TRABAJO DE FIN DE GRADO

INGENIERÍA AGRÍCOLA Y AGROAMBIENTAL

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)

Promotor:

Sabor a Norte S.L.

CIF: B74434614

Representante: D. Imanol Miguez Cano

Técnico redactor:

D. Darío Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola y Ambiental

Fecha:

Junio de 2026

ÍNDICE GENERAL

I. Memoria.

II. Anejos a la Memoria y Anejos Documentales.

III. Planos.

IV. Pliego de Condiciones.

V. Presupuesto.

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. **Encargo y Objeto de la Transformación.** ***(pg. 3)***
   1.1. Encargo. *(pg. 3)*
   1.2. Naturaleza de la transformación. *(pg. 3)*
2. **Antecedentes.** ***(pg. 5)***
3. **Bases del Proyecto.** ***(Pg. 7)***
   3.1. Directrices del proyecto. *(pg. 7)*
   3.2. Condicionantes del proyecto. *(pg. 9)*
4. **Alternativas.** ***(pg. 14)***
   4.1. Identificación. *(pg. 14)*
   4.2. Restricciones y efectos. *(pg. 15)*
   4.3. Evaluación de alternativas. *(pg. 17)*
   4.4. Elección de la alternativa. *(pg. 19)*
5. **Ingeniería del Proyecto**. ***(pg. 20)***
   5.1. Sistema estructural del invernadero. *(pg. 20)*
   5.2. Sistema de riego y fertirrigación. *(pg. 22)*
   5.3. Instalación eléctrica y automatización. *(pg. 25)*
   5.4. Criterios de manejo agronómico de la explotación *(pg. 27)*
6. **Programación de Ejecución del Proyecto.** ***(pg. 29)***
7. **Informe Ambiental.** ***(pg. 32)***
8. **Presupuesto del Proyecto.** ***(Pg. 33)***
9. **Estudio de Viabilidad Económica.** ***(Pg. 34)***
10. **Firma del Proyecto**. ***(Pg. 36)***

1. ENCARGO Y OBJETO DE LA TRANSFORMACIÓN

1.1. Encargo

La entidad mercantil Sabor a Norte S.L., con NIF B74434614 y domicilio social en Calle Rivas nº 213, 39190 Ajo (Cantabria), representada por su administrador D. Imanol Miguez Cano, encarga al Ingeniero Agrícola D. Darío Vara Lana, alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y Agroambiental del centro INEA - Universidad Pontificia de Comillas, la redacción del presente proyecto técnico.

El encargo tiene por objeto definir, dimensionar y justificar técnica y económicamente las actuaciones necesarias para la implantación de una nueva unidad de producción agrícola basada en el cultivo hidropónico de tomate en invernadero, incluyendo la estructura de protección, el sistema de riego y fertirrigación, la instalación fotovoltaica aislada para el suministro eléctrico, la instalación eléctrica asociada, el sistema de automatización y las infraestructuras auxiliares necesarias para su funcionamiento.

La documentación desarrollada comprende la Memoria, los Planos, el Pliego de Condiciones, el Presupuesto y los Anejos, en los que se recogen los cálculos, estudios y criterios técnicos que fundamentan la solución adoptada.

1.2. Naturaleza de la transformación

El presente proyecto tiene por objeto la implantación de un nuevo invernadero multicapilla modelo doceochenta destinado al cultivo hidropónico de tomate rosa injertado sobre portainjerto Maxifort F1, incluyendo las instalaciones de riego y fertirrigación, automatización, suministro energético e infraestructuras auxiliares necesarias para su funcionamiento.

La actuación proyectada constituye una ampliación y modernización de la actividad agrícola actualmente desarrollada por Sabor a Norte S.L., dedicada a la producción y comercialización de tomate rosa fresco bajo marca propia. La nueva instalación se plantea sobre las parcelas 112 y 113 del polígono 4 del término municipal de Bareyo, en la localidad de Ajo, con referencias catastrales 39011A004001120000HU y 39011A004001130000HH. Ambas parcelas presentan una superficie individual de 0,6005 ha, resultando una superficie conjunta de 1,2010 ha, equivalente a 12.010 m^2.

La geometría de implantación del invernadero se adapta a la configuración de las parcelas disponibles, adoptándose una orientación noreste-suroeste. El replanteo de la instalación queda definido en el Plano de Replanteo mediante los vértices de coordenadas UTM ETRS89 Huso 30N correspondientes:

Tabla 1. Centro de Coordenadas UTM de la instalación proyectada.

	X	Y
Punto 1:	450321,456	4815135,102
Punto 2:	450368,684	4815104,542
Punto 3:	450419,087	4815189,870
Punto 4:	450371,065	4815219,636

La localización general de la actuación se recoge en los Planos de Localización I y II.

La instalación proyectada está constituida por un invernadero multicapilla de cuatro capillas adosadas de 12,80 m de anchura y 99,00 m de longitud. La superficie ocupada por la estructura principal asciende a 5.068,8 m^2, mientras que la superficie total construida, incluyendo balcones laterales, alcanza 5.563,8 m^2. La superficie útil destinada al cultivo es de 4.864 m^2.

El sistema productivo se basa en el cultivo hidropónico sobre perlita expandida como sustrato inerte, con 2.280 sacos de cultivo de 15 L y una plantación de 5.067 plantas conducidas a dos guías, alcanzando 10.134 cabezas productivas y una densidad media de 2,1 cabezas/m^2.

La transformación permitirá incrementar la capacidad productiva de la explotación, ampliar la superficie destinada al cultivo de tomate rosa de calidad diferenciada y avanzar hacia un sistema de producción más tecnificado, basado en el control preciso del riego, la fertirrigación y el manejo del cultivo. Asimismo, permitirá aprovechar infraestructuras ya existentes en la explotación, entre ellas el pozo de abastecimiento, la caseta auxiliar y el canal comercial consolidado para la venta de la producción.

2. ANTECEDENTES

La sociedad Sabor a Norte S.L. desarrolla actualmente una actividad hortícola profesional en el municipio de Bareyo, centrada en la producción y comercialización de tomate rosa fresco bajo marca propia. La explotación dispone de instalaciones de cultivo protegido en una finca colindante, correspondiente a la parcela 49 del polígono 4, donde ya se desarrolla actividad productiva y se cuenta con infraestructuras de apoyo para el riego, almacenamiento y gestión de la explotación.

El proyecto surge de la necesidad de ampliar la capacidad productiva de la empresa mediante la implantación de una nueva unidad de cultivo protegido, manteniendo la especialización en tomate rosa y aprovechando la experiencia previa del promotor en el manejo de cultivos bajo invernadero, fertirrigación y comercialización directa de producto fresco.

Para la elaboración del proyecto se ha realizado una recopilación y análisis de información territorial, agronómica, climática, hidráulica, estructural y económica. La delimitación de las parcelas objeto de actuación y la elaboración de los planos de localización se han realizado a partir de la información obtenida del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y de las ortofotografías disponibles en el visor cartográfico del Gobierno de Cantabria, tratadas posteriormente mediante software QGIS para su incorporación a la documentación gráfica del proyecto.

La implantación exacta del invernadero se define en el Plano de Replanteo, donde se recogen las coordenadas UTM de los vértices principales y su posición dentro de las parcelas afectadas. Este plano constituye la base gráfica para la localización de la estructura, las conducciones principales y la relación de la nueva instalación con la explotación existente.

Como base para el diseño hidráulico y nutricional se ha empleado el análisis fisicoquímico del agua procedente del pozo existente, realizado por Fitosoil Laboratorios S.L.U, recogido en el Anejo de Recomendaciones durante el Proceso de Explotación. Los resultados obtenidos, entre ellos una conductividad eléctrica de 0,640 mS/cm, pH de 7,26, contenido en bicarbonatos de 289 mg/L y concentración de calcio de 70,9 mg/L, han sido considerados en el diseño del sistema de riego, fertirrigación y corrección de pH.

La caracterización climática de la zona se ha realizado mediante datos procedentes de CLIMWAT y CROPWAT de la FAO, tomando como referencia la estación meteorológica de Santander. Estos datos han servido para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo y para el dimensionamiento del sistema de riego, desarrollado en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación.

Para el diseño estructural del invernadero se han considerado los criterios establecidos en la UNE-EN 13031-1:2020, relativa al proyecto y construcción de invernaderos para producción comercial, así como documentación técnica

específica sobre cálculo de invernaderos multicapilla comerciales. Las hipótesis de carga, criterios de comprobación y resultados estructurales se desarrollan en el Anejo de Análisis y Justificación Estructural del Invernadero.

Asimismo, para la definición agronómica del cultivo se han consultado referencias técnicas sobre tomate rosa en Cantabria, trabajos de investigación de la Universitat Politècnica de València y del COMAV-UPV, así como documentación del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación relativa a explotaciones comerciales de tomate fresco. Estas referencias han permitido contrastar los criterios de producción adoptados en el proyecto y fundamentar la hipótesis productiva considerada en el estudio económico.

3. BASES DEL PROYECTO

3.1. Directrices del proyecto

Las directrices del presente proyecto vienen determinadas por la necesidad de ampliar y tecnificar la actividad hortícola desarrollada por **Sabor a Norte S.L.**, manteniendo como eje productivo el cultivo de tomate rosa fresco bajo invernadero y aprovechando la experiencia previa del promotor en este tipo de producción.

3.1.1. Finalidad del proyecto

La finalidad del proyecto es definir técnica y económicamente una nueva unidad de producción basada en un invernadero multicapilla destinado al cultivo hidropónico de tomate rosa, con sistema de riego, fertirrigación, automatización y suministro energético propio.

La actuación proyectada pretende incrementar la superficie productiva de la explotación, pasando de un modelo basado principalmente en cultivo protegido sobre suelo a una instalación hidropónica sobre perlita, con mayor control sobre el aporte hídrico y nutricional del cultivo. Con ello se busca aumentar la regularidad productiva, reducir problemas asociados al suelo y mejorar la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes.

La nueva instalación se dimensiona para una superficie útil de cultivo de 4.864 m^2, con 5.067 plantas conducidas a dos guías, lo que supone 10.134 cabezas productivas y una densidad media de 2,1 cabezas/m^2. La producción objetivo considerada es de 15 kg/m^2 de tomate ya seleccionado, equivalente a 72.960 kg/año de tomate rosa comercializable.

3.1.2. Condicionantes del promotor

El promotor establece como condicionante principal que la actuación se implante en las parcelas 112 y 113 del polígono 4 del término municipal de Bareyo, en la localidad de Ajo, junto a la explotación actualmente en funcionamiento ubicada en el recinto 6 de la parcela 49 del polígono 4. Esta ubicación permite aprovechar la experiencia productiva previa, la caseta existente para ubicar el cabezal de riego y la instalación eléctrica próxima al pozo de abastecimiento de agua ya utilizado por la explotación.

Asimismo, el proyecto debe mantener la especialización comercial de la empresa en tomate rosa, producido bajo la marca propia “Tomate Rosa Sabor a Norte”, y orientado al suministro directo a Lupa Supermercados, cliente actual del promotor. La nueva instalación debe permitir aumentar el volumen disponible sin modificar la orientación comercial principal de la explotación.

Otro condicionante relevante es que el sistema diseñado resulte asumible desde el punto de vista técnico y de manejo por el promotor, teniendo en cuenta su experiencia previa en cultivo protegido y la previsión de reorganización de la mano de obra de la explotación. Actualmente trabajan en la explotación los socios de la sociedad, previéndose la contratación de dos trabajadores para el manejo de las instalaciones existentes, mientras los socios concentran su actividad en el nuevo invernadero hidropónico.

Desde el punto de vista económico, el proyecto debe mantenerse dentro del presupuesto previsto, cuyo Presupuesto de Ejecución por Contrata sin IVA asciende a 222.737,68 €, y justificar su viabilidad mediante el correspondiente estudio económico. La evaluación realizada en el Anejo de Estudio de Viabilidad Económica obtiene un VAN de 112.354,35 €, una TIR del 22 %, un VAE de 10.247,10 € y un plazo de recuperación de 2,76 años para la aportación propia de los socios, por lo que la inversión se considera compatible con los objetivos del promotor.

3.1.3. Criterios de valor

Como criterios de valor del proyecto se consideran prioritarios la viabilidad técnica de la solución, la eficiencia agronómica del sistema de cultivo, la integración con la explotación existente y la coherencia económica de la inversión.

Durante la preparación previa de las parcelas se estableció como requisito una pendiente uniforme comprendida entre el 0,5 % y el 1 % en dirección norte a cargo del Promotor, favoreciendo la recogida gravitatoria del drenaje procedente de las canaletas de cultivo y evitando la aparición de zonas de encharcamiento o estancamiento de la solución nutritiva.

Desde el punto de vista técnico, se valora la adopción de un invernadero multicapilla de cuatro capillas de 12,80 m, por su adaptación a la geometría disponible, su mayor volumen interior y su aptitud para el cultivo de tomate entutorado. La ventilación cenital tipo mariposa, con una apertura de 4 m entre hojas de ventana, la altura a canal de 4,5 m y la disposición noreste-suroeste de la instalación permiten mejorar la renovación de aire y el control térmico del cultivo. La capacidad de canalizar el agua de lluvia hasta el frente de evacuación y la robustez estructural son también aspectos de especial importancia para el promotor.

Desde el punto de vista agronómico, se considera favorable el empleo de perlita como sustrato inerte, al permitir un control preciso de la solución nutritiva, una buena aireación radicular y una reducción de los problemas derivados del cultivo continuado en suelo. Este criterio resulta especialmente importante al tratarse de una explotación especializada en tomate, donde la repetición del cultivo puede favorecer la aparición de problemas radiculares, nematodos y enfermedades de suelo.

Desde el punto de vista ambiental y de recursos, se valora positivamente el aprovechamiento del pozo existente y la incorporación de un sistema de riego y

fertirrigación automatizado, orientado a ajustar los aportes de agua y nutrientes a las necesidades reales del cultivo. Por otro lado, el promotor tiene especial interés en recolectar el drenaje de la solución nutritiva para su suministro en la fertirrigación de otros cultivos de la propiedad. Asimismo, la instalación fotovoltaica aislada permite cubrir los consumos eléctricos asociados al sistema de riego y control sin necesidad de una nueva acometida eléctrica.

Por último, desde el punto de vista comercial, se considera especialmente favorable que la producción prevista cuente con un canal de salida ya consolidado, manteniendo el suministro directo a Lupa Supermercados bajo la marca propia del promotor. Esta circunstancia reduce la incertidumbre comercial del proyecto y refuerza la coherencia de la ampliación planteada.

3.2. Condicionantes del proyecto

3.2.1. Condicionantes climáticos

El emplazamiento se sitúa en Ajo, término municipal de Bareyo (Cantabria), dentro del dominio climático atlántico costero, caracterizado por temperaturas moderadas, elevada humedad relativa y precipitaciones repartidas a lo largo del año.

Los datos climáticos utilizados para el dimensionamiento proceden de la estación meteorológica de Santander, obtenidos mediante FAO CLIMWAT y CROPWAT, y se desarrollan en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación. La temperatura media anual se sitúa en torno a 13,9 °C, con valores medios mensuales comprendidos entre 9,3 °C en invierno y 19,1 °C en verano. La humedad relativa media se mantiene elevada, entre el 75 % y el 81 %, con un valor medio anual próximo al 78 %.

La evapotranspiración de referencia presenta valores moderados, con un máximo de 3,18 mm/día en julio y una media anual de 2,11 mm/día. Estas condiciones permiten desarrollar el cultivo de tomate bajo invernadero con necesidades hídricas contenidas, aunque la elevada humedad ambiental exige prestar especial atención a la ventilación y a la reducción de condensaciones.

La pluviometría media anual, próxima a 1.250 mm, favorece la recarga natural del pozo existente y mejora la disponibilidad hídrica de la explotación. No obstante, la frecuencia de lluvias y la humedad propia de la cornisa cantábrica justifican la elección de una estructura de gran volumen interior, con altura suficiente y ventilación cenital amplia, reduciendo el riesgo de enfermedades criptogámicas y mejorando la renovación de aire.

3.2.2. Condicionantes topográficos

Las parcelas objeto de actuación se sitúan sobre una ladera suave en el barrio de Lurcia, localidad de Ajo, tomando como referencia el centro de coordenadas UTM ETRS89 Huso 30N X = 450.398 m e Y = 4.815.150 m, tal como se recoge en el Plano de Replanteo.

Según la información obtenida del SIGPAC y los trabajos previos de replanteo, las parcelas presentan pendientes medias comprendidas entre el 11,4 % y el 15,0 %. Para la implantación del invernadero, el promotor realizó previamente una nivelación superficial de la zona de actuación, estableciéndose una pendiente uniforme comprendida entre el 0,5 % y el 1 % en dirección norte. Durante el replanteo se verificó mediante nivelación láser una pendiente del 0,956 %, compatible con el funcionamiento previsto.

Dicha pendiente permite favorecer la recogida gravitatoria de los drenajes procedentes de las canaletas de cultivo, evitar acumulaciones de solución nutritiva y facilitar su posterior aprovechamiento en otros cultivos de la explotación. La orientación general del invernadero se dispone en dirección noreste-suroeste, adaptándose a la geometría de las parcelas y al replanteo definido en la documentación gráfica.

3.2.3. Condicionantes edafológicos

Las parcelas se localizan sobre terrenos de uso agrario, clasificados cartográficamente como Cambisoles dístricos, con aptitud para actividades agrícolas y ganaderas. La información edafológica disponible indica suelos con profundidad suficiente, textura franco-arcillosa y adecuada capacidad de retención de agua y nutrientes.

Los análisis realizados muestran un contenido de materia orgánica elevado, próximo al 7,25 %, y un pH de 6,7, considerado ligeramente ácido y adecuado para uso agrícola. Desde el punto de vista nutricional, se observan niveles favorables de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

No obstante, dado que el sistema productivo proyectado se basa en cultivo hidropónico sobre perlita, las características químicas del suelo no condicionan directamente la nutrición del tomate. Su importancia en el proyecto se relaciona principalmente con la aptitud general del terreno para la implantación agrícola, la estabilidad superficial y la gestión de drenajes y aguas pluviales.

3.2.4. Condicionantes hídricos

El abastecimiento de agua previsto se realizará mediante el pozo existente en la explotación del promotor, evitando la ejecución de nuevas captaciones y aprovechando una infraestructura ya operativa. Desde este punto se alimentará el depósito de regulación, el cabezal de riego y el sistema de fertirrigación proyectado.

La captación existente corresponde a un sondeo autorizado para aprovechamiento de agua subterránea, ejecutado en la parcela 49, colindante con la explotación. Según la memoria descriptiva de ejecución, el sondeo alcanza 90 m de profundidad, interceptando el acuífero a unos 66 m, y presenta un caudal normal aproximado de 8.000 L/h.

La elevada pluviometría de la zona, próxima a 1.250 mm/año, favorece la recarga natural del subsuelo y la sostenibilidad de la captación existente. Además, las aguas pluviales recogidas por la cubierta del invernadero serán evacuadas mediante bajantes e infiltradas en el entorno de la instalación.

El proyecto contempla también la recogida del drenaje procedente del cultivo hidropónico mediante canaletas, evitando el vertido directo de solución nutritiva al terreno. Este drenaje podrá aprovecharse posteriormente en otros cultivos de la explotación, reduciendo pérdidas de agua y fertilizantes.

3.2.5. Condicionantes de infraestructuras y servicios

Las parcelas disponen de acceso rodado desde la calle Pedro de Llabad, conectada con la carretera autonómica CA-446, lo que permite la entrada de maquinaria, materiales y vehículos de transporte sin necesidad de ejecutar nuevos accesos.

La proximidad de la explotación existente permite aprovechar infraestructuras ya disponibles, especialmente el pozo, la caseta técnica y parte de los medios auxiliares asociados al riego y al manejo de la explotación. Esta circunstancia reduce la necesidad de nuevas edificaciones e instalaciones independientes.

Desde el punto de vista logístico, el centro de distribución de Lupa Supermercados en Marina de Cudeyo se sitúa a unos 19,6 km de la explotación, a través de las carreteras CA-141 y CA-146. Esta proximidad favorece la comercialización de tomate fresco, reduciendo tiempos de transporte entre recolección y entrega.

3.2.6. Condicionantes agronómicos

La explotación existente está especializada en la producción de tomate rosa bajo invernadero, comercializado bajo la marca propia “Tomate Rosa Sabor a Norte”. Actualmente el cultivo se realiza en suelo, con rendimientos medios próximos a 11 kg/m^2 de superficie útil.

La ampliación proyectada mantiene la misma orientación varietal y comercial, pero introduce un sistema hidropónico sobre perlita para mejorar el control del riego y la nutrición, reducir la dependencia del suelo y limitar los problemas asociados al cultivo continuado de tomate, como enfermedades radiculares, fatiga del suelo y falta de uniformidad.

Se adopta tomate rosa injertado sobre portainjerto Maxifort F1, por su vigor radicular y su utilización habitual en ciclos largos de tomate profesional. La

instalación se dimensiona para 5.067 plantas conducidas a dos guías, alcanzando 10.134 cabezas productivas y una densidad de 2,1 cabezas/m^2. La producción objetivo considerada es de 15 kg/m^2 de producto seleccionado, equivalente a 72.960 kg/año de tomate comercializable.

3.2.7. Condicionantes ambientales

La actuación se desarrolla sobre terrenos de uso agrario, clasificados como pastizal antropizado, sin afección a masas forestales, hábitats de interés comunitario ni espacios naturales protegidos. Las parcelas no se encuentran incluidas en Red Natura 2000 ni afectan a ZEC, ZEPA u otras figuras de protección ambiental.

El principal condicionante ambiental del proyecto se relaciona con la gestión eficiente del agua, los fertilizantes y los residuos generados por el sistema de cultivo. Por ello, la solución proyectada incorpora riego localizado, fertirrigación controlada, recogida de drenajes y aprovechamiento posterior de la solución drenada en otros cultivos de la explotación.

La utilización del pozo existente evita nuevas captaciones, mientras que el sistema fotovoltaico aislado permite alimentar el sistema de riego y control sin necesidad de acometida eléctrica exterior. Las medidas preventivas y correctoras se desarrollan en el Anejo de Informe Ambiental.

3.2.8. Condicionantes urbanísticos y de ordenación territorial

Los terrenos objeto de actuación corresponden a las parcelas 112 y 113 del polígono 4 del término municipal de Bareyo, con una superficie conjunta de 12.010 m^2. Según SIGPAC, ambos recintos se clasifican como pastizal, mientras que la cartografía temática del Gobierno de Cantabria los identifica como pastizal antropizado, uso coherente con el carácter agrario del entorno.

De acuerdo con la información urbanística disponible, las parcelas se encuentran clasificadas como Suelo Rústico de Protección Ordinaria. Esta categoría admite usos vinculados al medio rural, entre ellos construcciones e instalaciones relacionadas con explotaciones agrícolas y ganaderas, siempre que se tramite la autorización correspondiente.

El proyecto se plantea como ampliación de una explotación agrícola ya existente en el entorno inmediato, circunstancia que refuerza su integración funcional y territorial. La compatibilidad urbanística y la tramitación administrativa deberán formalizarse ante el Ayuntamiento de Bareyo y, en su caso, ante la CROTU, conforme a la normativa urbanística aplicable.

3.2.9. Condicionantes comerciales

La producción obtenida se destinará a la comercialización bajo la marca propia "Tomate Rosa Sabor a Norte", especializada en tomate rosa fresco de calidad diferenciada.

El promotor mantiene una relación comercial consolidada con Lupa Supermercados, empresa que absorbe la producción actual de la explotación. La ampliación proyectada responde a la necesidad de incrementar el volumen disponible manteniendo el mismo canal de venta.

La proximidad del centro logístico de Marina de Cudeyo, situado a unos 19,6 km, permite reducir tiempos de distribución y facilita la entrega rápida de producto fresco, aspecto especialmente relevante en un cultivo hortícola de calidad orientado al mercado de proximidad.

3.2.10. Condicionantes legales

La actuación proyectada deberá tramitarse conforme al régimen aplicable al Suelo Rústico de Protección Ordinaria del municipio de Bareyo. De acuerdo con el PGOU, esta categoría comprende terrenos vinculados al espacio agrario y ganadero, admitiéndose la agricultura de invernadero dentro de los usos compatibles.

Con carácter previo a la ejecución de las obras, el promotor deberá solicitar la correspondiente cédula urbanística y tramitar la licencia municipal de obras ante el Ayuntamiento de Bareyo. Al tratarse de una construcción en suelo rústico, el expediente podrá requerir intervención de la Comisión Regional de Ordenación del Territorio y Urbanismo de Cantabria, conforme a la Ley de Cantabria 2/2001 y sus modificaciones.

Desde el punto de vista técnico, el diseño del invernadero, la instalación eléctrica, el sistema fotovoltaico, las conducciones hidráulicas y la ejecución de las obras se ajustan a la normativa específica desarrollada en los correspondientes anejos técnicos y en el Pliego de Condiciones. Entre las referencias principales se encuentran la UNE-EN 13031-1:2020 para invernaderos comerciales, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las normas UNE aplicables a conducciones a presión y la normativa de seguridad y salud en obras de construcción.

4. ALTERNATIVAS

Con objeto de justificar la solución finalmente adoptada, se han analizado distintas alternativas técnicas para los principales elementos que condicionan el funcionamiento y la viabilidad de la explotación. El estudio se ha centrado en tres aspectos fundamentales del proyecto: la tipología estructural del invernadero, el sistema de cultivo y fertirrigación y el sistema de suministro energético.

4.1 Identificación

Tipología del Invernadero

La estructura de protección constituye el elemento principal de la instalación proyectada, condicionando aspectos tan relevantes como la ventilación natural, la altura de dispersión de la luz, el volumen de aire interior, el comportamiento frente a las acciones climáticas y la productividad potencial del cultivo.

Tabla 2. Alternativas en la tipología del invernadero.

Alternativa	Descripción
A1	Multitúnel 12.80 m, altura a canal 4.5 m, ventilación cenital mariposa.
A2	Multicapilla románico 8 m, altura a canal 2.5 m, ventilación a la canal.
A3	Multitúnel gótico 9.6 m, altura a la canal 3.5 m, ventilación cenital simple.

Sistema de Cultivo y Fertilización

La explotación desarrolla actualmente el cultivo de tomate en suelo, si bien el objetivo de la actuación proyectada es avanzar hacia sistemas de producción más tecnificados que permitan un mayor control de la nutrición y del riego.

Tabla 3. Alternativas en el sistema de cultivo y fertilización.

Alternativa	Descripción
B1	Cultivo en suelo con abonado de fondo y cobertura
B2	Cultivo hidropónico sobre perlita con fertirrigación automatizada mediante PLC
B3	Cultivo hidropónico avanzado con equipos comerciales de dosificación integral tipo Ritec/Inta/Priva

Sistema Energético

El funcionamiento de la instalación requiere suministro eléctrico para el sistema de bombeo, fertirrigación y automatización. Dado que la parcela no dispone de acometida eléctrica propia en el punto de implantación del nuevo invernadero, se han considerado diversas alternativas de abastecimiento energético susceptibles de cubrir las necesidades de la explotación.

Tabla 4. Alternativas en el sistema energético.

Alternativa	Descripción
C1	Grupo electrógeno
C2	Instalación fotovoltaica aislada con baterías
C3	Conexión a red eléctrica

4.2 Restricciones y Efectos

Las alternativas consideradas en el presente proyecto no se plantean de forma aislada, sino condicionadas por las características propias de la explotación, los objetivos fijados por el promotor y las limitaciones derivadas del emplazamiento.

Tabla 5. Restricciones y Efectos que condicionan la elección de las alternativas.

Restricciones y Condicionantes	Efectos y Prioridades
Humedad relativa media anual elevada (75-80 %).	Prioridad por soluciones con elevada capacidad de ventilación natural para reducir condensaciones y presión de enfermedades fúngicas.
Necesidad de mantener temperaturas adecuadas durante el ciclo de cultivo del tomate.	Favorece estructuras con mayor volumen de aire interior y mejor amortiguación térmica.
Cultivo entutorado a gran altura (dos guías).	Requiere una altura suficiente a canal para facilitar el desarrollo vegetativo y las labores de cultivo.
Parcela con superficie limitada y geometría definida	Favorece configuraciones con mejor aprovechamiento de la superficie útil disponible.
Exposición a viento y temporales propios del litoral cantábrico.	Exige estructuras con adecuada resistencia mecánica y estabilidad frente a acciones climáticas.
Objetivo productivo de 15 kg/m^2.	Favorece alternativas que permitan un mejor control climático y una mayor uniformidad productiva.
Especialización de la explotación en tomate desde hace varios años.	Favorece sistemas que reduzcan los problemas asociados al monocultivo continuado.
Necesidad de controlar con precisión la nutrición del cultivo.	Favorece sistemas con aporte localizado y ajuste continuo de nutrientes.
Disponibilidad de agua procedente de pozo propio.	Permite la implantación de sistemas de fertirrigación intensiva con control de dosis y frecuencia.
Objetivo de maximizar la productividad por unidad de superficie.	Favorece sistemas con elevada eficiencia en el uso del agua y fertilizantes.
Necesidad de mantener una complejidad técnica asumible por el promotor.	Penaliza sistemas excesivamente sofisticados o dependientes de asistencia técnica especializada.
Viabilidad económica de la inversión	Limita la implantación de soluciones con costes elevados respecto a la dimensión de la explotación.
Ausencia de acometida eléctrica específica en la zona de implantación	Favorece soluciones autónomas o con menor necesidad de tramitación administrativa.
Necesidad de alimentar bombeo, automatización y control de riego.	Requiere un suministro eléctrico fiable durante toda la campaña de cultivo.
Consumo eléctrico relativamente reducido (176,52 kWh/año).	Favorece soluciones adaptadas a bajas demandas energéticas.
Existencia de espacio disponible para equipos auxiliares en la caseta de riego existente.	Facilita la implantación de sistemas autónomos de generación y almacenamiento.
Necesidad de minimizar costes de explotación a largo plazo.	Favorece alternativas con bajo coste operativo y reducida dependencia de combustibles externos.
Tramitación administrativa asociada a nuevas infraestructuras eléctricas.	Penaliza soluciones que requieran autorizaciones, acometidas y actuaciones de terceros para su puesta en servicio.

4.3 Evaluación de Alternativas

Identificadas las restricciones y sus efectos, se procede a la evaluación de alternativas mediante una metodología multicriterio. Los criterios considerados y su ponderación se han definido atendiendo a los condicionantes del emplazamiento, a las características de la explotación existente y a los objetivos productivos fijados por el promotor. Así, la puntuación se realiza de 1 a 5, siendo 1 la valoración más desfavorable y 5 la más favorable.

Tipología de Invernadero

La configuración estructural del invernadero constituye una decisión estratégica debido a su influencia sobre el comportamiento global de la instalación durante toda su vida útil. Las distintas alternativas estudiadas presentan diferencias constructivas, funcionales y económicas

Tabla 6. Evaluación respecto a la tipología de invernadero.

Criterio	Peso	A1	A2	A3
Capacidad de ventilación natural	25%	5	2	4
Adaptación a humedad elevada (75-80%)	20%	5	2	4
Aptitud para tomate entutorado	20%	5	2	4
Aprovechamiento de superficie útil	10%	5	3	4
Resistencia frente a viento	10%	4	4	4
Inversión inicial	10%	3	5	4
Facilidad de mantenimiento	5%	4	4	4
Puntuación total	100%	**4,7**	2,85	4

Sistema de Cultivo y Fertilización

Las soluciones analizadas para el sistema de cultivo presentan distintos niveles de tecnificación, inversión y capacidad de control. Con objeto de determinar la alternativa más adecuada para las características de la explotación proyectada, se realiza una comparación basada en criterios técnicos, productivos y económicos.

Tabla 7. Evaluación respecto sistema de cultivo y fertilización.

Criterio	Peso	B1	B2	B3
Productividad esperada	25%	3	5	5
Control nutricional	20%	2	5	5
Adaptación al monocultivo de tomate	20%	2	5	5
Viabilidad económica	15%	5	4	2
Facilidad de manejo	10%	5	4	2
Eficiencia en uso del agua	5%	3	5	5
Dependencia tecnológica	5%	5	4	2
Puntuación total	100	3,35	**4,75**	4,05

Sistema Energético

La selección del sistema energético debe garantizar el funcionamiento de los equipos previstos en proyecto durante toda la campaña de cultivo, considerando simultáneamente aspectos económicos, administrativos y de explotación. Para ello se comparan las distintas soluciones viables para el emplazamiento objeto de estudio.

Tabla 8. Evaluación respecto sistema energético.

Criterio	Peso	C1	C2	C3
Coste de explotación	25	1	5	3
Viabilidad técnica para la demanda prevista	20	4	5	5
Tramitación administrativa	15	4	5	2
Autonomía energética	15	3	5	2
Inversión inicial	10	5	3	2
Fiabilidad del suministro	10	3	4	5
Impacto ambiental	5	1	5	4
Puntuación total	100	3	**4,65**	3,2

4.4 Elección de la alternativa

Como resultado del proceso de evaluación realizado, se adopta la combinación formada por un invernadero multicapilla gótico de 12,80 m de anchura de capilla, cultivo hidropónico sobre perlita con fertirrigación localizada y sistema fotovoltaico aislado para la alimentación de los equipos de riego y control. Esta solución es la que mejor se adapta a las condiciones particulares de la explotación proyectada, caracterizada por una elevada humedad ambiental, disponibilidad de agua de pozo propia y una orientación productiva basada en el cultivo intensivo de tomate rosa. La alternativa seleccionada permite mejorar el control climático y nutricional del cultivo, optimizar el uso del agua y cubrir la demanda energética prevista sin necesidad de ejecutar nuevas infraestructuras de suministro eléctrico. Su definición y justificación se desarrolla en el Anejo de Análisis y Justificación Estructural del Invernadero multicapilla 12.80, Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización, Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertilización y en el Anejo de Estudio de Viabilidad Económica.

5. INGENIERÍA DEL PROYECTO

El presente capítulo desarrolla la ingeniería de las obras e instalaciones necesarias para la implantación del invernadero hidropónico proyectado. No se aborda una ingeniería del proceso productivo, ya que el alcance del proyecto finaliza con la ejecución, montaje, conexión y puesta a punto de la instalación, quedando la producción agrícola posterior bajo responsabilidad del promotor. Por tanto, se describen las soluciones constructivas, hidráulicas, eléctricas y de automatización adoptadas, remitiendo los cálculos justificativos completos a los anejos y planos correspondientes.

5.1. Sistema estructural del invernadero

El invernadero proyectado corresponde a una estructura multicapilla modelo 12,80, formada por cuatro capillas adosadas de arco gótico y ventilación cenital continua tipo mariposa. El conjunto presenta una longitud total de 99,00 m, una anchura útil de 51,20 m y una anchura total de 56,20 m al incorporar balcones laterales de refuerzo de 2,50 m a cada lado. La superficie del invernadero es de 5.068,8 m^2, mientras que la superficie total ocupada por la estructura, incluyendo balcones, asciende a 5.563,8 m^2.

La altura a canal se fija en 4,50 m y la altura a cumbrera en 7,50 m, lo que permite disponer de un volumen interior adecuado para el desarrollo vertical del cultivo, la ventilación natural y el trabajo bajo cubierta. La estructura se organiza mediante pórticos transversales separados 3,00 m en el cuerpo principal, mientras que en los frontales se adopta una modulación de 3,20 m. Como se aprecia en el Plano de Secciones, la solución distingue entre secciones frontales, interiores y longitudinales, reflejando la disposición de pórticos, arriostramientos y apoyos.

La estructura principal está formada por pilares laterales e interiores de sección 80×80×3 mm, pilares frontales de 140×80×3 mm y arcos compuestos por dos semicurvas de perfil oval 90×60×1,5 mm, unidas en cumbrera mediante clave atornillada. La conexión entre pilares y arcos se realiza mediante escuadras metálicas, completándose el conjunto con tirantes, tirantillos, pendolones, diagonales, montantes, correas y canales longitudinales; como se indica en el Anejo de Análisis y Justificación de la Estructura del Invernadero.

