

Documento 2: Anejos a la memoria

ÍNDICE

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	1
1.1 Índice o factor de pluviosidad de Lang	2
1.2 Índice de aridez de Martonne	2
1.3 Índice Dantin-Revenga	2
1.4 Clasificación climática UNESCO-FAO	3
1.5 Clasificación de Papadakis	3
2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	4
2.1 Horizontes.....	4
3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y NECESIDADES DE RIEGO	5
4 RESUMEN DE LA NORMATIVA PERTINENTE AL PROYECTO	10
5 DISEÑO AGRONÓMICO	15
5.1 Parámetros iniciales.....	15
5.2 Determinación de parámetros de riego	16
6 DISEÑO DE SUBUNIDADES	21
6.1 Introducción.....	21
6.2 Material	21
6.3 Dimensionado de las subunidades	21
6.4 Resultados de las subunidades	26
6.5 Mediciones de las subunidades.....	26
7 DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	27
7.1 Datos de partida	27
7.2 Hidrante	27
7.3 Cálculo de la red de transporte	28
7.4 Topología de la red	30
7.5 Resultados de la red de distribución	31
7.6 Mediciones de la red	32
8 ITINERARIO DE LA EXPLOTACIÓN	33
8.1 Análisis del suelo	33
8.2 Petición de plantas al vivero.	33
8.3 Solicitud al CAECV de conversión a ecológico.	33
8.4 Acondicionamiento del terreno, formación de margen vegetal, siembra pradera leguminosas	34
8.5 Solarización.....	34
8.6 Implantación y enterramiento de la estructura de riego	34
8.7 Aportación de estiércol.....	34



8.8	Abonado de fondo	34
8.9	Marqueteado láser, zanjeado	34
8.10	Recibo de material y comprobación.	35
8.11	Implantación y eliminación de protectores.	35
8.12	Implantación de sistema de espaldera.	35
8.13	Formación y poda de los dos primeros años	35
8.14	Manejo de adventicias y cubierta vegetal	37
8.15	Aclareo de flores	38
8.16	Poda de invierno	39
8.17	Poda de verano o en verde	39
8.18	Análisis foliar.....	40
8.19	Fertilización.....	40
8.20	Manejo de plagas y enfermedades.....	40
8.21	Determinación de madurez y cosecha	41
8.22	Defoliación con cobre	42
8.23	Riego	42
9	CONSTRUCCIÓN	43
9.1	Introducción.....	43
9.2	Diseño y proceso de cálculo	43
9.3	Dimensiones	43
9.4	Materiales.....	44
9.5	Marco geológico-geotécnico	45
9.6	Cargas	46
9.7	Correas.....	49
9.8	Cercha.....	52
9.9	Resultados	58
9.10	Pilar.....	59
9.11	Muro hastial.....	64
9.12	Dintel	68
9.13	Zapata	69
10	BIBLIOGRAFÍA.....	80
11	ÍNDICE DE TABLAS	82
12	ÍNDICE DE FIGURAS	83

1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Los datos climáticos se han extraído del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), perteneciendo a la estación de Bèlgida, la más cercana a Carrícola, siendo equivalente en altitud y condiciones ambientales.

Tabla 1: Datos climáticos

Mes	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmedia (°C)	HR max (%)	HR min (%)	Horas de sol medias	Et _o mensual (mm/mes)	Horas frío	Precipitación (mm /mes)
Enero	16,12	2,90	9,51	88,86	43,03	6,94	45,61	297,10	69,55
Febrero	18,44	4,92	11,68	92,97	44,06	7,80	41,53	153,30	23,26
Marzo	19,07	7,02	13,05	92,33	47,68	8,14	45,78	84,40	128,60
Abril	21,02	9,12	15,07	94,00	47,72	9,58	45,53	22,30	89,57
Mayo	25,81	12,02	18,92	95,78	42,85	11,25	52,36	0,90	64,57
Junio	30,70	15,80	23,25	96,34	39,22	12,09	60,51	0,00	18,06
Julio	34,75	19,42	27,08	97,46	36,78	12,02	77,01	0,00	13,74
Agosto	35,13	19,26	27,19	96,76	34,85	11,20	71,92	0,00	19,56
Septiembre	29,72	16,68	23,20	96,49	44,40	9,51	49,18	0,10	80,02
Octubre	25,99	12,54	19,26	93,62	44,85	8,62	42,95	2,40	33,16
Noviembre	20,45	8,60	14,52	88,33	44,83	7,18	46,71	60,60	29,53
Diciembre	18,18	6,20	12,19	87,85	46,05	6,36	45,44	117,30	37,17

De estos datos, los siguientes son necesarios para la clasificación climática de la zona:

Tabla 2: Datos para clasificación climática

Temperatura media anual	17,91 °C
Precipitación media anual	606,79 mm
Temperatura media del mes más frío	9,51 °C
Temperatura mínima media del mes más frío	2,9 °C

La clasificación climática se realizará utilizando los índices de Lang, Martonne, Dantin-Revenga y Papadakis, Se incluye el resumen de los resultados al final del apartado.

Tabla 3: Zonas climáticas según Lang (FAO)

1.1 Índice o factor de pluviosidad de Lang

$$I_L = \frac{P}{T} \quad (1)$$

Donde:

P: precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

Valor I_M	Zona
0 - 20	Desértica
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmeda de estepa y sabana
60 - 100	Húmeda de bosques claros
100 - 160	Húmeda de grandes bosques
> 160	Perhúmeda con prados y tundras

Tabla 4: Zonas climáticas según Martonne (FAO)

1.2 Índice de aridez de Martonne

$$I_M = \frac{P}{T + 10} \quad (2)$$

Donde:

P: precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

Valor I_{D-R}	Zona
0 - 2	Húmeda
2 - 3	Semiárida
3 - 6	Árida
> 6	Subdesértica y desértica

Tabla 5: Zonas climáticas según Dantin-Revenga (FAO)

1.3 Índice Dantin-Revenga

$$I_{D-R} = \frac{100T}{P} \quad (3)$$

Donde:

P: precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

Valor I_M	Zona
0-5	Desierto (Hiperárido)
5 - 15	Semidesierto (Árido)
15 - 20	Semiárido tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

1.4 Clasificación climática UNESCO-FAO

La clasificación climática UNESCO-FAO agrupa los climas en base a la temperatura media del mes más frío, además de definir los tipos de invierno según la temperatura media de las mínimas del mes más frío.

Al tener el mes más frío temperatura de 9,5 °C, superior a 0 °C, se encuentra dentro del grupo térmico 1, específicamente en el subgrupo Tempado-medio.

Por otro lado, dado que la temperatura media de las mínimas del mes más frío es 2,9 °C, el tipo de invierno es Moderado.

1.5 Clasificación de Papadakis

Según el MAPA, la clasificación de toda la comarca de la Vall d'Albaida es Mediterráneo Marítimo, ya que la lluvia de invierno supera la de verano,

(Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación , s.f.)

Resumen de las clasificaciones climáticas:

Tabla 6: Clasificación climática

Índice	Valor	Zona o clasificación
Lang	33,88	Árida
Martonne	21,74	Subhúmeda
Dantin - Revenga	2,95	Semiárida
Papadakis	-	Mediterráneo marítimo

2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

2.1 Horizontes

Tabla 7: Horizontes de la parcela

Horizonte			
Ap	Bt1	Bt2	BtC
0-25	25-55	55-65	65+
<p>Rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo, Franco-arenosa, Estructura poliédrica subangular mediana y granular en las raíces, Ligeramente adherente y no plástico, friable en húmedo, duro en seco, Cutanes discontinuos, Carece de elementos gruesos, No calcáreo, Frecuente actividad biológica, Abundantes raíces muy finas y finas, Límite gradual y ondulado, en este límite se observa una línea de raíces gruesas y a continuación una banda de unos 2 a 3 cm de color ocre (L-421),</p>	<p>Rojo (2,5YR 4/7) en húmedo, Franco-arcillo-arenosa, Estructura prismática fina, Ligeramente adherente y plástico, firme en húmedo, muy duro en seco, Cutanes discontinuos, Carece de elementos gruesos, presencia de granos de cuarzo y pequeños fragmentos (1-2 mm) de calcarenita alterada, Lentejones de cuarzo, No calcáreo, Frecuente actividad biológica, Frecuentes raíces finas, Límite gradual y ondulado (L-422),</p>	<p>Rojo (2,5YR 4/6) en húmedo, Franco-arcillo-arenosa, Estructura prismática mediana, Adherente y plástico, firme en húmedo, duro en seco, Cutanes discontinuos, Pocas gravas (restos Ce calcarenitas alteradas), presencia de lentejones de cuarzo más abundantes que en el horizonte suprayacente, No calcáreo, Frecuente actividad biológica, Pocas raíces muy finas, Límite neto y ondulado (L-423),</p>	<p>Calcarenitas muy alteradas, donde se observan restos de arcilla entre ellas, Rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo, Franca (L-424),</p>

(Serie LUCDEM, hoja 795)

3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y NECESIDADES DE RIEGO

Las necesidades medias de riego del cultivo son necesarias para calcular la infraestructura de riego.

Para calcularlas se necesita la evapotranspiración (ET_0), que se obtiene con la fórmula FAO Penman-Monteith (FAO)

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G)\gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

(4)

Donde:

ET_0 : evapotranspiración de referencia (mm día-1)

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)

R_a : radiación extraterrestre (mm día-1)

G : flujo del calor de suelo (MJ m-2 día-1)

T : temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u_2 : velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)

e_s : presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)

D : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C-1)

a : constante psicrométrica (kPa °C-1)

La mayoría de estos datos se pueden encontrar en la Tabla 2: Datos Climáticos, siendo completados con los de radiación solar y velocidad del viento a continuación, la altitud (233 msnm) y la latitud (38, 85º, expresados en formato decimal):

Tabla 8: Datos adicionales para cálculo de evapotranspiración

Mes	u2	Rs
Enero	5,29	8,72
Febrero	4,5	11,46
Marzo	5,41	13,26
Abril	5,15	17,49
Mayo	4,39	22,96
Junio	4,21	25,05
Julio	4,52	25,11
Agosto	4,32	22,50
Septiembre	3,78	16,24
Octubre	3,55	13,13
Noviembre	5,40	9,09
Diciembre	5,23	7,27

Introduciendo los datos en la fórmula se calcula la evapotranspiración mes a mes, siendo las unidades de esta mm/día o mm/mes,

Esta evapotranspiración se refiere a un cultivo de referencia, por lo que se ha de aplicar un factor de corrección (Kc) al aplicarla a, en este caso, melocotonero con cubierta vegetal, (FAO) Este factor cambia con cada fase del cultivo, desde la brotación hasta la senescencia de las hojas, dando como resultado la evapotranspiración de cultivo (Etc).

Tabla 9: Evapotranspiración del cultivo

Mes	Eto diaria (mm/día)	Eto mensual (mm/mes)	Etc (mm/mes)
Enero	1,47	45,61	0
Febrero	1,38	41,53	21,32
Marzo	1,48	45,78	22,68
Abril	1,52	45,53	19,75
Mayo	1,69	52,36	33,44
Junio	2,02	60,51	54,45
Julio	2,48	77,01	69,31
Agosto	2,32	71,92	64,73
Septiembre	1,64	49,18	10,32
Octubre	1,39	42,95	6,30
Noviembre	1,56	46,71	0
Diciembre	1,47	45,44	0

Para transformarla en necesidades de riego, la evapotranspiración de cultivo se ha de ponderar con la eficiencia de aplicación del agua de riego, la cantidad de agua que puede retener el suelo (precipitación efectiva), y la fracción de lavado (agua que se pierde por percolación con el lavado de las sales del suelo).

Tabla 10: Datos para el cálculo de las necesidades brutas

Eficiencia de aplicación (%)	Tolerancia a la salinidad (dS/m)	Conductividad del agua de riego (dS/m)	Fracción de lavado
90	0,5	1,2	0,42

Primero, se calculan las necesidades netas de riego (N_n), restándole a la evapotranspiración del cultivo la precipitación efectiva.

La precipitación efectiva se ha calculado utilizando la fórmula Brouwer-Heibloem (FAO), que sirve para áreas con pendientes inferiores al 5%:

$$P_e = 0,8 \cdot P_t - 25SiP_t > 75 \frac{mm}{mes} \quad (5)$$

$$P_e = 0,6 \cdot P_t - 10SiP_t < 75 \frac{mm}{mes} \quad (6)$$

$$N_n = ET_c - P_e \quad (7)$$

Donde:

P_e : precipitación efectiva (mm)

P_t : precipitación mensual (mm)

N_n : necesidades netas de riego (mm)

A continuación se calculan las necesidades brutas de riego (el agua real a aplicar al cultivo).

$$FL = \frac{T_s}{C_r} \quad (8)$$

$$N_b = \frac{N_n}{E_a \cdot (1 - FL)} \quad (9)$$

Donde:

T_s : tolerancia del cultivo a la salinidad ($dS \cdot m^{-1}$)

C_r : conductividad del agua de riego ($dS \cdot m^{-1}$)

N_b : necesidades brutas de riego (mm)

N_n : necesidades netas de riego (mm)

E_a : eficiencia de aplicación (%)

FL : fracción de lavado (tanto por uno)

Con esto, se obtienen las necesidades brutas del cultivo, En los meses en los que la precipitación efectiva es mayor que la evapotranspiración, se ha considerado que las necesidades de riego son 0, ya que estas se cubren con la lluvia.

Tabla 11: Necesidades brutas de riego

Mes	Nb (l/m ² /mes)
Enero	0,00
Febrero	9,65
Marzo	15,59
Abril	21,29
Mayo	3,02
Junio	51,32
Julio	65,36
Agosto	62,28
Septiembre	5,98
Octubre	16,53
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00

Como se observa en la tabla, el mes de máximas necesidades es julio, con prácticamente 80 mm de necesidades brutas. Por tanto, será en el que más cantidad de agua habrá que aplicar al cultivo.

4 RESUMEN DE LA NORMATIVA PERTINENTE AL PROYECTO

4.1.1 Normativa europea

REGLAMENTO (UE) 2018/848

Artículo 9

- La totalidad de la explotación se gestionará de acuerdo con los requisitos del presente Reglamento que se aplican a la producción ecológica.
- Quedan prohibidas las radiaciones ionizantes para tratar alimentos o piensos ecológicos, y para tratar materias primas utilizadas en alimentos o piensos ecológicos.
- Se adoptarán medidas preventivas y precautorias, cuando procedas en cada etapa de producción, preparación y distribución.

Artículo 11

- En la producción ecológica no podrán utilizarse OMG.

Artículo 34: sistema de certificación

- Antes de comercializar cualquier producto como «ecológico» o «en conversión» o antes del período de conversión, los operadores y grupos de operadores a que se refiere el artículo 36, que produzcan, preparen, distribuyan o almacenen productos ecológicos o en conversión, que importen dichos productos de un tercer país o los exporten a un tercer país, o que comercialicen dichos productos notificarán su actividad a las autoridades competentes del Estado miembro en el que se lleve a cabo la actividad y en el que su empresa se someta al sistema de control.

Anexo II Parte I: Normas de producción vegetal

- Los cultivos ecológicos, excepto los que se cultivan en agua de forma natural, se producirán en suelo vivo, o en suelo vivo mezclado o fertilizado con materiales y productos permitidos en la producción ecológica, en relación con el subsuelo y la roca madre.
- Para que las plantas y los productos vegetales se puedan considerar productos ecológicos, las normas de producción establecidas en el presente Reglamento se habrán aplicado en las parcelas (...) en el caso de los cultivos perennes distintos de los forrajes, durante un período de al menos tres años antes de la primera cosecha de productos ecológicos.
- Para la producción de plantas y productos vegetales distintos de los materiales de reproducción vegetal, solo se utilizarán materiales de reproducción vegetal ecológicos.

