



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica
y del Medi Natural

Evaluación económica y ambiental de diferentes
alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris
(*Oncorhynchus mykiss*. Walbaum, 1792).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Documento 1: Anejos a la Memoria.

AUTOR/A: Piera Álvarez, Joan

Tutor/a: Martínez Llorens, Silvia

Cotutor/a: Jover Cerdá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

LISTADO DE ABREVIATURAS

CD	Coeficiente de Digestibilidad
$^{\circ}\text{C}_{\text{ef}}$	Temperatura efectiva
CTE	Código Técnico de Edificación
D	Diámetro
D mín	Diámetro mínimo
DN	Diámetro Nominal
D Teo	Diámetro teórico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IC	Índice de conversión
L	Longitud
N	Nitrógeno
NH_3	Amoníaco
S	Superficie
O^2	Oxígeno
P	Fósforo
Pdte	Pendiente
PE-X	Polietileno reticulado
Pf	Peso final
Pi	Peso inicial
q / Q	Caudal
TAD	Tasa de Alimentación Diaria
UD	Unidades de desagüe
UE	Unión Europea
V	Velocidad

RESUMEN

Actualmente en España conviven dos especies de trucha, la común (*Salmo trutta*, de acuerdo con Linnaeus, 1758) y la especie invasora americana, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*, de acuerdo con Walbaum, 1792). La producción y comercialización de la trucha común en España es pequeña, sin embargo, la trucha arcoíris en 2016 alcanzó valores de producción de 17.732 toneladas, situándose la tercera especie más producida en España por detrás del mejillón (unas 224.000 toneladas) y de la lubina (23.445 toneladas). Además, es la segunda especie de peces más producida a nivel europeo y también la segunda especie con mayor valor económico a nivel europeo después del salmón. En cuanto a la producción acuícola, el 70% se realiza en agua dulce, alcanzando en poco más de 10 meses el tamaño ración (300g) desde su eclosión.

Por otra parte, el río Tuéjar se sitúa en la Comunidad Valenciana, perteneciendo a la cuenca hidrográfica del Júcar. Es un afluente del río Turia que desemboca en el mar Mediterráneo y nace en el término municipal de Tuéjar (600 m de altitud sobre el nivel del mar). Tiene una longitud de unos 22 km y una superficie de la cuenca de unos 430 km². Este río se considera idóneo para la producción de truchas debido a que durante la mayor parte del año se encuentra por encima de la temperatura efectiva de la especie, necesaria para su desarrollo, así como por contar con un caudal suficiente para proveer la explotación si esta cuenta con métodos de oxigenación del agua.

En el presente proyecto se ha realizado una propuesta de diseño de piscifactoría de circuito abierto, partiendo del día 0 del mes 1, con peces de un peso medio 0,4g y un CTC establecido por tramos de crecimiento, distribuyendo la producción en 4 lotes anuales, con un peso medio objetivo de 800 g, y alimentando con un pienso standard. Se han evaluado dos alternativas diferentes en el diseño de la granja de trucha arco iris, realizándose dos diseños diferentes, uno manteniendo las condiciones de un sistema abierto convencional y un segundo con recirculación de agua, con el objetivo de reducir la cantidad de residuos generados y el consumo de agua, disminuyendo así el posible impacto ambiental que dicha explotación pueda conllevar. De esta forma, se han estimado las cantidades de residuos generados y agua empleada para cada una de las alternativas, así como los métodos de depuración y eliminación de residuos de cada una de dichas alternativas.

El trabajo se ha complementado a su vez con un paquete de datos económicos de costes, tanto de construcción de la infraestructura como de producción y amortización futura, necesarios para realizar el balance Beneficio/Coste. El estudio también incluye el tiempo de amortización y una simulación de la actividad económica para los años futuros con ratio beneficio coste.

De esta forma se ha llegado a la conclusión de que la alternativa de mantener el diseño con las condiciones propias de un sistema abierto requiere de una menor inversión inicial. Sin embargo, la opción de recircular el agua genera una menor cantidad de residuos y un menor consumo de agua, siendo la alternativa preferente en el caso de que se priorice reducir el impacto ambiental de la explotación, aunque implique una mayor inversión y riesgo económico.

Finalmente, se han calculado las estructuras principales y esfuerzos de una cubierta destinada a resguardar los animales en la fase inicial de su desarrollo, así como de una nave complementaria a la explotación, para la cual también se han dimensionado las redes de fontanería y saneamiento.

PALABRAS CLAVE

Diseño zootécnico; Piscifactoría de truchas; Sistema abierto en acuicultura; rentabilidad de la producción; Estimación de residuos

RESUM

Actualment a Espanya conviuen dues espècies de truita, la comuna (*Salmo trutta*, d'acord amb Linnaeus, 1758) i l'espècie invasora americana, la truita irisada (*Oncorhynchus mykiss*, d'acord amb Walbaum, 1792). La producció i comercialització de la truita comuna a Espanya és reduïda. En canvi, la truita irisada va assolir en 2016 valors de producció de 17.732 tones, situant-se com la tercera espècie més produïda a Espanya darrere de la clòtina (unes 224.000 tones) i del llobarro (23.445 tones). A més, és la segona espècie de peixos més produïda a nivell europeu, i la segona espècie amb major valor econòmic a nivell europeu després del salmó. Pel que fa a la producció aqüícola, el 70% es realitza en aigua dolça, arribant en poc més de 10 mesos a la mida de ració (300 g) des de la seua eclosió.

El riu Tuéjar es situa a la Comunitat Valenciana i pertany a la conca hidrogràfica del Xúquer. És un afluent del riu Túria que desemboca en la mar Mediterrània i naix en el terme municipal de Tuéjar (600 m d'altitud sobre el nivell del mar). Té una longitud d'uns 22 km i una superfície de la conca d'uns 430 km². Aquest riu es considera idoni per a la producció de truita perquè durant la major part de l'any es troba per damunt de la temperatura efectiva de l'espècie, necessària per al seu desenvolupament, així com per comptar amb un cabal suficient per proveir l'explotació, sempre que aquesta compte amb mètodes d'oxigenació de l'aigua.

En el present projecte s'ha realitzat una proposta de disseny de piscifactoria de circuit obert, partint del dia 0 del mes 1, amb peixos d'un pes de partida mitjà de 0,4 g i un CTC establert per trams de creixement, distribuint la producció en 4 lots anuals, amb un pes mitjà objectiu de 800 g, i alimentant amb un pinso estàndard. S'han avaluat dues alternatives diferents en el disseny de la granja de truita irisada, realitzant-se dos dissenys diferents; el primer, mantenint les condicions d'un sistema obert convencional, i el segon, amb recirculació d'aigua, amb l'objectiu de reduir tant la quantitat de residus generats com el consum d'aigua, disminuint així el possible impacte ambiental que aquesta explotació puga provocar. D'aquesta manera, s'han estimat les quantitats dels residus generats i l'aigua emprada per a cadascuna de les alternatives, així com els mètodes de depuració i eliminació de residus de cadascuna d'aquestes alternatives.

El treball s'ha complementat amb un paquet de dades econòmiques de costos, tant de construcció de la infraestructura com de la producció i amortització futura, necessaris

per realitzar el balanç Benefici/Cost. L'estudi també inclou el temps d'amortització i una simulació de l'activitat econòmica per als anys futurs amb ràtio benefici/cost.

Finalment, s'han calculat les estructures principals i esforços d'una coberta destinada a resguardar els animals en la fase inicial del seu desenvolupament, així com d'una nau complementària a l'explotació, per a la qual també s'han dimensionat les xarxes de fontaneria i sanejament.

Com a conclusió, l'alternativa de mantindre el disseny amb les condicions pròpies d'un sistema obert requereix d'una menor inversió inicial. Així mateix, l'opció de recircular l'aigua genera una quantitat de residus i un consum d'aigua més reduïts, sent l'alternativa preferent en el cas que es prioritze reduir l'impacte ambiental de l'explotació, encara que impliqui una major inversió i risc econòmic.

PARAULES CLAU:

Disseny zootècnic, Piscifactoria de truites, Sistema obert en aquicultura, Rentabilitat de la producció, Estimació de residus

SUMMARY

Currently, there are two species of trout coexisting, the common trout (*Salmo trutta*, according to Linnaeus, 1758) and the invasive American species, known as the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, according to Walbaum, 1792). The production and commercialization of common trout in Spain is small. However, rainbow trout reached production values of 17,732 tons in 2016, making it the third most produced species in Spain behind mussels (around 224,000 tons) and sea bass (23,445 tons). Moreover, it is also the second most produced fish species in Europe, as well as the second species with the highest economic value in Europe, right after salmon. As for aquaculture production, 70% is carried out in freshwater, reaching the ration size (300 g) in just over 10 months since hatching.

On the other hand, the Tuéjar River is located in the Valencian Community, belonging to the Júcar river basin. It is a tributary of the Turia River that flows into the Mediterranean Sea and originates in the municipality of Tuéjar (600 m above sea level). It has a length of about 22 km and a basin area of about 430 km². This river is considered ideal for trout production because, for most of the year, is above the effective temperature for the species' development, as well as having sufficient flow to support the operation as long as the water oxygenation methods are used.

In this project, a proposal for an open circuit fish farm design has been made, starting from day 0 of month 1, with fish weighing an average of 0.4 g and a CTC established by growth stages, distributing production into 4 annual batches, with an average target weight of 800 g, and feeding them with standard feed. Two different alternatives were evaluated in the design of the rainbow trout farm, with one maintaining the conditions of a conventional open system and a second one with water recirculation, aiming to reduce the amount of waste generated as well as its water consumption, thus decreasing the potential environmental impact of the farm. In this way, the amounts of waste generated and water used for each of the alternatives were estimated, as well as the purification and waste elimination methods for each of these alternatives.

The work was complemented with an economic cost data package, both for the construction of the infrastructure and production and future amortization, necessary to carry out the Cost/Benefit analysis. The study also included the amortization time and a simulation of economic activity for future years with a benefit-cost ratio.

Finally, the main structures and efforts of a cover intended to protect the animals in the initial phase of their development were calculated, as well as a complementary building to the operation, for which plumbing and sanitation networks were also dimensioned.

In conclusion, the alternative of maintaining the design with the conditions of an open system requires a lower initial investment. However, the option of recycling water generates less waste and lower water consumption, being the preferred alternative if prioritizing reducing the environmental impact of the farm, even if it implies a higher investment and economic risk.

KEYWORDS

Zootechnical design, Trout fish farm, Open system in aquaculture, Production profitability, Waste estimation

Índice:

Anejo I: Diseño y planificación de la explotación	1
1. Datos de partida.....	2
2. Material y métodos.....	7
2.1. Estimación de curvas de crecimiento	7
2.2. Lotes seleccionados y plan de producción	8
2.3. Cálculo número de tanques.....	9
2.4. Cálculos de alimentación	11
2.4.1. Alimentación	11
2.4.2. Índices de conversión	12
2.5. Estimación de caudales.....	13
2.5.1. Caudal de aporte de oxígeno	13
2.5.2. Caudal de eliminación de amoníaco (NH ₃).....	14
2.5.3. Caudal para alternativas de recirculación de agua	15
2.6. Necesidades de O ₂	16
2.7. Producción de residuos	17
2.8. Dimensionado de elementos de recirculación	19
3. Resultados	21
3.1. Simulación de lotes	21
3.2. Planificación de la producción	22
3.3. Número de tanques.....	23
3.4. Cantidad de pienso e índice de conversión.....	27
3.5. Caudales necesarios.....	29
3.6. Necesidades de oxígeno	32
3.7. Desechos.....	34
3.8. Elementos de filtrado.....	36
4. Equipo e instalaciones complementarias.....	37
5. Análisis económico.....	40
5.1. Metodología	40
5.1.1. Presupuesto	40
5.1.2. Costes de producción.....	42
5.1.3. Proyección a 25 años	44
5.2. Resultados.....	45
5.2.1. Presupuestos	45
5.2.2. Costes de producción.....	47
5.2.3. Proyección a 25 años	47

6. Bibliografía.....	50
Anejo II: Dimensionado y construcción de naves.....	51
1. Introducción	52
2. Dimensiones naves	52
3. Definición de materiales.....	54
3.1. Estructuras principales y secundarias	54
3.2. Cimentaciones.....	54
4. Definición de cargas.....	55
4.1. Acciones permanentes	55
4.2. Acciones variables	57
4.2.1. Sobrecarga de uso (S)	57
4.2.2. Viento (V)	57
4.2.3. Nieve (N)	57
4.3. Conjunto de cargas.....	57
5. Correas.....	58
5.1. Cálculo de cargas.....	58
5.2. Tipo de perfil	61
5.3. Comprobaciones.....	61
6. Cerchas.....	63
6.1. Celosías.....	63
6.1.1. Cálculo de cargas	64
6.1.2. Cálculo de las reacciones	65
6.1.3. Perfiles	66
6.1.4. Comprobaciones.....	68
6.1.4.1. Comprobación a resistencia.....	68
6.1.4.2. Comprobación a pandeo.....	68
6.1.5. Resultados	69
6.2. Pilares.....	70
6.2.1. Cálculo de cargas a soportar.....	70
6.2.1.1. Compresión transmitida por la cercha (R)	70
6.2.1.2. Flexión debida al viento	70
6.2.2. Perfiles	72
6.2.3. Comprobaciones.....	73
6.2.3.1. Comprobación a resistencia.....	73
6.2.3.2. Comprobación a pandeo.....	74

6.2.3.3. Comprobación al desplome	75
7. Muro Hastial	76
7.1. Pilares.....	76
7.2. Dintel.....	80
7.2.1. Cálculo de cargas	80
7.2.2. Elección de perfiles y comprobaciones.....	81
8. Zapata	81
8.1. Determinación esfuerzos	82
8.2. Estimación características del suelo	83
8.3. Comprobaciones.....	85
8.4. Determinación armadura.....	86
9. Bibliografía.....	88
Anejo III: Fontanería	89
1. Introducción	90
2. Materiales empleados	90
3. Necesidades de agua	91
4. Cálculo dimensionado de las tuberías	92
4.1. Tablas de resultados.....	94
5. Cálculos de presión	95
5.1. Tablas de resultados.....	97
6. Bibliografía.....	98
Anejo IV: Red de saneamiento de la nave complementaria	99
1. Introducción	100
2. Elementos	100
3. Aguas pluviales	101
3.1. Canalones.....	101
3.2. Bajantes.....	102
3.3. Colectores	103
3.4. Arquetas	105
4. Aguas negras	105
4.1. Ramales individuales.....	105
4.2. Colectores horizontales.....	107
4.3. Arquetas	109
5. Red mixta.....	109
5.1. Colectores mixtos	109
5.2. Arquetas	110

6. Bibliografía..... 110

Índice de Tablas:

Tabla 1. Temperaturas mensuales medias del río Tuéjar. Fuente: Elaboración propia a partir de la confederación hidrográfica del Turia.	2
Tabla 2. Valores mortalidades y supervivencia acumuladas para trucha arcoíris según su peso. Fuente: Elaboración propia.	3
Tabla 3. Concentración máxima de amoníaco y mínima de oxígeno tolerables para Trucha Arcoíris. Fuente: Elaboración propia.	4
Tabla 4. Tipos de tanques para producción y dimensiones. Fuente: Elaboración propia. ...	5
Tabla 5. Valores TAD Pienso ECOTEX 26. Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas de valores TAD proporcionadas por ECOTEX.	6
Tabla 6. Valores TAD Migas ECOTEX 30. Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas de valores TAD proporcionadas por ECOTEX.	7
Tabla 7. Valores mortalidades y supervivencia acumuladas para trucha arcoíris según su peso. Fuente: Elaboración propia.	9
Tabla 8. Características drumfilter para una calidad de agua de 25 mg/l. Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 9. Simulación de lotes. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 10. Lotes seleccionados. Fuente: Elaboración propia.	22
Tabla 11. Valores iniciales y finales de biomasa y número de peces. Fuente: Elaboración propia.	24
Tabla 12. Número máximo de tanques por lote. Fuente: Elaboración propia.	25
Tabla 13. Número de tanques necesarios mensualmente. Fuente: Elaboración propia. ..	25
Tabla 14. Sobreposición de tanques necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 15. Tanques necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 16. Sobreposición alimentación mensual de los lotes de la explotación. Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 17. Necesidades mensuales de alimentación de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	27
Tabla 18. Necesidades anuales de alimentación por lote. Fuente: Elaboración propia.	28
Tabla 19. Necesidades de caudal mensuales para Renovación de Oxígeno y Eliminación de Amoníaco. Fuente: Elaboración propia.....	29
Tabla 20. Necesidades mensuales de caudal de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	30

Tabla 21. Necesidades de Caudal de Renovación de agua para la alternativa de recirculación. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 22. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 23. Necesidades mensuales de oxígeno para recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia.....	33
Tabla 24. Superficie de maya requerido para cada drumfilter. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 25. Dimensiones de cada biofiltro. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 26. Cálculo superficie total tanques. Fuente: Elaboración propia.....	39
Tabla 27. Coste total y amortización anual (25 años) de la Obra Civil de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	46
Tabla 28. Coste total y amortización anual (12,5 años) de los Equipos de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	46
Tabla 29. Costes y presupuestos de las alternativas de diseño de la explotación. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 30. Costes de producción anuales de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	47
Tabla 31. Evolución de flujos de la explotación para opción de un circuito abierto . Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 32. Evolución de flujos de la explotación para opción de recircular el agua. Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 33. VAN y TIR para las diferentes alternativas de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 34. Dimensiones Cubierta Alevinaje y Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.	53
Tabla 35. Materiales Construcción. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 36. Perfiles Construcción. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 37. Materiales Cimentación. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 38. Coeficientes de Mayoración. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 39. Prontuario de Perfiles IPE + Selección perfiles. Fuente: Prontuario de perfiles..	61
Tabla 40. Perfiles Cuadrados Seleccionados Celosías. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 41. Prontuario de Perfiles Cuadrados + selección perfiles. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 42. Esfuerzos, perfiles y comprobaciones Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.	69

Tabla 43. Esfuerzos, perfiles y comprobaciones Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 44. Valores del coeficiente de exposición c_{ce} . Fuente: Código Técnico de Edificación	71
Tabla 45. Prontuario Perfiles HEB + Selección Perfiles. Fuente: Prontuario de perfiles.....	73
Tabla 46. Características del suelo de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	83
Tabla 47. Dimensiones Zapatas Nave Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 48. Dimensiones Zapatas Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 49. Armadura Zapatas Estructuras Principales. Fuente: Elaboración propia.	87
Tabla 50. Armadura Zapatas Muros Hastiales. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 51. Elementos Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.....	91
Tabla 52. Elementos Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.	92
Tabla 53. Cálculo Diámetros Nominales Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia. .	94
Tabla 54. Cálculo Diámetros Nominales Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 55. Pérdidas de carga por rozamiento Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.	97
Tabla 56. Presión Resultante Nudos más desfavorables Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.....	98
Tabla 57. Pérdidas de carga por rozamiento Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.	98
Tabla 58. Presión Resultante Nudos más desfavorables Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.....	98
Tabla 59. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.....	101
Tabla 60. Intensidad Pluviométrica i (mm/h). Fuente: Código Técnico de Edificación. ...	102
Tabla 61. DN y pendiente Canalones Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 62. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.	102
Tabla 63. Cálculo Diámetro Nominal Bajantes Lado A Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.....	103
Tabla 64. Cálculo Diámetro Bajantes Lado B Nave Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.	103

Tabla 65. Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.	104
Tabla 66. Cálculo DN Colectores Pluviales. Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla 67. Dimensiones de las arquetas. Fuente: Código Técnico de Edificación.	105
Tabla 68. Dimensiones Arquetas Red de Pluviales. Fuente: Elaboración propia.	105
Tabla 69. UDs correspondientes a los diferentes aparatos sanitarios. Fuente: Código Técnico de Edificación.	106
Tabla 70. Diámetros Nominales ramales individuales. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 71. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada. Fuente: Código Técnico de Edificación.	108
Tabla 72. DN y pendientes colectores horizontales. Fuente: Elaboración propia.	108
Tabla 73. Dimensiones Arquetas Red Aguas Negras. Fuente: Elaboración propia.	109
Tabla 74. Cálculo Superficie Proyectada Red Mixta. Fuente: Elaboración propia.	109
Tabla 75. Red Arquetas Aguas Mixtas. Fuente: Elaboración propia.	110

Índice de Figuras:

Figura 1. Curvas de crecimiento lotes simulados (g/mes). Fuente: Elaboración propia. ..	22
Figura 2. Comparación caudales Sin Oxigenación (Series 1) y Con Oxigenación (Series 2) para un sistema abierto. Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 3. Comparación necesidades de caudal para las diversas alternativas. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 4. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 5. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación con recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 6. Cantidad de residuos de nitrógeno generados en la explotación. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 7. Cantidad de residuos de fósforo generados en la explotación. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 8. Residuos sólidos anuales liberados al cauce del río . Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 9. Cantidad de residuos sólidos que llegan anualmente a la balsa de sedimentación y residuos devueltos al cauce del río. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 10. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de establecer un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 11. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de recircular el agua en un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 12. Momentos y esfuerzos de correas. Fuente: Proyecto de nave de estructura metálica (según CTE SE-A) : parte 1 : teoría Ref.: 2011.534.	59
Figura 13. Perfil IPE. Fuente: Prontuario de perfiles.	61
Figura 14. Esquema media Celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 15. Esquema media Celosía Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 16. Punto Ejemplo Cálculo de Esfuerzos. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 17. Perfil Cuadrado. Fuente: Prontuario de perfiles.	66
Figura 18. Perfil HEB. Fuente: Prontuario de perfiles.	72
Figura 19. Esquema Zapata. Fuente: Elaboración propia.	84

Anejo I: Diseño y planificación de la explotación

1. Datos de partida

Con el objetivo de establecer la distribución de las diferentes instalaciones de una granja acuícola en sistema abierto así como para la planificación de su gestión es necesario que previamente se determinen ciertas cuestiones: El número de lotes en los que se divide la producción, la duración de su ciclo, el número de estanques necesarios para albergar a los peces, los caudales de agua requeridos para cubrir sus necesidades de oxígeno y para eliminar restos de amoníaco generados por la actividad biológica de los animales, así como la cantidad de pienso requerido anualmente.

Para realizar el cálculo de estos valores, se definen inicialmente los siguientes datos, los cuales servirán como base para su estimación posterior.

Datos ambientales:

Los tanques en los que se encuentren los peces serán alimentados con agua proveniente del río Tuéjar, siendo repartida por gravedad mediante el uso de canales.

Por tanto, para las temperaturas necesarias tanto para el cálculo de las curvas de crecimiento como de los caudales de agua requeridos se toman las temperaturas medias mensuales de río Tuéjar.

Tabla 1. Temperaturas mensuales medias del río Tuéjar. Fuente: Elaboración propia a partir de la confederación hidrográfica del Turia.

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	5,94
Febrero	6,93
Marzo	8,55
Abril	9,81
Mayo	10,17
Junio	11,52
Julio	12,15
Agosto	13,41
Septiembre	13,68
Octubre	11,25
Noviembre	8,82
Diciembre	8,19

Así mismo se establece un valor del pH de agua de 7,3.

Datos biológicos:

En primer lugar, se definen las diferentes fases del crecimiento de la trucha arcoíris, las cuales se determinan según su peso:

- Alevinaje: Comprendida entre los 0,40 y 3 g.
- Pre-Engorde: Hasta alcanzar los 20 g.
- Engorde: Hasta el peso final previamente establecido, de 800 g.

Además, el incremento de peso de los peces se ve afectado por el valor de la temperatura efectiva de la especie en concreto, encontrándose en el caso de la trucha arcoíris en los 3 grados centígrados.

Por lo que respecta a las diferentes mortalidades a lo largo de dicho crecimiento, se toman los siguientes valores estandarizados:

Tabla 2. Valores mortalidades y supervivencia acumuladas para trucha arcoíris según su peso. Fuente: Elaboración propia.

Peso de un pez (g)	Mortalidad (%)	Supervivencia acumulada (%)
0,4 a 3	5	95
3 a 20	4	91
20 a 100	3	88
100 a 400	6	82
400 a 500	1,5	80,5
500 a 600	1,5	79
600 a 700	1,5	77,5
700 a 800	1,5	76

Estos parámetros se deben tener en cuenta para estimar el número de peces necesario para alcanzar el objetivo de producción establecido, así como la cantidad restante en cada lote según el peso alcanzado.

Por último, en lo que respecta a los datos propios de la especie, y para el posterior cálculo de los caudales necesarios (por los criterios de renovación de oxígeno y de eliminación de

amoníaco), se toman los valores estandarizados para la especie de mínima concentración de oxígeno tolerable y máxima concentración de amoníaco tolerable:

Tabla 3. Concentración máxima de amoníaco y mínima de oxígeno tolerables para Trucha Arcoíris. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Concentración máx. NH ₃ (mg/l)	Concentración mín. O ₂ (ppm)
Alevines	0,0025	6
Juveniles	0,005	5,5
Adultos	0,01	5

Otros datos:

- Superficie afectada:

La explotación se ubica en un conjunto de parcelas ubicado en el municipio de calles:

- Parcela 1 (Polígono 33, Parcela 85):
Referencia catastral: 46081A033000850000LS
Superficie: 32736 m²
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo
.
- Parcela 2 (Polígono 33, Parcela 75):
Referencia catastral: 46081A033000750000LK
Superficie: 8683 m²
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo
- Parcela 3 (Polígono 33, Parcela 91):
Referencia catastral: 46081A033000910000LH
Superficie: 5639 m²
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo
- Parcela 4 (Polígono 33, Parcela 57):
Referencia catastral: 46081A033000570000LW
Superficie: 5542 m²
Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, cultivo de olivo
- Parcela 5 (Polígono 33, Parcela 56):

Referencia catastral: 46081A033000560000LH

Superficie: 1790 m²

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, labradío en regadío.

- Parcela 6 (Polígono 33, Parcela 92):

Referencia catastral: 46081A033000920000LW

Superficie: 1571 m²

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, matorral

- Parcela 7 (Polígono 33, Parcela 79):

Referencia catastral: 46081A033000590000LB

Superficie: 9475 m²

Aprovechamiento anterior del terreno: Agrario, frutales de secano

La superficie total disponible para las instalaciones de la explotación es de unas 6,54 hectáreas (65436 m²).

Por otro lado, cabe destacar la presencia de una pequeña construcción de 25 m² de superficie en la Parcela 7, la cual se conservará debido a que cuenta con una toma de agua y conexión con una red de desagües. Por este motivo cualquier estructura o construcción complementaria que requiera acceso a agua corriente se encontrará en las cercanías de dicha construcción.

- Tanques:

Se definen a continuación las dimensiones escogidas para los recintos empleados para los animales según la fase en la que se encuentren:

Tabla 4. Tipos de tanques para producción y dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

Peso (g)	0,4 a 3	3 a 20	20 a 800
Tipo de tanque	Alevinaje	Pre-engorde	Engorde
Dimensiones tanque (m)	15 x 2 x 0,5	25 x 4 x 0,75	50 x 6 x 1,25
Superficie tanque (m ²)	30	100	300
Volumen tanque (m ³)	15	75	375
Densidad máxima (kg/m ³)	5	15	25

La entrada de agua a estos tanques se realizará mediante dos entradas, buscando así evitar turbulencias de agua y zonas muertas (Sin flujo de agua) en los vértices de los tanques. Las entradas y salidas de agua de los estanques serán idénticas para así mantener un caudal de flujo constante.

- Piensos:

Se emplean dos tipos de pienso diferentes según el peso de los peces (Pienso en miga para pesos inferiores a 8 g y pienso extrusionado para pesos superiores).

Para el posterior cálculo del pienso a emplear en la explotación se toman como referencia los valores de Tasa de Alimentación Diaria (TAD) del pienso ECOTEX 26 para el pienso extrusionado y del pienso ECOTEX 30 para el pienso de migas, ambos pertenecientes a la casa Dibaq. Estos valores oscilarán según la temperatura y el peso en el momento de consumo, cambiando también las dimensiones de los gránulos que los conformen, tal y como se indica en las Tablas 5 y 6:

Tabla 5. Valores TAD Pienso ECOTEX 26. Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas de valores TAD proporcionadas por ECOTEX.

T (°C)	TAD			
	8 a 40 g	40 a 100 g	100 a 400 g	400 a 1000 g
6	1,50	1,15	0,85	0,60
8	1,60	1,25	0,95	0,70
10	1,70	1,35	1,05	0,80
12	1,80	1,45	1,15	0,90
14	1,90	1,55	1,25	1,00
16	1,95	1,60	1,30	1,05
18	1,90	1,45	1,15	0,90
20	1,75	1,25	0,95	0,70
Granulo	ATX5	3,5 m.m.	5 m.m.	7 m.m.

Tabla 6. Valores TAD Migas ECOTEX 30. Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas de valores TAD proporcionadas por ECOTEX.

T (°C)	TAD		
	0,4 a 0,8 g	0,8 a 2,9 g	2,9 a 10 g
6	2,60	2,20	1,80
8	3,00	2,60	2,10
10	3,70	3,10	2,50
12	4,30	3,70	3,10
14	4,70	4,00	3,40
16	5,10	4,30	3,60
18	4,50	3,90	3,30
20	3,60	3,00	2,60
Pienso	Microbaq - 8 -	Microbaq - 10 -	Microbaq - 15 -

Es importante destacar que los valores de la TAD proporcionados por los piensos ECOTEX no se consideran temperaturas inferiores a los 6 °C, pero durante el mes de enero el agua del Tuéjar presenta en sus registros una temperatura media de 5,94 °C. En estos casos se optará por tomar el valor de la TAD para 6 °C, debido en parte a la poca diferencia de temperaturas entre la temperatura real y la asignada para el cálculo y a la intención de proporcionar el alimento adicional a los animales en periodos de estrés térmico, tratando así de facilitar que puedan seguir adelante.

2. Material y métodos

2.1. Estimación de curvas de crecimiento

Con el objetivo de establecer un plan de producción y realizar el diseño de las instalaciones se fijó un peso inicial de 0,40 g y un peso final de 800 g.

En cuanto al crecimiento de las truchas, este se divide en las siguientes tres fases de producción:

- Alevinaje: Comprendida entre los 0,40 y 3 g.
- Pre-Engorde: Hasta alcanzar los 20 g.
- Engorde: Hasta el peso final previamente establecido, de 800 g.

Para poder realizar tanto la planificación de la explotación como el diseño de las instalaciones es necesario estimar el crecimiento de los animales a partir de las curvas

de crecimiento, cuya obtención se basa en el modelo del Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC). Este último considera tanto las temperaturas medias mensuales como la temperatura efectiva de la especie.

$$CTC = \frac{\sqrt[3]{P_f} - \sqrt[3]{P_i}}{\sum ^\circ C_{ef}}$$

Siendo:

- Pf el peso final (g)
- Pi el peso inicial (g)
- $\sum ^\circ C_{ef}$ el sumatorio de temperaturas medias diarias efectivas, obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$\sum ^\circ C_{ef} = (T^\circ \text{ media mensual} - T^\circ \text{ efectiva}) \times N^\circ \text{ de días}$$

A partir del modelo del CTC se puede obtener el peso final de cada mes, permitiendo así la construcción de las curvas de crecimiento. De esta forma se han construido diferentes curvas tomando como punto de partida el inicio de los diferentes meses del año.

Para ello se consideraron los siguientes valores:

- Para la CTC se estableció un valor de 0,00220 hasta el peso de 350 g y de 0,00181 a partir de este peso.
- La temperatura efectiva de la Trucha arcoíris es de 3 °C.
- Los valores de las temperaturas medias mensuales se obtuvieron a partir de un registro de la confederación hidrográfica (Tabla 1).

2.2. Lotes seleccionados y plan de producción

Una vez establecidas las curvas de crecimiento se seleccionan los lotes más adecuados, para los cuales se vuelven a estimar sus curvas de crecimiento, ya sea por presentar un mejor desarrollo o por terminar la producción en fechas más convenientes.

La obtención de estas curvas se consigue de la misma forma que en el apartado anterior, a partir del modelo del CTC, obteniendo así el incremento de peso de los peces para cada lote a final de mes, siendo dicho incremento función de las temperaturas medias.

$$P_f = (\sqrt[3]{P_i} + CTC \times \sum ^\circ C_{ef})^3$$

2.3. Cálculo número de tanques

Una vez seleccionados los diferentes lotes de la explotación y calculadas sus curvas de crecimiento se procede a la estimación del número de tanques necesario para cada mes y lote de producción, así como del máximo número de tanques para cada una de las fases del ciclo (Alevinaje, pre-engorde y engorde).

Estos valores dependen del número de peces por mes de cada lote, cifra que a su vez depende de las supervivencias relativa y final acumulada. (La cuales varían según el peso).

En primer lugar, se calculará el número de peces inicial de cada lote a partir del número de peces necesario al final del ciclo para poder cumplir con el volumen de producción de la explotación.

$$N^{\circ} \text{ Peces Inicial} = \frac{N^{\circ} \text{ Peces Final}}{\text{Supervivencia final}}$$

A continuación, se calcula el número de peces final por mes para cada lote, tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$\frac{N^{\circ} \text{ Peces}}{\text{Mes} \times \text{Lote}} = \frac{N^{\circ} \text{ Peces Inicial}}{\text{Supervivencia relativa}}$$

La supervivencia relativa depende del peso del pez y se tomaron como referencia los siguientes valores estandarizados (Tabla 7):

Tabla 7. Valores mortalidades y supervivencia acumuladas para trucha arcoíris según su peso. Fuente: Elaboración propia.

Peso (g)	Supervivencia (%)
0,4 a 3	95
3 a 20	91
20 a 100	88
100 a 400	82
400 a 500	80,5
500 a 600	79
600 a 700	77,5
700 a 800	76

De esta forma se tomó como a supervivencia acumulada un valor del 76%, mientras que para los pesos intermedios se estimaron los valores de supervivencia acumulada a partir de las supervivencias previamente establecidas y los incrementos de peso producidos en cada mes.

Tanto el tamaño de los tanques como el valor de la densidad óptima dependen de la especie, el sistema de producción, las fases de dicho sistema y el peso de los peces (Tabla 4). Se emplean valores estándares para la asignación de la densidad máxima permitida y del tipo de tanque a utilizar.

