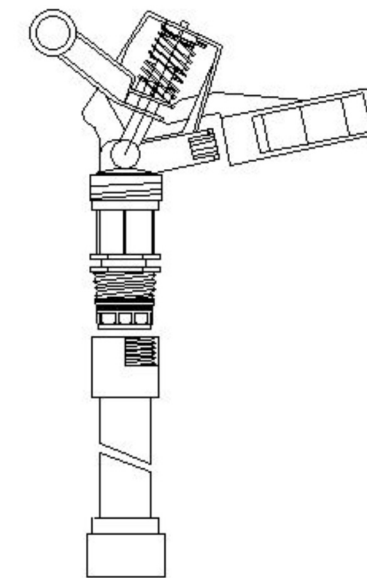
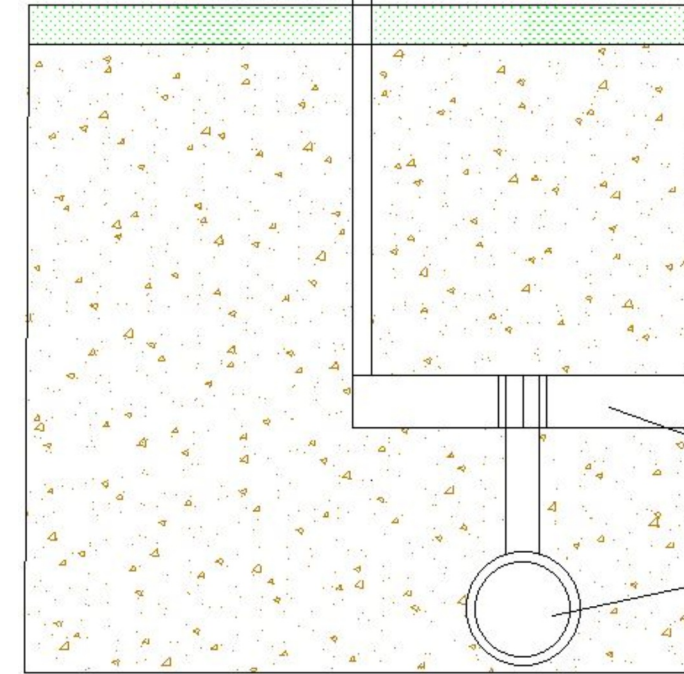
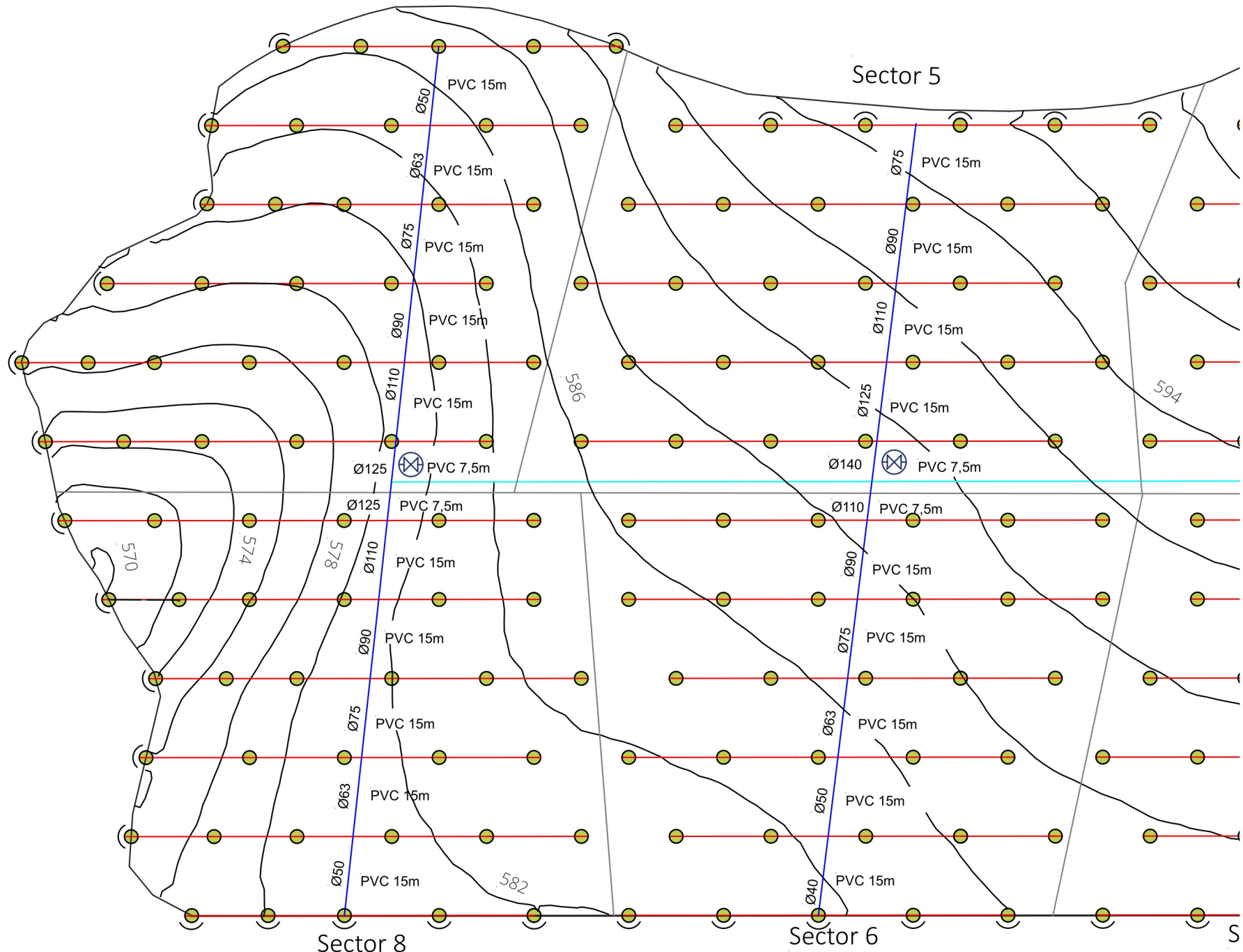
- LEYENDA**
- ASPERSOR SECTORIAL
  - ASPERSOR TOTAL
  - SECTORIZACIÓN
  - TUBERÍAS LATERALES PEAD Ø 32mm
  - TUBERÍA SECUNDARIA PVC
  - TUBERÍA PRIMARIA PVC Ø 125mm
  - HIDRANTE
  - VÁLVULA HIDRÁULICA

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		Curso 2023-2024 Departamento de Ingeniería Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural	
		DOCUMENTO BÁSICO PLANOS	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202405
AUTOR:		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)	
Fdo: Ruben Basterrechea 		PLANO DE: Detalle parcela con aspersores 1	
REFERENCIA TÉCNICA Ruben Basterrechea	APROBADO POR:  Ruben Basterrechea	EDITADO POR 1ª VEZ: 28/12/2023	ESCALA/S: VARIAS
		EDITADO: 10/01/2024	PLANO: 5



Sector 7

Sector 5



LEYENDA

- ASPERSOR SECTORIAL
- ASPERSOR TOTAL
- SECTORIZACIÓN
- TUBERÍAS LATERALES PEAD Ø 32mm
- TUBERÍA SECUNDARIA PVC
- TUBERÍA PRIMARIA PVC Ø 125mm
- HIDRANTE
- VÁLVULA HIDRÁULICA