Desde el punto de vista resistente, se diferencian tres tipos principales de pórtico: interior estándar, interior reforzado y frontal. El pórtico interior estándar constituye el módulo básico de repetición, mientras que el pórtico reforzado incorpora elementos adicionales de rigidización, entre ellos medios tirantes de 6,26 m, pendolón largo de 3,75 m, diagonales y montantes. En los frontales se emplean

pilares de mayor sección y elementos específicos de cierre y arriostramiento. Como se aprecia en el Plano de Distribución de Tirantes, la disposición de tirantes responde a la necesidad de rigidizar transversalmente el conjunto y no a una colocación uniforme sin criterio estructural.

Las canales longitudinales cumplen una doble función: recogen el agua de cubierta y, al mismo tiempo, actúan como elementos de unión entre pórticos consecutivos. A ellas se vinculan perfiles C y perfiles tipo M destinados al taqueo del plástico y a la fijación de cerramientos. El cerramiento plástico, aunque tiene un peso reducido, participa en la transmisión de acciones de viento hacia correas, arcos, canales y nudos.

La ventilación cenital tipo mariposa se integra en las cuatro capillas mediante ventanas continuas accionadas por motorreductores, barras de mando longitudinales, cajas piñón-cremallera y brazos de apertura. Este sistema supone una carga permanente adicional sobre la zona superior de los arcos y condiciona el comportamiento frente al viento. Como se aprecia en el Plano de Distribución de Ventanas Cenitales, la ventilación se desarrolla longitudinalmente en todas las capillas, por lo que se considera un subsistema integrado en la estructura.

La estabilidad global se completa mediante cruces de San Andrés, arriostramientos longitudinales, arriostramientos frontales de sección 80×60×1,5 mm y balcones laterales cimentados. Estos últimos incorporan una disposición triangular tipo “Z”, que aumenta la rigidez lateral y mejora la transmisión de esfuerzos hacia el terreno. El sistema de uniones se resuelve mediante escuadras, pletinas, bridas tipo omega, bridas tipo U, alineadores, tornillos con tuerca autoblocante y tornillería autotaladrante en fijaciones secundarias.

El cálculo de cargas permanentes desarrollado en el Anejo de Análisis y Justificación de la Estructura del Invernadero, distingue entre pórticos estándar de 0,071 kN/m^2, reforzados de 0,081 kN/m^2 y frontales de 0,189 kN/m^2, al no presentar todos ellos el mismo peso ni la misma cantidad de elementos auxiliares.

Además del peso propio, se consideran las acciones variables principales: nieve, mantenimiento, carga de cultivo y viento. La nieve se adopta con 0,30 kN/m^2, la sobrecarga de mantenimiento con 0,40 kN/m^2 y la carga asociada al cultivo hidropónico de tomate con 0,20 kN/m^2. La acción del viento resulta la más condicionante, con una presión total de 0,736 kN/m^2 y una succión total de 1,378 kN/m^2.

Las combinaciones de acciones muestran que el viento en succión es la hipótesis más desfavorable desde el punto de vista de levantamiento. En situación de funcionamiento ordinario, con peso propio, carga de producto y viento en presión, los valores resultantes son 1,238 kN/m^2, 1,271 kN/m^2 y 1,417 kN/m^2, respectivamente.

La comprobación resistente se centra en el pórtico interior estándar, por tratarse del caso menos reforzado dentro del cuerpo principal del invernadero donde se obtiene una carga superficial de 1,238 kN/m^2, una carga lineal equivalente de 3,714 kN/m,

una carga total sobre pórtico de 47,54 kN, una reacción vertical de 23,77 kN por apoyo y un empuje horizontal de arco de 30,43 kN.

Como comprobación complementaria, se estima la velocidad crítica de viento asociada al límite elástico del acero S275. Para ventanas cerradas, con producto y viento en presión, se obtiene una velocidad crítica de 31,97 m/s, equivalente a 115,1 km/h. Para ventanas abiertas, con producto y viento en succión, la velocidad crítica asciende a 35,09 m/s, equivalente a 126,3 km/h. Estos valores se sitúan por encima del rango operativo previsto para el cierre de ventanas, que comienza aproximadamente a 30 km/h y queda completado antes de 75 km/h.

La cimentación se resuelve mediante hoyos cilíndricos de hormigón de Ø400 mm y 1,00 m de profundidad, con postizo metálico embebido y armado mediante cuatro varillas corrugadas en forma de C alargada. Como se aprecia en el Plano de Cimentación, la disposición de apoyos sigue la modulación estructural del invernadero, diferenciando pilares interiores, laterales, frontales y apoyos asociados a los balcones laterales.

Cada bloque presenta un área de base de 0,126 m^2, superficie lateral de 1,257 m^2, volumen de hormigón de 0,126 m^3 y peso propio de 3,14 kN. Para las comprobaciones se adopta una presión admisible del terreno de 0,20 MPa y una cohesión reducida de 20 kN/m^2.

Los resultados de cimentación son favorables en las tres comprobaciones principales. Frente a hundimiento, la carga vertical total considerada es de 22,47 kN y la presión transmitida al terreno es de 0,178 MPa, inferior a la admisible. Frente a levantamiento, la acción de arrancamiento es de 16,20 kN y la resistencia disponible asciende a 28,28 kN. Frente a deslizamiento, el empuje horizontal considerado es de 30,43 kN, inferior a la resistencia total estimada de 37,24 kN.

En conjunto, la solución estructural adoptada responde a una tipología ligera, modular y arriostrada, en la que el viento constituye la acción determinante. La diferenciación entre pórticos estándar, reforzados y frontales, junto con la integración de canales, correas, ventilación cenital, tirantes, balcones y cimentación, permite justificar el comportamiento global del invernadero y su adecuación a las necesidades resistentes y funcionales del cultivo de tomate hidropónico previsto.

5.2. Sistema de riego y fertirrigación

El sistema de riego y fertirrigación se proyecta para el cultivo hidropónico de tomate sobre sacos de perlita, con aplicación localizada de la solución nutritiva mediante goteros autocompensantes de 3 L/h.

Se disponen líneas de cultivo de 95 m, con separación entre plantas de 0,45 m y seis líneas por capilla, con una distancia entre líneas de 2,1 m. Con esta configuración se alcanzan 5.067 plantas sobre una superficie efectiva de cultivo de 4.864 m^2, obteniéndose una densidad final de 2,1 cabezas/m^2 al conducirse el tomate a dos guías por planta. Como se recoge en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación, esta base geométrica permite transformar las necesidades hídricas del cultivo en consumos reales por planta, por sector y para el conjunto del invernadero.

La demanda hídrica se obtiene a partir de la evapotranspiración de referencia de la estación climática de Santander, corregida para las condiciones de cultivo bajo invernadero donde se adopta además un drenaje del 25 %, necesario para renovar parcialmente la solución nutritiva y evitar la acumulación de sales en el entorno radicular. Con estos criterios, la situación más exigente se produce en julio, con 10.148 L/día para el conjunto del invernadero. Este mes se adopta como referencia para el dimensionamiento de la instalación.

La red se divide en dos sectores independientes, cada uno correspondiente a dos capillas, lo que permite limitar el caudal instantáneo que debe aportar la bomba principal. Cada sector cuenta con 3.800 goteros, por lo que el caudal de cálculo queda fijado en 11,40 m^3/h por sector. El funcionamiento previsto es secuencial, sin solape entre sectores, de modo que la instalación no trabaja nunca con la totalidad de los goteros funcionando simultáneamente. Como se aprecia en el Plano de Distribución de Riego, la red se organiza longitudinalmente siguiendo la geometría de las capillas y de las líneas de cultivo.

A partir de este caudal de diseño se comprueba hidráulicamente la red, tomando como referencia el emisor más desfavorable. Para garantizar el correcto funcionamiento de los goteros autocompensantes se exige una presión mínima de 1 bar en el punto más alejado. El cálculo desarrollado en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación permite obtener una presión necesaria en cabecera de lateral de 13,329 m.c.a. y, considerando el conjunto de laterales, secundarias, conducción principal y elementos del cabezal, se adopta una presión de referencia aproximada de 2,4 bar para la bomba principal. Con este criterio se selecciona una bomba de 1,5 kW, regulada mediante variador de frecuencia, capaz de alimentar un sector completo en las condiciones de máxima demanda.

El riego se plantea mediante pulsos frecuentes de pequeño volumen, adecuados para un sustrato de baja inercia hídrica como la perlita. El volumen de reposición por planta es de 0,304 L, y el volumen aplicado en cada pulso por sector asciende a 0,770 m^3. En máxima demanda se alcanza una frecuencia de 6,6 pulsos diarios, con un tiempo total de riego de 26,7 minutos/día, mientras que en meses de menor requerimiento el tiempo total de riego se reduce a 7,3 minutos/día.

Este abastecimiento se realiza desde el pozo existente mediante la bomba sumergida, impulsando el agua hasta el depósito principal de riego y hasta los depósitos auxiliares destinados a fertilización y ácido. El depósito principal, de 15.000 L, actúa como elemento de regulación y permite independizar la captación

desde pozo de los pulsos de riego aplicados al cultivo. Su llenado se automatiza mediante sondas de nivel máximo y mínimo, de forma que la bomba del pozo se activa al alcanzar el nivel inferior y se detiene al llegar al nivel superior. Como se aprecia en el Plano de Abastecimiento desde Pozo a Cabezal de Riego, la instalación diferencia la captación, el almacenamiento, los depósitos auxiliares y el cabezal de riego.

Desde el depósito principal, la bomba de riego aspira mediante una conducción equipada con válvula de pie, filtro y cono de cebado, lo que permite mantener la línea cebada y facilita la puesta en marcha. A partir de la bomba, el cabezal integra las funciones de impulsión, filtrado, medición, fertirrigación, corrección de pH y control de la solución nutritiva. A la salida se dispone válvula antirretorno, manómetros antes y después del filtro de anillas de 63 mm, purga de limpieza y contador volumétrico, permitiendo verificar presión, caudal y estado de colmatación del filtro.

La fertirrigación se realiza mediante un bypass activo de 32 mm que deriva el 15 % del caudal principal, equivalente a 1,71 m^3/h. Sobre este circuito descargan tres tanques de fertilización de 1.000 L, identificados como A, B y C, cada uno con removedor para mantener homogénea la solución madre. Las líneas de inyección disponen de válvula de aguja, rotámetro, filtro de malla, válvula antirretorno y electroválvula, permitiendo separar soluciones incompatibles, regular el aporte de cada tanque y evitar retornos hacia los depósitos. Todas las piezas que componen el sistema se detallan en el Pliego de Condiciones.

El circuito de bypass se dimensiona de forma independiente porque debe reinyectar la solución fertilizante en una conducción principal presurizada. Por este motivo, la bomba auxiliar se selecciona por su capacidad para vencer la contrapresión de la línea principal. Para este circuito se adopta una presión de trabajo de 3 bar y una bomba de 0,37 kW. Aguas abajo de la incorporación de fertilizantes se sitúa la bomba dosificadora de ácido, conectada a un tanque de 500 L, de forma que la corrección de pH se realiza sobre la solución nutritiva ya mezclada.

Antes de la salida hacia el invernadero, el cabezal incorpora un bypass de medición de pH y conductividad eléctrica, que permite verificar la solución final en una línea de control más estable que la conducción principal. Como se aprecia en el Plano de Cabezal de Riego, el sistema no se basa en una mezcla simple en depósito, sino en una fertirrigación en línea, con inyección de fertilizantes, corrección posterior de pH y medición final de pH y CE antes de enviar la solución al cultivo.

Desde el cabezal, la solución nutritiva se conduce hacia el invernadero mediante tubería principal de PE de 63 mm. En cada sector se dispone un cabezal de campo con válvulas de bola, manómetro, válvula de purga y electroválvula, desde el que parten las tuberías secundarias de 50 mm y los laterales de riego de 20 mm. Como se aprecia en el Plano: Esquema de Cabezales de Campo.

El control del riego se realiza mediante sensores capacitivos de humedad instalados en los sacos de perlita, con una estrategia de histéresis entre el 70 % y el 95 % del contenido de humedad. Cuando el sustrato alcanza el umbral inferior, el sistema habilita el riego del sector correspondiente hasta recuperar el nivel superior. Como

se aprecia en el Plano de distribución de Sensores de Humedad, se disponen dos sensores por sector, buscando una lectura representativa del comportamiento hídrico de cada zona.

El drenaje procedente de los sacos se recoge mediante canaletas de PVC con rejilla, dispuestas longitudinalmente bajo las líneas de cultivo y con pendiente comprendida entre 0,5 y 1 % hacia el frontal norte, donde el promotor tiene intención de instalar un depósito donde recogerse y utilizarse posteriormente en otros cultivos de la explotación. No se contempla su recirculación al cabezal de riego, evitando así la necesidad de incorporar sistemas adicionales de filtrado, desinfección y corrección de la solución drenada.

5.3. Instalación eléctrica y automatización

La instalación eléctrica proyectada se diseña para alimentar y controlar el sistema de riego y fertirrigación del invernadero, incluyendo la captación desde pozo, el bombeo principal, la inyección de fertilizantes, la dosificación de ácido, los removedores de los tanques y el sistema de control mediante PLC. Al tratarse de una instalación sin conexión a red, la alimentación se resuelve mediante un sistema fotovoltaico aislado, dimensionado a partir de los consumos eléctricos previstos durante la campaña y del recurso solar disponible en la zona, como se detalla en el Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización.

El sistema fotovoltaico está compuesto por campo solar, regulador de carga MPPT, banco de baterías, inversor y las protecciones correspondientes (fusibles y seccionadores). Como se aprecia en el Esquema de Instalación Fotovoltaica, los paneles alimentan el regulador de carga, este gestiona la carga del sistema de acumulación y el inversor transforma la energía almacenada en corriente alterna monofásica para alimentar el cuadro eléctrico situado en la caseta de riego, que se muestra en el Plano: Esquema de Cuadro Eléctrico General.

El cálculo de consumos se realiza considerando la potencia nominal de cada equipo y su tiempo de funcionamiento. La bomba de riego tiene una potencia de 1,50 kW, la bomba de pozo 1,10 kW, la bomba de bypass 0,37 kW, la bomba de ácido 0,16 kW, los removedores de los tanques 0,75 kW en conjunto y los controladores PLC 0,05 kW. En el caso de las bombas vinculadas al riego, el tiempo diario de trabajo varía según la duración de los pulsos calculados en el Anejo de Diseño del Sistema de riego y Fertirrigación, mientras que la bomba de pozo se dimensiona en función del volumen diario a reponer en el depósito y de un caudal de impulsión de 8.000 l/h.

El consumo energético máximo se produce en julio, coincidiendo con el periodo de mayor demanda hídrica del cultivo, y alcanza 3,624 kWh/día. En marzo, con menor

tiempo de riego, el consumo diario calculado es de 1,950 kWh/día. Entre ambos extremos, el consumo aumenta progresivamente conforme avanza el ciclo de cultivo, con valores de 2,136 kWh/día en abril, 2,553 kWh/día en mayo, 3,105 kWh/día en junio, 3,241 kWh/día en agosto y 2,364 kWh/día en septiembre. Estos resultados justifican que el dimensionamiento eléctrico se realice tomando como referencia el mes de julio.

La mayor demanda de potencia fotovoltaica resulta de 1,163 kW y también se da en julio. La solución adoptada consiste en tres módulos fotovoltaicos de 610W con una potencia total instalada de 1,830 kW.

El sistema de acumulación se dimensiona para un día de autonomía, tomando como referencia el consumo máximo diario de 3,624 kWh/día. Se adopta un banco de baterías a 24 V. La capacidad mínima calculada es de 479,325 Ah, por lo que se instalan seis baterías de 12 V y 180 Ah. La configuración se realiza mediante tres ramas en paralelo, cada una formada por dos baterías en serie, obteniéndose un banco final de 24 V y 540 Ah. No obstante, como respaldo ante averías o periodos prolongados de baja radiación, se recomienda disponer de grupo electrógeno auxiliar para garantizar los riegos imprescindibles.

El inversor se dimensiona considerando la posible simultaneidad de todos los equipos, sin aplicar coeficiente reductor. La potencia nominal conjunta asciende a 3,93 kW y, al aplicar un coeficiente de seguridad de 1,25 para cubrir picos de arranque y pérdidas internas, la potencia de cálculo resulta de 4,913 kW. En consecuencia, se selecciona un inversor aislado de 24 V CC / 230 V AC monofásico y 5 kW, adecuado para alimentar la instalación en condiciones de funcionamiento simultáneo.

El regulador de carga se selecciona en función de la potencia fotovoltaica instalada y de la tensión del banco de baterías. Para una potencia de 1,830 kW y acumulación a 24 V, se adopta un regulador MPPT de 24 V y corriente nominal mínima de 95,31 A.

En cuanto a los conductores principales, se adopta una sección de 6 mm^2 entre el campo fotovoltaico y el regulador, 16 mm^2 entre regulador y baterías, y 35 mm^2 entre baterías e inversor. Para las líneas del cuadro de riego se emplean secciones de 2,5 mm^2 en las líneas principales de potencia y 1,5 mm^2 en circuitos de control y pequeños motores. La caída de tensión máxima calculada es del 1,3 %, inferior al límite del 3 % considerado para circuitos de uso general.

El cuadro eléctrico centraliza las funciones de protección, maniobra y distribución de la instalación. Como se aprecia en el Esquema de Cuadro Eléctrico General, se dispone interruptor general automático, protector contra sobretensiones transitorias tipo 2, interruptor diferencial de 40 A y 30 mA, magnetotérmicos independientes para cada circuito, guardamotores en los motores que lo requieren y contactores para la maniobra de bombas. Desde este cuadro parten las líneas hacia la bomba de pozo, bomba de riego, bomba de bypass, bomba de ácido, removedores y sistema de control.

La automatización se organiza mediante dos controladores Siemens LOGO alimentados a 24 V en corriente continua. El primer PLC gobierna el llenado del depósito de riego mediante dos sondas de nivel, una inferior y otra superior. Cuando el nivel desciende hasta la sonda baja, el PLC activa la bomba sumergida del pozo mediante contactor; cuando el depósito alcanza la sonda alta, la bomba se detiene. Como se aprecia en el Esquema de Conexión de PLC para Bomba de Pozo, el PLC actúa sobre el circuito de mando, manteniendo separados el circuito de control y el de potencia.

El segundo PLC gestiona el riego y la fertirrigación. Recibe la señal de los sensores capacitivos de humedad instalados en los sacos de sustrato, como se muestra en el Plano de Distribución de Sensores. Estos poseen salida normalizada 4–20 mA, y actúa sobre el variador de frecuencia de la bomba principal, la bomba de bypass y las electroválvulas de sector y fertilización. El riego se activa cuando el sustrato alcanza el umbral inferior de humedad y se mantiene hasta recuperar el nivel superior definido, evitando un funcionamiento por simple temporización fija. El sistema trabaja con dos sectores independientes y con enclavamientos que impiden el funcionamiento simultáneo de ambos, respetando el criterio hidráulico adoptado en el diseño del riego. El esquema diseñado en Siemens LOGO! se observa al final del Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización.

Como se aprecia en el Esquema Conexión PLC - Variador - Bomba de Riego, el PLC comunica la orden de marcha al variador de frecuencia, que controla la bomba principal, y coordina la apertura de electroválvulas de sector y fertilización. De este modo, el sistema permite adaptar el riego al estado real del sustrato, alimentar únicamente el sector demandante y activar la fertirrigación durante los eventos de riego.

5.4. Criterios de manejo agronómico de la explotación

Los criterios detallados de explotación se desarrollan en el Anejo de Recomendaciones para el Manejo del Cultivo durante el Proceso de Explotación, donde se recogen el calendario de cultivo, las labores de planta, la polinización, el control climático, el manejo del riego, la solución nutritiva y el seguimiento sanitario. El presente apartado sintetiza aquellos aspectos de manejo directamente vinculados con las soluciones técnicas proyectadas.

Se recomienda establecer el cultivo con planta injertada y se conducirlo a dos guías, realizando de forma progresiva las labores de entutorado, eliminación de brotes axilares, deshojado y bajada de planta. Estas operaciones permitirán mantener una masa vegetal ordenada, facilitar la entrada de luz y la aireación entre líneas y asegurar la accesibilidad para las labores de recolección y seguimiento sanitario.

Durante la floración se recomienda el empleo de colmenas comerciales de abejorros, como medio de favorecer la polinización de los ramos florales, mejorar la uniformidad del cuajado y reducir la dependencia de sistemas manuales de vibrado.

El manejo hídrico y nutricional se realizará mediante riego por pulsos y fertirrigación en línea. La distribución de las líneas de cultivo, laterales y canaletas de drenaje se recoge en el plano Distribución de Riego en Invernadero, mientras que la posición de los sensores capacitivos instalados en los sacos de perlita se define en el plano Distribución de Sensores de Humedad. La programación de riego se ajustará a la lectura de dichos sensores, a la demanda climática y al comportamiento del drenaje, manteniéndose como recomendación un drenaje del 25 %.

La solución nutritiva se ha formulado partiendo de la caracterización fisicoquímica del agua del pozo y se plantea como una solución de referencia para la fase principal de producción. La formulación persigue concentraciones de 180 mg/L de N, 50 mg/L de P, 340 mg/L de K, 180 mg/L de Ca, 50 mg/L de Mg y 60 mg/L de S, complementadas con micronutrientes. Los fertilizantes se distribuyen en tres tanques concentrados A, B y C, evitando incompatibilidades entre las sales cálcicas, fosfatos y sulfatos. La configuración de inyección se representa en el Plano: Esquema de Cabezal de Riego y la solución nutritiva se desarrolla en el Anejo de Recomendaciones durante el Proceso de Explotación.

El agua de riego presenta un contenido apreciable de bicarbonatos, por lo que se incorpora ácido nítrico al 60 % como corrector de alcalinidad, tomando como dosis orientativa 0,325 mL/L de solución aplicada. El control de pH y conductividad eléctrica se realiza antes de la entrada al invernadero, manteniendo como referencia un pH próximo a 5,8 y una CE comprendida entre 2,3 y 2,7 mS/cm. La evolución de estos parámetros, junto con la CE del drenaje, permitirá corregir la dosis de ácido y la concentración de fertilizantes.

La ventilación cenital tipo mariposa, cuya disposición se define en el Plano de Distribución de Ventanas Cenitales, se manejará para evacuar humedad y calor acumulados, reduciendo condensaciones y favoreciendo las condiciones de floración y sanidad. Este manejo se complementará con la retirada periódica de restos vegetales, la observación de plagas y enfermedades y el mantenimiento de registros de riego, pH, CE, drenaje, labores culturales y producción.

6. PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO.

La ejecución del proyecto se programa con una duración total de diez semanas, distribuidas entre los meses de enero, febrero y marzo. La planificación se ha elaborado siguiendo la secuencia lógica de ejecución de: replanteo, cimentación, montaje estructural, cerramiento, instalación de riego, instalación eléctrica, automatización y puesta en marcha.

El material principal del invernadero y de sus sistemas asociados será aportado por MSC Greenhouse S.L.U., contratista principal de la actuación. La ejecución material del montaje será realizada por la subcontrata Ruminver18, mediante una cuadrilla prevista de cuatro operarios. Las excavaciones puntuales necesarias para zanjas y conducciones serán ejecutadas por Excavaciones Mendiola S.A. La coordinación técnica, el control de replanteo, la supervisión de la ejecución y la comprobación final corresponderán a la Dirección de Obra; el Ingeniero Agrícola Darío Vara. La relación entre agentes, el alcance de las obras y la jerarquía documental quedan definidos en el Pliego de Condiciones.

Antes del inicio de los trabajos se exige que el terreno se encuentre despejado y con una pendiente uniforme hacía el norte comprendida entre 0,5 y 1% para el funcionamiento previsto del sistema de drenaje. No se contemplan movimientos generales de tierra ni urbanización de la parcela, limitándose las operaciones al replanteo, ahoyado de cimentaciones y apertura de zanjas para conducciones.

El replanteo se realizará conforme a la implantación definida gráficamente, tomando como referencia las dimensiones generales del invernadero, de 99,00 m de longitud y 56,20 m de anchura total, así como los puntos UTM recogidos en el Plano de Replanteo. Como se aprecia en dicho plano, el invernadero se implanta con orientación noreste-suroeste, adaptado a la geometría de la parcela y a la posición de las instalaciones existentes.

La primera fase de obra comprende el replanteo y marcaje en campo, la apertura de hoyos para pilares laterales y balcones, el premontaje de arcos y piezas estructurales, y la precimentación con colocación de postizos. Esta fase es crítica porque condiciona la alineación posterior de pilares, canales, arcos y cerramientos. Las condiciones de ejecución de los postizos, hormigonado, alineación y fijación de pilares se desarrollan en el Pliego de Condiciones.

Una vez ejecutadas las cimentaciones y colocados los pilares, se procede al montaje de capiteles, balcones laterales, canales y arcos. A continuación, se instalan los elementos de arriostramiento, incluyendo cruces de San Andrés, correas de cumbrera, estructura de ventanas cenitales, accionamientos de ventilación, correas laterales, pies de arco y refuerzos frontales. La secuencia prevista permite que la estructura vaya ganando estabilidad conforme avanza el montaje, evitando cargar o cerrar zonas que todavía no se encuentran arriostradas; como se muestra en el Anejo de Análisis y Justificación Estructural del Invernadero.

La fase estructural continúa con los elementos frontales, puertas, bajantes, cables tensores, emparrillado, taqueo del plástico y colocación de la malla anti-insectos. Estas operaciones se programan una vez garantizada la estabilidad geométrica del conjunto, ya que el correcto tensado del plástico, la colocación de malla y el funcionamiento de las ventanas dependen directamente de la alineación previa de arcos, correas y canales.

Las características de la cubierta, malla, correas, sistema de taqueo, puertas y elementos auxiliares se definen en el Pliego de Condiciones y en el Anejo de Análisis y Justificación Estructural del Invernadero.

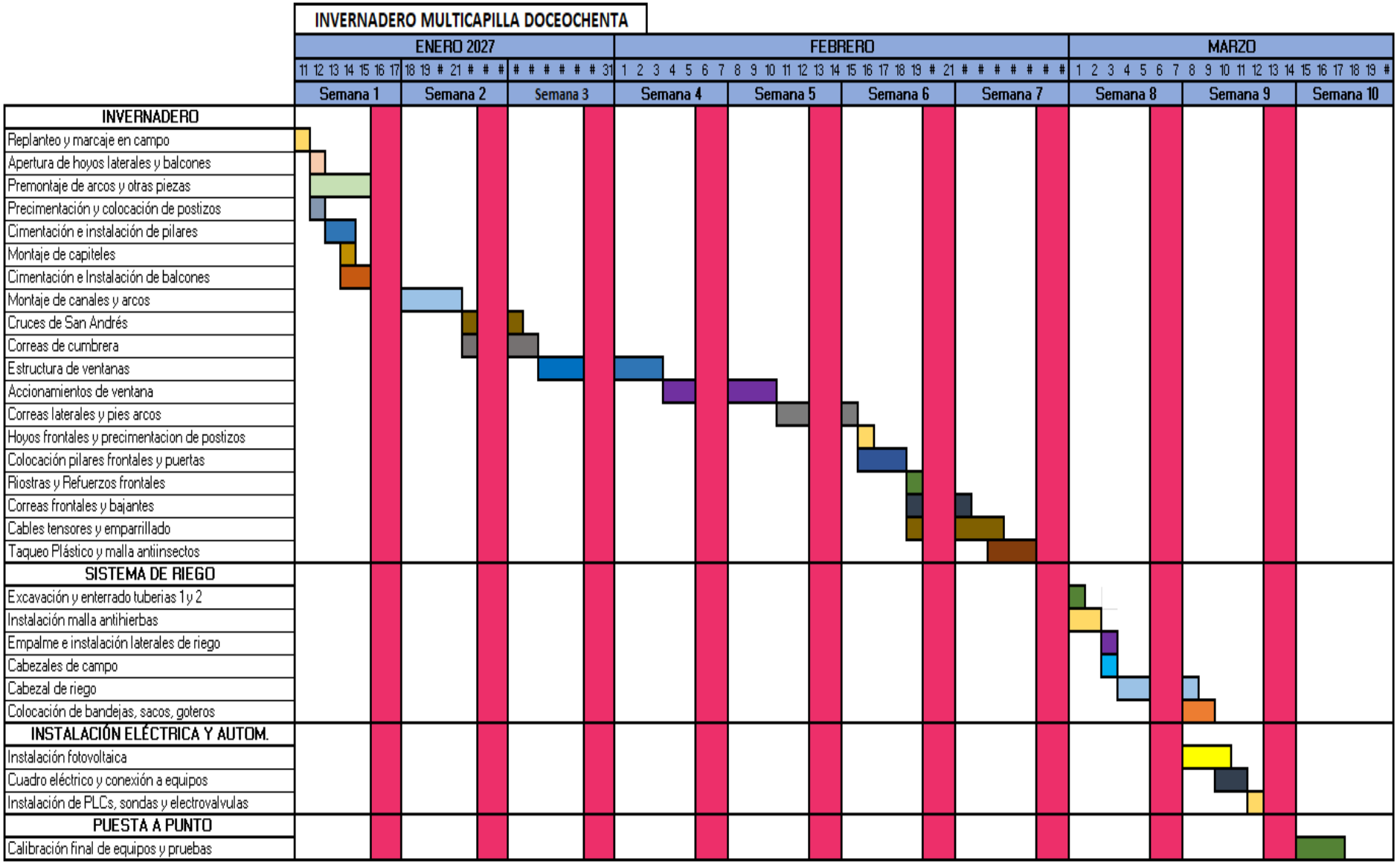
Finalizado el grueso del montaje estructural, se ejecuta la instalación de riego y fertirrigación. Esta fase incluye la excavación y enterrado de la conducción principal y secundaria, la instalación de la malla anti-hierbas, el montaje de laterales de riego, cabezales de campo, cabezal de riego, colocación de bandejas de drenaje y sacos de sustrato.

Las zanjas para conducciones se ejecutarán conforme al Pliego de Condiciones, con profundidad comprendida entre 0,60 y 0,80 m, ancho mínimo de 0,30 m y cama de arena para protección de tuberías. La definición hidráulica completa se recoge en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación.

La instalación eléctrica y de automatización se programa en paralelo a las fases finales del sistema de riego. Comprende la instalación fotovoltaica aislada, el cuadro eléctrico general, el conexionado de bombas y equipos, y la instalación de PLC, sensores y sondas. Esta secuencia permite realizar comprobaciones parciales antes de la puesta en marcha: primero alimentación y protecciones, después equipos motorizados y finalmente control automático. La definición técnica de potencia fotovoltaica, acumulación, inversor, protecciones y lógica de automatización se desarrolla en el Anejo de instalación eléctrica y automatización y en los Planos: Esquema de Instalación fotovoltaica, Esquema de Cuadro Eléctrico general, Esquema de Conexión PLC-Variador-Bomba y Esquema de Conexión PLC a Bomba Sumergida.

La última fase corresponde a la puesta a punto del sistema. En ella se realiza la calibración de sensores, comprobación de electroválvulas, prueba de bombas, verificación de la apertura y cierre de ventanas, comprobación del sistema fotovoltaico, revisión del cuadro eléctrico y pruebas de riego por sectores. También se verifica el correcto funcionamiento del cabezal de fertirrigación, la lectura de pH y conductividad, la respuesta de la bomba dosificadora de ácido y la secuencia automática de riego según la demanda hídrica del sustrato.

El programa de ejecución de las fases del proyecto se sintetiza en el siguiente Diagrama de Gantt:


INVERNADERO MULTICAPILLA DOCEOCHENTA
ENERO 2027
FEBRERO
MARZO
11 12 13 14 15 16 17 18 19 # 21 # # # # # # # # # # # # # 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 # 21 # # # # # # # 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 #
Semana 1
Semana 2
Semana 3
Semana 4
Semana 5
Semana 6
Semana 7
Semana 8
Semana 9
Semana 10
INVERNADERO
Replanteo y marcaje en campo
Apertura de hoyos laterales y balcones
Premontaje de arcos y otras piezas
Precimentación y colocación de postizos
Cimentación e instalación de pilares
Montaje de capiteles
Cimentación e Instalación de balcones
Montaje de canales y arcos
Cruces de San Andrés
Correas de cumbrera
Estructura de ventanas
Accionamientos de ventana
Correas laterales y pies arcos
Hoyos frontales y precimentacion de postizos
Colocación pilares frontales y puertas
Riostras y Refuerzos frontales
Correas frontales y bajantes
Cables tensores y emparrillado
Taqueo Plástico y malla antiinsectos
SISTEMA DE RIEGO
Excavación y enterrado tuberias 1 y 2
Instalación malla antihierbas
Empalme e instalación laterales de riego
Cabezales de campo
Cabezal de riego
Colocación de bandejas, sacos, goteros
INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOM.
Instalación fotovoltaica
Cuadro eléctrico y conexión a equipos
Instalación de PLCs, sondas y electrovalvulas
PUESTA A PUNTO
Calibración final de equipos y pruebas

7. INFORME AMBIENTAL

La instalación proyectada se ubica sobre dos parcelas catastrales contiguas del municipio de Bareyo (Cantabria), identificadas en SIGPAC como polígono 4, parcelas 112 y 113, que entre las dos suman 1,201 ha. La actuación ocupa una superficie bruta aproximada de 5.563,8 m^2, con 4.864 m^2 destinados al cultivo efectivo de tomate sobre perlita, e incorpora una estructura metálica con 194 pilares, 26,5 m^3 de hormigón, 128 m de zanja para conducciones, 6.200 m^2 de cubierta plástica, 1.600 m^2 de malla anti-insectos y 2.500 m^2 de rafia plastificada.

Durante la fase de instalación, los impactos se consideran temporales y localizados, asociados principalmente al ahoyado de cimentaciones, apertura de zanjas, emisión puntual de polvo, ruido de maquinaria y generación de residuos de obra. La actuación no afecta a espacios naturales protegidos, cauces permanentes, humedales ni elementos ambientales singulares, desarrollándose sobre terreno agrícola previamente transformado.

En fase de explotación, los principales aspectos ambientales son el consumo de agua, el uso de fertilizantes, la generación de residuos plásticos y la presencia visual del invernadero. El consumo anual de agua se estima en 1.284 m^3, con una demanda máxima diaria de 10,15 m^3, valores que se consideran compatibles con una zona de elevada pluviometría, próxima a 1.250 mm/año. Además, las aguas pluviales recogidas por la cubierta se evacúan al terreno mediante bajantes, favoreciendo la infiltración y la recarga local del pozo.

El sistema hidropónico reduce el laboreo del suelo y permite una aplicación localizada de agua y nutrientes. El drenaje procedente de los sacos de cultivo se recoge mediante canaletas y se conduce a un punto de almacenamiento exterior, evitando su vertido directo al terreno y reduciendo el riesgo de lixiviación de nutrientes. Como se indica en el Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización, los equipos se alimentan mediante un sistema fotovoltaico aislado de 1,830 kW, con banco de baterías de 540 Ah y un consumo eléctrico anual previsto de 176,52 kWh, por lo que el impacto energético se considera bajo.

Con la aplicación de las medidas preventivas y correctoras previstas, gestión adecuada de residuos, control del riego y fertirrigación, recogida de drenajes, mantenimiento de equipos y entrega de plásticos a gestores autorizados, los impactos identificados se valoran como compatibles.