Con el objetivo de calcular el número de tanques necesario previamente se debe estimar el volumen de agua necesario para mantener la densidad óptima y la biomasa de cada mes y lote:

$$\text{Volumen de agua necesario (m}^3\text{)} = \frac{\text{Biomasa (Kg)}}{\text{Densidad óptima } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

Así mismo, los valores de biomasa mensuales se obtendrán a partir del número de peces al final de cada mes y de su peso medio:

$$\text{Biomasa (kg)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de peces a final de mes}}{\text{Peso medio a final de mes } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Pez}}\right)}$$

A continuación, se calcula el número de tanques para cada mes a partir del volumen contenido en cada tanque y del volumen de agua necesario, tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de tanques} = \frac{\text{Volumen de agua necesario (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de agua por tanque (m}^3\text{)}}$$

De esta forma se calculan el número de tanques necesarios para cada mes en cada uno de los lotes establecidos, para así estimar el número real de tanques, de forma que se

reduzcan al mínimo necesario los desdobles y movimientos de animales, con el objetivo de minimizar el estrés al que son sometidos.

Finalmente, se determina el total de tanques de la explotación mediante el solapamiento de las necesidades de cada mes de los diferentes lotes, escogiéndose así el máximo número de locales que son necesarios simultáneamente.

2.4. Cálculos de alimentación

2.4.1. Alimentación

Para poder estimar la cantidad total de pienso a emplear en la instalación se determinan en primer lugar los valores de la biomasa máxima mensual de la explotación y de la Tasa de Alimentación Diaria (TAD).

Biomasa máxima mensual:

En primer lugar, se calcula el número de peces final por lote.

$$N^{\circ} \text{ Peces Final/Lote} = \frac{\left(\frac{\text{Producción anual total (kg)}}{N^{\circ} \text{ de lotes}} \right)}{\text{Peso final pez (kg)}}$$

Por otro lado, se obtiene la biomasa inicial para cada lote a partir del número inicial de peces por lote (cuyos valores se pueden obtener a partir de los porcentajes de supervivencia) y del peso inicial (g) a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa inicial (kg)} = \text{Peso inicial peces (kg)} \times N^{\circ} \text{ Peces inicial}$$

De forma similar, los valores de biomasa final por lote de los peces se obtienen a partir del número final de peces (estimable a partir de los valores de porcentajes de supervivencia) y de su peso final (g), empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa final (kg)} = \text{Peso final peces (kg)} \times N^{\circ} \text{ Peces final}$$

Tomando los valores mensuales de biomasa inicial y biomasa final se pueden calcular los incrementos mensuales de biomasa de cada lote y año (para el cálculo del incremento anual se toma la suma de las biomásas iniciales y finales de cada lote dentro del mismo año):

$$\text{Incremento de biomasa} = \text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}$$

Tasa de Alimentación Diaria:

La Tasa de Alimentación Diaria (TAD) consiste en la cantidad de pienso (Expresada en kg) por cada 100 kg de biomasa y por día. Su valor es específico para los diferentes pesos, fases del ciclo de producción y temperaturas.

Empleando el peso medio de cada mes (que se obtiene por el promedio entre el peso inicial y el peso final del mes), así como su temperatura media y a partir de las tablas de datos proporcionadas por el pienso ECOTEX se obtienen los diferentes valores mensuales de la TAD para cada lote. El pienso a emplear variará entre pienso extrusionado y pienso en migas según la fase de crecimiento, siendo sus TAD también distintas.

Una vez estimados estos últimos, se emplea la siguiente expresión para determinar la cantidad de pienso empleado mensualmente en cada lote:

$$\text{Kg de pienso} = \frac{\text{TAD (kg pienso100/ kg pez)} \times \text{Biomasa media (Kg)} \times \text{días}}{100}$$

Finalmente, se puede estimar la cantidad total de pienso empleado anualmente para la explotación sumando los valores mensuales y de cada lote de kg de pienso.

2.4.2. Índices de conversión

El índice de conversión (IC) permite otorgar un valor a la eficacia con la que se transforma el alimento ingerido en biomasa. Este se utiliza para determinar la cantidad de pienso necesaria (kg) para que el pez aumente su peso en un kg.

El índice de conversión se calcula para los diferentes tipos de pienso a partir de la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{Kg \text{ de pienso}}{\text{Incremento de biomasa}}$$

2.5. Estimación de caudales

Para poder determinar el caudal de agua necesario de la explotación se calculan tanto el caudal que proporcione oxígeno suficiente para la supervivencia de los peces (caudal de aporte de oxígeno), como el caudal necesario para la eliminación del amoníaco que estos producen durante su actividad biológica (caudal de eliminación de amoníaco). Ambas necesidades de caudal se calculan mes a mes para todos los lotes y se establece como a caudal de la explotación aquel más restrictivo en cada mes.

2.5.1. Caudal de aporte de oxígeno

Para la estimación del aporte de oxígeno necesario se considera que este será aportado por el caudal de entrada de agua a los tanques y que el sistema se encuentra en equilibrio, de forma que el oxígeno proporcionado tendrá el mismo valor que consumido en la propia instalación (O_2 Consumido = O_2 Aportado).

El consumo de oxígeno se ve afectado por la biomasa de peces presente en el tanque y de la temperatura de la instalación, tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$O_2 \text{ consumido} = \text{Biomasa (kg)} \times TCO \left(\frac{\text{mg de oxígeno}}{\text{kg de biomasa/h}} \right)$$

Siendo la TCO la Tasa de Consumo del Oxígeno, la cual se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$TCO \left(\frac{\text{mg de oxígeno}}{\text{(kg de biomasa)/h}} \right) = 37,835 \times T^a (C^\circ) \times Pm^{(-0,138)} (g)$$

Donde Pm consiste en el peso medio mensual de los peces.

Por el otro lado, para el cálculo del oxígeno aportado se consideran el caudal de entrada de agua, así como el oxígeno disponible, el cual depende de los valores de la solubilidad del oxígeno y de la concentración mínima disponible para la especie seleccionada. A continuación, se representan las expresiones a emplear:

$$\text{Oxígeno disponible} \left(\frac{\text{mg de } O_2}{\text{m}^3} \right) = \text{Sol oxígeno} \left(\frac{\text{mg de } O_2}{\text{m}^3} \right) - C_{\text{mín}} \left(\frac{\text{mg de } O_2}{\text{m}^3} \right)$$

- Sol oxígeno: Solubilidad del oxígeno
- $C_{\text{mín}}$: Concentración mínima disponible para la especie de estudio.

$$O_2 \text{ Aportado} = Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times Od \left(\frac{\text{mg de } O_2}{\text{m}^3} \right)$$

Igualando las fórmulas oxígeno disponible y oxígeno consumido se puede estimar el caudal necesario a partir de la siguiente expresión:

$$Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \frac{B(\text{kg}) \times TCO(\text{mg/kg/m}^3)}{Od(\text{mg/l})}$$

Siguiendo este procedimiento se calcula el caudal mes a mes de todos los lotes que se encuentren en producción.

2.5.2. Caudal de eliminación de amoníaco (NH_3)

De forma similar al cálculo del caudal de aporte de oxígeno, se considera un sistema en equilibrio, en el cual amoníaco eliminado será el mismo que el amoníaco excretado por los peces.

El amoníaco excretado depende de los valores de la biomasa de los peces que se encuentren en el estanque, así como de la tasa de excreción del amoníaco (que a su vez varía con la temperatura del agua y del peso medio), tal y como se indica en la siguiente expresión:

$$NH_3 \text{ excretado} = B \text{ (Kg)} \times T \text{ ex } NH_3 \left(\frac{\text{mg de } NH_3}{\text{kg}} / \text{h} \right)$$

Por lo que respecta al amoníaco eliminado, este varía según el caudal de entrada y la máxima concentración (Cmax) tolerable para la especie en cuestión, pudiéndose obtener el valor del amoníaco eliminado con la siguiente fórmula:

$$NH_3 \text{ eliminado} = Q(l/h) \times C \text{ max}(mg/m^3)$$

Equiparando las fórmulas de amoníaco excretado y eliminado se despeja el valor de caudal necesario:

$$NH_3 \text{ excretado} = NH_3 \text{ eliminado}$$

$$B (Kg) \times T \text{ ex } NH_3 \left(\frac{\frac{mg \text{ de } NH_3}{kg}}{h} \right) = Q(m^3/h) \times C \text{ max}(mg/m^3)$$

$$Q \text{ de eliminación de } NH_3 \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{B(kg) \times T \text{ ex}((mg/kg)/h)}{C \text{ max}(mg/m^3)}$$

Una vez determinados los caudales mensuales obtenidos por ambos métodos se seleccionará en cada mes el más desfavorable de ambos como al caudal de agua requerido por la instalación, de forma que se cumplirán los requisitos tanto de necesidades de oxígeno como de amoníaco a eliminar.

2.5.3. Caudal para alternativas de recirculación de agua

Para la estimación de las necesidades de caudal requeridas por la alternativa de recirculación del agua, la cual, a diferencia del sistema abierto, se basará en el caudal de eliminación de amoníaco, independientemente de las necesidades de oxígeno de los animales, bajo la premisa de que estas se podrán satisfacer mediante el uso de equipos de oxigenación.

En esta opción se renovará un 10 % del volumen de la piscifactoría al día, estableciéndose así un caudal de renovación, el cual se calculará a partir del volumen existente en la explotación en cada mes y se expresará en m³/h. A partir de los caudales de diseño y de renovación se podrá obtener el caudal de recirculación de agua, que equivale a la diferencia entre estos.

2.6. Necesidades de O₂

En el caso de que los caudales necesarios para la renovación de oxígeno sean demasiado elevados se empleará el caudal necesario para la eliminación de amoníaco producido, de forma que las necesidades de oxígeno se deberán cumplir a través del uso de sistemas de oxigenación.

Las necesidades de oxígeno a cubrir en este escenario se pueden obtener calculando la diferencia entre el caudal hipotético (el caudal de aporte de oxígeno) y el caudal a aportar en el caso de emplear equipos de oxigenación (el caudal de eliminación de amoníaco) y multiplicando dicha diferencia entre el oxígeno disponible, tal y como se indica en las siguientes expresiones:

$$Necesidades\ O_2\ \left(\frac{kg}{h}\right) = (Q(O_2) - Q(NH_3)) \times (O_2\ Disp)$$

Estas se deben estimar para todos los meses teniendo en cuenta la totalidad de los lotes que se encuentren en producción.

En el caso del sistema cerrado no solo se considerarán las necesidades de oxígeno demandadas por la biomasa, sino que también se tomará en cuenta el oxígeno utilizado por los biofiltros al consumir nitrógeno, estableciendo una relación de 4,8 g de O₂ por cada g de N. El oxígeno requerido por los biofiltros se suministrará mediante la aireación de este.

Tras estimar el oxígeno requerido por la biomasa y los biofiltros se deberá calcular el oxígeno disponible en el caudal de oxigenación, el cual se restará a la suma de requerimientos totales de oxígeno, dando lugar al oxígeno requerido por la explotación.

$$O_2\ en\ Q\ de\ renovación = Q\ de\ renovación\ \left(\frac{m^3}{h}\right) \times Od\ \left(\frac{g}{m^3}\right)$$

2.7. Producción de residuos

Para los residuos producidos por la actividad habitual de la explotación, se tienen en cuenta tanto la producción de nitrógeno amoniacal como de fósforo resultantes de la actividad metabólica de los animales. La generación de residuos vendrá determinada por las siguientes fórmulas:

Nitrógeno:

$$N \text{ excretado } \left(\frac{kg \text{ de } N}{tn} \right) = Pienso_{ing} (kg) \times \%PB_{pienso} \times \%N \times D_{proteica} \times T_{exc}$$

$$Excreción \text{ nitrógeno} = (Biomasa (tn) \times T_{exc}(mg/(kg/día)))/1000$$

$$Kg \text{ de excreción de } N \text{ mensuales} = Excreción \text{ nitrógeno} \times N \text{ días por mes}$$

$$Excreción \text{ de } N \text{ total} = \sum Kg \text{ de excreción mensuales}$$

$$Excreción \text{ } N \text{ no disociado} = Excreción \text{ total de } N \times NH_{3Nd}(\%)$$

$$Residuos \text{ sólidos } N \left(\frac{kg \text{ de } N}{tn} \right) = Pienso_{ing} (kg) \times \%PB_{pienso} \times \%N \times (1 - CD_{pb})$$

Siendo:

- $Pienso_{ing}$ el pienso ingerido mensualmente (kg)
- $\%PB_{pienso}$ el porcentaje de proteína bruta que contiene el pienso proporcionado a los animales.
- $\%N$ la cantidad de nitrógeno presente en las proteínas.
- $D_{proteica}$ la digestibilidad proteica.
- T_{exc} se corresponde con tasa de excreción.
- CD_{pb} el coeficiente de digestibilidad de la proteína bruta.
- NH_{3Nd}

Fósforo:

$$P \text{ ingerido} = Pienso_{ing}(kg) \times \%P$$

$$P \text{ excretado } \left(\frac{kg}{tn} \right) = P \text{ ingerido} \times \% \text{ de exc del fósforo} \times CD_{Ap}$$

$$P \text{ particulado en heces} = P \text{ ingerido} \times \left(1 - \frac{CD_{Ap}}{100} \right)$$

Siendo:

- P ingerido, el fósforo ingerido por los animales.
- %P, el porcentaje de fósforo presente en el pienso proporcionado a los animales.
- Pienso_{ing} el pienso ingerido mensualmente (kg).
- CD_{Ap} el coeficiente de digestibilidad.

Los valores de producción de estos residuos son importantes para conocer el posible impacto ambiental que pueda conllevar el desarrollo de la explotación, así como para el dimensionado de diferentes sistemas de filtrado. Debido a esto, también será importante conocer la cantidad de residuos sólidos restantes que se vierten en el cauce del río tras haber pasado por la balsa de sedimentación, a la cual se le atribuye una retención del 80 % de los sólidos que la atraviesan.

En el caso de que se pretenda recircular el agua del sistema, el caudal de agua devuelto al río se verá reducido a los caudales de renovación del agua (equivalente a un 10 % diario del agua del sistema) y el caudal residual de los drumfilter (el cual se encuentra alrededor de un 2 % del caudal tratado). De esta forma, los residuos que llegarán a la balsa de sedimentación presentarán una mayor concentración de kg de residuos sólidos por litro de agua, pero se verán reducidos a los residuos provenientes de los caudales de recirculación y al caudal residual paralelo, proveniente de los drumfilters. Se considerará así que la filtración de sólidos eliminará del caudal de recirculación un 75% de los residuos sólidos (Que serán transportados por el caudal paralelo), mientras que el 25 % restante será devuelto al sistema.

Debido a que la alternativa explorada en el proyecto no consiste en un sistema propiamente cerrado (RAS), ya que no se calienta el agua antes de devolverla al sistema, la cantidad de pienso consumido y el crecimiento de los animales no se verá afectado, manteniendo así estable la cantidad de residuos que estos generan inicialmente.

Por último, también es importante destacar que los biofiltros reducirán gran parte de los residuos de amoníaco excretados por los peces a nitratos, los cuales presentan una menor toxicidad.

2.8. Dimensionado de elementos de recirculación

En el caso de recircular el agua, esta deberá pasar antes por una serie de tratamientos y elementos de filtrado:

- Drumfilter:

El primer tratamiento al que se someterá el agua será una filtración mecánica, llevada a cabo por filtros rotatorios de tambor (drumfilter), con los cuales se pretenderá mejorar la calidad de agua, reduciendo la concentración de sólidos en suspensión a un máximo de 25 mg/l. Estos contarán con una serie de mayas lo suficientemente finas como para impedir la entrada de desechos que puedan tener efectos perjudiciales sobre los organismos, manteniendo a su vez un caudal regular de acuerdo con el de la instalación.

Se instalará un drumfilter para cada una de las fases del ciclo de producción, empleando mayas de 40 micras (y una carga hidráulica de 21,5 l/s/m²) para las fases de alevinaje y pre engorde, mientras que para la fase de engorde se utilizará una maya de 60 micras, con una carga hidráulica de 29,5 l/s/m². En la Tabla 8 se resumen las características de ambas mayas.

Tabla 8. Características drumfilter para una calidad de agua de 25 mg/l. Fuente: Elaboración propia.

Mayas (micras)	Carga hidráulica (l/s/m ²)	(mg/s/m ²)
40	21,5	537,5
60	29,5	737,5

A partir de los valores de carga hidráulica se estimará la superficie requerida para cada fase, mediante el caudal máximo requerido en cada una de las fases entre la carga hidráulica correspondiente. Se deberá tener en cuenta para el diseño el mes más desfavorable para cada una de las fases de desarrollo, ya que no tiene por qué coincidir entre ellas el mes con mayor biomasa total.

$$Maya (m^2) = Q (l/s) / HLR (l/s/m^2)$$

- Biofiltro:

Se dimensionarán biofiltros separados para cada una de las fases de producción, determinando en primer lugar la capacidad de eliminación del biofiltro, la cual depende de la temperatura y viene dada por la siguiente expresión:

$$r_{TAN} (g/(m^2 \text{ y día})) = 0,096 \times e^{0,093 \times T(^{\circ}C)}$$

Acto seguido, se empleará la capacidad de eliminación previamente calculada para determinar el área requerida de material de filtrado, empleando el nitrógeno amoniacal del mes más desfavorable en la siguiente fórmula:

$$A (m^2) = TAN (g/día) \times r_{TAN} (g/(m^2 \text{ y día}))$$

A continuación, y partiendo de la premisa de que la superficie específica del material filtrante del biofiltro es de 158 m²/m³, se emplearán las siguientes expresiones para determinar tanto el volumen de material filtrante requerido como el del propio biofiltro (Asumiendo un índice de vacío de 0,7):

$$V_{Elementos Filtrantes} (m^3) = A (m^2) / Sup. esp (m^2/m^3)$$

$$V_{Biofiltro} (m^3) = V_{Elementos Filtrantes} (m^3) / Índice de vacío$$

Llegados a este punto, se utilizará el diseño el caudal del mes más desfavorable, así como una carga hidráulica máxima de 15 m³/m² y h, para el cálculo del área seccional del biofiltro, tal y como se expresa en la siguiente ecuación:

$$A_{seccional} (m^2) = Q (m^3/h) / HSL (m^3/(m^2 y h))$$

Se terminará con el dimensionado de los biofiltros con el cálculo del diámetro y la altura de estos:

$$Altura (m) = \frac{V_{biofiltro}(m^3)}{A_{seccional} (m^2)}$$

$$Diámetro(m) = 2 \times \sqrt{(A_{seccional} (m^2) / \pi)}$$

3. Resultados

3.1. Simulación de lotes

En la Tabla 9 se exponen de forma resumida la duración de diferentes periodos de crecimiento según su fecha de inicio, así como el peso final alcanzado. Para el cálculo de estos valores se ha empleado el modelo del Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC), despejando el valor del peso final de cada mes hasta alcanzar el peso objetivo. Para ello se han empleado las temperaturas medias representadas en la Tabla 1, así como una temperatura efectiva de 3 C°.

Tabla 9. Simulación de lotes. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Fecha inicio	Fecha fin	Duración (Días)	Peso final (g)
Enero	01-ene	17-ago	594	801,2
Febrero	01-feb	24-ago	570	804,1
Marzo	01-mar	05-sep	554	800,6
Abril	01-abr	20-sep	538	800,1
Mayo	01-may	11-oct	529	802,1
Junio	01-jun	07-nov	525	800,6
Julio	01-jul	21-dic	539	801,4
Agosto	01-ago	16-mar	593	800,0
Septiembre	01-sep	05-may	612	800,1
Octubre	01-oct	13-jun	621	800,3
Noviembre	01-nov	15-jul	622	803,1
Diciembre	01-dic	02-ago	610	802,3

Se expone en la siguiente figura las diferentes curvas de crecimiento que se han obtenido a partir del modelo del CTC en las que se representa los incrementos de peso (g) mensuales según el mes en el que se inicie la producción:

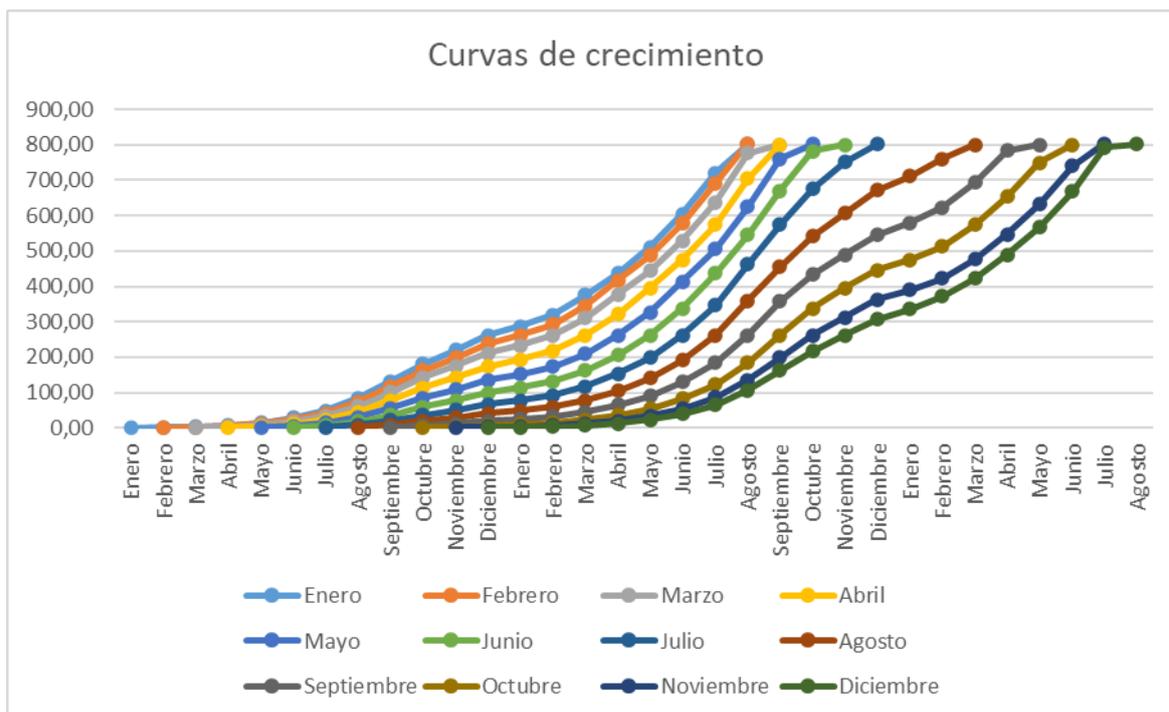


Figura 1. Curvas de crecimiento lotes simulados (g/mes). Fuente: Elaboración propia.

3.2. Planificación de la producción

El volumen de producción anual se dividirá en cuatro lotes con fechas de finalización equidistantes entre sí. De esta forma, cada uno de los lotes seleccionados terminará su producción con una diferencia de tres meses respecto al anterior.

En la Tabla 10 se exponen las fechas escogidas para el inicio de la actividad de los diferentes lotes, así como las fechas finales, la duración de cada uno de ellos y la estimación del peso final medio que alcanzarán.

Tabla 10. Lotes seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Lotes elegidos	Fecha inicio	Fecha final	Nº días	Peso medio final (g)
Junio (L1)	01-jun	07-nov	525	800
Julio (L2)	15-jul	07-feb	572	803
Septiembre (L3)	02-sept	07-may	613	800
Diciembre (L4)	09-dic	07-ago	606	800

La selección de los lotes toma como referencia la simulación de los diferentes lotes mensuales de la Tabla 8, mientras que su duración se ha obtenido mediante el método del Coeficiente Térmico de Crecimiento.

Para la selección de las fechas de partida de los lotes se han seguido los siguientes criterios:

- Emplear el lote de la Tabla 9 que menos tiempo se prolongue (El lote con la fecha de inicio el 1 de junio, con una duración de 525 días).
- Evitar aquellos que se puedan extender durante periodos más elevados (Como los puedan ser aquellos cuya puesta en producción empiece en los meses de octubre o noviembre).
- Sacar el producto de la granja en fechas próximas a festividades del municipio más cercano a la explotación. En el caso del municipio de Calles se busca fechas alrededor de mayo por las fiestas de la patrona de Calles, Santa Quiteria, así como en agosto para la llegada de las fiestas patronales tanto de Calles como de Chelva.

De esta forma se pretende terminar con el proceso productivo de los lotes en fechas cercanas a estas festividades, con el objetivo de comercializar el producto a locales (Como puedan ser restaurantes y bares) de municipios cercanos en épocas con una mayor demanda.

- De forma similar, al terminar la producción del primer lote (L1) a inicios de noviembre se abre la posibilidad de vender producto congelado para las fiestas de Navidad y año nuevo, asumiendo que la demanda se incrementará para estas fechas.
- Por último, se toma como criterio esencial conseguir que los diferentes lotes saquen su producción exactamente con tres meses de distancia.

3.3. Número de tanques

Para el cálculo del número de tanques necesario, así como para diversos factores de la gestión, previamente se deben estimar los valores de biomasa y el número de peces

presente en cada uno de los lotes y de los meses de sus respectivos ciclos productivos. Así mismo, es de vital importancia determinar el número de peces inicial necesario para alcanzar el objetivo productivo previamente establecido.

En la Tabla 11 se exponen los valores de las biomاسas y pesos iniciales y finales para cada uno de los lotes. La cantidad de peces a lo largo del desarrollo de los lotes, así como los iniciales se establecen a partir de los valores de mortalidad y supervivencia marcados en la Tabla 2. Las diferentes biomاسas son producto del número de peces presente en cada lote por el respectivo peso medio.

Tabla 11. Valores iniciales y finales de biomasa y número de peces. Fuente: Elaboración propia.

Lotes elegidos	Biomasa inicial (kg)	Biomasa final (Kg)	Nº Peces inicial	Nº peces final
Junio (L1)	82,2	125086	205592	156250
Julio (L2)	82,2	125484	205592	156250
Septiembre (L3)	82,2	125113	205592	156250
Diciembre (L4)	82,2	125013	205592	156250

A partir de estos datos, así como de las biomاسas mensuales de cada uno de los lotes se puede calcular el número de tanques necesario. Mediante el uso de estos, así como de las densidades máximas y las medidas de los tanques modelo establecidas en la Tabla 4 se establece el número de estanques necesario mes a mes para cada lote.

En la Tabla 12 se expone de forma resumida el máximo número de tanques que será necesario para su respectivo grupo a lo largo de un mismo ciclo productivo.

Tabla 12. Número máximo de tanques por lote. Fuente: Elaboración propia.

Lotes elegidos	Nº tanques máximo		
	Alevinaje	Pre-engorde	Engorde
Junio (L1)	6	4	14
Julio (L2)	4	3	14
Septiembre (L3)	8	3	14
Diciembre (L4)	8	2	14

Para poder establecer el total de tanques necesarios para la explotación completa, en la Tabla 13 se muestran de forma resumida las cantidades necesarias para cada mes y cada tipo de tanque tras el solapamiento de los diferentes lotes en un mismo año. Así mismo, en la Tabla 14 se expone la sobreposición en un mismo año de los tanques de los diferentes lotes que se encuentran en producción.

Tabla 13. Número de tanques necesarios mensualmente. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Tipo de tanques		
	Alevinaje	Pre engorde	Engorde
Enero	8	0	44
Febrero	8	0	44
Marzo	0	2	32
Abril	0	2	38
Mayo	0	0	46
Junio	6	0	36
Julio	4	4	36
Agosto	0	7	48
Septiembre	8	0	42
Octubre	0	3	44
Noviembre	0	3	54
Diciembre	8	0	42

Tabla 14. Sobreposición de tanques necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Año 1				Año 2				Año 3			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Enero		14	14	8	4	2	2	8				
Febrero		14	14	8	4	2	2	8				
Marzo			14	8	4	4	2	2				
Abril			14	14	4	4	2	2				
Mayo			14	14	8	4	4	2				
Junio				14	8	8	4	2	6			
Julio				14	8	8	4	2	4	4		
Agosto				14	14	8	8	4	4	3		
Septiembre					14	14	8	4	2	3	8	
Octubre					14	14	8	4	2	2	3	
Noviembre					14	14	14	8	2	2	3	
Diciembre						14	14	8	2	2	2	8

De esta forma se obtienen los valores de la Tabla 15, en la que se expone el número de tanques de los diferentes tipos con los que contará la explotación:

Tabla 15. Tanques necesarios para la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Número máximo de tanques		
Alevinaje	Pre engorde	Engorde
8	8	54

Cabe destacar que, por cuestiones de distribución y diseño de los estanques, así como de gestión de los animales, se ha optado por emplear ocho tanques de pre-engorde en lugar de los siete que las Tablas 13 y 14 establece como la cantidad necesaria.

3.4. Cantidad de pienso e índice de conversión

En la Tabla 16 se expone el pienso necesario para los lotes coincidentes en un mismo año productivo, mientras que en la Tabla 17 se muestran las cantidades de pienso necesarias mensualmente para el conjunto de la explotación durante un mismo año.

Tabla 16. Sobreposición alimentación mensual de los lotes de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Año 1				Año 2				Año 3			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Enero		22600,0	17056,0	13727,2	5080,5	3799,1	1954,5	181,7				
Febrero		5560,3	17318,8	14218,7	5475,9	4162,6	2264,3	302,4				
Marzo			23601,8	19429,2	7923,4	6157,5	3539,5	589,6				
Abril			27601,7	17315,4	10086,5	6348,3	3965,7	850,3				
Mayo			7026,1	21071,4	13226,9	8744,2	5856,0	1608,8				
Junio				25610,8	17191,5	11747,8	6655,9	2827,3	9,2			
Julio				31860,4	23405,0	16334,2	9937,8	4040,2	882,0	104,7		
Agosto				8379,5	24591,1	22831,4	14553,9	6892,6	1396,2	677,1		
Septiembre					29285,9	22699,5	19357,6	8398	2931,7	1114,3	12,6	
Octubre					31189,0	24580,6	22828,5	10954,8	3914,99	2214,2	925,5	
Miga					6443,5	22946,4	16912,6	11711,0	4870,9	3110,3	991,4	
Extrusionado					0	24949,8	18623,9	13753,4	6300,5	3368,2	1563,1	38,1

Tabla 17. Necesidades mensuales de alimentación de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Miga (g)	Extrusionado (kg)
Enero	181	64
Febrero	302	49
Marzo	589	60
Abril	0,0	66
Mayo	0,0	57
Junio	9,2	64
Julio	986	85
Agosto	677	78
Septiembre	12	83
Octubre	925	95
Noviembre	0,0	67
Diciembre	38	68

En la Tabla 18 se pueden observar las cantidades de pienso totales necesarias para cada lote a lo largo de su ciclo productivo.

Tabla 18. Necesidades anuales de alimentación por lote. Fuente: Elaboración propia.

Lote	Kg alimentación / lote		
	Miga	Pienso	Total alimento
Junio (L1)	891	193313	194204
Julio (L2)	781	213268	214050
Septiembre (L3)	938	221609	222547
Diciembre (L4)	1111	212648	213760
Total anual	3722	840840	844562

Por último, se obtiene el valor del índice de conversión de la granja, tal y como aparece en la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\text{Incremento de Biomasa total (kg)}}{\text{Consumo anual de pienso (kg)}} = \frac{499822916}{844562} = 1,69$$

3.5. Caudales necesarios

En la Tabla 19 se exponen los caudales máximos calculados para el conjunto de la explotación por los criterios de renovación de oxígeno y eliminación de amoníaco respectivamente.

*Tabla 19. Necesidades de caudal mensuales para Renovación de Oxígeno y Eliminación de Amoníaco.
Fuente: Elaboración propia.*

Mes	Caudal máximo (m ³ /h)	
	Renovación de O ₂	Eliminación de NH ₃
Enero	4027	244
Febrero	4936	294
Marzo	4796	340
Abril	6621	471
Mayo	7993	609
Junio	7072	518
Julio	9537	706
Agosto	13146	981
Septiembre	11055	836
Octubre	9994	751
Noviembre	7834	541
Diciembre	5635	375

Debido a los elevados caudales necesarios para cubrir las necesidades de oxígeno de los animales, se opta por emplear sistemas de oxigenación, estableciendo, así como caudal de la explotación el calculado para la eliminación de amoníaco, tal y como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Necesidades mensuales de caudal de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Caudal máximo (m ³ /h)	
Mes	Con oxigenación
Enero	244
Febrero	294
Marzo	340
Abril	471
Mayo	609
Junio	518
Julio	706
Agosto	981
Septiembre	836
Octubre	751
Noviembre	541
Diciembre	375

En la Figura 2 se muestra la diferencia entre los caudales de la explotación según si se emplean sistemas de oxigenación o no.

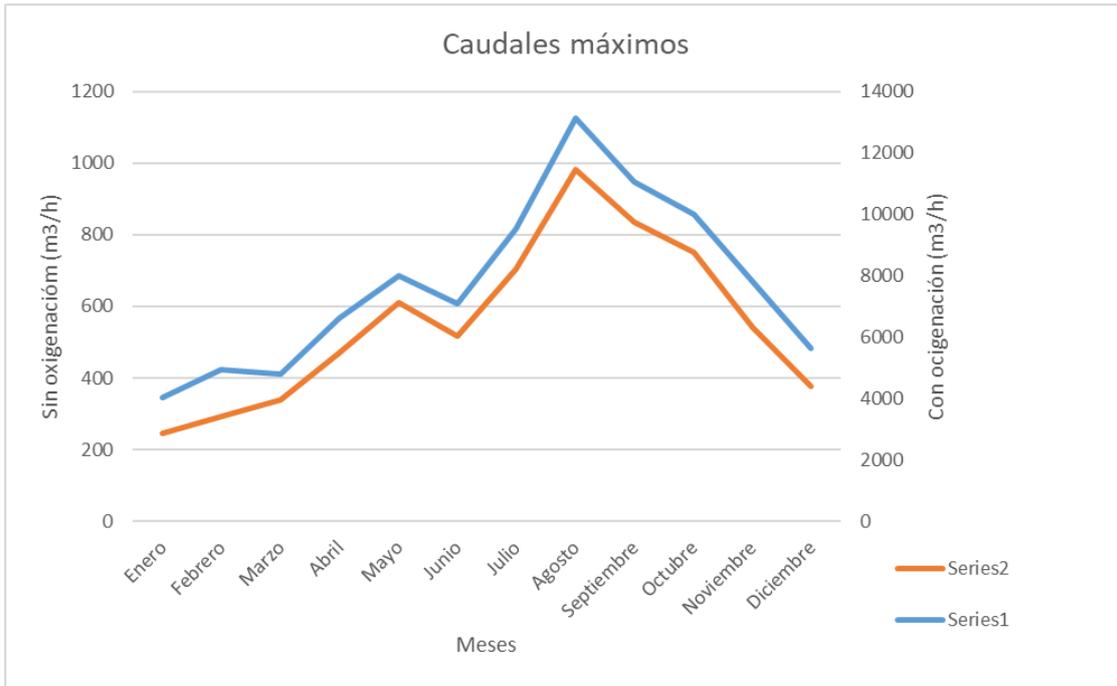


Figura 2. Comparación caudales Sin Oxigenación (Series 1) y Con Oxigenación (Series 2) para un sistema abierto. Fuente: Elaboración propia.