- Cuando no se disponga de materiales de reproducción vegetal ecológicos o en conversión o de materiales de reproducción vegetal autorizados de conformidad con el punto 1.8.6. o no se disponga de dichos materiales en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades del operador, las autoridades competentes podrán autorizar el uso de materiales de reproducción vegetal no ecológicos con arreglo a las condiciones establecidas en los puntos 1.8.5.3 a 1.8.5.8.
- En la producción vegetal ecológica se recurrirá a las prácticas de labranza y cultivo que mantengan o incrementen la materia orgánica del suelo, refuercen la estabilidad y la biodiversidad edáficas, y prevengan la compactación y la erosión del suelo. Se mantendrá e incrementará la fertilidad y la actividad biológica del suelo:
 - b) en el caso de los invernaderos o en el caso de los cultivos perennes distintos de los forrajes, mediante cultivos a corto plazo de leguminosas y abonos verdes, así como el recurso a la diversidad vegetal;
 - c) en todos los casos, mediante la aplicación de estiércol animal o materia orgánica, ambos de preferencia compostados, de producción ecológica.
- Cuando las necesidades nutricionales de las plantas no puedan satisfacerse mediante las medidas de los puntos 1.9.1 y 1.9.2, solo podrán utilizarse (y únicamente en la medida necesaria) los fertilizantes y acondicionadores del suelo que se hayan autorizado de conformidad con el artículo 24 para su uso en la producción ecológica. Los operadores llevarán registros de la utilización de dichos productos, que incluirán la fecha o las fechas en las que se haya utilizado cada producto, el nombre de este, la cantidad aplicada y el cultivo y las parcelas de que se trate.
- La cantidad total de estiércol animal, según se define en la Directiva 91/676 CEE, usada en las unidades de producción ecológica o en conversión, no podrá exceder de 170 kilogramos de nitrógeno al año por hectárea de superficie agrícola empleada.
- Podrán utilizarse preparaciones de microorganismos para mejorar las condiciones generales del suelo o para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo o en los cultivos.
 - Para la activación del compost podrán utilizarse preparados adecuados a base de plantas y preparados de microorganismos.
 - No se utilizarán fertilizantes nitrogenados minerales.
 - Podrán utilizarse preparados biodinámicos.

- La prevención de los daños causados por plagas y malas hierbas se basará fundamentalmente en la protección mediante:
 - enemigos naturales,
 - elección de especies, variedades y materiales heterogéneos,
 - rotación de los cultivos,
 - técnicas de cultivo como la biofumigación, métodos mecánicos y físicos, y
 - procesos térmicos como la insolación y en el caso de cultivos protegidos, el tratamiento a poca profundidad del suelo con vapor (con una profundidad máxima de 10 cm).
- Cuando las plantas no puedan protegerse adecuadamente de las plagas mediante las medidas del punto 1.10.1, o en caso de que se haya comprobado la existencia de una amenaza para un cultivo, solo podrán utilizarse (y únicamente en la medida necesaria) los productos y sustancias autorizados de conformidad con los artículos 9 y 24 para su uso en la producción ecológica.
 - En relación con los productos y sustancias utilizados en trampas o dispersores de productos y sustancias que no sean feromonas, las trampas o dispersores evitarán que los productos y sustancias se liberen al medio ambiente, así como el contacto entre los productos y sustancias y las plantas cultivadas.
 - Todas las trampas, incluidas las trampas de feromonas, deberán recogerse una vez que se hayan utilizado y se eliminarán de modo seguro.
- Solo se utilizarán en la producción vegetal los productos de limpieza y desinfección autorizados de conformidad con el artículo 24 para su uso en la producción ecológica con esos fines.
 - En particular, los operadores llevarán registros de todo otro insumo externo utilizado en cada parcela y, cuando proceda, mantendrán disponibles documentos justificativos de toda excepción a las normas de producción obtenida de conformidad con el punto 1.8.5.

Anexo III: recogida, envasado, transporte y almacenamiento de los productos

- Los operadores velarán por que los productos ecológicos y los productos en conversión se transporten a otros operadores o unidades, incluidos mayoristas y minoristas, únicamente en envases, recipientes o vehículos adecuados y cerrados de forma tal que sea imposible la alteración, incluida la sustitución, de su contenido sin manipulación o deterioro del precinto, y que vayan provistos de una etiqueta en la que se mencionen, además de todas las demás indicaciones previstas por la legislación de la Unión, los datos siguientes:
 - a) el nombre y la dirección del operador y, si fuera diferente, del propietario o vendedor del producto;
 - b) el nombre del producto;
 - c) el nombre o el código numérico de la autoridad u organismo de control de quien dependa el operador, y
 - d) si procede, la marca de identificación del lote, de acuerdo con un sistema de marcado o bien aprobado a escala nacional, o bien convenido con la autoridad de control u organismo de control y que permita vincular el lote con los registros mencionados en el artículo 34, apartado 5.
- No se requerirá el cierre de los envases, recipientes o vehículos cuando:
 - a) el transporte se efectúe directamente entre dos operadores y los dos se hallen sometidos al sistema de control ecológico;
 - b) el transporte incluya solo productos ecológicos o solo productos en conversión;
 - c) los productos vayan acompañados de un documento que recoja toda la información exigida en el punto 2.1; y
 - d) tanto el operador remitente como el destinatario mantengan registros documentales de tales operaciones de transporte a disposición de la autoridad de control u organismo de control.

NORMATIVA CAECV

- Se recomienda la utilización de setos naturales como franja de seguridad para reducir el riesgo de contaminación por productos o sustancias no autorizados, por el beneficio que aporta para el cultivo y para el medio ambiente generando una mayor biodiversidad.
- Con el objetivo de limpiar y evitar incrustaciones en los locales e instalaciones de riego utilizadas por la producción vegetal, se autoriza el uso de los siguientes productos:
 - a) Ácido sulfúrico.
 - b) Ácido acético.
 - c) Ácido cítrico.
 - d) Permanganato potásico (únicamente como alguicida para las balsas de riego).
 - e) Peróxido de hidrógeno.
 - f) Hidróxido sódico.
 - g) hidróxido cálcico.
 - h) Carbonato sódico.
 - i) Hipocloritos.
 - j) Ácido peracético.
 - k) Alcoholes (etanol, propan-1-ol, propan-2-ol).
 - l) Ozono.

5 DISEÑO AGRONÓMICO

5.1 Parámetros iniciales

A partir del formato elegido (intensivo) se procede a la realización del diseño agronómico.

Se ha elegido utilizar riego localizado enterrado ya que es el método más efectivo y preciso para cumplir las necesidades del cultivo, por otro lado, se puede utilizar para fertirrigación.

La disposición será de doble lateral por fila de plantas.

A continuación se pueden observar los parámetros elegidos antes de ejecutar el diseño agronómico según las necesidades de manejo junto con otros parámetros del suelo necesarios.

Tabla 12: Elementos previos al diseño agronómico

Elemento	Valor	Unidades
Separación entre filas de plantas	3,5	m
Separación entre plantas	1,5	m
Superficie ocupada por planta	5,25	m ²
Diámetro aéreo	1,3	m
Porcentaje de área sombreada	25,28	%
Porcentaje mínimo de suelo mojado	25	%
Solape mínimo	15	%
Número de laterales por fila de plantas	2	
Caudal disponible en la toma	45	m ³ /h
Superficie de la parcela	4,13	ha

Además, se han utilizado los parámetros de necesidades hídricas explicados en el anejo de estas.

5.2 Determinación de parámetros de riego

Para determinar los parámetros de riego se ha utilizado el *software* de Excel DisAgro (Arviza, 2007).

5.2.1 Número de emisores y separación

Se procede a elegir las características del emisor de forma iterativa, empezando por las siguientes.

Tabla 13: Características del emisor

Características del emisor	
Modelo	UNIRAM 16/90
Rango de presiones de trabajo (bar)	0,5 - 4,0
Dimensiones paso de agua: ancho-profundidad-largo (mm)	1,59 x 1,10 x 40
Área de filtración (mm ²)	150
Filtración recomendada	200/80

Para elegir la separación entre emisores se necesita conocer la interacción entre estos y el suelo, en forma de varios parámetros: caudal nominal del emisor, y superficie mojada, tanto por emisor como por planta.

La superficie mojada por el emisor se calcula a través de la siguiente fórmula:

Fórmula para textura media:

$$D_m = 0,7 + 0,11 \cdot q_e = 0,7 + 0,11 \cdot 3,5 = 1,085m \quad (10)$$

Nota: existen diferentes fórmulas según el tipo de suelo. Debido a que la textura de la parcela de cultivo (franco-arcillosa) se encuentra entre medias de dos de las opciones, se ha utilizado una fórmula intermedia, dando como resultado $D_m = 1,27$ m.

Con el diámetro mojado se calcula el área mojada por emisor:

$$A_m = \frac{\pi \cdot D_m^2}{4} = 1,26m^2 \quad (11)$$

Al tratarse de un cultivo leñoso, se adopta una superficie mojada (P) del 25%.

Número mínimo de emisores:

Se refiere al número de emisores mínimos para garantizar el caudal a cada planta y la superficie que esta ocupa.

$$n_e \geq \frac{a \cdot b \cdot P}{100 \cdot A_m} = \frac{1,5 \cdot 2 \cdot 0,25}{100 \cdot 1,26} = 0,88$$

(12)

Separación máxima entre emisores:

Para garantizar el solape mínimo entre bulbos adyacentes, se ha de calcular la separación máxima entre emisores:

$$S_e = 2 \cdot r_m - S = r_m \cdot \left(2 - \frac{a}{100} \right) = \frac{1,26}{2} \cdot \left(2 - \frac{15}{100} \right) = 1,17m$$

(13)

Utilizando el programa de Excel DisAgro, se han probado el resto de las características disponibles para el modelo de emisor y tubería utilizados:

Tabla 14: posibilidades de elección de emisor y tuberías

Característica	Caudal del emisor (l/h)			
	1	2,6	2,3	3,5
Diámetro mojado (m)	1,01	1,17	1,14	1,27
Superficie mojada (m ²)	0,79	1,08	1,02	1,26
Número mínimo de emisores por planta	1,65	1,21	1,28	1,04
Separación mínima entre emisores (m)	1,81	2,47	2,34	2,88
Separación máxima emisores (m)	0,93	1,09	1,06	1,17
Separación emisores adoptada (m)	0,90	1,00	1,00	1,00
Número de emisores por planta	3,33	3,00	3,00	3,00
Caudal por unidad de superficie (l/h/m ²)	0,63	1,49	1,31	2,00
Caudal por planta (l/h)	3,33	7,80	6,90	10,50

Y se ha elegido el anteriormente calculado, con un caudal de 3,5 l/h.

5.2.2 Parámetros con el emisor seleccionado

Para el número de emisores final, se aplican las características del lateral elegido:

$$n_e = NLP \cdot \frac{b}{S_{ed}} = 2 \cdot \frac{1,5}{1} = 3$$

(14)

El modelo de lateral elegido tiene una separación de 1 m entre emisores. Al ser menor que la separación máxima, se adopta esta.

Además, se verifica también que ninguno de los laterales sobrepasa la longitud máxima de lateral especificada del fabricante:

UNIRAM 16/120, 16/100 y 16/90	Presión de entrada (bar)		Distancia entre goteros (m)						
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
	0,7 l/h	1,0	96	137	176	213	247	279	340
2,0		139	200	257	311	361	410	500	543
3,0		165	239	306	371	431	489	598	649
4,0		185	268	344	417	485	550	673	731
1,0 l/h	1,0	76	109	140	169	196	222	270	293
	2,0	110	158	204	246	286	325	397	431
	3,0	131	189	243	294	342	388	474	515
	4,0	147	212	272	330	384	436	534	580
1,6 l/h	1,0	56	80	103	124	144	163	200	216
	2,0	81	116	150	181	211	239	293	318
	3,0	96	139	178	216	252	286	350	380
	4,0	108	155	200	243	283	321	393	428
2,3 l/h	1,0	44	63	81	98	114	130	158	171
	2,0	64	92	118	143	167	189	231	251
	3,0	76	109	141	171	199	226	276	301
	4,0	85	122	158	192	223	253	311	338
3,5 l/h	1,0	33	48	62	75	87	99	121	131
	2,0	48	70	90	109	127	144	176	192
	3,0	57	83	107	130	151	172	211	229
	4,0	64	93	120	146	170	193	237	258

Figura 1: Prontuario de longitudes máximas de laterales (REGABER, 2023)

El lateral más largo en la parcela mide 96 metros, por lo que no se sobrepasa la longitud máxima en ninguna de las presiones de trabajo.

Otros cálculos sobre emisores

Con los datos anteriores, se puede calcular el caudal por planta y el caudal unitario, que se utilizarán más adelante en los cálculos.

Caudal por planta:

$$q_p = n_e \cdot q_e = 3 \cdot 3,5 = 10,5 \frac{l}{h \cdot planta}$$

(15)

Caudal por unidad de superficie:

$$q_u = \frac{q_p}{a \cdot b} = \frac{10,5}{1,5 \cdot 3,5} = 2 \frac{l}{h \cdot m^2}$$

(16)

5.2.3 Tiempo de riego e intervalo entre riegos

Se calcula el tiempo de riego asumiendo un intervalo temporal entre riegos para el mes de máximas necesidades de un día:

$$T = \frac{NTr \cdot I}{q_p} = \frac{2,10 \cdot 1}{10,5} = 0,2 h$$

(17)

Del mismo modo, se ha calculado a través de DisAgro los intervalos entre riegos y tiempos de riego en el resto de meses:

Tabla 15: Intervalos y tiempos de riego

Mes	Intervalo (días)	Tiempo de riego (h)	Tiempo de riego (min)
Enero	7.00	0.00	0.00
Febrero	3.00	0.10	5.91
Marzo	7.00	0.34	20.11
Abril	7.00	0.47	28.39
Mayo	2.00	0.02	1.12
Junio	1.00	0.16	9.78
Julio	1.00	0.20	12.05
Agosto	1.00	0.19	11.48
Septiembre	1.50	0.03	1.71
Octubre	1.50	0.08	4.57
Noviembre	7.00	0.00	0.00
Diciembre	7.00	0.00	0.00

5.2.4 Sectores

Normalmente el caudal disponible en la toma representa una restricción, ya que suele ser menor del necesario para regar toda la parcela a la vez. Por ello, se divide esta en sectores que serán regados por turnos.

Número mínimo de sectores:

$$NS = \frac{Q_{requerido}}{Q_{disponible}} \quad (18)$$

El caudal requerido se puede calcular de diferentes formas, en este caso se ha utilizado el caudal unitario:

$$Q_{requerido} = q_u * A_{parcela} = 2 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 4,13 \text{ ha} \cdot \frac{10000m^2}{ha} \cdot \frac{1m^3}{1000l} = 82,6 \frac{m^3}{h} \quad (19)$$

Teniendo en cuenta que en el cabezal se dispone de un caudal de 40 m³ por hora:

$$NS = \frac{Q_{requerido}}{Q_{disponible}} = \frac{82,6}{45} = 1,84 \approx 2 \text{ sectores} \quad (20)$$

Se ha verificado también a través del programa de Excel DisAgro:

Tabla 16: resultados de sectorización

Caudal emisor seleccionado	3.5
Tiempo de riego máximas necesidades	0.2
Caudal ficticio continuo (l/s/ha)	0.05
Caudal por unidad de superficie (l/s/ha)	6.48
Caudal por unidad superficie (m3/h/ha)	23.33
Volumen anual por ha (m3)	315.7
Número mínimo de sectores	2

Por motivos de armonización de caudales y presiones se han adoptado 3 sectores.