8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Proyecto: PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓ…

Capítulo	Importe
1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO	
1.1 Cimentación y Anclajes	29.080,26
1.2 Estructura Metálica	66.024,75
1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares	35.176,21
Total 1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO .....:	**130.281,22**
2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN	
2.1 Movimiento de Tierras	1.824,34
2.2 Conducciones de Riego	22.129,29
2.3 Equipos de Riego Motorizados	3.024,15
2.4 Componentes y Piezas para Riego	13.573,48
Total 2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN .....:	**40.551,26**
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN	
3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado	7.198,43
3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización	1.713,47
3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas	813,70
3.4 Sensores y Elementos de Control	1.660,26
Total 3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN .....:	**13.046,12**
4 Seguimiento y Coordinación de Obra	
4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos	3.296,00
Total 4 Seguimiento y Coordinación de Obra .....:	**3.296,00**
Presupuesto de ejecución material	**187.174,60**
13% de gastos generales	24.332,70
6% de beneficio industrial	11.230,48
Presupuesto de ejecución por contrata	**222.737,78**

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTIDOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Ingeniero Agricola

Dario Vara Lana



9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Teniendo como referencia el Anejo de Estudio de Viabilidad Económica, se analiza la rentabilidad de la explotación proyectada de tomate rosa en cultivo hidropónico bajo invernadero, considerando un horizonte temporal de 15 años. La inversión inicial tomada como referencia asciende a 222.737,68 € sin IVA, correspondiente al Presupuesto de Ejecución por Contrata, al tratarse de una sociedad mercantil con IVA deducible.

La financiación prevista combina una subvención de capital del 40 %, equivalente a 88.256,50 €, una aportación propia de los socios del 30 %, por importe de 66.192,38 €, y un préstamo bancario por el 30 % restante, también de 66.192,38 €. El préstamo se plantea a 10 años, con sistema francés, tipo de interés anual del 4 % y una cuota constante de 8.160,92 €/año.

La producción anual considerada se obtiene sobre una superficie útil de cultivo de 4.864 m^2, con rendimientos previstos entre 64.204,80 kg y 72.473,60 kg por campaña de tomate ya seleccionado para venta. Se adopta un precio inicial de venta de 1,85 €/kg, con incremento anual del 1 %, y se incorporan ayudas FEADER de 6.500 €/año durante los cinco primeros ejercicios y de 5.000 €/año a partir del sexto. Con ello, los ingresos corrientes evolucionan desde 129.778,08 € en el primer año hasta 154.979,72 € en el año 15.

Los gastos de explotación incluyen mano de obra de los dos socios trabajadores, planta injertada, fertilizantes, insumos para gestión integrada de plagas, seguro, mantenimiento, tributos y gastos financieros. El coste inicial de explotación asciende a 92.872,70 € en el primer año, aumentando progresivamente hasta 136.473,41 € en el año 15, al aplicar un incremento anual del 3 % sobre los costes. La amortización anual de las inversiones se estima en 17.943,06 €.

Dentro del plan de reposición destaca especialmente la renovación de los cerramientos y elementos auxiliares cada cinco años, incluyendo el plástico Celloflex de 4D 5000 de cubierta y ventanas, la malla anti-insectos y la rafia plastificada de laterales, frontales y medias lunas. Esta sustitución supone un coste de 41.859,69 € en los años 5 y 10, lo que provoca una reducción significativa de los flujos de caja en dichos ejercicios. En el año 5 el flujo neto resulta negativo en -16.604,89 €, y en el año 10 la caída es mayor, hasta -46.733,98 €, al coincidir también con la renovación de sensores, equipos de riego y automatización. Aun así, estas reposiciones están previstas dentro del modelo económico y no comprometen la viabilidad global del proyecto.

El proyecto presenta resultados positivos durante todo el horizonte analizado, con beneficios antes de impuestos comprendidos entre 2.891,63 € y 28.827,88 € anuales. Sobre estos resultados se aplica un Impuesto sobre Sociedades del 25 %. En el año 15 se incorpora además un valor residual de los activos de 57.034,12 €, correspondiente principalmente a elementos estructurales y de mayor vida útil.

Los indicadores económicos obtenidos reflejan la viabilidad del proyecto. El Valor Actual Neto asciende a 112.354,35 €, la Tasa Interna de Retorno alcanza el 22 %, el Valor Anual Equivalente se sitúa en 10.247,10 €/año y el Periodo de Recuperación es de 2,76 años para los fondos propios aportados por el promotor, en este caso 66.192,38 €.

En consecuencia, la inversión proyectada resulta económicamente viable para un plazo de 15 años, con capacidad para recuperar la aportación inicial de los socios antes de la tercera campaña y absorber las renovaciones periódicas necesarias sin perder rentabilidad global.

10. FIRMA DEL PROYECTO

El técnico redactor declara que el presente Proyecto se ha elaborado conforme a los datos disponibles, la normativa vigente aplicable y los criterios propios de la ingeniería agrícola, asumiendo la responsabilidad técnica sobre los cálculos, decisiones y soluciones recogidas en la documentación.

En Ajo, Cantabria, a 16 de junio de 2026.

Fdo.: Darío Vara Lana
Ingeniero Agrícola, Técnico Redactor del Proyecto.



II. ANEJOS A LA MEMORIA

ÍNDICE

I. Anejo de Análisis y Justificación Estructural del Invernadero Multicapilla 12,80.
II. Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación.
III. Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización.
IV. Anejo de Recomendaciones durante el Proceso de Explotación.
V. Anejo de Estudio de Viabilidad Económica.

ANEJO DE ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL INVERNADERO MULTICAPILLA 12,80

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo** *(pg. 4)*
2. **Normativa y Documentos de Referencia** *(pg. 5)*
3. **Descripción y Secuencia de Montaje del Invernadero** *(pg. 7)*
   - 3.1 Configuración estructural general
   - 3.2 Sistema de uniones y nudos estructurales
   - 3.3 Sistema de ventilación cenital y transmisión de movimiento
   - 3.4 Sistema de arriostramiento y estabilidad global
   - 3.5 Sistema de correas y fijación del cerramiento
   - 3.6 Consideraciones finales sobre la configuración estructural
4. **Condicionantes Agronómicos de la Estructura** *(pg. 17)*
5. **Criterios Adoptados para el Análisis Estructural** *(pg. 19)*
6. **Acciones Permanentes de la Estructura** *(pg. 20)*
   - 6.1 Criterio general de cuantificación
   - 6.2 Geometría resistente de referencia
   - 6.3 Peso propio de la estructura principal
   - 6.4 Peso propio del sistema de canal
   - 6.5 Peso propio del subsistema cenital
   - 6.6 Tirantes, tirantillos, pendolones, diagonales y montantes
   - 6.7 Bridas, pletinas, tornillería y piezas auxiliares
   - 6.8 Peso del cerramiento plástico
   - 6.9 Peso representativo del módulo interior estándar
   - 6.10 Peso representativo del módulo interior reforzado
   - 6.11 Consideración sobre los pórticos frontales
7. **Acciones Variables** *(pg. 33)*
   - 7.1 Acciones del Viento
   - 7.2 Acciones de Nieve
   - 7.3 Acciones de Uso en Mantenimiento
   - 7.4 Acciones de Producto
8. **Combinación de Acciones** *(pg. 41)*
   - 8.1 Cálculo de las combinaciones consideradas
   - 8.2 Interpretación de resultados
9. **Comprobación Estructural: Pórtico Interior Estándar** *(pg. 45)*
   - 9.1 Definición del sistema estructural
   - 9.2 Propiedades del pilar
   - 9.3 Hipótesis de cálculo y comprobaciones

9.4 Cálculo del Pilar en voladizo
9.5 Cálculo del Pórtico completo
9.6 Interpretación del comportamiento estructural

10. Velocidad Crítica de Viento en Pórtico Interior Estándar ***(pg. 51)***

10.1 Caso con Ventanas cerradas con producto y presión
10.2 Caso con Ventanas abiertas con producto y succión
10.3 Interpretación de resultados

11. Comprobación de la Cimentación del Pilar ***(pg. 55)***

11.1 Características del terreno y de la cimentación en la base
11.2 Comprobación a Hundimiento
11.3 Comprobación a Levantamiento
11.4 Comprobación a Deslizamiento

12. Conclusión del Anejo ***(pg. 61)***

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto la definición, cuantificación y comprobación estructural del invernadero multicapilla modelo 12,80 objeto del proyecto, considerando su configuración real, los elementos que lo componen y las acciones a las que se encuentra sometido.

El análisis se basa en la geometría y disposición efectiva del invernadero, formado por cuatro capillas adosadas, así como en las secciones y materiales de sus elementos principales y secundarios (pilares, arcos, tirantes, pendolones, correas, canales, sistemas cenitales y uniones). A partir de esta base se realiza la evaluación del peso propio de la estructura, diferenciando entre pórticos interiores estándar, reforzados y frontales.

Sobre dicha estructura se incorporan las acciones variables más relevantes en este tipo de instalaciones, en particular viento, nieve, mantenimiento y carga de cultivo, definidas conforme a los criterios normativos aplicables. Estas acciones se combinan para identificar los estados más desfavorables y establecer las condiciones de cálculo.

De forma complementaria, se consideran los condicionantes agronómicos y constructivos que influyen en el diseño de la estructura, de modo que el comportamiento resistente, la funcionalidad del invernadero y su ejecución en obra queden integrados en un mismo planteamiento.

Además, el anejo incluye la comprobación estructural del pórtico interior estándar, analizando tanto el comportamiento del pilar como elemento aislado como el funcionamiento del conjunto estructural, con el objetivo de interpretar la transmisión real de esfuerzos. Asimismo, se realiza una estimación de la velocidad de viento asociada al límite elástico del acero, con el fin de disponer de una referencia tangible del comportamiento del sistema.

Finalmente, se aborda la comprobación de la cimentación del pilar, evaluando su comportamiento frente a hundimiento, levantamiento y deslizamiento, a partir de las solicitaciones obtenidas en el análisis estructural.

2. NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

El dimensionado, la justificación resistente y la definición constructiva del invernadero se apoyan en una combinación de normativa específica para invernaderos, normativa general de acciones y estructuras metálicas, y documentación técnica propia del sistema adoptado. Esta combinación es necesaria porque, aunque el invernadero comparte con otras estructuras metálicas ciertos principios resistentes básicos, presenta particularidades claras por su ligereza, su gran superficie expuesta al viento, la flexibilidad del cerramiento y el peso relativo que adquieren tanto el montaje como el sistema de uniones.

Las referencias principales empleadas en el presente anejo son las siguientes:

- **UNE-EN 13031-1:2020**, como norma específica de proyecto y construcción de invernaderos para producción comercial.
- **CTE DB-SE-AE**, especialmente en lo relativo a acciones climáticas y sobrecargas.
- **CTE DB-SE-C**, sobre las medidas de seguridad estructural, la capacidad portante y la aptitud del servicio en los elementos de cimentación.
- **Anejo D del DB-SE-AE**, para la caracterización de la acción del viento según entorno, altura y aspereza del terreno.
- **Eurocódigo 1 (EN 1991-1-4)**, como apoyo general para la formulación de la acción del viento.
- **Eurocódigo 3 (EN 1993-1-1)**, para los criterios de comprobación de elementos de acero.
- **Informe UNE 76209 sobre acciones del viento en invernaderos comerciales**, como referencia complementaria específica para este tipo de estructuras.

La UNE-EN 13031-1:2020 constituye la base normativa principal del anejo, ya que está específicamente orientada al diseño y construcción de invernaderos comerciales. Su importancia no radica solo en que regula las acciones o las combinaciones de carga, sino en que adapta los criterios estructurales a una tipología muy particular, en la que el cerramiento es ligero, la ocupación humana es reducida y el comportamiento frente al viento adquiere un peso mucho mayor que en una edificación convencional. Por ello, esta norma es la que mejor encaja con la naturaleza real del proyecto.

Para el desarrollo de las acciones variables, y en particular de las acciones de viento, nieve y mantenimiento, se utilizan los criterios del CTE DB-SE-AE, que proporcionan una base general reconocida para la definición de acciones en

estructuras. Dentro de este documento cobra especial importancia el Anejo D, ya que permite valorar la influencia del entorno sobre la acción del viento mediante parámetros como el grado de aspereza del terreno, la altura considerada y la exposición de la estructura. En un invernadero multicapilla, donde la relación entre superficie expuesta y peso propio es muy desfavorable, este punto no es accesorio, sino decisivo.

Como apoyo complementario para la acción del viento se consideran también los principios de la EN 1991-1-4, especialmente en lo relativo a la presión dinámica básica y al planteamiento general de la acción eólica. No obstante, estos criterios generales no se aplican de forma aislada, sino puestos en relación con la UNE-EN 13031 y con el Informe UNE 76209, que permiten ajustar mejor el cálculo a la geometría y comportamiento aerodinámico propios de los invernaderos comerciales. Este matiz es importante, porque aplicar sin más criterios pensados para edificios cerrados llevaría a simplificaciones poco adecuadas en una estructura como la presente.

En lo referente a la comprobación de los elementos resistentes de acero, se adoptan los criterios generales del Eurocódigo 3 (EN 1993-1-1). Esta norma se utiliza como referencia para la evaluación de elementos sometidos a compresión, tracción y flexión, así como para la valoración de aspectos ligados a la estabilidad y a la esbeltez. Su aplicación en este anejo se realiza con un enfoque práctico y simplificado, coherente con el nivel de desarrollo pretendido, sin llegar a reproducir un cálculo completo por elementos finitos de toda la estructura.

3. DESCRIPCIÓN Y SECUENCIA DE MONTAJE DEL INVERNADERO

El invernadero objeto del presente anejo corresponde a una estructura multicapilla modelo 12,80 fabricada en acero y destinada a la producción hortícola intensiva.

Para este proyecto el multicapilla consta de cuatro capillas adosadas con arco gótico y ventilación cenital continua tipo mariposa. Se trata de una tipología específica en invernaderos comerciales para la producción de tomate, en la que se combina una elevada superficie útil de cultivo con una estructura ligera, modular y repetitiva, optimizada tanto desde el punto de vista resistente como constructivo.

La geometría general del conjunto viene definida por una longitud total de 99,00 m y una anchura útil de 51,20 m, correspondiente a las cuatro capillas de 12,80 m de luz cada una (de ahí el nombre del modelo), siendo el área del invernadero de 5068,8 m^2. A esta anchura se añaden los balcones laterales de refuerzo, de 2,50 m por cada lado, alcanzándose una anchura total de 56,20 m y una superficie total ocupada de 5568,8 m^2.

La altura a canal es de 4,50 m, mientras que la altura a cumbrera se sitúa en 7,5 m, configurando un volumen interior adecuado tanto para el desarrollo del cultivo como para el funcionamiento de la ventilación cenital.

La modulación estructural es regular y responde a un esquema repetitivo de pórticos transversales separados 3,00 m en el desarrollo longitudinal del invernadero, salvo en los frontales, donde la modulación adoptada es de 3,20 m. Este planteamiento modular condiciona tanto la disposición de los elementos resistentes como la organización del montaje, permitiendo una ejecución sistemática basada en la repetición de unidades estructurales.

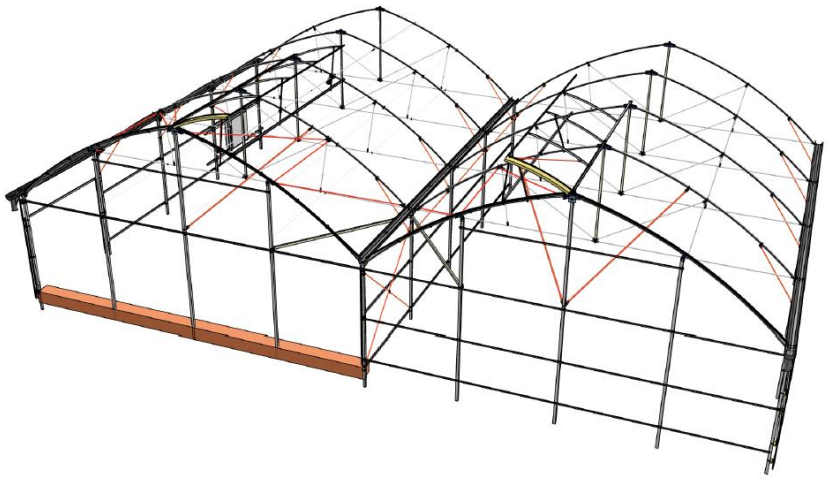


Figura 1. Vista isométrica del modelo 12,80 simplificado

3.1. Configuración estructural general

La estructura resistente se organiza a partir de una sucesión de pórticos transversales formados por pilares y arcos, conectados longitudinalmente mediante canales, correas y elementos de arriostramiento.

Los pilares laterales e interiores, de sección 80 x 80 x 3 mm, constituyen los apoyos principales de la estructura, mientras que los pilares frontales, de sección 140x80x3 mm, presentan una mayor rigidez para adaptarse a las condiciones particulares de los extremos del invernadero.

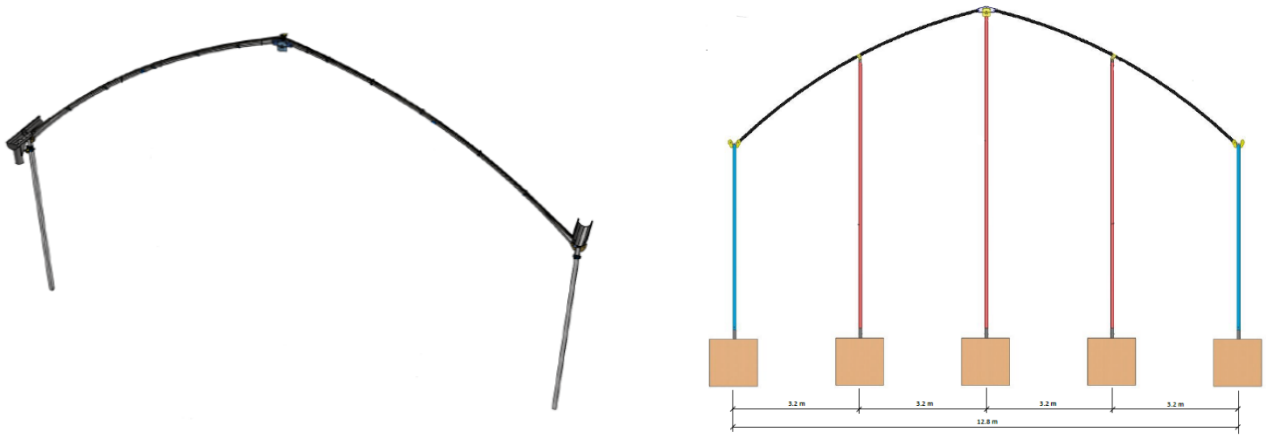


Figura 2. Pórtico interior (izda.) y Pórtico frontal (dcha.)

Sobre estos pilares se disponen los arcos, cuya geometría y disposición determinan en gran medida el comportamiento global frente a cargas verticales y acciones de viento.

Cada arco se compone de dos semicurvas de perfil oval 90 x 60 x 1,5 mm, unidas en su parte superior mediante una clave, que actúa como elemento de continuidad y conexión entre ambas mitades.

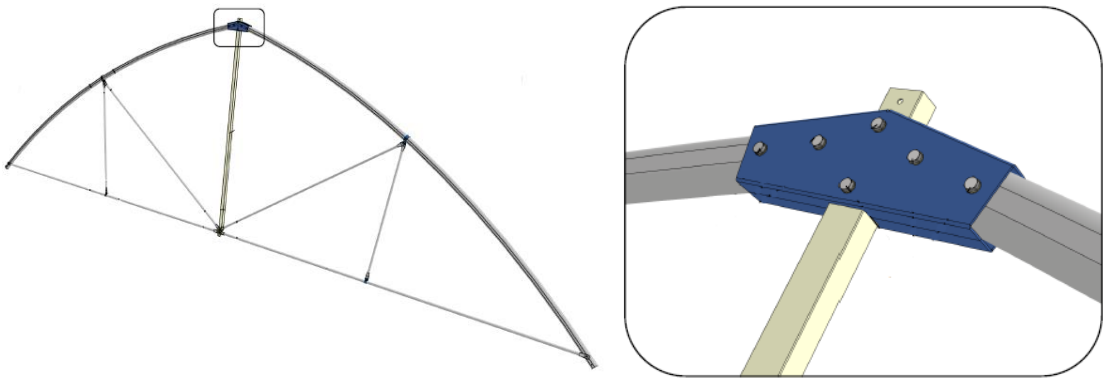


Figura 2. Arco reforzado (Izda.) y clave de unión de arcos y pendolón (derecha)

El conjunto se completa con una red de elementos secundarios que garantizan la estabilidad y la rigidez del sistema:

- **Pendolones**, de distinta longitud según su posición en la nave, que colaboran en la transmisión de cargas desde la cubierta hacia los elementos inferiores.
- **Tirantes y tirantillos**, que rigidizan el conjunto y limitan deformaciones, especialmente en las zonas centrales y laterales.

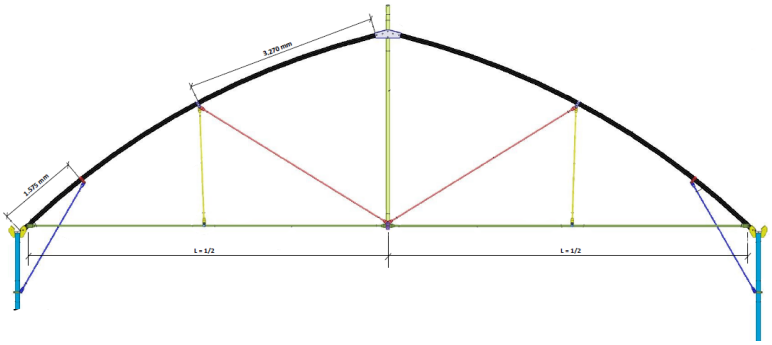


Figura 3. Pórtico interior reforzado

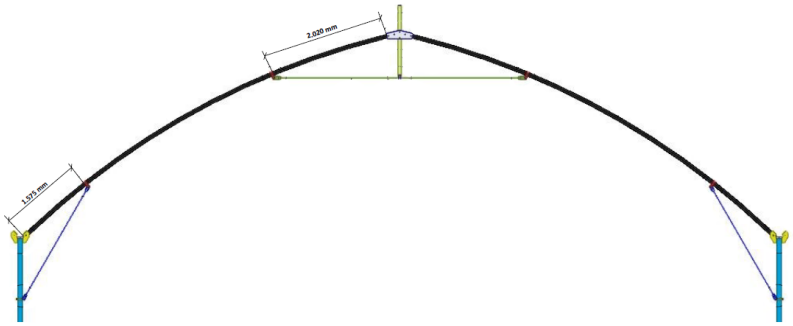


Figura 4. Pórtico interior estándar

- **Cruces de San Andrés, Riostras longitudinales y frontales**, que estabilizan la estructura frente a acciones horizontales.

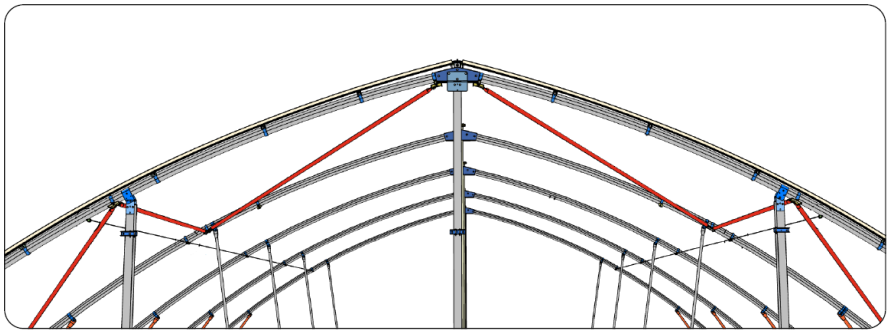


Figura 5. Sistema de arriostramiento frontal

- **Correas perfil M**, que sirven de soporte al cerramiento y contribuyen a la rigidez longitudinal.



Figura 6. Disposición de correas laterales

- **Canales longitudinales**, que además de su función hidráulica actúan como elemento de unión longitudinal entre pórticos.

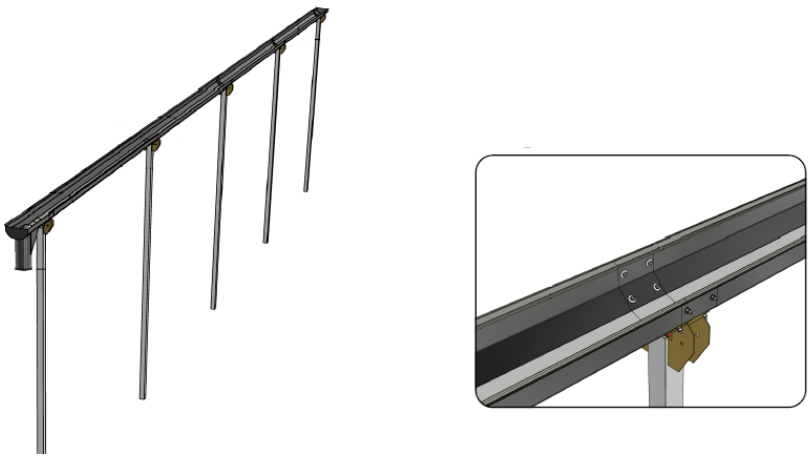


Figura 7. Disposición de canales

El comportamiento del invernadero no depende exclusivamente de la capacidad resistente de cada uno de estos elementos por separado, sino de su interacción a través de los nudos y uniones, lo que convierte al conjunto en una estructura espacial ligera altamente colaborante.

3.2. Sistema de uniones y nudos estructurales

Las uniones constituyen un elemento esencial en el comportamiento global de la estructura, ya que la mayor parte de la transmisión de esfuerzos se realiza mediante conexiones mecánicas, sin recurrir a soldadura en obra. Este planteamiento constructivo condiciona directamente el funcionamiento estructural del conjunto, especialmente en lo relativo a la distribución de cargas, la rigidez de los nudos y la capacidad de absorción de esfuerzos horizontales.

Las uniones principales, como la conexión entre pilares y arcos, se resuelven mediante escuadras metálicas atornilladas, configurando el nudo estructural básico de cada pórtico. A partir de estos nudos se articula el resto del sistema mediante la combinación de distintos elementos de unión:

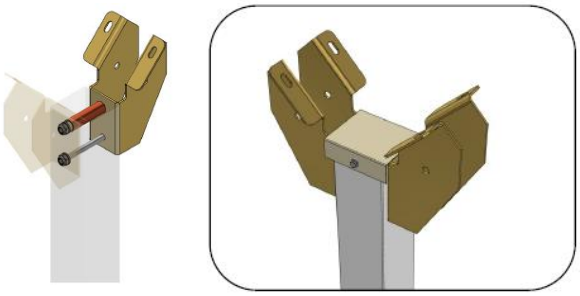


Figura 8. Escuadras estructurales (capiteles)

- Pletinas atornilladas, empleadas en la conexión entre tirantes, pendolones, montantes y diagonales, formando configuraciones trianguladas que mejoran la rigidez del conjunto.

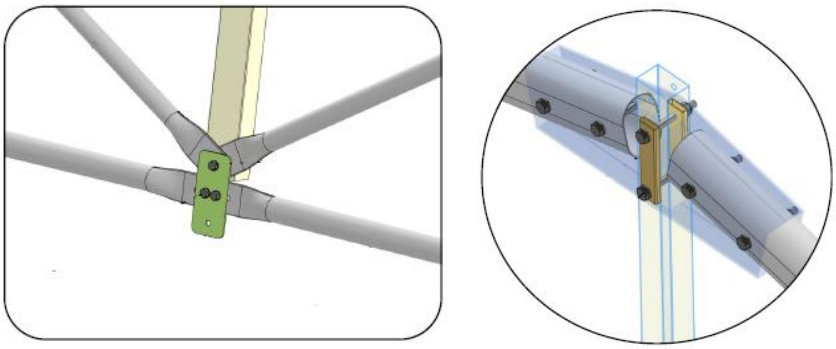


Figura 9. Pletinas de unión para diferentes componentes

- Bridas tipo omega y tipo U, utilizadas en la unión de elementos tubulares, especialmente en la conexión de diagonales y montantes con los arcos.

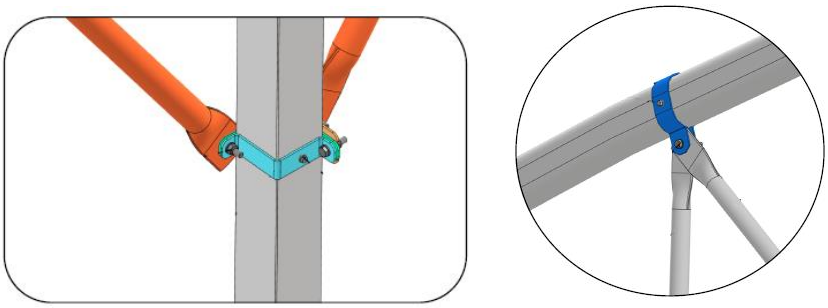


Figura 10. Semibrida omega (izda.) y brida U (dcha.) para unión de refuerzos a estructura principal

- Alineadores (interiores, exteriores, unitarios y dobles), empleados en la continuidad y fijación de perfiles, especialmente en el sistema de correas y en la unión de perfiles asociados al cerramiento.

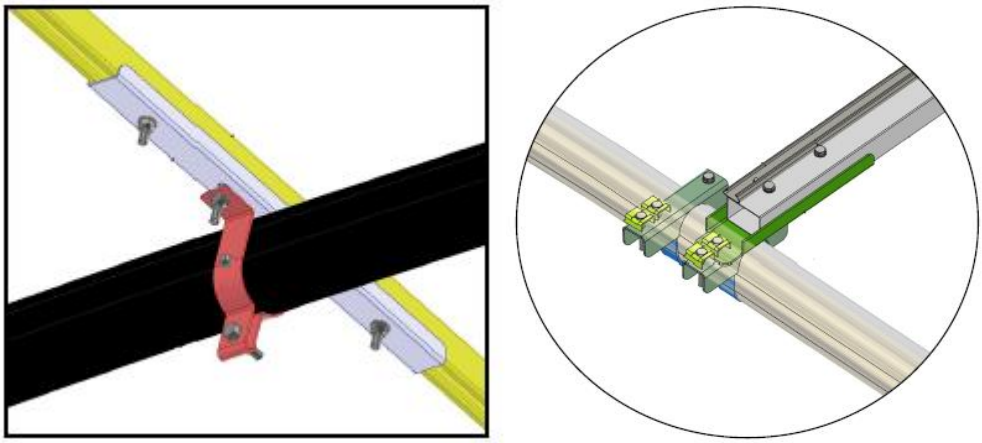


Figura. 11. Alineador exterior para unión de correa cenital a arcos

En cuanto a la tornillería, el sistema se basa principalmente en uniones mediante tornillos con tuerca autoblocante y arandelas mixtas, lo que permite garantizar el mantenimiento del apriete y mejorar la transmisión de esfuerzos por fricción entre las superficies en contacto. En elementos secundarios o de menor responsabilidad estructural se emplean tornillos autotaladrantes, adecuados para fijaciones rápidas y de menor exigencia resistente.

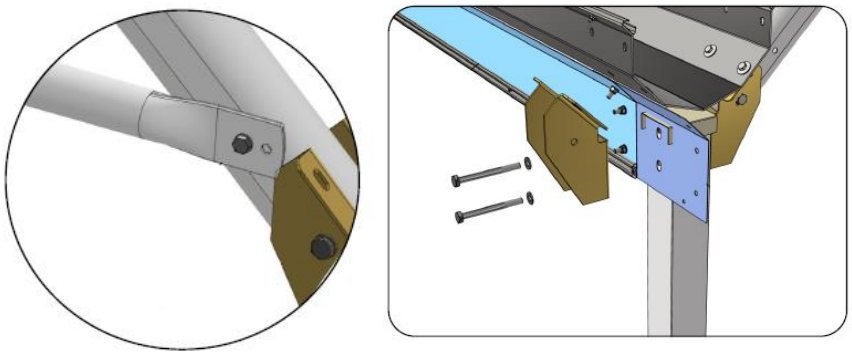


Figura. 12. Atornillamiento autotaladrante (izda.) y unión atornillada con tuerca autobloqueante y arandela (dcha.)

En términos generales, el comportamiento de las uniones responde mayoritariamente a un esquema de transmisión por apriete, en el que el rozamiento entre superficies juega un papel relevante, aunque en determinados puntos se producen también apoyos directos entre elementos, como en el caso de la conexión de canales con escuadras.

Este sistema de uniones permite configurar una estructura completamente ensamblada en obra, con una elevada adaptabilidad y sin necesidad de procesos de soldadura, lo que resulta coherente con el carácter modular y repetitivo del invernadero.

3.3. Sistema de ventilación cenital y transmisión de movimiento

El invernadero incorpora un sistema de ventilación cenital tipo mariposa, continuo a lo largo de las capillas, cuya apertura se realiza mediante un sistema mecánico de transmisión accionado por motorreductores.

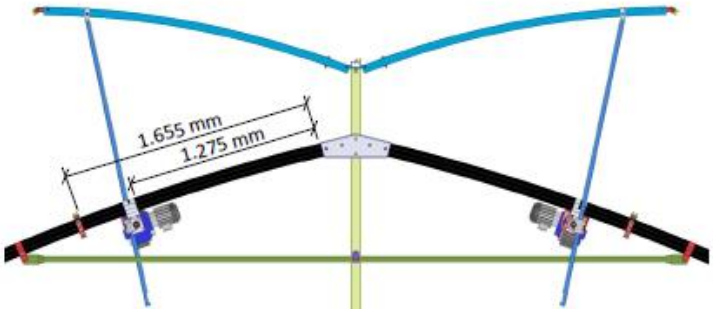


Figura 13. Apertura de ventana cenital mediante sistema motorreductor-barra de mando-caja piñón y cremallera

Cada capilla dispone de dos motorreductores situados en la zona central, que transmiten el movimiento a una barra de mando longitudinal mediante un sistema de piñón y cadena. La barra de mando se compone de tramos de 6 m, conectados entre sí mediante casquillos interiores, lo que permite su continuidad a lo largo de toda la nave.

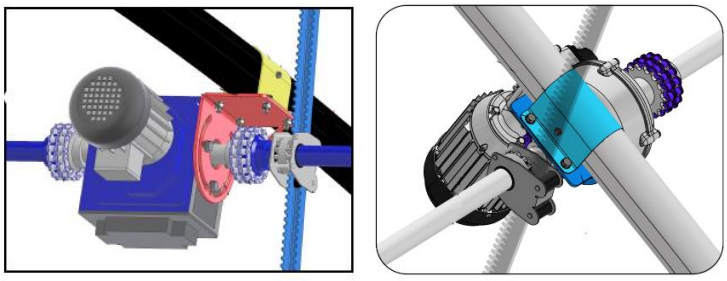


Figura 14. Unión de motorreductor a Arco mediante brida y pletina

La barra se apoya sobre los arcos mediante bridas con cojinete, que permiten su giro y transmisión de movimiento. En cada módulo de ventana se dispone una caja de piñón con cremallera, que transforma el movimiento longitudinal en desplazamiento del brazo de apertura de la ventana, conectado mediante una brida al sistema móvil.

Este conjunto introduce sobre la estructura no solo cargas permanentes adicionales, sino también efectos asociados a excentricidades, discontinuidades y puntos de concentración de esfuerzos, especialmente en la zona superior de los arcos y en los nudos donde se apoyan los elementos móviles.

3.4. Sistema de arriostramiento y estabilidad global

La estabilidad del conjunto frente a acciones horizontales se garantiza mediante una combinación de arriostramientos longitudinales, transversales y elementos exteriores que trabajan de forma conjunta para evitar mecanismos de inestabilidad.

En el desarrollo longitudinal se disponen cruces de San Andrés, ubicadas en los extremos de cada hilera estructural, entre el segundo y el cuarto pilar, y vinculadas al pilar intermedio mediante uniones atornilladas.

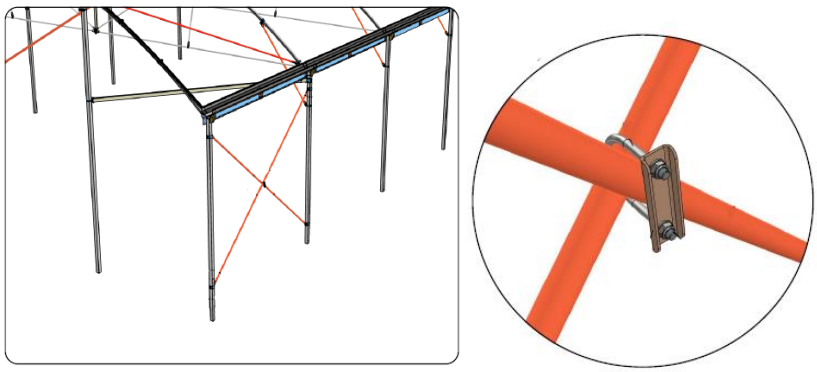


Figura 15. Cruces de San Andrés con abarcón

Estas configuraciones trianguladas permiten limitar los desplazamientos relativos entre pórticos y aportan rigidez frente a acciones de viento en dirección longitudinal.