Por lo que respecta a la alternativa de recircular el agua, en la Tabla 21 se muestran las necesidades del caudal de renovación requerido por la explotación para este tipo de diseño.

Tabla 21. Necesidades de Caudal de Renovación de agua para la alternativa de recirculación. Fuente: Elaboración propia.

	Caudal de renovación (m ³ /h)
Enero	24
Febrero	29
Marzo	34
Abril	47
Mayo	61
Junio	52
Julio	71
Agosto	98
Septiembre	84
Octubre	75
Noviembre	54
Diciembre	38

Finalmente, en la Figura 3 se comparan las necesidades totales de caudal para el conjunto de la explotación de ambas alternativas, siendo estas muy superiores en el caso de establecer un sistema abierto.

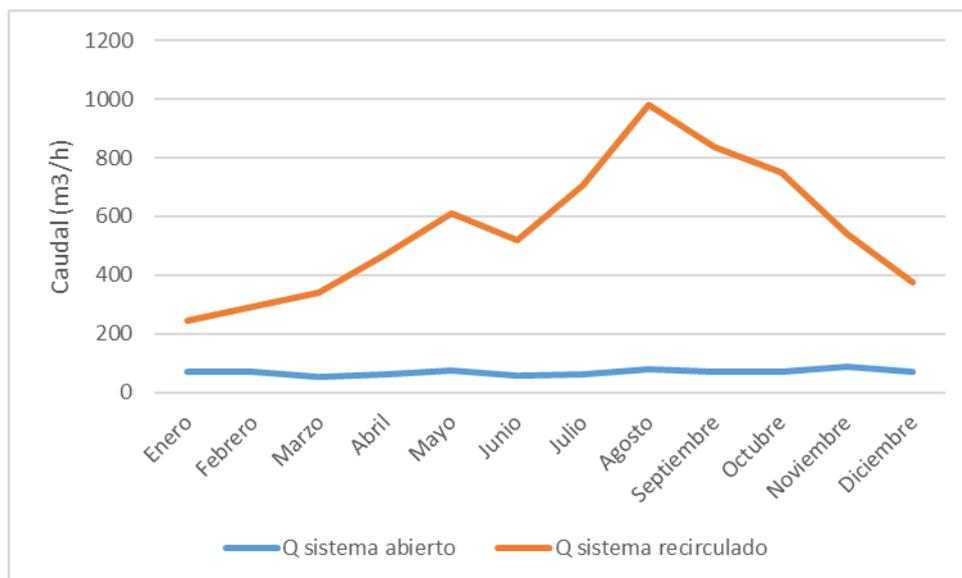


Figura 3. Comparación necesidades de caudal para las diversas alternativas. Fuente: Elaboración propia.

3.6. Necesidades de oxígeno

En primer lugar, se estiman los requerimientos de oxígeno para el sistema abierto. En la Tabla 22 y la Figura 4 se muestran las necesidades de oxígeno del conjunto de la explotación a lo largo de un año productivo en el caso de emplear un sistema abierto convencional.

Tabla 22. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Necesidades Oxígeno (kg/h)
Enero	28
Febrero	34
Marzo	30
Abril	40
Mayo	46
Junio	39
Julio	51
Agosto	67
Septiembre	56
Octubre	56
Noviembre	50
Diciembre	36

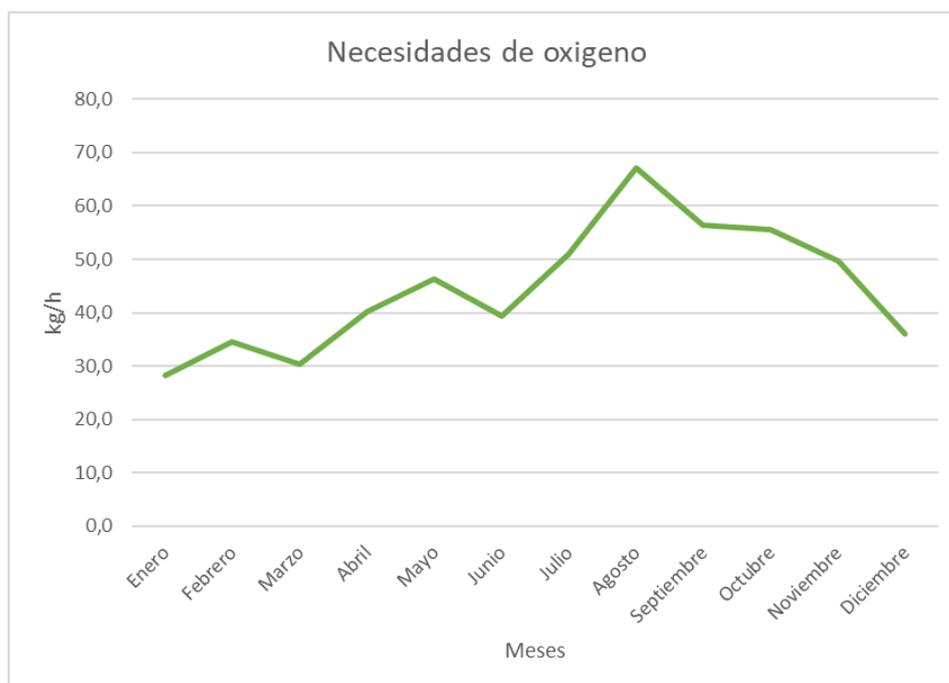


Figura 4. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, en la Tabla 23 y la Figura 5 se expresan estas mismas necesidades de oxígeno en el caso de que se recircule parte del caudal por el sistema.

Tabla 23. Necesidades mensuales de oxígeno para recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia.

Meses	Necesidades Oxígeno (Kg/h)
Enero	42
Febrero	45
Marzo	43
Abril	54
Mayo	58
Junio	53
Julio	69
Agosto	84
Septiembre	74
Octubre	76
Noviembre	64
Diciembre	50



Figura 5. Necesidades mensuales de oxígeno de la explotación con recirculación de agua. Fuente: Elaboración propia.

3.7. Desechos

En las siguientes figuras se comparan los kilogramos de desechos mensuales (tanto de nitrógeno como de fósforo) que se generan a lo largo de un año productivo en la explotación para la alternativa de un sistema de agua abierto. Estos valores corresponden con el pienso que los animales ingieren, pero no llegan a digerir, y se distinguirá en las figuras entre la excreción total de los animales y la excreción de residuos sólidos, desechos particulados en heces.

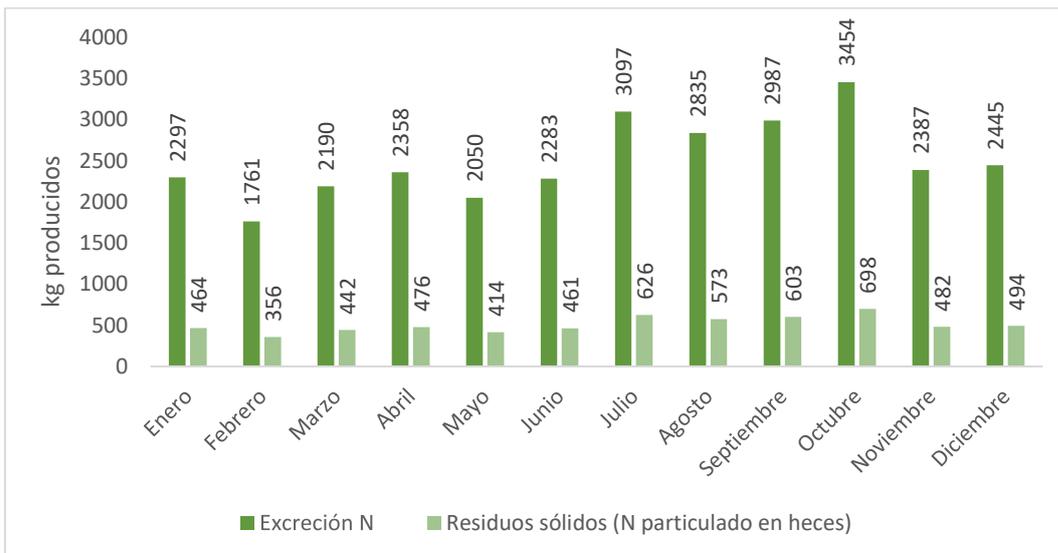


Figura 6. Cantidad de residuos de nitrógeno generados en la explotación. Fuente: Elaboración propia.

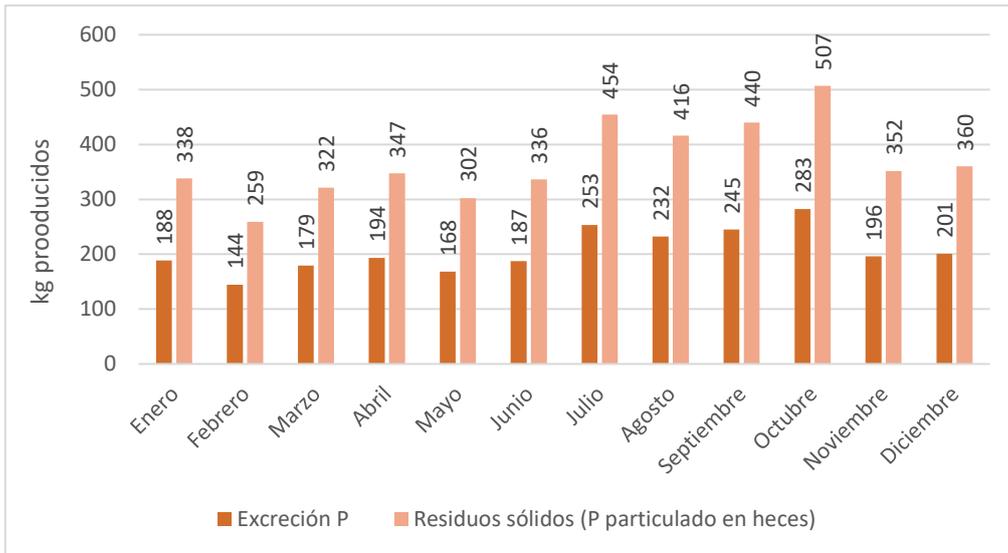


Figura 7. Cantidad de residuos de fósforo generados en la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Lógicamente, cuanto mayor sea el volumen de animales en la explotación mayor será la cantidad de desechos, debido al mayor número de organismos y consumo de pienso.

También se expone en la Figura 8 la cantidad de residuos sólidos que saldrán de la balsa de sedimentación y que por tanto serán liberados al río.

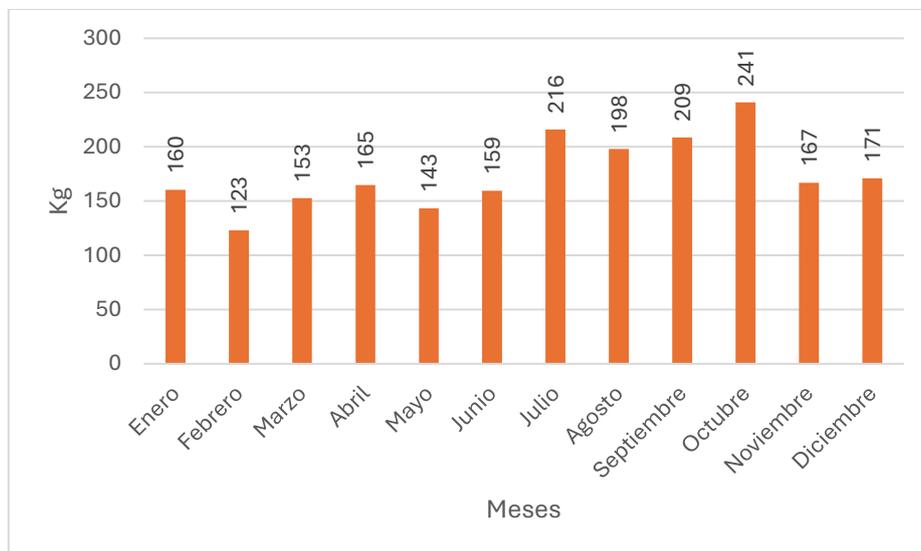


Figura 8. Residuos sólidos anuales liberados al cauce del río. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la opción de recircular el agua, los residuos generados inicialmente por los animales serán los mismos, puesto que no se alterará ni el consumo de pienso ni el crecimiento de estos, ya que las temperaturas serán iguales para ambos métodos. Sin

embargo, la presencia de elementos de filtrado, así como de un menor caudal de agua liberado al medio, implicarán a su vez una menor llegada de dichos residuos a la balsa de sedimentación y, por tanto, una menor devolución de residuos al cauce del río. De esta forma, se muestran en la Figura 9 los residuos sólidos que llegan a la balsa de sedimentación, así como los que se liberan al medio.

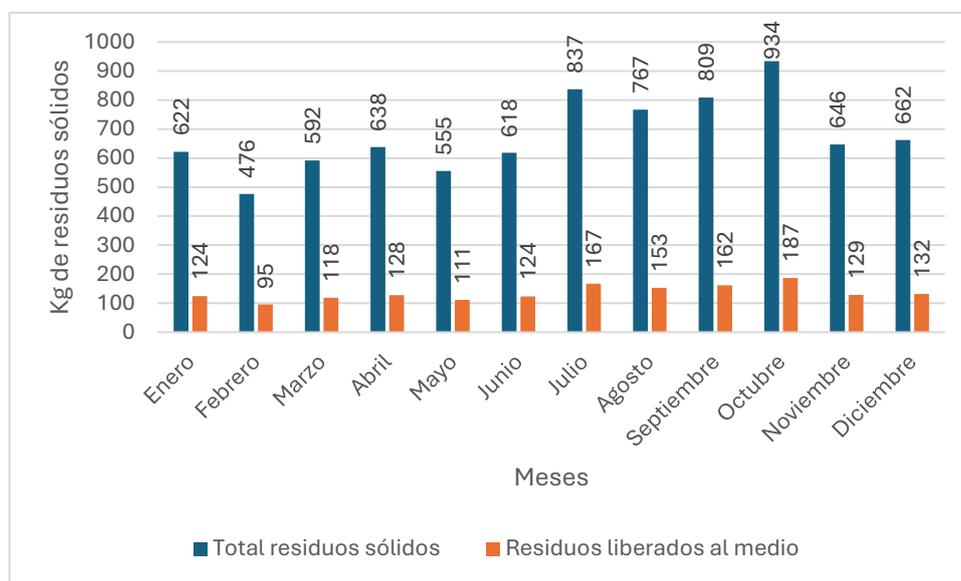


Figura 9. Cantidad de residuos sólidos que llegan anualmente a la balsa de sedimentación y residuos devueltos al cauce del río. Fuente: Elaboración propia.

3.8. Elementos de filtrado

A continuación, se expone el dimensionado de los diferentes elementos de filtración asignados a cada una de las fases de crecimiento de los animales para la alternativa de recircular el agua:

- Drumfilter:

Estos se encargarán de la filtración mecánica de la piscifactoría, tratando de impedir que los sólidos en suspensión no superen 25 mg/l, tal y como ya se ha expuesto en el apartado de material y métodos.

En la Tabla 24 se exponen las superficies de maya necesarias para los drumfilter de cada una de las etapas de crecimiento, así como el tipo de maya y el caudal máximo que tendrán que soportar.

Tabla 24. Superficie de maya requerido para cada drumfilter. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Maya (micras)	Q (l/s)	Superficie de maya (m ²)
Alevinaje	40	8,3	0,39
Pre engorde	40	11,1	0,52
Engorde	60	261,1	8,85

- Biofiltro:

Una vez terminada la filtración mecánica y la consecuente eliminación de sólidos suspendidos, el agua pasará por el filtro biológico, convirtiendo el amoníaco excretado por los peces en nitrato, el cual es mucho menos tóxico.

Se exponen a continuación las dimensiones de los biofiltros para cada una de las etapas de crecimiento de los peces en la Tabla 25:

Tabla 25. Dimensiones de cada biofiltro. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Alevinaje	Pre engorde	Engorde
V Material filtrante (m ³)	15	52	1063
V Biofiltro (m ³)	22	74	1518
Número de Biofiltros	1	1	3
Altura biofiltros (m)	1,84	1,24	0,75
Diámetro (m)	3,9	8,7	29

4. Equipo e instalaciones complementarias

Además de los tanques en los que se distribuirán los animales y los canales encargados de distribuir el agua a estos últimos, la explotación deberá contar con una serie de instalaciones y equipos complementarios.

- Captación de agua:

El agua destinada a los estanques se captará del río Tuéjar. La cota de este punto de captación debe permitir la distribución de agua por gravedad, prefiriéndose

colocarlo contra corriente y en la orilla exterior de una curva para reducir la entrada de sólidos.

También cabe destacar la importancia de la construcción de un azud, elemento consistente en una presa de pequeño tamaño que tendrá por objetivo mantener un nivel de agua constante en el río y que debe permitir el paso libre de las poblaciones de peces naturales.

Otro elemento importante en el canal de captación de agua para la explotación consiste en un desarenador; un ensanchamiento del canal que permite la deposición de sólidos mediante la disminución de la velocidad del agua.

Por último, cabe destacar la posibilidad de emplear una rejilla con 8 mm de separación entre barras en la entrada del canal para evitar la entrada de peces del río.

- Rejillas:

Se colocan rejillas en los canales previa a la entrada a los tanques, evitando así la entrada en estos últimos de contaminantes y otros sólidos. Estas se colocarán con una inclinación del 40 % para evitar posibles obturaciones.

- Sistemas de oxigenación:

El método empleado para cubrir las necesidades de oxígeno de los animales consiste en el uso de hidroeyectores.

- Balsa de sedimentación:

La función de esta es la eliminación de sólidos en suspensión a la salida de la piscifactoría, reduciendo así el vertido de pienso y heces en cauces públicos.

Su funcionamiento se basa en reducir la velocidad de circulación del agua mediante el aumento de su sección, depositando así sus residuos en la parte más profunda de la balsa.

La sección longitudinal de esta presentará una zona más profunda que.

La superficie estandarizada para este elemento es el 10% de la superficie total de los estanques.

A continuación, se muestra el proceso de cálculo para estimar la superficie de la balsa de decantación de la explotación:

Tabla 26. Cálculo superficie total tanques. Fuente: Elaboración propia.

Tipo tanque	Nº tanques	Dimensiones tanques	Superficie tanques (m ²)	Superficie total (m ²)	Superficie total (m ²)
Alevinaje	8	15 x 2 x 0,5	30	240	17240
Pre - engorde	8	25 x 4 x 0,75	100	800	
Engorde	54	50 x 6 x 1,25	300	16200	

$$S \text{ Balsa sedimentación (m}^2\text{)} = S \text{ total tanques(m}^2\text{)} \times 0,1 = 17240 \times 0,1 \\ = 1724$$

Finalmente, las dimensiones seleccionadas para la alternativa del sistema abierto son de 35 x 50 m (1750 m²).

Sin embargo, en el caso de que la alternativa tomada sea recircular el agua, las dimensiones de la balsa de sedimentación serán inferiores, debido a que la salida de agua de la explotación será mucho más reducida, limitándose al agua reemplazada por el caudal de renovación y al agua residual proveniente de los filtros mecánicos. De esta forma se diseña la balsa a partir del caudal que llegara a ella (De 0,024 m³/s) y de una velocidad de sedimentación estándar de 0,0011 m/s, obteniendo así unas dimensiones de 8 x 2,8 m (22,10 m²).

- Maquinaria complementaria:

Con elementos como:

- Grupo electrógeno.
- Sistemas de control.
- Bombas para el despesque.
- Bombas clasificadoras.
- Equipos de matanza, eviscerado, envasado y pesado.
- Alimentadores, balanzas y otras maquinarias.

No se emplean sistemas de esterilización del agua como lámparas ultravioletas debido a que por su elevado coste se suelen reservar a instalaciones de investigación o reproducción. Tampoco se emplean sistemas de calentamiento de agua debido a los costes que pueden conllevar.

Por lo que respecta a los tanques, los empleados para la fase de alevinaje se situaran dentro una nave de 30 x 30 m. El principal motivo de esta decisión será la protección de

los peces durante la etapa más vulnerable del proceso productivo frente a condiciones climáticas adversas y la posible presencia de depredadores.

Así mismo, la explotación contará con una nave complementaria (24 x 24 m), la cual se organizará en las siguientes secciones:

- Vestuarios.
- Sala recreativa y de descanso.
- Oficinas.
- Baños.
- Sala de maquinaria.
- Almacén: Donde se almacenarán diferentes maquinarias y equipos, así como piensos y otros materiales.
- Cámaras frigoríficas, con su recepción en frío para permitir la recogida del producto para su extracción de la explotación.

5. Análisis económico

A lo largo de este apartado se exponen los diferentes procedimientos y datos económicos empleados para poder realizar el balance beneficios/costes de ambas propuestas, permitiendo así la comparación de la rentabilidad cada una de ellas.

5.1. Metodología

5.1.1. Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto de las alternativas se asignarán una serie de precios por unidad a los diferentes gastos, elementos y labores requeridos para la construcción de la infraestructura y la puesta en marcha de estos. Estos precios se descomponen de forma simplificada a continuación:

Obra civil

- Compra del terreno: Este consistirá en el coste de adquisición de los terrenos de la finca en la que se ubicará la explotación. Se adjudica así un precio estandarizado de 3 € por m² de terreno comprado.

- Coste cerramientos: Equivale al coste de los metros lineales del material empleado para establecer el perímetro de la explotación, con un precio establecido de 11 € por metro lineal de material utilizado.
- Toma de agua: En este punto se incluye tanto el coste de la acometida de agua como de la licencia de uso de esta última, asignándole un precio total de 100.000€.
- Estanques de hormigón: Se incluyen los costes de construcción de los tanques, estableciendo así un coste de 50 € por m² de solera del conjunto de los tanques, y de 450 €/m³ para los muros de estos últimos.
- Urbanización: Este incluye los costes de nivelado del terreno, asfaltado y adecentado de los m² en los que se establecerán los caminos de las instalaciones, asignándoles un precio estándar de 6 €/m².
- Cubierta de alevinaje: Este punto incluye el precio de la construcción de la cubierta en la que se resguardarán los tanques de la fase de alevinaje, estableciendo un valor de 60 € por cada metro cuadrado proyectado por esta.
- Canales: Comprende los costes de adecentado del terreno y de construcción de los canales de distribución de agua, de forma que se asigna un gasto de 30 € por metro cúbico de canal.
- Balsa de sedimentación: Esta consiste en un estanque de tierra impermeabilizado, con un precio unitario de 15 €/m².
- Nave complementaria: Por último, dentro de los gastos de obra civil se incluye los costes de construcción de la nave complementaria de la explotación, con un coste unitario estándar de 500 €/m² de superficie proyectada de la nave. Dicha inversión incluye tanto la construcción de la infraestructura, como las redes eléctricas, de fontanería y sanitaria.

Equipos

- Alimentadores automáticos, con un precio de 30.000 €.
- Aireadores (Hidroeyectores), empleando una unidad de alimentación por cada tanque, siendo el precio de estas de unos 30.000 €.
- Bomba de peces, con un precio de 30.000 €.
- Clasificador, con un rendimiento de entre 3 y 6 toneladas por hora, y un precio establecido de 30.000 €.
- Contador, preferiblemente uno de cuatro canales, con un precio de 30.000 €.

- Cámara frigorífica, la cual incluye en su precio el coste la máquina de hielo requerida, equivaliendo a un importe de 500 €/m³.
- Estación electrógena, con un coste de 12.000 € por unidad.
- Drumfilter: Para los elementos de filtrado de sólidos de la explotación se asigna una relación de 10.750 € por m² de maya dimensionada, partiendo de los precios estándar de venta.
- Biofiltro: De forma similar, se reparte el coste de los biofiltros entre los gastos de compra de los elementos que lo componen (unos 850 € por cada biofiltro) y los gastos debidos a la construcción y emplazamiento de estos (con un coste de 95 € por cada m³ de biofiltro estimado).

Otros gastos:

- Gastos generales, que equivaldrán a un 5 % del conjunto de los costes de obra civil y equipos adquiridos.
- Beneficio del constructor, el cual equivale al 6% del conjunto de costes.
- Tasas, permisos y licencias; que se corresponden con un 0,5 % del gasto total.
- Proyecto y dirección de la obra, el cual se corresponde con un 3 % del gasto total.

Se establecerá a sí mismo un período máximo de amortización de 25 años para los gastos de obra civil y del conjunto de la granja, y de 12,5 años para los equipos adquiridos, ya que estos últimos se deberán reemplazar tras pasar dicho periodo. De esta forma se obtendrán las diferentes amortizaciones a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Amortización (€/año)} = \frac{\text{Costes (€)}}{\text{Período de amortización (años)}}$$

5.1.2. Costes de producción

En este apartado se establecerán los costes de producción generados en la granja durante un año de plena producción, que serán clave tanto para establecer un precio de venta como para realizar la proyección a futuro.

Costes de amortización:

Estos incluyen la amortización anual de la inversión inicial de la explotación, la cual comprende la obra civil y la compra de diversos equipos y maquinaria.

Costes de personal:

Para establecer los costes anuales de personal se deberán definir a su vez los diferentes empleados de los que la explotación se deberá ver provista, así como los costes de personal anuales que requerirán:

- Director gerente / Responsable productivo (70.000 €/año)
- Responsable de salud (35.000 €/año)
- Administrativo (28.000 €/año)
- Operarios / Alimentadores (29.000 €/año y empleado, siendo necesarios dos operarios para el correcto funcionamiento de la explotación)
- Mantenimiento (32.000 €/año y empleado, siendo necesarios dos responsables de mantenimiento para el correcto funcionamiento de la explotación)

Costes de obtención de alevines:

Se establece un precio unitario de 0,2 € por alevín como precio estándar de obtención de los alevines, el cual se deberá multiplicar por la cantidad de alevines requerido por la explotación a lo largo de un año.

Costes de pienso y migas:

Dicho coste se descompondrá según el tipo de alimentos en gastos en migas (con un precio unitario de 1,50 € por kg) y gastos en pienso (con un precio unitario de 1,40 € por kg de pienso, establecido por la casa comercial dibaq Diproteg).

Costes de funcionamiento:

- Energía: Para la estimación de los costes energéticos de la explotación se establecerá una relación de 0,096 € por kg producido anualmente. Además, en el caso de recircular el agua también se deberá tener en cuenta el consumo adicional de los equipos de bombeo y filtrado de agua.
- Oxígeno: Estos costes son producto del conjunto de las necesidades de oxígeno de la explotación en un año productivo por un precio unitario de 0,27 € por kg de oxígeno.
- Seguro: Para establecer el coste anual del seguro se multiplicará un precio unitario de 0,015 €/kg de biomasa por el valor máximo de biomasa presente en la explotación.

Otros:

Además de los costes previamente establecidos, se deberán considerar también los costes de encajado y transporte (equivalente a un 0,4 del subtotal de los costes anuales previos), así como otros costes varios (equivalentes a un 0,08 del subtotal de los costes anuales previos).

A partir del total de los costes de producción previamente establecidos y del volumen de producción anual se establecerá un coste unitario por kg producido, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Coste unitario de producción (€/kg)} = \frac{\text{Total costes de producción anuales (€)}}{\text{Volumen de producción anual (kg)}}$$

A partir de estos se establecerá un precio de venta a través de un proceso de iteración, persiguiendo alcanzar un margen de beneficios que permita una rentabilidad superior al 30 %.

$$\text{Beneficios (€/kg)} = \text{Precio de venta (€/kg)} - \text{Coste unitario de producción (€/kg)}$$

$$\text{Ratio beneficio/costes (\%)} = \frac{\text{Beneficios (€/kg)}}{\text{Coste unitario de producción (€/kg)}} \times 100$$

5.1.3. Proyección a 25 años

Por último, se realiza una proyección de los flujos de activos y acumulados en la explotación a lo largo de un período de 25 años, a partir de la cual se podrán obtener tanto el plazo de recuperación de la inversión inicial como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para ello se deberán establecer en primer lugar los pagos anuales realizados en la explotación. Estos se dividirán en pagos ordinarios, que comprenderán la mayoría de los gastos de producción anuales (salvo los costes de amortización), y los pagos extraordinarios. Estos últimos equivalen a las inversiones de la explotación a amortizar, tanto la inicial requerida para la construcción y puesta en marcha de la explotación, como la renovación de los equipos tras el transcurso de 12,5 años.

También será necesario conocer los cobros obtenidos por la explotación, resultado de la venta de la producción. Asumiendo que se logra vender completamente dicha

producción, se obtendrá el valor de estos cobros a partir de la multiplicación de la producción anual por el precio de venta previamente establecido.

Tanto en el caso del cálculo de los pagos como en el de los costes se deberá tener en cuenta que la piscifactoría no se encontrará en plena producción hasta el tercer año productivo, debiéndose realizar el cálculo para los dos primeros años según los valores de biomasa y las ventas de cada uno de estos años.

Una vez se calculen los cobros y pagos anuales de la explotación, se podrán obtener los flujos de caja anuales mediante la diferencia de ambos, tal y como se expresa la siguiente ecuación (En la cual se asume que los pagos anuales adquieren un valor negativo):

$$\text{Flujo de caja anual (€)} = \text{Cobros anuales (€)} + \text{Pagos anuales (€)}$$

A partir de estos resultados, y estableciendo un interés del 8 %, se podrá establecer un flujo de valor actual para cada año. De esta forma se podrá calcular el valor actual de los futuros flujos de caja a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Flujo act (€)} = \text{Flujo de caja(€)} \times (1 + \text{Tipo de interés})^{\text{N}^{\circ} \text{ de períodos (Años)}}$$

Por último, se calculará el flujo acumulado de cada año a partir de los flujos de valor actual. Para ello se realizará para cada año la diferencia entre el valor del flujo de valor actual de cada año de la proyección respecto del anterior, permitiendo así estimar el plazo de recuperación. Este vendrá determinado por el tiempo, expresado en años, que tarde el flujo acumulado en sobrepasar las cifras negativas.

5.2. Resultados

5.2.1. Presupuestos

A partir de los precios previamente establecidos y de las características de diseño de ambas alternativas para el diseño de la explotación se obtienen los siguientes presupuestos:

- Presupuesto 1, para una piscifactoría de ciclo abierto convencional:
3.625.209,32 €
- Presupuesto 2, para una piscifactoría de ciclo abierto con recirculación de agua:
3.897.894,70 €

Además, se presentan ambos presupuestos descompuestos en las Tablas 27, 28 y 29.

Tabla 27. Coste total y amortización anual (25 años) de la Obra Civil de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Compra de terreno	327.180,00 €	327.180,00 €
Coste cerramientos	12.496,00 €	12.496,00 €
Toma de agua y canal	100.000,00 €	100.000,00 €
Estanques de hormigón	1.965.445,00 €	1.965.445,00 €
Urbanización	35.940,00 €	35.940,00 €
Edificio estanques alevinaje	54.000,00 €	54.000,00 €
Canales	31.959,00 €	31.959,00 €
Estanques de tierra impermeabilizado	26.250,00 €	336,00 €
Edificio complementario	288.000,00 €	288.000,00 €
Total obra civil	2.841.270,00 €	2.815.356,00 €
Amortización anual	113.650,80 €	112.614,24 €

Tabla 28. Coste total y amortización anual (12,5 años) de los Equipos de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Alimentadores automáticos	27.280,00 €	27.280,00 €
Aireadores (Hidroeyectores)	126.000,00 €	126.000,00 €
Bomba de peces	30.000,00 €	30.000,00 €
Clasificador	30.000,00 €	30.000,00 €
Contador	30.000,00 €	30.000,00 €
Cámara frigorífica	50.000,00 €	50.000,00 €
Estación eléctrica	12.000,00 €	12.000,00 €
Drumfilter	- €	104.920,00 €
Biofiltros	- €	157.675,00 €
Total Equipos	305.280,00 €	567.875,00 €
Amortización anual	24.422,40 €	45.430,00 €

Tabla 29. Costes y presupuestos de las alternativas de diseño de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Costes Obra Civil	2.841.270,00 €	2.815.356,00 €
Costes Equipos	305.280,00 €	567.875,00 €
Otros costes	478.659,32 €	514.663,70 €
Presupuesto total	3.625.209,32 €	3.897.894,70 €
Amortización anual	138.073,20 €	158.044,24 €

5.2.2. Costes de producción

Se exponen en la Tabla 30 los costes anuales para cada una de las alternativas propuestas:

Tabla 30. Costes de producción anuales de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
Amortización	138.073,20 €	158.044,24 €
Personal	255.000,00 €	255.000,00 €
Compra de alevines	164.473,60 €	164.473,60 €
Alimentación	1.182.760,28 €	1.182.760,28 €
Energía	48.000,00 €	62.636,16 €
Oxígeno	13.917,44 €	18.510,19 €
Seguro	5.610,22 €	5.610,22 €
Otros	344.626,78 €	347.762,77 €
TOTAL	2.152.461,51 €	2.194.797,46 €

Partiendo del valor de los costes anuales de cada alternativa, así como de la producción anual de 500 toneladas, se establecerá el coste unitario de producción para cada una de las alternativas. Dicho coste será de 4,30 € por kg producido para la alternativa del sistema abierto convencional, mientras que alcanzará un valor de 4,39 € por kg producido en el caso de que se pretenda recircular el agua.

Se establece así un precio de venta del producto de la piscifactoría de 5,80 €/kg para ambas alternativas, buscando sobrepasar una rentabilidad del 30 %. Al aplicar dicho precio de venta se obtiene un ratio de beneficio / coste del 34,73 % de rentabilidad para la alternativa de sistema abierto convencional y de un 32,13 % para un sistema abierto con recirculación de agua.

5.2.3. Proyección a 25 años

A continuación, se exponen en las Tablas 31 y 32, así como en las figuras 10 y 11, la evolución de los gastos e ingresos de la explotación a lo largo de un periodo de 25 años.

Tabla 31. Evolución de flujos de la explotación para opción de un circuito abierto . Fuente: Elaboración propia.