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Curso 2023-2024  
Departamento de Ingeniería  
Grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

DOCUMENTO BÁSICO PLANOS		CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLANO: 202406	REVISIÓN 5
AUTOR:  Fdo: Ruben Basterrechea  		TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN EN LA PARCELA 204 DEL POLIGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE AÑORBE (NAVARRA)	
REFERENCIA TÉCNICA Ruben Basterrechea		EDITADO POR 1ª VEZ: 28/12/2023	ESCALA/S: VARIAS
APROBADO POR: Ruben Basterrechea		EDITADO: 10/01/2024	PLANO: 6
		PLANO DE: Detalle parcela con aspersores 2	







Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **DOCUMENTO Nº5: PLIEGO DE CONDICIONES**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



## **ÍNDICE DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES**

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I. CONDICIONES GENERALES	6
Artículo 1. Objeto del Pliego de Condiciones	6
Artículo 2. Contrato de obra	6
Artículo 3. Obras objeto del presente proyecto	7
Artículo 4. Obras accesorias no especificadas en el pliego	7
Artículo 5. Documentos de las obras	7
Artículo 6. Director de obra	7
CAPÍTULO II. CONDICIONES FACULTATIVAS	8
Artículo 7. Agentes que intervienen en la obra	8
Artículo 8. Obligaciones y derechos del contratista	8
Artículo 9. Obligaciones del director de obra	8
Artículo 10. Director de ejecución de la obra	9
Artículo 11. Libro de órdenes y Asistencias	9
Artículo 12. Inicio, orden, periodos y términos generales del desarrollo de los trabajos	9
Artículo 13. Seguimiento de los trabajos	10
Artículo 14. Controles de calidad y pruebas	10
Artículo 15. Desperfectos y modificaciones por causas de fuerza mayor	10
Artículo 16. Acta de recepción provisional	11
Artículo 17. Periodo de prueba	11
Artículo 18. Recepción definitiva	11
CAPÍTULO III. CONDICIONES LEGALES Y ADMINISTRATIVAS	11
Artículo 19. Contrato	11
Artículo 20. Legislación	12

Artículo 21. Jurisdicción	12
Artículo 22. Seguros	12
Artículo 23. Seguridad e Higiene en el trabajo	13
Artículo 24. Daños a terceros	13
Artículo 25. Impuestos	13
Artículo 26. Causas de la rescisión del contrato	13
CAPÍTULO IV. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	14
Artículo 27. Prescripciones sobre los materiales y ejecución de la obra	14
Artículo 27.1. Accesos y vallados	15
Artículo 27.2. Replanteo	15
Artículo 27.3. Acondicionamiento del terreno	16
Artículo 27.4. Cimentaciones	16
Artículo 27.5. Cubiertas y coberturas	16
Artículo 27.6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares	17
Artículo 27.7. Albañilería	17
Artículo 27.8. Red horizontal de saneamiento	18
Artículo 27.9. Red vertical de saneamiento	18
Artículo 27.10. Instalaciones de climatización	19
Artículo 27.11. Instalaciones eléctricas	19
Artículo 27.12. Instalaciones de fontanería	19
Artículo 27.13. Instalaciones de protección	20
Artículo 27.14. Otras obras e instalaciones	20
Artículo 27.15. Obras o instalaciones no especificadas	20
Artículo 27.16. Hormigones	20
Artículo 27.17. Acero en perfiles laminados	21

Artículo 27.20. - Tuberías	22
CAPÍTULO V. CONDICIONES ECONÓMICAS	23
Artículo 28. Garantías y Fianzas	24
Artículo 29. Penalizaciones	24
Artículo 30. Presupuestos	24
Artículo 31. Precios por unidad	25
Artículo 32. Revisiones de precios y Sobrecostes	25
Artículo 33. Tasación, Medición y Pago de trabajos	26
Artículo 34. Pago de Seguros	26



## **INTRODUCCIÓN**

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas tiene por objeto definir las obras correspondientes al proyecto de "Transformación de Secano a Regadío de la Parcela 204 del polígono Nº 2 del término municipal de Añorbe, Navarra", determinar la calidad de los materiales que se van a emplear, fijar las condiciones técnicas que se deben cumplir en la ejecución de las distintas unidades de obra que las componen, establecer los criterios de medición y las bases económicas por las que se va a regular su abono, así como aquellas otras condiciones de carácter general que han de regir durante la ejecución de las mismas y hasta su entrega a la Propiedad.

A continuación, de acuerdo con lo recogido en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación en el artículo 6.2. "En particular, y con relación al CTE, el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas de este CTE y demás normativa aplicable"

Para lo anterior, el mismo artículo menciona los contenidos mínimos que deberán incluirse para cumplir con la legislación, entre las que se encuentran:

- Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio.

Para todo ello, se elabora el siguiente pliego de condiciones en el que se recogen los contenidos suficientes para cumplir con la legislación vigente y se especifican los suficientes aspectos para que la realización de las obras pueda realizarse sin equivocaciones a lo largo de toda su ejecución.

## **CAPÍTULO I. CONDICIONES GENERALES**

### Artículo 1. Objeto del Pliego de Condiciones.

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre la promotora y el contratista.

### Artículo 2. Contrato de obra.



Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

### Artículo 3. Obras objeto del presente proyecto.

Las obras cuyas características, planos, mediciones y presupuestos sean detallados en las correspondientes partes del presente proyecto, se considerarán sujetas a las condiciones de este Pliego. A ellas se añadirán todas las obras necesarias para dar por finalizadas las instalaciones con arreglo a los planos y documentos adjuntos.

En el avance de la ejecución de los trabajos surgirán obras accesorias que, por su naturaleza, inicialmente no pueden ser previstas en todos sus detalles. Dichas obras se llevarán a cabo conforme se vaya conociendo su necesidad. Estarán sujetas a la redacción de proyectos adicionales o se ejecutarán bajo la dirección y propuesta del Ingeniero Director de Obra.

### Artículo 4. Obras accesorias no especificadas en el pliego.

Durante el desarrollo de los trabajos de acuerdo con las normas y prácticas de la buena construcción, el Adjudicatario estará obligado, previa orden del Ingeniero Director de Obra, a ejecutar cualquier obra o instalación que sea necesaria y para la cual no existan prescripciones consignadas explícitamente en el presente Pliego de Condiciones, ni en la restante documentación del proyecto.

En el caso de que los sistemas empleados no ofrezcan las suficientes garantías y, como consecuencia, las instalaciones u obras resulten defectuosas y tengan que ser total o parcialmente desmontadas o demolidas, el Ingeniero Director de Obra tendrá plenas atribuciones para penalizar su idoneidad de manera que el Adjudicatario no tendrá derecho a ningún tipo de reclamación.

### Artículo 5. Documentos de las obras.

Se distingue entre documentos contractuales o meramente informativos. Serán documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos, incluidos en el presente proyecto.

La Memoria y Anexos serán documentos de carácter meramente informativo.

### Artículo 6. Director de obra.

El director de obra será un Ingeniero Agrónomo Superior. Asumirá las funciones de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto, siguiendo las autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato.