En los frontales del invernadero se incorporan arriostramientos de sección 80x60x1,5 mm, dispuestos entre pilares frontales y laterales, reforzando las zonas más expuestas y contribuyendo a la estabilidad global del conjunto.

Los balcones laterales desempeñan igualmente un papel relevante en la estabilidad transversal. Además de su configuración principal como elemento inclinado

embebido en cimentación, estos incorporan una estructura secundaria en forma de configuración triangular tipo “Z”, resuelta mediante pendolones de menor sección unidos entre sí mediante fijaciones mecánicas. Esta disposición mejora la rigidez del conjunto en los extremos y permite una mejor redistribución de esfuerzos hacia el terreno.

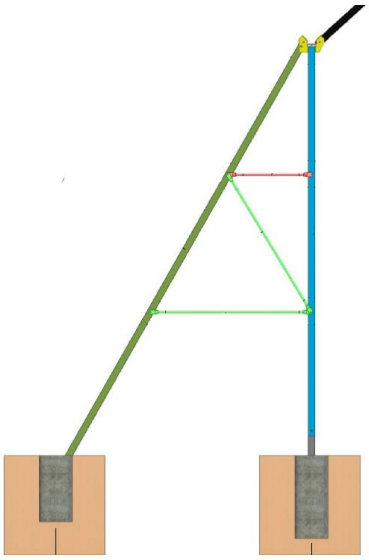


Figura 16. Balcón Lateral cimentado unido a escuadra de pilar

En conjunto, estos sistemas de arriostramiento permiten que una estructura de reducido espesor y peso propio alcance un comportamiento global estable, evitando deformaciones excesivas y garantizando la integridad del conjunto frente a acciones exteriores.

3.5. Sistema de correas y fijación del cerramiento

El sistema de correas se resuelve principalmente mediante perfiles tipo M, que recorren longitudinalmente la estructura y sirven de soporte tanto para el cerramiento como para determinados elementos auxiliares del sistema cenital.

La continuidad de estos perfiles se garantiza mediante el uso de alineadores, que permiten la correcta unión entre tramos y su fijación a los distintos elementos estructurales, incluyendo arcos frontales, correas intermedias y elementos asociados a la ventilación. Este sistema asegura la alineación y estabilidad del conjunto, además de facilitar la adaptación a las geometrías curvas de la cubierta.

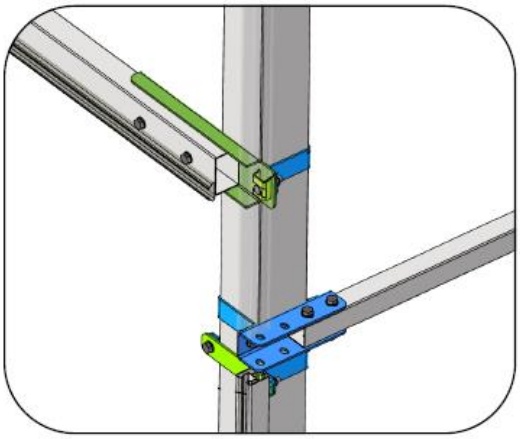


Figura 17. Fijación de correas laterales y frontales al pilar

El cerramiento del invernadero se materializa mediante film plástico, que se fija mediante taqueo a los perfiles mediante canutillos de PVC, alojados en los perfiles M. Este sistema, aunque de carácter no estructural, introduce una carga distribuida sobre la estructura y contribuye a la interacción global frente a acciones de viento, al transmitir las presiones al sistema de correas y, a través de estas, al resto de la estructura.

3.6. Consideraciones finales sobre la configuración estructural

La estructura del invernadero no debe interpretarse como un conjunto de elementos independientes, sino como un sistema continuo en el que la interacción entre perfiles, uniones, arriostramientos y elementos auxiliares resulta determinante para su comportamiento global.

La utilización de uniones mecánicas, la presencia de elementos de rigidización distribuidos, la integración del sistema cenital y la existencia de refuerzos laterales mediante balcones configuran un sistema estructural coherente, en el que la estabilidad y la capacidad resistente dependen tanto del diseño geométrico como de la correcta disposición de los elementos secundarios y de las conexiones entre ellos.

Esta visión global resulta fundamental para abordar en los apartados siguientes la cuantificación de cargas, la transmisión de esfuerzos y la comprobación de los elementos más significativos de la estructura.

4. CONDICIONANTES AGRONÓMICOS DE LA ESTRUCTURA

El diseño estructural del invernadero no puede desvincularse de las necesidades agronómicas del cultivo al que está destinado, ya que tanto la geometría como la disposición de los elementos y los sistemas auxiliares responden directamente a los requisitos de producción. En el caso del presente proyecto, el invernadero se destina al cultivo de tomate en sistema hidropónico, lo que condiciona de forma significativa la configuración adoptada.

El cultivo previsto corresponde a tomate de crecimiento indeterminado, conducido a dos guías por planta, con una separación aproximada entre plantas de 0,45 m y una distancia entre líneas de cultivo del orden de 2,50 m. Este esquema de plantación implica una elevada densidad de vegetación y una importante carga suspendida, ya que el desarrollo vertical del cultivo, con alturas de hasta 3,00 m, se realiza mediante sistemas de entutorado apoyados en la estructura del invernadero.

Desde el punto de vista estructural, esta circunstancia justifica la necesidad de disponer de una estructura superior continua y suficientemente rigidizada, capaz de soportar no solo el peso propio del cultivo, sino también las cargas adicionales derivadas de su manejo y desarrollo. La presencia de elementos como tirantes, pendolones y sistemas de fijación en la zona superior responde, en parte, a esta exigencia funcional, permitiendo una correcta distribución de las cargas asociadas al cultivo.

La altura del invernadero, con una cota de cumbrera de 7,5 m, no solo responde a criterios estructurales, sino que está directamente relacionada con la necesidad de disponer de un volumen de aire suficiente para favorecer el control climático, especialmente en condiciones de elevada radiación y temperatura. Este aspecto resulta especialmente relevante en el periodo de cultivo considerado, comprendido entre mediados de marzo y septiembre, donde la ventilación y la inercia térmica del aire interior condicionan el desarrollo del cultivo.

En este sentido, la incorporación de ventilación cenital continua tipo mariposa en todas las capillas constituye un elemento clave desde el punto de vista agronómico, al permitir una evacuación eficiente del aire caliente y una renovación adecuada del ambiente interior. La presencia de mallas anti-insectos en las aperturas cenitales introduce, no obstante, una cierta restricción al flujo de aire, lo que justifica la necesidad de disponer de una superficie de ventilación suficiente y de una geometría que favorezca la convección natural.

La modulación estructural adoptada, con pórticos cada 3,00 m, resulta igualmente compatible con la organización del cultivo, permitiendo una disposición regular de

las líneas de plantación y facilitando las labores de manejo, mantenimiento y recolección. La separación entre hileras y la continuidad longitudinal del invernadero se integran así con la estructura, dando lugar a un sistema funcionalmente coherente.

Por último, el carácter ligero de la estructura, junto con el empleo de cerramientos plásticos, responde también a criterios agronómicos, ya que permite maximizar la transmisión de radiación solar al interior del invernadero, factor determinante en el rendimiento del cultivo. Esta condición, sin embargo, implica una menor contribución del cerramiento a la estabilidad estructural, lo que debe compensarse mediante un adecuado diseño del sistema portante y de sus elementos de rigidización.

5. CRITERIOS ADOPTADOS PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Desde el punto de vista metodológico, el análisis estructural del invernadero se basa en la evaluación de elementos representativos del sistema, evitando el uso de modelos globales complejos y centrándose en la interpretación del comportamiento real de la estructura a partir de su configuración, sus uniones y el recorrido de cargas.

Este planteamiento permite trabajar con un nivel de detalle suficiente para justificar el comportamiento resistente del conjunto, manteniendo al mismo tiempo una visión clara del funcionamiento estructural.

En este sentido, el análisis se desarrolla conforme a los siguientes criterios:

1. Evaluación de las cargas permanentes a partir de la cuantificación real de los elementos que componen la estructura, distinguiendo entre pórticos interiores estándar, reforzados y frontales.
2. Definición de las acciones variables (viento, nieve, mantenimiento y producto) según normativa aplicable, identificando su influencia relativa en el comportamiento del sistema.
3. Establecimiento de combinaciones de acciones representativas, diferenciando entre situaciones teóricas más desfavorables y condiciones reales de explotación del invernadero.
4. Análisis del pórtico interior estándar como elemento representativo, evaluando tanto el comportamiento del pilar como elemento aislado como el funcionamiento conjunto del pórtico.
5. Estimación del orden de magnitud de la acción del viento necesaria para alcanzar el límite elástico del acero, con el fin de disponer de una referencia física del comportamiento estructural.
6. Comprobación de la cimentación del pilar, considerando la transmisión de esfuerzos al terreno y su comportamiento frente a hundimiento, levantamiento y deslizamiento.
7. Consideración del papel de las uniones mecánicas y elementos de arriostramiento como parte activa del sistema resistente, influyendo en la redistribución de esfuerzos y en la rigidez global.

6. ACCIONES PERMANENTES DE LA ESTRUCTURA

Las cargas permanentes consideradas en el presente anejo corresponden al peso propio de la estructura metálica del invernadero y al de aquellos elementos auxiliares que, por encontrarse solidarios a ella o apoyarse directamente sobre sus perfiles principales, transmiten de forma permanente sus cargas al sistema resistente. En una estructura ligera como la analizada, este estado de carga no es el más desfavorable frente a las combinaciones con viento, pero sí constituye la base sobre la que actúan el resto de las solicitaciones y, por tanto, debe quedar correctamente cuantificado.

La evaluación del peso propio se realiza a partir de los pesos lineales y unitarios de los elementos realmente empleados, de su longitud o número por pórtico y de la geometría real del sistema estructural. Como unidad básica de análisis se adopta el módulo interior de 3,00 m, correspondiente a la separación entre pórticos en el desarrollo longitudinal del invernadero, lo que da lugar a una superficie de cálculo de:

$$A = 3{,}00 \cdot 12{,}80 = 38{,}40\ m^2$$

No obstante, esta cuantificación se matiza distinguiendo entre pórticos interiores estándar, pórticos interiores reforzados y pórticos frontales, ya que la disposición de tirantes, pendolones, diagonales, montantes, perfiles secundarios y herrajes no es idéntica en todos ellos.

6.1. Criterio general de cuantificación

A efectos de cálculo del peso propio, los elementos se agrupan en cuatro familias:

- **Estructura principal**, formada por pilares, arcos, claves, canales y escuadras de cabeza de pilar;
- **Estructura secundaria resistente**, integrada por tirantes, tirantillos, pendolones, diagonales, montantes, riostras y correas con función resistente o de apoyo directo;
- **Subsistema cenital**, formado por correa cenital, perfiles C superiores, bisagras, brazos de ventana, líneas de perfil M asociadas a la apertura, barra de mando, cremalleras, cajas de piñón y piezas auxiliares de transmisión;
- **Herrajes y uniones**, tales como bridas, alineadores, pletinas, tornillería, casquillos y otros elementos de fijación.

Este criterio permite cuantificar el peso de forma ordenada y, sobre todo, evita el error de considerar únicamente arcos y pilares como estructura única y aislada. En

este tipo de invernaderos las solicitaciones de la canal, la cumbrera cenital, la escuadra de apoyo y el conjunto de piezas auxiliares vinculadas a la ventana aportan una fracción relevante del peso propio.

6.2. Geometría resistente de referencia

El arco de cada capilla está formado por dos semicurvas ovales 90x60x1,5 mm, unidas en clave. El plano de fabricación de la semicurva indica un desarrollo de 7.250 mm por pieza, con geometría gótica y altura de referencia compatible con la cota de cumbrera del invernadero.

Por tanto, el desarrollo total del arco es:

$$L_{arco} = 2 \cdot 7{,}25 = 14{,}50\ m$$

La geometría gótica del arco favorece un trabajo predominantemente a compresión, pero introduce en los apoyos una componente horizontal apreciable. Este aspecto hace que la unión entre el arco, la escuadra y el pilar no sea una simple fijación geométrica, sino uno de los nudos resistentes más importantes del conjunto donde destaca precisamente la unión de cabeza de pilar como elemento crítico, por concentrar los esfuerzos procedentes del arco, del canal y de los elementos asociados a él.

6.3. Peso propio de la estructura principal

Arco

El peso lineal de la semicurva oval es:

$$p_{sc} = 2{,}90\ kg/m$$

Peso del arco completo:

$$P_{arco} = 14{,}50 \cdot 2{,}90 = 42{,}05\ kg$$

Claves de unión del arco

Cada arco incorpora dos claves de unión, de peso unitario:

$$P_{clave} = 3{,}625\ kg$$

Peso total de claves por arco:

$$P_{claves} = 2 \cdot 3{,}625 = 7{,}25\ kg$$

Pilares interiores/laterales

Los pilares interiores y laterales son perfiles 80x80x3 mm de 5,30 m de longitud. Adoptando un peso lineal representativo de:

$$p_{80x80x^2} = 4{,}90\ kg/m$$

resulta:

$$P_{pilar} = 5{,}30 \cdot 4{,}90 = 25{,}97\ kg$$

Peso de los dos pilares del módulo interior:

$$P_{2pilares} = 2 \cdot 25{,}97 = 51{,}94\ kg$$

Escuadras de cabeza de pilar

Cada apoyo arco–pilar incorpora una escuadra de:

$$P_{escuadra} = 5{,}24\ kg$$

Peso de las dos escuadras del módulo:

$$P_{escuadras} = 2 \cdot 5{,}24 = 10{,}48\ kg$$

Estas escuadras no cumplen un papel accesorio. Además de su peso permanente local, constituyen el nudo donde descargan el arco, la canal y parte del sistema de rigidización. Su papel es, por tanto, es el de un capitel estructural y no meramente de apoyo.

6.4. Peso propio del sistema de canal

Cada módulo interior incorpora dos tramos de canal, uno a cada lado de la capilla. El peso unitario de cada tramo de 3,00 m es:

$$P_{canal,3m} = 18{,}84\ kg$$

Peso de las dos canales del módulo:

$$kgP_{canales} = 2 \cdot 18{,}84 = 37{,}68\ kg$$

Sobre cada canal se disponen además dos perfiles C para taqueo del plástico, con peso lineal:

$$pc = 1{,}60\ kg/m$$

Peso de los dos perfiles C sobre una canal:

$$P_{2C/canal} = 2 \cdot 3{,}00 \cdot 1{,}60 = 9{,}60\ kg$$

Peso total de perfiles C sobre ambas canales:

$$P_{2canales+2C} = 2 \cdot 9{,}60 = 19{,}20\ kg$$

Peso total del subsistema de canal:

$$P_{canal\ total} = 37{,}68 + 19{,}20 = 56{,}88\ kg$$

Este valor confirma que la canal longitudinal no puede interpretarse únicamente como elemento de recogida de agua. Su peso propio, junto con el de los perfiles auxiliares que soporta, la convierte en una línea estructural de carga relevante, apoyada directamente sobre el nudo de cabeza de pilar.

6.5. Peso propio del subsistema cenital

La cumbrera incorpora un subsistema permanente formado por la correa cenital, los perfiles C de taqueo, la bisagra, el sistema de apertura de la ventana y la transmisión longitudinal del movimiento. A ello debe añadirse el conjunto de perfiles M longitudinales asociados tanto a la propia hoja de la ventana como al cierre de los paños comprendidos entre el final de esta y la canal.

Correa cenital rectangular

Peso lineal:

$$p_{cc} = 2{,}28\ kg/m$$

Para un módulo de 3,00 m:

$$P_{cc} = 3{,}00 \cdot 2{,}28 = 6{,}84kg$$

Perfiles C superiores sobre cumbrera

Sobre la correa cenital se disponen dos perfiles C:

$$P_{2C,cumbrera} = 2 \cdot 3{,}00 \cdot 1{,}60 = 9{,}60kg$$

Bisagra de ventana

$$P_{bisagra} = 2{,}51kg$$

Brazos de apertura

Cada ventana mariposa dispone de dos brazos, uno por hoja. Con una longitud de 2,00 m y peso lineal:

$$p_{brazo} = 2{,}868kg/m$$

resulta:

$$P_{brazos} = 2 \cdot 2{,}00 \cdot 2{,}868 = 11{,}47\ kg$$

Líneas de perfil M asociadas a la ventana

Cada hoja de la ventana se vincula a una línea longitudinal de perfil M, unida al brazo mediante alineador exterior y alineadores unitarios. Como se trata de ventana doble, el módulo incorpora dos líneas de este tipo:

$$P_{2M,vent} = 2 \cdot 3{,}00 \cdot 1{,}86 = 11{,}16\ kg$$

Además, una vez terminada la hoja móvil de 2,00 m, se dispone otra línea longitudinal de perfil M por cada lado, situada entre el borde de la ventana y la canal, para cerrar el paño de cubierta y permitir el taqueo del plástico. Por tanto, deben añadirse otras dos líneas longitudinales de perfil M:

$$P_{2M,cierre} = 2 \cdot 3{,}00 \cdot 1{,}86 = 11{,}16\ kg$$

La presencia de estas correas no es secundaria, ya que completan el subsistema resistente y funcional de cubierta entre la zona móvil de la ventana y el apoyo en canal, reduciendo así el vano.

Alineadores exteriores y unitarios

Cada hoja incorpora un alineador exterior de:

$$P_{al,ext} = 0{,}607\ kg$$

y dos alineadores unitarios de:

$$P_{al,uni} = 0{,}053\ kg$$

Peso total por ventana mariposa:

$$P_{alineadores} = 2 \cdot 0{,}607 + 4 \cdot 0{,}053 = 1{,}426\ kg$$

Cajas de piñón y cremalleras

Cada módulo incorpora dos cajas de piñón, una por hoja:

$$P_{2cajas} = 2 \cdot 0{,}505 = 1{,}01\ kg$$

La cremallera recta tiene un peso de:

$$P_{cremallera} = 1{,}80\ kg$$

y, al tratarse de ventana doble:

$$P_{2cremalleras} = 2 \cdot 1{,}80 = 3{,}60\ kg$$

Barra de mando y casquillos

La ventana cenital trabaja con dos líneas de mando, una por cada lado de la cumbrera. El peso lineal de la barra de mando de aluminio es:

$$p_{bm} = 1{,}95\ kg/m$$

Para un módulo de 3,00 m se obtiene:

$$P_{bm} = 2 \cdot 3{,}00 \cdot 1{,}95 = 11{,}70\ kg$$

Cada unión entre tramos se realiza mediante casquillo interior, de peso:

$$P_{casquillo} = 0{,}61\ kg$$

A escala de módulo, y sin entrar en un despiece longitudinal completo, se adopta una contribución distribuida equivalente de:

$$P_{casq,eq} = 0{,}61\ kg$$

Peso principal del subsistema cenital

$$P_{cenital} = 6{,}84 + 9{,}60 + 2{,}51 + 11{,}47 + 11{,}16 + 11{,}16 + 1{,}426 + 1{,}01 + 3{,}60 + 11{,}70 + 0{,}61$$

$$P_{cenital} = 71{,}09\ kg$$

6.6. Tirantes, tirantillos, pendolones, diagonales y montantes

Aquí se distingue entre pórticos interiores estándar y pórticos interiores reforzados.

Pórtico interior estándar

Está formado por:

- Un tirantillo corto de 4,28 m
- Un pendolón corto de 1,20 m

Peso del tirantillo:

$$P_{tirantillo} = 4{,}28 \cdot 1{,}42 = 6{,}0\ 8kg$$

Peso del pendolón corto:

$$P_{pend,c} = 1{,}20 \cdot 2{,}28 = 2{,}74\ kg$$

Peso principal del conjunto:

$$P_{std,sec} = 6{,}08 + 2{,}74 = 8{,}82\ kg$$

Pórtico interior reforzado

Los pórticos reforzados, correspondientes a los laterales y a los centrales de capilla donde se localizan los motores, incorporan:

- Dos medios tirantes de 6,26 m
- Un pendolón largo de 3,75 m
- Dos diagonales
- Dos montantes

Peso de los dos tirantes:

$$P_{2tirantes} = 2 \cdot 6{,}26 \cdot 1{,}42 = 17{,}78kg$$

Peso del pendolón largo:

$$P_{pend,l} = 3{,}75 \cdot 2{,}28 = 8{,}55\ kg$$

Para diagonales y montantes de perfil Ø32 mm y peso lineal:

$$p_{32} = 0{,}91\ kg/m$$

Considerando dos diagonales de 3,85 m y dos montantes de 2,05 m, el peso representativo del conjunto resulta:

$$P_{diag+mont} = 2 \cdot 3{,}85 \cdot 0{,}91 + 2 \cdot 2{,}05 \cdot 0{,}91 = 10{,}47\ kg$$

Peso del refuerzo principal del pórtico reforzado:

$$P_{ref} = 17{,}78 + 8{,}55 + 10{,}47 = 36{,}80kg$$

La diferencia entre el pórtico estándar y el reforzado es, por tanto, clara y suficientemente importante como para no admitir una única carga permanente representativa para todos los módulos interiores.

6.7. Bridas, pletinas, tornillería y piezas auxiliares

El número de uniones y piezas auxiliares es elevado y no resulta correcto agruparlas todas bajo un único valor fijo idéntico para cualquier nudo. Para la unión de elementos estructurales y de apoyo se utilizan:

- Bridas U y omegas pequeñas, del orden de 0,233 a 0,451 kg
- Bridas U y omegas grandes, del orden de 0,540 a 0,871 kg

- Pletinas de unión de tirantes y pendolones
- Alineadores interiores, dobles y exteriores
- Tornillería con tuerca autoblocante y arandelas mixtas
- Tornillos autotaladrantes en fijaciones menores
- Guardacabos, grilletes y herrajes auxiliares asociados a subsistemas concretos como las sirgas.

La densidad de estas piezas no es constante. Los nudos de cabeza de pilar, la cumbrera cenital y los pórticos reforzados concentran una cantidad mayor que los pórticos interiores estándar. Por ello, en lugar de imponer un único porcentaje global, se adopta una corrección diferenciada:

- **pórtico interior estándar**: **+8 %**
- **pórtico interior reforzado**: **+12 %**
- **pórtico frontal**: **+15 %**

Este criterio no sustituye completamente a un despiece exhaustivo, pero simplifica los cálculos en piezas menores para la representatividad del peso propio calculado.

6.8. Peso del cerramiento plástico

El cerramiento del invernadero se resuelve mediante film plástico de 200 g/m^2, equivalente a:

$$p_{plástico} = 0{,}20 kg/m^2$$

Este peso es reducido en comparación con el de la estructura metálica, pero no puede omitirse, ya que actúa de forma continua sobre toda la superficie cubierta y sobre los paños laterales y frontales cerrados.

Para el módulo interior de referencia, considerando la superficie horizontal de una capilla en un tramo de 3,00 m resulta:

$$P_{plástico,mod} = 38{,}40 \cdot 0{,}20 = 7{,}68 kg$$

Este valor representa únicamente la contribución mínima asociada al paño de cubierta del módulo de referencia.

6.9. Peso representativo del módulo interior estándar

Sumando los elementos principales del módulo estándar:

- Arco: 42,05 kg

- Claves: 7,25 kg
- Dos pilares: 51,94 kg
- Dos escuadras: 10,48 kg
- Sistema de canal con perfiles C: 56,88 kg
- Subsistema cenital principal: 71,09 kg
- Tirantillo corto + pendolón corto: 8,82 kg
- Plástico de cubierta: 7,68 kg

$$P_{mod,std} = 42{,}05 + 7{,}25 + 51{,}94 + 10{,}48 + 56{,}88 + 71{,}09 + 8{,}82 + 7{,}68$$

$$P_{mod,std} = 256{,}19\ kg$$

Aplicando el incremento del 8 % para herrajes, bridas, alineadores, tornillería y piezas menores:

$$P_{mod,std,corr} = 256{,}19 \cdot 1{,}08 = 276{,}69\ kg$$

Carga permanente equivalente:

$$q_{g,std} = \frac{276{,}69}{38{,}40} = 7{,}21\ kg/m^2$$

$$q_{g,ref} = 0{,}071\ kN/m^2$$

6.10. Peso representativo del módulo interior reforzado

Partiendo del mismo módulo base y sustituyendo el conjunto estándar de tirantillo y pendolón corto por el refuerzo correspondiente:

$$P_{mod,ref} = 42{,}05 + 7{,}25 + 51{,}94 + 10{,}48 + 56{,}88 + 71{,}09 + 36{,}80 + 7{,}68$$

$$P_{mod,ref} = 284{,}17\ kg$$

Aplicando el incremento del 12 %:

$$P_{mod,ref,corr} = 284{,}17 \cdot 1{,}12 = 318{,}27\ kg$$

Carga permanente equivalente:

$$q_{g,ref} = \frac{318{,}27}{38{,}40} = 8{,}29\ kg/m^2$$

$$q_{g,ref} = 0{,}081\ kN/m^2$$

6.11. Consideración sobre los pórticos frontales

A diferencia de los pórticos interiores, el pórtico frontal presenta una configuración singular, tanto por la sección y altura de sus pilares como por la cantidad de perfiles auxiliares, refuerzos y sistemas de cierre que incorpora.

Pilares frontales

El pórtico frontal se compone de cinco pilares de sección 140x80x3 mm:

- dos pilares bajo canal de 5,80 m
- dos pilares intermedios de 6,50 m
- un pilar central de 7,80 m

Adoptando un peso lineal representativo:

$$p_{140x80x^3} = 10{,}10\ kg/m$$

se obtiene:

$$P_{25{,}8} = 2 \cdot 5{,}80 \cdot 10{,}10 = 117{,}16\ kg$$

$$P_{26{,}5} = 2 \cdot 6{,}50 \cdot 10{,}10 = 131{,}30\ kg$$

$$P_{7{,}8} = 7{,}80 \cdot 10{,}10 = 78{,}78kg$$

$$P_{pilares,fr} = 327{,}24kg$$

Arco frontal y claves

$$P_{arco,fr} = 14{,}50 \cdot 2{,}90 = 42{,}05kg$$

$$P_{claves,fr} = 2 \cdot 3{,}625 = 7{,}25kg$$

Perfiles M del perímetro del arco frontal

El arco frontal incorpora un perfil M continuo para taqueo en todo su perímetro, tanto para la ventana como para el resto de la cumbrera.

$$P_{M,arco,fr} = 14{,}50 \cdot 1{,}86 = 26{,}97kg$$

Bridas omega y alineadores extremos

Cada medio arco incorpora 6 bridas omega pequeñas, por lo que el frontal completo tiene 12:

$$P_{12\omega} = 12 \cdot 0{,}451 = 5{,}41kg$$

Con dos alineadores extremos de:

$$P_{al,extremo} = 0{,}325\ kg$$

$$P_{al,fr} = 2 \cdot 0{,}325 = 0{,}65\ kg$$

Subsistema cenital frontal

El frontal mantiene el mismo esquema básico de ventana cenital que el pórtico interior, por lo que se toma como base el peso del subsistema cenital ya calculado:

$$P_{cenitalbase} = 71{,}09\ kg$$

A ello deben añadirse los refuerzos específicos del frontal:

- refuerzo de brazos:

$$P_{ref,brazos} = 2 \cdot 2{,}00 \cdot 2{,}461 = 9{,}84\ kg$$

- refuerzo de cremalleras:

$$P_{ref,crem} = 2 \cdot 1{,}786 = 3{,}57\ kg$$

Arriostramientos frontales

Cada pórtico frontal incorpora dos arriostramientos frontales de sección 80x60x1,5 mm, además de las bridas pesadas de unión. Tomando una longitud de 4,185 m por arriostramiento y un peso lineal representativo de 3,50 kg/m:

$$P_{2arr,fr} = 2 \cdot 4{,}185 \cdot 3{,}50 = 29{,}30\ kg$$

Bridas pesadas para la unión de las riostras entre pilar frontal intermedio y 2º pórtico

$$P_{2bridaspesadas} = 2 \cdot 1{,}863 = 3{,}73\ kg$$

El peso total de los arrastramientos frontales:

$$P_{arr,fr,total} = 33{,}03\ kg$$

Taqueo horizontal del frontal

Cada frontal incorpora perfiles M horizontales cada 1,50 m a lo largo de la capilla, excluyendo la puerta. Adoptando 4 líneas horizontales principales en una capilla de 12,80 m, el peso es:

$$P_{M,horiz,fr} = 4 \cdot 12{,}80 \cdot 1{,}86 = 95{,}23\ kg$$

Plástico de cubierta y paño frontal

A efectos de carga permanente total del pórtico frontal se incorpora también el peso del film plástico tricapa de 200 g/m², tanto en la superficie tributaria de cubierta como en el propio paño frontal.

- Cubierta tributaria:

$$P_{pl,cub} = 38{,}40 \cdot 0{,}20 = 7{,}68\ kg$$

- Paño frontal proyectado por capilla tomando una altura a canal de 4,50 m y una elevación superior hasta cumbrera de 2,00 m:

$$A_{fr} = 12{,}80 \cdot 4{,}50 + \frac{12{,}80 \cdot 2{,}00}{2} = 57{,}60 + 12{,}80 = 70{,}40\ m^2$$

Peso del plástico del frontal:

$$P_{pl,fr} = 70{,}40 \cdot 0{,}20 = 14{,}08 kg$$

Peso base total del pórtico frontal

Sumando los elementos anteriores:

- Pilares frontales: 327,24 kg
- Arco frontal: 42,05 kg
- Claves: 7,25 kg
- Perfil M perimetral del arco: 26,97 kg
- Bridas omegas: 5,41 kg
- Alineadores extremos: 0,65 kg
- Subsistema cenital base: 71,09 kg
- Refuerzo de brazos: 9,84 kg
- Refuerzo de cremalleras: 3,57 kg
- Arriostramientos frontales y bridas: 33,03 kg
- Perfiles M horizontales de frontal: 95,23 kg
- Plástico de cubierta tributaria: 7,68 kg

- plástico del paño frontal: 14,08 kg

$$Pfrontal, base: 327{,}24 + 42{,}05 + 7{,}25 + 26{,}97 + 5{,}41 + 0{,}65 + 71{,}09 + 9{,}84 + 3{,}57 + 33{,}03 + 95{,}23$$

$$P_{frontal,base} = 643{,}09\ kg$$

Aplicando un incremento del **15 %** para tornillería, pletinas, bridas adicionales, alineadores menores, autotaladrantes, guardacabos y demás piezas auxiliares:

$$P_{frontal,corr} = 643{,}09 \cdot 1{,}15 = 739{,}55\ kg$$

Carga permanente equivalente del pórtico frontal

Dividiendo el peso corregido entre la superficie tributaria en planta del módulo de referencia:

$$q_{g,fr} = \frac{739{,}55}{38{,}40} = 19{,}26 kg/m^2$$

$$q_{g,fr} = 0{,}189 kN/m^2$$

Este valor se expresa sobre la misma superficie de referencia que los módulos interiores con el objetivo de permitir una comparación relativa, si bien el pórtico frontal incorpora elementos de cerramiento vertical no presentes en los módulos interiores

7. ACCIONES VARIABLES

Las acciones variables consideradas en el presente anejo corresponden a aquellas cargas que pueden actuar sobre la estructura del invernadero con carácter no permanente, siendo dependientes de las condiciones ambientales, del uso y de la explotación agrícola del mismo. En particular, se analizan la acción del viento, la sobrecarga de nieve, las cargas de mantenimiento y las derivadas del cultivo, adoptándose en cada caso los valores normativos y criterios más desfavorables para el dimensionado de la estructura.

7.1 Acciones del Viento

Son las cargas producidas por el viento sobre la estructura del invernadero.
Calcularemos las cargas a partir de la norma UNE 76209 "Acciones del viento en invernaderos comerciales" y del anejo D del CTE-DB-SE-AE.

La acción del viento en general es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática qe puede expresarse como

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Viento Exterior:

q_b: Presión dinámica del viento. Para su cálculo se toma la velocidad básica del viento prevista para la zona en la que se encuentra la parcela. Según el plano de la norma EN 1991-1-4 nos encontramos en una zona de viento para Cantabria de:

$$V_b: 29\ m/s$$

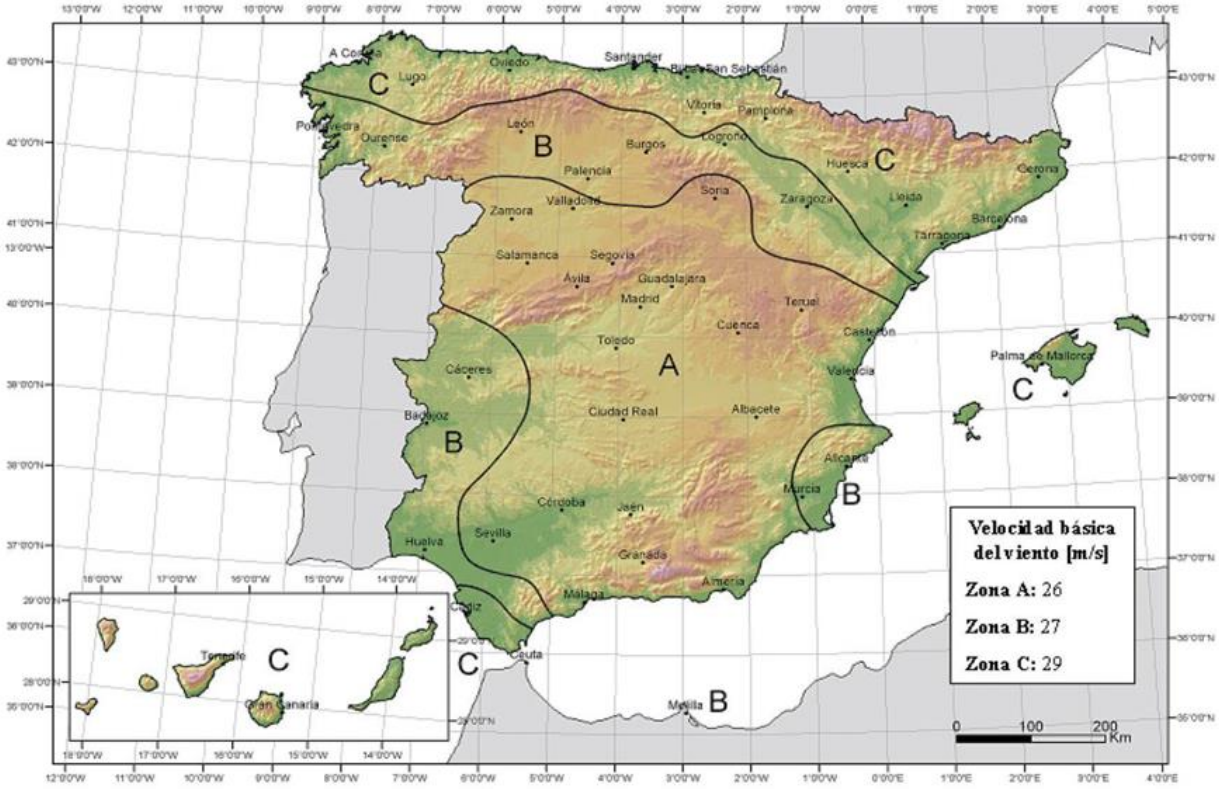


Figura 18. Mapa de isotacas de la velocidad básica del viento Vb,0

A partir de este valor se calcula la presión dinámica q_b con la formula:

$$q_b = 0{,}5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo: δ la densidad del aire con valor 1,25 kg/m^3

$$q_b = 525{,}625 \text{ Pa} = 0{,}526 \text{ kN/m}^2$$

Ce: Es el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado (en este caso la cumbrera *h* = 7,5 m), en función del grado de aspereza del entorno según el anejo D del DB-SE-AE del CTE.