Año	Pagos ext	Pagos ord	Cobros ord	Cobros ext	Flujo Caja	Flujo Act	Flujo Acum
0	- 3.625.209,32 €	- €	- €		- 3.625.209,32 €	- 3.625.209,32 €	- 3.625.209,32 €
1	- €	- 607.960,96 €	- €		- 607.960,96 €	- 562.926,81 €	- 4.188.136,13 €
2	- €	- 1.488.433,18 €	725.000,00 €	1.450.083,73 €	686.650,55 €	588.692,17 €	- 3.599.443,96 €
3	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	817.836,51 €	- 2.781.607,45 €
4	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	757.256,03 €	- 2.024.351,42 €
5	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	701.162,99 €	- 1.323.188,43 €
6	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	649.224,99 €	- 673.963,44 €
7	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	601.134,25 €	- 72.829,18 €
8	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	556.605,79 €	483.776,60 €
9	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	515.375,73 €	999.152,33 €
10	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	477.199,75 €	1.476.352,08 €
11	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	441.851,62 €	1.918.203,70 €
12	- 305.280,00 €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		724.958,47 €	287.890,98 €	2.206.094,68 €
13	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	378.816,55 €	2.584.911,23 €
14	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €	122.112,00 €	1.152.350,47 €	392.330,44 €	2.977.241,67 €
15	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	324.774,13 €	3.302.015,80 €
16	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	300.716,79 €	3.602.732,59 €
17	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	278.441,47 €	3.881.174,06 €
18	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	257.816,18 €	4.138.990,24 €
19	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	238.718,68 €	4.377.708,92 €
20	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	221.035,82 €	4.598.744,74 €
21	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	204.662,79 €	4.803.407,53 €
22	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	189.502,59 €	4.992.910,11 €
23	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	175.465,36 €	5.168.375,47 €
24	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	162.467,92 €	5.330.843,40 €
25	- €	- 1.869.761,53 €	2.900.000,00 €		1.030.238,47 €	150.433,26 €	5.481.276,66 €



Figura 10. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de establecer un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Evolución de flujos de la explotación para opción de recircular el agua. Fuente: Elaboración propia.

Año	Pagos ext	Pagos ord	Cobros ord	Cobros ext	Flujo Caja	Flujo Act	Flujo Acum
0	- 3.897.894,70 €	- €	- €	- €	- 3.897.894,70 €	- 3.897.894,70 €	- 3.897.894,70 €
1	- €	- 627.189,87 €	- €	- €	- 627.189,87 €	- 580.731,36 €	- 4.478.626,06 €
2	- €	- 1.507.662,09 €	725.000,00 €	1.559.157,88 €	776.495,79 €	665.719,98 €	- 3.812.906,08 €
3	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	802.571,98 €	- 3.010.334,10 €
4	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	743.122,20 €	- 2.267.211,89 €
5	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	688.076,11 €	- 1.579.135,78 €
6	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	637.107,51 €	- 942.028,27 €
7	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	589.914,36 €	- 352.113,90 €
8	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	546.217,00 €	194.103,10 €
9	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	505.756,48 €	699.859,59 €
10	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	468.293,04 €	1.168.152,63 €
11	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	433.604,67 €	1.601.757,30 €
12	- 567.875,00 €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		443.134,55 €	175.974,83 €	1.777.732,12 €
13	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	371.746,11 €	2.149.478,24 €
14	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €	227.150,00 €	1.238.159,55 €	421.545,09 €	2.571.023,33 €
15	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	318.712,38 €	2.889.735,71 €
16	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	295.104,05 €	3.184.839,76 €
17	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	273.244,49 €	3.458.084,25 €
18	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	253.004,16 €	3.711.088,41 €
19	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	234.263,11 €	3.945.351,52 €
20	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	216.910,29 €	4.162.261,81 €
21	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	200.842,86 €	4.363.104,66 €
22	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	185.965,61 €	4.549.070,27 €
23	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	172.190,38 €	4.721.260,65 €
24	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	159.435,54 €	4.880.696,19 €
25	- €	- 1.888.990,45 €	2.900.000,00 €		1.011.009,55 €	147.625,50 €	5.028.321,69 €



Figura 11. Evolución temporal de las ganancias de la explotación para la alternativa de recircular el agua en un circuito abierto convencional. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa en las Figuras 10 y 11, se requerirá un plazo de recuperación de 8 años para ambas opciones. Por último, en la Tabla 33 se muestran los valores del VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) para las diferentes alternativas de la explotación, permitiendo así comparar la viabilidad de cada una de ellas.

Tabla 33. VAN y TIR para las diferentes alternativas de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1 (Circuito abierto)	Alternativa 2 (Recirculación de agua)
VAN	7.595.728,21 €	7.090.265,12 €
TIR	19%	18%

6. Bibliografía.

- Blanco Cachafeiro, María Carmen. La trucha: cria industrial. 2a ed., Mundi-Prensa, 1995.
- Camacho, E.; Moreno, M.A; Rodríguez, M; Luna, C.; Vázquez M. (2000). Guía para el cultivo de trucha. Impresora Marte, México. 1-137.
- García-Badell Lapetra, José Javier. Tecnología de las explotaciones piscícolas. Mundi-Prensa, 1985.
- Jover Cerdá, Miguel, et al. Acuicultura: bases biológicas, ingeniería y diseño de instalaciones. Editorial UPV, 2002.

Anejo II: Dimensionado y construcción de naves

1. Introducción

La explotación constará de una cubierta destinada a refugiar a los animales en la etapa de alevinaje (que en adelante será referida como **Cubierta de alevinaje**), con unas dimensiones de 30 m x 30 m, y una nave complementaria que presenta unas dimensiones de 24 m x 24 m. Ambas construcciones contarán con una estructura principal conformada por una cubierta a dos aguas, cerchas simples, pilares y muros hastiales, así como con una estructura secundaria compuesta por las correas y los arriostramientos.

El material empleado para la construcción de las estructuras consistirá en acero de edificación tipo S275JR. Para la cimentación, consistente en zapatas, se utilizará hormigón armado, con hormigón de tipo HA-25 y acero corrugado de tipo B500S. Para las cubiertas se emplearán paneles tipo sándwich.

Aunque en este anejo solo se calcula la estructura principal y su dimensionado, la nave complementaria también contará con cerramientos.

2. Dimensiones naves

La cubierta de alevinaje contará con una altura lateral de 6 m y una altura de cumbrera de 8,25 m. La altura de sus pilares laterales será de 5,4 m. Dichos pilares secundarios presentarán (al igual que las celosías) una separación lateral de 5 metros, mientras que los pilares de los muros hastiales tendrán una separación de 6 metros. La cubierta presentará una pendiente del 15%.

Por lo que respecta a las correas, estas presentarán una longitud de 30 m y una separación entre ellas de 3 m sobre el eje horizontal (y de 3,03 m sobre el eje de la cubierta).

La nave complementaria en cambio presentará una altura lateral de 6 m y una altura de 7,2 m para la cumbrera. Los pilares laterales de esta tendrán una altura de 5,4 m, así como una separación entre ellos de 4 m (separación compartida por las celosías).

Los pilares de sus muros hastiales en cambio distan entre ellos una distancia de 6 metros. Su cubierta presenta una pendiente del 10 %.

Finalmente, las correas de la nave complementaria presentan longitud de 24 m, mientras que su separación es de 2 m sobre el eje horizontal (2,01 sobre el eje de la cubierta).

En la Tabla 34 se muestran de forma resumida las dimensiones de ambas naves:

Tabla 34. Dimensiones Cubierta Alevinaje y Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

	Nave Alevinaje	Nave complementaria
Luz de la nave (m)	30	24
Longitud (m)	30	24
Altura lateral (m)	6	6
Altura cumbre	8,25	7,2
Altura pilares laterales (m)	5,4	5,4
Separación pilares laterales (m)	5	4
Nº pilares por lateral	7	7
Separación pilares muro hastial (m)	6	6
Nº pilares muro hastial	6	5
Longitud correas	30	24
Separación correas (m)	3	2
Pendiente cubierta (%)	15	10

3. Definición de materiales

3.1. Estructuras principales y secundarias

Se emplea acero de edificación del tipo S275JR para las estructuras de las correas, pilares y celosías. En la Tabla 35 se exponen las diferentes características del material necesarias para posteriores cálculos de la estructura:

Tabla 35. Materiales Construcción. Fuente: Elaboración propia.

Acero de edificación (Cerchas, Pilares y Correas)	
Tipo	S275JR
Para espesores inferiores a 16 mm	
f_y (N/mm ²)	275
f_u (N/mm ²)	410
E	210000
γ_{M1}	1,1
f_{yd} (N/mm ²)	250
Tensión admisible (kg/cm ²)	2500
Tensión máxima (kg/cm ²)	1800

En la Tabla 36 se muestran los perfiles a emplear dependiendo del tipo de estructura para el que se empleen.

Tabla 36. Perfiles Construcción. Fuente: Elaboración propia.

Perfiles a utilizar		
Correa	Pilares	Cerchas
IPE	HEB	Cuadrado

3.2. Cimentaciones

Para el dimensionado y construcción de las zapatas se emplea hormigón armado, utilizando hormigón del tipo HA-25 y acero corrugado del tipo B500S.

En la Tabla 37 se exponen las diferentes características de estos materiales a tener en cuenta para el dimensionado de las zapatas.

Tabla 37. Materiales Cimentación. Fuente: Elaboración propia.

Hormigón armado (Cimentación)	
Hormigón	
Tipo	HA-25
f_{ck} (N/mm ²)	25
γ_c	1,5
f_{cd} (kp/cm ²)	166,6
Acero corrugado	
Tipo	B500S
f_{yk} (N/mm ²)	500
γ_s	1,15
f_{yd} (kp/cm ²)	4435
Densidad (kg/m ³)	
2500	

4. Definición de cargas

A continuación, se describen las diferentes cargas que deberán soportar las estructuras de las naves. Se distinguen las cargas por acciones permanentes (las cuales actúan en todo momento, con magnitudes constantes y posiciones fijas) y las cargas por acciones variables (pueden actuar o no sobre la estructura).

4.1. Acciones permanentes

Se definen a continuación las diferentes cargas constantes, las cuales tienen su origen en los elementos que componen la estructura de las naves, así como las cargas ejercidas por el uso de estas y otros elementos de los que disponga cada nave:

- Peso de las correas: Se establece un peso de 6 kg/m².

- **Peso de la estructura (Cercha + Pilar):** Para el cálculo de este elemento se deben estimar las cargas, ya que los perfiles a utilizar para estas estructuras todavía no han sido establecidos. Se escoge emplear la luz de la cercha en kg/m^2 .
De esta forma para la nave de alevinaje, que posee una luz de 30 m^2 , se establece un peso de la estructura de 30 kg/m^2 , mientras que para la nave complementaria se estima un peso de la estructura de 24 kg/m^2 (Ya que la luz es de 24 m)
- **Peso de la cubierta:** Se considera el panel de tipo sándwich como el material a emplear para la construcción de las correas, estableciendo un peso de 14 kg/m^2 .
- **Otras cargas:** Se considera la presencia de instalaciones complementarias estimando un peso generalizado de 10 kg/m^2 . Así mismo, en el caso de la nave complementaria se considera la presencia de cámaras frigoríficas no autoportantes, añadiendo a esta carga otros 20 kg/m^2 .

De esta forma se calculan los valores de las acciones permanentes de ambas naves, tal y como se muestra a continuación.

Nave de Alevinaje:

- **Peso de las correas:** 6 kg/m^2 .
- **Peso de la estructura:** 30 kg/m^2 .
- **Peso de la cubierta:** 14 kg/m^2 .
- **Otras cargas:** 10 kg/m^2 .

$$\text{Acciones constantes } (G) = 6 + 30 + 14 + 10 = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Nave complementaria:

- **Peso de las correas:** 6 kg/m^2 .
- **Peso de la estructura:** 24 kg/m^2 .
- **Peso de la cubierta:** 14 kg/m^2 .
- **Otras cargas:** 10 kg/m^2 de instalaciones complementarias y 20 kg/m^2 de las cámaras frigoríficas, 30 kg/m^2 en total.

$$\text{Acciones constantes } (G) = 6 + 24 + 14 + 30 = 74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

4.2. Acciones variables

Entre las acciones a considerar dentro de las variables se encuentran la sobrecarga de uso (S), la acción del viento (V) y las acciones ejercidas por la Nieve (N). El efecto conjunto de estas cargas se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{Acciones variables } \left(\frac{kg}{m^2} \right) = S + V + N$$

4.2.1. Sobrecarga de uso (S)

Para los valores de sobrecarga de uso ejercidos sobre la cubierta se considera esta última como una cubierta ligera accesible solo para su conservación, asignándole un valor de carga de 40 kg/m².

4.2.2. Viento (V)

No se consideran las cargas variables debidas al viento en este apartado debido a que se considerará la acción del viento en el apartado del dimensionado de los pilares.

4.2.3. Nieve (N)

Se establece como la sobrecarga de nieve considerando una altitud de la explotación en metros sobre el nivel del mar de aproximadamente 400 msnm.

Tomando en cuenta la información proporcionada por el Documento Básico SE-AE de Seguridad Estructural en la edificación del CTE se ubica la explotación en la zona 5 de clima invernal, definiendo finalmente la acción variable de la nieve como 40 kg/m².

4.3. Conjunto de cargas

En este apartado se definen para ambas naves de la explotación el conjunto de acciones previstas en el cálculo de las estructuras.

Previamente se asignan coeficientes mayoración de cargas, expuestos en la Tabla 38.

Tabla 38. Coeficientes de Mayoración. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de acción	Coef. Mayoración
Permanente	1,35
Variable	1,50

Cubierta de alevinaje.

- Acciones permanentes (G) = 60 kg/m².

- Acciones variables:

$$\text{Acciones variables} = 40 + 0 + 40 = 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga total:

$$\text{Carga total} = 60 \times 1,35 + 80 \times 1,5 = 201 \text{ kg/m}^2$$

- Coeficiente de mayoración global (F_{global}):

$$F_{\text{global}} = \frac{60 \times 1,35 + 80 \times 1,5}{60 + 80} = 1,436$$

Nave complementaria.

- Acciones permanentes (G) = 74 kg/m².

- Acciones variables:

$$\text{Acciones variables} = 40 + 0 + 40 = 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga total:

$$\text{Carga total} = 74 \times 1,35 + 80 \times 1,5 = 219,9 \text{ kg/m}^2$$

- Coeficiente de mayoración global (F_{global}):

$$F_{\text{global}} = \frac{74 \times 1,35 + 80 \times 1,5}{74 + 80} = 1,428$$

5. Correas

Se procede al dimensionado de las correas, estableciendo en primer lugar las cargas a soportar por estas estructuras, seleccionando los perfiles IPE y finalmente realizando las comprobaciones a resistencia y de deformación para estos perfiles.

5.1. Cálculo de cargas

Dentro de las acciones constantes (G) a soportar para las correas se considera solo el peso de las correas y el peso de la cubierta, ya que no deberá soportar los pesos de las estructuras ni de las otras cargas complementarias.

Por lo que respecta a las acciones variables, se consideran la acción de la sobrecarga de uso y de la nieve.

Una vez obtenido el conjunto de cargas a soportar se realizará la conversión de carga superficial a carga lineal por medio de la siguiente expresión:

$$Carga\ lineal\ \left(\frac{kg}{m}\right) = Carga\ superficial\ \left(\frac{kg}{m^2}\right) \times Separación\ correas\ (m)$$

Para la simplificación del cálculo se considera el comportamiento de las correas como a vigas apoyadas-apoyadas, tratándose así de un problema de flexión esviada.

El momento máximo en este caso se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{Max}(kg \times m) = 0,125 \times Carga\ lineal \times (Longitud\ de\ vano)^2$$

De esta forma los momentos flectores vienen definidos por las siguientes expresiones:

$$M_z (kg \times m) = 0$$

$$M_y (kg \times m) = M_{Max} \times \cos \alpha$$

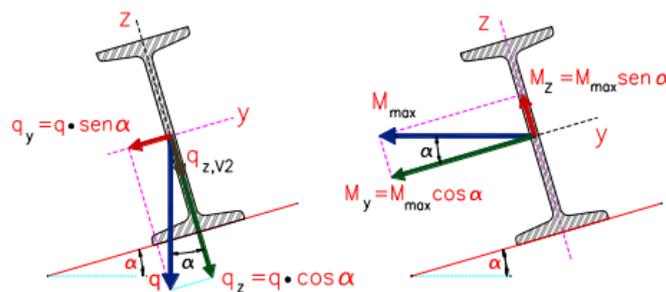


Figura 12. Momentos y esfuerzos de correas. Fuente: Proyecto de nave de estructura metálica (según CTE SE-A): parte 1 : teoría Ref.: 2011.534.

A continuación, se expone el de cálculo de las cargas a soportar por las correas de las diferentes naves de la explotación.

Cubierta de alevinaje.

- Acciones constantes:

$$Acciones\ constantes\ (G) = 1,35 \times (6 + 14) = 27 \frac{kg}{m^2}$$

- Acciones variables:

$$Acciones\ variables = 1,5 \times (40 + 40) = 120 \frac{kg}{m^2}$$

- Acciones totales:

$$Acciones\ totales = 27 + 120 = 147$$

- Carga lineal:

$$Carga\ lineal\ \left(\frac{kg}{m}\right) = 147 \times 3,033 = 445,851 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de momentos:

$$M_{Max} = 0,125 \times 445,851 \times 5^2 = 1393,28\ kg \times m$$

$$M_y = 1393,28 \times \cos(8,53) = 1378\ kg \times m$$

$$M_z = 0$$

Nave complementaria:

- Acciones constantes:

$$Acciones\ constantes\ (G) = 1,35 \times (6 + 14) = 27 \frac{kg}{m^2}$$

- Acciones variables:

$$Acciones\ variables = 1,5 \times (40 + 40) = 120 \frac{kg}{m^2}$$

- Acciones totales:

$$Acciones\ totales = 27 + 120 = 147$$

- Carga lineal:

$$Carga\ lineal\ \left(\frac{kg}{m}\right) = 147 \times 2,01 = 295,47 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de momentos:

$$M_{Max} = 0,125 \times 295,47 \times 4^2 = 590,94\ kg \times m$$

$$M_y = 590,94 \times \cos(5,71) = 588\ kg \times m$$

$$M_z = 0$$

5.2. Tipo de perfil

Los perfiles seleccionados para las correas son del tipo IPE.

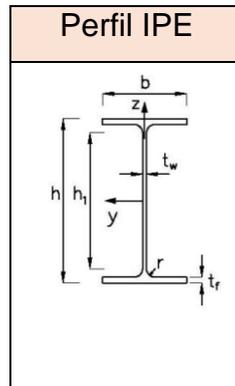


Figura 13. Perfil IPE. Fuente: Prontuario de perfiles.

El perfil seleccionado para las correas de alevinaje es el perfil IPE-160, mientras que el perfil a emplear en las correas de la nave complementaría será el perfil IPE-120.

Tabla 39. Prontuario de Perfiles IPE + Selección perfiles. Fuente: Prontuario de perfiles.

IPE	Dimensiones en mm					Sección A cm ²	Peso P kg/m	Referido al eje						W _{pl,y} cm ³	W _{pl,z} cm ³	I _T cm ⁴	I _a cm ⁶	h ₁ cm	C	IPE
	h	b	t _w	t _r	r			Y-Y			Z-Z									
								I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm							
80	80	46	3.8	5.2	5	7.64	6.00	80.1	20.0	3.24	8.49	3.69	1.05	23.2	5.82	0.72	118	60	1	80
100	100	55	4.1	5.7	7	10.3	8.10	171	34.2	4.07	15.9	5.79	1.24	39.4	9.15	1.14	351	75	1	100
120	120	64	4.4	6.3	7	13.2	10.4	318	53.0	4.90	27.7	8.65	1.45	60.8	13.58	1.77	890	93	1	120
140	140	73	4.7	6.9	7	16.4	12.9	541	77.3	5.74	44.9	12.3	1.65	88.4	19.25	2.63	1981	112	1	140
160	160	82	5.0	7.4	9	20.1	15.8	869	109	6.58	68.3	16.7	1.84	123.8	26.1	3.64	3959	127	1	160
180	180	91	5.3	8.0	9	23.9	18.8	1320	146	7.42	101	22.2	2.05	166.4	34.6	5.06	7431	146	1	180
200	200	100	5.6	8.5	12	28.5	22.4	1940	194	8.26	142	28.5	2.24	220	44.61	6.67	12990	159	1	200
220	220	110	5.9	9.2	12	33.4	26.2	2770	252	9.11	205	37.3	2.48	286	58.11	9.15	22670	178	1	220
240	240	120	6.2	9.8	15	39.1	30.7	3890	324	9.97	284	47.3	2.69	366	73.92	12.0	37390	190	2	240
270	270	135	6.6	10.2	15	45.9	36.1	5790	429	11.2	420	62.2	3.02	484	96.95	15.4	70580	220	2	270
300	300	150	7.1	10.7	15	53.8	42.2	8360	557	12.5	604	80.5	3.35	628	125.2	20.1	125900	249	3	300
330	330	160	7.5	11.5	18	62.6	49.1	11770	713	13.7	788	98.5	3.55	804	153.7	26.5	199100	271	3	330
360	360	170	8.0	12.7	18	72.7	57.1	16270	904	15.0	1040	123	3.79	1020	191.1	37.3	313600	299	3	360
400	400	180	8.6	13.5	21	84.5	66.3	23130	1160	16.5	1320	146	3.95	1308	229	48.3	490000	331	3	400
450	450	190	9.4	14.6	21	98.8	77.6	33740	1500	18.5	1680	176	4.12	1702	276.4	65.9	791000	379	4	450
500	500	200	10.2	16.0	21	116	90.7	48200	1930	20.4	2140	214	4.31	2200	335.9	91.8	1249000	426	4	500
550	550	210	11.1	17.2	24	134	106	67120	2440	22.3	2670	254	4.45	2780	400.5	122	1884000	468	4	550
600	600	220	12.0	19.0	24	156	122	92080	3070	24.3	3390	308	4.66	3520	485.6	172	2846000	514	4	600

5.3. Comprobaciones

Los perfiles seleccionados cumplen correctamente en el caso de ambas naves con las comprobaciones a resistencia y de deformación. A continuación, se exponen las expresiones empleadas para los dos métodos de comprobación:

- Comprobación a resistencia:

$$\left(\frac{Ned}{A \times f_{yd}} \right) + \left(\frac{M_y}{W_{el} \times f_{yd}} \right) \leq 1$$

- Comprobación a deformación:

El límite establecido para esta comprobación es igual a $h/200$, siendo el valor de h la longitud de vano expresada en cm.

$$f(cm) = \frac{5 \times q \left(\frac{kg}{cm}\right) \times L(cm)^4}{384 \times EI \times \gamma} < \frac{h}{200}$$

Para terminar con lo referente a las correas a continuación están representados los cálculos de las comprobaciones de las correas de ambas naves.

Cubierta de alevinaje.

- Comprobación a resistencia:

$$\left(\frac{0}{20,1 \times 1800}\right) + \left(\frac{1378}{109 \times 1800}\right) = 0,702 < 1$$

Por tanto, el perfil IPE-160 cumple con la comprobación a resistencia de las correas de la nave de alevinaje.

- Comprobación deformación:

$$\frac{h}{200} = \frac{500}{200} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5 \times 4,45851 \times 500^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 869 \times 1,47} = 1,35 < 2,5$$

Por tanto, el perfil IPE-160 cumple con la comprobación deformación de las correas de la nave de alevinaje.

Nave complementaria.

- Comprobación a resistencia:

$$\left(\frac{0}{13,2 \times 1800}\right) + \left(\frac{588}{53 \times 1800}\right) = 0,616 < 1$$

Por tanto, el perfil IPE-120 cumple con la comprobación a resistencia de las correas de la nave complementaria.

- Comprobación deformación:

$$\frac{h}{200} = \frac{400}{200} = 2 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5 \times 2,9547 \times 400^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 318 \times 1,47} = 1,003 < 2$$

Por tanto, el perfil IPE-120 cumple con la comprobación deformación de las correas de la nave complementaria.

6. Cerchas

6.1. Celosías

Para el dimensionado de los componentes de las celosías se definen en primer lugar las cargas a soportar por el conjunto de la estructura para a continuación definir las reacciones de tracción y compresión de las barras.

Finalmente se establecerán los perfiles a utilizar para las diferentes barras de forma que cumplan con las comprobaciones de resistencia y de pandeo.

Debido a que en el caso de ambas naves el diseño de sus celosías es simétrico solo se detallarán las cargas y reacciones del lado izquierdo de las celosías.

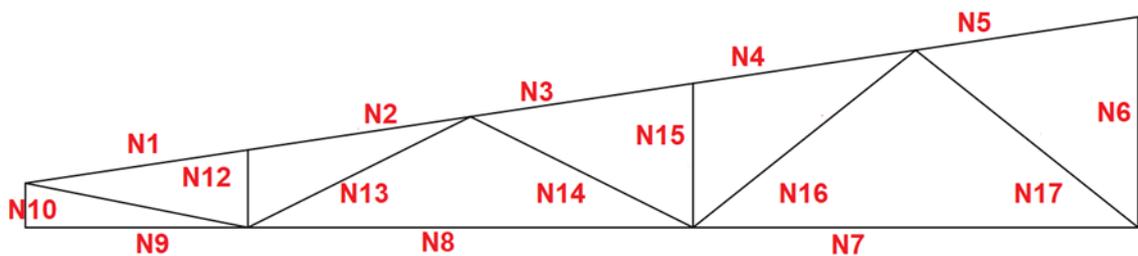


Figura 14. Esquema media Celosía Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

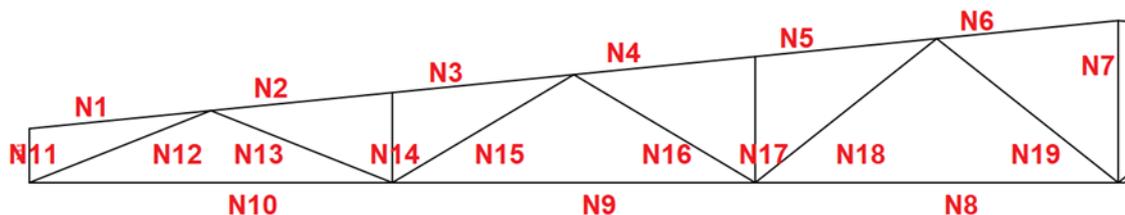


Figura 15. Esquema media Celosía Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

6.1.1. Cálculo de cargas

Dentro de las acciones constantes (G) a las que se encuentran sometidas las celosías se consideran el peso de la cubierta, el peso de las correas, el peso de las estructuras de las celosías y los pilares, así como otras cargas (Refiriéndose éstas últimas a instalaciones interiores, como las cámaras frigoríficas).

En lo que respecta a acciones variables, se establecen la sobrecarga de uso y la sobrecarga de nieve como los principales esfuerzos a soportar.

Una vez obtenida la carga superficial total se procede a su conversión a carga puntual (f), definiendo así las cargas a soportar en los nudos superiores (Aquellos en contacto con las correas). Para ello se multiplicará la carga superficial por la separación entre cerchas, obteniendo así el valor de la carga lineal, para finalmente obtener las cargas puntuales, producto de la carga lineal por la separación entre correas.

A continuación, se expone el proceso de cálculo para ambas naves:

Cubierta alevinaje:

- Acciones constantes (G):

$$\text{Acciones constantes mayor. (G)} = (14 + 6 + 30 + 10) \times 1,35 = 81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Acciones variables:

$$\text{Acciones variables mayoradas} = (40 + 40) \times 1,5 = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga total:

$$\text{Carga total} = 81 + 120 = 201 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Conversión de la carga:

$$\text{Separación entre cerchas (m)} = 5$$

$$\text{Separación entre correas (m)} = 3,033$$

$$\text{Carga lineal} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) = 201 \times 5 = 1005 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$f = \text{Carga puntual (kg)} = 1005 \times 3,033 = 3048,165 \text{ kg}$$

Nave complementaria:

- Acciones constantes (G):

$$\text{Acciones constantes mayor. (G)} = (14 + 6 + 24 + 30) \times 1,35 = 99,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Acciones variables:

$$\text{Acciones variables mayoradas} = (40 + 40) \times 1,5 = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Carga total:

$$\text{Carga total} = 99,9 + 120 = 219,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Conversión de la carga:

$$\text{Separación entre cerchas (m)} = 4$$

$$\text{Separación entre correas (m)} = 2,01$$

$$\text{Carga lineal} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) = 219,9 \times 4 = 879,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$f = \text{Carga puntual (kg)} = 879,6 \times 2,01 = 1767,996 \text{ kg}$$

6.1.2. **Cálculo de las reacciones**

Se emplea el método de los nudos para cálculo de los axiles de las diferentes barras, tomando en consideración que los nudos (extremos de las diferentes barras, así como los puntos de unión entre ellas) se encuentran en equilibrio, de forma que el sumatorio de fuerzas de cada eje (tanto el eje horizontal X como el eje vertical Y) deben ser nulos para cada punto.

De esta forma, se calculan las diferentes reacciones a las que se encuentran sometidas las barras, ya sea de tracción (+) o de compresión (-). Se resolverán nudo a nudo estos valores, empezando por aquellos que presenten dos o menos incógnitas.

También hay que tener en cuenta que los pilares laterales, sobre los cuales se encuentran las celosías, transmiten a estas últimas una carga R equivalente al sumatorio de las cargas puntuales f transmitidas por las correas, dividido por dos.

A continuación, se exponen un ejemplo del procedimiento empleado.

Ejemplo de cálculo (Nudo 10 – Nave alevinaje):

$$Carga R (kg) = \frac{10 \times (3048,165)}{2} = 15240,825 \text{ kg}$$

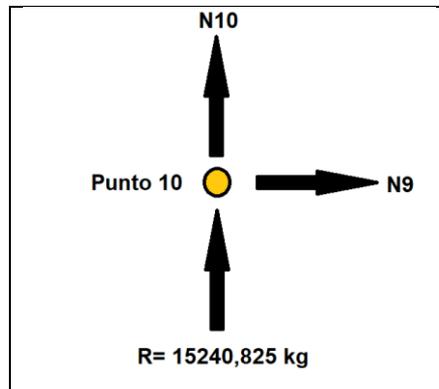


Figura 16. Punto Ejemplo Cálculo de Esfuerzos. Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones respecto a los ejes:

$$\sum F_{horizontales} = 0 \rightarrow L9 = 0$$

$$\sum F_{verticales} = 0 \rightarrow L10 + 15240,825 = 0$$

$$L10 = -15240,825$$

6.1.3. Perfiles

Los perfiles seleccionados para las barras de la celosía son del tipo tubo cuadrado hueco.

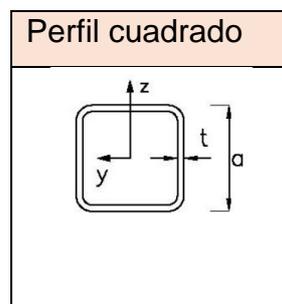


Figura 17. Perfil Cuadrado. Fuente: Prontuario de perfiles.

Se han seleccionado un total de tres perfiles diferentes para las barras de las celosías de cada una de las naves; los cuales se indican en las Tablas 40 y 41.

Tabla 40. Perfiles Cuadrados Seleccionados Celosías. Fuente: Elaboración propia.

Estructura	Nombre perfiles empleados
Alevinaje	# 80 x 5
	# 120 x 5
	# 160 x 5
Complementaria	# 60 x 5
	# 100 x 5
	# 120 x 5

Tabla 41. Prontuario de Perfiles Cuadrados + selección perfiles. Fuente: Elaboración propia.

Perfil a (mm)	t mm	A cm ²	P Kg/ml	Referido al eje Y-Y ó Z-Z				C	I _T
				I _y cm ⁴	W _{ply} cm ³	W _y cm ³	i _y cm		
40	3.0	4.13	3.24	9.01	5.6	4.51	1.48	1	15.6
	4.0	5.21	4.09	10.5	6.8	5.26	1.42	1	18.9
60	3.0	6.53	5.13	34.4	13.78	11.50	2.30	1	55.5
	4.0	8.41	6.60	42.3	17.32	14.10	2.24	1	70.2
	5.0	10.10	7.96	48.5	20.4	16.20	2.19	1	83.1
80	3.0	8.93	7.01	86	25.6	21.70	3.11	1	136
	4.0	11.60	9.11	108	32.6	27.20	3.06	1	175
	5.0	14.10	11.10	128	39.0	32.00	3.01	1	210
	6.0	16.50	13.00	144	44.8	36.00	2.95	1	243
100	3.0	11.30	8.89	175	40.2	35.00	3.93	2	273
	4.0	14.80	11.60	223	52.8	44.60	3.88	1	363
	5.0	18.10	14.20	266	63.8	53.10	3.83	1	428
120	6.0	21.30	16.70	304	74.0	60.70	3.77	1	498
	4.0	18.34	14.4	416	77.8	69.4	4.76	1	624
	5.0	22.77	17.9	507	94.4	84.6	4.72	1	760
	6.0	27.14	21.3	594	110.2	99.0	4.67	1	888
	7.0	31.44	24.7	675	134.2	112.6	4.63	1	1010
140	8.0	35.68	28.0	825	150.7	125.5	4.59	1	1123
	4.0	21.48	16.9	671	111.0	95.9	5.58	2	1006
	5.0	26.70	21.0	821	131.2	117.3	5.54	1	1230
	6.0	31.85	25.0	964	153.6	137.7	5.50	1	1443
	7.0	36.94	29.0	1100	185.8	157.2	5.45	1	1646
160	8.0	41.97	32.9	1231	195.0	175.8	5.41	1	1839
	5.0	30.63	24.0	1242	173.8	155.3	6.36	1	1861
	6.0	36.56	28.7	1463	204.0	182.8	6.32	1	2191
	7.0	42.44	33.3	1674	245.8	209.3	6.28	1	2507
	8.0	48.25	37.9	1878	262.0	234.7	6.23	1	2809
170	9.0	54.00	42.3	2073	308.2	259.1	6.19	1	3098
	5.0	33.61	26.4	1639	197.4	187.3	6.98	2	2456
	6.0	40.14	31.5	1933	232.0	220.9	6.93	1	2896
	7.0	46.62	36.5	2216	296.6	253.3	6.89	1	3319
	8.0	53.03	41.6	2489	29.08	284.5	6.85	1	3725
170	9.0	59.37	46.6	2752	372.6	314.5	6.80	1	4116

6.1.4. Comprobaciones

Así mismo, los perfiles empleados tanto de la nave de alevinaje como de la nave complementaria deben cumplir con las comprobaciones a resistencia (tanto en las barras sometidas a tracción como a compresión) y a pandeo (en el caso de las barras a compresión).