La demora en la tramitación del proyecto por parte de los Organismos competentes no será responsabilidad del director de obra, quien dará la orden de comenzar la obra una vez conseguidos todos los permisos.

## **CAPÍTULO II. CONDICIONES FACULTATIVAS**

#### Artículo 7. Agentes que intervienen en la obra.

De conformidad con lo establecido en la ley toda persona, física o jurídica que intervenga en el proceso de desarrollo del proyecto, tendrá la consideración de agente en la edificación. Sus obligaciones, estarán definidas por lo dispuesto en la ley y disposiciones de aplicación, así como por el correspondiente contrato.

#### Artículo 8. Obligaciones y derechos del contratista.

Considerándose como tal a cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, promueva con recursos propios o ajenos la realización de la obra.

Incluyéndose entre sus obligaciones:

- Poseer la titularidad o el derecho que le permita realizar modificaciones en el terreno-
- Disponer de los documentos e información necesarios, previos a la realización de dicho proyecto, que le faculten para permitir al director de obra el desarrollo del mismo.
- Adquirir las licencias y autorizaciones administrativas, así como contratar los seguros legalmente exigidos para la realización del proyecto.

Derechos del contratista:

- Conocimiento íntegro del proyecto con antelación
- Disponer de los medios y materiales necesarios para la realización de la obra en los plazos y términos establecidos
- Tener acceso a soluciones viables para hacer frente a incidencias o problemas técnicos no previstos en el proyecto inicial.

#### Artículo 9. Obligaciones del director de obra.

- Poseer la titulación académica y profesional habilitante exigida por la ley, así como cumplir con las condiciones necesarias para el ejercicio de sus funciones.
- Asegurar el adecuado cumplimiento de las características geotécnicas del terreno.
- Atender a los posibles imprevistos que se den en la obra y documentar adecuadamente las directrices en el Libro de Órdenes.
- Llevar a cabo las modificaciones necesarias en el proyecto, cuando sean necesarias para el desarrollo de la obra.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

- Facilitar a la promotora la documentación correspondiente a la obra llevada a cabo junto con los visados que correspondan.
- Asumir las funciones de director de ejecución de la obra cuando ocupe ambos cargos.

#### Artículo 10. Director de ejecución de la obra.

- Poseer la titulación académica y profesional habilitante exigida por la ley, así como cumplir con las condiciones necesarias para el ejercicio de sus funciones.
- Asegurar la correcta entrega de los materiales de construcción, dirigiendo la realización de ensayos y pruebas.
- Dar las órdenes precisas durante el desarrollo de la obra, garantizando la correcta realización de acuerdo el proyecto y lo establecido por el director de obra.
- Registrar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Trabajar junto con el resto de agentes en la elaboración de la documentación de la obra, dando parte de los resultados del control realizado.

#### Artículo 11. Libro de órdenes y asistencias.

La obra dispondrá de un Libro de Órdenes y Asistencias, visado por el Colegio Profesional correspondiente, donde Director de Obra y Director de ejecución de la obra recogerán el total de las incidencias, modificaciones y órdenes realizadas en cada momento de la ejecución del proyecto.

#### Artículo 12. Inicio, orden, periodos y términos generales del desarrollo de los trabajos.

La fecha de inicio de la obra, se establecerá con carácter previo entre las partes y será a partir de dicha fecha cuando el contratista comenzará a llevar a cabo las actividades correspondientes. La realización total del proyecto deberá llevarse a cabo en el periodo de tiempo límite establecido, así como el contratista deberá también cumplir con los periodos intermedios que se le hayan indicado para la finalización de determinadas fases de la obra.

El director de la obra será quien deba redactar el acta de comienzo de la obra el día en que se inicien los trabajos por parte del director de ejecución, la promotora y el contratista. Este último, además deberá dar a conocer a la Dirección Facultativa el inicio de su actividad, preferiblemente por escrito y con una antelación mínima de tres días, para así poder emitir el acta de comienzo de obra correctamente.

Dicha acta, hace necesario que se compruebe por parte del director de obra, de la existencia en copia escrita de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo con su consiguiente aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud.
- Licencia de Obra aprobada por la administración competente.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista
- Libro de órdenes y asistencias
- Libro de incidencias
- Fecha de acta de inicio de la obra.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias requeridas por las administraciones implicadas.

#### Artículo 13. Seguimiento de los trabajos.

A lo largo de toda la fase de realización de la obra, desde el inicio hasta su finalización, se dará seguimiento al conjunto de trabajos realizados, mediante la información recopilada por el Director de Obra y el Director de ejecución de la obra. Sirviendo este seguimiento para el control y la verificación del real cumplimiento de lo establecido en el proyecto inicial, así como quedando constancia de todas aquellas modificaciones que se hayan tenido que realizar a lo largo del desarrollo del proyecto.

#### Artículo 14. Controles de calidad y pruebas.

Los controles de calidad estarán presentes a lo largo de todo el proceso de ejecución del proyecto, teniendo en cuenta medidas como la calidad de los productos, equipos y sistemas, la calidad de la ejecución de la obra y la calidad de la obra una vez ésta haya finalizado.

Los gastos ocasionados por la realización de prueba y ensayo en los productos de construcción o en la propia obra, correrán a cargo del contratista. Así como este, también se hará responsable de aquellas pruebas que no den un resultado satisfactorio, no den las suficientes garantías o no se realicen por omisión del contratista y de las obras complementarias que estos tres escenarios puedan provocar.

La documentación relativa a los controles de calidad de la obra, será recabada y depositada por el director de la obra, así como por el director de ejecución de la obra, y depositada por este último en el Colegio Profesional correspondiente, que asegurará su tutela y emisión a quienes estén legitimados.

#### Artículo 15. Desperfectos y modificaciones por causas de fuerza mayor.

Al margen de las posibles responsabilidades contractuales, las personas físicas o jurídicas relacionadas con el proceso de edificación responderán frente a los propietarios, de los daños materiales ocasionados dentro de los plazos legalmente indicados.

El constructor hará frente a los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a la terminación o acabado de la obra dentro de los plazos legalmente establecidos.

Incluso en aquellas situaciones en las que no haya podido determinarse el grado de culpa de cada uno de los agentes en cuyo caso responderán solidariamente.

Asimismo, el constructor responderá también de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que tengan como causa la falta de capacidad profesional, técnica o el incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Respondiendo solidariamente al constructor cuando por las malas condiciones de los productos adquiridos o aceptados por él, causen daños a la obra.

Antes posibles modificaciones, se faculta al director de ejecución de la obra para introducir aquellos cambios que considere correspondientes sin alterar los principios que deben guiar el proyecto. Además, el director de obra y el director de ejecución de la obra serán responsables de la veracidad y exactitud del certificado final de obra que emitan.

#### Artículo 16. Acta de recepción provisional.

El director de ejecución de la obra, comunicará en el plazo de 30 días anteriores a dar por finalizada la misma la terminación de esta, con la intención de que una vez terminada la obra, la Dirección Facultativa pueda realizar la correspondiente inspección a fin de identificar posibles defectos que requieran de arreglo y el periodo de tiempo para ello. El contratista deberá subsanar dichos fallos en el periodo de tiempo fijado –de no hacerlo podrá declararse por terminado el contrato con la correspondiente pérdida de fianza- y se dará por finalizada la obra iniciándose el periodo de prueba de la misma.