Tabla 1. Valores del coeficiente de exposición C_e

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Por las características del entorno, escogemos Grado de Aspereza III para Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas.

$$Ce = 2{,}1.$$

Cpe: Coeficiente eólico o de presión y succión exterior, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Debido a que el CTE no contempla estructuras de cubierta múltiple con cubierta cilíndrica se seguirán las indicaciones del Anexo B de la norma UNE-EN13031 para su cálculo ya que también tiene en cuenta el grado de inclinación de la cubierta
y del tipo de invernadero que se quiere calcular.

Tabla 2. Valores de los coeficientes de presión externa de viento, Cpe, para un multicapilla *(con canalón), con viento perpendicular (0º) y paralelo (90º).*

Dirección del viento	Nave	Angulo	A
0º	Primera	0º a 55º 55º a 70º 70º a 115º 115º a canalón	+0,3 -1,0 -1,0 -0,4
	Segunda	De canalón hasta 80º 80º a 100º 100º hasta canalón	-0,2 -0,9 -0,3
	Tercera y siguientes	De canalón hasta 80º 80º a 100º 100º hasta canalón	0,6 c_p de la segunda nave

Dirección del viento	h/w	K	L	M
0º	0,4 0,6	+0,6 +0,6	-0,3 -0,6	-0,3 -0,4
Dirección viento	Ángulo	N	O	P
90º	Todos	-0,2	0,7	-0,3

Las zonas A, K, L, M, N, O y P se definen en un esquema que se presenta a continuación:

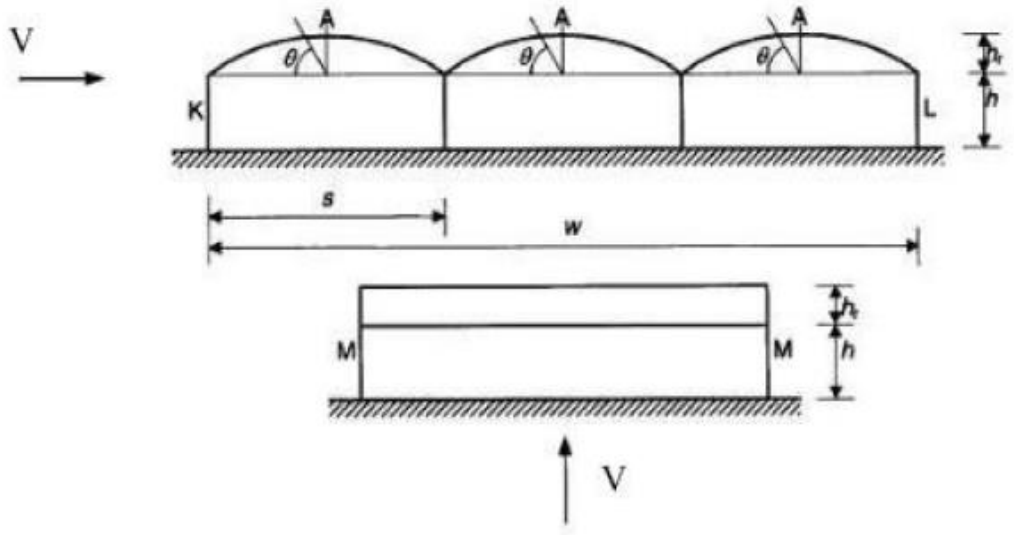


Figura 19. Zonificación para paredes y cubiertas de un invernadero multicapilla, con canalón (viento perpendicular).

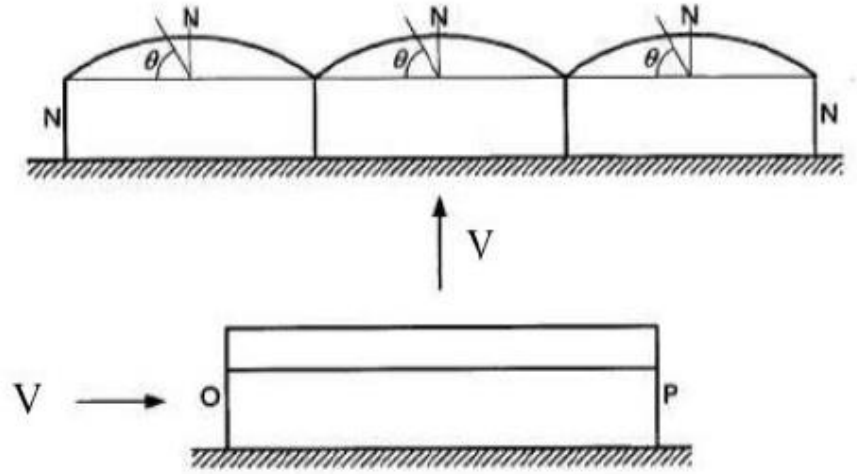


Figura 20. Zonificación para paredes y cubiertas de un invernadero multicapilla, con canalón (viento paralelo).

Procedemos al cálculo de las acciones de viento para los dos casos de dirección del viento que propone la norma, dirección del viento 0º y 90º.

Viento perpendicular (0º):

$$h/w = 4{,}5/51{,}2 = 0{,}088 < 0{,}4$$

Zona K: *Cpe* = 0,6
Zona L: → *Cpe* = - 0,3
Zona M: → *Cpe* = - 0,3

Zona A: Primera Nave 55 a 70º → *Cpe* = -0,1 (más desfavorable)
Zona A: Segunda Nave 80º a 100º → *Cpe* = -0,9 (más desfavorable)
Zona A: Tercera y Siguientes: $0{,}6\ x\ (-0{,}9) = -0{,}54$

Viento Paralelo (90º):
Zona N: *Cpe* = -0,2
Zona O: *Cpe* = 0,7
Zona: P: *Cpe* = -0,3

Se adoptan los valores más desfavorables de los coeficientes de presión exterior, considerando el valor de la Zona O: 0,7 con Cp de mayor valor para presión y el valor de a Zona A: -0,1 con mayor valor para succión.

qe (presión exterior): 0,526 x 2,1 x 0,7 = 0,736 kN/m²
qe (succión exterior): 0,526 x 2,1 x (-1) = -1,052 kN/m²

Viento interior:

Se conserva el valor de q_b*= 525,625 Pa = 0,526 kN/m²* para la presión dinámica del viento.

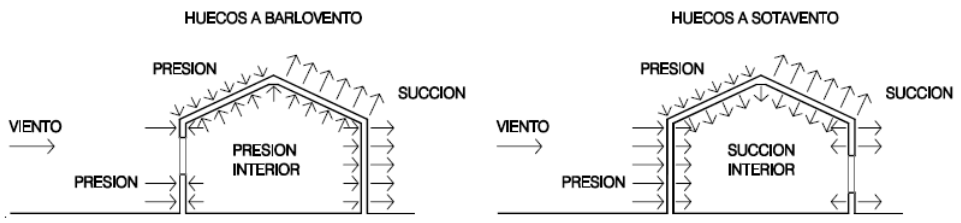
A efectos prácticos de cálculo solo hay aperturas en cumbrera ya las puertas permanecen siempre cerradas por cuestiones de protección vegetal.

Ce: Coeficiente de exposición. Se tiene en cuenta la altura media de la apertura más alta considerada. Como la ventilación es cenital y en cumbrera, *h = 7.5/2 = 3,75 m*. El grado de aspereza del entorno sigue siendo III por lo que *Ce = 1,63*.

Para *Cpi*: Coeficiente de presión y succión interior, la ventilación cenital tipo mariposa con apertura máxima de *(2x1) x 2= 4 m* de ventana abierta por cada 12,8 m de transversal. Como se da de igual manera a lo largo de toda la sección longitudinal y en las 4 capillas, el Área de huecos *(A) = 4/12,8 = 0,313*.

Tabla 3. Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3



Para el cálculo de la esbeltez se tendrán en cuenta tanto el viento con sentido longitudinal como el frontal.
Esbeltez paralela al sentido longitudinal: *7,5/51,2 < 1*
Esbeltez paralela al frontal: *7,5/99 = < 1*
Cpi: 0,388

$$qe = 0{,}526 \times 1{,}63 \times 0{,}388 = 0{,}326\ kN/m^2$$

No se considera succión interior como caso dominante, ya que la configuración de aperturas cenitales continuas genera una sobrepresión interior más desfavorable en combinación con la succión exterior.

La acción total del viento se obtiene como la combinación de la presión exterior y la presión interior, considerándose el caso más desfavorable en cada situación de carga.

Presión Total: 0,736 kN/m²
Succión Total: 1,052 + 0,326 = 1,378 kN/m²

7.2 Acciones de Nieve

El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, *Sk*, en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la siguiente tabla tabla extraída del DB-SE-AE del CTE.

Tabla 4. Valores de carga de nieve S_k

Capital	Altitud m	s_k kN/m²	Capital	Altitud m	s_k kN/m²	Capital	Altitud m	s_k kN/m²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	tián/*Donostia*	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valencia/*València*	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / *Gasteiz*	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		

Para el pueblo de Ajo en Cantabria se toma en cuenta los valores de Santander con altitud 0 y con muy escasa probabilidad de nieve, el valor para *Sk* es *0,3 kN/m².*

Dado el carácter ligero y la geometría curva de la cubierta, así como la baja probabilidad de acumulación en la zona, esta acción no resulta determinante frente a la acción del viento, aunque se considera en las combinaciones de cálculo.

7.3 Acciones de Uso en Mantenimiento

En los invernaderos comerciales es común realizar mantenimientos periódicos para cambio de cubierta, limpieza de canales para evitar su obstrucción, calibración de sensores de la estación meteorológica etc. Por ello, aunque no se trata de una cubierta transitable, se considera una sobrecarga de uso asociada a labores de mantenimiento, como limpieza de canales o reposición de cubierta por lo que conviene tener en cuenta la sobrecarga por uso contemplada en la siguiente tabla extraída del DB-SE-AE del CTE.

Tabla 5. Valores de sobrecarga por diferentes usos en cubierta

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 20º	1 [4] [6]	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) [5]	0,4 [4]	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Al tratarse de una cubierta ligera y sin forjado, se toma el valor de *0,4 kN/m²*

7.4 Acciones de Producto

Las acciones de los productos son las cargas producidas por los pesos de las plantas y productos que soporta la estructura.

De entre los posibles cultivos que sostendrían su peso sobre la estructura del invernadero, el más pesado es precisamente la planta de Tomate por su crecimiento indefinido, de manera que la tomaremos como referente para el cálculo. La norma UNE-EN13031 da una serie de valores mínimos de carga:

Cosecha de Tomate (Qk3): *0,2 KN/m2* como carga para Cultivo Hidropónico.

Esta carga se transmite a la estructura principalmente a través de las sirgas longitudinales apoyadas sobre los tirantes, generando una distribución de cargas lineales sobre los elementos superiores del pórtico.

En conjunto, la acción del viento resulta la más desfavorable para el dimensionado de la estructura, especialmente en condiciones de succión exterior combinada con presión interior, mientras que las acciones de nieve, uso y cultivo actúan como cargas complementarias en las combinaciones de cálculo.

10. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Una vez determinadas las cargas permanentes de la estructura y las acciones variables que pueden actuar sobre ella, procede establecer las combinaciones de cálculo que permitan identificar los estados más desfavorables para cada familia estructural.

Las combinaciones se plantean siguiendo el criterio general del CTE para estado límite último, considerando una acción variable como dominante y el resto, cuando proceda, como acciones acompañantes afectadas por sus correspondientes coeficientes de simultaneidad.

Tabla 6. Coeficientes de Simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas(Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

A efectos prácticos, y por coherencia con las condiciones reales de explotación del invernadero, no se consideran simultáneas la nieve con la carga de producto, al no mantenerse el cultivo productivo en condiciones invernales, ni las operaciones de mantenimiento con episodios de viento extremo o acumulación de nieve, evitando introducir combinaciones físicamente poco representativas.

Los coeficientes adoptados son los siguientes:

- $Acciones\ permanentes: \gamma G = 1{,}35$
- $Acciones\ variables: \gamma Q = 1{,}50$
- $Coeficiente\ de\ simultaneidad\ de\ nieve: \psi N = 0{,}50$
- $Coeficiente\ de\ simultaneidad\ de\ viento: \psi V = 0{,}60$

Por otro lado, las cargas permanentes equivalentes obtenidas para cada tipo de pórtico que han sido recogidas del apartado de acciones permanentes son:

- **Pórtico interior estándar:** $G = 0{,}071\ kN/m^2$
- **Pórtico interior reforzado:** $G = 0{,}081\ kN/m^2$
- **Pórtico frontal:** $G = 0{,}189\ kN/m^2$

Las acciones variables empleadas en las combinaciones son:

- **Nieve:** $Q_N = 0{,}30\ kN/m^2$
- **Mantenimiento:** $Q_M = 0{,}40\ kN/m^2$
- **Producto:** $Q_P = 0{,}20\ kN/m^2$
- **Viento en presión perpendicular:** $Q_{V+} = 0{,}736\ x\ Cos\ (26°53'46'') = 0{,}656\ kN/m^2$
- **Viento en succión perpendicular:** $Q_{V-} = 1{,}378x\ Cos\ (26°53'46'') = -1{,}229\ kN/m^2$

8.1. Cálculo de las combinaciones consideradas

Se consideran las siguientes combinaciones representativas para el análisis, donde el valor de G varía en función del tipo de pórtico considerado por lo que se dan 3 resultados diferentes según sea pórtico interior estándar, interior reforzado o frontal (en ese orden):

1. **Carga permanente sola**

$E_1 = 1{,}35 \cdot G =\ 0{,}096kN/m^2\ /\ 0{,}109kN/m^2\ /\ 0{,}255kN/m^2$

2. **Carga permanente + nieve**

$E_2 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_N =\ 0{,}546kN/m^2\ /\ 0{,}559kN/m^2\ /\ 0{,}705kN/m^2$

3. **Carga permanente + mantenimiento**

$E_3 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_M =\ 0{,}696kN/m^2\ /\ 0{,}709kN/m^2\ /\ 0{,}855kN/m^2$

4. **Carga permanente + producto**

$E_4 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_P =\ 0{,}396kN/m^2\ /\ 0{,}409kN/m^2\ /\ 0{,}855kN/m^2$

5. **Carga permanente + viento en presión**

$E_5 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_{v+} = 1{,}200kN/m^2\ /\ 1{,}213kN/m^2\ /\ 1{,}359kN/m^2$

6. **Carga permanente + viento en succión**

$E_6 = 1{,}35 \cdot G - 1{,}50 \cdot Q_{V-} = -1{,}971 kN/m^2 \ / \ -1{,}958 kN/m^2 \ / \ -1{,}812 kN/m^2$

7. **Carga permanente + nieve + viento acompañante** (succión y presión)

$E_7 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_N + 1{,}50 \cdot \psi_V \cdot Q_{V+} = 1{,}208 kN/m^2 \ / \ 1{,}221 kN/m^2 \ / \ 1{,}367 kN/m^2$

$E_7 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_N + 1{,}50 \cdot \psi_V \cdot Q_{V-} = -0{,}694 kN/m^2 \ / \ -0{,}681 kN/m^2 \ / \ -0{,}535 kN/m^2$

8. **Carga permanente + producto + viento acompañante** (succión y presión)

$E_8 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_P + 1{,}50 \cdot \psi_V \cdot Q_{V+} = 1{,}238 kN/m^2 \ / \ 1{,}271 kN/m^2 \ / \ 1{,}417 kN/m^2$

$E_8 = 1{,}35 \cdot G + 1{,}50 \cdot Q_P + 1{,}50 \cdot \psi_V \cdot Q_{V-} = -0{,}844 kN/m^2 \ / \ -0{,}831 kN/m^2 \ / \ -0{,}685 kN/m^2$

En las combinaciones con viento acompañante se puede analizar tanto el caso de presión como el de succión. A efectos resistentes, el caso con succión acompañante resulta más desfavorable cuando se pretende evaluar riesgo de levantamiento o reducción de compresión en cubierta y apoyos.

8.2. Interpretación de resultados

De las combinaciones analizadas, se obtiene que la situación más desfavorable desde el punto de vista resistente corresponde a la combinación de carga permanente con viento en succión como acción dominante, al generar esfuerzos de levantamiento sobre la cubierta y solicitaciones críticas en arcos, uniones y apoyos. En este caso, los valores obtenidos son:

- **Pórtico interior estándar:**

$E_6 = -1{,}971 kN/m^2$

- **Pórtico interior reforzado:**

$E_6 = -1{,}958 kN/m^2$

- **Pórtico frontal:**

$E_6 = -1{,}812 kN/m^2$

Se observa que el mayor peso propio del pórtico frontal reduce parcialmente el efecto de levantamiento, mientras que los pórticos interiores, más ligeros, resultan más sensibles a la succión, presentando mayor vulnerabilidad.

No obstante, este caso representa una situación extrema asociada a condiciones de viento intenso con las ventanas cenitales completamente abiertas, lo cual no es representativo del funcionamiento real del invernadero.

En condiciones de explotación, la apertura de las ventanas está controlada, iniciándose su cierre cuando la velocidad del viento alcanza aproximadamente los 30 km/h y quedando completamente cerradas antes de superar los 75 km/h, lo que reduce significativamente la acción interior del viento y, por tanto, el efecto de succión total.

Por ello, desde un punto de vista práctico y de diseño en condiciones reales de servicio, resulta más representativa la combinación correspondiente a carga permanente + producto + viento en presión, en la que se obtienen los siguientes valores:

- **Pórtico interior estándar:**

$E_8 = 1{,}238 kN/m^2$

- **Pórtico interior reforzado:**

$E_8 = 1{,}271 kN/m^2$

- **Pórtico frontal:**

$E_8 = 1{,}417 kN/m^2$

En este caso, las solicitaciones vienen dominadas por la acción combinada de cargas gravitatorias (estructura + cultivo) y la presión del viento sobre la cubierta, generando esfuerzos de compresión y flexión descendente en los elementos principales. El pórtico frontal presenta valores superiores debido a su mayor peso propio y a la contribución adicional del cerramiento y elementos perimetrales, lo que se traduce en mayores esfuerzos en pilares y nudos de apoyo.

9. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DEL PÓRTICO INTERIOR ESTÁNDAR

9.1. Definición del sistema estructural

Se realiza la comprobación estructural del pórtico interior estándar del invernadero por ser el menos reforzado de los 3 modelos de pórtico y por tanto más desfavorable frente a las diferentes acciones considerando tanto el comportamiento del pilar como elemento aislado como su funcionamiento dentro del conjunto estructural.

El pórtico corresponde a una capilla de 12,80 m de luz, con una altura a canal de 4,50 m y una altura a cumbrera de 7,00 m, resultando una flecha del arco de 2,50 m. La separación entre pórticos es de 3,00 m, que se toma como anchura tributaria para transformar las cargas superficiales en cargas lineales.

Está formado por dos pilares laterales de sección 80x80x3 mm, un arco superior y un sistema de rigidización compuesto por un tirantillo horizontal de 4,28 m situado a 6,00 m de altura, del cual parte un pendolón de 1,20 m hasta la cumbrera.

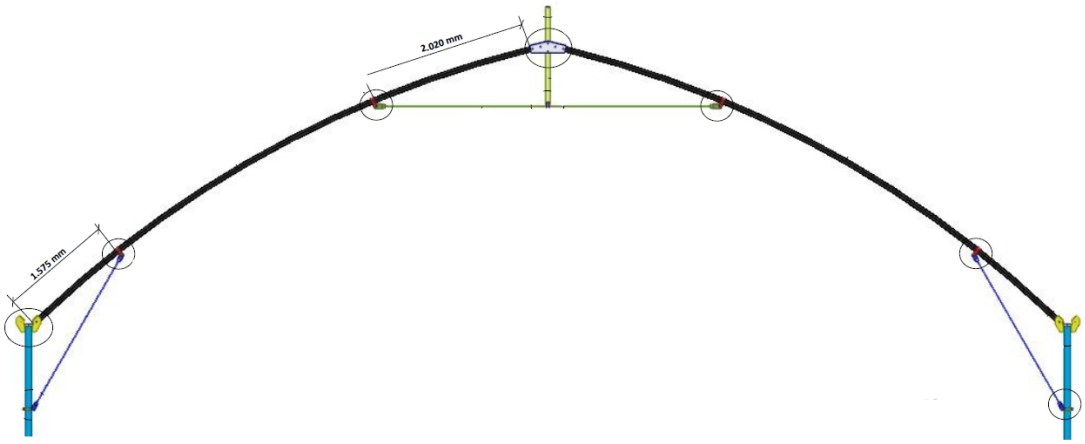


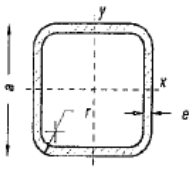
Figura 21. Pórtico interior estándar

9.2. Propiedades del pilar

Se consideran las propiedades del perfil tubular cuadrado 80x80x3 mm extraída de la *Tabla AN 3.6*:

- Área de la sección: $A = 8{,}93 \cdot 10^{-4} m^2$
- Momento de inercia: $I = 8{,}66 \cdot 10^{-6} m^4$
- Módulo resistente: $W = 2{,}14 \cdot 10^{-5} m^3$
- Radio de giro: $i = 0{,}0311\ m$

Tabla 7. Perfiles Huecos Cuadrados



A = Área de la sección
S = Momento estático de media sección
I = Momento de inercia de la sección
W = Módulo resistente de la sección
i = Radio de giro
I_t = Módulo de torsión (Momento polar)
u = Perímetro de la sección

Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso
	d mm	e mm	r mm	u mm	A cm²	S cm³	I cm⁴	W cm³	i cm	I_t cm⁴	kp/m
40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,30	2,28
40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,60	3,24
40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,90	4,09
45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,30	2,59
45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,90	3,71
45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,20	4,72
50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,70	2,91
50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,00	4,18
50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,90	5,35
55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,50	3,22
55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	15,90	9,43	2,09	43,40	4,66
55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,50	5,97
60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,26	2,35	39,90	3,53
60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,10	5,13
60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,20	6,60
60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,20	7,96
70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,10	4,16
70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,60	6,07
70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118	7,86
70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141	9,53
80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,40	3,11	140	7,01
80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180	9,11
80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128	32,00	3,01	217	11,10
80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144	36,00	2,95	250	13,00
90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126	37,90	3,52	202	7,95
90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159	35,40	3,47	261	10,40
90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189	41,90	3,42	316	12,70
90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214	47,60	3,36	366	14,90
100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	176	35,00	3,93	279	8,89
100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223	44,60	3,88	363	11,60
100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	265	53,10	3,83	440	14,20
100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304	60,70	3,77	513	16,70
120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397	66,20	4,70	638	14,10
120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478	79,60	4,64	780	17,40
120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551	91,80	4,59	913	20,50
140.5	140	5	13	539	26,10	65,60	780	111	5,46	260	20,50
140.6	140	6	15	534	30,90	76,80	905	129	5,41	480	24,30
140.8	140	8	20	526	40,00	97,50	1130	161	5,30	890	31,40
160.5	160	5	13	619	30,10	86,90	1190	149	6,28	1901	23,70
160.6	160	6	15	614	35,70	102	1390	173	6,23	2240	28,00
160.8	160	8	20	609	46,40	131	1740	218	6,12	2860	36,50
170.5	170	5	13	659	32,10	98,70	1440	169	6,69	2290	25,20
170.6	170	6	15	654	38,10	116	1680	198	6,64	2710	29,90
170.8	170	8	20	646	49,60	149	2120	249	6,53	3410	39,00

El pilar presenta una longitud total de 5,30 m, de los cuales 0,80 m quedan embebidos en el hormigón, adoptándose una longitud libre de cálculo de 4,50 m.

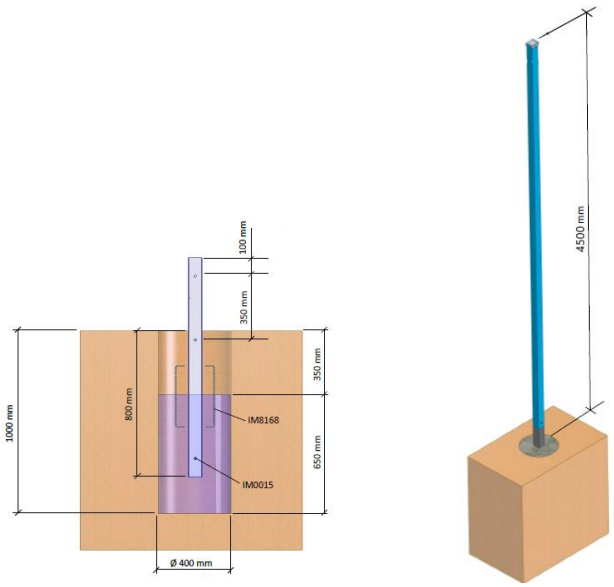


Figura. 22. Cimentación del pilar en el terreno

9.3. Hipótesis de cálculo y comprobaciones

Se adopta como combinación de cálculo:

$$E_d = 1{,}238\ kN/m^2$$

Este valor representa la carga total por unidad de superficie que actúa sobre la cubierta, incluyendo peso propio, carga de cultivo y acción del viento en presión.

Para analizar el pórtico, esta carga superficial se transforma en una carga lineal equivalente multiplicando por la separación entre pórticos:

$$q = E_d \cdot 3 = 3{,}714\ kN/m$$

De este modo, se obtiene una carga distribuida a lo largo de la sección transversal del pórtico.

Se analizan dos modelos complementarios:

- **Modelo 1:** Pilar aislado como voladizo (caso conservador)

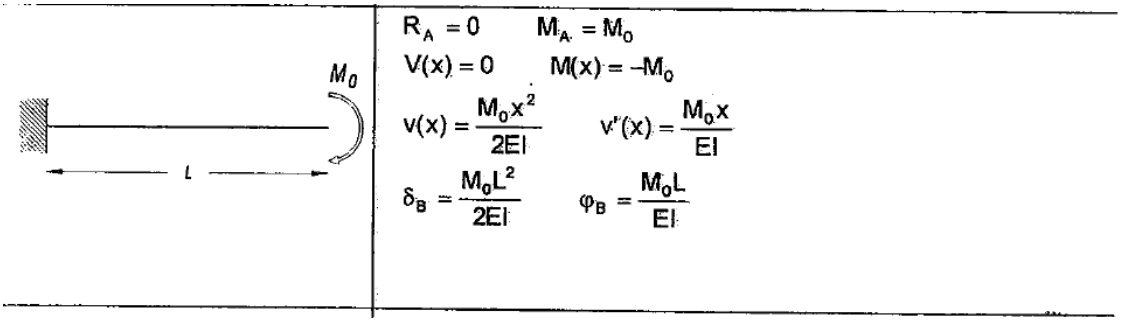


Figura 23. Caso de pilar empotrado y en voladizo

- **Modelo 2:** Pórtico completo simplificado (caso representativo)

9.4. Cálculo de Pilar como voladizo

Se modeliza el pilar como un elemento empotrado en la base y libre en cabeza, sometido a carga vertical y acción horizontal del viento.

Axil

La carga vertical que recibe cada pilar se obtiene a partir de su superficie tributaria. Cada pórtico recoge la carga de una franja de 3 m de longitud, y esta se reparte entre los dos pilares laterales:

$$A_{trib} = \frac{12{,}8 \cdot 3}{2} = 19{,}2\ m^2$$

Multiplicando por la carga superficial:

$$N = 1{,}238 \cdot 19{,}2 = 23{,}77\ kN$$

Este valor representa el esfuerzo de compresión vertical que actúa sobre el pilar.

Acción horizontal

La acción del viento se considera actuando sobre la superficie lateral del pórtico. Se toma como altura representativa la altura a canal:

$$A = 12{,}8 \cdot 4{,}5 = 57{,}6\ m^2$$

La fuerza total de viento es:

$$F = 0{,}736 \cdot 57{,}6 = 42{,}39\ kN$$

Suponiendo un reparto simétrico la carga recogida por el pórtico se transmite a los dos pilares laterales de forma aproximadamente simétrica, por lo que cada pilar soporta la mitad de carga:

$$H = 42{,}39/2\ =\ 21{,}20\ kN$$

Momento en base

El momento en la base se obtiene considerando el pilar como un voladizo, tomando como brazo la altura libre:

$$M = H \cdot h = 21{,}20 \cdot 4{,}5 = 95{,}40\ kNm$$

Este planteamiento supone que toda la acción horizontal se transmite directamente al pilar, lo que genera una situación desfavorable.

Tensiones

Compresión: La carga vertical transmitida por la cubierta genera un esfuerzo axial de compresión en el pilar, que se evalúa a partir de la superficie tributaria correspondiente:

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = 26{,}62\ MPa$$

Flexión: La acción horizontal del viento induce un momento flector en el pilar, que se estima considerando su comportamiento como elemento en voladizo.

$$\sigma_M = \frac{M}{W} = 4.458\ MPa$$

El valor obtenido en flexión es muy elevado, consecuencia directa del modelo adoptado.

9.5. Cálculo de Pórtico completo

Se analiza ahora el comportamiento del pórtico como conjunto estructural sometido a carga distribuida.

Carga total sobre el pórtico

A partir de la carga lineal:

$$Q = q \cdot L = 3{,}714 \cdot 12{,}8 = 47{,}54\ kN$$

Este valor representa la carga total que actúa sobre la sección transversal del pórtico.

Reacciones verticales

Dado el carácter simétrico del sistema, las reacciones en los apoyos se reparten de forma uniforme:

$$R_v = \frac{Q}{2} = 23{,}77\ kN$$

Este resultado coincide con el axil obtenido anteriormente, confirmando la coherencia del cálculo.

Empuje horizontal del arco

El arco transforma parte de la carga vertical en una componente horizontal en los apoyos. Esta se puede estimar mediante la expresión:

$$H = \frac{qL^2}{8f}$$

donde f es la flecha del arco. Esta fórmula procede del equilibrio de un arco biapoyado bajo carga distribuida. Sustituyendo:

$$H = \frac{3{,}714 \cdot 12{,}8^2}{8 \cdot 2{,}5} = 30{,}43\ kN$$

Este valor representa el empuje horizontal que el arco transmite a los pilares y corresponde al equilibrio de un arco biapoyado sometido a carga uniformemente distribuida.

9.6. Interpretación del comportamiento estructural

El modelo en voladizo supone que el pilar absorbe de forma directa toda la acción horizontal, lo que conduce a momentos muy elevados. Esta hipótesis no considera la interacción entre elementos y, por tanto, sobredimensiona la solicitación.

El análisis del pórtico muestra que el sistema trabaja de forma conjunta. El arco absorbe la carga y la transforma en esfuerzos de compresión y empuje horizontal, mientras que el tirantillo y el pendolón contribuyen a estabilizar la zona superior, limitando deformaciones y redistribuyendo esfuerzos.

En estas condiciones, el pilar deja de comportarse como un elemento aislado y pasa a formar parte de un sistema estructural colaborante, donde los esfuerzos se reparten y los momentos se reducen de forma significativa.

10. VELOCIDAD CRÍTICA DE VIENTO EN PÓRTICO INTERIOR ESTÁNDAR

A partir del modelo del pórtico interior estándar, se realiza una estimación inversa de la velocidad del viento necesaria para que el pilar alcance el límite elástico del acero. Se realizan las comprobaciones cuando hay producto tanto para presión como para succión. Para presión porque la carga del producto supone una situación más desfavorable y para succión porque no se entiende las ventanas abiertas si no hay producto que aclimatar.

El objetivo por tanto es obtener una referencia tangible del orden de magnitud de la acción del viento que llevaría al sistema a una situación límite.

Se adopta como criterio resistente el límite elástico del acero:

$$F_y = 275\ MPa$$

Se considera que la tensión en el pilar viene dada por la suma de la compresión media N y la flexión inducida M por el empuje horizontal del pórtico:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

Donde A y W son, respectivamente, el área y el módulo resistente del perfil 80x80x3 mm ya indicados en el apartado anterior.

En esta estimación se mantiene la hipótesis geométrica del pórtico ya utilizada:

- Luz de capilla: $L = 12{,}80\ m$
- Flecha del arco: $f = 2{,}5\ m$
- Modulación entre pórticos: $s = 3\ m$
- Excentricidad representativa del nudo superior: $e = 0{,}15\ m$

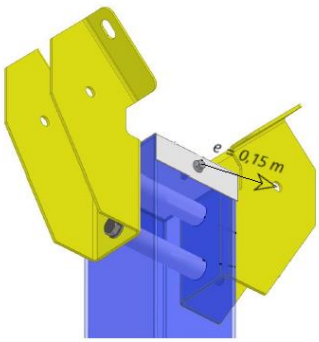


Figura 24. Distancia de excentricidad en el nudo superior

La excentricidad e se toma como brazo mecánico semirrígido entre la resultante de esfuerzos del nudo superior y el eje del pilar. Con ello, el momento en el pilar no se calcula como el de un voladizo de 4,50 m y pasa a depender del comportamiento del pórtico completo, lo que conduce a resultados más representativos.

10.1 Caso con Ventanas cerradas con producto y presión

Para este caso se parte de la combinación práctica ya adoptada como representativa:

$$E_d = G + producto + viento\ en\ presión = 1{,}238\ kN/m^2$$

En esta combinación, la parte no dependiente del viento corresponde a las acciones gravitatorias:

$$G + producto = 0{,}396\ kN/m^2$$

Mientras que la contribución del viento a la velocidad de referencia a 29 m/s es:

$$1{,}238 - 0{,}396 = 0{,}842\ kN/m^2$$

Este valor representa la fracción de la carga total asociada exclusivamente a la acción del viento. Por tanto, para una velocidad V cualquiera, la acción total se expresa como:

$$E_d(V) = 0{,}396 + 0{,}842\left(\frac{V}{29}\right)^2$$

V^2 refleja que la presión del viento es proporcional al cuadrado de la velocidad. A partir de esta expresión, se calcula la reacción vertical sobre cada pilar como:

$$N(V) = E_d(V) \cdot 19{,}2N(V)$$

Donde $N(V)$ representa el esfuerzo axial de compresión en el pilar, obtenido a partir de la superficie tributaria asociada.

Siendo $q(V)$ la carga distribuida a lo largo de la sección transversal del pórtico, esta se obtiene de la transformación de la carga superficial en carga lineal:

$$q(V) = Ed(V) \cdot 3q(V)$$

El empuje horizontal a través de la componente horizontal $H(V)$del arco se obtiene de la reacción en los apoyos, originada por la geometría del arco al transformar la carga vertical en compresión.

$$H(V) = \frac{q(V)L^2}{8f}$$

Finalmente, el momento flector en el pilar se obtiene a partir de la excentricidad del nudo superior en la escuadra (capitel):

$$M(V) = H(V) \cdot e$$

Sustituyendo en la expresión de tensiones e imponiendo la condición límite $\sigma = 275MPa$, se obtiene una velocidad crítica de:

$V_{cr,cerradas} = 31{,}97m/s$

$V_{cr,cerradas} = 115{,}1km/h$

Este valor representa la velocidad aproximada a la que, según el modelo simplificado adoptado, el pilar alcanzaría el límite elástico bajo el caso de viento en presión con ventanas cerradas.

10.2. Caso con Ventanas abiertas con producto y succión

Para la situación con ventanas abiertas se toma la combinación ya obtenida en el apartado de acciones y combinaciones:

$$E_d = G + producto + succión = -0{,}844kN/m^2$$

En este caso, la parte permanente y de producto sigue siendo:

$$G + producto = 0{,}396kN/m^2$$

La contribución de la succión a $29km/$s resulta:

$$0{,}396 - (-0{,}844) = 1{,}240kN/m^2$$

Por tanto, para una velocidad V cualquiera:

$$E_d(V) = 0{,}396 - 1{,}240\left(\frac{V}{29}\right)^2$$

A medida que aumenta la velocidad, la acción resultante pasa de compresión a levantamiento. Para la evaluación del estado límite se toma el valor absoluto de las solicitaciones, ya que interesa conocer el nivel de velocidad al que el pilar alcanza una tensión equivalente al límite del acero, independientemente del signo dominante.