6.1.4.1. Comprobación a resistencia

Si tensión de trabajo (σ) es menor al valor f_{yd} se cumple con la comprobación a resistencia, siendo:

$$f_{yd} = 1800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
$$\sigma \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{N(\text{Kg})}{A(\text{cm}^2)}$$

Siendo “A” el área del perfil escogido expresada en cm^2 y “N” el axil al que se encuentra sometido la barra.

$$\text{Si } 1800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > \sigma, \text{ cumple.}$$

6.1.4.2. Comprobación a pandeo

Para cumplir con este método de trabajo, la tensión de trabajo debe ser inferior a la tensión crítica, siendo:

$$\sigma \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{N(\text{Kg})}{A(\text{cm}^2)}$$
$$\sigma_{crit} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \pi^2 \times \frac{E}{\lambda^2}$$

Donde:

- E equivale al módulo de elasticidad = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.
- λ corresponde al valor de la esbeltez mecánica, pudiéndose obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{\beta \times L}{i}$$

Siendo “L” la longitud de la barra a comprobar, “i” el radio de giro de la sección y “ β ” el valor de la beta de pandeo.

La esbeltez mecánica no deberá superar el valor de 174.

6.1.5. Resultados

A continuación, se exponen en las Tablas 42 y 43 los perfiles empleados en las diferentes barras de las celosías, así como el valor de sus axiles y el cumplimiento de las comprobaciones pertinentes.

Tabla 42. Esfuerzos, perfiles y comprobaciones Cubierta Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

Barra	Axil (kg)	Nombre	Área perfil (cm ²)	Radio de giro (cm)	Tensión de trabajo (kg/cm ²)	Longitud (cm)	Esbeltez mecánica	Tensión crítica (kg/cm ²)	Comprobación de resistencia	Comprobación de pandeo
1	-39628,547	# 120 x 5	22,77	4,72	-1740,38415	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
2	-39628,547	# 120 x 5	22,77	4,72	-1740,38415	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
3	-49789,697	# 160 x 5	30,63	6,36	-1625,52063	303,3	47,6886792	9113,56826	cumple	cumple
4	-49789,697	# 160 x 5	30,63	6,36	-1625,52063	303,3	47,6886792	9113,56826	cumple	cumple
5	-40555,329	# 120 x 5	22,77	4,72	-1781,08603	303,3	64,2584746	5019,47409	cumple	cumple
6	8984,155	# 80 x 5	14,1	3,01	637,174113	285	0	0	cumple	0
7	45721,641	# 160 x 5	30,63	6,36	1492,70784	600	0	0	cumple	0
8	48769,989	# 160 x 5	30,63	6,36	1592,22948	600	0	0	cumple	0
9	0	# 80 x 5	14,1	3,01	0	300	0	0	cumple	0
10	-15240,825	# 80 x 5	14,1	3,01	-1080,90957	60	19,9335548	52161,435	cumple	cumple
11	39966,212	# 120 x 5	22,77	4,72	1755,21353	305,9	0	0	cumple	0
12	-3048,165	# 80 x 5	14,1	3,01	-216,181915	105	34,8837209	17032,3053	cumple	cumple
13	-10710,652	# 80 x 5	14,1	3,01	-759,620709	335,4	111,428571	1669,26741	cumple	cumple
14	524,158	# 80 x 5	14,1	3,01	37,1743262	335,4	0	0	cumple	0
15	-3048,165	# 80 x 5	14,1	3,01	-216,181915	195	64,7840532	4938,36071	cumple	cumple
16	4504,187	# 80 x 5	14,1	3,01	319,445887	384,2	0	0	cumple	0
17	-7190,763	# 80 x 5	14,1	3,01	-509,983191	384,2	127,641196	1272,14704	cumple	cumple

Tabla 43. Esfuerzos, perfiles y comprobaciones Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

Barra	Axil (kg)	Nombre	Área perfil (cm ²)	Radio de giro (cm)	Tensión de trabajo (kg/cm ²)	Longitud (cm)	Esbeltez mecánica	Tensión crítica (kg/cm ²)	Comprobación de resistencia	Comprobación de pandeo
1	0	# 120 x 5	22,77	4,72	0	201	0	0	cumple	0
2	-35536,385	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,66689	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
3	-35536,385	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,66689	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
4	-40612,157	# 120 x 5	22,77	4,72	-1783,58177	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
5	-40612,157	# 120 x 5	22,77	4,72	-1783,58177	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
6	-35535,137	# 120 x 5	22,77	4,72	-1560,61208	201	42,5847458	11429,0708	cumple	cumple
7	5304,263	# 60 x 5	10,1	2,19	525,174554	180	0	0	cumple	0
8	38673,9	# 120 x 5	22,77	4,72	1698,4585	400	0	0	cumple	0
9	39779,513	# 120 x 5	22,77	4,72	1747,01419	400	0	0	cumple	0
10	24310,449	# 100 x 5	18,1	3,83	1343,11873	400	0	0	cumple	0
11	-883,998	# 60 x 5	10,1	2,19	-87,5245545	60	27,3972603	27612,439	cumple	cumple
12	-26183,08	# 100 x 5	18,1	3,83	-1446,57901	215,4	56,2402089	6552,77401	cumple	cumple
13	11900,697	# 60 x 5	10,1	2,19	1178,28683	215,4	0	0	cumple	0
14	-1767,996	# 60 x 5	10,1	2,19	-175,049109	100	45,6621005	9940,47803	cumple	cumple
15	-5154,006	# 60 x 5	10,1	2,19	-510,297624	233,2	106,484018	1827,89051	cumple	cumple
16	735,945	# 60 x 5	10,1	2,19	72,8658416	233,2	0	0	cumple	0
17	-1767,996	# 60 x 5	10,1	2,19	-175,049109	140	63,9269406	5071,67246	cumple	cumple
18	2224,041	# 60 x 5	10,1	2,19	220,202079	256,1	0	0	cumple	0
19	-4245,463	# 60 x 5	10,1	2,19	-420,342871	256,1	116,940639	1515,61227	cumple	cumple

6.2. Pilares

El proceso de dimensionado de los pilares de las cerchas consiste en definir las cargas a soportar por estas estructuras y calcular los esfuerzos y deformaciones, para posteriormente seleccionar los perfiles a emplear de forma que estos cumplan las comprobaciones a resistencia y pandeo, así como la comprobación a desplome.

6.2.1. Cálculo de cargas a soportar

6.2.1.1. Compresión transmitida por la cercha (R)

La carga "R" se puede obtener mediante el sumatorio de cargas transmitidas por las correas dividido por dos.

- Nave de alevinaje:

$$Carga R (kg) = \frac{10 \times (3048,165)}{2} = 15240,825 kg$$

- Nave complementaria:

$$Carga R (kg) = \frac{12 \times (1767,996)}{2} = 10607,976 kg$$

6.2.1.2. Flexión debida al viento

El valor de esta carga se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$q_v \left(\frac{kg}{m} \right) = q \times c_e \times L \times \gamma$$

Siendo:

- $q = 50 \text{ kg/m}^2$
- c_e : Coeficiente de exposición

Este se puede estimar a partir del grado de aspereza del terreno y la altura máxima del pilar (h).

Tabla 44. Valores del coeficiente de exposición c_e . Fuente: Código Técnico de Edificación

Grado de aspereza del entorno														
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud													
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia													
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas.													
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal													
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios de pequeña altura.													

h (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1.7	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0
II	1.5	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0
III	1.4	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6
IV	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1
V	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5

h (m)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.5
II	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5
III	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1
IV	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6
V	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0

- L: Separación entre cerchas
- γ : Coeficiente mayorante de cargas = 1,5

Posteriormente se obtiene el valor de la flexión debida al viento ($M_{y,ed}$) empleando la siguiente expresión:

$$M_{y,ed}(kg \times m) = 0,325 \times q_v \times h^2$$

Se muestra a continuación el cálculo de la carga de flexión debida al viento para ambas construcciones.

Cubierta alevinaje

Separación entre cerchas = 5 m

Se considera el grado de aspereza estandarizado II (Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia), siendo la altura máxima $h = 6$ m.

A partir de estos obtiene el valor del coeficiente de exposición ($c_e = 2,5$).

Se obtiene así el valor de la carga provocada por el viento:

$$q_v = 50 \times 2,5 \times 5 \times 1,5 = 937,5 \frac{kg}{m}$$

Finalmente, se calcula la flexión debida al viento:

$$M_{y,ed} = 0,325 \times 937,5 \times (6)^2 = 10968,75 kg \times m$$

Nave complementaria:

Separación entre cerchas = 4 m

Se considera el grado de aspereza estandarizado II (Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia), siendo la altura máxima $h = 6$ m.

A partir de estos obtiene el valor del coeficiente de exposición ($c_e = 2,5$).

Se obtiene así el valor de la carga provocada por el viento:

$$q_v = 50 \times 2,5 \times 4 \times 1,5 = 750 \frac{kg}{m}$$

Finalmente, se calcula la flexión debida al viento:

$$M_{y,ed} = 0,325 \times 750 \times (6)^2 = 8775 \text{ kg} \times \text{m}$$

6.2.2. **Perfiles**

Se emplearán perfiles HEB-280 para los pilares de las cerchas de la nave de alevinaje y perfiles HEB-240 para los de la nave complementaria.

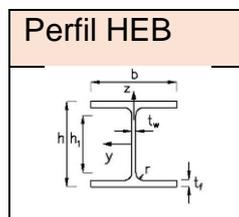


Figura 18. Perfil HEB. Fuente: Prontuario de perfiles.

Tabla 45. Prontuario Perfiles HEB + Selección Perfiles. Fuente: Prontuario de perfiles.

HEB	Dimensiones en mm					Sección A cm ²	Peso P kg/m	Referido al eje						W _{pl,y} cm ³	W _{pl,z} cm ³	I _T cm ⁴	I _a cm ⁶	h ₁ cm	C	HEB
	h	b	t _w	t _f	r			Y-Y			Z-Z									
								I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm							
100	100	100	6	10	12	26.0	20.4	450	90	4.16	167	33	2.53	104.2	51.42	9.34	3375	56	1	100
120	120	120	6.5	11	12	34.0	26.7	864	144	5.04	318	53	3.06	165.2	80.97	14.9	9410	74	1	120
140	140	140	7	12	12	43.0	33.7	1509	216	5.93	550	79	3.58	246	119.8	22.5	22480	92	1	140
160	160	160	8	13	15	54.3	42.6	2492	311	6.78	889	111	4.05	354	170	33.2	47940	104	1	160
180	180	180	8.5	14	15	65.3	51.2	3831	426	7.66	1363	151	4.57	482	231	46.5	93750	122	1	180
200	200	200	9	15	18	78.1	61.3	5696	570	8.54	2003	200	5.07	642	305.8	63.4	171100	134	1	200
220	220	220	9.5	16	18	91.0	71.5	8091	736	9.43	2843	258	5.59	828	393.9	84.4	294500	152	1	220
240	240	240	10	17	21	106.0	83.2	11259	938	10.3	3923	327	6.08	1054	498.4	110	486900	164	1	240
260	260	260	10	17.5	24	118.4	93.0	14919	1150	11.2	5135	395	6.58	1282	602.2	130	753700	177	1	260
280	280	280	10.5	18	24	131.4	103	19270	1380	12.1	6595	471	7.09	1534	717.6	153	1130000	196	1	280
300	300	300	11	19	27	149.1	117	25166	1680	13.0	8563	571	7.58	1868	870.1	192	1688000	208	1	300
320	320	300	11.5	20.5	27	161.3	127	30823	1930	13.8	9239	616	7.57	2140	939.1	241	2069000	225	1	320
340	340	300	12	21.5	27	170.9	134	36656	2160	14.6	9690	646	7.53	2400	985.7	278	2454000	243	1	340
360	360	300	12.5	22.5	27	180.6	142	43193	2400	15.5	10140	676	7.49	2680	1032	320	2883000	261	1	360
400	400	300	13.5	24	27	197.8	155	57680	2880	17.1	10819	721	7.40	3240	1104	394	3817000	298	1	400
450	450	300	14	26	27	218.0	171	79887	3550	19.1	11721	781	7.33	3980	1198	500	5280000	344	1	450
500	500	300	14.5	28	27	238.6	187	107176	4290	21.2	12624	842	7.27	4820	1292	625	7018000	390	1	500
550	550	300	15	29	27	254.1	199	136691	4970	23.2	13077	872	7.17	5600	1341	701	8856000	438	1	550
600	600	300	15.5	30	27	270.0	212	171041	5700	25.2	13530	902	7.08	6420	1391	783	10965000	486	2	600

6.2.3. Comprobaciones

Los perfiles seleccionados son capaces de superar las diferentes comprobaciones definidas a continuación (A resistencia, pandeo y a desplome).

6.2.3.1. Comprobación a resistencia

Se realizará la comprobación a resistencia de los perfiles seleccionados corroborando la siguiente condición:

$$\left(\frac{NEd}{A \times f_{yd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \times f_{yd}} \right) \leq 1$$

Seguidamente se muestran las comprobaciones a resistencia realizadas para ambas naves.

Cubierta de alevinaje

$$\left(\frac{15240,825}{131,4 \times 1800} \right) + \left(\frac{10968,75 \times 100}{1380 \times 1800} \right) = 0,506 < 1, \text{ por tanto cumple.}$$

Nave complementaria

$$\left(\frac{10607,976}{106 \times 1800}\right) + \left(\frac{8775 \times 100}{938 \times 1800}\right) = 0,575 < 1, \text{ por tanto cumple.}$$

6.2.3.2. Comprobación a pandeo

El perfil seleccionado superará la comprobación a pandeo si cumple con la siguiente condición:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{0,2 \times A \times f_{yd}}\right) + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} \times \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \times f_{yd}} \leq 1$$

Donde:

- N_{Ed} equivale al valor de compresión transmitida por la cercha (R).
- A consiste en el área del perfil HEB.
- $f_{yd} = 1800 \text{ kg/cm}^2$
- W_{el} el momento resistente con el valor más elevado.
- El valor de $N_{cr,y}$ se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{E}{\lambda^2} \times A$$

Para ello calculando previamente el valor de la esbeltez mecánica (λ), empleando la longitud (L) y beta de pandeo (β), así como el radio de giro(i):

$$\lambda = \frac{\beta \times L}{i}$$

Esta se calcula tanto para el plano del pórtico como el plano lateral, empleando la más desfavorable.

Se exponen a continuación las comprobaciones a pandeo de cada una de las naves:

Cubierta de alevinaje

$$\lambda_{p\acute{o}rtico} = \frac{2,5 \times 600}{12,1} = 123,97$$

$$\lambda_{lateral} = \frac{1 \times 500}{7,09} = 70,52$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{2,1 \times 10^6}{123,97^2} \times 131,4 = 177215,87 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{15240,825}{0,2 \times 131,4 \times 1800} \right) + \frac{1}{1 - \left(\frac{15240,825}{177215,87} \right)} \times \frac{10968,75 \times 100}{1380 \times 1800} = 0,805 < 1$$

De forma que cumple con la comprobación a pandeo.

Nave complementaria

$$\lambda_{p\acute{o}rtico} = \frac{2,5 \times 600}{10,3} = 145,63$$

$$\lambda_{lateral} = \frac{1 \times 500}{6,08} = 82,236$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{2,1 \times 10^6}{145,63^2} \times 106 = 103589,76 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{10607,976}{0,2 \times 106 \times 1800} \right) + \frac{1}{1 - \left(\frac{10607,976}{103589,76} \right)} \times \frac{8775 \times 100}{938 \times 1800} = 0,857$$

De forma que cumple con la comprobación a pandeo.

6.2.3.3. Comprobación al desplome

Para la comprobación a desplome se establece la siguiente relación:

$$\text{Si } \Delta < \frac{h}{150}, \text{ cumple.}$$

Obteniendo el valor de Δ (cm) mediante la siguiente expresión:

$$\Delta (cm) = \left(\frac{3}{40} \right) \times \frac{q_v \times h^4}{EI \times \gamma}$$

Siendo:

- q_v el valor de la carga ejercida por el viento expresado en kg/m.
- h la altura máxima
- $EI = (2,1 \times 10^6) \times I_y$
- El coeficiente de mayoración $\gamma = 1,5$

Seguidamente se muestran las comprobaciones a desplome realizadas para ambas naves.

Cubierta de alevinaje

$$\frac{h}{150} = \frac{600}{150} = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta = \left(\frac{3}{40}\right) \times \frac{937,5 \times 600^4}{(2,1 \times 10^6) \times 19270 \times 1,5} = 1,501$$

Como $1,501 < 4$, se cumple con la comprobación a desplome.

Nave complementaria

$$\frac{h}{150} = \frac{600}{150} = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta = \left(\frac{3}{40}\right) \times \frac{750 \times 600^4}{(2,1 \times 10^6) \times 11259 \times 1,5} = 2,055$$

Como $2,055 < 4$, se cumple con la comprobación a desplome.

7. Muro Hastial

7.1. Pilares

Los cálculos y proceso de selección de los pilares del muro hastial seguirán el proceso previamente definido en el cálculo de los pilares de las cerchas, a excepción de las cargas a soportar por la estructura.

En su lugar, el valor de la flexión debida al viento ($M_{y,Ed}$) vendrá definido por la siguiente fórmula:

$$M_{y,Ed} = \frac{q_v \times h^2}{8}$$

En los siguientes apartados se expone el proceso de cálculo aplicado para los pilares del muro hastial, manteniendo para los pilares de extremos del muro hastial aquellos previamente calculados como parte de la estructura principal.

Cubierta alevinaje

Cargas a soportar:

Se realizará el cálculo de estas para el pilar interior de mayor altura (h=7,8 m).

- Compresión transmitida por el dintel (R):

Se tiene en cuenta la separación entre los pilares del muro hastial (L) así como el valor de separación entre cerchas (S_{cerchas}), así como de la carga total (201 kg/m²).

- L = 6 m
- $S_{\text{cerchas}} = 5$ m

$$\text{Carga } R = \frac{201 \times 6 \times 5}{2} = 3015 \text{ kg}$$

- Flexión debida al viento:

En primer lugar, se determina el coeficiente de exposición para la altura del pilar de mayor altura empleando la Tabla 44.

- $C_e = 2,6$
- $q = 50 \text{ kg/m}^2$
- L = 6 m de separación entre pilares.
- $\gamma = 1,5$

$$q_v = 50 \times 2,6 \times 6 \times 1,5 = 1170 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$M_{y,Ed} = \frac{1170 \times 7,8^2}{8} = 8897,85$$

Elección perfiles y comprobaciones:

- Se selecciona el pilar HEB-220.
- Comprobación a resistencia:

$$\left(\frac{3015}{91 \times 1800} \right) + \left(\frac{8897,85 \times 100}{736 \times 1800} \right) = 0,69 < 1, \text{ por tanto cumple.}$$

- Comprobación a pandeo:

$$\lambda_{\text{pórtico}} = \frac{2,5 \times 780}{9,43} = 206,787$$

$$\lambda_{lateral} = \frac{1 \times 780}{5,59} = 139,535$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{2,1 \times 10^6}{206,787^2} \times 91 = 44107,719 \text{ kg}$$

$$\left(\frac{3015}{0,2 \times 91 \times 1800} \right) + \frac{1}{1 - \left(\frac{3015}{44107,719} \right)} \times \frac{8897,85 \times 100}{736 \times 1800} = 0,813 < 1$$

De forma que cumple con la comprobación a pandeo.

- Debido a que la cabeza del pilar no se va a desplazar no se debe realizar la comprobación a deformación.

Nave alevinaje

Cargas a soportar:

Se realizará el cálculo de estas para el pilar interior de mayor altura (h=7,2 m).

- Compresión transmitida por el dintel (R):

Se tiene en cuenta la separación entre los pilares del muro hastial (L) así como el valor de separación entre cerchas ($S_{cerchas}$), así como de la carga total (219,9 kg/m²).

- L = 6 m
- $S_{cerchas} = 4 \text{ m}$

$$Carga R = \frac{219,9 \times 6 \times 4}{2} = 2638,8 \text{ kg}$$

- Flexión debida al viento:

En primer lugar, se determina el coeficiente de exposición para la altura del pilar de mayor altura empleando la Tabla 44.

- $C_e = 2,6$
- $q = 50 \text{ kg/m}^2$
- L = 6 m de separación entre pilares.
- $\gamma = 1,5$

$$q_v = 50 \times 2,6 \times 6 \times 1,5 = 1170 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$M_{y,Ed} = \frac{1170 \times 7,2^2}{8} = 7581,6$$

Elección perfiles y comprobaciones:

- Se selecciona el pilar HEB-220.
- Comprobación a resistencia:

$$\left(\frac{2638,8}{91 \times 1800} \right) + \left(\frac{7581,6 \times 100}{736 \times 1800} \right) = 0,589 < 1, \text{ por tanto cumple.}$$

- Comprobación a pandeo:

$$\lambda_{p\acute{o}rtico} = \frac{2,5 \times 720}{9,43} = 190,88$$

$$\lambda_{lateral} = \frac{1 \times 720}{5,59} = 128,801$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{2,1 \times 10^6}{190,88^2} \times 91 = 51765,309kg$$

$$\left(\frac{2638,8}{0,2 \times 91 \times 1800} \right) + \frac{1}{1 - \left(\frac{2638,8}{51765,309} \right)} \times \frac{7581,6 \times 100}{736 \times 1800} = 0,684 < 1$$

De forma que cumple con la comprobación a pandeo.

- Debido a que la cabeza del pilar no se va a desplazar no se debe realizar la comprobación a deformación.

7.2. Dintel

7.2.1. Cálculo de cargas

Se emplean las siguientes expresiones para determinar las reacciones en el apoyo de la correa, así como el momento máximo:

$$P (kg) = \text{Catga total} \left(\frac{kg}{m^2} \right) \times S_{\text{correas-x}} \times \frac{S_{\text{cerchas}}}{2}$$

Siendo:

- $S_{\text{correas-x}}$ la separación entre las correas sobre el eje horizontal.
- S_{cerchas} la separación entre cerchas.

$$M_{\text{max}}(kg \times m) = \frac{P (kg) \times L (m)}{4}$$

Donde L equivale a la separación entre pilares del muro hastial.

Se expone a continuación el cálculo de las cargas para el dintel de las naves de alevinaje y complementaria.

Cubierta de alevinaje:

$$P (kg) = 201 \times 3 \times \frac{5}{2} = 1507,5 \text{ kg}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1507,7 \times 6}{2} = 4522,4 \text{ kg} \times m$$

Nave complementaria:

$$P (kg) = 219,9 \times 2 \times \frac{4}{2} = 879,6 \text{ kg}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{879,6 \times 6}{2} = 2638,8 \text{ kg} \times m$$

7.2.2. Elección de perfiles y comprobaciones

Se emplean perfiles del tipo HEB (Tabla 45) para el dimensionado del dintel de ambas naves, realizando únicamente la comprobación a resistencia, no siendo necesaria la comprobación a pandeo al no estar sometidos a compresión.

Cubierta de alevinaje:

Se utiliza un perfil HEB-160 para el dimensionado del dintel de la nave, el cual supera la comprobación a resistencia, tal y como se demuestra a continuación:

$$\frac{0}{54,3 \times 1800} + \frac{4522,4 \times 100}{311 \times 1800} = 0,807 < 1$$

Nave complementaria:

Se emplea un perfil HEB-140 para el dimensionado del dintel de la nave, el cual supera la comprobación a resistencia, tal y como se demuestra a continuación:

$$\frac{0}{43 \times 1800} + \frac{2638,8 \times 100}{216 \times 1800} = 0,679 < 1$$

8. Zapata

La cimentación empleada para las naves de la explotación consistirá en zapatas centradas.

Para el cálculo de estas se determinan inicialmente los esfuerzos a soportar, así como las características del suelo, para posteriormente establecer las dimensiones de las zapatas y someterlas a las diferentes comprobaciones. Finalmente se realiza la determinación de la armadura.

Este proceso se seguirá para ambas naves, distinguiendo entre si las zapatas utilizadas para los pilares de las cerchas y las dimensionadas para soportar los pilares del muro hastial.

8.1. Determinación esfuerzos

Se obtiene el valor de los diferentes esfuerzos a los que se encontrarán sometidas las zapatas mediante las siguientes expresiones:

- Momento de la base del pilar (M):

$$M (Kg \times m) = \frac{(M_{y,ed}Pilar)}{\gamma_{mayoración\ cargas\ variables}}$$

- Cortante (V), siendo este el valor de la reacción en la base del pilar provocada por el efecto del viento:

$$V (kg) = \frac{q_v \times h}{\gamma_{mayoración\ cargas\ variables}}$$

- Axil (N):

$$N (kg) = \frac{R}{\gamma_{mayoración\ global}}$$

Seguidamente se expone al cálculo de los esfuerzos a los que las zapatas de ambas naves se encontrarán sometidas.

Cubierta de alevinaje:

- Zapatas estructura principal:

$$M = \frac{10968,75}{1,5} = 7312,5 \text{ kg} \times m$$

$$V = \frac{937,5 \times 6}{1,5} = 3750 \text{ kg}$$

$$N = \frac{15240,825}{1,436} = 10615,5 \text{ kg}$$

- Zapatas muro hastial:

$$M = \frac{8897,85}{1,5} = 5931,9 \text{ kg} \times m$$

$$V = \frac{1170 \times 8,25}{1,5} = 6435 \text{ kg}$$

$$N = \frac{3015}{1,436} = 2100 \text{ kg}$$

Nave de complementaria:

- Zapatas estructura principal:

$$M = \frac{8775}{1,5} = 5850 \text{ kg} \times m$$

$$V = \frac{750 \times 6}{1,5} = 3000 \text{ kg}$$

$$N = \frac{10607,976}{1,428} = 7428,96 \text{ kg}$$

- Zapatas muro hastial:

$$M = \frac{7581,6}{1,5} = 5054,4 \text{ kg} \times m$$

$$V = \frac{1170 \times 7,2}{1,5} = 5616 \text{ kg}$$

$$N = \frac{2638,8}{1,428} = 1848 \text{ kg}$$

8.2. Estimación características del suelo

A continuación, se exponen de forma sintetizada los diferentes parámetros del suelo con interés para los cálculos del dimensionado de las zapatas:

Tabla 46. Características del suelo de la explotación. Fuente: Elaboración propia.

Densidad (kg/m ³)	Ángulo de rozamiento interno (r)	Tensión admisible (kg/cm ²)
1700	30 °	4

Dimensionado

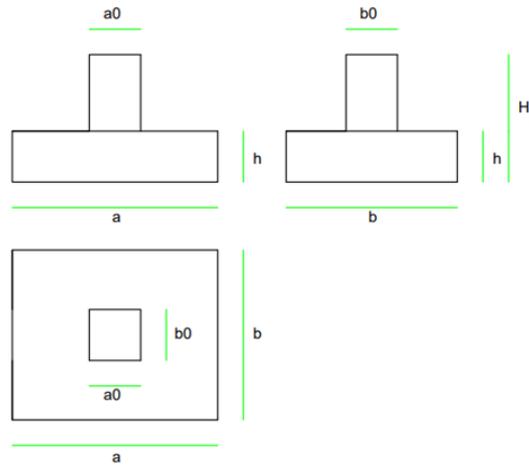


Figura 19. Esquema Zapata. Fuente: Elaboración propia.

Se muestran en las Tablas 47 y 48 las dimensiones seleccionadas para las zapatas utilizadas en las naves de alevinaje y complementaria:

Tabla 47. Dimensiones Zapatas Nave Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

Zapatas cubierta alevinaje	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,5
Ancho b (m)	1,5
Altura (h)	0,5
Profundidad de apoyo H (m)	2
Zapatas muro hastial	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	3
Ancho b (m)	2
Altura (h)	0,75
Profundidad de apoyo H (m)	2

Tabla 48. Dimensiones Zapatas Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

Zapatas estructura principal	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,5
Ancho b (m)	1,5
Altura (h)	0,5
Profundidad de apoyo H (m)	2
Zapatas muro hastial	
Enano	
a0 (m)	0,75
b0 (m)	0,75
Zapata	
Largo a (m)	2,75
Ancho b (m)	2
Altura (h)	0,75
Profundidad de apoyo H (m)	2

8.3. Comprobaciones

Las dimensiones previamente indicadas en las Tablas 47 y 48 cumplen con las condiciones planteadas en las siguientes comprobaciones:

- Comprobación a vuelco:

$$\text{Coeficiente de Seguridad a Vuelco (CSV)} > \gamma_{\text{vuelco}}$$

Donde:

- $\gamma_{\text{vuelco}} = 2$

- $$CSV = \frac{M+V \times H}{(P_{\text{enano}}+P_{\text{zapata}}+P_{\text{suelo}}) \times \left(\frac{a}{2}\right)}$$

- Comprobación a deslizamiento:

$$F_{h \text{ Desest.}} \times \gamma_{\text{Deslizamiento}} < F_{h \text{ Est.}}$$

Siendo:

- *Coficiente de mayoración de vuelco* ($\gamma_{\text{Deslizamiento}}$) = 1,5
- $F_{h \text{ Desest.}} (kg) = V$
- $F_{h \text{ Est.}} (kg) = (P_{\text{enano}} + P_{\text{zapata}} + P_{\text{suelo}} + N) \times \tan \left(r \times \frac{\pi}{180} \right)$

- Transmisión de tensiones al terreno:

A partir de las siguientes condiciones se puede establecer si las transmisiones de tensiones al terreno consisten en transmisión triangular o trapezoidal:

Si e (excentricidad) > Posición NC, transmisión triangular

Si e (excentricidad) < Posición NC, transmisión trapezoidal

Una vez determinado y calculado el tipo de transmisión se realiza la siguiente comprobación:

Si Tensión máxima estructura < Tensión admisible, cumple.

8.4. Determinación armadura

Para el cálculo de la armadura metálica de las zapatas (Expuesto en las Tablas 49 y 50) se emplean las siguientes fórmulas:

- $q \left(\frac{kg}{cm} \right) = \text{Tensión máxima} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \times b (cm)$
- $L (cm) = 0,15 \times a_0 (cm) + \frac{a (cm) - a_0 (cm)}{2}$
- $M_{\text{max}} \left(\frac{kg}{cm} \right) = \frac{q \left(\frac{kg}{cm} \right) \times L (cm) \times \gamma}{2}$
- $f_{cd} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{f_{ck} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{\gamma_c}$

- $f_{gd} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{f_{yk} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{\gamma_s}$
- $U_0(kg) = 0,85 \times b(cm) \times f_{cd} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \times (h(cm) - 5)$
- $U_s(kg) = U_0(kg) \times \left(1 - \left(1 - \frac{2 \times M_{max} \left(\frac{kg}{cm} \right)}{U_0(kg) \times (h(cm) - 5)} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$
- $U_d(kg) = \left(\frac{\pi \times (\text{Diametro redondos } (cm))^2}{4 \times \gamma_s \left(\frac{kp}{cm^2} \right)} \right) \times f_{yk} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$
- $N \text{ teórico de redondos } b = \frac{U_s}{U_d}$
- $\text{Separación entre redondos } (cm) = \frac{b(cm) - 2 \times 5}{N \text{ teórico de redondos} - 1}$
- $\text{As mín. } (cm^2) = \frac{0,9}{1000} \times b(cm) \times h(cm)$
- $N \text{ teórico de redondos } a = \text{As mín. } \frac{cm^2}{\pi \times \frac{(\text{Diametro redondos } (cm))^2}{4}}$

Tabla 49. Armadura Zapatas Estructuras Principales. Fuente: Elaboración propia.

Alevinaje Propuesta (30 x 30)			Nave principal (24 x 24)		
q	254	Kg/cm	q	207	Kg/cm
M _{max}	1858547	Kg/cm	M _{max}	1514017	Kg/cm
L	98,75	cm	L	98,75	cm
f _{cd}	166,67	Kg/cm ²	f _{cd}	166,67	Kg/cm ²
f _{gd}	4347	Kg/cm ²	f _{gd}	4347	Kg/cm ²
U _o	956250	Kg	U _o	956250	Kg
U _s	42233	Kg	U _s	34258	Kg
Diametro escogido	1,2	cm	Diametro escogido	1,2	cm
U _d	4917		U _d	4917	
N. redondos b	8,58	9	N. redondos b	6,97	7
Separación red	17	cm	Separación red	23	cm
As min	6,75	cm ²	As min	6,75	cm ²
N.redondos a	5,96	6	N.redondos a	5,97	6

Tabla 50. Armadura Zapatas Muros Hastiales. Fuente: Elaboración propia.

Alevinaje Propuesta (30 x 30)			Nave principal (24 x 24)		
q	223,64	Kg/cm	q	229,91	Kg/cm
M _{max}	2568581,12	Kg/cm	M _{max}	2134169,86	Kg/cm
L	123,75	cm	L	111,25	cm
f _{cd}	166,67	Kg/cm ²	f _{cd}	166,67	Kg/cm ²
f _{gd}	4347,82	Kg/cm ²	f _{gd}	4347,89	Kg/cm ²
U _o	1983333,33	Kg	U _o	1983333,33	Kg
U _s	37039,89	Kg	U _s	30726,15	Kg
Diametro escogido	1,2	cm	Diametro escogido	1,2	cm
U _d	4917,27		U _d	4917,27546	
N. redondos b	7,53	8	N. redondos b	6,25	7
Separación red	27,14	cm	Separación red	31,67	cm
As min	13,5	cm ²	As min	13,5	cm ²
N.redondos a	11,947	12	N.redondos a	11,937	12

9. Bibliografía

- Código Técnico de Edificación, *Documento Básico SE-A – Seguridad estructural Acero* (2008). Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>
- Prontuario de Perfiles Metálicos. Tablas de Perfiles Metálicos. Series de Perfiles Laminados. Recuperado de: <https://ingemecanica.com/utilidades/prontuario-de-perfiles-metalicos.html#ipn>

Anejo III: Fontanería

1. Introducción

A lo largo de este anejo se describen las redes de agua fría y de agua caliente que conforman la fontanería de la nave complementaria, así como el dimensionado y diseño de sus diversos componentes.

La red de agua conformada por los circuitos de agua fría y de agua caliente abastece sanitarios, tomas y maquinaria con requerimientos de agua.

El inicio de la red se ubica en la acometida, ubicada en una construcción previa al establecimiento de la explotación (Al oeste de las parcelas), proveniente del de la red de distribución de agua del polígono en el que se ubica. La empresa encargada de la distribución de agua garantiza una presión en la acometida de 30 m.c.a.

El proceso de cálculo empleado sigue las indicaciones propuestas en el Código Técnico de la Edificación (CTE), más concretamente en el Documento Básico HS Salubridad, sección HS 4: Suministro de agua.

Se consideran los siguientes elementos en el dimensionado de la red de distribución de agua:

- Puntos de consumo.
- Ramales de enlace.

De acuerdo con el CTE, las redes de distribución de agua se deberán diseñar y dimensionar de forma que garanticen una presión mínima en los puntos de consumo de:

- 100 kPa (10 m.c.a) para grifos comunes.
- 150 kPa (15 m.c.a) para fluxores y calentadores.