6 DISEÑO DE SUBUNIDADES

6.1 Introducción

Este apartado consiste en la realización del diseño de la infraestructura de las diferentes subunidades de riego en la parcela, incluyendo las terciarias y laterales de riego; pendientes, presiones al inicio y final, y otros factores necesarios para el correcto funcionamiento del riego.

6.2 Material

6.2.1 Tubería emisora

Tabla 17: Características de la tubería (REGABER, 2023)

Modelo	∅ interior (mm)	Espesor (mm)	∅ exterior (mm)	Presión máxima de trabajo (bar)	KD
16120	14,20	1,20	16,60	4,0	1,3

6.2.2 Emisor

Las características del emisor están descritas en la Tabla 13: Características del emisor.

6.2.3 Terciarias

Se han utilizado terciarias de PVC UNE EN 145, ya que permite el enterramiento de estas, además de tener buena durabilidad. Los diámetros se indicarán en cada una de las subunidades.

6.3 Dimensionado de las subunidades

6.3.1 Máxima diferencia de presión en la subunidad

Al poseer emisores autocompensantes, la pérdida de carga admisible es

$$\Delta H = H_{max} - H_{min} = 40 - 5 = 35m. c. a.$$

(21)

En la práctica no se suele trabajar con pérdidas de carga tan grandes, por lo que se suele fijar 20 m.c.a. y si es necesario modificarla en función de otros factores.

6.3.2 Dimensionado del lateral

Caudal del lateral:

$$Q_l = n \cdot q \quad (22)$$

Donde:

n: número de derivaciones

q: caudal derivado en cada emisor

Variación de presión en el lateral:

$$\Delta h_l = \Delta H - \Delta Z_l \quad (23)$$

Donde:

ΔH : variación de presión máxima

ΔZ_l : variación de altura del lateral

Diámetro interno del lateral:

$$D_{iL} \geq \left(\frac{F \cdot L \cdot K_m \cdot Q_L^{1,75}}{\Delta h_l} \right)^{\frac{1}{4,75}} \quad (24)$$

Donde:

F: factor de Christiansen

L: longitud del lateral

C: coeficiente en función de la temperatura (0,466)

K_m : coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

Δh_l : pérdida de carga máxima admisible en el lateral

Al calcular el diámetro no será exactamente uno de los comerciales, por lo que se ha de elegir el diámetro comercial inmediatamente mayor al calculado:

$$D_{iN_L} \geq D_{iL} \quad (25)$$

Pérdidas de carga en el lateral dimensionado:

$$h_l = F \cdot L \cdot M_L \cdot K_m \cdot Q_L^{1,75} \quad (26)$$

$$M_L = \frac{C}{D_{iN_L}^{4,75}} \quad (27)$$

Donde:

F: factor de Christiansen

L: longitud del lateral

C: coeficiente en función de la temperatura (0,466)

K_m: coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

D_{iN_L}: diámetro interior nominal

6.3.3 Dimensionado de la terciaria

Pérdidas de carga máximas en la terciaria:

$$\Delta h_T = \Delta H - h_L - \Delta Z_L - \Delta Z_T \quad (28)$$

Caudal de la terciaria:

$$Q_T = N_L \cdot Q_L \quad (29)$$

Donde:

N: número de derivaciones

Q: caudal derivado en cada lateral

Diámetro interno de la terciaria:

$$D_i \geq \left(\frac{F \cdot L \cdot K_{mT} \cdot Q_L^{1,75}}{\Delta h_T} \right)^{\frac{1}{4,75}} \quad (30)$$

Donde:

F: factor de Christiansen

L: longitud de la terciaria

C: coeficiente en función de la temperatura (0,466)

K_m: coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

Δh_T : pérdida de carga máxima admisible en la terciaria

De igual modo, se elige el diámetro interior comercial inmediatamente superior:

$$D_{iNT} \geq D_{iT} \quad (31)$$

Pérdidas de carga en la terciaria dimensionada:

$$h_T = F \cdot L \cdot M_T \cdot K_{mT} \cdot Q_T^{1,75} \quad (32)$$

$$M_T = \frac{C}{D_{iNT}^{4,75}} \quad (33)$$

Donde:

F: factor de Christiansen

L: longitud de la terciaria

C: coeficiente en función de la temperatura (0,466)

K_m: coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

D_{iNT}: diámetro interior nominal

6.3.4 Presión al inicio de la subunidad

La presión al principio de la subunidad es la que garantiza que el caudal de derivación es el de diseño, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{P_{oS}}{\gamma} = \frac{P_{oL}}{\gamma} + h_T + \Delta Z_T \quad (34)$$

Donde:

$\frac{P_{oS}}{\gamma}$: presión al inicio de la subunidad en m.c.a.

$\frac{P_{oL}}{\gamma}$: presión al inicio del lateral, en m.c.a.

h_T: pérdida de carga en la terciaria

ΔZ_T: diferencia de cotas en la terciaria

6.4 Resultados de las subunidades

Las subunidades se han calculado por medio del programa DimSub (Arviza, 2007), por medio de la cual se han obtenido los siguientes valores para cada subunidad:

Tabla 18: Resultados de subunidades

Subunidad	1	2	3	4	5	6
Caudal al inicio (l/h)	13.413,07	12.234,83	29.916,50	43.312,16	22.288,43	9.899,73
Presión al inicio (m.c.a.)	26,66	25,63	31,99	30,61	24,01	20,39
Cota de inicio (m)	307,33	311,68	311,32	307,76	304,50	311,69
Pendiente de la terciaria (%)	-0.26	-2.51	-0.53	-1.48	-0.07	-0.01
Diámetro del lateral (m)	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
Longitud de los laterales (m)	3.782	3.428	8.483	6.114	6.305	2.777
Diámetro de la terciaria (m)	40	40	40	63	40	40
Longitud de la terciaria (m)	82,8	111,9	111,9	83.64	106,0	81,7
Material de la terciaria	PVC UNE EN 1452					
Alimentación de laterales	Extremo	Extremo	Extremo	P. medio	Extremo	Extremo
Alimentación de la terciaria	Extremo	Extremo	P. medio	Extremo	P. medio	Extremo

6.5 Mediciones de las subunidades

A continuación se muestran las longitudes totales de cada tipo de lateral y terciaria:

Tabla 19: mediciones de subunidades

Longitud de laterales	30.899 m
Diámetro de los laterales	14,6 mm
Material de los laterales	PE
Longitud de terciarias D = 40 mm	24,775 m
Longitud de terciarias D = 63 mm	6.114 m
Material de las terciarias	PVC UNE EN 1452

7 DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE

7.1 Datos de partida

A continuación se muestra una tabla con los datos de partida para el diseño de la red de transporte:

Tabla 20: Datos de partida para la red de transporte

Sector	Subunidad	Caudal requerido (m ³ /h)	Presión (m.c.a.)	Área (m ²)
1	1	13,41	26,66	6727.50
	3	29,92	31,99	9472.82
2	2	12,23	25,63	5004.36
	5	22,29	24,01	4146.71
	6	9,90	20,39	5265.18
3	4	43,31	30,61	12707.01

Tabla 21: Otros datos de partida para la red de transporte

Material de las tuberías	PVC norma UNE EN 1452
Coefficiente mayorante por pérdidas de carga localizada (K_m)	1,1
Temperatura de cálculo	20 °C
Cota del primer nudo	110,45 m
Velocidad de cálculo	1.2 m/s

7.2 Hidrante

La parcela de riego cuenta con un hidrante situado en la caseta de riego, a unos pocos metros al sur de la zona regable. Para más información, consultar el Plano Red de Transporte.

En la toma el caudal es de 45 m³/h, mientras que la presión es de 35 m.c.a.

La automatización del riego se realizará desde esta caseta, por medio de electroválvulas de apertura de cada sector.

7.3 Cálculo de la red de transporte

El cálculo de la red de transporte se ha realizado a través del programa de Excel RGWin (Arviza, RGWin, 2020), en el que se han introducido los datos de partida junto con otras características de la red, como las terciarias anteriormente diseñadas, para poder dimensionarla.

Se ha utilizado el criterio de restricción de velocidad. Este criterio consiste en escoger una velocidad entre 1,5 y 2,5 m/s para la circulación del agua por la red de transporte, dimensionar los diámetros de las tuberías, y si las presiones en los puntos de cada nudo de consumo no son suficientes, iterativamente disminuir la velocidad.

Primeramente, se ha de calcular la diferencia de cotas piezométricas entre el origen de la red y los nudos de consumo, utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta H = \left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) + \left(\frac{P_x}{\gamma} + Z_x \right) \quad (35)$$

La diferencia de cotas piezométricas entre cualquier nudo y el origen es igual al sumatorio de pérdidas de carga admisibles en las líneas que los conectan.

Al utilizarse tuberías de PVC, con diámetros entre 40 y 100 mm, el régimen hidráulico se puede considerar liso o intermedio, por lo que para calcular las pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Hazen-Williams:

$$h = 99773 \cdot L \cdot K_m \cdot \frac{Q^{1,85}}{D_i^{4,87}} \quad (36)$$

Donde:

L: longitud de la tubería

K_m : coeficiente mayorante para pérdidas de carga

Q: Caudal (m^3/h)

D: diámetro de la tubería (mm)

En la serie más desfavorable (conjunto de líneas que unen el nudo más desfavorable con el nudo de origen de la red) se divide la pérdida de carga entre el número de líneas para obtener la pérdida de carga entre cada una de ellas:

$$\Delta h = \frac{\Delta H_{x-y}}{a} \quad (37)$$

Donde:

ΔH_{x-y} : máxima pérdida de carga admitida en la serie más desfavorable

a: número de líneas en la serie más desfavorable

Con las pérdidas de carga calculadas, se puede dimensionar la tubería sustituyendo y despejando en la fórmula de Hazen-Williams:

$$D_i \geq \left(\frac{99773 \cdot L \cdot K_m \cdot Q^{1,85}}{\Delta h} \right)^{\frac{1}{4,87}} \quad (38)$$

Al igual que en el diseño de las subunidades, se adopta el diámetro comercial inmediatamente superior al calculado, que es el interior de la tubería.

De este modo, se calculan las pérdidas de carga en la tubería ya dimensionada:

$$h = 99773 \cdot L \cdot K_m \cdot \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \quad (39)$$

Y la presión en el nudo final de la línea se calcula aplicando la ecuación de Bernoulli para ambos extremos, despreciando los términos cineéticos:

$$\frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 - Z_2 - h \quad (40)$$

Y, por último, se calcula la velocidad de circulación en la línea para el diámetro comercial adoptado:

$$V = \frac{4 \cdot Q_L}{\pi \cdot D^2}$$

(41)

Y de esta forma, se dimensiona cada una de las líneas de la red de distribución.

7.4 Topología de la red

Para realizar el cálculo en RGWin se han de introducir además los datos topológicos de la red, que se muestran a continuación:

Tabla 22: datos topológicos de la red de distribución

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector Riego	Consumo nudo(-)	Presión requerida (m)	Subunidad
1	1	2	107,3	304,50	0	0,00	-	Bifurcación 1
2	2	3	57,0	304,50	2	22,29	24,0	Subunidad 5
3	2	4	41,7	311,32	1	29,92	32,0	Subunidad 3
4	4	5	48,0	311,69	2	9,90	20,4	Subunidad 6
5	5	6	86,3	311,68	2	12,23	25,6	Subunidad 2
6	6	7	26,5	307,33	1	13,41	26,7	Subunidad 1
7	4	8	4,0	307,76	3	43,31	30,6	Subunidad 4

7.5 Resultados de la red de distribución

Tabla 23: Resultados de la red de distribución

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Tipo línea	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector Riego	Consumo nudo (-)	Presión requerida (m)	Etiqueta	Caudal por línea	Diámetro int. teórico (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m)	Pérdida acumulada (m)	Presión estática (m)	Presión resultante (m)	Déficit de presión en nudo (m)	Material
1	1	2	T	107,3	304,50	0	0,00	-	B	44,42	114,4	118,6	125	0,60	1,12	1,14	1,14	41,0	39,9	-39,9	PVC
2	2	3	T	57,0	304,50	2	22,29	24,0	S 5	22,29	81,1	84,8	90	0,60	1,10	0,88	2,02	41,0	39,0	-15,0	PVC
3	2	4	T	41,7	311,32	1	29,92	32,0	S 3	43,33	113,0	118,6	125	0,60	1,09	0,42	1,56	34,2	32,6	-0,6	PVC
4	4	5	T	48,0	311,69	2	9,90	20,4	S 6	22,13	80,8	84,8	90	0,60	1,09	0,73	2,29	33,8	31,5	-11,1	PVC
5	5	6	T	86,3	311,68	2	12,23	25,6	S 2	13,41	62,9	70,4	75	0,60	0,96	1,30	3,60	33,8	30,2	-4,6	PVC
6	6	7	T	26,5	307,33	1	13,41	26,7	S 1	13,41	62,9	70,4	75	0,60	0,96	0,40	4,00	38,2	34,2	-7,5	PVC
7	4	8	T	4,0	307,76	3	43,31	30,6	S4	43,31	113,0	118,6	125	0,60	1,09	0,04	1,60	37,7	36,1	-5,5	PVC

Nota:

B: bifurcación

S: subunidad

T: tubería

7.6 Mediciones de la red

A continuación, se muestran las longitudes totales de cada tipo de tubería:

Tabla 24: Mediciones de la red

Díámetro nominal	Presión nominal (mPa)	Material tuberías	Longitud (m)
75.0	0.60	PVC UNE EN 1452	112.80
90.0	0.60	PVC UNE EN 1452	105.00
125.0	0.60	PVC UNE EN 1452	153.00

8 ITINERARIO DE LA EXPLOTACIÓN

En este apartado se amplía la información en las operaciones de manejo que se ha considerado necesario.

8.1 Análisis del suelo

El análisis de suelo se realiza tomando entre tres y seis muestras de suelo, homogeneizándolas en una sola muestra de 2 kg que se enviará al laboratorio (en el caso de que se aprecien diferencias claras en el suelo, tomar una de las muestras en ese lugar y analizar aparte). Posteriormente al análisis se podrán conocer las características del suelo que afectarán algunos de los pasos a tomar.

8.2 Petición de plantas al vivero.

Se deben pedir las plantas al vivero como mínimo con un año de antelación (más si se piden fuera de ciclo) para que este tenga tiempo de producirlas y se reciban con un mínimo de tamaño y vigor.

En este caso se pide el número de plantas especificado en el apartado Material Vegetal. Se ha pedido al vivero que las plantas lleguen a la explotación con una altura de unos 90 cm, con la cruz (el injerto) a unos 30 cm del suelo, de ella saliendo dos líderes.

Si el vivero no puede realizar este servicio, se pide la planta con una altura de 60 cm, el injerto a unos 30 cm del suelo, y se forma la arquitectura post-plantación. Esta opción es menos recomendable ya que implica más tiempo improductivo y posibles pérdidas de plantas jóvenes en la construcción de la arquitectura.

Siguiendo la Normativa, se debe asegurar de que el vivero no dispone de material de multiplicación ecológico antes de pedir material certificado, y realizar una petición al CAECV para poder utilizar material no ecológico.

El material ha de ser como mínimo certificado, para evitar posibles problemas como variaciones de variedad o patologías.

Se han de contrastar las posibles opciones de presentación: en este caso se ha elegido un modelo en cepellón de 1.7 ya que las plantas en este formato suelen tener mayor tamaño y están más lignificadas que si se piden a raíz desnuda, lo que ayuda contra la destrucción de estas por fauna (conejos).