Siguiendo el mismo procedimiento que para el caso de la ventana cerrada, se obtiene:

$$V_{cr,abiertas} = 35{,}09m/s$$

$$V_{cr,abiertas} = 126{,}3km/h$$

El resultado es superior al del caso anterior porque la combinación con succión queda parcialmente compensada por la acción gravitatoria del peso propio y de la carga de producto, de modo que el efecto neto sobre el pórtico necesita una

velocidad mayor en succión para alcanzar el mismo nivel de tensión que en presión.

10.3 Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos permiten situar el orden de magnitud de la velocidad de viento necesaria para llevar el pilar a una situación límite dentro del pórtico simplificado. Bajo el modelo adoptado, la velocidad crítica resulta del orden de 115 km/h con ventanas cerradas y de 126 km/h en el caso de ventanas abiertas con producto y succión.

En términos prácticos, esta estimación es coherente con la estrategia de explotación del invernadero. El cierre progresivo de las ventanas a partir de velocidades del orden de 30 km/h y su cierre completo antes de alcanzar aproximadamente 75 km/h actúan con un amplio margen de seguridad respecto a las velocidades críticas obtenidas, reduciendo la probabilidad de que la estructura alcance estados tensionales próximos al límite elástico.

11. COMPROBACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL PILAR

11.1 Características del terreno y de la cimentación en la base

La cimentación real del pilar lateral/interior se resuelve mediante un hoyo cilíndrico de 400 mm de diámetro y 1,00 m de profundidad, relleno de hormigón y con un postizo metálico embebido sobre el que posteriormente se fija el pilar. Además, se arma con 4 varillas corrugadas en forma de C alargada. A efectos de cálculo, se idealiza como un bloque cilíndrico equivalente encargado de transmitir al terreno los esfuerzos verticales y horizontales procedentes del pórtico.

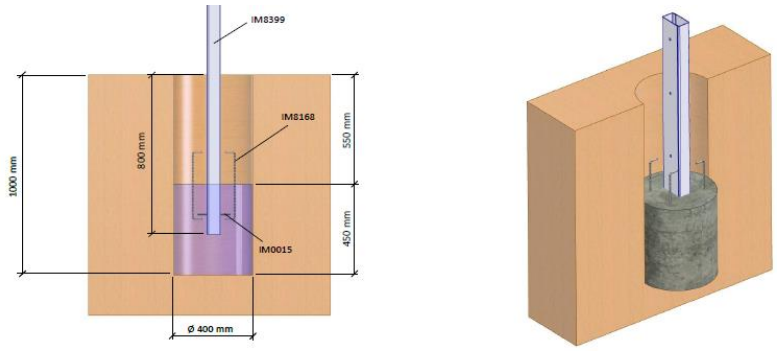


Figura 25. Precimentación del Postizo previo a la cimentación del pilar

En este apartado se pretende realizar la comprobación de su comportamiento frente a hundimiento, deslizamiento y levantamiento, utilizando el bloque de hormigón en el que se empotra el pilar y las solicitaciones obtenidas en el apartado anterior.

Para las comprobaciones, en ausencia de un estudio geotécnico de la parcela, se adopta un terreno tipo limo húmedo. A partir de la tabla *Tabla AN 3. 7* se extraen los valores representativos para:

- Peso específico aparente: $\gamma_t = 18\ kN/m^3$
- Ángulo de rozamiento interno: $\varphi = 20°$
- Cohesión: $c = 0{,}04\ MPa = 40\ kN/m^2$

Tabla 8. Características del Terreno para cálculo de Zapatas

Peso específico aparente, ángulo de rozamiento interno (φ) y cohesión para distintos terrenos			
TERRENO	Peso específico aparente (kN / m³)	φ	Cohesión (MPa)
Tierra vegetal			
Tierra seca	14	35 - 40º	
Tierra seca en polvo	17	55º	
Tierra vegetal	15	25º	
Tierra húmeda	16	40 – 45º	
Tierra saturada	18	25 – 35º	
Arcillas			
Arcilla seca	16	40 – 45º	0'02
Arcilla húmeda	20	15 – 25º	0'03
Arcilla plástica	18	12 – 15º	0,2 a 0,6
Arcilla seca con arena	18	30 – 40º	0'025
Arcilla compacta	18	40 – 45º	0'025
Arcilla seca en bloque	23	35º	0'10
Arenas			
Arena seca	14 – 16	30 – 35º	0
Arena húmeda	18	35 – 40º	0
Gravas			
Grava de machaqueo	18	40 – 45º	0
Grava de río	18	30º	0
Grava y arena compacta	20	30º	0
Grava y arena suelta	17	30º	0
Limos			
Limos secos	12 – 16	30 – 35º	0'02
Limos húmedos	18	15 – 25º	0'04
Limos saturados	21	5 – 20º	0'01
Cemento		30 – 40º	
Yeso		25º	
Rellenos			
Terraplén	17	30º	
Piedraplén	18	40º	

Siguiendo los criterios generales establecidos en el CTE DB-SE-C (Cimientos), para el deslizamiento se emplean:

$$\varphi_d = \frac{2}{3}\varphi = 18,3°$$

$$C_d = \frac{1}{2}c = 20\ kN/m^2$$

Estos criterios se emplean en las comprobaciones de deslizamiento sobre terrenos cohesivos.

El área de la base del bloque de cimentación equivalente es:

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}40^2}{4} = 0{,}126\ m^2$$

La superficie lateral del cilindro, que será relevante para la adherencia con el terreno, es:

$$A_l = \pi d h = \pi \cdot 0{,}40 \cdot 1{,}00 = 1{,}257\ m^2$$

El volumen de hormigón del bloque es:

$$V_h = A_b \cdot h = 0{,}126 \cdot 1{,}00 = 0{,}126\ m^3$$

y, tomando para el hormigón un peso específico de:

$$\gamma_h = 25\ kN/m^3$$

El peso propio de cada cilindro de hormigón donde los postes quedan embebidos es de:

$$P_h = V_h \cdot \gamma_h = 0{,}126 \cdot 25 = 3{,}14\ kN.$$

11.2. Comprobación a Hundimiento

Para la comprobación a hundimiento se toma como referencia la carga vertical correspondiente al caso práctico de trabajo con carga permanente + producto + viento en presión, pero en valores no mayorados, ya que según indica CTE DB-SE-C las tensiones sobre el terreno se definen a partir de la componente vertical de la resultante y del área efectiva de apoyo.

La ya calculada carga vertical transmitida por el pilar es:

$$N = 19{,}33\ kN$$

A esta se añade el peso propio del bloque de hormigón:

$$N_{tot} = 19{,}33 + 3{,}14 = 22{,}47\ kN$$

La comprobación a hundimiento se realiza comparando la presión media transmitida al terreno con la tensión admisible del mismo, siguiendo el planteamiento del CTE DB-SE-C, donde:

$$q = \frac{N_{tot}}{A_b} = \frac{22{,}47}{0{,}126} = \frac{178{,}3kN}{m^2}$$

$$q = 0{,}178\ MPa$$

Según la tabla de presiones admisibles para limos, se adopta un valor de:

$$q_{adm} = 0{,}20\ MPa$$

Tabla 9. Presión admisible del terreno para diferentes texturas

Terreno	Tipos y condiciones	Presión admisible (MPa)	Observaciones
Rocas	Rocas ígneas y metamórficas sanas [1] (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada
	Rocas metamórficas foliadas sanas [1], [2] (Esquistos, pizarras)	3	
	Rocas sedimentarias sanas [1], [2] (Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados)	1 a 4	
	Rocas arcillosas sanas [2], [4]	0,5 a 1	
	Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1	
	Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación [3]	-	
	Rocas muy diaclasadas o meteorizadas [3]	-	
Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso)	Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	> 0,6	Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta
	Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas	0,2 a 0,6	
	Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	< 0,2	
	Arena muy densa	> 0,3	
	Arena medianamente densa	0,1 a 0,3	
	Arena suelta	< 0,1	
Suelos finos (% de finos superior al 35% en peso)	Arcillas duras	0,3 a 0,6	Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación serán objeto de un estudio especial. Los suelos arcillosos potencialmente expansivos serán objeto de un estudio especial
	Arcillas muy firmes	0,15 a 0,3	
	Arcillas firmes	0,075 a 0,15	
	Arcillas y limos blandos	< 0,075	
	Arcillas y limos muy blandos	-	
Suelos orgánicos	Estudio especial		
Rellenos	Estudio especial		

Tratándose de un suelo fino firme, en el entorno bajo de los suelos cohesivos competentes. Comparando:

$$q = 0{,}178 MPa < q_{adm} = 0{,}20\ MPa$$

Por lo que la cimentación cumple a hundimiento, soportando las cargas de la estructura junto a las acciones variables sin superar la resistencia máxima del terreno sobre el que descansa.

11.3. Comprobación a Levantamiento

Para el levantamiento se toma como caso más desfavorable el de ventanas abiertas con carga de producto y succión, ya analizado anteriormente:

$$E = -0{,}844\ kN/m^2$$

La acción de arrancamiento se obtiene a partir de la succión del viento aplicada sobre la superficie tributaria del pórtico, según:

$$U = Q_{V-} \cdot\ A_{trib} = 0{,}844 \cdot 19{,}2 = 16{,}20\ kN$$

La resistencia al levantamiento se estima como suma del peso propio del bloque de hormigón y de la adherencia lateral reducida del terreno sobre el cilindro embebido. Esta segunda contribución se obtiene mediante:

$$R_{adh} = A_l \cdot C_d$$

Donde A_l es la superficie lateral del elemento embebido y $C_d$es la cohesión de cálculo del terreno, obtenida a partir de la cohesión característica de la tabla X.

De acuerdo con los criterios de cálculo geotécnico del CTE DB-SE-C, para un terreno tipo limo húmedo $c = 40kN/m^2$ por lo que:

$$C_d = \frac{c}{2} = 20\ kN/m^2$$

$$R_{adh} = 1{,}257 \cdot 20 = 25{,}14\ kN$$

Por tanto, la resistencia total al levantamiento es:

$$R_{lev} = P_h + R_{adh} = 3{,}14 + 25{,}14 = 28{,}28\ kN$$

Comparando ambos valores:

$$R_{lev} = 28{,}28kN > U = 16{,}20\ kN$$

La cimentación cumple frente a levantamiento, resistiendo las fuerzas verticales ascendentes (mayormente por la acción del viento en succión) que intentan moverla o arrancarla, garantizando la estabilidad de la estructura.

11.4. Comprobación a Deslizamiento

Para la comprobación a deslizamiento se toma el esfuerzo horizontal obtenido en el análisis del pórtico:

$$H = 30{,}43\ kN$$

La resistencia al deslizamiento se estima como suma de dos contribuciones. La primera es la fricción en la base, calculada a partir de la carga vertical total y del ángulo de rozamiento minorado:

$$R_f = N_{tot}\tan\varphi_d = 22{,}47 \cdot \tan(18,3°) = 12{,}099\ kN$$

La segunda es la resistencia lateral por cohesión reducida del terreno sobre la superficie embebida:

$$R_c = A_l \cdot C_d = 25{,}14\ kN$$

Por tanto, la resistencia total simplificada frente a deslizamiento es:

$$R_{des} = R_f + R_c = 12{,}099 + 25{,}14 = 37{,}24\ kN$$

Comparando con la acción horizontal:

$$R_{des} = 37{,}24kN\ > H = 30{,}43\ kN$$

La cimentación cumple a deslizamiento mostrando que es estable horizontalmente ya que la fuerza de fricción entre la base y el suelo, sumada al empuje pasivo, supera las fuerzas horizontales (viento lateral y empuje horizontal del arco) que intentan moverla. De esta forma, se asegura que la estructura no se desplace lateralmente.

12. CONCLUSIÓN DEL ANEJO

La estructura proyectada, presenta un comportamiento más que válido tanto desde el punto de vista estructural como funcional. Su geometría y disposición permiten compatibilizar la resistencia mecánica con las necesidades del cultivo de tomate, garantizando altura útil, distribución de líneas de cultivo y capacidad para soportar las cargas suspendidas del sistema de entutorado.

Las cargas permanentes confirman el carácter ligero del conjunto, mientras que el viento resulta la acción determinante, con valores de hasta 1,378 kN/m^2 en succión. En condiciones de uso, la combinación más representativa es la carga de la estructura, el peso del producto y el viento en presión sobre la cumbrera.

El análisis del pórtico interior muestra un comportamiento colaborante del sistema, evitando solicitaciones excesivas en elementos aislados. En este contexto, la velocidad crítica estimada para alcanzar el límite elástico del acero se sitúa en torno a 115 km/h (ventanas cerradas) y 126 km/h (ventanas abiertas con producto), valores superiores a las condiciones habituales de operación, donde las ventanas se cierran progresivamente por seguridad.

La cimentación, resuelta mediante bloque cilíndrico de hormigón de Ø400 mm y 1,00 m de profundidad armado con varillas corrugadas, permite transmitir adecuadamente las cargas al terreno, cumpliendo frente a hundimiento, levantamiento y deslizamiento.

En Pamplona, abril de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



ANEJO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo.** ***(pg. 3)***
2. **Normativa y Documentos de Referencia.** ***(pg. 4)***
3. **Descripción y Configuración del Sistema de Riego.** ***(pg. 5)***
4. **Diseño Agronómico.** ***(pg. 10)***
5. **Diseño Hidráulico.** ***(pg. 14)***

5.1 Criterio general de cálculo. *(pg. 14)*

5.2 Cálculo hidráulico de los laterales de riego. *(pg. 14)*

5.3 Cálculo hidráulico de tuberías secundarias. *(pg. 17)*

5.4 Cálculo hidráulico de la tubería principal y elementos del cabezal de riego. *(pg. 19)*

5.4.1 Tubería exterior entre caseta de riego y división a sectores.

5.4.2 Aspiración de la bomba principal.

5.4.3 Impulsión principal en cabezal de riego.

5.4.4 Bypass de fertirrigación y líneas de fertilizante.

5.4.5 Bypass de medición de pH y conductividad.

5.5 Dimensionamiento de las bombas requeridas. *(pg. 25)*

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto definir, justificar y documentar el diseño del sistema de riego localizado proyectado para el cultivo hidropónico en invernadero, integrando los aspectos agronómicos, hidráulicos y funcionales necesarios para su correcto funcionamiento.

En particular, se abordan la determinación de las necesidades hídricas del cultivo, la configuración del sistema de distribución y fertirrigación, el análisis hidráulico de las conducciones y elementos singulares, así como el dimensionamiento de los equipos de bombeo asociados.

El cálculo hidráulico se desarrolla a partir del emisor más desfavorable de la red, reconstruyendo la línea piezométrica hasta el origen del sistema, lo que permite definir con rigor la altura manométrica necesaria en condiciones desfavorables.

Asimismo, se establecen los criterios de funcionamiento y control del sistema, garantizando la uniformidad de riego, la estabilidad hidráulica de la instalación y la correcta aplicación de la solución nutritiva en un sistema de cultivo hidropónico sobre sustrato inerte.

2. NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Para el desarrollo del presente anejo se han considerado tanto referencias normativas como bibliografía técnica especializada, con el objetivo de fundamentar los criterios de diseño adoptados y asegurar la coherencia del dimensionado hidráulico con las prácticas habituales en instalaciones de riego localizado.

Entre los documentos de referencia más relevantes se encuentran:

- **FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56 (Allen et al., 1998)**, empleado como base para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo y la determinación de las necesidades hídricas.
- **Manual de Riego Localizado (Keller y Karmeli)**, utilizado como referencia para el análisis hidráulico de redes de riego por goteo, especialmente en lo relativo a pérdidas de carga en laterales, comportamiento de conducciones con múltiples salidas y aplicación del coeficiente de Christiansen.
- **UNE-EN 805: Abastecimiento de agua. Especificaciones para sistemas y componentes exteriores a edificios**, como marco general para el diseño de conducciones a presión.
- **UNE-EN 12201 (tuberías de polietileno)** y **UNE-EN 1452 (tuberías de PVC-U)**, consideradas como referencia para las características geométricas y funcionales de las conducciones empleadas en la instalación.
- **FAO – Soilless Culture (FAO Plant Production and Protection Paper nº 217)**: documento técnico de referencia para sistemas de cultivo sin suelo, empleado para la comprensión del comportamiento hídrico en sustratos inertes.
- **Catálogos técnicos de fabricantes de equipos de riego**, empleados para la estimación de coeficientes de pérdida localizada (K), así como para la definición de rangos de funcionamiento de válvulas, filtros, equipos de medida y sistemas de fertirrigación.

Adicionalmente, el cálculo hidráulico se apoya en formulaciones extraídas de los apuntes del curso "*Hidráulica y Tecnología del Riego"* perteneciente al grado de Ingeniería Agrícola en INEA para el análisis de pérdidas de carga en régimen turbulento en conducciones lisas, adaptadas a las condiciones específicas del sistema de riego diseñado.

Los criterios de diseño tienen además en cuenta las particularidades del cultivo hidropónico en sustrato inerte y el funcionamiento sectorizado del sistema.

3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

3.1. Descripción general del sistema

El sistema proyectado se ha concebido para el riego localizado por goteo de un cultivo hidropónico de tomate implantado sobre sacos de perlita, con fertirrigación integrada y control automático basado en el estado hídrico del sustrato. La instalación se estructura en tres bloques principales: captación y almacenamiento de agua, cabezal de riego y fertirrigación, y red de distribución en campo. Esta configuración permite separar con claridad las funciones de suministro, acondicionamiento e impulsión del agua, facilitando tanto el control del proceso como el mantenimiento de la instalación.

Desde el punto de vista funcional, el agua se capta desde pozo, se almacena en un depósito de regulación y, a partir de éste, es impulsada hacia el cabezal de riego, donde se filtra, se mide y se acondiciona mediante la incorporación de fertilizantes y corrector ácido antes de su envío al invernadero. En campo, la red se organiza en dos sectores de riego independientes, cada uno de ellos asociado a dos capillas, de modo que el sistema trabaja por sectores sin solapamiento entre ellos.

3.2. Captación, llenado de depósitos y bombeo principal

El abastecimiento de agua se realiza mediante una bomba sumergida instalada en un pozo próximo a la caseta de riego. La impulsión desde el pozo se efectúa mediante tubería de 63 mm y alimenta tanto el depósito principal de riego como los depósitos auxiliares destinados a fertilización y el de corrección de pH. El reparto hacia cada uno de estos depósitos se regula mediante válvulas de bola, lo que permite independizar su llenado y cerrar manualmente aquellas derivaciones que no tengan necesidad de ser alimentadas. Plano de Abastecimiento desde Pozo a Cabezal.

El depósito principal de riego, de 15.000 L de capacidad, constituye el elemento de regulación hidráulica del sistema. Su llenado se realiza de forma automática mediante dos sensores de nivel situados a distinta altura, que definen un rango de operación entre nivel mínimo y máximo. Cuando el nivel del depósito desciende hasta el sensor inferior, se activa la bomba sumergida del pozo, manteniéndose el bombeo hasta alcanzar el sensor superior. La lógica detallada de este proceso se desarrolla en el Anejo de Instalación Eléctrica y Sistema de Automatización.

La aspiración de la bomba principal se realiza desde este depósito de riego. En el extremo de aspiración se dispone una válvula de pie con filtro, cuya función es mantener cebada la línea y evitar el vaciado del conducto cuando la bomba deja de funcionar. Esta disposición resulta especialmente importante al tratarse de una bomba centrífuga, ya que garantiza la continuidad del cebado y reduce el riesgo de entrada de aire en aspiración. Antes de la bomba se incluye además un cono de cebado con válvula de bola, que permite recargar manualmente la línea en caso de

descebado accidental. Esto también facilita la puesta en servicio sin necesidad de desmontajes como muestra el Plano de Cabezal de Riego.

La bomba principal impulsa el agua hacia el cabezal de riego y su funcionamiento se encuentra gobernado mediante variador de frecuencia. Este variador, a su vez, se integra en el sistema general de control de la instalación, permitiendo adaptar el funcionamiento del grupo de bombeo a la demanda real de riego. La bomba principal no trabaja como elemento aislado, sino integrada en una lógica de control automático del sistema junto a la bomba de bypass y las electroválvulas.

3.3. Cabezal de riego y fertirrigación

A la salida de la bomba principal, la impulsión incorpora en primer lugar una válvula antirretorno, cuya misión es impedir retornos de agua y proteger la línea frente a pérdidas de cebado o inversiones de flujo. A continuación, se dispone la instrumentación básica del cabezal: manómetros antes y después del filtro, un filtro de anillas en línea de 63 mm. Esta combinación permite controlar el estado de funcionamiento del cabezal y detectar de forma sencilla aumentos de pérdida de carga asociados a la colmatación del filtro. El filtro de anillas incorpora además una conducción de desagüe de 25 mm con válvula de mariposa, destinada a las operaciones de limpieza.

Para medir el caudal impulsado por la bomba se encuentra un contador volumétrico que permitirá realizar el ajuste del variador para trabajar con el volumen y presión calculados en los apartados *4. Diseño Agronómico* y *5. Diseño Hidráulico*.

Posteriormente, el cabezal incorpora un sistema de fertirrigación por inyección en línea mediante bypass activo. Este punto no se trata únicamente de una derivación auxiliar, sino de un circuito específico destinado a tomar una parte del caudal principal, enriquecerlo con fertilizantes y reinyectarlo en la tubería general con presión suficiente para vencer la contrapresión existente en la línea principal. Para ello, un 15% del caudal de impulsión se deriva a una tubería secundaria de 32 mm, regulada mediante válvula de bola y monitorizada mediante rotámetro. Aunque una válvula de diafragma permitiría una regulación más precisa, no se considera necesaria en este caso, dado que el circuito funciona con un caudal reducido y estable.

Sobre esta línea de bypass descargan los tres tanques de fertilización, identificados como A, B y C, cada uno de ellos con capacidad de 1.000 L. Los tres trabajan con la misma filosofía de funcionamiento, diferenciándose únicamente por el tipo de fertilizante contenido. Cada línea de inyección incorpora una válvula de aguja para regulación manual precisa del caudal, un rotámetro para lectura del aporte, un filtro de malla de 25 mm, una válvula antirretorno para evitar retornos hacia el tanque y una electroválvula que permite habilitar o interrumpir la incorporación del fertilizante a la línea de bypass. Los tanques cuentan además con removedor, con objeto de favorecer la homogeneidad de la disolución nutritiva. Esta disposición

permite un control ordenado del aporte fertilizante y minimiza el riesgo de contaminación cruzada entre líneas.

Una vez inyectado el fertilizante desde los diferentes tanques, se dispone una bomba centrífuga auxiliar como bomba de bypass. Su función principal no es mover un gran caudal, sino proporcionar la presión necesaria para que el flujo de fertilizante concentrado pueda reinyectarse correctamente en la conducción principal. Tras ella se sitúa una válvula antirretorno adicional, destinada a impedir retornos desde la línea principal hacia el circuito de inyección.

Después de la incorporación de fertilizantes, la instalación incorpora la inyección de ácido a través de una bomba dosificadora conectada a un tanque de 500 litros. La posición de esta inyección, aguas abajo del punto de fertirrigación, permite ajustar el pH de la solución final ya mezclada. La línea de ácido dispone igualmente de válvula antirretorno, evitando así que el agua de riego pueda circular hacia el depósito de corrector.

Finalmente, antes de la salida hacia el invernadero, se dispone un bypass de medición de 32 mm, regulado mediante válvulas de bola y con lectura de caudal mediante rotámetro. En él se alojan las sondas de medida de pH y conductividad en contacto con la solución nutritiva mediante collarín.

El pequeño bypass permite hacer circular una pequeña fracción de caudal por una línea de control más estable y fácilmente regulable, facilitando la medida sin interferir en exceso con la conducción principal. La lectura de pH se emplea para gobernar la bomba dosificadora de ácido, mientras que la conductividad se utiliza como referencia de control de la solución nutritiva. El desarrollo detallado de esta lógica de regulación corresponde nuevamente al anejo de automatización.

3.4. Red de distribución en campo

Desde el cabezal de riego, la solución nutritiva es conducida al interior del invernadero mediante una tubería principal de 63 mm en PE. Esta conducción alimenta dos cabezales de campo, uno por sector, a partir de los cuales se organiza la distribución secundaria, como se muestra en el Plano de Cabezales de Campo.

En cada sector, la derivación desde la tubería principal incorpora válvula de bola, manómetro y válvula de purga, además de la correspondiente electroválvula de sector. A partir de este punto, la distribución se realiza mediante tuberías secundarias de 50 mm, desde las cuales parten los laterales de riego de 20 mm que alimentan directamente las líneas de cultivo.

La purga de aire en los cabezales de campo permite evacuar bolsas de aire que puedan acumularse durante el llenado o tras periodos de parada. Del mismo modo, la presencia de manómetros a nivel de sector permite verificar la presión de servicio en campo y contrastar el comportamiento real de la red con las hipótesis de cálculo adoptadas en el apartado *5. de Diseño Hidráulico* del presente anejo.

El drenaje procedente de los sacos de cultivo se recoge mediante canaletas de PVC con rejilla, dispuestas longitudinalmente bajo las líneas de cultivo y aprovechando el desnivel del 1% hacia el lateral de riego. De esta forma el drenaje es conducido pasivamente hasta un depósito de recogida fuera del invernadero, donde se realizarán mediciones de conductividad eléctrica (CE) con fines de verificación del correcto ajuste de la solución nutritiva en condiciones de explotación.

Posterior a la medición, el drenaje podrá ser utilizado en condiciones de explotación para otros cultivos que el promotor posea. Por lo tanto, en el diseño planteado no se contempla su recirculación al cabezal de riego, evitando así la necesidad de tratamientos de filtrado y corrección previos a su reutilización.

3.5. Sectorización del sistema

Dividir la instalación en sectores permite limitar el caudal instantáneo en funcionamiento, mejorar el control operativo y evitar que toda la superficie de cultivo demande simultáneamente el caudal máximo de diseño, como muestra el Plano de Distribución de Riego.

En cada sector se instalan 2 sensores de humedad del sustrato, repartidos de forma que puedan representar el estado medio del cultivo dentro de cada zona. No se pretende obtener una lectura puntual de un único saco, sino disponer de una medida más representativa del comportamiento hídrico global del sector, que permita activar el riego con un criterio razonable desde el punto de vista de explotación.

3.6. Funcionamiento general y criterios de control

El funcionamiento general del sistema se basa en un esquema de riego a demanda. La activación del riego no depende de una temporización fija, sino del estado hídrico del sustrato, medido mediante sensores capacitivos instalados en los sacos de cultivo. Cuando los sensores de un sector detectan que el contenido de humedad desciende hasta el umbral inferior establecido, el sistema habilita el riego de dicho sector hasta recuperar el nivel superior definido en la consigna de trabajo. Con ello se adapta la frecuencia de riego a la demanda real del cultivo y a la capacidad de retención del sustrato como muestra el Anejo de Instalación Éléctrica y Automatización.

La gestión de sectores se realiza de forma secuencial, evitando el funcionamiento simultáneo de ambos. En caso de demanda concurrente, el sistema otorga prioridad al primer sector y, una vez satisfecha su necesidad de riego, habilita el segundo. Esta lógica evita solapes, limita el caudal instantáneo exigido a la instalación y mantiene la diferenciación funcional entre sectores, que dejaría de tener sentido si ambos funcionasen a la vez.

4. DISEÑO AGRONÓMICO

El dimensionado del sistema de riego se basa en la determinación de las necesidades hídricas del cultivo a partir de condiciones climáticas representativas del emplazamiento y de la configuración agronómica adoptada en el invernadero. Para ello, se parte de la evapotranspiración de referencia (*ETo*) obtenida mediante FAO CROPWAT y se aplican los coeficientes correspondientes al cultivo y a las condiciones bajo cubierta.

Tabla 1. Datos climáticos extraídos de la estación meteorológica de Cantabria.

País: Location 33 Estación: SANTANDER
Altitud: 65 m. Latitud: 43.46 °N Longitud: 3.81 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	6.7	11.9	75	3.1	1.6	4.4	1.21
Febrero	6.7	12.1	76	3.1	2.7	7.0	1.37
Marzo	8.1	14.4	74	3.1	3.6	10.4	1.95
Abril	9.5	15.3	77	2.9	4.4	14.1	2.34
Mayo	11.3	16.9	80	2.3	4.7	16.2	2.62
Junio	14.2	19.8	81	2.6	4.9	17.2	3.02
Julio	16.1	21.5	80	2.0	5.2	17.2	3.18
Agosto	16.4	22.2	81	2.2	5.0	15.4	2.94
Septiembre	14.9	21.2	80	2.1	3.9	11.6	2.33
Octubre	12.4	18.3	78	2.7	3.4	8.3	1.82
Noviembre	9.5	14.8	76	3.1	2.1	5.2	1.42
Diciembre	7.6	12.5	76	2.8	1.3	3.7	1.12
Promedio	11.1	16.7	78	2.7	3.6	10.9	2.11

La ETo constituye una magnitud de referencia expresada en unidades de lámina de agua (mm), por lo que su aplicación directa al dimensionado del riego requiere establecer previamente la relación entre superficie cultivada y número de plantas. En este sentido, resulta necesario definir la distribución del cultivo en el interior del invernadero, que condiciona la conversión de las necesidades hídricas a consumos por planta.

Tabla 2. Distribución del cultivo en el invernadero.

Longitud linea de cultivo (m)	Distancia entre plantas (m)	Plantas por linea	Nº lineas/capilla	Plantas por capilla	Cebezas por planta
95	0,45	211	6	1267	2
Capillas por sector	**Plantas por sector**	**Nº sectores**	**Plantas totales**	**Area Efectiva invernadero (m2)**	**Cabezas por m2**
2	2533	2	5067	4864	2,1

A partir de la geometría del invernadero y del marco de plantación adoptado, se obtiene una densidad de 2,1 cabezas/m^2.

Una vez definida la base geométrica, la evapotranspiración del cultivo (*ETc*) se obtiene mediante la aplicación de un coeficiente de cultivo (*Kc*), variable a lo largo

del ciclo de la planta de tomate, y de un coeficiente corrector adicional (*Kinv*) que tiene en cuenta las condiciones específicas del cultivo bajo invernadero.

$$ETc = ETo \cdot Kc \cdot K_{inv}$$

Fórmula 1. Cálculo de la evapotranspiración de cultivo ETc.

El coeficiente K_{inv} recoge la reducción de la demanda evaporativa respecto al exterior, derivada de la menor velocidad del aire, el incremento de la humedad relativa y la atenuación de la radiación incidente bajo cubierta. Se adopta un valor de 0,8, representativo de una reducción moderada en un invernadero con ventilación natural, donde el microclima interior mantiene cierta relación con el exterior.

A partir de estos parámetros se obtienen las necesidades netas del cultivo, expresadas en mm acumulados mensualmente, que representan la demanda hídrica sin considerar pérdidas ni estrategias de manejo.

Tabla 3. Cálculo de las necesidades netas del cultivo.

Mes	Eto (mm/día)	Kc (coeficiente de cultivo)	Kinv	ETC (mm/día)	Días en mes	PE (mm/mes)	Nn (mm)
Marzo	1,95	0,53	0,8	0,827	31	0	25,631
Abril	2,34	0,6	0,8	1,123	30	0	33,696
Mayo	2,62	0,78	0,8	1,635	31	0	50,681
Junio	3,02	1,01	0,8	2,440	30	0	73,205
Julio	3,18	1,2	0,8	3,053	31	0	94,637
Agosto	2,94	1,08	0,8	2,540	31	0	78,745
Septiembre	2,33	0,76	0,8	1,417	30	0	42,499

Dado que el cultivo se desarrolla en sistema hidropónico sobre sustrato inerte, resulta necesario introducir un margen de drenaje que garantice la correcta renovación de la solución nutritiva y evite la acumulación de sales. Se adopta un porcentaje de drenaje del 25%, valor habitual en este tipo de sistemas, que permite obtener las necesidades totales de riego por día a partir de las necesidades netas mensuales.

Tabla 4. Cálculo de las necesidades totales del cultivo.

Mes	Nn (mm)	Porc. Drenaje	Fracción	Necesidades Totales (mm)	Nt planta/ mm * día
Marzo	25,631	25%	75%	34,174	0,542
Abril	33,696	25%	75%	44,928	0,713
Mayo	50,68128	25%	75%	67,575	1,073
Junio	73,2048	25%	75%	97,606	1,549
Julio	94,6368	25%	75%	126,182	2,003
Agosto	78,74496	25%	75%	104,993	1,667
Septiembre	42,4992	25%	75%	56,666	0,899

La conversión de estas necesidades a consumos reales se realiza teniendo en cuenta la densidad efectiva del cultivo previamente definida, lo que permite expresar la demanda hídrica en términos de volumen por planta y día, así como escalarla a nivel de sector y del conjunto del invernadero como se muestra a continuación.

Tabla 5. Consumo hídrico del cultivo.

Mes	Consumo planta (l/día)	Consumo por sector (l/día)	Consumo total invernadero (l/día)
Marzo	0,542	1374,21	2748,42
Abril	0,713	1806,63	3613,26
Mayo	1,073	2717,30	5434,61
Junio	1,549	3924,91	7849,83
Julio	2,003	5074,00	10148,00
Agosto	1,667	4221,95	8443,90
Septiembre	0,899	2278,62	4557,23

El riego no se plantea como un sistema temporizado, sino basado en la demanda del cultivo y se plantea mediante aportes frecuentes de pequeño volumen, acordes con la baja capacidad de retención del sustrato. Se adopta un control por histéresis entre el 70% y el 95% del contenido de humedad, lo que define el intervalo de agua disponible a reponer en cada pulso.

El volumen de reposición depende del volumen de sustrato asignado a cada planta, de la fracción de agua útil que dicho sustrato puede almacenar y del rango de humedad considerado. En este caso, el cultivo se dispone sobre sacos de perlita de 15 L de volumen total, con una separación entre plantas de 0,45 m, lo que da lugar a un volumen de sustrato por planta de 6,75 L. La fracción útil de agua disponible es de 0,3, para la capacidad de retención efectiva de la perlita en condiciones de cultivo, mientras que el rango de variación de humedad (ΔHr) corresponde a la diferencia entre los umbrales de activación y parada del riego (70–95%), donde se explica con mayor detalle en el **Anejo de Instalación Eléctrica y Automatización.**

$$V_{rep} = V_{s,pl} \cdot f_u \cdot \Delta H_r$$

Fórmula 2. Cálculo del volumen de reposición en saco de perlita.

Esta expresión permite cuantificar el volumen de agua necesario para restituir el contenido hídrico del sustrato desde el umbral inferior hasta el superior definido.

A partir del volumen de reposición por planta y del número total de emisores asociados a cada sector, se determina el volumen de agua aportado en cada pulso de riego, así como el caudal instantáneo requerido. Este último depende directamente del número de goteros en funcionamiento simultáneo y del caudal unitario de cada emisor, previamente definido en el diseño del sistema.

Tabla 6. Parámetros de aplicación del riego.

Caudal goteros auto. l/h	Goteros/planta	Caudal l/h * planta	Nº goteros /sector	Caudal instantaneo por sector (m3/h)
3	1,5	4,5	3800	11,40
V reposiocion teorico L	**Tiempo de reposición (min)**	**Distancia goteros (m)**	**Volumen por pulso y sector (m3)**	
0,304	4,05	0,3	0,770	

Esta tabla recoge los parámetros fundamentales del sistema de aplicación, incluyendo el número de goteros por planta, el caudal unitario, el caudal total por sector y el volumen aportado en cada pulso. Asimismo, permite estimar el tiempo necesario para suministrar dicho volumen en función del caudal disponible, estableciendo así la duración de cada evento de riego.

Una vez definido el volumen por pulso, la frecuencia de riego se determina en función de las necesidades hídricas del cultivo en cada periodo. De este modo, el número de pulsos diarios se obtiene como el cociente entre la demanda diaria por planta y el volumen de reposición calculado, ajustándose posteriormente mediante redondeo a valores prácticos de operación.