#### Artículo 17. Periodo de prueba.

Una vez finalizada la obra, se establecerá un periodo de prueba al que él tiene derecho el propietario, para asegurarse del adecuado funcionamiento de las otras realizadas. Dicho periodo se extenderá hasta 2 años de la fecha oficial de finalización de la obra.

#### Artículo 18. Recepción definitiva.

Transcurrido ese periodo de prueba, se llevará a cabo una nueva inspección de todas las instalaciones. Atendiendo a las reparaciones que ha podido sufrir por la aparición de desperfectos o cualquier otro imprevisto. Posteriormente, se procede a la firma de la recepción definitiva.

### **CAPÍTULO III. CONDICIONES LEGALES Y ADMINISTRATIVAS**

#### Artículo 19. Contrato.

La obra se va a realizar mediante la firma de un contrato por unidades de obra, dado la conveniencia que supone el precio invariable, no teniendo el contratista derecho a percibir un mayor precio con posterioridad a la firma del contrato, ya que con posterioridad se fija un presupuesto único

cerrado. Siendo el director de obra quien dispensará la documentación relativa al proyecto necesaria para la realización del contrato de obra.

#### Artículo 20. Legislación.

- El Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo
- Modificaciones del DBHE, del DBHS y del DBSUA.
- Decreto 923/1965, de 8 de abril, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley de Contratos del Estado.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

#### Artículo 21. Jurisdicción.

El contrato firmado para la realización del proyecto al que se refiere el siguiente pliego, ostenta naturaleza privada y por ello sigue se rige por las normas del derecho privado. Sin perjuicio de otras normas o procedimientos de contratación que le sean de aplicación.

En lo referido a efectos, cumplimiento y extinción, el contrato referido se regirá por las normas del derecho privado, así como por lo establecido en este pliego.

El contratista, será responsable de la realización de las obras que dan lugar al proyecto en las condiciones establecidas por el contrato, así como a cumplir con lo establecido en la Ley de contratos de Trabajo y en las disposiciones relativas a Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

El contratista, se responsabilizará de toda falta relativa a la política Urbana y las Ordenanzas Municipales a estos aspectos vigentes en la localidad en la que se desarrollará dicha obra.

Todo lo relativo a disputas, cuestiones o desavenencias surgidas entre las partes durante o después de los trabajos prestados por el contratista, será llevado a juicio con igual número de representantes de ambas partes y encabezado por el Ingeniero Director de Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad con expresa renuncia del fuero domiciliario.

#### Artículo 22. Seguros.

A lo largo de todo el periodo de tiempo que dure la ejecución de la obra, hasta una vez transcurrido el plazo establecido para la garantía de la obra, el contratista está obligado a asegurar la obra contratada mediante una póliza de seguros frente a terceros a todo riesgo, bajo las condiciones que legalmente se establezcan. Para ello, la póliza deberá ser aceptada y ratificada por la promotora, permaneciendo vigente hasta que se firme el Acta de Recepción Provisional de la Obra.

#### Artículo 23. Seguridad e Higiene en el trabajo.

Se deberá cumplir en todo momento y desde el inicio de la obra, con lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, donde se establecen las garantías y responsabilidades en lo referido a la protección de la salud de los trabajadores y más específicamente a Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, de disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Cada contratista deberá realizar un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se tendrán en cuenta las previsiones contenidas en el estudio en función de su propio sistema de ejecución de la obra. Incluyendo, valoración económica de las mismas y aplicando los principios de la acción preventiva recogidos en el art. Artículo 15 de la LPRL.

El plan de seguridad y salud tendrá que ser aprobado previamente por el coordinador en materia de seguridad y salud durante el desarrollo de la obra, pudiendo ser modificado por el contratista a la luz de la evolución de los trabajos, incidencias o modificaciones que puedan surgir. Debiendo siempre, estar a disposición de la dirección facultativa.

Además, el contratista será el responsable de cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud, así como informar y dar las instrucciones adecuadas a los trabajadores sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que a seguridad y salud se refiere.

El contratista responderá solidariamente de las consecuencias que se deriven por el incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

#### Artículo 24. Daños a terceros.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevengan tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

#### Artículo 25. Impuestos.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

#### Artículo 26. Causas de la rescisión del contrato.

Serán causas legítimas para la rescisión del contrato:

- Fallecimiento o incapacidad del contratista
- Quiebra del contratista
- Las alteraciones del contrato por una de las siguientes causas:

a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.

b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.

- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.

- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.

- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.

- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.

- El abandono de la obra sin causas justificadas.

- La mala fe en la ejecución de la obra.

#### **CAPÍTULO IV. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

##### Artículo 27. Prescripciones sobre los materiales y ejecución de la obra.

Con el fin de facilitar la labor del director de ejecución de obra, el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que suministren a la obra se realizará de acuerdo con los especificado en el Real Decreto 314/2006. Código Técnico de Edificación (CTE).

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el presente Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas publicadas sobre ellos y tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.

- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.

- El control mediante ensayos.



Por otro lado, las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados.

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de la obra.
- La unidad de la obra: se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades tanto físicas como químicas entre los diversos componentes que componen la unidad de la obra, o entre el soporte y los componentes.
- Características técnicas: se describe la unidad de la obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.
- Normativa de aplicación: se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.
- Criterio de medición del proyecto: indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en la obra.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra.
- Proceso de ejecución: se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.
- Condiciones de terminación: hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.
- Pruebas de servicio: hace referencia a las pruebas a realizar por el contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.
- Conservación y mantenimiento: establece las condiciones en que deben protegerse algunas unidades de obra para la correcta conservación y mantenimiento en obra hasta su recepción final.

#### Artículo 27.1. Accesos y vallados.

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento y el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

#### Artículo 27.2. Replanteo.

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se consideran a cargo del contratista, debiendo someterse a la aprobación del director de ejecución de obra. Una vez haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de

replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia u omisión de este trámite.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes del Director de la Obra, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante.

El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

#### Artículo 27.3. Acondicionamiento del terreno.

Hace referencia al conjunto de actuaciones que deben realizarse en el terreno para completar la ejecución de la obra. En el caso del presente proyecto, se incluirían la excavación de tierras a cielo abierto para la formación de zanjas y pozos realizada con medios mecánicos y/o manuales hasta alcanzar la profundidad indicada en el Proyecto, y los desmontes y terraplenes necesarios para permitir dicha actuación, junto con la posterior retirada de los materiales sobrantes excavados.

Serán de aplicación al proyecto de obra las siguientes legislaciones relativas a los ámbitos de aplicación, criterios de diseño, condiciones generales de ejecución, condiciones de seguridad en el trabajo, materiales, controles de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.

- CTE. DB-SE "Seguridad estructural".
- CTE. DB-HS "Salubridad".
- NTE-ADE: "Explicaciones".
- NTE-ADZ: "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos".

#### Artículo 27.4. Cimentaciones.

El Director de Obra será el encargado de determinar las secciones y cotas de profundidad necesarias para llevar a cabo la cimentación de las diversas instalaciones, con independencia de lo expuesto en el presente Proyecto ya que únicamente presenta carácter informativo.