8.3 Solicitud al CAECV de conversión a ecológico.

Se ha de presentar la solicitud a través de un formulario on-line, aportando la documentación necesaria. Si esta es correcta, se ha de pasar una inspección in-situ de la parcela para verificar que se cumple la normativa. Si esta es correcta, la solicitud pasa al Comité de Certificación para ser aprobada. Como no se prevé que la explotación se encuentre en producción mientras se den estos trámites, no hará falta vender la producción como “en conversión”.

8.4 Acondicionamiento del terreno, formación de margen vegetal, siembra pradera leguminosas

El acondicionamiento del terreno se realiza con labores cruzadas profundas, para airear el suelo y eliminar raíces y otros posibles restos de cultivos anteriores.

El margen vegetal se constituye dejando sin labrar una franja de alrededor de un metro en los márgenes de cada parcela, para que crezca la vegetación local hasta una altura considerable, funcionando como barrera para plagas y reservorio de fauna útil.

Después del acondicionamiento, se siembra una pradera de leguminosas en la parcela, para obstaculizar el crecimiento y lignificación de adventicias antes del siguiente paso, fijar nitrógeno y actuar después como abono vegetal. Especies como trébol (*Trifolium repens* L.) o alfalfa (*Medicago sativa* L.) serían aptas para esta función.

8.5 Solarización

Se realizará con plástico transparente de 60 galgas entre los meses de junio y septiembre, para eliminar posibles propágulos de hongos, pupas de insectos, nemátodos, semillas de adventicias, etc., y descomponer la materia orgánica aportada por la pradera de leguminosas.

8.6 Implantación y enterramiento de la estructura de riego

Se han de abrir zanjas para la red de transporte y las terciarias según la estructura mostrada en sus respectivos planos, enterrarlas e instalar de igual manera los laterales de riego.

8.7 Aportación de estiércol

Se aportará una dosis de 60 t/ha de estiércol ecológico proveniente de una granja cercana.

8.8 Abonado de fondo

En el caso de que los análisis de suelo encuentren alguna carencia de elementos antes de la plantación, se abonará de fondo con fertilizantes autorizados para cultivo en ecológico.

8.9 Marqueteado láser, zanjeado

Se realiza dos meses antes de la plantación para facilitar la aireación del terreno (López Cortés, 2023)

8.10 Recibo de material y comprobación.

Cuando se reciba el material en la explotación se ha de comprobar su estado:

- Plantones tienen arquitectura, tamaño y grosor requeridos.
- Cepellón y planta tienen humedad suficiente.
- No se encuentran síntomas tanto externos como internos (cortando transversalmente una muestra y analizando el interior) de patologías o infecciones de ningún tipo.
- Plantones están rectos y no presentan deformaciones.
- Injertos y yemas se encuentran en buen estado.
- Todas las plantas están etiquetadas individualmente como material certificado con todas las características que requiere la normativa, y estas son las mismas que se han requerido al vivero.

8.11 Implantación y eliminación de protectores.

Junto con las plantas se instalarán protectores biodegradables o de plástico reciclable para proteger a los plantones de mordiscos de roedores y posibles daños causados por la maquinaria.

A partir de finales del primer año, si la madera se ha lignificado correctamente y está comenzando a adquirir grosor, se han de retirar los protectores para que no ocasionen problemas al crecimiento.

8.12 Implantación de sistema de espaldera.

El sistema de espaldera elegido tiene una altura de 2,4 m y se compone de:

- Postes de acero galvanizado de sección cuadrada de 3 m de alto y 2 mm de espesor en los extremos
- Postes de acero galvanizado de sección cuadrada de 2,5 m de alto y 1,5 mm de espesor dentro de la fila.
- 4 alambres de 2,7 mm de diámetro galvanizado para las líneas de la espaldera, cada 60 cm de altura.
- Tensores de carraca en el extremo de cada línea para tensar los alambres.

8.13 Formación y poda de los dos primeros años

En ambos casos durante el verano se elimina el crecimiento vegetativo excesivo simplemente partiendo los brotes a mano para eliminar la dominancia apical.

8.13.1 Variedad temprana

En el caso de la variedad temprana, se desarrolla una arquitectura en formato bi-líder, ya que tiene menor vigor y marco de plantación, por lo que la copa no ha de ser excesivamente grande.

Al plantar se deja el injerto a unos 30 cm sobre el suelo, con otros 30 centímetros de patrón por encima.

En mayo, cuando el injerto haya brotado, se eliminan todos los brotes que no sean del patrón, dejando dos ramos salidos del injerto en forma de horca.

Se dejan crecer los ramos, entutorándolos en la espaldera a medida que crecen, buscando una separación entre líderes de la misma planta de 70 cm y de líderes entre plantas de 80 cm.

En agosto-septiembre se elimina la madera de patrón por encima del injerto.

De octubre a mayo del segundo año se deja que los líderes broten.

En julio del segundo año se prepoda (poda mecánica) y se eliminan los brotes demasiado verticales o mal posicionados.

A mediados de septiembre se realiza una segunda poda en verde.

En noviembre se lleva a cabo la primera poda de invierno para preparar la planta para su primer año de producción.

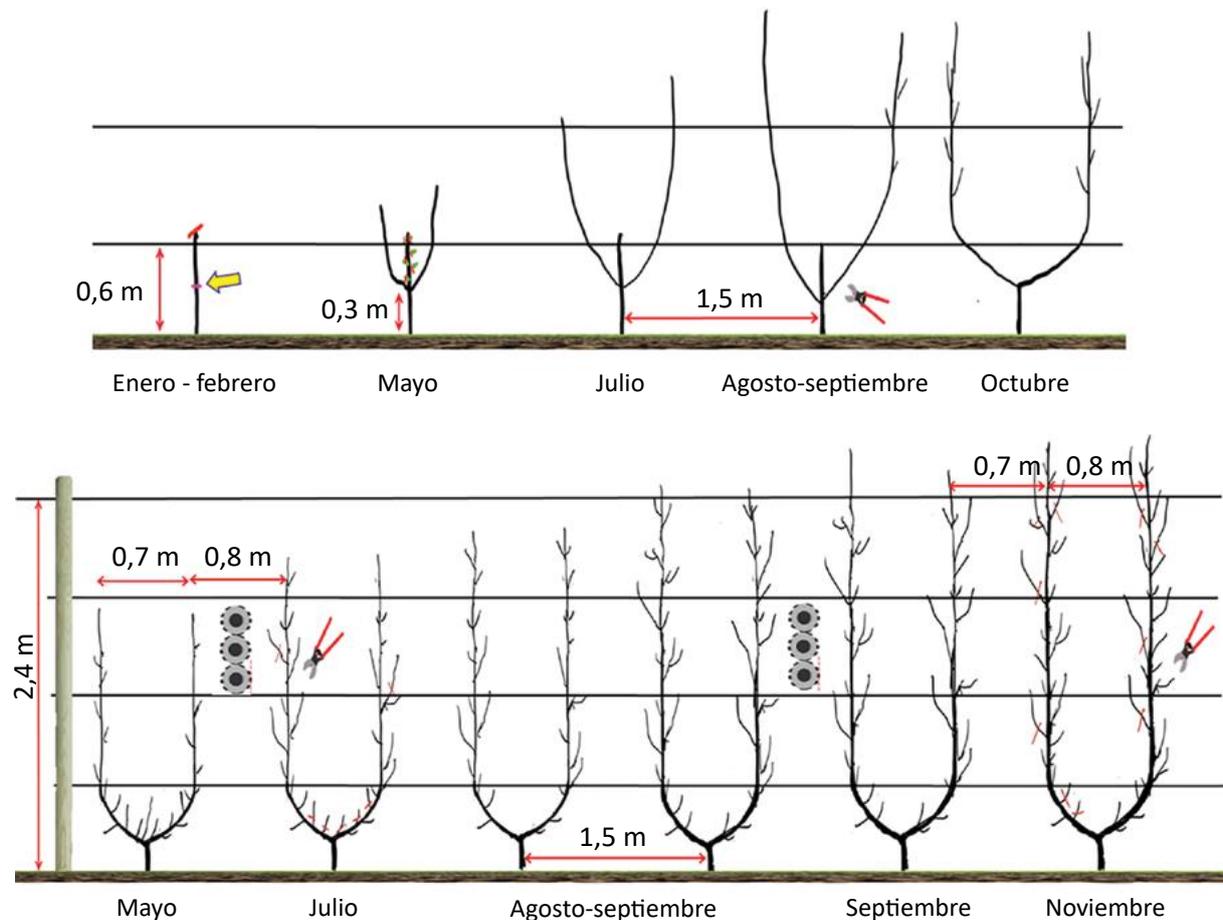


Figura 2: Poda de formación de la variedad temprana, modificado de (Manganaris, 2022)

8.13.2 Variedad tardía

La variedad tardía ostenta una arquitectura planar tri-líder con el mismo marco de plantación que la anterior, ya que tiene mayor vigor y se desarrolla en un intervalo más amplio que la temprana.

El manejo durante el primer año es igual al de la variedad temprana.

En mayo del segundo año se elige un brote con buen tamaño y bien situado en el centro de la "horca" y se designa como líder, buscando dejar 50 cm de distancia tanto entre líderes como entre plantas dentro de la misma fila.

En octubre se realiza poda mecánica en verde para equilibrar la copa-

En diciembre se realiza poda de invierno para preparar la planta para su primer año de producción.

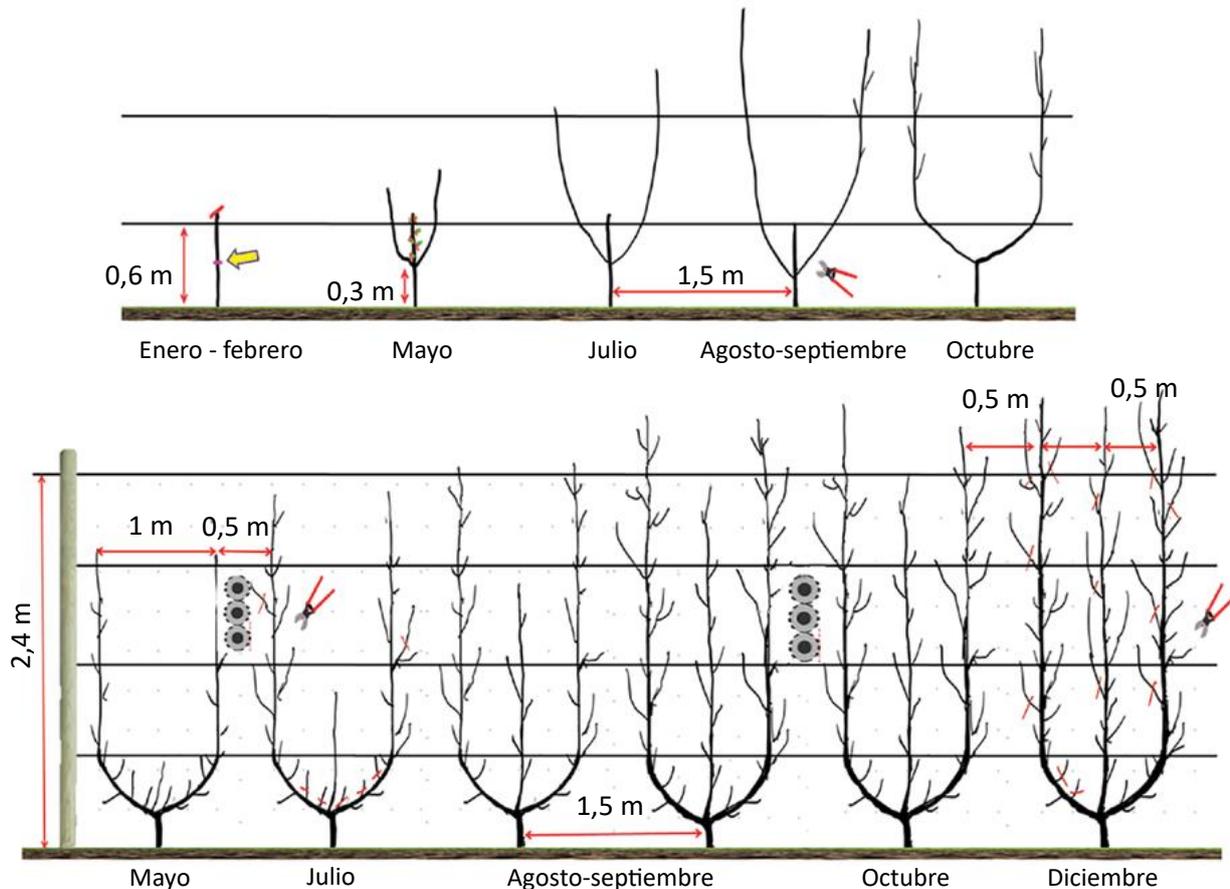


Figura 3: Poda de formación de la variedad temprana, modificado de (Manganaris, 2022)

8.14 Manejo de adventicias y cubierta vegetal

Los primeros dos años de cultivo se mantendrá el suelo desnudo, mediante arado convencional entre calles, y sistema de intercepas entre plantas.

A partir del tercer año de cultivo se instalará una cubierta vegetal sembrada, mezcla de leguminosas y poáceas anuales, herbáceas, como pueden ser trébol (*Trifolium repens* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), veza (*Vicia sativa* L.), meliloto (*Melilotus alba* Medik.) y otras similares (Rubio Cebolla, 2016).

Dicha cubierta se mantendrá durante los meses de otoño e invierno, siendo eliminada tras el aclareo de flores en cada variedad, para evitar la competición. Este manejo se realizará a través del sistema "Roller Crimper", que consiste en un apero de rulo con costillas metálicas soldadas en conformación helicoidal (para mantener constante contacto con el suelo) que al pasar sobre las plantas de cubierta las aplasta y quiebra los tallos sin afectar al suelo. Se realizan varios pases para asegurar el efecto.

Al quebrar los tallos, se interrumpe el transporte de agua y fotosintetizados entre las diferentes partes de la planta, provocando su muerte lentamente.

La zona radicular se descompone rápidamente y aporta materia orgánica al suelo de forma relativamente rápida, mientras que la parte aérea de la planta lo hace lentamente, actuando como acolchado vegetal que mantiene la humedad en los meses de calor.

Este modo de mantener la cubierta vegetal es preferible a la siega, ya que gastando menos combustible que una segadora o fresadora tiene el mismo o mejor efecto, es más rápido y se minimiza la posibilidad de atascos o rotura del equipamiento debido a material lignificado quedando atascado en los rotores de la segadora.

Dependiendo de las condiciones atmosféricas se mantendrá la cubierta hasta su floración, para promover su resiembra y minimizar la necesidad de compra de semillas.

Entre plantas se eliminarán las adventicias con un dispositivo intercepas como el Eco Disk S1 (VIMAR EQUIPOS S.L.), o si existe riesgo de *Capnodis tenebrionis* L., se implantará un geotextil de doble capa entre plantas para impedir el paso de las larvas neonatas.

8.15 Aclareo de flores

El aclareo de flores se realiza de forma mecánica mediante una raleadora mecánica acoplada al tractor, como el modelo DARWIN 250 (Fruit-tec GmbH) cuando se dé la plena floración de cada variedad.

8.16 Poda de invierno

La poda de invierno es necesaria para condicionar la estructura del árbol y renovar los ramos en los que se fructificará en la siguiente campaña y remover la dominancia apical del final de los ramos, evitando el efecto sumidero y distribuyéndolo a través del ramo.