Así mismo, en ninguno de los puntos se debes superar los 500 kPa (50 m.c.a) de presión.

2. Materiales empleados

El material seleccionado para las diferentes conducciones de agua es el Polietileno reticulado (PE-X) debido a su elevada resistencia al calor, facilitando así su uso para la red de distribución de agua caliente.

3. Necesidades de agua

Con el objetivo de establecer los requerimientos de caudal de los diferentes elementos de las redes de distribución de agua se han tomado como referencia los caudales instantáneos mínimos establecidos en el CTE HS-4 para cada elemento.

Tabla 51. Elementos Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Q (L/s)
Fregadero doméstico	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Calentador	0,79
Lavabo	0,1
Lavabo	0,1
Grifo garaje	0,2
Grifo garaje	0,2
Ducha	0,2
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Lavabo	0,1
Ducha	0,2
Inodoro con cisterna	0,1
Lavabo	0,1
TOTAL	3,39

Tabla 52. Elementos Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Q (L/s)
Lavabo	0,065
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Lavabo	0,065
TOTAL	0,79

4. Cálculo dimensionado de las tuberías

Para determinar el caudal instantáneo que atraviesa cada tramo se realiza la suma de todos los caudales instantáneos individuales de los distintos elementos que son alimentados por dicho tramo.

Por lo que respecta a la velocidad de circulación del agua, el intervalo para materiales termoplásticos se encuentra entre 0,5 y 3,5 m/s. Tras determinar el caudal necesario en cada tramo se fija una velocidad intermedia de 2,5 m/s con el objetivo de hallar un diámetro mínimo de conducción.

Dicho valor de diámetro mínimo se calcula empleando las siguientes expresiones:

$$Q = v \times S$$

$$S = \frac{(\pi \times D^2)}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{(4 \times Q)}{(\pi \times v)}}$$

Siendo:

- v la velocidad de circulación de agua establecida.

- Q el caudal calculado para el tramo.
- S la sección de la tubería.
- D el valor del diámetro interior mínimo teórico del tubo para la velocidad previamente establecida.

Tras obtener el diámetro interior teórico se escoge el diámetro estandarizado para el material propuesto (PE-X) cuyo valor de diámetro interior sea el inmediatamente superior al teórico.

4.1. Tablas de resultados

Acto seguido se exponen de forma sintetizada en las Tablas 53 y 54 los procesos de cálculo, resultados obtenidos para el valor diámetro de los diferentes tramos, así como el valor de velocidad real que tendrá cada uno de estos:

Tabla 53. Cálculo Diámetros Nominales Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	Elemento	q (L/S)	q (m3/s)	D Teo (mm)	DN	D real	Material	V (m/s)
T1	Fregadero doméstico	3,39	0,00339	41,55	50	42,6	PE-X	2,37
T2	-	3,19	0,00319	40,30	50	42,6	PE-X	2,23
T3	Grifo garaje	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T4	Grifo garaje	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T5	Calentador	2,39	0,00239	34,88	50	42,6	PE-X	1,67
T6	Lavabo	0,2	0,0002	10,0	16	13,4	PE-X	1,41
T7	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T8	-	1,4	0,0014	26,70	32	27,2	PE-X	2,40
T9	Ducha	0,7	0,0007	18,88	25	21,2	PE-X	1,98
T10	Lavabo	0,5	0,0005	15,95	20	17	PE-X	2,20
T11	Ducha	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T12	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T13	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T14	Ducha	0,7	0,0007	18,8	25	21,2	PE-X	1,98
T15	Lavabo	0,5	0,0005	15,9	20	17	PE-X	2,20
T16	Ducha	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T17	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T18	Lavabo	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T19	Inodoro con cisterna	0,4	0,0004	14,27	20	17	PE-X	1,76
T20	Inodoro con cisterna	0,3	0,0003	12,36	16	13,4	PE-X	2,12
T21	Inodoro con cisterna	0,2	0,0002	10,09	16	13,4	PE-X	1,41
T22	Inodoro con cisterna	0,1	0,0001	7,13	16	13,4	PE-X	0,70
T2.5	-	2,79	0,00279	37,69	50	42,6	PE-X	1,95

Tabla 54. Cálculo Diámetros Nominales Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	Elemento	q (L/S)	q (m3/s)	D Teo (mm)	DN	D real	Material	V (m/s)
T1	-	0,79	0,00079	20,05	25	21,2	PE-X	2,23
T6	Lavabo	0,13	0,00013	8,13	16	13,4	PE-X	0,92
T7	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93
T8	-	0,66	0,00066	18,33	25	21,2	PE-X	1,86
T9	Duchas	0,33	0,00033	12,96	16	13,4	PE-X	2,33
T10	Lavabo	0,23	0,00023	10,82	16	13,4	PE-X	1,63
T11	Ducha	0,165	0,000165	9,16	16	13,4	PE-X	1,16
T12	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93
T13	Ducha	0,33	0,00033	12,96	16	13,4	PE-X	2,33
T14	Lavabo	0,23	0,00023	10,82	16	13,4	PE-X	1,63
T15	Ducha	0,165	0,000165	9,16	16	13,4	PE-X	1,16
T16	Lavabo	0,065	0,000065	5,75	12	9,4	PE-X	0,93

5. Cálculos de presión

Se obtiene el valor de las pérdidas de carga continuas mediante el uso de la ecuación de Hazen-Williams:

$$hr_i = 10,62 \times C^{-1,85} \times L_i \times \frac{Q_i^{1,85}}{D_i^{4,87}}$$

Siendo:

- C una constante que depende del material empleando, siendo igual a 150 para el PE-X.
- L_i la longitud del tramo expresada en metros.
- Q_i el caudal máximo que circula por el tramo expresado en m^3/s .
- D_i el diámetro de la tubería en m.

Por lo que respecta al valor de las pérdidas de carga singulares, se establecen estas como un 30 % de las continuas, definiendo así las pérdidas de carga totales como:

$$\Delta H_i = 1,3 \times hr_i = 1,3 \times (10,62 \times C^{-1,85} \times L_i \times \frac{Q_i^{1,85}}{D_i^{4,87}})$$

Tras calcular los diámetros y los valores de las pérdidas de carga se procede a calcular la presión de los puntos más desfavorables de la red de distribución de agua, comprobando así que la presión mínima en ellos es superior a la requerida por la normativa.

Dicho cálculo de la presión se realiza mediante la ecuación de Bernoulli, despejando de esta el valor de la presión en el punto final del tramo calculado (P_f/γ):

$$\frac{P_i}{\gamma} + z_i + \frac{v_i^2}{2 \times g} = \frac{P_f}{\gamma} + z_f + \frac{v_f^2}{2 \times g} + \Delta H_i$$

Siendo:

- $\frac{P_i}{\gamma}$ la presión del punto inicial del tramo.
- $\frac{P_f}{\gamma}$ la presión del punto final del tramo.
- z_i la cota del punto inicial del tramo.
- z_f la cota del punto final del tramo.
- v los valores de velocidad del agua en el tramo.
- $g= 9,81 \text{ m/s}^2$.
- ΔH_i las pérdidas de carga totales.

5.1. Tablas de resultados

Seguidamente se exponen en las siguientes tablas de forma sintetizada los cálculos de las pérdidas de presión de las redes de agua fría y de agua caliente, así como los valores de presión de los puntos más desfavorables de ambas:

Tabla 55. Pérdidas de carga por rozamiento Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	q (L/S)	q (m3/s)	D i (mm)	V (m/s)	L (m)	Hr
T1	3,39	0,00339	42,6	2,38	12,36	2,05
T2	3,19	0,00319	42,6	2,24	3,925	0,58
T3	0,4	0,0004	17	1,76	9,06	2,53
T4	0,2	0,0002	13,4	1,42	0,5	0,12
T5	2,39	0,00239	42,6	1,68	0,5	0,04
T6	0,2	0,0002	13,4	1,42	5,495	1,36
T7	0,1	0,0001	13,4	0,71	5,868	0,40
T8	1,4	0,0014	27,2	2,41	0,1582	0,05
T9	0,7	0,0007	21,2	1,98	3,147	0,84
T10	0,5	0,0005	17	2,20	1,154	0,49
T11	0,4	0,0004	17	1,76	0,8455	0,24
T12	0,2	0,0002	13,4	1,42	1,489	0,37
T13	0,1	0,0001	13,4	0,71	3,5128	0,24
T14	0,7	0,0007	21,2	1,98	3,6124	0,97
T15	0,5	0,0005	17	2,20	1,154	0,49
T16	0,4	0,0004	17	1,76	0,8455	0,24
T17	0,2	0,0002	13,4	1,42	1,489	0,37
T18	0,1	0,0001	13,4	0,71	3,5128	0,24
T19	0,4	0,0004	17	1,76	0,6579	0,18
T20	0,3	0,0003	13,4	2,13	1,039	0,54
T21	0,2	0,0002	13,4	1,42	0,961	0,24
T22	0,1	0,0001	13,4	0,71	3,239	0,22
T2.5	2,79	0,00279	42,6	1,96	12,05	1,39

Tabla 56. Presión Resultante Nudos más desfavorables Red de Agua Fría. Fuente: Elaboración propia.

Punto	Zo	Zx	Vo	Vx	ΣHr	Px/y
Lav. T18	-1,5	0,7	2,38	0,71	6,415856	21,65
Baño. T22	-1,5	0,3	2,38	0,71	3,818141	24,64
Grifo. T4	-1,5	0,5475	2,38	1,42	6,679901	21,46
Calentador	-1,5	2,08	2,38	2,24	5,080075	21,37
Baño. T17	-1,5	0,3	2,38	0,71	6,326011	22,14

Tabla 57. Pérdidas de carga por rozamiento Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	q (L/S)	q (m3/s)	D i (mm)	V (m/s)	L (m)	Hr
T1*	0,79	0,00079	21,2	2,24	3,12	1,05
T6	0,13	0,00013	13,4	0,92	5,495	0,61
T7	0,065	0,000065	9,4	0,94	5,968	1,03
T8	0,66	0,00066	21,2	1,87	0,1582	0,04
T9	0,33	0,00033	13,4	2,34	3,147	1,96
T10	0,23	0,00023	13,4	1,63	1,147	0,37
T11	0,165	0,000165	13,4	1,17	0,8455	0,15
T12	0,065	0,000065	9,4	0,94	5,32	0,92
T13	0,33	0,00033	13,4	2,34	3,6124	2,25
T14	0,23	0,00023	13,4	1,63	1,154	0,37
T15	0,165	0,000165	13,4	1,17	0,845	0,15
T16	0,065	0,000065	9,4	0,94	5,32	0,92

Tabla 58. Presión Resultante Nudos más desfavorables Red de Agua Caliente. Fuente: Elaboración propia.

Pto	Zo	Zx	Vo	Vx	ΣHr	Px/y
Lavabo.T16	-1,5	0,7	2,38	0,94	8,84	19,20
Lavabo.T12	-1,5	0,7	2,38	0,94	8,55	19,49
Lavabo.T7	-1,5	0,7	2,38	0,94	5,72	22,33
Ducha.T15	-1,5	1,6	2,38	1,17	7,98	19,14

6. Bibliografía.

- Código Técnico de Edificación, Documento Básico HS Salubridad (2020).

Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>

Anejo IV: Red de saneamiento de la nave complementaria

1. Introducción

A lo largo de este anejo se describe el cálculo y dimensionado de las instalaciones de saneamiento de la nave complementaria, las cuales transportan tanto las aguas pluviales como los residuos líquidos recogidos en la nave para su evacuación.

Se distinguen los siguientes tipos de aguas generadas:

- Aguas pluviales recogidas en las cubiertas cuando haya precipitaciones.
- Aguas negras, recogidas desde los diferentes sanitarios de la nave (ya sea en los vestuarios o servicios).

Para el proceso de cálculo se sigue lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (Documento Básico HS Salubridad, sección HS 5: Evacuación de agua).

Las aguas recogidas se transportan al punto de evacuación ubicado en la pequeña construcción al oeste de la explotación, la cual presenta una conexión con la red de saneamiento del polígono más cercano.

2. Elementos

Seguidamente se definen los diferentes elementos de los que constará la red de saneamiento:

- Pluviales:
 - Canalones, los cuales recogen el agua que cae sobre la cubierta (para el material se emplea PVC de sección circular).
 - Bajantes, que consisten en conducciones verticales encargadas de transportar el agua de los canalones a la red horizontal. Para el material empleado se considera el uso de PVC pluvial.
 - Arquetas, que consisten en pocetas distribuidas a lo largo de la red principal.
- Aguas residuales:
 - Derivaciones individuales, encargadas de recoger las aguas negras de los diferentes aparatos sanitarios.
 - Colectores horizontales, siendo estos las conducciones de la red horizontal que recogen las aguas de los elementos anteriores.
 - Arquetas.

- Redes mixtas:
 - Colectores horizontales.
 - Arquetas.

Las tuberías pertenecientes a la red horizontal se encontrarán enterradas y presentarán una pendiente de 2%.

3. Aguas pluviales

El cálculo de los elementos de la red de evacuación de aguas pluviales parte de la metodología proporcionada por el CTE, HS 5: Evacuación de aguas.

3.1. Canalones

Para establecer el diámetro nominal de los canalones de evacuación de aguas pluviales se emplean los valores de la Tabla 59. Esta proporciona diferentes diámetros nominales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.

Tabla 59. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Debido a que la intensidad pluviométrica esperada de la zona en la que se ubica la explotación es diferente a 100 mm/h se debe aplicar el siguiente factor de corrección:

$$f = \frac{i}{100}$$

El valor de *i* en dicha expresión se corresponde con la intensidad pluviométrica considerada. El valor de dicha intensidad se puede obtener a través de la siguiente tabla:

Tabla 60. Intensidad Pluviométrica i (mm/h). Fuente: Código Técnico de Edificación.

Isoyeta	Intensidad Pluviométrica i (mm/h)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

De esta forma se determina una intensidad pluviométrica equivalente a 135 mm/h, siendo así $f=1,35$.

Los canalones presentarán una pendiente del 2 %.

Se exponen a continuación los valores de superficies de cubierta teórica y corregida, así como los DN empleados para los canalones de la nave:

Tabla 61. DN y pendiente Canalones Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

f	1,35
S teorica (m ²)	73,51
S corregida(m ²)	99,2385
Pdte (%)	2
DN (mm)	125

3.2. Bajantes

Para las bajantes se establece el valor del diámetro nominal mediante la Tabla 62, aplicando también en este caso el factor de corrección f previamente establecido.

Tabla 62. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Las bajantes variarán tanto su diámetro como su colocación según el lado de la nave en el que se encuentren. Dicha variación en la disposición de bajantes pretende evitar que estas entorpezcan la actividad de la nave coincidiendo con los accesos a esta. Seguidamente se exponen de forma sintetizada los cálculos de los DN de las bajantes:

Tabla 63. Cálculo Diámetro Nominal Bajantes Lado A Nave Complementaria. Fuente: Elaboración propia.

Lado A	
i (mm/h)	135
f	1,35
S teorica (m ²)	73,51
S corregida (m ²)	99,2385
DN (mm)	63

Tabla 64. Cálculo Diámetro Bajantes Lado B Nave Alevinaje. Fuente: Elaboración propia.

Lado B	
i (mm/h)	135
f	1,35
Bajantes 1 y 3	
S teorica (m ²)	73,51
S corregida (m ²)	99,2385
DN (mm)	63
Bajante 2	
S teorica (m ²)	147,02
S corregida (m ²)	198,477
DN (mm)	90

3.3. Colectores

En lo que refiere al cálculo de los colectores de la red de pluviales se emplea un procedimiento similar al anterior, con el mismo factor de corrección y una pendiente de 2 %.

Los posibles valores de DN vienen definidos por el CTE DB HS-5 en la siguiente tabla:

Tabla 65. Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de Edificación.

Superficie proyectada (m ²) Pendiente del colector			Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Se expone a continuación de forma sintetizada el cálculo de los diferentes DN de los colectores pluviales:

Tabla 66. Cálculo DN Colectores Pluviales. Fuente: Elaboración propia.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<i>i</i> (mm/h)	135	135	135	135	135	135	135
<i>f</i>	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
<i>S</i> teórica (m ²)	73,5	220,53	294,04	73,51	147,02	220,53	294,04
1							
<i>S</i> corregida (m ²)	99,2	297,71	396,95	99,23	198,47	297,71	396,95
3							
<i>Pdte</i> (%)	2	2	2	2	2	2	2
<i>DN</i> (mm)	90	110	125	90	110	110	125
<i>L</i> (m)	12,6	12,13	25,78	6,56	6,06	6,06	1,34
3							

3.4. Arquetas

Para el cálculo de las arquetas se seleccionan las dimensiones de estas según el diámetro del colector de salida, según las dimensiones estandarizadas proporcionadas por el CTE DB HS-5 (Tabla 67).

Tabla 67. Dimensiones de las arquetas. Fuente: Código Técnico de Edificación.

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 68. Dimensiones Arquetas Red de Pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Pluviales			
Arqueta	Colector salida	DN Col.Sal.	Dimensiones (cm)
A	T1 Pluv	90	40 x 40
B	T2 Pluv	110	50 x50
C	T3 Pluv	125	50 x 50
D	T3 Pluv	125	50 x 50
E	T5 Pluv	110	50 x50
F	T6 Pluv	110	50 x 50
G	T7 Pluv	125	50 x 50

4. Aguas negras

4.1. Ramales individuales

Para el cálculo de las dimensiones de los elementos de descarga de los elementos sanitarios se sigue el procedimiento descrito en el CTE HS5: Evacuación de aguas, empleando “unidades de desagüe” (UD).

De esta forma, se establece para los ramales individuales las UD, así como los DN establecidos en el CTE DB HS5:

Tabla 69. UDs correspondientes a los diferentes aparatos sanitarios. Fuente: Código Técnico de Edificación.

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	40
Lavadero		3	-	40
Vertedero		-	8	100
Fuente para beber		-	0.5	25
Sumidero sifónico		1	3	40
Lavavajillas		3	6	40
Lavadora		3	6	40
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

A partir de esta se han establecido los diferentes valores de las derivaciones individuales de la red de saneamiento de la nave complementaria:

Tabla 70. Diámetros Nominales ramales individuales. Fuente: Elaboración propia.

Aparato sanitario	UD	D mín (mm)
Baño chicos		
Inodoro con cisterna	5	100
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Baño chicas		
Inodoro con cisterna	5	100
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Vestuario femenino		
Ducha	3	50
Ducha	3	50
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Lavabo	2	40
Vestuario masculino		
Ducha	3	50
Ducha	3	50
Inodoro con cisterna	5	100
Lavabo	2	40
Lavabo	2	40
Almacén		
Grifo garaje	2	50
Grifo garaje	2	50
Sala conjunta		
Fregadero	6	50

4.2. Colectores horizontales

La red de aguas residuales de la nave no contará con bajantes ni ramales colectores al encontrarse completamente ubicada en la planta baja, tratándose todas las tuberías encargadas de recoger los residuos de los equipos sanitarios de colectores horizontales, los cuales presentan una pendiente del 2%.

En la Tabla 71 se exponen los diámetros mínimos establecidos en el CTE:

Tabla 71. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada. Fuente: Código Técnico de Edificación.

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

A partir de estos valores se construye la siguiente tabla:

Tabla 72. DN y pendientes colectores horizontales. Fuente: Elaboración propia.

Tramo	UD	D (mm)	pdte (%)
3	4	50	2
7	10	50	2
9	12	50	2
11	15	50	2
16	10	50	2
35	12	50	2
36	15	50	2
12	19	50	2
19	34	75	2
20	34	75	2
23	7	50	2
25	12	50	2
28	7	50	2
30	12	50	2
31	24	63	2
32	58	90	2
34	64	90	2
Extra	64	90	2

4.3. Arquetas

Siguiendo el proceso establecido para las arquetas de la red de pluviales se obtienen las dimensiones de las arquetas de la red de aguas residuales, las cuales se exponen a continuación:

Tabla 73. Dimensiones Arquetas Red Aguas Negras. Fuente: Elaboración propia.

Pluviales			
Arqueta	Colector salida	DN Col.Sal.	Dimensiones (cm)
A2	T12 Saneamiento	50	40 x 40
B2	T19 Saneamiento	75	40 x 40
C2	T20 Saneamiento	75	40 x 40
D2	T32 Saneamiento	90	40 x 40
E2	T34 Saneamiento	90	40 x 40

5. Red mixta

5.1. Colectores mixtos

Los colectores mixtos recogen las aguas residuales, tanto las aguas negras como las pluviales, siendo necesario traducir las Unidades de Desagüe que llegan a los colectores al valor de superficie equivalente.

Se establece así una superficie equivalente de 90 m² para las aguas recogidas de la red de aguas negras, siendo este el valor asignado por el CTE para cifras de UD inferiores a 250.

Tabla 74. Cálculo Superficie Proyectada Red Mixta. Fuente: Elaboración propia.

Transformación de UD						
UD	S Eq (m ²)	i	f	S corr (m ²)	DN (mm)	Pdte (%)
64	90	135	1,35	121,5	90	2
Cálculo colector mixto						
S proyectada (m ²)	Red de saneamiento		Pluviales		Total	
	121,5		793,908		915,408	

De esta forma se asigna DN 200 para los colectores mixtos (T8 y T9), los cuales poseen una pendiente del 2%.

5.2. Arquetas

Las arquetas se dimensionan mediante el mismo procedimiento que se ha seguido en el dimensionado de arquetas para la recogida de aguas pluviales.

Tabla 75. Red Arquetas Aguas Mixtas. Fuente: Elaboración propia

Colectores mixtos			
Arqueta	Colector de salida	DN Salida	Dimensiones (cm)
A1	T8 Mixt	200	60x60
B1	T9 Mixt	200	60x60

6. Bibliografía.

- Código Técnico de Edificación, Documento Básico HS Salubridad (2020). Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica
y del Medi Natural

Evaluación económica y ambiental de diferentes
alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris
(*Oncorhynchus mykiss*. Walbaum, 1792).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Documento 2: Planos.

AUTOR/A: Piera Álvarez, Joan

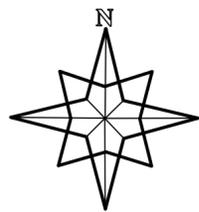
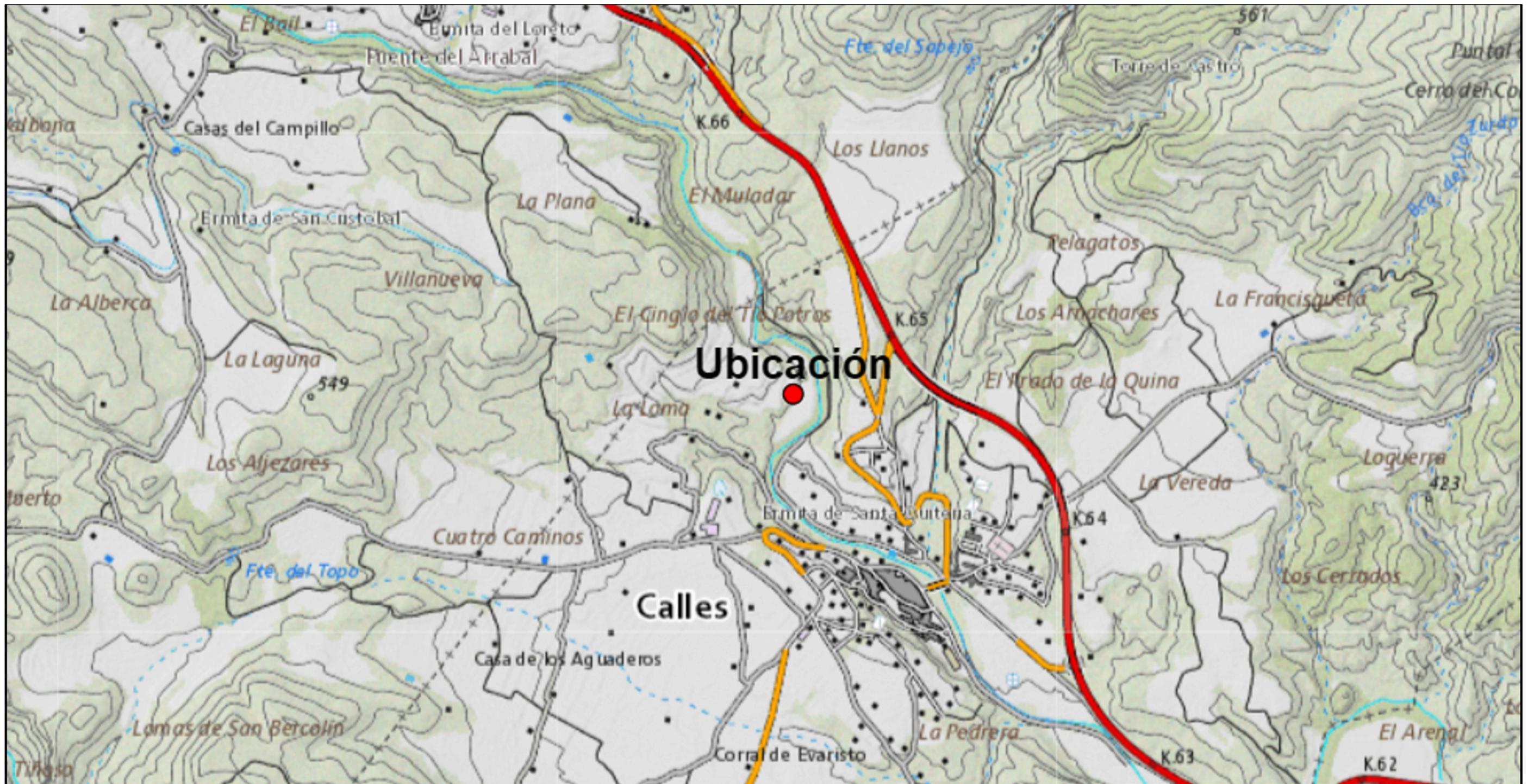
Tutor/a: Martínez Llorens, Silvia

Cotutor/a: Jover Cerdá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

Índice:

- **Plano 1:** Situación.
- **Plano 2:** Emplazamiento.
- **Plano 3:** Plano distribución en planta de la explotación en sistema abierto.
- **Plano 4:** Plano distribución en planta de la explotación con recirculado de agua.
- **Plano 5:** Distribución de canales de la explotación en sistema abierto.
- **Plano 6:** Distribución de canales de la explotación con recirculado de agua.
- **Plano 7:** Distribución de caminos de la explotación.
- **Plano 8:** Distribución en planta Nave Complementaria.
- **Plano 9:** Distribución Alevinaje.
- **Plano 10:** Cimentación Nave Complementaria.
- **Plano 11:** Cimentación Cubierta Alevinaje.
- **Plano 12:** Construcción: Estructura Nave Complementaria.
- **Plano 14:** Construcción: Estructura Cubierta Alevinaje.
- **Plano 15:** Fontanería: Red de agua fría.
- **Plano 16:** Fontanería: Red de agua caliente.
- **Plano 17:** Red de saneamiento: Pluviales + R.Mixta
- **Plano 18:** Red de saneamiento: Aguas negras



Parcela 1	Polígono 33, Parcela 85	Ref. Catastral: 46081A033000850000LS
Parcela 2	Polígono 33, Parcela 75	Ref. Catastral: 46081A033000750000LK
Parcela 3	Polígono 33, Parcela 91	Ref. Catastral: 46081A033000910000LH
Parcela 4	Polígono 33, Parcela 57	Ref. Catastral: 46081A033000570000LW
Parcela 5	Polígono 33, Parcela 56	Ref. Catastral: 46081A033000560000LH
Parcela 6	Polígono 33, Parcela 92	Ref. Catastral: 46081A033000920000LW
Parcela 7	Polígono 33, Parcela 79	Ref. Catastral: 46081A033000590000LB

TÍTULO:

Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

PETICIONARIO:

Universitat Politècnica de València

FIRMADO
Firmado por JOAN PIERA
ALVAREZ - NIF:204982582

NOMBRE:

Joan Piera Álvarez

ESCALA:

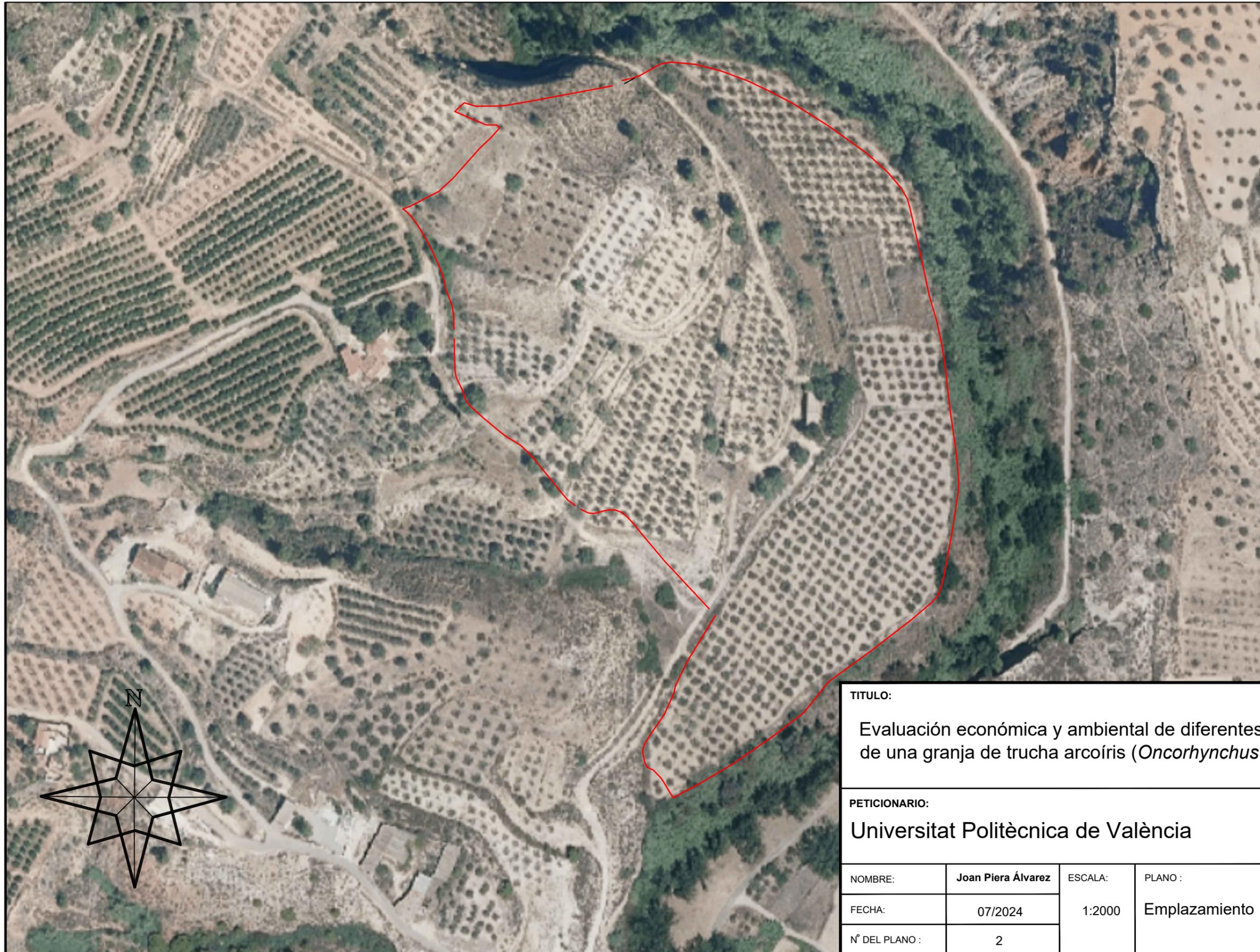
1:10000

PLANO:

Situación

Nº DEL PLANO:

1



Parcela 1	
Polígono 33, Parcela 85	Ref. Catastral: 46081A033000850000LS
Parcela 2	
Polígono 33, Parcela 75	Ref. Catastral: 46081A033000750000LK
Parcela 3	
Polígono 33, Parcela 91	Ref. Catastral: 46081A033000910000LH
Parcela 4	
Polígono 33, Parcela 57	Ref. Catastral: 46081A033000570000LW
Parcela 5	
Polígono 33, Parcela 56	Ref. Catastral: 46081A033000560000LH
Parcela 6	
Polígono 33, Parcela 92	Ref. Catastral: 46081A033000920000LW
Parcela 7	
Polígono 33, Parcela 79	Ref. Catastral: 46081A033000790000LB

Leyenda:

— Delimitación explotación



TÍTULO:

Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

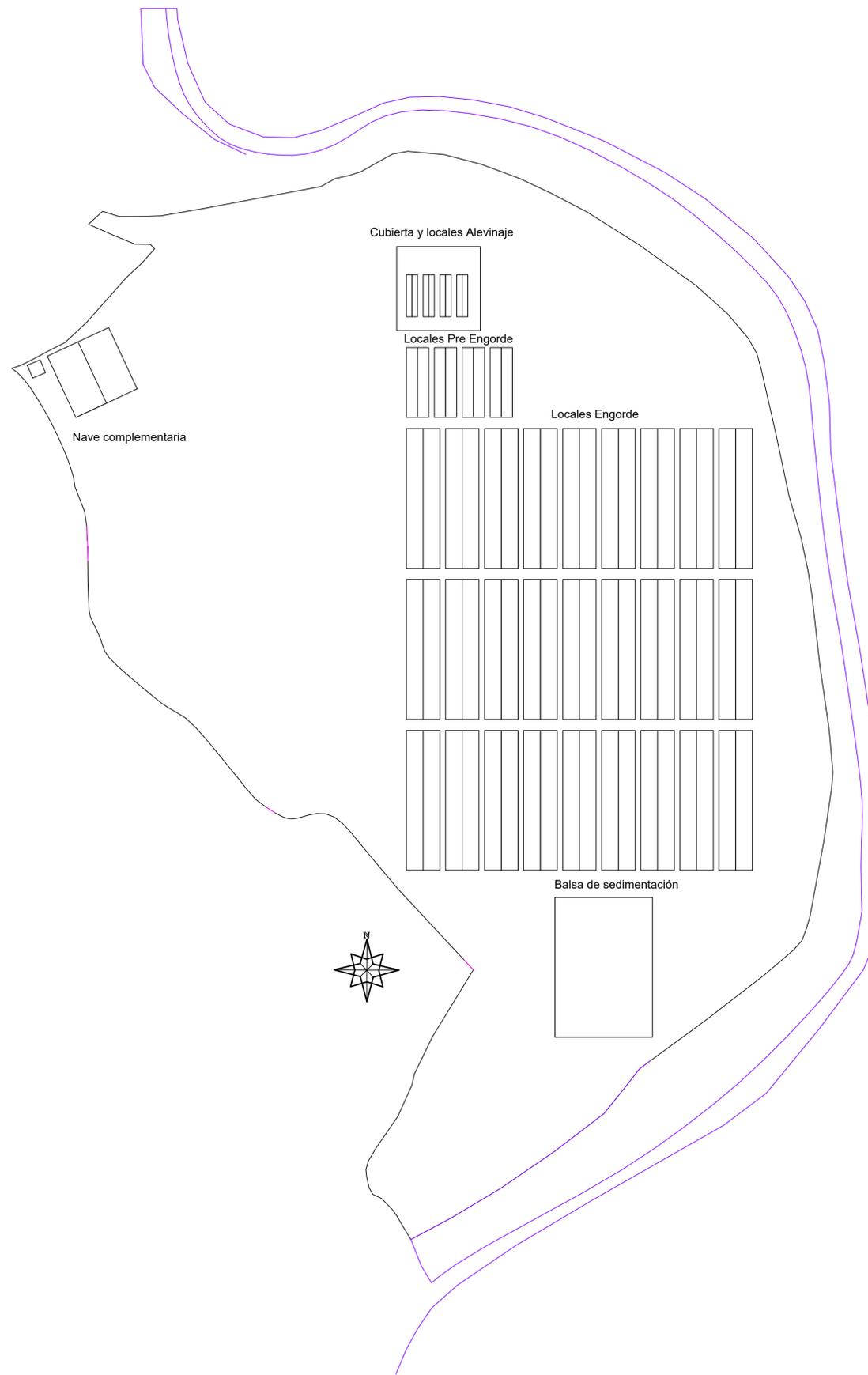
PETICIONARIO:

Universitat Politècnica de València

FIRMADO

Firmado por JOAN
PIERA ALVAREZ -
NIF: 20498258Z

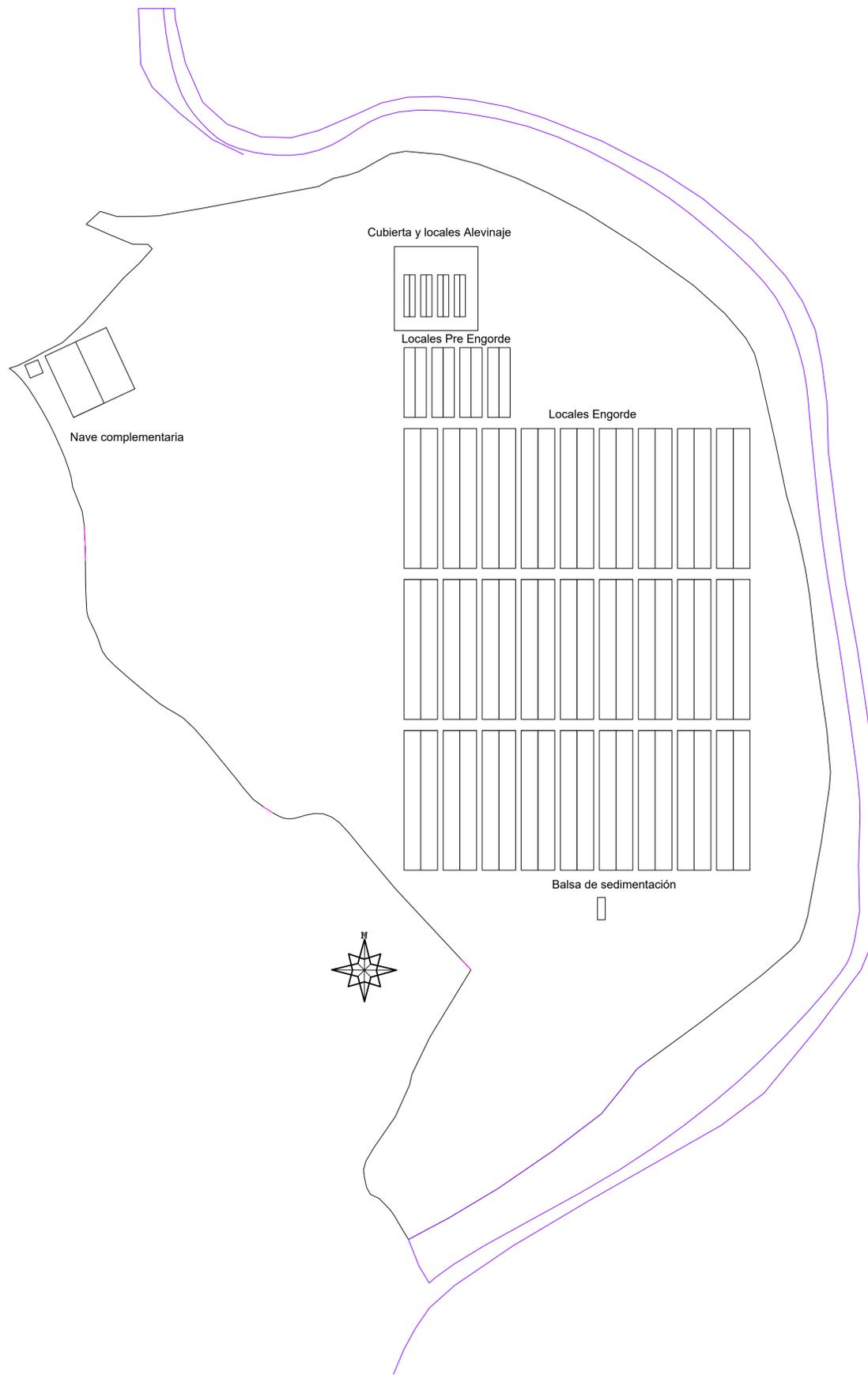
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO :
FECHA:	07/2024	1:2000	Emplazamiento
Nº DEL PLANO :	2		



LEYENDA:

- Río Tuéjar
- Accesos
- Norte

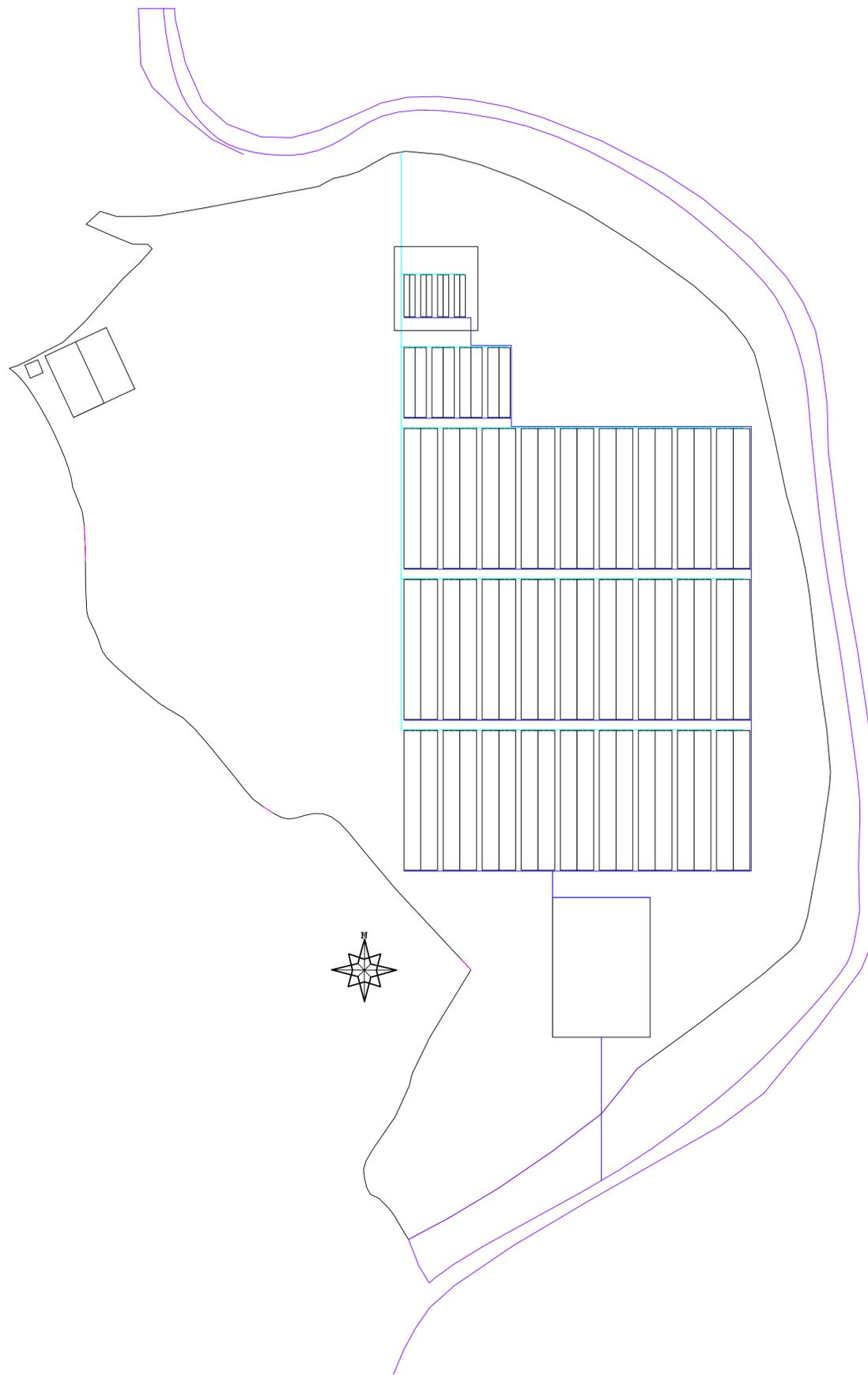
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO:
Universitat Politècnica de València			Firmado por: JOAN PIERA ALVAREZ - MEF: 204982582
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:1000	Plano distribución en planta de la explotación en sistema abierto
Nº DEL PLANO:	3		



LEYENDA:

- Río Tuéjar
- Accesos
- Norte

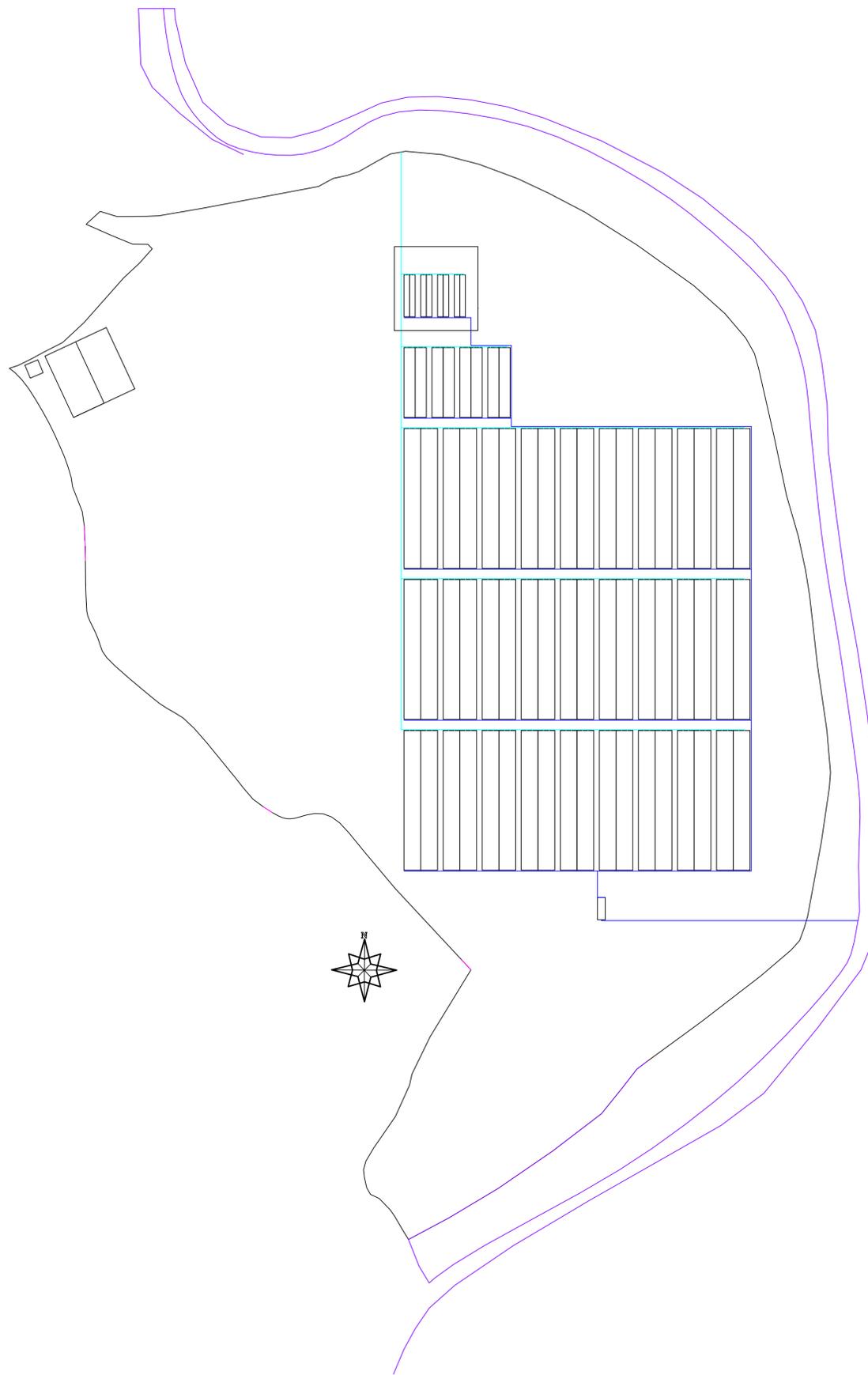
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO:
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:1000	Plano distribución en planta de la explotación con recirculado de agua
Nº DEL PLANO:	4		



LEYENDA:

- Río Tuéjar
- Accesos
- Norte
- Canales distribución de agua
- Canales evacuación de agua

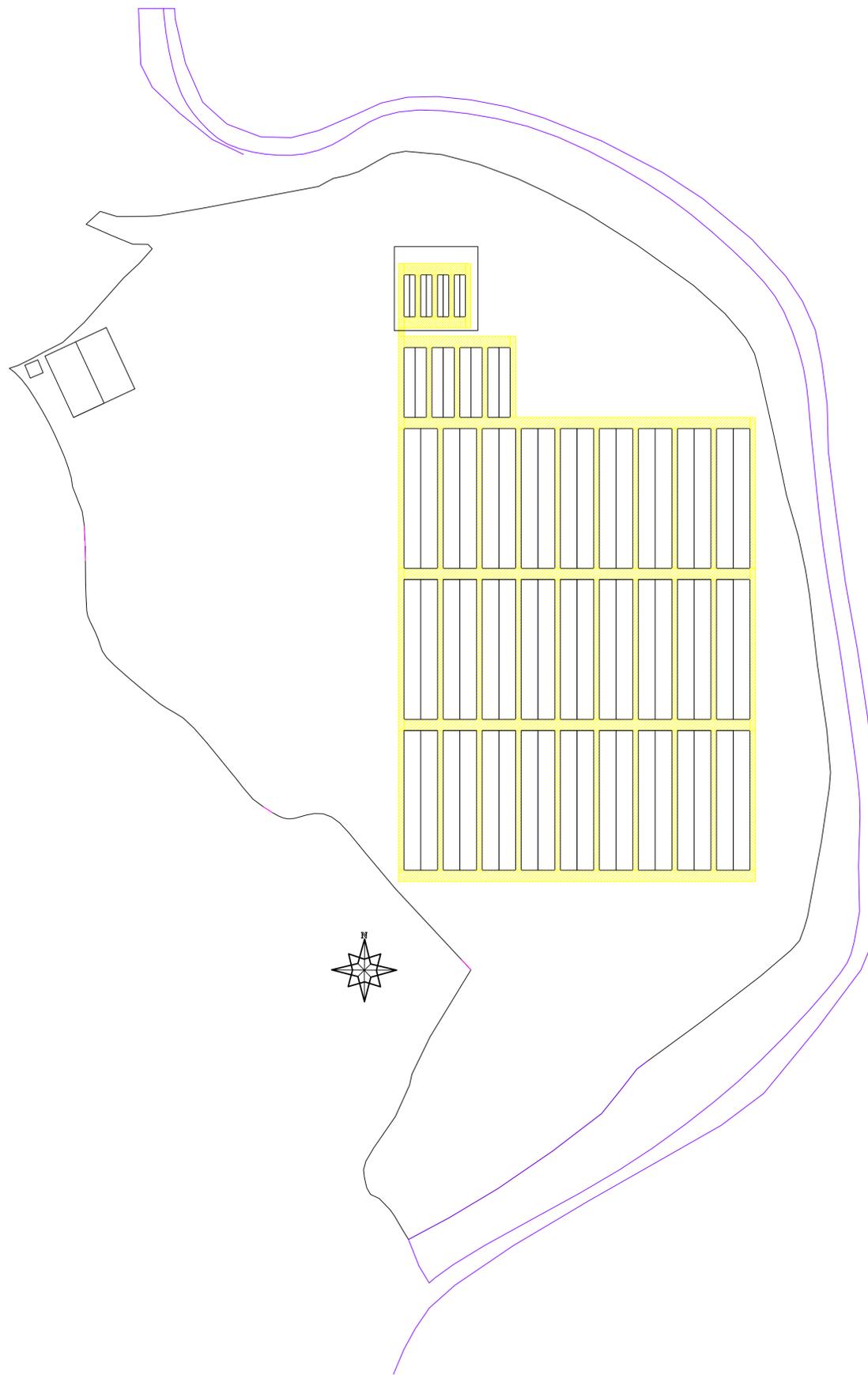
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			<small>FIRMADO Firmado por JOAN PIERA</small>
Universitat Politècnica de València			
<small>NOMBRE:</small>	Joan Piera Alvarez	<small>ESCALA:</small>	<small>PLANO:</small>
<small>FECHA:</small>	07/2024	1:1000	Distribución de canales de la explotación en sistema abierto
<small>Nº DEL PLANO:</small>	5		



LEYENDA:

- Río Tuéjar
- Accesos
- Norte
- Canales distribución de agua
- Canales evacuación de agua

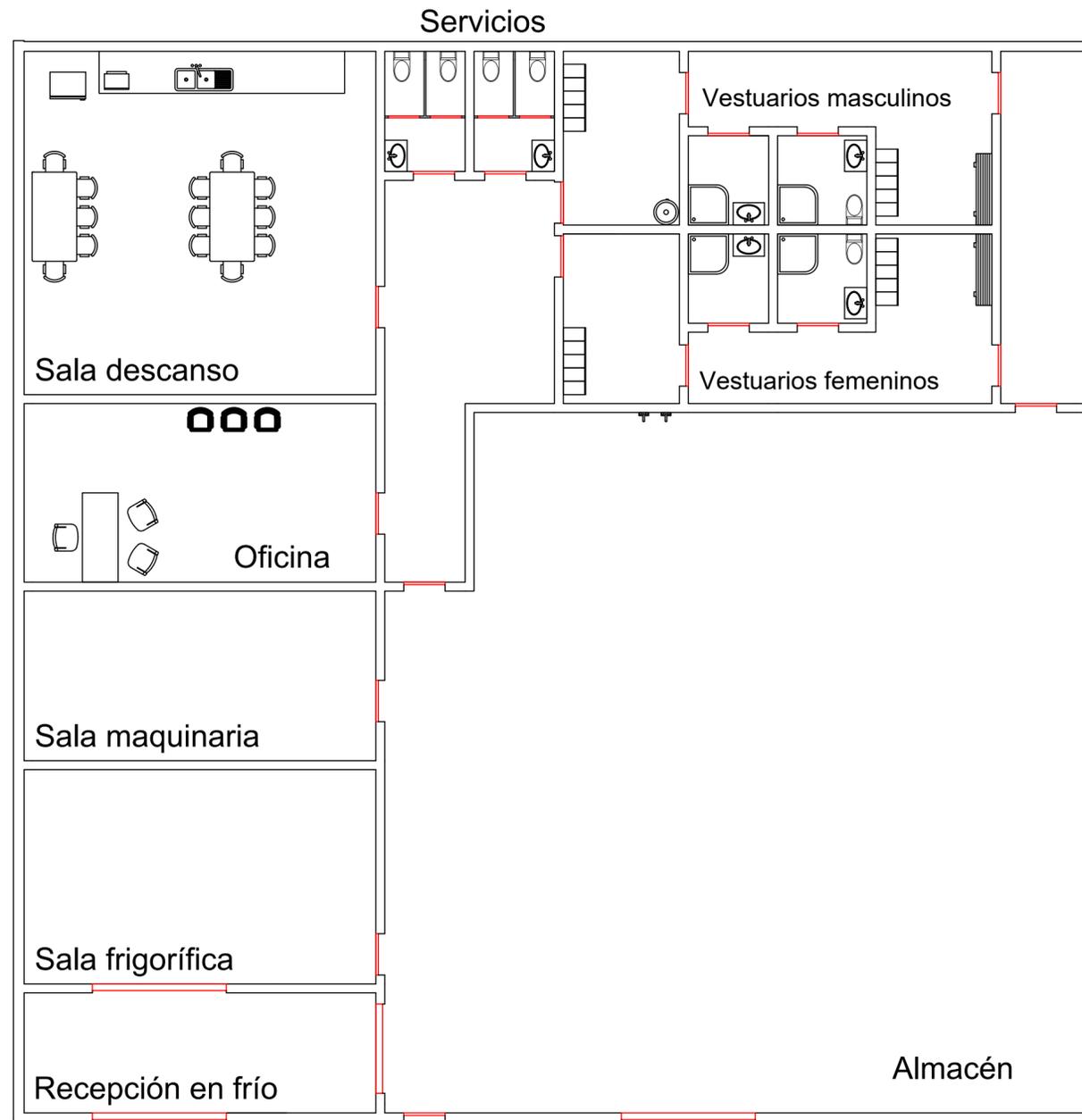
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA ALVAREZ - NIF: 204982582
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:1000	Distribución de canales de la explotación con recirculado de agua
Nº DEL PLANO:	6		



LEYENDA:

- Río Tuéjar
- Accesos
- Norte
- Caminos

TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO:
Universitat Politècnica de València			Firmado por: JOAN PIERA ÁLVAREZ - NIF: 204982582
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:1000	Distribución de caminos de la explotación
Nº DEL PLANO:	7		



Distribución nave

LEYENDA:

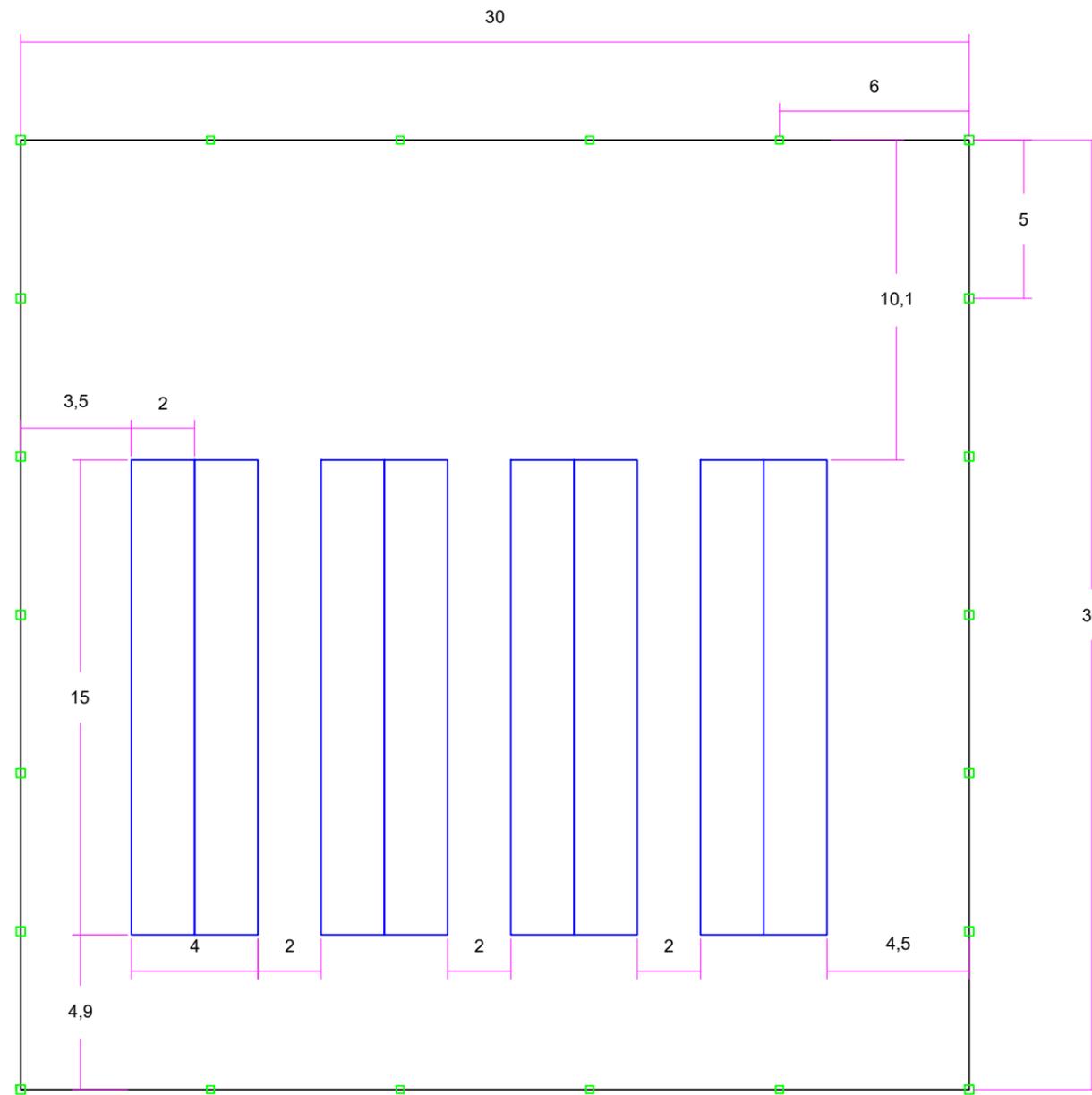
Equipos sanitarios / Elementos hidráulicos:

-  Duchas
-  Inodoros
-  Grifo Almacén
-  Calentador
-  Lavabos
-  Fregaderos

Inmobiliario / Otros elementos:

-  Puertas y accesos
-  Taquillas
-  Sillas
-  Bancos
-  Electrodomésticos

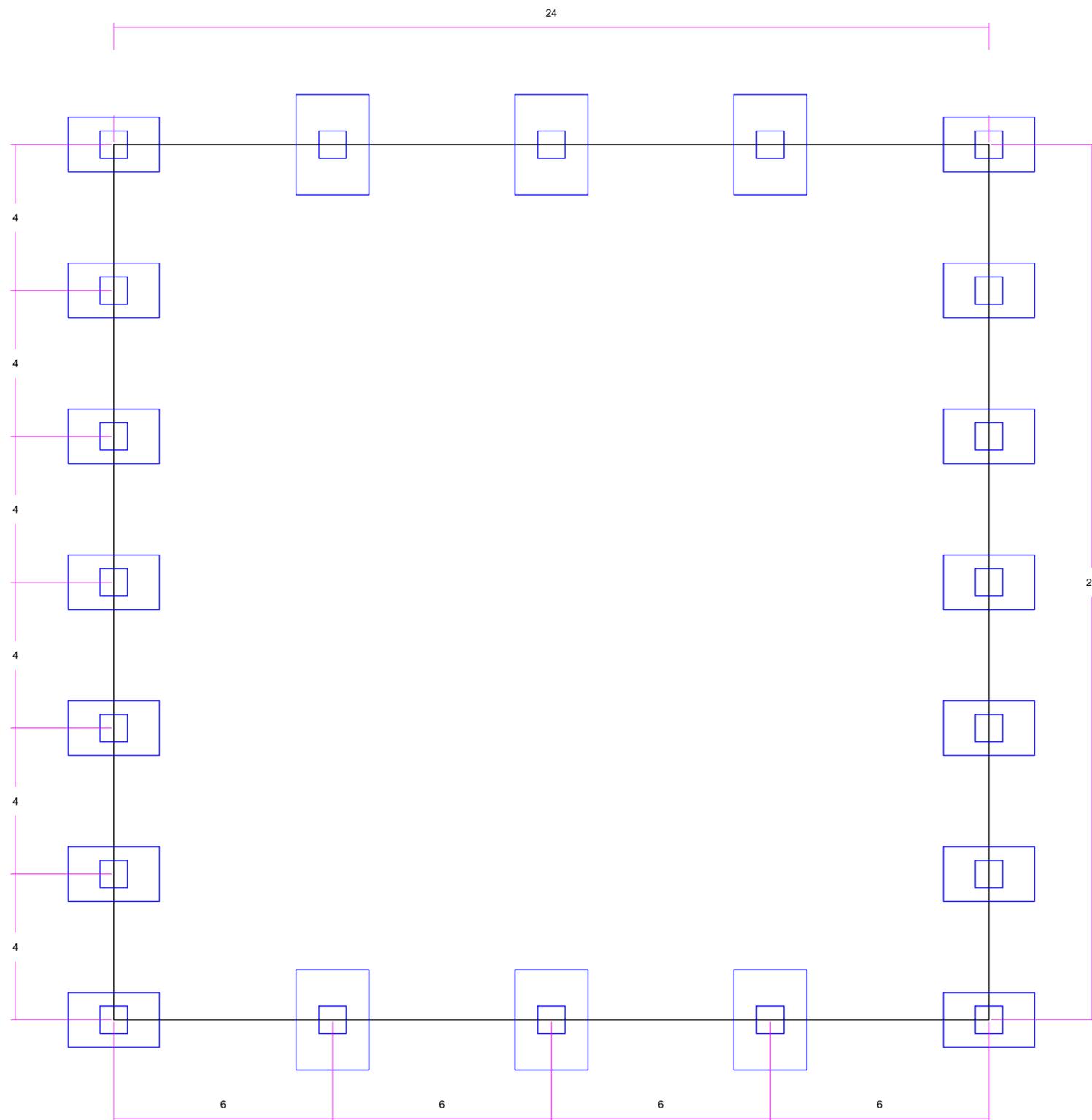
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA ALVAREZ -
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO :
FECHA:	07/2024	1:100	Distribución en planta Nave Complementaria
Nº DEL PLANO :	8		



Leyenda:

- Proyección cubierta
- Tanques alevinaje
- Pilares

TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA ALVAREZ -
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO :
FECHA:	07/2024	1:200	Distribución Alevinaje
Nº DEL PLANO :	9		



Dimensiones zapata (cm)

E. Principal	M. Hastial

TITULO:

Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

PETICIONARIO:

Universitat Politècnica de València

FIRMADO

Firmado por JOAN
PIERA ALVAREZ -

NOMBRE:

Joan Piera Álvarez

ESCALA:

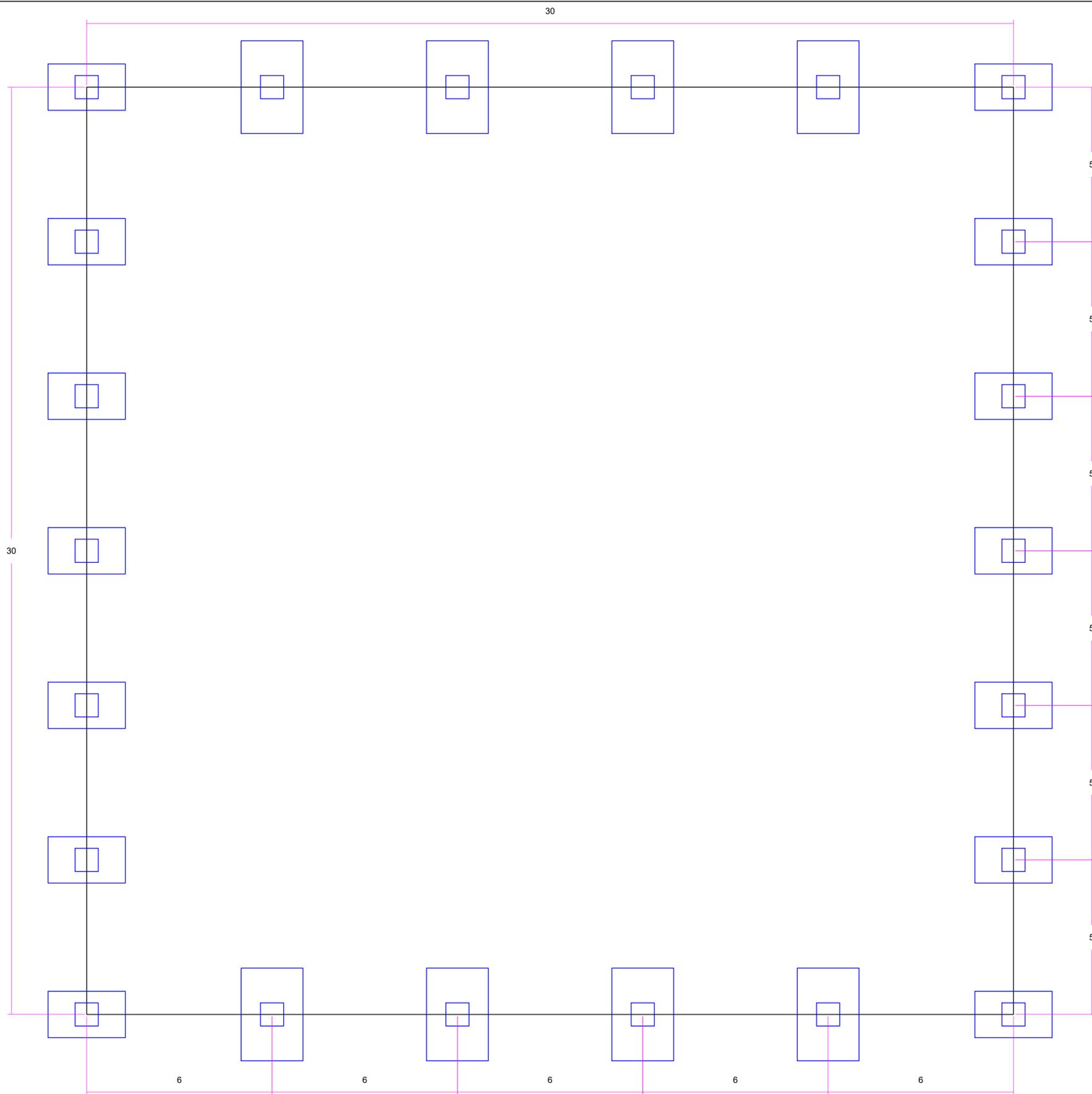
1:100

PLANO :