Las modificaciones o cimentaciones de régimen especial serán a cargo del Director de Obra, siendo realizadas cuando lo considere oportuno conforme se encuentre la situación del terreno en el que se llevan a cabo las obras.

Serán de aplicación al proyecto de obra las siguientes legislaciones relativas a materiales, características técnicas, condiciones de ejecución y seguridad, conservación y mantenimiento.

- CTE. DB-SE-C "Seguridad estructural: Cimientos".
- NTE-CSZ: "Cimentaciones superficiales: Zapatas".
- NTE-CSL: "Cimentaciones superficiales: Losas".

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

#### Artículo 27.5. Cubiertas y coberturas.

Hace referencia a la cobertura de las instalaciones mediante diversos materiales como son tejas curvas, mixtas o planas, piezas de pizarra, placas y perfiles de zinc, fibrocemento, materiales sintéticos, galvanizados o aleaciones ligeras.

Asimismo, los materiales, características funcionales y de calidad, condiciones de ejecución y seguridad, criterios de valoración y conservación vienen dictaminados en las siguientes legislaciones.

- CTE. DB-HS "Salubridad".
- NTE-QTF: "Cubiertas. Tejados de fibrocemento".
- NTE-QTG: "Cubiertas. Tejados galvanizados".
- NTE-QTL: "Cubiertas. Tejados de aleaciones ligeras".
- NTE-QTP: "Cubiertas. Tejados de pizarra".
- NTE-QTS: "Cubiertas tejados sintéticos".
- NTE-QTT: "Cubiertas. Tejados de tejas".
- NTE-QTZ: "Cubiertas. Tejados de zinc".

#### Artículo 27.6. Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares.

El presente artículo hace referencia al suministro, ejecución, montaje y colocación de puertas, ventanas y demás componentes empleados en acceso a interiores, separaciones, distribución de espacios, et.

Asimismo, vendrán incluidos en este artículo los materiales empleados para el aislamiento térmico de las instalaciones recogidas en la norma CTE. DB-HE de ahorro de energía, en el que se determinan las características técnicas exigidas en este ámbito.

Las características técnicas, criterios de medición, condiciones de calidad, proceso de ejecución y criterios de conservación y mantenimiento vienen recogidos en las siguientes legislaciones.

- CTE. DB-SH "Salubridad".
- CTE. DB-HE "Ahorro de energía".
- NTE-FCL: "Fachadas: Carpintería de aleaciones ligeras".
- NTE-PPA: "Puertas de acero".

- NTE-PPM: "Puertas de madera".
- NTE-PPV: "Puertas de vidrio".

#### Artículo 27.7. Albañilería.

Hace referencia a la fabricación de bloques de hormigón, ladrillo o piedra, tabiques de ladrillo o prefabricados y revestimientos de paramentos, suelos, escaleras y techos.

Serán de aplicación al proyecto las siguientes legislaciones relativas a las características técnicas, criterios de medición, condiciones previas que se han de cumplir, proceso de ejecución, conservación y mantenimiento.

- CTE. SE-F "Fábrica".
- NTE-FFB: "Fachadas de bloque".
- NTE-FFL: "Fachadas de ladrillo".
- NTE-EFB: "Estructuras de fábrica de bloque".
- NTE-EFL: "Estructuras de fábrica de ladrillo".
- NTE-EFP: "Estructuras de fábrica de piedra".
- NTE-RPA: "Revestimiento de paramentos. Alicatados".
- NTE-RPE: "Revestimiento de paramentos. Enfoscado".
- NTE-RPG: "Revestimiento de paramentos. Guarnecidos y enlucidos".
- NTE-RPP: "Revestimiento de paramentos. Pinturas".
- NTE-RPR: "Revestimiento de paramentos. Revocos".
- NTE-RSC: "Revestimiento de suelos continuos".
- NTE-RSF: "Revestimiento de suelos flexibles".
- NTE-RSS: "Revestimiento de suelos y escaleras. Soleras".
- NTE-RST: "Revestimiento de suelos y escaleras. Terrazas".
- NTE-RSP: "Revestimiento de suelos y escaleras. Placas".
- NTE-RTC: "Revestimiento de techos continuos".
- NTE-PTL: "Tabiques de ladrillo".
- NTE-PTP: "Tabiques prefabricados".

#### Artículo 27.8. Red horizontal de saneamiento.

Hace referencia en el presente artículo a los sistemas de captación y conducción de aguas del subsuelo para la protección contra la humedad de edificios, viales, obras de contención de tierras, depósitos, etc.

Los materiales y equipos de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas en la NTE-ASD "Saneamientos, Drenajes y Arenamientos", así como las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control industrial o, en su defecto, las normas UNE establecidas para ello.

Asimismo, deberán seguir los criterios de diseño, control de ejecución, pruebas de servicio, criterios de medición, valoración y mantenimiento pertinentes, recogidos en la norma mencionada.

#### Artículo 27.9. Red vertical de saneamiento.

Hace referencia en el presente artículo a la red de evacuación de aguas pluviales y residuos desde los puntos donde se recogen hasta la acometida de la red de alcantarillado, fosa séptica, pozo de filtración o equipo de depuración, así como a estos medios de evacuación.

Los ámbitos de aplicación, criterios de diseño, elección del sistema, control de ejecución y pruebas, y criterios de valoración y mantenimiento se adoptan en las siguientes legislaciones.

- CTE DB-HS "Salubridad".
- NTE-ISS: "Instalaciones de salubridad y saneamiento".
- NTE-ISD: "Depuración y vertido".
- NTE-ISA: "Alcantarillado".

#### Artículo 27.10. Instalaciones de climatización.

Pese a no estar contempladas en el Proyecto, se incluye este artículo por si la promotora considerase conveniente su inclusión a lo largo del desarrollo de la obra. Hace referencia a las instalaciones de ventilación, refrigeración y calefacción.

Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, ejecución, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las siguientes normas.

- Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas e Instrucciones MIIF complementarias.
- Reglamentos vigentes sobre recipientes a presión y aparatos a presión.
- NTE-ICI: "Instalaciones de climatización industrial".
- NTE-ICT: "Instalaciones de climatización-torres de refrigeración".

- NTE-ID: "Instalaciones de depósitos".
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (R.D. 1618/198 de 4 de julio).
- NTE-ISV: "Ventilación".

#### Artículo 27.11. Instalaciones eléctricas.

Hace referencia a los materiales necesarios para llevar a cabo las instalaciones eléctricas necesarias para la realización del Proyecto.

Las características técnicas de los materiales, así como los criterios de montaje, explotación y mantenimiento de la instalación vienen recogidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las Normas MIBT complementarias.

Las siguientes normas regulan las actuaciones de diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento de las instalaciones.

- NTE-IEB: "Instalación eléctrica de baja tensión".
- NTE-IEE: "Alumbrado exterior".
- NTE-IEI: "Alumbrado interior".
- NTE-IEP: "Puesta a tierra".
- NTE-IER: "Instalaciones de electricidad. Red exterior".

#### Artículo 27.12. Instalaciones de fontanería.

Hace referencia en el presente artículo a las instalaciones para el suministro y distribución de agua desde la toma de un depósito o conducción hasta las acometidas o aparatos de consumo.