Se realiza empleando plataformas motorizadas para mejorar el acceso a las partes altas de la copa, y con herramientas de corte automáticas con baterías de litio para facilitar el trabajo de los operadores.

A partir del segundo año, la poda de invierno se realizará de la siguiente forma:

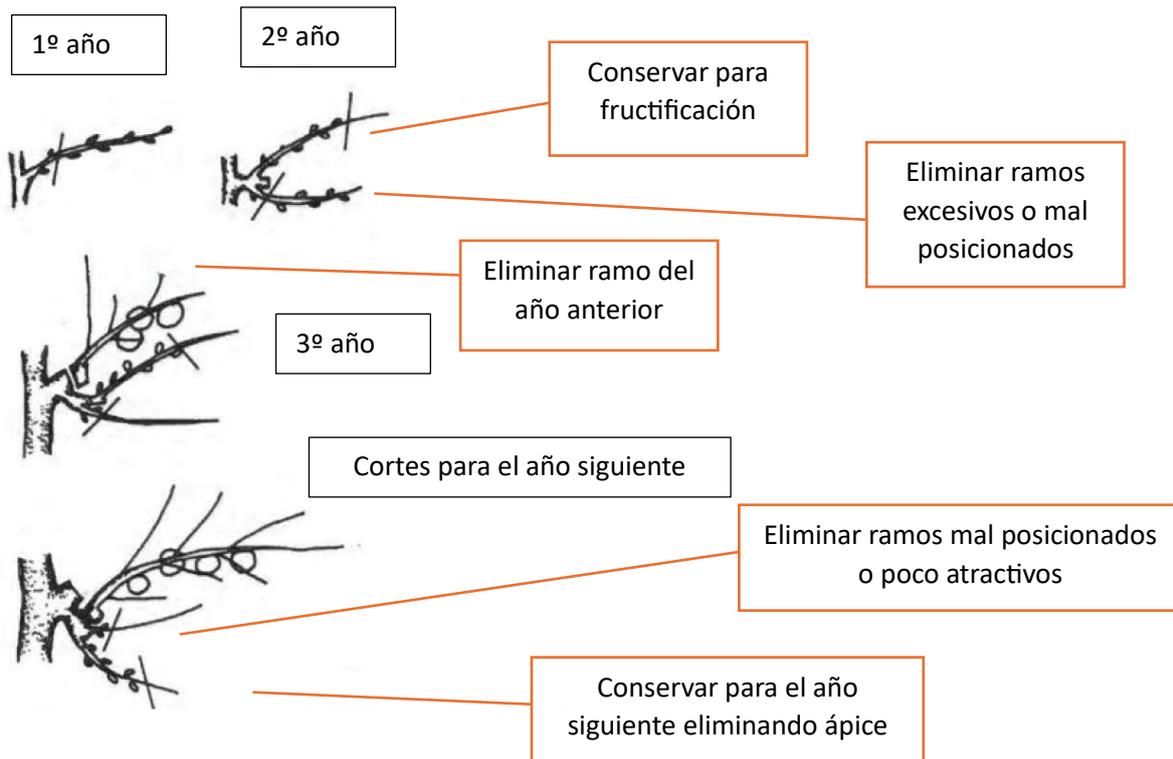


Figura 4: Poda de invierno. Adaptado de (Brunner, 1990)

8.17 Poda de verano o en verde

La poda en verde se realiza en dos pases: un primer pase mecanizado para eliminar toda la materia vegetal que se salga del “seto” o el volumen de copa de árbol deseado, y un segundo pase manual para eliminar sierpes, brotes mal posicionados y material sobrante que no haya sido alcanzado mecánicamente.

El primer pase se realiza empleando una prepodadora de poda verde accionada por tractor frutero (por ejemplo el modelo Almond SES INTENSIVE (VIMAR EQUIPOS S.L.)), mientras que el segundo se realiza mediante plataformas motorizadas para mejorar el acceso a las partes altas de la copa, y con herramientas de corte automáticas con baterías de litio para facilitar el trabajo de los operadores.

8.18 Análisis foliar

Los análisis foliares se llevarán a cabo 90 días después de la brotación para conocer si existen carencias nutricionales en la planta antes de que comience su producción.

8.19 Fertilización

Al tratarse de una explotación en ecológico, se trata de aplicar los aportes nutritivos justos y necesarios, teniendo en cuenta el ciclo del suelo y las entradas y salidas, sobre todo de N.

Se realizarán análisis de suelo periódicos para verificar que el suelo se encuentra en buen estado, con una cantidad correcta de materia orgánica y tanto oligoelementos como minerales esenciales.

En el caso de detectar o prever falta de un elemento concreto en el suelo (por ejemplo, de potasio en la fase de crecimiento del fruto) esta se compensaría con el manejo del suelo o aplicando enmiendas ecológicas, ya sean estiércoles bien desarrollados o abonos autorizados para este sistema.

8.20 Manejo de plagas y enfermedades

La lucha contra plagas y enfermedades se realiza principalmente a través del fomento del ecosistema.

Acciones como la implantación del seto perimetral o la cubierta vegetal semipermanente, aunque no inhiban directamente la proliferación de plagas, permiten el desarrollo de fauna útil como insectos parasitoides o depredadores, que pueden equilibrar las poblaciones de insectos plaga por debajo de los umbrales de daño económico.

En su defecto, se utilizarán medidas de tipo biológico como la confusión sexual o la captura masiva a través de trampas del tipo más eficiente para la plaga específica, o formulados pesticidas autorizados en la normativa vigente para el cultivo ecológico (aceites esenciales, caolín, jabones potásicos, etc.).

Por otro lado, una mayor salud del suelo mejora la resistencia de los árboles, que, junto con disciplina en la desinfección de las herramientas utilizadas en la poda y otras labores, y la cobertura con mástics de heridas, disminuye la susceptibilidad a posibles hongos, virus u otras enfermedades.

De forma específica contra el gusano cabezudo, *Capnodis tenebrionis* L., el formato de la explotación ya presenta ventajas en cuanto a su control:

- Al conservarse la cubierta vegetal en las épocas de puesta, el suelo tiene mayor cantidad de humedad, lo que disminuye la probabilidad de puesta de las hembras.
- A través de la cubierta vegetal, el seto perimetral de especies adventicias y el no uso de fitosanitarios, se promueve la existencia de la fauna auxiliar, que puede ayudar a mantener la plaga a raya.
- Además, el seto perimetral puede actuar como barrera contra ejemplares de *Capnodis* que están viajando, ya que se pueden quedar en el seto y no llegar a los árboles del cultivo.

De todas formas, en el caso de que el muestreo detecte un umbral preocupante de esta especie y el momento en el que se detecte, existen varias opciones tanto preventivas como de tratamiento (MAPA, 2012):

- En épocas de puesta, aplicar caolín tanto al suelo como a la base de los troncos para impedirlos.
- A principios de primavera aplicar caolín foliar a brotes para evitar que los adultos se alimenten de ellos.
- Implantar geotextil de doble capa entre plantas para impedir el paso de las larvas.
- Durante el invierno y la primavera temprana, utilizar piretrinas naturales, permitidas en formato ecológico, para controlar la población de adultos.

8.21 Determinación de madurez y cosecha

La determinación de madurez se realiza analizando diferentes parámetros en una muestra de campo representativa de cada parcela.

Los factores a valorar son:

- Contenido de sólidos solubles totales (SST), en grados brix ($^{\circ}$ Bx), mediante refractómetro.
- Firmeza de la carne, mediante penetrómetro.
- Acidez, mediante valoración.

El factor primario es el contenido en SST, que debe encontrarse alrededor de 9 - 11 $^{\circ}$ Bx en la variedad temprana y 12 - 14 $^{\circ}$ Bx en las variedades tardías para proceder a cosechar.

La cosecha se realiza de forma manual con la ayuda de plataformas mecanizadas para facilitar el acceso de los operadores a las partes altas de la copa.

8.22 Defoliación con cobre

Si debido a las temperaturas u otros factores externos, llegado octubre-noviembre dependiendo de la variedad, las plantas no han defoliado de forma natural, está permitido según la normativa ecológica aplicar cobre de forma foliar, ya que causa cierta fitotoxicidad y por tanto defoliación, que inicia el período de acumulación de horas-frío. Este proceso se realiza mediante un pulverizador.

8.23 Riego

En puntos estratégicos de la parcela se instalarán dispositivos de medición de la humedad del suelo, para conocer la disponibilidad hídrica en el mismo, y a partir de ellos se indicará la necesidad de aportar riego a cada parcela según el estado y necesidades de la variedad implantada.

9 CONSTRUCCIÓN

9.1 Introducción

El objetivo de este anejo es plasmar los cálculos y elecciones que han sido realizadas para diseñar la nave caseta de riego que se muestra en la memoria.

De esta forma, a continuación se encuentran los cálculos de los elementos constructivos de la nave: las correas, cerchas, pilares, muro hastial y zapatas.

9.2 Diseño y proceso de cálculo

El diseño a continuación consiste en una nave soportada por cerchas simples.

Cada elemento constructivo se ha diseñado de tal forma que esté dimensionado atendiendo a criterios de resistencia, deformabilidad o estabilidad.

9.3 Dimensiones

En este apartado se exponen las medidas de los diferentes elementos elegidos para componer la nave.

Debido a la clasificación del suelo en el que se encuentra la parcela, no se pueden construir naves agroindustriales, así que esta construcción se clasificará y tendrá las dimensiones adecuadas para una caseta de labranza. Se pueden encontrar estos datos plasmados en un plano en el Anejo de planos.

Tabla 25: Dimensiones de la nave

Elemento	Dimensiones	Unidad
Luz (ancho)	10	m
Largo	9	m
Altura total	5,35	m
Altura del pilar	4	m
Altura de la cercha	1,35	m
Distancia entre cerchas	3	m
Distancia entre correas	2,5	m
Pendiente del tejado	15	%
α	8,53	°

9.4 Materiales

9.4.1 Edificación

Para la edificación, incluyendo las correas, cerchas y pilares se utilizará acero de edificación tipo S275JR para perfiles laminados, con las siguientes características:

Nota: debido a la simplificación de las cargas y para los procedimientos de cálculo se considera una tensión máxima de 1800 kg/cm².

Tabla 26: Propiedades del acero de edificación

Elemento	Valor	Unidades
Espesor	Inferior a 16mm	
f_y	275	N/mm ²
f_u	40	N/mm ²
γ_{M1}	1.1	
f_{yd}	250	N/mm ²
σ_{adm}	1800	kg/cm ²

Se utilizarán perfiles IPE y HEB.

9.4.2 Cimentación

Para la cimentación se utilizará hormigón tipo HA-25 en cimentaciones, soleras y forjados, según la norma EHE.

Además se utilizará acero corrugado B500S de características según la norma EHE.

Nota: se considerará para el hormigón armado una densidad de 2500 kg/m³.

Tabla 27: Propiedades del hormigón de cimentación

Elemento	Valor	Unidades
Nombre	HA-25	
f_{ck}	250	kg/cm ²
γ_g	1.50	
γ_c	1.50	
ρ_h	2500	kg/m ³

Tabla 28: Propiedades del acero de cimentación

Elemento	Valor	Unidades
Nombre	B500S	
f_{yk}	5000	kg/cm ²
f_y	490.50	kg/cm ²
g_s	1.15	

9.5 Marco geológico-geotécnico

En este apartado se muestra la información de referencia de las propiedades del suelo para el cálculo de la cimentación. Se ha extraído de un estudio geotécnico confidencial, por lo que solo se adjuntan los parámetros necesarios.

Tabla 29: Propiedades mecánicas del suelo

Textura	Franco - arcillosa
ρ_s	1800 kg/m ³
σ_{adm}	4 kg/cm ²
ϕ'	28 °

9.6 Cargas

Para poder diseñar la nave, es necesario conocer las cargas que habrá de soportar sin desplomarse. Estas, según el Código Técnico se pueden separar en acciones constantes y acciones variables.

9.6.1 Acciones constantes

Las acciones constantes son aquellas que no cambian con el paso del tiempo, ya que son intrínsecas al propio edificio. Incluyen el peso de las correas, la estructura (cerchas y pilares), la cubierta, y otras cargas constantes como instalaciones interiores como luminarias, o exteriores, como placas solares.

Tabla 30: Acciones constantes

Acciones constantes	Valor	Unidad
Peso de las correas	6	Kg/m ²
Peso de la cercha y pilar	30	Kg/m ²
Peso de la cubierta	14	Kg/m ²
Otras cargas	10	Kg/m ²
G (Total)	60	Kg/m ²

9.6.2 Acciones variables

Las acciones variables son aquellas que sí pueden cambiar a lo largo del tiempo, ya sea por factores meteorológicos o de la utilización de la construcción.

Estas acciones son la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y la acción del viento.

Los dos primeros valores se pueden extraer de prontuarios publicados por SE-AE.

La acción del viento no se tendrá en cuenta en el cálculo de la parte superior esta nave ya que con los supuestos de cálculo anteriores no se consideran significativos. Sí se tendrá en cuenta para el cálculo del pilar.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾ (5)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 5: Sobrecarga de uso (SE-AE)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 7: Sobrecarga de nieve en terreno horizontal (SE-AE)



Figura 6: Zonas climáticas de invierno en España (SE-AE)

Tabla 31: Acciones variables

Acciones variables	Valor	Unidad
Sobrecarga de uso	40	Kg/m ²
Sobrecarga de nieve	20	Kg/m ²
Total	60	Kg/m ²

9.6.3 Carga total y coeficiente de mayoración

Tanto las acciones constantes como las variables han de ser mayoradas, según la siguiente tabla:

Tabla 32: Coeficientes de mayoración de acciones

Tipo de acción	Coeficiente de mayoración
Permanente	1,35
Variable	1,50

Por tanto, se mayoran las cargas según la siguiente fórmula:

$$\text{Carga total mayorada} = 1,35 \cdot \text{Cargas permanentes} + 1,5 \cdot \text{Cargas variables} \quad (42)$$

Y el coeficiente de mayoración global es:

$$F_{global} = \frac{1,35 \cdot 60 + 1,5 \cdot 60}{60 + 60} = 1,425 \quad (43)$$

9.7 Correas

9.7.1 Cargas

Como las correas solamente tienen que soportar su propio peso y el de la cubierta, el total de acciones características disminuirá a 20 kg/m². Las variables se siguen considerando como en el resto de los elementos.

Por tanto, la carga total mayorada es:

$$\text{Carga total mayorada} = 1,35 \cdot 20 + 1,5 \cdot 60 = 117 \frac{kg}{m^2} \quad (44)$$

Esta carga total se ha de convertir a carga lineal para poder ser aplicada a las correas:

$$q_l = q_m \cdot s = 117 \text{kg/m}^2 \cdot 2,5 \text{m} = 292,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

(45)

Donde:

q_l : carga lineal

q_m : carga total mayorada

s : separación entre correas

9.7.2 Fuerzas

Se ha trabajado simplificando el modelo a vigas apoyadas-apoyadas.

Se calculan los momentos a los que las correas están sometidas por eje.

El momento máximo:

$$M_{max} = \frac{q_l \cdot L^2}{8} = 329,06 \text{kg} \cdot \text{m}$$

(46)

Donde:

q_l : carga lineal

L : distancia entre cerchas

Al estar en pendiente, se resuelven como un problema de flexión esviada.

Se supone que la cubierta es rígida en el eje Z, por lo que M_z será igual a 0.