Tabla 7. Frecuencia, volumen y duración del riego.

Mes	Consumo planta/ l * día	Pulsos /día	Redondeo Nº Pulsos/ día	V pulso real (l)	Tiempo diario de riego (min)
Marzo	0,542	1,79	1,8	0,301	7,3
Abril	0,713	2,35	2,3	0,310	9,3
Mayo	1,073	3,53	3,5	0,306	14,2
Junio	1,549	5,10	5,1	0,304	20,7
Julio	2,003	6,59	6,6	0,303	26,7
Agosto	1,667	5,49	5,5	0,303	22,3
Septiembre	0,899	2,96	3,0	0,300	12,2

En esta tabla se recoge la evolución mensual del número de pulsos diarios, el volumen real aplicado en cada uno de ellos y el tiempo total de riego diario. Estos valores permiten comprobar la coherencia del sistema, mostrando un incremento de la frecuencia y duración del riego en los meses de mayor demanda, y una reducción progresiva en periodos de menor exigencia hídrica.

En consecuencia, el dimensionado hidráulico del sistema se realiza tomando como referencia el mes de julio por su máxima demanda, garantizando así la capacidad del sistema para cubrir la demanda máxima del cultivo y, por tanto, el correcto funcionamiento en cualquier fase del ciclo.

5. DISEÑO HIDRÁULICO

5.1. Criterio general de cálculo

El dimensionado hidráulico del sistema se realiza partiendo del punto más desfavorable de la red, correspondiente al emisor situado en el extremo final del lateral de riego. A dicho emisor se le exige una presión mínima de trabajo de 1 bar, equivalente a 10,194 m.c.a., al tratarse de goteros autocompensantes cuya correcta regulación requiere mantener dicha presión mínima de servicio.

A partir de este punto se reconstruye la línea piezométrica aguas arriba, incorporando sucesivamente las pérdidas de carga generadas en los laterales, tuberías secundarias, tubería principal y elementos del cabezal en aspiración e impulsión. Este procedimiento permite determinar la presión que deben aportar las correspondientes bombas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema en el escenario más exigente.

En el cálculo se distinguen dos tipos de pérdidas: las pérdidas continuas, asociadas al rozamiento del agua con las paredes de las conducciones de PE y PVC, y las pérdidas localizadas, producidas por elementos singulares como válvulas, codos, filtros, reducciones o instrumentos de medida. En primer lugar se analiza el comportamiento hidráulico de los laterales de riego, por ser el tramo directamente vinculado a la uniformidad de aplicación en el cultivo.

5.2. Cálculo hidráulico de los laterales de riego

Cada sector de riego dispone de laterales de polietileno de 20 mm de diámetro nominal, alimentados por un extremo y con emisores dispuestos cada 0,30 m a lo largo de la línea. Para el cálculo se considera el lateral más desfavorable, con una longitud de 95 m y 317 goteros, adoptando el caudal total correspondiente al funcionamiento simultáneo de todos los emisores del lateral.

Tabla 8. Datos hidráulicos del lateral de riego.

Laterales de riego por sector	Longitud del lateral de riego (m)	Nº de goteros por lateral	Caudal de cada lateral (l/s)	Caudal de cada lateral (m3/s)
12	95	317	0,264	0,000264
DN tubería PE (mm)	**Diametro interior (mm)**	**diametro interior (m)**	**Sección tubería (m2)**	**Velocidad (m/s)**
20	17,6	0,0176	0,000243	1,085

La velocidad obtenida en el lateral se emplea como primera comprobación del régimen de circulación.

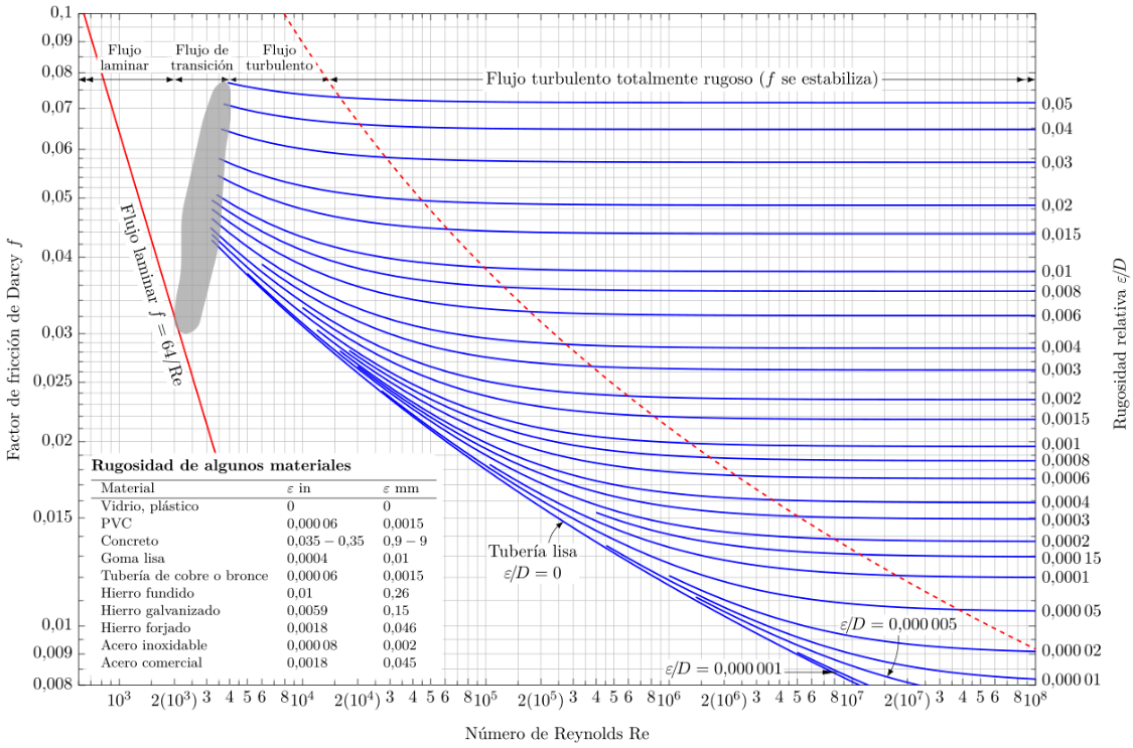


Figura 1. Diagrama de Moody.

Para ello se calcula el número de Reynolds, considerando agua a 20 °C y empleando la expresión simplificada en función del caudal (l/h) y del diámetro interior de la tubería (mm).

$$\mathrm{Re} = 352{,}64\,\frac{q}{d}$$

Fórmula 3. Cálculo del número de Reynolds simplificado.

El valor *Re = 19035* obtenido confirma que el flujo se encuentra en régimen turbulento (Re > 4000), por lo que la pérdida de carga unitaria se calcula mediante la expresión de *Blasius* para tuberías lisas en régimen turbulento. De la siguiente tabla se extrae por lo tanto la fórmula de *Blasius*:

Tabla 9. Pérdida de carga unitaria para diferentes regímenes.

Régimen	Re	Nombre de la fórmula	d(m)υ(m²/seg)v(m/seg) q(m³/seg)g(m²/seg)	d(mm)υ(m²/seg)q(l/h)v(m/seg)
Todos	Todos	Darcy-Weisbach	$J = f\frac{1}{d}\frac{v^2}{2g}$	$J = 6{,}37 f \frac{q^2}{d^5}$
Laminar	<2000	Hagen-Poiseville	$J = \frac{64}{\mathrm{Re}d}\frac{1}{d}\frac{v^2}{2g}$	$J = 1{,}153.10^6 \frac{q\upsilon}{d^4}$ $*J = 1{,}16\frac{q}{d^4}$
Crítico y turbulento liso	2000-10^5	Blasius	$J = 0{,}025\upsilon^{0{,}25}d^{-4{,}75}q^{1{,}75}$ $*J = 0{,}00078 d^{-4{,}75}q^{1{,}75}$	$J = 14{,}94\upsilon^{0{,}25}d^{-4{,}75}q^{1{,}75}$ $*J = 0{,}473 d^{-475}q^{1{,}75}$

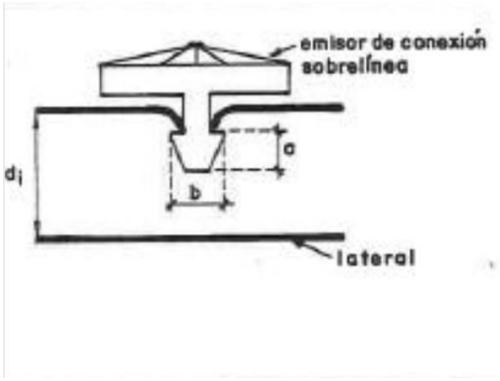
La pérdida unitaria calculada inicialmente corresponde a la conducción considerada como tubería continua con valor *J = 0,093 m.c.a./m*. Sin embargo, en un lateral de riego existen conexiones de emisores a lo largo de toda la línea, por lo que se introduce una corrección mediante la longitud equivalente asociada a cada conexión. De este modo, la pérdida unitaria corregida queda definida como:

$$J' = J\frac{Se + fe}{Se}$$

Fórmula 4. Cálculo de pérdida unitaria corregida.

donde *J'= 0,1181 mca/m* representa la pérdida de carga unitaria corregida, *Se = 0,3 m* la separación entre emisores y *fe = 0,08 m* la longitud equivalente de la conexión de cada emisor que viene dado por la siguiente tabla:

Tabla 10. Longitud equivalente de conexiones de emisores en laterales de riego.



conexión	m m. a	b
Grande	5'0	7'6
Estándar	5'0	5'0
Pequeña	5'0	3'8

dⱼ mas frecuente	fe (m) Grande	Estándar	Pequeño
10'3	0'52	0'24	0'18
13'2	0'20	0'15	0'11
16	0'14	0'11	0'08
18	0'11	0'08	0'06
20'4	0'09	0'07	0'05
28	0'05	0'04	0'03

Además de la corrección por conexiones, debe considerarse que el caudal que circula por el lateral no es constante, sino que disminuye progresivamente a medida que el agua va saliendo por los emisores. Para tener en cuenta este comportamiento se aplica el coeficiente de Christiansen, empleado en conducciones con salidas múltiples uniformemente distribuidas.

Tabla 11. Coeficiente de Christiansen para laterales con salidas múltiples

n	$l_o = 1$					n	$l_o = 1/2$				
	β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00		β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,338	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas
β=1,75.Blasius, Cruciani-Margaritora
β=1,786.Scimeni
β=1,80. Iso, Veronese-Datte
β=1,85. Hazen-Williams
β=1,90. Scobey
β=2,00. Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de β :

β=1,75 para tuberías de PE
β=1,80 para tubería de PVC
β=1,85-1,90 para tubería de aluminio

Se cuenta con un número de salidas de 317 emisores por lateral de riego. Dado que la distancia desde el primer gotero a la conexión con la tubería secundaria es la misma que la *Se (30 cm)* y esta es uniformemente repartida, la tubería es de PE, con *β=1,75* y además se ha seguido la formulación de *Blasius*, el coeficiente de Christiansen es F = 0,364.

La pérdida de carga total del lateral se obtiene finalmente multiplicando la pérdida unitaria corregida por la longitud del lateral y por el coeficiente de Christiansen:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Fórmula 5. Cálculo de la pérdida de carga del lateral con emisores.

El resultado obtenido para el lateral corresponde a una pérdida de carga por rozamiento de h_f = 4,085 m.c.a.

Sin embargo, dado que el invernadero presenta una pendiente longitudinal favorable al sentido de circulación del agua, equivalente a 0,95 m, dicha diferencia geométrica se descuenta de la pérdida a compensar.

$$h_f = J' \cdot F \cdot L - \Delta z$$

Fórmula 6. Cálculo de la pérdida de carga del lateral con emisores y desnivel

Por tanto, la pérdida neta del lateral resulta de 3,135 m.c.a.

En consecuencia, al exigir una presión mínima de 10,194 m.c.a. en el emisor más desfavorable, la presión necesaria al inicio del lateral se obtiene sumando dicha presión mínima a la pérdida neta del tramo. De este modo, la presión requerida en cabecera del lateral asciende a 13,329 m.c.a., valor que se adopta como condición de partida para el dimensionado de la red aguas arriba.

5.3. Cálculo hidráulico de tuberías secundarias

Cada sector dispone de una tubería secundaria independiente, encargada de alimentar los laterales de riego correspondientes a dicho sector. Al no existir solape entre los dos sectores, el cálculo se realiza considerando el funcionamiento de una única secundaria en cada turno de riego, con el caudal total del sector.

Tabla 12. Datos hidráulicos de la tubería secundaria

Longitud tramo (m)	Caudal sector (m3 /h)	Distancia entre laterales	Diametro nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Sección (m2)	Velocidad (m/s)
25	11,40	2,1	50	44	0,00152	2,08

La tubería secundaria presenta un diámetro nominal de 50 mm y una longitud de cálculo de 25 m, con salidas distribuidas hacia los laterales de riego. La separación entre derivaciones es de 2,1 m, resultando un total de 12 salidas. Para el cálculo del régimen de circulación se emplea nuevamente el número de Reynolds, calculado mediante la expresión indicada en la Fórmula *3. Cálculo del número de Reynolds simplificado.*

El valor Re = 91366 obtenido confirma que el flujo se encuentra en régimen turbulento, por lo que la pérdida de carga unitaria se determina mediante la formulación de Blasius, de forma análoga al cálculo realizado para los laterales.

$$*J = 0{,}473 d^{-4{,}75} q^{1{,}75}$$

Fórmula 8. Pérdida de carga unitaria mediante Blasius.

Se obtiene un valor de *J = 0,0929 m.c.a./m* para el valor de pérdida de carga unitaria en tubería. En este caso, al tratarse de una conducción con derivaciones hacia los laterales, el caudal circulante no permanece constante a lo largo de toda la tubería, sino que disminuye progresivamente en cada salida. Para representar este

comportamiento se aplica el coeficiente de Christiansen, correspondiente a una conducción con 12 salidas uniformemente distribuidas, tubería de PE (*β=1,75),* obteniéndose un valor de coeficiente de Christiansen *F= 0,406*.

La pérdida de carga continua de la tubería secundaria se obtiene mediante la expresión:

$$h_{f,sec} = J \cdot F \cdot L$$

Fórmula 9. Cálculo de la pérdida de carga en secundaria continua.

donde *J* es la pérdida de carga unitaria obtenida mediante Blasius, *F* el coeficiente de Christiansen y L la longitud de la tubería secundaria. Con los valores adoptados, la pérdida continua resultante en la secundaria es de 0,943 m.c.a.

El cabezal de campo se diseña en PVC por ser más adecuado que el PE para la instalación de piezas. Sin embargo, es un tramo muy reducido y no se contemplan diferencias significativas en pérdidas de carga debido a la diferencia de material.

Además de las pérdidas continuas, se consideran las pérdidas localizadas correspondientes a los elementos instalados en el cabezal de campo. Estas pérdidas se calculan mediante el coeficiente singular *K*, aplicando la expresión general:

$$h_l = K\frac{v^2}{2g}$$

Fórmula 10. Cálculo de pérdidas localizadas.

donde h_l es la pérdida localizada, *K* el coeficiente de pérdida del elemento considerado, *v* la velocidad del agua en la conducción y *g* la aceleración de la gravedad. La relación de elementos considerados se corresponde con el cabezal de campo representado en el Plano de Cabezales de Campo.

Tabla 13. Pérdidas localizadas en el cabezal de campo.

Piezas	Nº de unidades	Valor K	Perida de carga por pieza m.c.a	Perdida de carga suma m.c.a
Codos 90º	4	0,5	0,111	0,442
Valvula de bola	1	0,1	0,022	0,022
Manómetro	1	0,01	0,002	0,002
Valvula de aire	1	3	0,663	0,663
Electrovalvula	1	2,1	0,464	0,464
			Total Piezas Pérdida m.c.a.	**1,594**

En el cabezal de campo se incluyen los elementos necesarios para la maniobra, control y protección de cada sector, entre ellos codos, válvula de bola, manómetro, válvula de aire y electroválvula. La suma de las pérdidas localizadas asociadas a estos elementos asciende a 1,592 m.c.a**.**

Por tanto, la pérdida total correspondiente al conjunto formado por la tubería secundaria y el cabezal de campo se obtiene como suma de la pérdida continua de la conducción y las pérdidas localizadas de sus elementos singulares:

$$h_{sec,total} = h_{f,sec} + h_{loc,campo} = 0,943 + 1,592 = 2,535 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 11. Pérdida de carga total en la tubería secundaria y cabezal de campo.

Este valor representa la pérdida de carga asociada al tramo secundario de cada sector, incluyendo tanto la conducción principal de reparto hacia laterales como los elementos singulares instalados en el cabezal de campo.

5.4. Cálculo hidráulico de la tubería principal y elementos del cabezal de riego

En este subapartado se procede al cálculo de la conducción principal y de los elementos situados en la caseta de riego. Este bloque comprende la tubería principal exterior entre la caseta y la división hacia los sectores, los elementos de impulsión del cabezal, el circuito de fertirrigación en bypass, la inyección de ácido y el bypass de medición.

A continuación, se analizan de forma separada para diferenciar correctamente las pérdidas asociadas a la conducción principal de aquellas correspondientes a circuitos auxiliares. Estos tramos pueden verse mejor en Plano de Replanteo y en Plano de Abastecimiento desde Pozo a Cabezal.

5.4.1. Tubería principal exterior entre caseta de riego y división a sectores

La tubería principal exterior conduce la solución nutritiva desde la caseta de riego hasta el punto de división hacia los cabezales de campo. Al trabajar el sistema por sectores y no existir funcionamiento simultáneo entre ambos, el caudal de cálculo adoptado corresponde al caudal instantáneo de un único sector.

La longitud considerada para este tramo es de 131,35 m, obtenida a partir del trazado definido sobre la planta general de la finca. No se aprecia desnivel significativo entre la cota de caseta de riego y la de entrada de invernadero. La conducción se proyecta en tubería de PE de 63 mm de diámetro nominal, con diámetro interior de 55,4 mm.

Tabla 14. Datos hidráulicos de la tubería principal exterior

Q principal (l/h)	Q principal (l/s)	Q principal (m3/s)	Longitud (m)	DN tubería PE (mm)	D interno (mm)	Sección (m2)	Velocidad (m/s)
11400	3,167	0,00317	131,35	63	55,4	0,00241	1,314

Al tratarse de una conducción lisa y sin derivaciones intermedias, no se aplica coeficiente de Christiansen, ya que el caudal permanece constante a lo largo del tramo. Siguiendo el criterio anterior de cálculo se obtiene un régimen turbulento,

con un valor de Re = 72.565. La pérdida unitaria mediante Blasius resulta *J= 0,0311 m.c.a./m*, obteniéndose para la longitud considerada una pérdida de carga total de:

$$h_{f,princ} = J \cdot L = 0,0311 \cdot 131,35 = 4,085 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 12. Pérdida de carga continua en la tubería principal exterior.

Este valor corresponde exclusivamente a la pérdida continua del tramo exterior entre la caseta de riego y la división hacia los sectores.

5.4.2. Aspiración de la bomba principal

La aspiración de la bomba principal se realiza desde el depósito de riego mediante tubería de PVC de 63 mm de diámetro nominal y diámetro interior de 55,4 mm; valores obtenidos de la siguiente tabla:

Tabla 15. Diámetros normalizados para tuberías de PVC.

DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	–	–	–	13,6
20	–	17,5	–	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6

Para el cálculo de pérdidas de carga por diferencia de altura se considera la situación más desfavorable, correspondiente al nivel mínimo del depósito, adoptándose un desnivel geométrico de 0,25 m entre la lámina de agua y la entrada de la bomba.

Tabla 16. Datos hidráulicos de la aspiración de la bomba principal.

Q principal (l/h)	Q principal (l/s)	Q principal (m3/s)	Longitud (m)	DN tubería PVC (mm)	D interno (mm)	Sección (m2)	Velocidad (m/s)
11400	3,167	0,00317	2,5	63	55,4	0,00241	1,314

Al tratarse de un tramo corto, de 2,5 m de longitud, las pérdidas continuas son reducidas. Aplicando el mismo procedimiento de cálculo empleado en los tramos anteriores, se obtiene una pérdida unitaria mediante *Blasius* de *J=0,023 m.c.a./m*. Incluyendo el desnivel geométrico considerado de 0,25 m en condiciones de nivel más bajo del agua del depósito de riego, la pérdida asociada al tramo recto de aspiración resulta de *0,307 m.c.a*.

Además de la pérdida continua, se consideran las pérdidas localizadas correspondientes a los elementos instalados en aspiración: válvula de pie, codos de 90º y válvula de bola. Las pérdidas localizadas se calculan mediante la expresión indicada en la *Fórmula 10. Cálculo de pérdidas localizadas* del presente anejo.

Tabla 17. Pérdidas localizadas en la aspiración de la bomba principal.

Piezas	Nº de unidades	Valor K	Peridda de carga por pieza m.c.a	Perdida de carga piezas m.c.a
Valvula de Pie	1	3	0,26	0,264
Codos 90º	3	0,5	0,04	0,132
Valvula de bola	1	0,1	0,01	0,009
			Total	**0,405**

La suma de pérdidas localizadas en la aspiración asciende a **0,405 m.c.a.** Por tanto, la pérdida total en la aspiración de la bomba principal queda determinada por la suma del tramo recto, el desnivel geométrico y las pérdidas singulares:

$$h_{asp} = 0,307 + 0,405 = 0,712 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 13. Pérdida total en la aspiración de la bomba principal.

Este valor representa la pérdida de carga correspondiente al tramo comprendido entre el depósito de riego y la entrada de la bomba principal, considerado en la situación más desfavorable de nivel mínimo del depósito.

5.4.3. Impulsión principal en cabezal de riego.

El tramo de impulsión considerado comprende la conducción inmediatamente posterior a la bomba principal hasta la salida de la caseta de riego, incluyendo las piezas que aparecen en el Plano de Cabezal de Riego.

La conducción se realiza mediante tubería de PVC de 63 mm de diámetro nominal, con una longitud total considerada de 4 m. El caudal de cálculo es el correspondiente a un sector de riego, obteniéndose una velocidad de circulación de 1,095 m/s.

Tabla 18. Datos hidráulicos del tramo de impulsión

Q principal (l/h)	Q principal (l/s)	Q principal (m3/s)	Longitud tubería (m)	DN tubería PVC (mm)	D interno (mm)	Sección (m2)	Velocidad (m/s)
11400	3,167	0,00317	4	63	57	0,002	1,095

De forma análoga al cálculo descrito anteriormente, se obtiene un régimen turbulento, con un número de Reynolds de 70.528. La pérdida de carga unitaria mediante la formulación de Blasius resulta J=0,0272 m.c.a./m, lo que conduce a una pérdida continua en el tramo de:

$$h_{f,imp} = 0,109 \text{ m.c.a.}$$

Las pérdidas localizadas se calculan a partir de los coeficientes *K* de cada elemento instalado en la línea de impulsión, incluyendo válvulas antirretorno, contador volumétrico, filtro de anillas, codos y uniones.

Tabla 19. Pérdidas localizadas en impulsión del cabezal.

Piezas	Nº de unidades	Valor K	Peridda de carga por pieza m.c.a.	Perdida de carga piezas m.c.a.
Valvula antirretorno	2	3,0	0,18	0,367
Manómetro	2	0,0	0,00	0,000
Contador volumétrico	1	10,0	0,61	0,611
Filtro de anillas 120 Mesh	1	12,0	0,73	0,733
Codo 90º	1	0,5	0,03	0,031
Brida Unión PVC-PE	1	1,8	0,11	0,110
			Total Piezas m.c.a.	**1,851**

La suma de pérdidas singulares en este tramo asciende a:

$$h_{loc,imp} = 1,851 \text{ m.c.a.}$$

Por tanto, la pérdida total en la impulsión principal del cabezal, sin considerar los circuitos auxiliares, resulta:

$$h_{imp} = h_{f,imp} + h_{loc,imp} = 0,109 + 1,851 = 1,960 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 14. Pérdida total en impulsión del cabezal de riego.

Este valor representa las pérdidas asociadas a la conducción principal y a los elementos generales del cabezal, quedando fuera de este cálculo los circuitos de fertirrigación y medición, que se analizan en los apartados siguientes.

5.4.4. Bypass de fertirrigación y líneas de fertilizante

El bypass de fertirrigación se calcula de forma independiente respecto a la conducción principal, al tratarse de un circuito auxiliar destinado a derivar una fracción del caudal de impulsión, incorporar fertilizante y reinyectar la mezcla posteriormente en la tubería principal. En este caso se adopta un caudal de entrada al bypass equivalente al 15% del caudal principal, resultando un caudal de cálculo de 1,71 m^3/h.

Tabla 20. Datos hidráulicos del bypass de fertirrigación.

% Q entrada al bypass	Q teórico de entrada (m3/h)	Q téorico entrada (l/h)	Longitud total bypass (m)	DN tubería (mm)	Diametro interno (mm)	Sección (m2)	Veocidad (m/s)
15%	1,71	1710	1,6	32	28,4	0,000633	0,750

El bypass se proyecta en tubería de PVC de 32 mm de diámetro nominal, con una longitud total de 1,6 m. Aplicando el mismo procedimiento de cálculo utilizado en los tramos anteriores, se obtiene un régimen turbulento, con un número de Reynolds de 21.989. La pérdida unitaria mediante Blasius resulta *J=0,027 m.c.a./m*, por lo que la pérdida continua del tramo es reducida, con un valor de:

$$h_{f,byp} = 0,043 \text{ m.c.a.}$$

Para el cálculo completo de las pérdidas del bypass principal, es necesario conocer las pérdidas correspondientes a cada línea de fertilización procedente de los tanques A, B y C. Estas líneas incorporan los elementos necesarios para regular y proteger la inyección de fertilizante: válvula de aguja, rotámetro, filtro de malla, válvula antirretorno y electroválvula. Al presentar las tres líneas la misma configuración hidráulica, se adopta una línea tipo para el cálculo. Para ello se utiliza la *Fórmula 10. Cálculo de pérdidas localizadas* del presente anejo.

Tabla 21. Pérdidas localizadas en una línea de fertilización.

Perdidas en Lineas de Fertilización	Nº de unidades	Valor K	Peridda de carga por pieza m.c.a.	Perdida de carga piezas m.c.a.
Valvula de aguja	1	10	0,29	0,287
Rotámetro	1	0,2	0,006	0,006
Filtro de malla	1	12	0,34	0,344
Valvula antirretorno	1	3	0,09	0,086
Electrovalvula	1	2,5	0,07	0,072
			Total	**0,794**

La pérdida localizada correspondiente a una línea de fertilización resulta de 0,794 m.c.a. Este valor representa la pérdida asociada al recorrido del fertilizante desde el tanque hasta su incorporación al bypass, considerando los elementos singulares instalados en dicha línea.

Conociendo este valor, se realiza el cálculo para tres líneas de fertilización, sumando sus pérdidas de carga a los demás elementos del bypass. Estas pérdidas se determinan mediante los coeficientes singulares *K*, según la expresión indicada anteriormente para elementos localizados.

Tabla 22. Pérdidas localizadas en el bypass de fertirrigación.

Piezas bypass fertilizacion	Nº de unidades	Valor K	Peridda de carga por pieza m.c.a.	Perdida de carga piezas m.c.a
T reducidas	2	2	0,06	0,11
Codo 90º	2	0,5	0,01	0,03
Válvula antirretorno	2	3	0,09	0,17
Entrada de linea fertilizante	3	-	0,794	2,38
Valvula de bola	1	0,1	0,003	0,003
			Total	**2,70**

La suma de pérdidas localizadas del bypass de fertirrigación asciende a 2,70 m.c.a., donde la longitud de tubería es reducida y las pérdidas principales se concentran en los accesorios e incorporaciones de fertilizante.

5.4.5. Bypass de medición de pH y conductividad

El bypass de medición se dispone en el último tramo del cabezal de riego con el objetivo de hacer circular una pequeña fracción del caudal principal por una línea auxiliar donde se alojan las sondas de pH y conductividad para una correcta lectura sin interferir en la conducción principal.

Para este circuito se adopta un caudal equivalente al 10% del caudal principal, con una conducción de PVC de 32 mm de diámetro nominal y una longitud de tubería de 0,8 m.

Tabla 23. Datos hidráulicos del bypass de medición.

% Q entrada al bypass	Q téorico entrada (l/h)	Longitud total bypass (m)	DN tubería PVE (mm)	Diametro interno (mm)	Sección (m2)	Veocidad (m/s)
10%	1140	0,8	32	28,4	0,00063	0,625

Siguiendo el criterio anterior de cálculo empleado en el resto de conducciones, se obtiene un régimen turbulento, con un número de Reynolds de 18.324. La pérdida unitaria mediante Blasius resulta *J=0,0195 m.c.a./m,* por lo que la pérdida continua del tramo es reducida:

$$h_{f,med} = 0,016 \text{ m.c.a.}$$

Las pérdidas principales del bypass de medición se deben a los elementos singulares instalados en la línea, entre ellos las derivaciones en T, válvulas de bola, rotámetro, collarines portasondas y codos.

Tabla 24. Pérdidas localizadas en el bypass de medición.

Piezas	Nº de unidades	Valor K	Pérdida de carga por pieza m.c.a	Perdida de carga piezas m.c.a.
T reducidas	2	2	0,040	0,080
Valvulas de bola	2	0,1	0,002	0,004
Rotametro	1	0,2	0,004	0,004
Porta sondas	2	1	0,020	0,040
Codo 90º	2	0,5	0,010	0,020
			Total	**0,147**

La suma de pérdidas localizadas asciende a 0,147 m.c.a., obteniéndose una pérdida total del bypass de medición de:

$$h_{med} = 0,016 + 0,147 = 0,163 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 15. Pérdida total en el bypass de medición.

5.5 Dimensionamiento de las bombas requeridas.

El dimensionamiento de los equipos de bombeo se basa en las pérdidas de carga previamente calculadas, diferenciando entre el circuito principal de riego y los circuitos auxiliares de fertirrigación y medición.

Para ello se recogen en la siguiente tabla a modo de resumen las pérdidas de carga generadas a lo largo de todo el sistema de riego en la explotación:

Tabla 25. Resumen de pérdidas de carga del sistema de riego.

Tramo / elemento	Tipo de pérdida considerada	Pérdida de carga (m.c.a.)	Observaciones
Lateral de riego	Pérdida corregida con emisores y desnivel	3,135	Lateral más desfavorable
Tubería secundaria	Pérdida continua	0,943	Con coeficiente de Christiansen
Cabezal de campo	Pérdidas localizadas	1,592	Válvulas, codos, electroválvula, purga
Tubería principal exterior	Pérdida continua	4,085	Tramo caseta-división a sectores
Aspiración bomba principal	Continua + desnivel + piezas	0,712	Situación desfavorable con nivel mínimo
Impulsión cabezal	Continua + piezas	1,96	Sin bypasses ni ácido
Bypass fertirrigación	Continua + piezas + entradas	2,743	Circuito con bomba propia
Bypass medición	Continua + piezas	0,163	Derivación de pH/CE

En el caso de la bomba principal, se considera el recorrido hidráulico completo hasta el emisor más desfavorable, incluyendo pérdidas en aspiración, impulsión, red de distribución y elementos singulares, junto con la presión mínima de funcionamiento de los goteros autocompensantes *(1 bar).*

$$3{,}135 + 0{,}943 + 1{,}592 + 4{,}085 + 0{,}712 + 1{,}96 = 12{,}247 \text{ m.c.a}$$

Fórmula 16. Pérdidas de carga totales a superar por la bomba principal

A partir de estos valores se obtiene la altura manométrica necesaria para garantizar el funcionamiento del sistema en condiciones desfavorables.

Por su parte, la bomba de bypass de fertirrigación se dimensiona de forma independiente, considerando las pérdidas propias del bypass y de las líneas de inyección.

$$3{,}135 + 0{,}943 + 1{,}592 + 4{,}085 + 0{,}712 + 1{,}96 + 2{,}743 = 15{,}170 \text{ m.c.a.}$$

Fórmula 17. Pérdidas de carga totales a superar por la bomba de bypass.

Tabla 26. Parámetros hidráulicos de dimensionamiento.

	Q máximo (l/s)	Perdidas de carga totales a superar m.c.a.	Presión efectiva emisores (bar)	Trabajo de Presión requerido (bar)
Bomba Principal	3,167	12,427	1	2,219
Bomba Bypass	0,475	15,170	1	2,488

A partir de las pérdidas de carga totales previamente calculadas, se determina la presión de trabajo necesaria para cada equipo de bombeo. En el caso de la bomba principal, se aplica un coeficiente de seguridad hidráulico del 5% sobre la altura manométrica obtenida, para absorber pequeñas incertidumbres asociadas al envejecimiento de la instalación con el paso de los años.

Para la bomba de bypass de fertirrigación se adopta un coeficiente del 20%, ya que, además de cubrir sus propias pérdidas, debe garantizar una presión superior a la existente en la conducción principal en el punto de reinyección. Por lo tanto, se debe establecer un gradiente de presión favorable que permita la incorporación del flujo del bypass a la conducción principal, evitando situaciones de equilibrio hidráulico que impedirían la inyección de la solución nutritiva.

La potencia hidráulica requerida para cada bomba se obtiene a partir de la expresión:

$$N = \frac{\gamma Q H}{75.n}$$

Fórmula 18. Potencia hidráulica requerida por una bomba centrífuga.

Donde N es la potencia en *CV*, γ es el peso específico del agua *(1 kg/l)*, Q es el caudal *(l/s)*, H es la altura manométrica en metros de columna de agua (m.c.a.) y η es el rendimiento del conjunto bomba-motor *(0,70)*.

A partir de las alturas manométricas de diseño y de los caudales correspondientes, se obtienen las potencias necesarias para cada equipo, tal y como se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 27. Presión de trabajo y potencia requerida de los equipos de bombeo.

	Coef. Seguridad %	Recomendable (bar)	Potencia hidráulica (CV)	Potencia requerida (kW)
Bomba Principal	105%	2,4	1,48	1,10
Bomba Bypass	120%	3,0	0,277	0,20

Los resultados obtenidos conducen a una presión de trabajo recomendada del orden de 2,4 bar y potencia de 1,1 kW para la bomba principal para garantizar el suministro en el emisor más desfavorable. Sin embargo, en la práctica no se han encontrado en el mercado bombas que cumplan esas características a tan baja potencia de la bomba por lo que para este proyecto se propone una de 1,5 kW. Las especificaciones para esta bomba se encuentran en el Pliego de Condiciones.

En la práctica ocurre lo mismo que para el caso de la bomba de bypass; se necesita de una bomba con potencia de 0,37 kW (y no de 0,2 kW) para cumplir las características de bombeo (Q = 1,71 m^3/h) y presión de trabajo (3 bar). De forma que sea capaz de asegurar la succión en su propio circuito como la correcta inyección de la solución nutritiva en la conducción principal. Las especificaciones para esta bomba se encuentran en el Pliego de Condiciones.

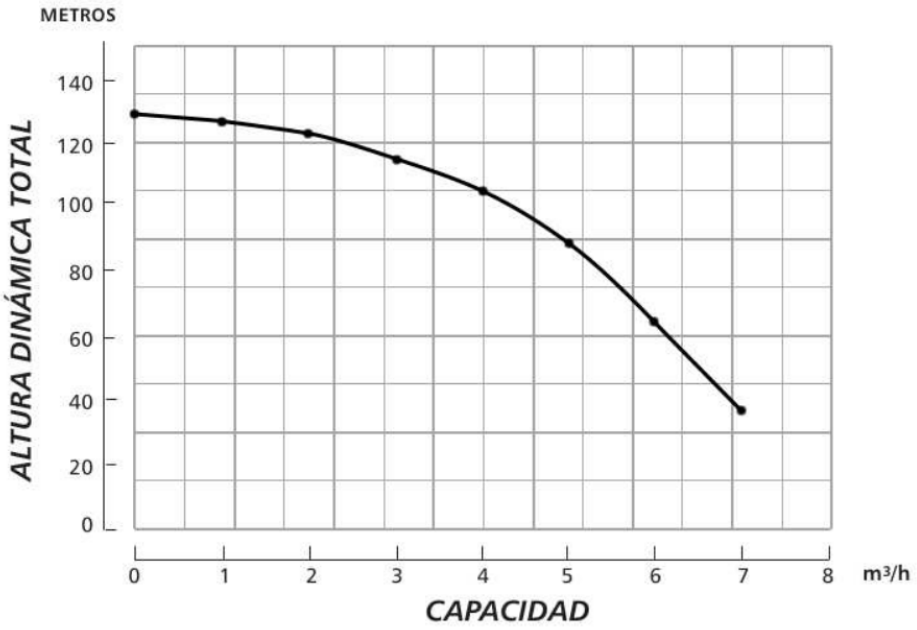


Figura 2. Ejemplo de curva característica de una bomba centrífuga determinada.