Las diferentes características técnicas como caudal, presión, continuidad y potabilidad del agua suministrada, junto con los materiales y equipos industriales, controles de seguridad, mediciones y valoraciones vienen regulados en las siguientes legislaciones.

- CTE DB-HS "Salubridad"
- NTE-IFA: "Instalaciones de fontanería".
- NTE-IFC: "Instalaciones de fontanería. Agua caliente".
- NTE-IFF: "Instalaciones de fontanería. Agua fría".

#### Artículo 27.13. Instalaciones de protección.

Hace referencia a las condiciones de ejecución, condiciones de seguridad en el trabajo, criterios de medición, valoración y conservación relativas a las instalaciones de protección contra el fuego.

La legislación de referencia es el Documento Básico “Seguridad en caso de Incendio” del Código Técnico de la Edificación, en el que se establecen las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

Por otro lado, se tienen en cuenta las normas relativas a la protección contra el fuego y pararrayos, así como de seguridad de utilización.

- CTE DB-SUA “Seguridad en caso de Incendio”.
- NTE-IPF: “Protección contra el fuego”.
- NTE-IPP: “Pararrayos”.

#### Artículo 27.14. Otras obras e instalaciones.

Hace referencia a las unidades de obra no consideradas en los artículos anteriores como pinturas, señalizaciones o cualquier otra partida de presupuesto, no complementada anteriormente.

#### Artículo 27.15. Obras o instalaciones no especificadas.

Hace referencia a los trabajos a ejecutar en el caso de que fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no definida en el presente Pliego de Condiciones. El contratista quedará obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del Director de Obra quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El Contratista no tendrá derecho a reclamación ninguna.

#### Artículo 27.16. Hormigones.

Hace referencia a las condiciones relativas de los materiales empleados para la ejecución de las obras de hormigón en masa, armado, pretensado fabricado en obra o prefabricado, así como los criterios de calidad, condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento que deben seguir.

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), la cual es aplicable a estructura y elementos de hormigón estructural, incluyendo en esta definición el hormigón en masa, armado o pretensado.

Asimismo, se adopta a lo establecido en las siguientes normas:

- NTE-EH; “Estructuras de hormigón”.
- NTE-EME: “Estructuras de madera: Encofrados”.

#### Artículo 27.17. Acero en perfiles laminados.

Este artículo hace referencia a las condiciones relativas de los materiales y equipos industriales empleados en la fabricación de aceros laminados utilizados en las estructuras de edificación, tanto en los elementos estructurales como en los elementos de unión.

Los criterios de calidad, condiciones de ejecución, seguridad en el trabajo, valoración y mantenimiento se adoptan de lo establecido en el Documento Básico “Seguridad Estructural: Acero” del Código Técnico de Edificación.

#### Artículo 27.20. - Tuberías.

A continuación, se recoge la normativa vigente acerca de la implantación de la red de tuberías que se emplean en la instalación del riego por aspersión:

- Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de aguas.

Dirección General de Obras Hidráulicas

- Norma UNE 127.010. “Tuberías de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero, para conducciones sin presión”.
- Norma UNE 127.011. “Pozos prefabricados de hormigón en masa para conducciones sin presión”.
- Norma UNE-en 681-1. “Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanqueidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y en drenaje. Parte 1: caucho vulcanizado”.
- Otras Normas UNE-EN (476, 752-3, 1295-1).
- Norma ASTM c-76m. “Standard specification for reinforced concrete culvert, storm drain, and sewer pipe”.
- Norma ASTM C-443m. “Standard specification for joints for circular concrete sewer and culvert pipe, using rubber gaskets”.
- Otras Normas ASTM (c 497m, c655m, c361m, c 923m, c 478m).
- Norma UNE-EN 639:1.995: “Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón, incluyendo juntas y accesorios”.
- Norma DIN – 16869. “Tubos de resina de poliéster no saturada reforzados con fibra de vidrio llenos y vaciados centrifugamente.”
- Norma AWWA C950 – 88. “Design requirements and criteria for fiberglass pressure pipe for water service”.
- Norma UNE-EN 1796:2006. Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio. Suministro.



- UNE EN 14364. Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Plásticos termoendurecibles reforzados con vidrio (PRFV) a base de resina de poliéster insaturado (UP). Especificaciones para tuberías, accesorios y uniones.
- UNE-EN-545 - "Tubos, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para las canalizaciones de agua".
- Norma DIN 2605.n-5d, DIN 2605.n-3d y DIN 2448.
- Norma AWWA c208-83. "Dimensions for fabricated steel water pipe fitting".
- Norma CEN TC165/WG10 N21E. "Directriz para análisis estático de las canalizaciones de aguas residuales y de conducciones tubulares"
- Norma UNE – 53331 in. "Criterio para comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con o sin presión sometidos a cargas externas. Tuberías de PVC y PE de alta y media densidad."
- Norma UNE-EN 1295-1. "Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. Parte 1: Requisitos generales".
- Norma AWWA C950 – 88. "Design requirements and criteria for fiberglass pressure pipe for water service".

## **CAPÍTULO V. CONDICIONES ECONÓMICAS**

A continuación, se documentan las condiciones económicas por las que previo acuerdo entre las partes se va a regir el proceso de obra. Determinándose también el trato que se va hacer de los recursos económicos, su utilización, medición y control del gasto que llevará a cabo la Dirección Ejecutiva.

Toda la información necesaria para que la Dirección Ejecutiva esté capacitada para llevar a cabo las funciones que en el párrafo anterior se le asignan estará recogida en el contrato de obra firmado previamente por las partes. Incluyendo, en cuanto información económica al menos los siguientes puntos:

- Presupuesto aportado por el contratista
- Previsiones de gasto
- Plazos para la realización de pagos
- Método de pago
- Garantías, fianzas y sus condiciones

- Modo de revisión de precios

#### Artículo 28. Garantías y Fianzas.

Serán exigidos al contratista una serie de conceptos en calidad de garantías o fianzas, entre las que se incluyen, documentos bancarios o referencias de otras obras anteriores para poder garantizar la veracidad de todos los datos aportados por éste, debiendo ser aportados por el contratista con anterioridad a la firma de cualquier documento que suponga un compromiso entre las partes como es el contrato u cualquier otro de misma índole.

Se exigirá también una cantidad económica en concepto de fianza al contratista, la cual ascenderá a un porcentaje del presupuesto total de la obra, que será acordado entre las partes previamente y que será retenido en caso de demora en la entrega de la obra final, modificaciones y reparaciones que hayan tenido su origen en errores del contratista o para cubrir los costes en caso de cese del contrato antes de la finalización de la obra por cualquiera de los motivos señalados como causa de rescisión del contrato anteriormente.

Cuando se dé por finalizada la obra y entregada por completo al receptor, firmada la correspondiente Acta de Entrega de Obra, el depósito de la fianza se liberará y devolverá en todo o solo en parte en caso de las circunstancias antes mencionadas, al contratista.