A partir de M_{max} , se calcula el momento en Y multiplicándolo por el coseno del ángulo de la pendiente.

$$M_y = M_{max} \cdot \cos\alpha = 325,41 \text{kg} \cdot \text{m}$$

(47)

9.7.3 Elección del perfil

Se ha elegido el perfil IPE-100 para las correas, y se ha comprobado según el método iterativo:

Tabla 33: Propiedades IPE-100 (SE-AE)

IPE- 100	
A (cm ²)	10.3
I _y (cm ⁴)	171
W _y (cm ³)	34.2

9.7.4 Comprobación

Primero se realiza la comprobación a resistencia:

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (48)$$

Y después, a deformación:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI \cdot \gamma} = 0.0015 \text{ cm} \quad (49)$$

f ha de ser menor que el límite $h/200$:

$$\frac{h}{200} = \frac{300}{200} = 1,5 \text{ cm} \quad (50)$$

Tabla 34: Comprobación de las correas

Comprobación	Valor	Límite	Estado
Resistencia	0.528626	< 1	Cumple
Deformación	0.0015 cm	< 1,5 cm	Cumple

Por tanto, el perfil IPE-100 es adecuado para las correas de la nave.

9.8 Cercha

9.8.1 Acciones

Las acciones que actúan sobre la cercha están definidas en el punto [4.6: Cargas](#), donde se calculan dando como resultado un total de acciones de 60 kg/m².

$$\text{Carga total mayorada} = 1,35 \cdot 60 + 1,5 \cdot 60 = 171 \text{kg/m}^2$$

(51)

9.8.2 Cargas

Se ha de convertir a carga lineal y después puntual para el proceso de cálculo de la cercha:

$$q_l = q_m \cdot L = 171 \text{kg/m}^2 \cdot 3 \text{m} = 513 \text{kg/m}$$

(52)

$$F = q_l \cdot s = 513 \text{kg/m} \cdot 2,5 \text{m} = 1282,5 \text{kg}$$

(53)

Donde:

q_l : carga lineal

q_m : carga total mayorada

F : carga puntual

L : distancia entre cerchas

s : distancia entre correas

9.8.3 Cálculo de la cercha

La cercha se calcula como una estructura isostática apoyada-apoyada, en la que las cargas puntuales actúan sobre las correas.

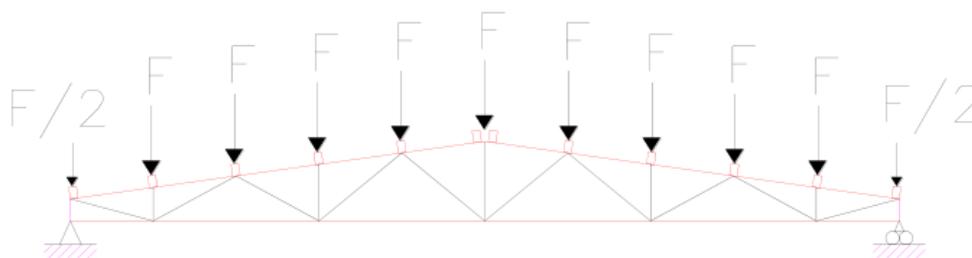


Figura 8: Distribución de fuerzas en la cercha (DIRAC UPV)

Se calculan los axiles de compresión de los pilares, que componen las reacciones:

$$R = \frac{\Sigma F}{2} = 5130kg \quad (54)$$

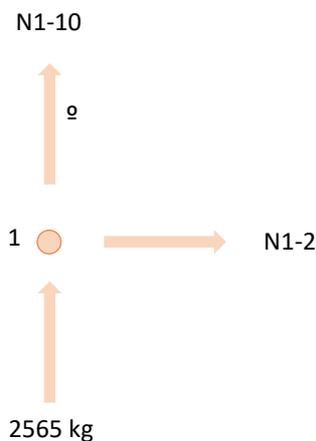
La cercha se ha calculado por el método de los nudos. Primero se ha de numerar cada barra de la cercha y cada nudo (punto en el que se unen barras). La numeración que se ha seguido en esta cercha se puede encontrar en el anejo de planos.

Se conoce el valor de las cargas, pero no el de las fuerzas a las que está sometida cada barra.

Como la estructura ha de estar en equilibrio isostático, se sabe que el equilibrio de fuerzas ha de ser 0. En cada nudo de la cercha se representan los vectores de las cargas y las fuerzas que le aplican las barras, con su dirección. A continuación se representa el equilibrio matemáticamente, igualando las fuerzas a 0.

Despejando y sustituyendo en las dos ecuaciones, se calculan las fuerzas incógnitas.

Para el nudo 1:



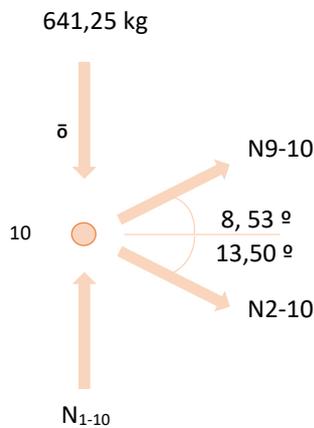
$$\Sigma F_H = 0 \rightarrow N_5 = 0 \quad (55)$$

$$\Sigma F_V = 0 \rightarrow 2565 + N_{1-10} = 0 \quad (56)$$

$$N_{1-10} = -2565kg \quad (57)$$

Figura 9: Diagrama nudo 1 de la cercha

Para el nudo 10:



$$\sum F_H = 0 \rightarrow N_{9-10} \cos(8,53) + N_{2-10} \cos(13,50) = 0 \quad (58)$$

$$N_{9-10} = \frac{-N_{2-10} \cos(13,50)}{\cos(8,53)} \quad (59)$$

$$\sum F_V = 0 \quad (60)$$

Figura 10: Diagrama nudo 10 de la cercha

$$641,25 - N_{1-10} - N_{9-10} \sin(8,53) + N_{2-10} \sin(13,50) = 0 \quad (61)$$

$$641,25 - N_{1-10} - \left(\frac{-N_{2-10} \cos(13,50)}{\cos(8,53)} \right) \sin(8,53) + N_{2-10} \sin(13,50) = 0 \quad (62)$$

$$N_{2-10} \frac{\cos(13,50)}{\cos(8,53)} \sin(8,53) + N_{2-10} \sin(13,50) = -641,25 + 2565 \quad (63)$$

$$N_{2-10} \left(\frac{\cos(13,50)}{\cos(8,53)} \sin(8,53) + \sin(13,50) \right) = 1923,75 \quad (64)$$

$$N_{2-10} = \frac{1293,75}{\frac{\cos(13,50)}{\cos(8,53)} \sin(8,53) + \sin(13,50)} = 5072,01 \text{ kg} \quad (65)$$

$$N_{9-10} = \frac{-N_{2-10} \cos(13,50)}{\cos(8,53)} = \frac{-5072,01 \cos(13,50)}{\cos(8,53)} = -4987,03 \text{ kg} \quad (66)$$

Se sigue esta misma estrategia para el resto de puntos y barras.

Solamente es necesario calcular la mitad de las barras, ya que al ser simétrica, las fuerzas son iguales en cada lado. Los resultados de toda la cercha se muestran a continuación:

Tabla 35: Resultados de los axiles de la cercha

Barra	Axil (kg)	Estado
B1-10	-2565	Compresión
B1-2	0	Tracción
B9-10	-4987,03	Compresión
B10-2	5072,01	Tracción
B8-9	-4987,03	Compresión
B2-9	-1282,50	Compresión
B2-8	207,21	Tracción
B2-3	4749,53	Tracción
B3-8	-1282,50	Compresión
B5-6	-2565	Compresión
B4-5	0	Tracción
B6-7	-4987,03	Compresión
B4-6	5072,01	Tracción
B7-8	-4987,03	Compresión
B4-7	-1282,5	Compresión
B4-8	207,21	Tracción
B3-4	4749,53	Tracción

Para asegurarse de que los cálculos han sido realizados correctamente, se ha introducido la estructura y las fuerzas en el programa SAP2000 de la empresa americana CSI, y se ha comprobado que ambos resultados coinciden.

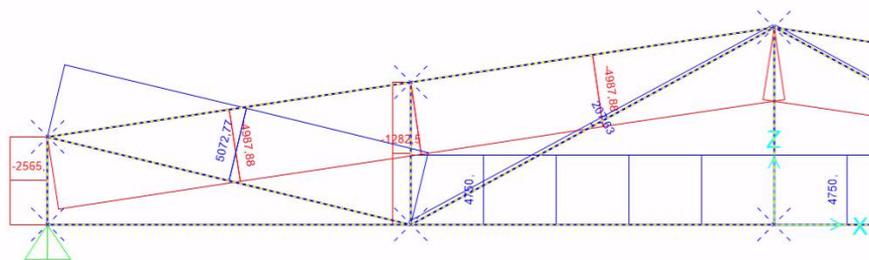


Figura 11: Resultados del programa SAP2000

9.8.4 Elección de perfiles

Para la estructura de la cercha se han utilizado perfiles de tubo cuadrado hueco según la normativa SE-A para acero S-275 en compresión y flexión.

Se ha elegido únicamente el perfil #60x5, ya que, aun siendo uno de los más pequeños comúnmente utilizados, cumple sin problema todas las comprobaciones con muy buen margen de seguridad, como se muestra a continuación.

Tabla 36: características del perfil de la cercha

Perfil elegido	#60x5
A (cm ²)	10.10
Radio de giro (cm)	2.19

9.8.5 Comprobación del perfil

Para el correcto funcionamiento de las barras, estas han de cumplir las siguientes condiciones:

Para las barras a tracción, se ha de realizar la siguiente comprobación a resistencia:

$$\sigma = \frac{N}{A} < 1800 \text{ kg/cm}^2 \quad (67)$$

Que se puede expresar de la siguiente forma:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (68)$$

Para las barras a compresión, se han de realizar dos comprobaciones; a resistencia (igual que la anterior) y a pandeo:

$$\sigma = \frac{N}{A} < \sigma_{crit} \quad (69)$$

$$\sigma_{crit} = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2} \quad (70)$$

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} \quad (71)$$

Nota: Otra condición es que la esbeltez mecánica ha de ser menor de 174. Se cumple en todas las barras.

Donde:

N: axil

A: área del perfil

σ : tensión

σ_{crit} : tensión crítica

E: módulo de elasticidad ($2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

λ : esbeltez mecánica

β : beta de pandeo (se le asigna valor igual a 1)

L: longitud de la barra

i : radio de giro

9.9 Resultados

Tabla 37: Resultados comprobaciones de barras

Barra	Axil (kg)	Perfil	Tensión de trabajo (kg/cm ²)	Esbeltez mecánica	Tensión crítica (kg/cm ²)	Comprobación por Resistencia	Comprobación por Pandeo
B1-10	-2565.00	#60x5	-253.96	27.40	27612.44	CUMPLE	CUMPLE
B1-2	0.00	#60x5	0.00	-	-	CUMPLE	-
B9-10	-4987.03	#60x5	-493.77	115.43	1555.44	CUMPLE	CUMPLE
B10-2	5072.01	#60x5	502.18	-	-	CUMPLE	-
B8-9	-4987.03	#60x5	-493.77	115.43	1555.44	CUMPLE	CUMPLE
B2-9	-1282.50	#60x5	-126.98	44.52	10456.78	CUMPLE	CUMPLE
B2-8	207.22	#60x5	20.52	-	-	CUMPLE	-
B2-3	4749.54	#60x5	470.25	-	-	CUMPLE	-
B3-8	-1282.50	#60x5	-126.98	61.64	5454.31	CUMPLE	CUMPLE
B5-6	-2565.00	#60x5	-253.96	27.40	27612.44	CUMPLE	CUMPLE
B4-5	0.00	#60x5	0.00	-	-	CUMPLE	-
B6-7	-4987.03	#60x5	-493.77	115.43	1555.44	CUMPLE	CUMPLE
B4-6	5072.01	#60x5	502.18	-	-	CUMPLE	-
B7-8	-4987.03	#60x5	-493.77	115.43	1555.44	CUMPLE	CUMPLE
B4-7	-1282.50	#60x5	-126.98	44.52	10456.78	CUMPLE	CUMPLE
B4-8	207.22	#60x5	20.52	-	-	CUMPLE	-
B3-4	4749.54	#60x5	470.25	-	-	CUMPLE	-

9.10 Pilar

9.10.1 Cargas

El pilar debe soportar dos tipos de cargas: la compresión que le transmite la cercha y la flexión debido al viento. Esto se realiza según la siguiente fórmula.

$$q_v = q \cdot c_e \cdot L \cdot \gamma = 50 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 450 \text{ kg/m}$$

(72)

Donde:

q_v : carga del viento

q : presión del viento sobre la estructura

L : distancia entre cerchas

γ : coeficiente mayorante de cargas ¹

La compresión transmitida por la cercha es igual a R , calculada anteriormente.

9.10.2 Elección del perfil

Para el pilar se ha elegido el perfil HEB-140 por el proceso iterativo, ya que es el más pequeño que cumple las condiciones explicadas en el siguiente punto con un buen margen.

Tabla 38: Características del perfil del pilar

Perfil elegido	HEB-140
A (cm ²)	43.00
I _y (cm ⁴)	1509.00
W _y (cm ³)	216.00
i _y (cm)	5.93
i _z (cm)	3.58

¹ Extraído del prontuario de grado de aspereza del entorno de SE – A

9.10.3 Comprobación

Se ha de realizar tres comprobaciones: a resistencia, a pandeo y a desplome.

Comprobación a resistencia:

Primero se ha de calcular el momento en el eje Y:

$$M_{y,ed} = \frac{q_v \cdot h^2}{3,076} = 2340,7kg \cdot m$$

(73)

Y se comprueba la resistencia con la siguiente fórmula:

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

(74)

Donde:

N_{ed} : R, carga que soporta el pilar

A: área del perfil

f_{yd} : tensión admisible

$M_{y,Ed}$: momento en el eje Y

W_{el} : momento resistente

$$\frac{5130}{43 \cdot 1800} + \frac{234000}{216 \cdot 1800} = 0,62$$

(75)

Al ser menor que 1, cumple la resistencia.

Comprobación a pandeo:

Para esta comprobación se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{N_{ed}}{0,2 \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

(76)

Donde:

N_{ed} : R, carga que soporta el pilar

A: área del perfil

f_{yd} : tensión admisible

$M_{y,Ed}$: momento en el eje Y

W_{el} : momento resistente

$N_{cr,y}$: tensión crítica

Para calcular la tensión crítica se ha de calcular primero la esbeltez mecánica en ambos planos y elegir la mayor:

Plano del pórtico:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{2,5 \cdot 4}{5,93} = 126,48$$

(77)

Donde:

β : beta de pandeo (se le asigna valor igual a 2,5)

L: longitud total del pilar

i: radio de giro mayor (i_y)

Plano lateral:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 3}{3,58} = 111,73$$

(78)

Donde:

β : beta de pandeo (se le asigna valor igual a 1)

L: longitud del pilar que puede pandear

i: radio de giro menor (i_z)

Eligiendo el mayor de los dos resultados, se calcula la tensión crítica:

$$N_{cr,y} = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2} A = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^6}{126,48^2} 43 = 55715,28kg$$

(79)

Donde:

$N_{cr,y}$: tensión crítica

E: módulo de elasticidad ($2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

λ : esbeltez mecánica

A: área del perfil

Y con estos factores calculados:

$$\frac{5130}{0,2 \cdot 43 \cdot 1800} + \frac{1}{1 - \frac{5130}{55715,28}} \cdot \frac{2340}{216 \cdot 1800} = 0,34$$

(80)

El resultado es menor que 1, por tanto cumple la comprobación a pandeo.