Cimentación Nave Complementaria

Nº DEL PLANO :

10



Dimensiones zapata (cm)

<p>75</p> <p>250</p> <p>50</p>	<p>75</p> <p>300</p> <p>75</p> <p>200</p>
<p>75</p> <p>150</p> <p>50</p> <p>200</p>	<p>75</p> <p>200</p> <p>75</p> <p>200</p>
<p>75</p> <p>250</p> <p>150</p> <p>75</p>	<p>75</p> <p>300</p> <p>200</p> <p>75</p>
E. Principal	M. Hastial

TITULO:
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

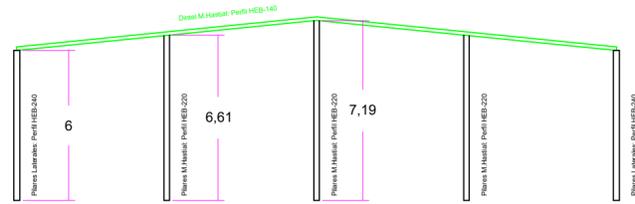
PETICIONARIO:
Universitat Politècnica de València

FIRMADO:
Firmado por JOAN PIERA ALVAREZ -

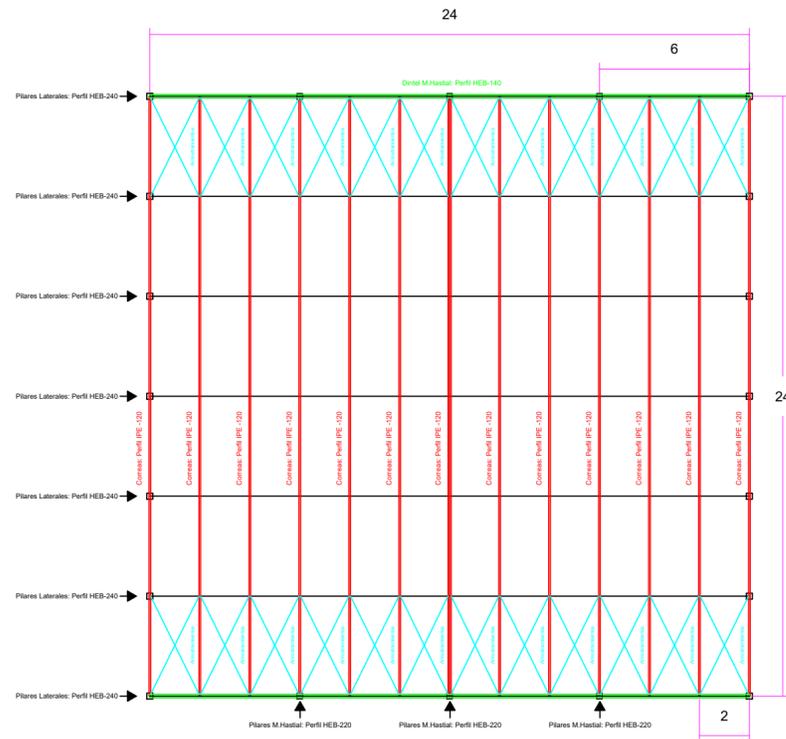
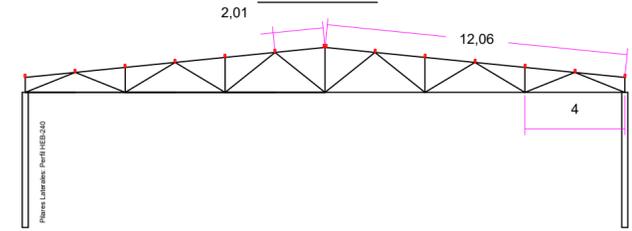
NOMBRE: Joan Piera Álvarez	ESCALA: 1:100	PLANO: Cimentación Cubierta Alevinaje
FECHA: 07/2024		
Nº DEL PLANO: 11		

Lateral A

Muro hastial:

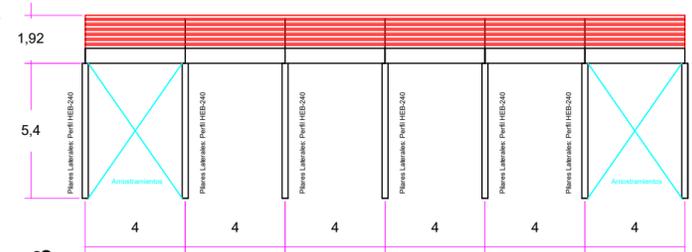


Cerchas:



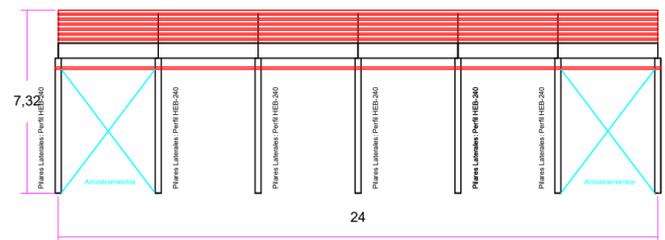
Planta nave

Lateral A:



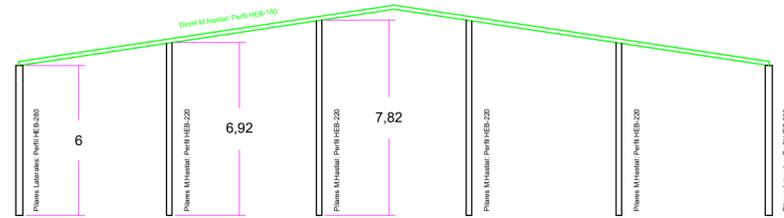
Lateral B

Lateral B:

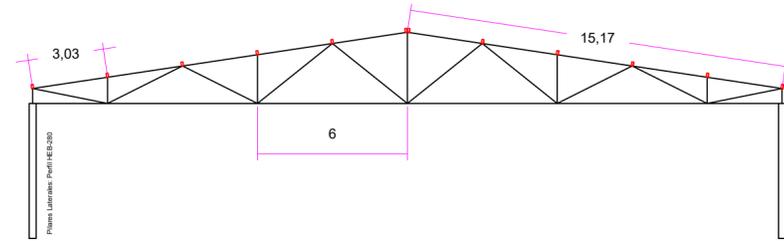


TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO :
FECHA:	07/2024	1:200	Construcción: Estructura Nave Complementaria
Nº DEL PLANO :	12		

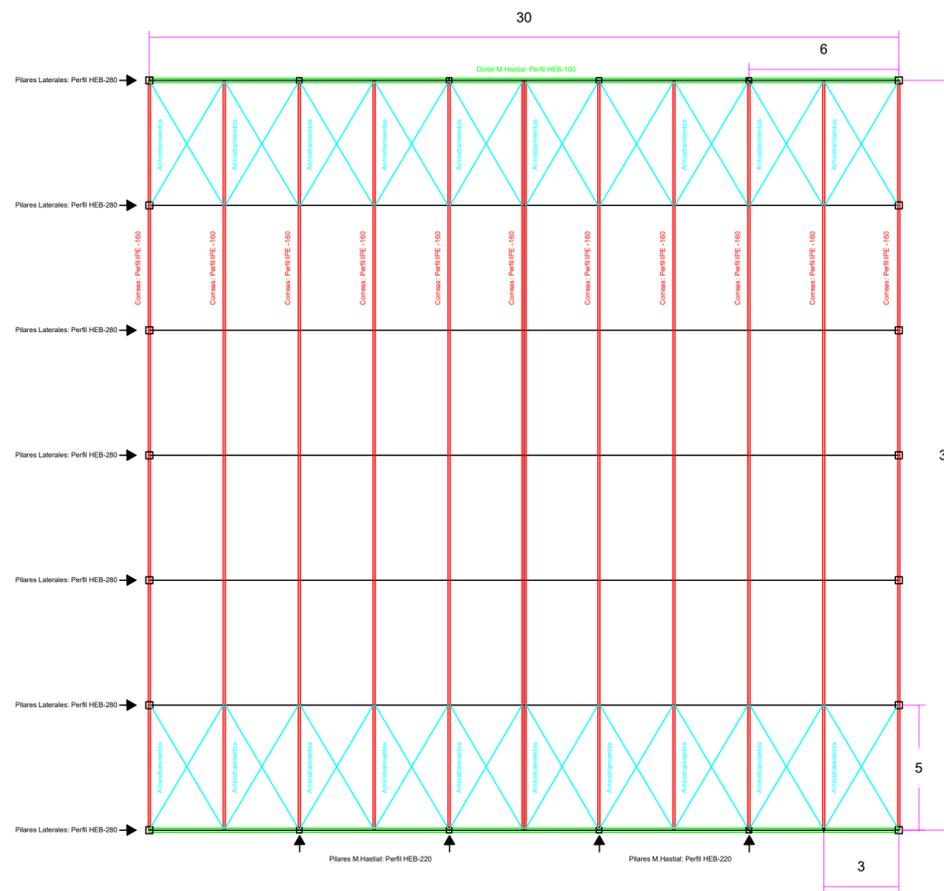
Muro hastial:



Cerchas:

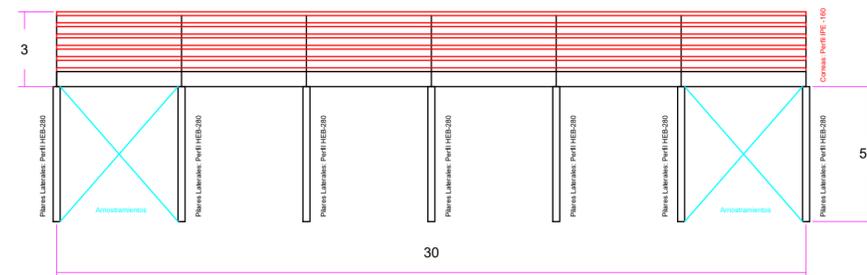


Lateral A

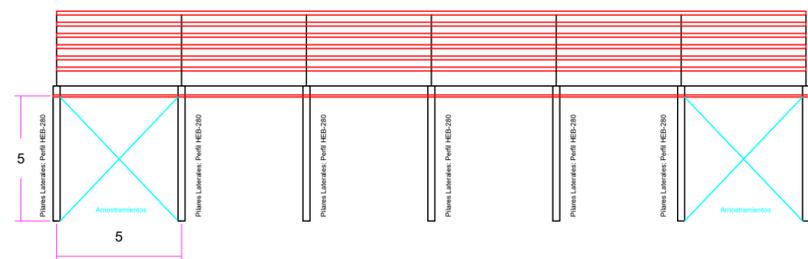


Planta nave

Lateral A:

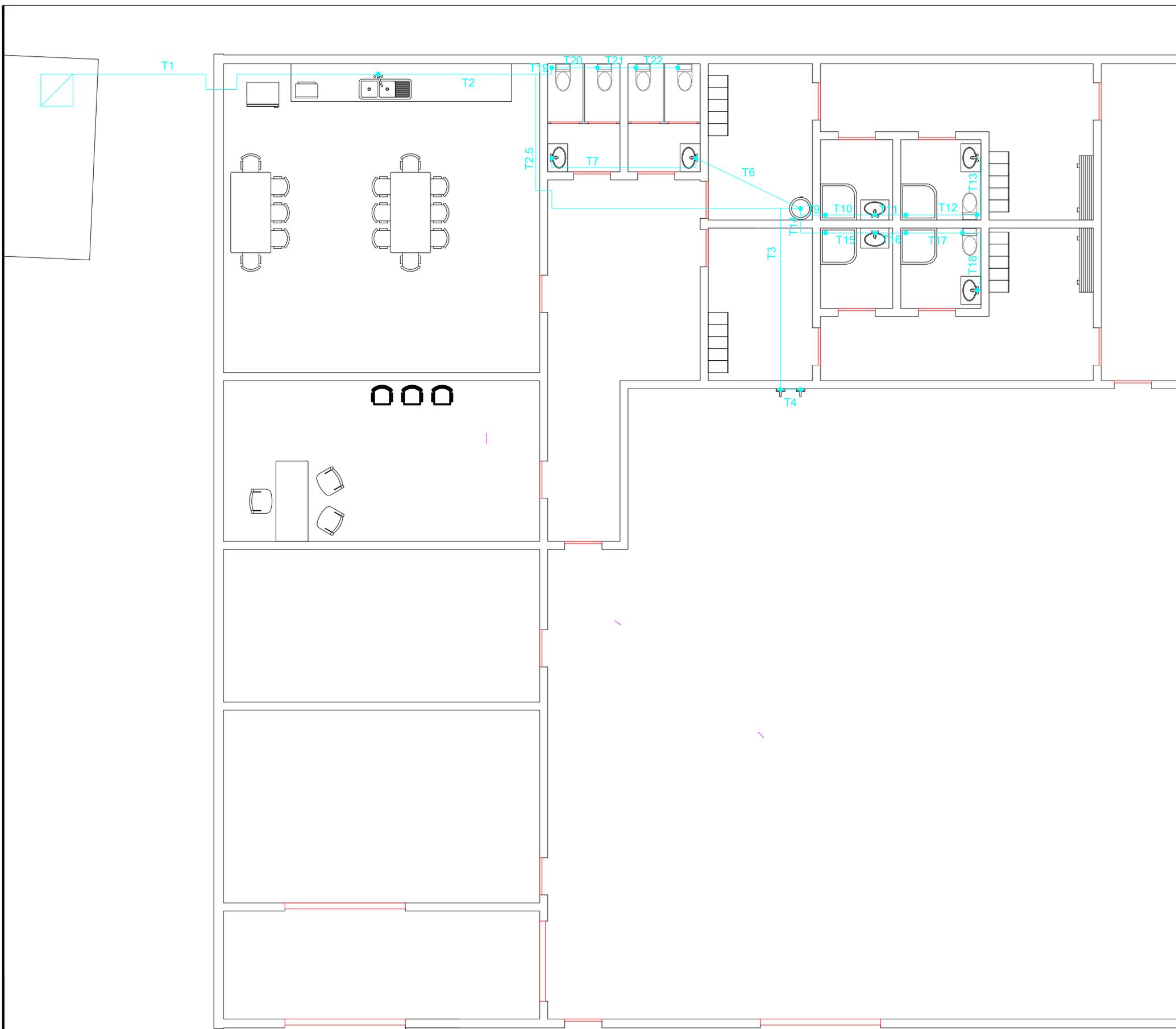


Lateral B:



Lateral B

TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por
NOMBRE:	Joan Piera Álvarez	ESCALA:	PLANO : Construcción: Estructura Cubierta Alevinaje
FECHA:	07/2024	1:200	
Nº DEL PLANO :	13		



Tramo	DN (mm)	Material	PN	L (m)
T1	50	PE-X	4	12,36
T2	50	PE-X	4	3,93
T3	20	PE-X	4	9,06
T4	16	PE-X	4	0,50
T5	50	PE-X	4	0,50
T6	16	PE-X	4	5,50
T7	16	PE-X	4	5,87
T8	32	PE-X	4	0,16
T9	25	PE-X	4	3,15
T10	20	PE-X	4	1,15
T11	20	PE-X	4	0,85
T12	16	PE-X	4	1,49
T13	16	PE-X	4	3,51
T14	25	PE-X	4	3,61
T15	20	PE-X	4	1,15
T16	20	PE-X	4	0,85
T17	16	PE-X	4	1,49
T18	16	PE-X	4	3,51
T19	20	PE-X	4	0,66
T20	16	PE-X	4	1,04
T21	16	PE-X	4	0,96
T22	16	PE-X	4	3,24
T2.5	50	PE-X	4	12,05

LEYENDA:

AGUA FRÍA:

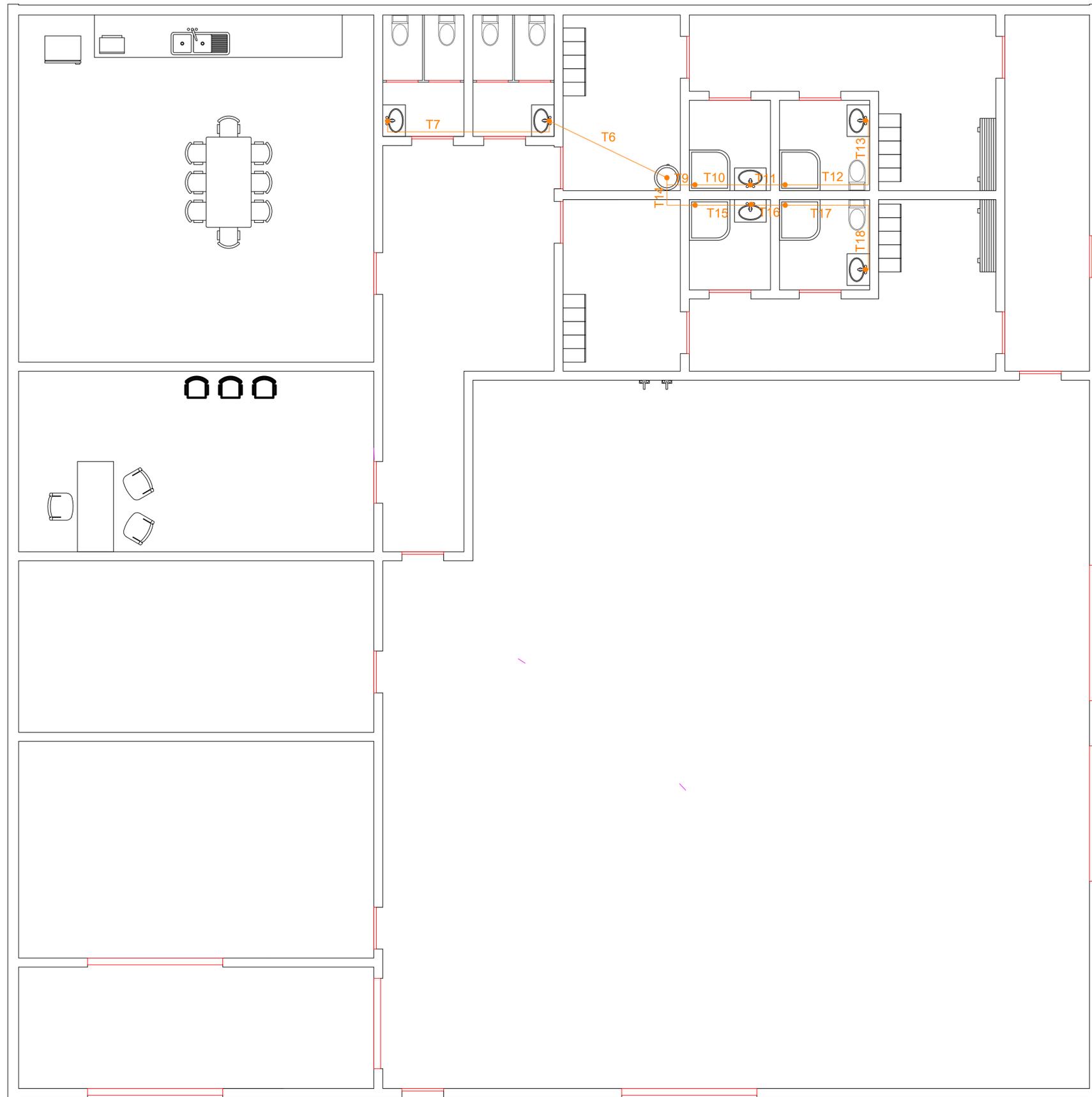
- Tramos de la red
- Puntos de consumo
- Toma de agua

TITULO:
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

PETICIONARIO:
Universitat Politècnica de València

FIRMADO
Firmado
por JOAN

<small>NOMBRE:</small> Joan Pierra Alvarez	<small>ESCALA:</small> 1:50	<small>PLANO:</small> Fontanería: Red de agua fría
<small>FECHA:</small> 07/2024		
<small>Nº DEL PLANO:</small> 14		



Tramo	DN (mm)	Material	PN	L (m)
T1	25	PE-X	4	3,12
T6	16	PE-X	4	5,495
T7	12	PE-X	4	5,968
T8	25	PE-X	4	0,1582
T9	16	PE-X	4	3,147
T10	16	PE-X	4	1,147
T11	16	PE-X	4	0,8455
T12	12	PE-X	4	5,32
T13	16	PE-X	4	3,6124
T14	16	PE-X	4	1,154
T15	16	PE-X	4	0,845
T16	12	PE-X	4	5,32

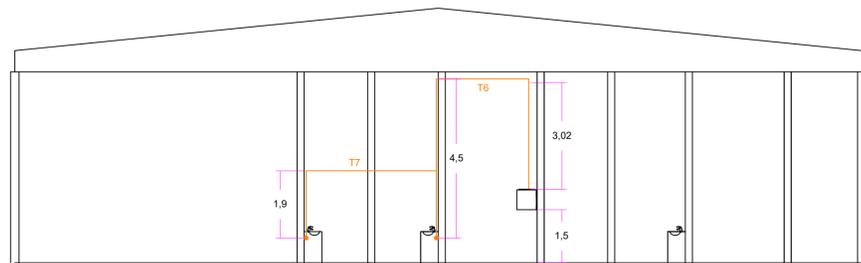
LEYENDA:

AGUA CALIENTE:

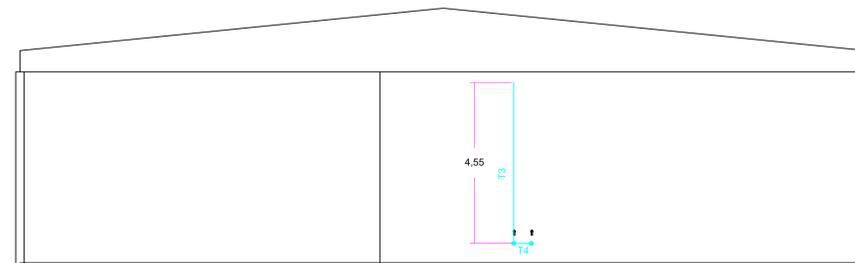
— Tramos de la red

● Puntos de consumo

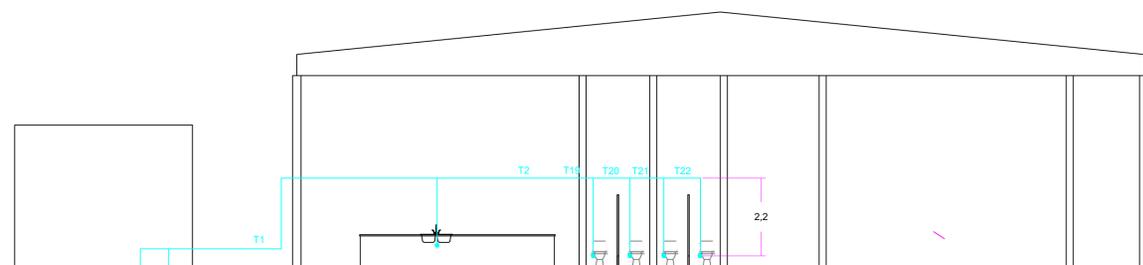
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:50	Fontanería: Red de agua caliente
Nº DEL PLANO:	15		



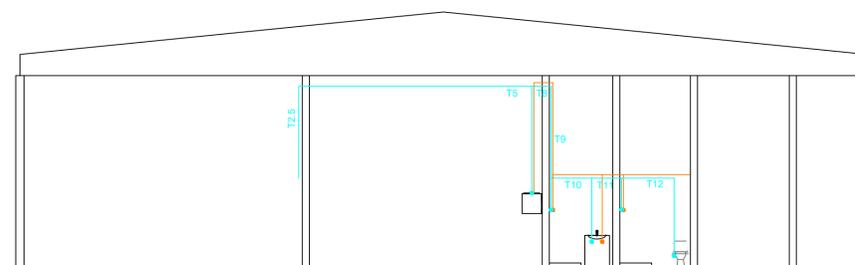
Transporte de agua del calentador a servicios



Transporte de agua al almacén



Toma de agua + Sala descanso + Servicios



Transporte de agua a calentador y vestuarios

LEYENDA:

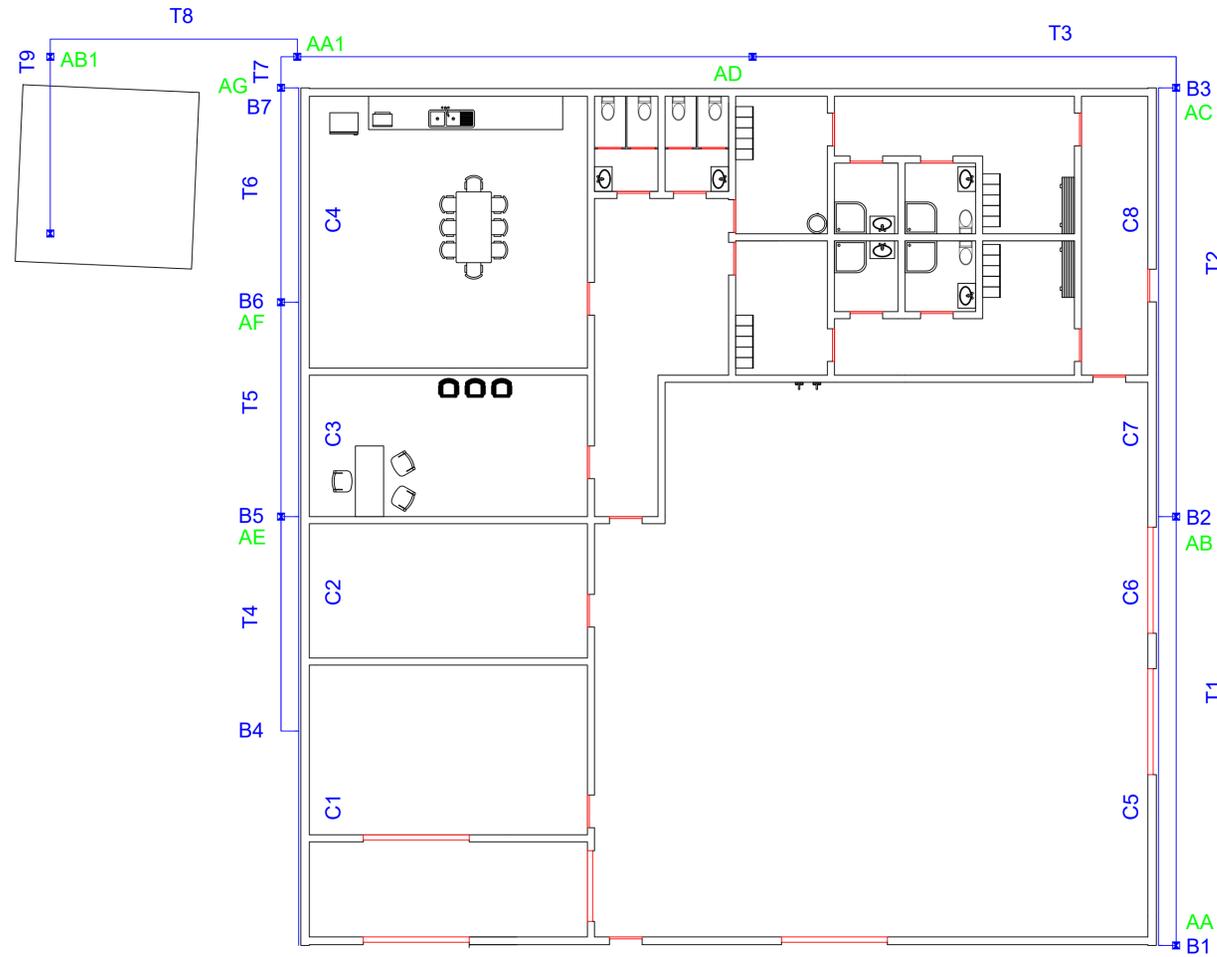
AGUA FRÍA:

- Tramos de la red
- Puntos de consumo

AGUA CALIENTE:

- Tramos de la red
- Puntos de consumo

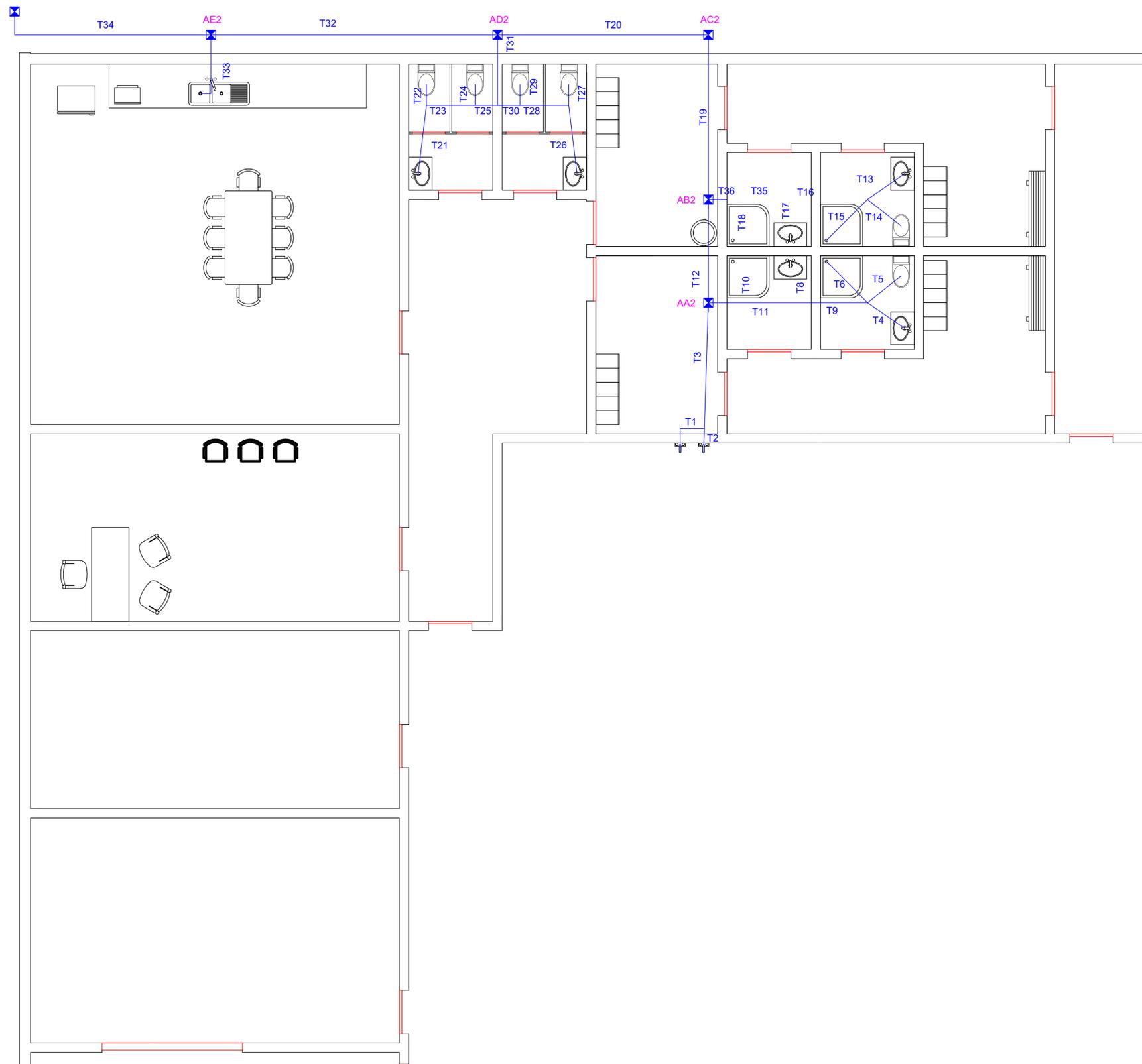
TITULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:100	Fontanería: Planos complementarios
Nº DEL PLANO:	16		



Canalón	DN (mm)	Pdte (%)
C1	PVC DN 125	2
C2	PVC DN 125	2
C3	PVC DN 125	2
C4	PVC DN 125	2
C5	PVC DN 125	2
C6	PVC DN 125	2
C7	PVC DN 125	2
C8	PVC DN 125	2
Bajantes		
B1	PVC DN 63	-
B2	PVC DN 90	-
B3	PVC DN 63	-
B4	PVC DN 63	-
B5	PVC DN 63	-
B6	PVC DN 63	-
B7	PVC DN 63	-
Tramos		
T1	PVC DN 90	2
T2	PVC DN 110	2
T3	PVC DN 125	2
T4	PVC DN 90	2
T5	PVC DN 110	2
T6	PVC DN 110	2
T7	PVC DN 125	2
T8	PVC DN 200	2
T9	PVC DN 200	2

Arqueta	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AA1	AB1
Dimensiones (cm)	40 X 50	40 X 50	50 X 50	60 X 60	60 X 60				

TÍTULO:			
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).			
PETICIONARIO:			FIRMADO
Universitat Politècnica de València			Firmado por JOAN PIERA
NOMBRE:	Joan Piera Alvarez	ESCALA:	PLANO:
FECHA:	07/2024	1:100	Red de saneamiento: Pluviales + R.Mixta
Nº DEL PLANO:	17		



Arqueta	AA2	AB2	AC2	AD2	AE2
Dimensiones (cm)	40 X 40				

Tramo	DN (mm)	Pdte (%)	Tramo	DN (mm)	Pdte (%)
1	PVC DN 50	2	19	PVC DN 75	2
2	PVC DN 50	2	20	PVC DN 75	2
3	PVC DN 50	2	21	PVC DN 40	2
4	PVC DN 40	2	22	PVC DN 100	2
5	PVC DN 100	2	23	PVC DN 50	2
6	PVC DN 50	2	24	PVC DN 100	2
7	PVC DN 50	2	25	PVC DN 50	2
8	PVC DN 40	2	26	PVC DN 40	2
9	PVC DN 50	2	27	PVC DN 100	2
10	PVC DN 50	2	28	PVC DN 50	2
11	PVC DN 50	2	29	PVC DN 100	2
12	PVC DN 50	2	30	PVC DN 50	2
13	PVC DN 40	2	31	PVC DN 63	2
14	PVC DN 100	2	32	PVC DN 90	2
15	PVC DN 50	2	33	PVC DN 90	2
16	PVC DN 50	2	34	PVC DN 50	2
17	PVC DN 40	2	35	PVC DN 50	2
18	PVC DN 50	2	36	PVC DN 50	2

TITULO:
Evaluación económica y ambiental de diferentes alternativas de diseño de una granja de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

PETICIONARIO:
Universitat Politècnica de València

FIRMA
Firmado por
JOAN PIERA

NOMBRE: Joan Piera Alvarez **ESCALA:** 1:50 **PLANO:** Red de saneamiento: Aguas negras

FECHA: 07/2024

Nº DEL PLANO: 18