#### Artículo 29. Penalizaciones.

El contratista estará sujeto a soportar una serie de penalizaciones en caso de que incumpla con los términos y condiciones que le hayan sido fijadas en el contrato de obra para la realización de la misma, estas penalizaciones pueden ir desde retenciones en la fianza, hasta pago de indemnizaciones en caso de errores de mayor gravedad. Las penalizaciones se dividirán en las siguiente:

- Por retraso en los plazos de realización de las obras: cada día de retraso por causas distintas a aquellas de fuerza mayor serán penalizados con un importe por día en función de la gravedad con la que se catalogue el retraso y la causa del mismo.
- Por incumplir los términos del contrato, bien por incumplimiento de responsabilidades u obligaciones del contratista, por la mala calidad o realización de los trabajos o por omisión de alguno de los requisitos legales o administrativos, así como laborales y de los fijados en el propio contrato y los demás pliegos.

#### Artículo 30. Presupuestos.

El contratista, una vez conocidos los términos y dimensiones de la obra, elaborará un presupuesto que se ajuste a las exigencias del proyecto. Dicho presupuesto, una vez aceptado por ambas partes, se incluirá en el contrato de obra, de modo que, una vez firmado este, el contratista no podrá exigir el aumento de los precios inicialmente recogidos dada la naturaleza del contrato de obra fijado.

Los errores en los que haya podido incurrir a la hora de determinar el presupuesto de la obra, podrán ser corregidos con posterioridad a la firma del contrato, en cualquier momento que resulte necesario por causa de fuerza mayor, fijándose una partida extraordinaria en los presupuestos, donde quedará constancia de los cambios y las cantidades monetarias en las que se va a ver incrementado el presupuesto.

#### Artículo 31. Precios por unidad.

En este artículo, se fijarán los precios unitarios de las distintas partidas de materiales, trabajo, etc. que van a intervenir en la obra y que van a seguir de guía para comprender el coste al que asciende la obra y para entender cómo se han fijado los presupuestos. Diferenciando:

- Costes directos: de aquellas cantidades mensurables como mano de obra, herramientas, materiales, etc. que se multiplicaran por el coste de estos elementos.
- Costes de materiales no mensurables: elementos que, aun teniendo un coste, es difícil de determinar dado que no se trata de unidades cuantificables, sino que se deben calcular como porcentajes.
- Costes indirectos: serán aquellos que vengan generados por el cálculo de un porcentaje de la suma de los dos costes anteriores, siendo el mismo el coste a aplicar a cada unidad y entre los que se encuentran comunicación, limpieza y retirada de desechos, etc.

#### Artículo 32. Revisiones de precios y sobrecostes.

Las revisiones de precios en caso de ser necesarias, se realizarán atendiendo a la fórmula establecida para ello en la ley de Contratos del Estado, para ello, se deberán tener como referencia los precios inicialmente fijados y los precios que en el momento de la revisión constan.

En caso de que, tras la revisión de precios, si estos dan como resultado un incremento de los mismos, será necesario que, a través del director de obra, la promotora de la misma dé su aprobación y decida incrementar los mismos. Así como será necesaria también su aprobación para el incremento del número de las unidades de cualquiera de los elementos presentes en la obra.

El cambio de precios, deberá ser comunicado al contratista de la obra por el director de obra, con la antelación fijada en el contrato, quien deberá estar de acuerdo del mismo modo que la promotora para que se pueda incluir en los presupuestos una nueva partida con los sobrecostes que se hayan podido generar.

En cuanto al aumento de precios incentivado por el contratista, salvo que con anterioridad a la firma del contrato de obra este no hubiera realizado las especificaciones oportunas para este escenario, no podrá reclamar ninguna cantidad que incremente el presupuesto final de la obra, a no ser que cuente con el correspondiente acuerdo previo con el restante de las partes.

Del mismo modo, las modificaciones que puedan ser surgir, se catalogarán en función del incremento de costes que supongan en el presupuesto final, debiendo hacerse cargo de estos sobrecostes el contratista en caso de que estos hayan venido provocados por errores u omisiones del

mismo durante la realización de la obra, o por retrasos en los plazos indicados que no estén justificados por motivos de fuerza mayor.

#### Artículo 33. Tasación, Medición y Pago de trabajos .

Al momento de tasar el valor de cada partida, la cifra final incluirá el conjunto de materiales, horas de trabajo, maquinaria, elementos auxiliares y todos aquellos costes indirectos que se imputen a esa partida.

Para medir la fase en la que se encuentra la obra, se realizará por certificación, quedando definido de antemano en el contrato por acuerdo de las partes, en qué términos se van a realizar los pagos.

Será la promotora quien lleve a cabo los pagos dentro de los plazos establecidos coincidiendo el importe con el reflejado en las certificaciones de la obra aportadas por el director de ejecución de la obra, en las cuales quedan reflejados los trabajos realizados.

Debiendo previamente, el director de ejecución de obra, haber realizado las mediciones correspondientes en la obra, previo aviso del contratista, para aquellas situaciones en las que la obra vaya a quedar oculta, el contratista informará con antelación al director de obra para que este pueda realizar las mediciones oportunas y emitir la certificación a partir de la cual se dará paso al pago.

En cuanto al pago de trabajos especiales, los cuales no sean realizados por el contratista, sino por un tercero, estos pagos se realizarán por el contratista una vez finalizados, reintegrándole la promotora de la obra el importe íntegro de los mismos una vez finalizada la obra.

El pago final al contratista, será emitido por la promotora una vez culminada la recepción definitiva al propietario, descontando las cantidades que se consideren oportunas por sobrecostes, mejoras durante el periodo transcurrido entre la recepción provisional y la recepción final o cualquier otro motivo que se considere oportuno siempre que previamente se hubiera fijado en el contrato.

#### Artículo 34. Pago de Seguros.

Será el contratista quien deba adquirir los seguros legalmente necesarios para hacer frente a los posibles robos, daños en maquinaria, instalaciones o cualquier otro elemento de la obra en el transcurso de la misma. Además, deberá contar con los seguros correspondientes que cubran los daños que puedan sufrir cualquiera de las personas relacionadas con la obra o terceros. Todo ello, será cubierto mediante la contratación de un Seguro de Responsabilidad Civil en los términos legalmente establecidos.





Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y BIOCENCIAS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA**

TRANSFORMACIÓN DE SECANO A REGADÍO MEDIANTE ASPERSIÓN  
EN LA PARCELA 204 DEL POLÍGONO Nº 2 DEL TÉRMINO MUNICIPAL  
DE AÑORBE (NAVARRA)

# **DOCUMENTO Nº6: MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

presentado por

Ruben Basterrechea Rodriguez

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN*

Volumen 1/1

Febrero 2024 / 2024ko otsaila



Presupuesto parcial nº 1 PRESUPUESTO PROYECTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>1.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
1.1.1	M3	Excavación localizada en zanjas con retroexcavadora incluido carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. Profundidad de 1.30 m y anchura variable el función del tipo de tubería enterrada (Anchura=(0,5+D)+2/3p))			
		Total m3 .....	1.298,540	1,9000	2.467,2260
1.1.2	M3	Relleno de arena en zanjas, extendido, humectación y compactación en capas de 15 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado (Anchura=0,5+D)			
		Total m3 .....	55,780	12,0000	669,3600
1.1.3	M3	Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. (Altura=0,3+D).			
		Total m3 .....	1.298,540	2,1000	2.726,9340
		<b>Total subcapítulo 1.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS:</b>			<b>5.863,5200</b>
<b>1.2.- TUBERÍA SECUNDARIA</b>					
1.2.1	M	Tubería de PVC de 40 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	30,000	3,3700	101,1000
1.2.2	M	Tubería de PVC de 50 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	30,000	3,5400	106,2000
1.2.3	M	Tubería de PVC de 63 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	75,000	4,7600	357,0000
1.2.4	M	Tubería de PVC de 75 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	75,000	5,4400	408,0000
1.2.5	M	Tubería de PVC de 90 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	75,000	6,7900	509,2500
1.2.6	M	Tubería de PVC de 110 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	120,000	7,5800	909,6000
1.2.7	M	Tubería de PVC de 125 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	60,000	9,1300	547,8000
1.2.8	M	Tubería de PVC de 140 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
		Total m .....	90,000	11,2400	1.011,6000