Comprobación a desplome:

Nota: se calcula a cargas desmayoradas.

$$\Delta = \frac{3}{40} \cdot \frac{q_v \cdot h^4}{EI \cdot \gamma} < \frac{h}{150} \quad (81)$$

Donde:

qv: carga del viento

h: altura del pilar

EI: módulo de elasticidad

γ : factor de desmayoración

$$\Delta = \frac{3}{40} \cdot \frac{450 \cdot 4^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1,5} = 0,0027 \text{ cm} \quad (82)$$

$$\frac{h}{150} = \frac{4}{150} = 2,67 \text{ cm} \quad (83)$$

$$2,67 > 0,0027 \quad (84)$$

Por tanto, cumple la comprobación a desplome del pilar. Por lo tanto, se elige el perfil HEB-120, que cumple respecto a su estado tensional y a deformaciones.

9.11 Muro hastial

9.11.1 Momentos

Se han de calcular los pilares interiores (los exteriores serán igual que los del resto de la nave), con su axil correspondiente, y el momento debido al viento.

Para los pilares interiores:

$$M_{y,Ed} = \frac{q_v \cdot h^2}{8} = \frac{825 \cdot 5,35^2}{8} = 2951,70 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

(85)

9.11.2 Elección del perfil

Se ha elegido el perfil HEB-140 (SE-AE) ya que cumple las condiciones que se verán a continuación por un buen margen, además es el mismo que se utiliza en el pilar, por lo que se abaratan costes al poder pedir mayores cantidades del mismo producto.

Tabla 39: Características del perfil del pilar del muro hastial

Perfil elegido	HEB-140
A (cm ²)	43.00
I _y (cm ⁴)	1509.00
W _y (cm ³)	216.00
i _y (cm)	5.93
i _z (cm)	3.58

9.11.3 Comprobaciones

Comprobación a resistencia:

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

(86)

Donde:

N_{ed} : R, carga que soporta el pilar del muro

A: área del perfil

f_{yd} : tensión admisible

$M_{y,Ed}$: momento en el eje Y

W_{el} : momento resistente

$$\frac{1282,5}{43 \cdot 1800} + \frac{295170}{216 \cdot 1800} = 0,78$$

(87)

Al ser menor que uno, cumple la comprobación a resistencia.

Comprobación a pandeo:

$$\frac{N_{ed}}{0,2 \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

(88)

Donde:

N_{ed} : R, carga que soporta el pilar

A: área del perfil

f_{yd} : tensión admisible

$M_{y,Ed}$: momento en el eje Y

W_{el} : momento resistente

$N_{cr,y}$: tensión crítica

Para calcular la tensión crítica se ha de calcular primero la esbeltez mecánica en ambos planos y elegir la mayor:

Plano del pórtico:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 5,35}{5,93} = 90,22$$

(89)

Donde:

β : beta de pandeo (se le asigna valor igual a 1)

L: longitud total del pilar

i : radio de giro mayor (i_y)

Plano lateral:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 4}{3,58} = 111,73$$

(90)

Donde:

β : beta de pandeo (se le asigna valor igual a 1)

L: longitud del pilar que puede pandear

i : radio de giro menor (i_z)

Eligiendo el mayor de los dos resultados, se calcula la tensión crítica:

$$N_{cr,y} = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2} A = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^6}{111,73^2} 43 = 71389,37 \text{ kg}$$

(91)

Donde:

$N_{cr,y}$: tensión crítica

E: módulo de elasticidad ($2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

λ : esbeltez mecánica

A: área del perfil

Y con estos factores calculados:

$$\frac{1282,5}{0,2 \cdot 43 \cdot 1800} + \frac{1}{1 - \frac{1282,5}{71389,37}} \cdot \frac{2951,7}{216 \cdot 1800} = 0,09$$

(92)

Al resultar la comprobación menor que uno, cumple a pando.

9.12 Dintel

A continuación, se calcula el dintel como viga apoyada-apoyada sometida a la carga puntual de las correas.

9.12.1 Cargas

Para calcular el dintel se ha de calcular la P-reacción en el apoyo de la correa, incluyendo el peso de la estructura.

$$P = \frac{F}{2} = \frac{1282,5}{2} = 641,25kg$$

(93)

Después se calcula el momento máximo:

$$M_{max} = \frac{P \cdot L}{4} = \frac{641,25 \cdot 5,06}{4} = 810,52kg \cdot m$$

(94)

9.12.2 Elección del perfil

Se ha elegido el perfil HEB-100 (SE-AE) ya que cumple las condiciones que se verán a continuación por un buen margen.

Tabla 40:Características del perfil elegido para el dintel

Perfil elegido	HEB-100
A (cm ²)	26.00
I _y (cm ⁴)	450.00
W _y (cm ³)	90.00
i _y (cm)	4.16
i _z (cm)	2.53

9.12.3 Comprobaciones

Como el dintel no está comprimido, no hará falta comprobación a pandeo, solo a resistencia:

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (95)$$

Donde:

N_{ed} : no existen cargas de compresión, por lo que es igual a 0

A: área del perfil

f_{yd} : tensión admisible

$M_{y,Ed}$: momento en el eje Y

W_{el} : momento resistente

$$\frac{0}{26 \cdot 1800} + \frac{81052}{90 \cdot 1800} = 0,40 \quad (96)$$

Al ser menor que uno, cumple la comprobación a resistencia por un amplio margen.

9.13 Zapata

9.13.1 Determinación de los esfuerzos

Para el cálculo de la zapata se utilizan esfuerzos desmayorados.

Para el axil se considera el axil de cálculo del pilar:

$$N = \frac{5130}{1,425} = 3600kg \quad (97)$$

Para el cortante, se calcula la reacción en la base del pilar debido al viento:

$$V = \frac{q_v \cdot h}{1,5} = \frac{450 \cdot 4}{1,5} = 1200kg \quad (98)$$

Y para el momento en la base del pilar:

$$M = \frac{M_{basepilar}}{1,5} = \frac{2340}{1,5} = 1560kg \cdot m$$

(99)

9.13.2 Características del suelo

Estas características se han encontrado en un estudio geotécnico de la misma zona. Al ser confidencial, solo se han podido incluir los datos necesarios:

Tabla 41: Características del suelo

Características del suelo		
ρ_s	1800	kg/m ³
σ_{adm}	4	kg/cm ²
ϕ'	28	\varnothing

9.13.3 Coeficientes

Tabla 42: Coeficientes de la zopata

Coeficientes	
γ_v (coeficiente de mayoración a vuelco)	2
γ_{desl} (Coeficiente de mayoración a deslizamiento)	1. 5

9.13.4 Diseño de la zapata

Diseño propuesto de la zapata:

Tabla 43: Diseño propuesto de la zapata

Datos zapata		
H	1	m
a	1.50	m
b	1.50	m
h	0.3	m
a0	0.4	m
b0	0.4	m

Donde:

H: altura de la zapata completa

a: longitud de la zapata

b: anchura de la zapata

h: altura del enano

a0: longitud del enano

b0: amplitud del enano

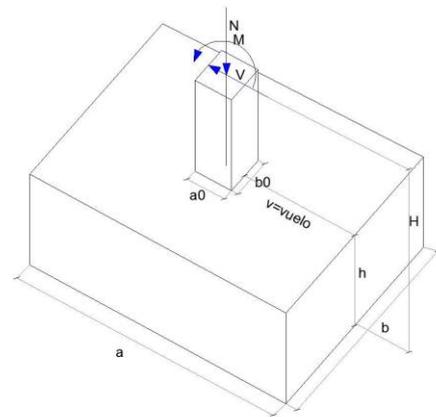


Figura 12: Esquema de una zapata (DIRAC UPV)

9.13.5 Tipo de zapata

Condición de zapata rígida según EHE-08

Las zapatas técnico-económicamente más adecuadas son aquellas intermedias entre rígidas y flexibles.

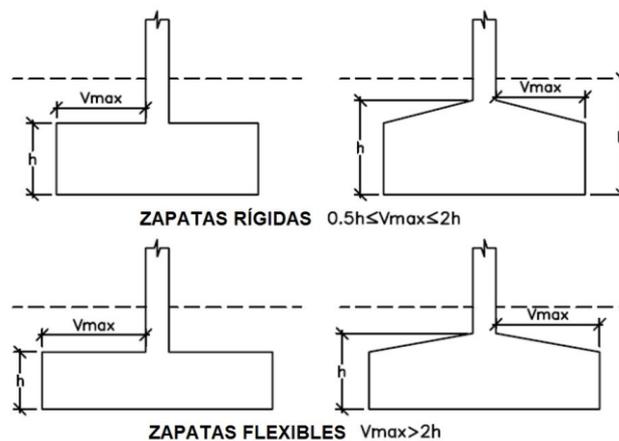


Figura 13: tipos de zapata (DIRAC UPV)

Se determina según la proporción entre vuelo y altura:

$$v \leq 2 \cdot h \rightarrow \text{zapatarígida} \quad (100)$$

$$v > 2 \cdot h \rightarrow \text{zapataflexible} \quad (101)$$

En este caso:

$$v = \frac{a}{2} - \frac{a_0}{2} = \frac{1,5}{2} - \frac{0,4}{2} = 0,55m \quad (102)$$

$$2 \cdot 0,3 = 0,6 > 0,55 \quad (103)$$

Por tanto, se trata de una zapata rígida.

9.13.6 Determinación de pesos

Estos pesos son necesarios para realizar las comprobaciones siguientes.

Peso del enano:

$$P_e = \rho_h \cdot a_0 \cdot b_0 \cdot (H - h) = 2500 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,3) = 280kg \quad (104)$$

Peso de la zapata:

$$P_z = \rho_h \cdot a \cdot b \cdot h = 2500 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,3 = 1687,50kg \quad (105)$$

Peso del suelo que gravita sobre la zapata:

$$P_s = \rho_s \cdot a \cdot b \cdot (H - h) - \rho_s \cdot a_0 \cdot b_0 \cdot (H - h) =$$

$$1800 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot (1 - 0,3) - 1800 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,3) = 2633,40kg \quad (106)$$

Sumatorio de todas las fuerzas verticales:

$$\sum N = N + P_e + P_z + P_s = 8200,90kg$$

(107)

9.13.7 Comprobaciones

Se deben realizar tres comprobaciones para asegurar que la zapata funcionará correctamente: a vuelco, a deslizamiento, y de transmisión de tensiones al terreno.

Comprobación a vuelco:

Consiste en que la suma de momentos desestabilizantes no supere los estabilizantes, con un margen de seguridad:

$$\sum M_{desestabilizantes} \cdot \gamma_v \leq \sum M_{estabilizantes}$$

(108)

$$\begin{aligned} \sum M_{desestabilizantes} &= M + V \cdot H = 1560 + 1200 \cdot 1 \\ &= 2760kg \cdot m \end{aligned}$$

(109)

$$\begin{aligned} \sum M_{estabilizantes} &= \sum N \cdot \frac{a}{2} = 8200,90 \cdot \frac{1,5}{2} \\ &= 6150,68kg \cdot m \end{aligned}$$

(110)

$$\sum M_{desestabilizantes} \cdot \gamma_v = 2760 \cdot 2 = 5520 < 6150,68$$

(111)

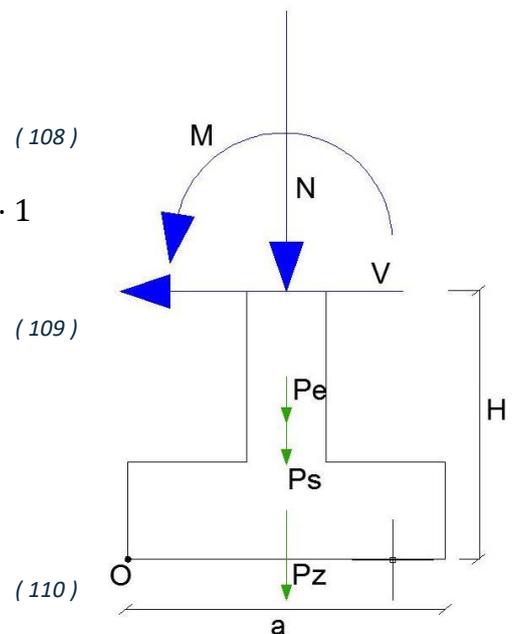


Figura 14: Fuerzas que actúan en el vuelco de la zapata (DIRAC UPV)

Por tanto, se verifica que la zapata no volcará con suficiente margen de seguridad.

Comprobación a deslizamiento:

En esta comprobación se ha de verificar que la zapata no se deslice.

En este caso, la única fuerza que puede provocar deslizamiento es la cortante:

$$\sum F_{desestabilizadoras} \cdot \gamma_d \leq \sum F_{estabilizadoras} \tag{112}$$

La fuerza de rozamiento en la interacción zapata-suelo depende del ángulo de rozamiento.

Según el CTE-DB-SE-C se puede determinar a través del ángulo de rozamiento interno del suelo:

$$\sigma' = \frac{2}{3} \phi' = \frac{2}{3} 28^\circ = 18,667^\circ \tag{113}$$

Por tanto,

$$\sum F_{desestabilizadoras} \cdot \gamma_d = 1200 \cdot 1,5 = 1800kg \tag{114}$$

$$\sum F_{estabilizadoras} = f_{roz} = \sum N \cdot \tan \sigma' = 8200,90 \cdot \tan(18,667) = 2770,53kg$$

$$1800kg < 2770,53kg \tag{115}$$

Por tanto, la zapata cumple esta condición.

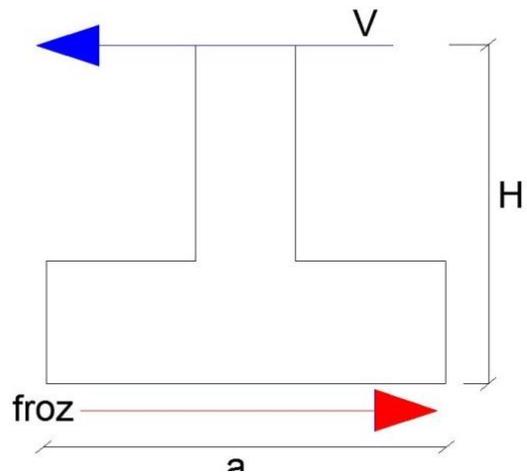


Figura 15: Fuerzas que actúan en el rozamiento de la zapata (DIRAC UPV)

Comprobación de transmisiones al terreno:

Esta comprobación trata de verificar que las tensiones máximas transmitidas entre la base de la zapata y el terreno son inferiores a la admisible.

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$$

(116)

Primero, se ha de comprobar de qué modo se distribuyen las tensiones en la zapata.

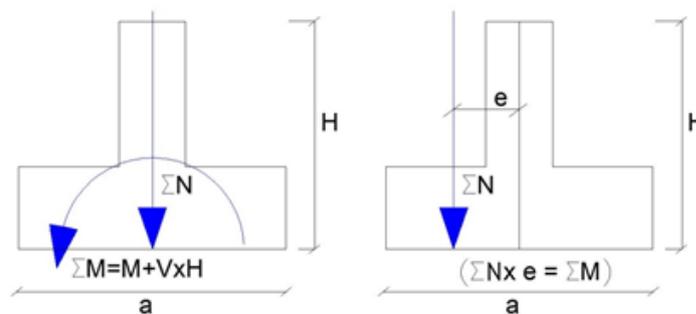


Figura 16: Fuerzas que actúan en la transmisión de tensiones al terreno (DIRAC UPV)

Los esfuerzos, (imagen de la izquierda), se han representado como un sistema equivalente (imagen de la derecha), siendo excentricidad, o la distancia del baricentro de la zapata a la que se aplican las fuerzas.

$$e = \left(\frac{\sum M}{\sum N} \right) = \frac{M + V \cdot H}{P_e + P_z + P_s + N} = 0,3365m \approx 34cm$$

(117)

Esta se compara con la excentricidad obtenida según la posición del núcleo central:

$$0,3365m > \frac{a}{6} = 0,25m$$

(118)

Al ser mayor la excentricidad según las cargas, las tensiones se distribuyen según una distribución triangular.

Por tanto, la tensión máxima toma el siguiente valor:

$$\sigma_{max} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sum N}{3 \cdot (a - 2 \cdot e) \cdot b} = \frac{8200,90}{3 \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,34) \cdot 1,5} = 8815,65 \frac{kg}{m^2} \approx 0,88 \frac{kg}{cm^2} \quad (119)$$

Comparando,

$$\sigma_{max} = 0,88 \frac{kg}{cm^2} \leq 2 \frac{kg}{cm^2} = \sigma_{adm} \quad (120)$$

Por tanto, se cumple la comprobación de transmisión de tensiones al suelo.

9.13.8 Hormigón armado y determinación de la armadura a flexión

Determinación de momentos

Se seguirá el proceso del Código Estructural (CE), según el cálculo rectangular, siguiendo la EHE-08.

Se supone que el vuelo de la zapata se comporta como una viga en voladizo. Según la Instrucción el empotramiento se ha de encontrar en una sección de referencia S_1 , a una distancia igual a $0,15 \cdot a_0$ desde la cara exterior del enano.

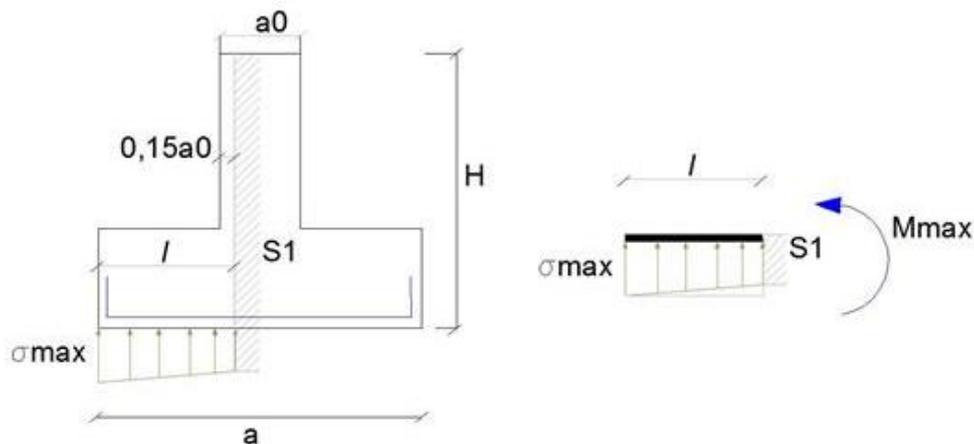


Figura 17: Sección S1 y fuerzas que se le aplican (DIRAC UPV)

Por facilidad de cálculo, y ya que resultará en mayor margen de seguridad, la carga trapezoidal se asimilará como uniformemente repartida.

$$l = v + 0,15 \cdot a_0 = 0,55 + 0,15 \cdot 0,4 = 0,61m \quad (121)$$

El momento en el empotramiento es:

$$M_{max} = \frac{\sigma_{max} \cdot b \cdot l^2}{2} = \frac{8815,65 \cdot 1,5 \cdot 0,61^2}{2} = 2460,23 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (122)$$

$$M * \gamma_{max} = M_{max} \cdot \gamma_g = 1,5 \cdot 2460,23 = 3690,34 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (123)$$

Cálculo de la armadura a flexión

Se realizará según el método simplificado del Anejo 7 de la EHE-08, basado en el método rectangular de distribución de tensiones.

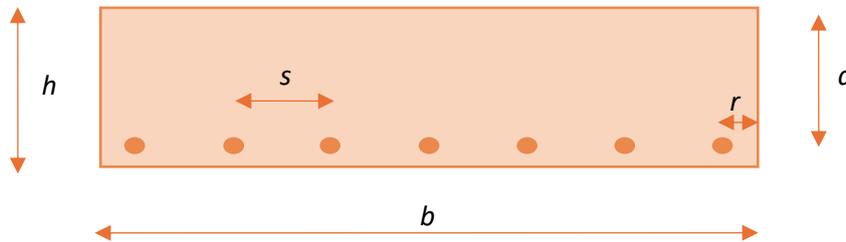


Figura 18: Partes de la armadura de la zapata

Leyenda:

- d: canto útil
- r: recubrimiento
- s: separación
- h: altura de la zapata
- b: lado de la zapata

De acuerdo con la norma, se ha de dejar en las cimentaciones un recubrimiento mecánico mínimo (r) de al menos 5 cm.

$$d = h - r = 0,3\text{m} - 0,05\text{m} = 0,25\text{m} = 25\text{cm} \quad (124)$$

Capacidad mecánica del bloque comprimido de la sección de hormigón:

$$U_0 = 0,85 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,5 \cdot 166,67 = 531250 \text{ kg}$$

(125)

Capacidad mecánica de cálculo de la armadura a tracción:

$$U_s = U_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{max}}{U_0 \cdot d}} \right) = 14972,35kg \approx 14,97Tn$$

(126)

Para armar se ha elegido acero de 12 cm de diámetro, siguiendo las recomendaciones de la Instrucción.

$$U_{s\phi 12} = A_{\phi 12} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} \cdot \frac{5000}{1,15} = 4917,28kg \approx 4,917Tn$$

(127)

A continuación, se calcula el número de barras por cálculo, que se ha de redondear siempre al alza:

$$n_{cal} = \frac{U_s}{U_{s\phi 12}} = \frac{14972,35}{4917,28} = 3,044 \approx 4$$

(128)

Habiendo 4 barras existirán tres huecos entre ellas. Descontando el recubrimiento mecánico lateral, la separación entre los ejes de las barras se calcula de la siguiente forma:

$$s = \frac{b - 2 \cdot r}{n - 1} = \frac{150cm - 2 \cdot 5cm}{3huecos} = 46,67cm$$

(129)

Según la norma, si la separación supera los 30 centímetros, se ha de asumir 30 cm de separación.

Comprobación por cuantías mínimas

Según la Norma, la cuantía geométrica mínima para cimentaciones superficiales en la cara de tracción, en el caso del acero B-500 S, es del 0,9 por mil de la sección de hormigón.

$$A_{smin} = \frac{0,9}{1000} \cdot b \cdot h = \frac{0,9}{1000} \cdot 150cm \cdot 30cm = 4,5cm^2 \quad (130)$$

$$n_{calmin} = \frac{A_{smin}}{A_{\phi 12}} = \frac{4,5}{1,13} = 3,98 \approx 4 \quad (131)$$

Como según las dos definiciones da el mismo número de barras, será 4 el número de barras que forme la armadura de la cimentación, siendo de $\phi 12$ mm a 30x30 cm.

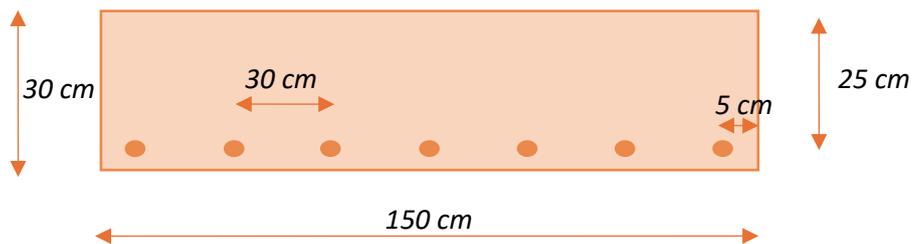


Figura 19: Medidas de la armadura de la zapata

10 BIBLIOGRAFÍA

- Anthony, B., & Minas, I. (2021). Optimizing peach tree canopy architecture for efficient light use, increased productivity and improved fruit quality. *Agronomy* , 11:1961.
- Arviza, J. (2007). Valencia.
- Arviza, J. (2017). DisAgro. València: UPV.
- Arviza, J. (2020). RGWin. Valencia: UPV.
- Brunner, T. (1990). *Physiological Fruit Tree Training for Intensive Growing*. Budapest: Akaeidai Kiado es Nyomda.
- CAECV. (2024). *Comité de Agricultura Ecológica Comunidad Valenciana* . Retrieved from <https://www.caecv.com/normativa/>
- CAECV. (n.d.). CAECV. Retrieved from <https://www.caecv.com/produccion-agraria/>
- Chalmers, D., den Ende, B., & van Heek, L. (1978). Productivity and mechanization of the Tatura Trellis orchard. *HortScience*, 13, 517-521.
- COAG. (2024). *Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos (COAG)*. Retrieved from <https://coag.org/post/ipod-indice-de-precios-en-origen-y-destino-de-los-alimentos-122677>
- DIRAC UPV. (n.d.). Valencia: Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Unidad Didáctica de Construcción.
- FAO. (n.d.). *FAO 56*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Fruit-tec GmbH. (n.d.). Retrieved from <https://fruit-tec.de/en/202200-2>
- GVA. (2024). *Precios Agrarios*. Retrieved from <https://portalagrari.gva.es/es/pye/precios-agrarios>
- Iglesias, I., & Echeverría, G. (2021). Overview of peach industry in the European Union with special reference to Spain. *Acta Horticulturae* 1304, 163–176.
- Iglesias, I., & Echeverría, G. (2022). Current situation trends and challenges for efficient and sustainable peach production. p. 110899.
- INIA. (2014, Septiembre). MANUAL DEL DURAZNERO. La planta y la cosecha. *Boletín de Divulgación N° 108.*, p. 219.
- Junta de Andalucía. (n.d.). [juntadeandalucia.es](https://www.juntadeandalucia.es). Retrieved from <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/areas/agricultura/sostenibilidad/paginas/sistemas-produccion-sostenibles-produccion-integrada.html>
- López Cortés, I. (2023). *Apuntes de asignatura de Fruticultura*. UPV.
- MAGNA 50, hoja 795. (n.d.).
- Manganaris, C. . (2022). *Peach*. CABI.
- MAPA. (2012). *Investigación de métodos compatibles con la agricultura ecológica para el control del "Gusano cabezudo" (Capnodis tenebrionis (Linnaeus, 1758))*. Retrieved from

https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/publicaciones/Investigaci%C3%B3n%20Metodos%20compatibles%20AE%20control%20gusano%20cabezudo_tcm30-79373.pdf

MAPA. (2023). *Capítulo 3 (Distribución general del suelo según usos y aprovechamientos) y Capítulo 7 (Superficies y producciones de cultivos)*. Retrieved from <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadistica-digital/powerbi-cultivos.aspx>

MAPA. (2024). *Precios Coyunturales de los Productos Agrícolas*. Retrieved from <https://servicio.mapa.gob.es/en/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/precios-coyunturales-prod-agricolas/#ancla1>

MAPAMA. (n.d.). *Informe interactivo ECREA*. Retrieved from <https://preservicio.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/financiacion-fiscalidad-estudio-costes/ecrea/powerbi-ECREA.aspx>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación . (n.d.). Retrieved from <https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/catalog.search#/metadata/3a653d34-fbe4-4249-837a-e1c2c8278f61>

REGABER. (2023). Retrieved from <https://regaber.com/download/gu-g9-144-uniram-16-90-16-100-y-16-120/>

Rubio Cebolla, M. d. (2016). *Diseño de infraestructuras ecológicas en una finca de cítricos en la ribera (Valencia)*. València: UPV. Retrieved from UPV: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71797/RUBIO%20%20Dise%C3%B1o%20de%20infraestructuras%20ecol%C3%B3gicas%20en%20una%20finca%20de%20c%C3%ADtricos%20en%20la%20Ribera%20%28Valencia%29.pdf>

SE-AE. (n.d.).

VIMAR EQUIPOS S.L. (n.d.). Retrieved from <https://vimarequipos.com/catalogo/>

11 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos climáticos.....	1
Tabla 2: Datos para clasificación climática	1
Tabla 3: Zonas climáticas según Lang (FAO).....	2
Tabla 4: Zonas climáticas según Martonne (FAO)	2
Tabla 5: Zonas climáticas según Dantin-Revenga (FAO)	2
Tabla 6: Clasificación climática	3
Tabla 7: Horizontes de la parcela	4
Tabla 8: Datos adicionales para cálculo de evapotranspiración.....	6
Tabla 9: Evapotranspiración del cultivo.....	7
Tabla 10: Datos para el cálculo de las necesidades brutas	7
Tabla 11: Necesidades brutas de riego	9
Tabla 12: Elementos previos al diseño agronómico.....	15
Tabla 13: Características del emisor.....	16
Tabla 14: posibilidades de elección de emisor y tuberías	17
Tabla 15: Intervalos y tiempos de riego	19
Tabla 16: resultados de sectorización	20
Tabla 17: Características de la tubería (REGABER, 2023).....	21
Tabla 18: Resultados de subunidades	26
Tabla 19: mediciones de subunidades	26
Tabla 20: Datos de partida para la red de transporte	27
Tabla 21: Otros datos de partida para la red de transporte.....	27
Tabla 22: datos topológicos de la red de distribución	30
Tabla 23: Resultados de la red de distribución	31
Tabla 24: Mediciones de la red	32
Tabla 25: Dimensiones de la nave.....	43
Tabla 26: Propiedades del acero de edificación.....	44
Tabla 27: Propiedades del hormigón de cimentación.....	44
Tabla 28: Propiedades del acero de cimentación	45
Tabla 29: Propiedades mecánicas del suelo.....	45
Tabla 30: Acciones constantes	46
Tabla 31: Acciones variables	48
Tabla 32: Coeficientes de mayoración de acciones.....	49
Tabla 33: Propiedades IPE-100 (SE-AE)	51
Tabla 34: Comprobación de las correas	51
Tabla 35: Resultados de los axiles de la cercha.....	55
Tabla 36: características del perfil de la cercha.....	56
Tabla 37: Resultados comprobaciones de barras.....	58
Tabla 38: Características del perfil del pilar	59
Tabla 39: Características del perfil del pilar del muro hastial	64
Tabla 40: Características del perfil elegido para el dintel	68
Tabla 41: Características del suelo	70
Tabla 42: Coeficientes de la zopata.....	70
Tabla 43: Diseño propuesto de la zapata	71

12 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Prontuario de longitudes máximas de laterales (REGABER, 2023)	18
Figura 2: Poda de formación de la variedad temprana, modificado de (Manganaris, 2022).....	36
Figura 3: Poda de formación de la variedad temprana, modificado de (Manganaris, 2022).....	37
Figura 4: Poda de invierno. Adaptado de (Brunner, 1990).....	39
Figura 6: Sobrecarga de uso (SE-AE).....	47
Figura 7: Zonas climáticas de invierno en España (SE-AE)	48
Figura 8: Sobrecarga de nieve en terreno horizontal (SE-AE)	48
Figura 9: Distribución de fuerzas en la cercha (DIRAC UPV)	52
Figura 10: Diagrama nudo 1 de la cercha.....	53
Figura 11: Diagrama nudo 10 de la cercha.....	54
Figura 12: Resultados del programa SAP2000	55
Figura 13: Esquema de una zapata (DIRAC UPV)	71
Figura 14: tipos de zapata (DIRAC UPV)	71
Figura 15: Fuerzas que actúan en el vuelco de la zapata (DIRAC UPV).....	73
Figura 16: Fuerzas que actúan en el rozamiento de la zapata (DIRAC UPV)	74
Figura 17: Fuerzas que actúan en la transmisión de tensiones al terreno (DIRAC UPV)	75
Figura 18: Sección S1 y fuerzas que se le aplican (DIRAC UPV)	76
Figura 19: Partes de la armadura de la zapata	77
Figura 20: Medidas de la armadura de la zapata	79

Documento 3: Planos