Presupuesto parcial nº 1 PRESUPUESTO PROYECTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.2.9	M	Tubería de PVC de 160 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11.			
			Total m .....	75,000	13,6000
					1.020,0000
			<i>Total subcapítulo 1.2.- TUBERIA SECUNDARIA:</i>		<i>4.970,5500</i>
<b>1.3.- TUBERÍA PRIMARIA</b>					
1.3.1	M	Tubería de PVC de 118 mm de diámetro nominal, unión por pegamento, para una presión de trabajo de 10 kg/cm2, colocada en zanja sobre cama de arena de río, relleno lateral y superior hasta 10 cm por encima de la generatriz con la misma arena, i/p.p. de medios auxiliares, sin incluir excavación y posterior relleno de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11			
			Total m .....	364,450	11,3000
					4.118,2850
1.3.2	Ud	Electroválvula de plástico para una tensión de 24 V., con solenoide, de 4" de diámetro, i/conexión a la red, totalmente instalada.			
			Total ud .....	4,000	260,0000
					1.040,0000
1.3.3	Ud	Arqueta de plástico de planta rectangular para la instalación de 1 electroválvula y/o accesorios de riego, i/arreglo de las tierras, totalmente instalada.			
			Total ud .....	1,000	18,0000
					18,0000
1.3.4	Ud	Válvula de compuerta de fundición de 170 mm. de diámetro interior, cierre elástico, para una presión de trabajo de 16 kg/cm2., colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
			Total ud .....	1,000	405,0000
					405,0000
			<i>Total subcapítulo 1.3.- TUBERIA PRIMARIA:</i>		<i>5.581,2850</i>
<b>1.4.- RAMALES PORTA ASPERSORES</b>					
1.4.1	M	Tubería de polietileno alta densidad PE32, para instalación enterrada de red de riego, para una presión de trabajo de 4 kg/cm2, de 32 mm. de diámetro exterior, suministrada en rollos, colocada en zanja en el interior de zonas verdes, i/p.p. de elementos de unión, sin incluir la apertura ni el tapado de la zanja.			
			Total m .....	3.631,220	2,1000
					7.625,5620
1.4.2	Ud	Aspersor aéreo de latón, con una boquilla de 3/4". Caudal de 1960 l/h, presión media de funcionamiento de 35 m.c.a. y alcance de 16.5 metros. Con giro por brazo de impacto, i/conexión a 3/4" de diámetro mediante collarín de toma de polipropileno de 32 mm. de diámetro, incluido anclaje de hormigón HM-20/P/20/IIb, de dimensiones 0,2x0,2x0,15m y caña porta-aspersor de 2 m, colocado y probado.			
			Total ud .....	199,000	32,0000
					6.368,0000
1.4.3	Ud	Aspersor aéreo de latón, con una boquilla de 3/4". Caudal de 1960 l/h, presión media de funcionamiento de 35 m.c.a. y alcance de 16.5 metros. Con giro por brazo de impacto, i/conexión a 3/4" de diámetro mediante collarín de toma de polipropileno de 32 mm. de diámetro, incluido anclaje de hormigón HM-20/P/20/IIb, de dimensiones 0,2x0,2x0,15m y caña porta-aspersor de 2 m, colocado y probado.			
			Total ud .....	53,000	32,0000
					1.696,0000
			<i>Total subcapítulo 1.4.- RAMALES PORTA ASPERSORES:</i>		<i>15.689,5620</i>
<b>1.5.- GESTIÓN DE RESIDUOS</b>					
1.5.1	Ud	Conjunto de gastos por la gestión de los residuos de construcción y demolición, generados durante la obra.			
			Total ud .....	1,000	280,0000
					280,0000
			<i>Total subcapítulo 1.5.- GESTION DE RESIDUOS:</i>		<i>280,0000</i>

Presupuesto parcial nº 1 PRESUPUESTO PROYECTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>1.6.- SEGURIDAD Y SALUD</b>					
1.6.1	Ud	Conjunto de Equipos tanto individuales como colectivos destinados a garantizar la seguridad y la salud de la obra, acorde con la normativa.			
		Total ud .....	1,000	320,0000	320,0000
					<b>Total subcapítulo 1.6.- SEGURIDAD Y SALUD: 320,0000</b>
<b>1.7.- CONTROL DE CALIDAD</b>					
1.7.1	Ud	Ensayo para determinar la calidad y emisión de informe (para determinar el C.B.R.)			
		Total ud .....	1,000	50,0000	50,0000
					<b>Total subcapítulo 1.7.- CONTROL DE CALIDAD: 50,0000</b>
		<b>Total presupuesto parcial nº 1 PRESUPUESTO PROYECTO :</b>			<b>32.754,9170</b>

## Presupuesto de ejecución material

<b>1 PRESUPUESTO PROYECTO</b>	<b>32.754,9170</b>
1.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS	5.863,5200
1.2.- TUBERÍA SECUNDARIA	4.970,5500
1.3.- TUBERÍA PRIMARIA	5.581,2850
1.4.- RAMALES PORTA ASPERSORES	15.689,5620
1.5.- GESTIÓN DE RESÍDUOS	280,0000
1.6.- SEGURIDAD Y SALUD	320,0000
1.7.- CONTROL DE CALIDAD	50,0000
<b>Total .....</b>	<b>32.754,9170</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **TREINTA Y DOS MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

Añorbe, 19 de enero de 2024

Ruben Basterrechea Rodriguez



Propietaria de la parcela, Lorea Barrena González



Proyecto: PRESUPUESTO PROYECTO

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
<b>1 PRESUPUESTO PROYECTO</b>	
1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS.	5.863,5200
1.2 TUBERÍA SECUNDARIA.	4.970,5500
1.3 TUBERÍA PRIMARIA.	5.581,2850
1.4 RAMALES PORTA ASPERSORES.	15.689,5620
1.5 GESTIÓN DE RESÍDUOS.	280,0000
1.6 SEGURIDAD Y SALUD.	320,0000
1.7 CONTROL DE CALIDAD.	50,0000
<b>Total 1 PRESUPUESTO PROYECTO .....</b>	<b>32.754,9170</b>
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>32.754,9170</b>
5% de gastos generales	1.637,7459
5% de beneficio industrial	1.637,7459
<b>Suma</b>	<b>36.030,4088</b>
21% IVA	7.566,3858
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>43.596,7946</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Añorbe, 19 de enero de 2024

Ruben Basterrechea Rodriguez



Propietaria de la parcela, Lorea Barrena  
González