Por último, la inyección de ácido se realiza mediante una bomba dosificadora de tipo peristáltico (adecuada para dosificación precisa a bajo caudal y alta presión), conectada al tanque de corrector de pH. Esta bomba debe ser capaz de trabajar a una presión superior a la existente en la conducción principal en el punto de inyección, en condiciones análogas a las descritas para el bypass de fertirrigación (presión de trabajo de 3 bar).

Las especificaciones técnicas de esta bomba y de todos los equipos se encuentran en el Pliego de Condiciones.

En Pamplona, abril de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



ANEJO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo.** ***(pg. 3)***
2. **Normativa y Documentos de Referencia.** ***(pg. 4)***
3. **Sistema Fotovoltaico Aislado** ***(pg. 5)***
    - 3.1 Estimación de consumos eléctricos. *(pg. 5)*
    - 3.2 Estimación de radiación solar interceptada. *(pg. 7)*
    - 3.3 Dimensionamiento del campo fotovoltaico. *(pg. 7)*
    - 3.4 Dimensionamiento del banco de baterías. *(pg. 9)*
    - 3.5 Dimensionamiento del inversor. *(pg. 10)*
    - 3.6 Dimensionamiento del regulador de carga. *(pg. 11)*
4. **Conexiones Eléctricas y Cuadro de Riego** ***(pg. 13)***
5. **Automatización del Sistema de Riego** ***(pg. 17)***
    - 5.1 Control de la bomba de pozo. *(pg. 17)*
    - 5.2 Control del sistema de riego y fertirrigación. *(pg. 18)*

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto definir, dimensionar y justificar técnicamente la instalación eléctrica y el sistema de automatización asociados al sistema de riego y fertirrigación de la explotación.

En primer lugar, se desarrolla el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado destinado a cubrir la demanda energética de la instalación, incluyendo el cálculo del campo fotovoltaico, el banco de baterías, el inversor y el regulador de carga.

A continuación, se describe la configuración del cuadro eléctrico de riego, detallando los elementos de protección, maniobra y distribución, así como el dimensionamiento de las líneas eléctricas en función de las intensidades de funcionamiento y las caídas de tensión admisibles.

Finalmente, se define el sistema de automatización de la instalación, basado en controladores lógicos programables (PLC), incluyendo la lógica de funcionamiento del llenado del depósito, el control del riego por sectores en función del estado hídrico del cultivo y la integración del sistema de fertirrigación.

2. NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

El diseño y dimensionamiento de la instalación eléctrica y del sistema de control se ha realizado conforme a la normativa vigente en materia de instalaciones de baja tensión y a criterios técnicos de diseño ampliamente aceptados en ingeniería.

En particular, se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

- **IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)**: *Guía de instalaciones de energía solar fotovoltaica*
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)**, aprobado por Real Decreto 842/2002.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)** del REBT, especialmente:
    - ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
    - ITC-BT-22: Protección contra sobreintensidades.
    - ITC-BT-24: Protección contra contactos indirectos.
    - ITC-BT-25: Instalaciones interiores en viviendas (criterios de caída de tensión aplicables por analogía).
    - ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión.
- **Guía Técnica de Aplicación del REBT**, como documento de interpretación y apoyo al diseño.

Asimismo, se han considerado las especificaciones técnicas de los fabricantes de los equipos seleccionados (bombas, variadores de frecuencia, regulador MPPT, inversor, baterías, dispositivos de control, etc.), recogidas en el Pliego de Condiciones del proyecto.

3. SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

La alimentación eléctrica de la instalación se resuelve mediante un sistema fotovoltaico aislado, diseñado para cubrir la totalidad de los consumos asociados al riego, fertirrigación, llenado del depósito y sistema de control.

El sistema está constituido por un generador fotovoltaico, un regulador de carga tipo MPPT, un sistema de acumulación mediante baterías y un inversor encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna para alimentar los equipos eléctricos de la instalación. La disposición general de los elementos y su interconexión se recoge en el Esquema de Instalación Fotovoltaica.

El dimensionamiento del sistema se basa en la comparación entre la energía diaria consumida por la instalación y la energía solar disponible en cada mes. Para ello, se adopta como criterio seleccionar la situación más desfavorable, entendida como aquella para el mes en el que la relación entre consumo energético y recurso solar es más exigente.

3.1 Estimación de consumos eléctricos

La estimación de consumos se realiza a partir de la potencia nominal de los equipos y su tiempo diario de funcionamiento. En el caso del sistema de riego, este tiempo varía mensualmente en función de las necesidades hídricas del cultivo, mientras que otros equipos presentan funcionamiento continuo o puntual.

La energía diaria consumida se calcula mediante la expresión:

$$E = P \cdot t$$

Fórmula 1. Cálculo de la energía eléctrica.

Donde E es la energía consumida (kWh), P es la Potencia Nominal, expresada en kW y t es el tiempo de funcionamiento (h).

La bomba de riego, la bomba de bypass y la bomba de ácido operan simultáneamente, por lo que su consumo energético diario depende directamente del tiempo de riego, variable cada mes en función de la demanda del cultivo. Dicho tiempo se obtiene del Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación, *Tabla 7.*

Tabla 1. Consumo diario de bombas de riego, bypass y ácido.

Mes	Potencia Bomba riego(kW)	Potencia Bomba Bypass(kW)	Potencia Bomba ácido (kW)	Tiempo diario de trabajo (min	Energía Diaria Consumida (kWh)
Marzo	1,5	0,37	0,16	7,3	0,247
Abril	1,5	0,37	0,16	9,3	0,315
Mayo	1,5	0,37	0,16	14,2	0,480
Junio	1,5	0,37	0,16	20,7	0,700
Julio	1,5	0,37	0,16	26,7	0,903
Agosto	1,5	0,37	0,16	22,3	0,754
Septiembre	1,5	0,37	0,16	12,2	0,413

En el caso de la bomba de pozo, el tiempo de funcionamiento se determina a partir del volumen diario necesario para reponer el agua consumida por el cultivo (obtenido en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación*, Tabla 5.*) y del caudal de impulsión de la bomba (Q=8.000 l/h). A partir de este tiempo se calcula su consumo energético diario.

Tabla 2. Tiempo de funcionamiento y consumo diario de la bomba de pozo.

Mes	Potencia Bomba Pozo (kW)	Caudal de Bombeo (l/h)	Volumen diario a reponer (l)	Tiempo diario de trabajo (h)	Energía Diaria Consumida (kWh)
Marzo	1,1	8000	2748,42	0,34	0,378
Abril	1,1	8000	3613,26	0,45	0,497
Mayo	1,1	8000	5434,61	0,68	0,747
Junio	1,1	8000	7849,83	0,98	1,079
Julio	1,1	8000	10148	1,27	1,395
Agosto	1,1	8000	8443,9	1,06	1,161
Septiembre	1,1	8000	4557,23	0,57	0,627

Los consumos de los removedores de fertilizante concentrado en los tanques y del sistema de control mediante PLC se consideran constantes o de baja variabilidad, obteniéndose su contribución energética diaria:

Tabla 3. Consumo diario de removedores y PLCs.

Equipo	Potencia total (kW)	Tiempo diario de trabajo (h)	Energía Diaria Consumida (kWh)
Removedores (3ud)	0,75	0,167	0,125
Controladores PLC LOGO (2ud)	0,05	24	1,200

Finalmente, se obtiene la energía total diaria consumida por la instalación para cada mes como suma de todos los equipos:

Tabla 4. Energía total diaria consumida por mes.

Mes	EnergíaTotal Diaria Consumida (kWh)
Marzo	1,950
Abril	2,136
Mayo	2,553
Junio	3,105
Julio	3,624
Agosto	3,241
Septiembre	2,364

Se observa que el consumo máximo se produce en el mes de julio, coincidiendo con el periodo de mayor demanda hídrica del cultivo.

3.2 Estimación de radiación solar interceptada

La evolución mensual de la radiación solar y las horas de insolación en la zona de estudio se representa en la siguiente gráfica, obtenida a partir de los datos de la estación meteorológica de Santander mediante la herramienta CROPWAT.

Tabla 5. Radiación diaria (MJ/m²·día) y horas de insolación anual.

País: Location 33 Estación: SANTANDER
Altitud: 65 m. Latitud: 43.46 °N Longitud: 3.81 °W

Mes	Insolación horas	Rad MJ/m²/día
Enero	1.6	4.4
Febrero	2.7	7.0
Marzo	3.6	10.4
Abril	4.4	14.1
Mayo	4.7	16.2
Junio	4.9	17.2
Julio	5.2	17.2
Agosto	5.0	15.4
Septiembre	3.9	11.6
Octubre	3.4	8.3
Noviembre	2.1	5.2
Diciembre	1.3	3.7
Promedio	3.6	10.9

A partir de los datos anteriores se observa una clara variación estacional del recurso solar, alcanzándose los valores máximos en los meses de junio y julio, con radiaciones del orden de 17,2 MJ/m²·día, mientras que en los meses iniciales y finales de campaña los valores son significativamente menores.

3.3 Dimensionamiento del campo fotovoltaico

La potencia necesaria no depende únicamente del consumo energético, sino de la capacidad de generación en cada periodo. En consecuencia, el diseño debe basarse en el mes más desfavorable, entendido como aquel en el que la relación entre consumo energético y radiación disponible resulta más exigente.

Para el cálculo fotovoltaico se utiliza la radiación diaria, convirtiéndola a kWh/m²·día mediante la relación:

$$HSP = \frac{G}{3{,}6}$$

AN 1. Fórmula 2. Conversión de MJ a kWh.

donde *HSP* representa las horas solares pico equivalentes, expresadas en kWh/m^2·día, y *G* es la radiación diaria expresada en MJ/m^2·día.

Una vez obtenida la energía diaria consumida por la instalación y la radiación solar disponible, se determina la potencia fotovoltaica necesaria para cada mes de la campaña. Para ello se emplea la expresión:

$$P_{FV} = \frac{E_d \cdot K_s}{HSP \cdot \eta}$$

AN 1. Fórmula 3. Cálculo de la potencia fotovoltaica.

donde P_{FV} es la potencia fotovoltaica necesaria en kWp, E_d es la energía diaria consumida en kWh/día, *HSP* son las horas solares pico equivalentes, η es el rendimiento global del sistema y K_S es el coeficiente de seguridad adoptado.

Se adopta un rendimiento global η = 0,75 para considerar de forma conjunta las pérdidas asociadas al regulador de carga, inversor, cableado, temperatura de trabajo de los módulos, suciedad superficial y funcionamiento real de los equipos.

Además, se aplica un coeficiente de seguridad $K_S = 1{,}25$ destinado a cubrir desviaciones en la recuperación de carga de las baterías en días con menor producción solar.

Tabla 6. Potencia Fotovoltaica necesaria para cada mes de campaña.

Mes	EnergíaTotal Diaria Consumida (kWh)	Radiación diaria G (MJ/m²·día)	HSP (kWh/m²·día)	Rendimiento global η	Factor de seguridad Ks	Potencia FV necesaria PFV (kWp)
Marzo	1,950	10,4	2,89	0,75	1,25	1,125
Abril	2,136	14,1	3,92	0,75	1,25	0,909
Mayo	2,553	16,2	4,50	0,75	1,25	0,945
Junio	3,105	17,2	4,78	0,75	1,25	1,083
Julio	3,624	17,2	4,78	0,75	1,25	1,264
Agosto	3,241	15,4	4,28	0,75	1,25	1,263
Septiembre	2,364	11,6	3,22	0,75	1,25	1,223

A partir de la potencia necesaria obtenida en cada mes, se adopta un módulo fotovoltaico de potencia nominal 610 Wp, cuyas características principales se recogen en el Pliego de Condiciones. El número teórico de paneles se calcula mediante:

$$N = \frac{P_{FV}}{P_{Panel}}$$

Fórmula 4. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos.

El resultado más desfavorable se produce en el mes de julio, con una potencia fotovoltaica necesaria de 1,264 kW.

Tabla 7. Número de paneles y Potencia Fotovoltaica real instalada.

Mes	Potencia FV necesaria PFV (kWp)	Nº paneles teórico	Nº paneles necesarios	Potencia FV instalada (kWp)
Marzo	1,125	1,844	2	1,220
Abril	0,909	1,490	2	1,220
Mayo	0,945	1,550	2	1,220
Junio	1,083	1,775	2	1,220
Julio	1,264	2,072	3	1,830
Agosto	1,263	2,070	3	1,830
Septiembre	1,223	2,005	3	1,830

Se utilizan paneles de 0,610 kW por lo que para cubrir este mes se necesitaría un número teórico de 2,072 paneles. De forma práctica el número de paneles adoptado con estas características es de 3 paneles en paralelo. Por ello la potencia fotovoltaica instalada es de 1,830 kW.

Dado que los módulos fotovoltaicos se conectan en serie, la tensión de trabajo del campo fotovoltaico aumenta mientras que la intensidad se mantiene constante. Según ficha técnica del fabricante, el V_{mp} de cada panel es de 44,88 v:

$$I = \frac{P}{V_{mp} \cdot 2} = \frac{1830}{89{,}76} = 20{,}39\ A$$

Fórmula 5. Cálculo de intensidad eléctrica en campo fotovoltaico.

Según el REBT se admite una caída de tensión máxima del 1,5 %. Para el cálculo se emplea la tensión real de funcionamiento del campo fotovoltaico V_{mp} correspondiente al punto de máxima potencia de los módulos:

$$\Delta V = \frac{\%\Delta V \cdot V}{100} = \frac{1{,}5 \cdot V_{mp} \cdot 2}{100} = 1{,}5\ v$$

Fórmula 6. Cálculo de la caída de tensión admisible.

Por lo que la sección mínima de cable será:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 20{,}39}{56 \cdot 1{,}5} = 4{,}85\ mm^2$$

Fórmula 7. Cálculo de la sección mínima del conductor.

Se adopta finalmente una sección comercial de 6 mm^2 para las conducciones entre el campo fotovoltaico y el regulador MPPT.

3.4 Dimensionamiento del banco de baterías

Para el sistema de acumulación se plantea un banco de baterías a 24 V. La capacidad necesaria se calcula a partir del consumo del mes de julio, al ser el de mayor demanda energética diaria.

$$C_{bat} = \frac{E_d \cdot D_{aut}}{V_{bat} \cdot DOD \cdot \eta_{bat}}$$

Fórmula 8. Cálculo de la capacidad de carga necesaria del banco de baterías.

Donde C_{bat} la capacidad necesaria en Ah, E_d la energía diaria consumida en Wh/día, D_{aut} los días de autonomía, V_{bat} la tensión del banco de baterías, DOD la profundidad máxima de descarga admisible y η_{bat} el rendimiento considerado para el sistema batería-inversor.

Se considera un día de autonomía, lo que permite asegurar el suministro eléctrico durante periodos puntuales sin generación fotovoltaica, como situaciones de baja radiación o incidencias en el sistema. Este valor se adopta como compromiso entre seguridad de suministro y dimensionamiento razonable del sistema, evitando incrementos excesivos en el volumen y coste del banco de baterías.

Se adopta una DOD = 0,70 con el objetivo de evitar descargas profundas que reduzcan la vida útil de las baterías. Asimismo, se considera un $\eta_{bat} = 0{,}90$, para tener en cuenta las pérdidas asociadas al proceso de carga, descarga y conversión eléctrica.

Tabla 8. Dimensionamiento del banco de baterías

Mes	EnergíaTotal Diaria Consumida (kWh)	Días de autonomía	Voltaje Baterías (V)	Descarga máxima admisible	η Rendimiento Batería/Inversor	Carga necesaria baterias (Ah)
Julio	3,624	1	12	0,7	0,9	479,325

Mes	Carga necesaria baterias (Ah)	Carga de cada bateria (Ah)	Baterias en serie para 24 V	Nº baterias teórico para carga	Nº baterías adoptado	Carga total baterías (Ah)
Julio	479,325	180	2	2,66	6	540

Con una demanda diaria de 3,624 kWh/día, la capacidad necesaria resulta de 479,325 Ah. Considerando baterías de 12 v y 180 Ah, cuyas características principales se recogen en el Pliego de Condiciones, con el fin de alcanzar la tensión nominal del sistema (24 v), se disponen dos baterías en serie por rama. A su vez, para alcanzar la capacidad requerida, se configuran tres ramas en paralelo, obteniéndose un banco equivalente de 24 v y 540 Ah.

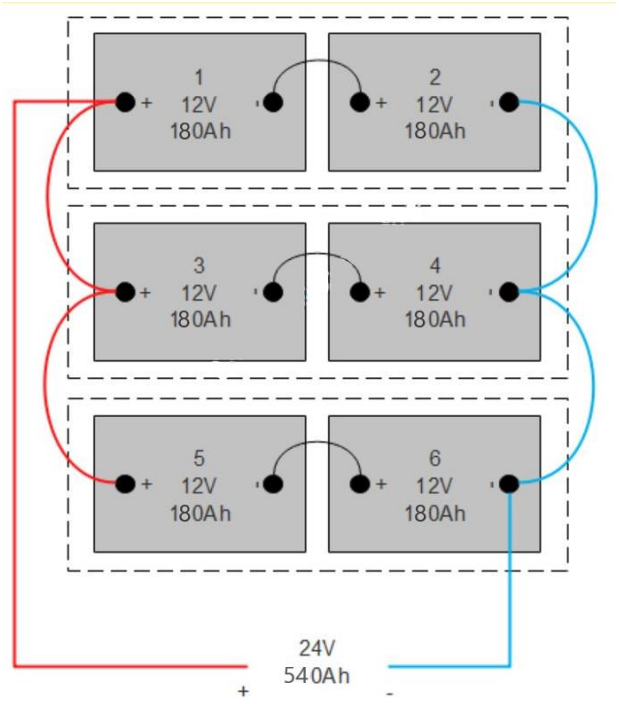


Figura 1. Configuración del banco de baterías 24 v – 540 Ah.

La capacidad finalmente instalada resulta superior a la mínima calculada, lo cual introduce un margen adicional de seguridad que contribuye a reducir la profundidad real de descarga en operación, aumentando la vida útil del sistema de almacenamiento.

Ante periodos prolongados de baja radiación o averías en el sistema fotovoltaico o de acumulación, se recomienda al promotor disponer de un equipo electrógeno auxiliar para mantener los riegos imprescindibles hasta la resolución de la incidencia.

Para el tramo comprendido entre el regulador MPPT y el sistema de acumulación, el cálculo se realiza considerando la tensión nominal de baterías, es decir, 24 v. En este tramo la intensidad es superior a la del campo fotovoltaico, al trabajar a menor tensión:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1220}{24} = 50{,}83\ A$$

Fórmula 9 C.álculo de intensidad eléctrica entre regulador y baterías.

Según el REBT se admite una caída de tensión máxima del 1,5 %. En este caso se emplea la tensión nominal del sistema de acumulación:

$$\Delta V = \frac{\%\Delta V \cdot V}{100} = \frac{1{,}5 \cdot 24}{100} = 0{,}36\ v$$

Fórmula 10. Cálculo de la caída de tensión admisible.

Aplicando la fórmula de sección mínima indicada anteriormente, y considerando una longitud de 2 m entre el regulador y las baterías:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 50{,}83}{56 \cdot 0{,}36} = 10{,}08\ mm^2$$

Fórmula 11. Cálculo de la sección mínima del conductor.

Se adopta por practicidad una sección comercial de 16 mm^2 para las conducciones entre el regulador MPPT y el sistema de acumulación.

3.5 Dimensionamiento del inversor

El dimensionamiento del inversor se realiza a partir de la potencia máxima simultánea demandada por el conjunto de equipos de la instalación. En este caso, no se aplica coeficiente de simultaneidad, ya que se considera posible la coincidencia de funcionamiento de todos los equipos en determinados momentos de operación, como puede ocurrir durante el riego, el llenado del depósito desde el pozo y la agitación simultánea de los tanques de fertilizante.

La potencia simultánea total se obtiene como la suma de las potencias nominales de los equipos:

Tabla 9. Potencia simultánea para dimensionamiento del inversor.

Equipo	Potencia kW
Bomba de Pozo	1,1
Bomba de Riego	1,5
Bomba de Bypass	0,37
Bomba de Ácido	0,16
3 Removedores	0,75
2 PLC LOGO	0,05
Potencia Simultanea total	3,93

Se tiene en cuenta que los motores eléctricos de bombas y removedores pueden presentar picos de potencia en el arranque superiores a su potencia nominal. Estos efectos se consideran mediante la aplicación de un coeficiente de seguridad K_{inv} = *1,25* que permite cubrir picos de arranque, pequeñas desviaciones en las condiciones reales de funcionamiento y pérdidas internas del inversor.

$$P_{inv} = P_{sim} \cdot K_{inv} = 3{,}93 \cdot 1{,}25 = 4{,}913\ kW$$

Fórmula 12. Cálculo de la potencia simultánea que el inversor debe ser capaz de cubrir.

En consecuencia, se selecciona un inversor de 24 v CC / 230 v AC monofásico de 5 kW, suficiente para garantizar el suministro en condiciones de funcionamiento simultáneo de todos los equipos.

Para el tramo comprendido entre el sistema de acumulación y el inversor aislado, el cálculo se realiza considerando la potencia nominal máxima del inversor (5 kW) y la tensión nominal del banco de baterías (24 v), utilizando la expresión de *la Fórmula 5. Cálculo de intensidad eléctrica en campo fotovoltaico,* se obtiene una intensidad de:

$$I = 187{,}5\ A$$

Según la *Fórmula 6 Cálculo de la caída de tensión admisible*, considerando una caída de tensión máxima admisible del 1,5 %, la caída de tensión correspondiente para el sistema de acumulación de 24 v es:

$$\Delta V = 0{,}36\ v$$

Aplicando la *Fórmula 7 Cálculo de la sección mínima del conductor,* y considerando una longitud de 1,5 m entre el sistema de acumulación y el inversor, se obtiene:

$$S = 27{,}90\ mm^2$$

Se adopta finalmente una sección comercial de **35 mm²** para las conducciones entre el sistema de acumulación y el inversor aislado.

3.6 Dimensionamiento del regulador de carga MPPT

El regulador de carga se dimensiona en función de la potencia del campo fotovoltaico y de la tensión nominal del banco de baterías. Su función es optimizar la captación de energía mediante el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y adaptar la energía generada a las condiciones de carga del sistema de acumulación.

La corriente máxima de carga hacia baterías se estima mediante la relación entre la potencia fotovoltaica instalada (P_{FV} = 1,830 kWp) y la tensión nominal del banco de baterías ($V_{bat} = 24\ v$).

$$I_{MMPT} = \frac{P_{FV}}{V_{bat}} = \frac{1830\ kW}{24\ v} = 76{,}25\ A$$

Fórmula 13. Cálculo de la corriente máxima de carga de baterías.

Con el fin de considerar condiciones reales de funcionamiento (variaciones de irradiancia, y posibles sobrecargas puntuales), se aplica un coeficiente de seguridad $C_S = 1{,}25$.

$$I_{Diseño} = I_{MMPT} \cdot C_S = 76{,}25 \cdot 1{,}25 = 95{,}31\ A$$

Fórmula 14. Cálculo de diseño en carga de baterías.

Por tanto, en la práctica se selecciona un regulador de carga MPPT de 24 v y corriente nominal mínima de 100 A, capaz de operar con margen respecto a las condiciones de diseño.

Las características técnicas del regulador adoptado se recogen en el Pliego de Condiciones.

4. CONEXIONES ELÉCTRICAS Y CUADRO DE RIEGO

La energía en corriente continua generada por el campo fotovoltaico es transformada en corriente alterna monofásica a 230 v mediante el inversor previamente dimensionado, constituyendo este el punto de partida de la instalación eléctrica en baja tensión. A partir de este punto, la energía es conducida hasta el cuadro eléctrico de riego, donde se centralizan las funciones de protección, maniobra y distribución de los distintos circuitos.

La configuración general del cuadro eléctrico, así como la disposición de sus elementos de protección y las líneas de salida hacia los equipos, se recoge en el Esquema de Cuadro Eléctrico General.

En dicho cuadro se integran los elementos de protección, maniobra y distribución.

En primer lugar, a la entrada del cuadro se dispone un interruptor general automático (IGA), encargado de proteger la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos. Este elemento define además el punto de seccionamiento general, permitiendo la desconexión completa del sistema.

A continuación, se incorpora un protector contra sobretensiones transitorias (SPD tipo 2), cuya función es limitar los picos de tensión procedentes de la red o inducidos por fenómenos atmosféricos. Este dispositivo resulta necesario para proteger el variador de frecuencia y los PLCs debido a la sensibilidad de estos elementos a las perturbaciones de tensión.

Como protección adicional frente a contactos indirectos, se dispone un interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad, dimensionado para proteger a los trabajadores frente a derivaciones a tierra.

Adicionalmente, en los circuitos correspondientes a motores eléctricos de mayor potencia (bomba de pozo y removedores) se incorporan guardamotores como protección específica frente a sobrecargas prolongadas.

A partir de este punto, la instalación se subdivide en distintos circuitos independientes, cada uno protegido mediante su correspondiente interruptor magnetotérmico, dimensionado en función de la potencia del receptor y de la intensidad prevista de funcionamiento.

- Línea de alimentación de la bomba de riego
- Línea de alimentación de la bomba de pozo
- Línea de alimentación de la bomba de bypass
- Línea de alimentación de la bomba de ácido
- Línea de alimentación de los removedores
- Línea de alimentación del sistema de control (PLCs y electroválvulas).

El dimensionamiento de cada circuito eléctrico se realiza tomando como referencia la línea de alimentación de cada receptor desde el propio cuadro, ya que es en este punto donde se sitúan los elementos de protección.

Para el circuito de la bomba de riego que es alimentada por variadores de frecuencia o para los PLCs y electroválvulas que son alimentados mediante fuentes de alimentación, el cálculo se efectúa sobre la potencia absorbida en la entrada del equipo, para así garantizar que los dispositivos de protección actúan sobre la magnitud eléctrica real que circula por la línea protegida.

En el caso de la bomba de riego, se incorpora un variador de frecuencia debido a que se trata de un motor trifásico y se desea disponer de control sobre las condiciones de funcionamiento hidráulico como el caudal y la presión de trabajo. Este permite adaptar la velocidad de giro del motor a las necesidades reales del riego, evitando funcionamiento a régimen fijo.

La intensidad de cálculo para cada circuito se determina a partir de la potencia del receptor mediante la expresión:

$$I = \frac{P}{V \cdot Cos(\varphi)}$$

Fórmula 15. Cálculo de Intensidad en circuitos monofásicos.

Donde I es la intensidad (A), P es la potencia del receptor (W), V es la tensión de alimentación (V) y $Cos(\varphi)$ es el factor de potencia.

En los circuitos alimentados a través de variador o fuente de alimentación, el cálculo se realiza sobre la alimentación de entrada desde el cuadro eléctrico, ya que es esta línea la protegida por el magnetotérmico correspondiente.

Tabla 10. Intensidad adoptada para los elementos de protección.

Equipo	Potencia del Receptor (kW)	Voltaje (V) monofásica	Factor de Potencia ϕ	Intesidad teórica (A)	Intensidad MT adoptada (A)
Bomba de Pozo	1,1	230	0,8	5,98	10
Bomba de Riego	1,5	230	0,95	6,86	10
Bomba de Bypass	0,37	230	0,8	2,01	6
Bomba de Ácido	0,16	230	0,9	0,77	6
Removedores	0,75	230	0,8	4,08	10
Control PLC	0,05	230	1	0,22	6
			Total (IGA)	19,92	25

Los valores de intensidad teórica obtenidos se ajustan adoptando el calibre normalizado inmediatamente superior (intensidad adoptada) para asegurar que los interruptores magnetotérmicos no operen en condiciones nominales de funcionamiento, evitando que se disparen continuamente y asegurando una protección adecuada frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Asimismo, para comprobar la eficiencia y seguridad de la instalación eléctrica se verifica la caída de tensión en las líneas, empleando la expresión:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot S}$$

Fórmula 16. Cálculo de caída de tensión en conductores.

Donde ΔV es la caída de tensión (V), L la longitud del conductor (m), I la intensidad teórica (A), γ la conductividad del material (58 m/Ω·mm² para cobre) y S la sección del conductor (mm²).

Todas las conexiones con los equipos se realizan dentro de la caseta de riego, por las longitudes son muy reducidas. No obstante, se toman valores conservadores para asegurar un correcto dimensionamiento.

Por otro lado, la sección de los conductores se selecciona en función de la intensidad que deben transportar y de las condiciones de instalación, escogiendo secciones normalizadas de: 2,5 mm² para líneas de potencia (bomba de riego, bomba de pozo y removedores. Secciones 1,5 mm² para líneas de control y pequeños motores.

Tabla 11. Caída de tensión en la instalación eléctrica.

Equipo	Longitud del conductor (m)	Intensidad teórica (A)	Conductividad conductor (m/Ω·mm²)	Sección del conductor (mm2)	Caida de Tensión ΔV
Bomba de Pozo	20	5,98	58	2,5	1,649
Bomba de Riego	5	6,86	58	2,5	0,473
Bomba de Bypass	6	2,01	58	1,5	0,277
Bomba de Ácido	6	0,77	58	1,5	0,107
Removedores	8	4,08	58	2,5	0,450
Control PLC	6	0,22	58	1,5	0,030
				Caida Tensión Total (V)	2,986

La caída de tensión se mantiene dentro de los límites admisibles establecidos para instalaciones de baja tensión que debe ser inferior al 3 % en circuitos de uso general según indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBET), siendo en este caso del 1,3%.

La alimentación del sistema de control y auxiliares se realiza a través de una línea específica protegida mediante un interruptor magnetotérmico independiente desde el cuadro de riego, como se indica en el Plano: Esquema de Cuadro Eléctrico General.

A partir de esta línea, se dispone una subdivisión en dos ramas diferenciadas para evitar concentrar todos los consumos en un único punto, cada una de ellas alimentada mediante su correspondiente fuente de alimentación 230 v AC / 24 v DC.

La primera rama alimenta el sistema asociado a la bomba de pozo, incluyendo el PLC, la bobina del contactor y las sondas de nivel; tal y como se representa en el Esquema de Conexión de PLC para Bomba de Pozo.

La segunda rama alimenta el sistema de control del riego y fertiirrigación, incluyendo el PLC correspondiente, la salida de señal a variador, la bobina del contactor de la bomba de bypass y las electroválvulas de riego por sectores y fertilización; como se detalla en el Plano: Esquema Conexión PLC - Variador - Bomba de Riego.

5. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

5.1 Control de la bomba de pozo

El control del llenado del depósito se realiza mediante un controlador lógico programable (PLC) Siemens LOGO!, encargado de gestionar el funcionamiento de la bomba sumergida en función del nivel de agua almacenado. La lógica de control se basa en la lectura de dos sondas de nivel tipo contacto, ubicadas a distinta altura en el depósito de riego: una sonda de nivel bajo y una sonda de nivel alto como se muestra en el Plano de Abastecimiento desde Pozo a Cabezal.

Las sondas trabajan como contactos eléctricos alimentados a 24 v en corriente continua desde el propio PLC, de modo que su estado (abierto o cerrado) se interpreta directamente como señal digital en las entradas del autómata; detallado en el Esquema de Conexión de PLC para Bomba de Pozo.

El funcionamiento del sistema se basa en una lógica de enclavamiento mediante bloque SET/RESET, que permite mantener el estado de la bomba sin depender continuamente del estado instantáneo de las sondas. La secuencia de funcionamiento es la siguiente:

Cuando el nivel del depósito desciende por debajo de la sonda inferior (nivel bajo), esta deja de enviar señal al PLC. Mediante una inversión lógica (bloque NOT), esta condición genera una orden de activación (SET) sobre el bloque de memoria, provocando la puesta en marcha de la bomba.

Una vez activada, la bomba continúa en funcionamiento independientemente de posibles oscilaciones en la señal de la sonda inferior, evitando arranques y paradas continuos.

El llenado del depósito se mantiene hasta que el nivel alcanza la sonda superior (nivel alto), momento en el cual esta envía señal al PLC, generando una orden de parada (RESET) sobre el mismo bloque de memoria, lo que detiene la bomba.

La salida del PLC (Q1), de tipo relé seco, no alimenta directamente la bomba, sino que actúa sobre la bobina de un contactor, que es el encargado de establecer o interrumpir la alimentación eléctrica de la bomba de pozo (como un interruptor eléctrico). Este esquema permite aislar el circuito de control del circuito de potencia, garantizando un funcionamiento seguro y adecuado para la potencia del equipo.

La lógica descrita se representa mediante diagrama de bloques funcionales de programación del PLC:

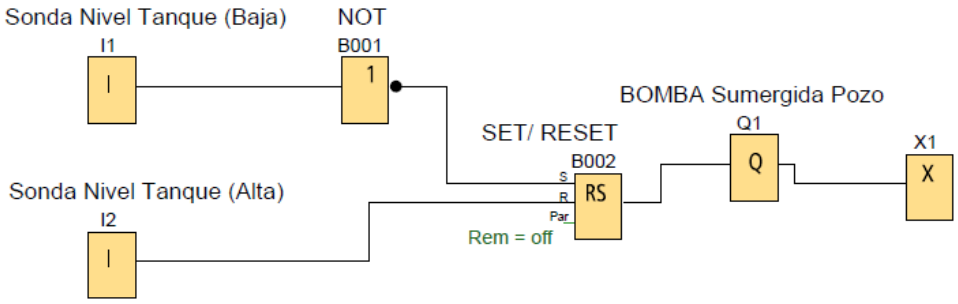


Figura 2. Programa de control de la bomba de pozo (LOGO! Soft Comfort).

5.2 Control del sistema de riego y fertiirrigación

El control del riego se realiza mediante un PLC Siemens LOGO equipado con módulo de expansión analógica, que permite la lectura continua del estado hídrico del cultivo a partir de sensores de humedad instalados en los sacos de sustrato. Estos sensores trabajan en señal estándar de 4–20 mA.

Las señales analógicas son previamente adaptadas mediante un conversor a valores compatibles con las entradas del PLC, donde son tratadas mediante bloques de comparación que permiten establecer umbrales de activación y desactivación del riego.

El sistema se estructura en dos sectores independientes, cada uno gobernado por dos sensores de humedad según el Plano Distribución de Riego**.**

Para cada sector, la decisión de riego no se basa en una lectura puntual, sino en una condición combinada que exige que ambos sensores indiquen déficit hídrico, lo que se implementa mediante lógica AND para evitar activaciones innecesarias por lecturas locales o anomalías puntuales.

Al igual que en el control de la bomba de pozo, se emplean bloques de memoria tipo SET/RESET para cada sector. De este modo, el riego se activa cuando la humedad desciende por debajo de un umbral inferior al 70% y se mantiene hasta alcanzar un valor superior al 90%, evitando ciclos de arranque/parada continuos. Estos valores son tomados como referencia para cálculos del proyecto, pero podrán ajustarse a criterios más precisos de explotación después de la puesta en marcha.

Una característica clave del sistema es la gestión secuencial de sectores, diseñada para evitar el funcionamiento simultáneo de ambos. Esto se consigue combinando enclavamientos lógicos que impiden la activación de un sector mientras el otro se encuentra en funcionamiento (NOT y AND).

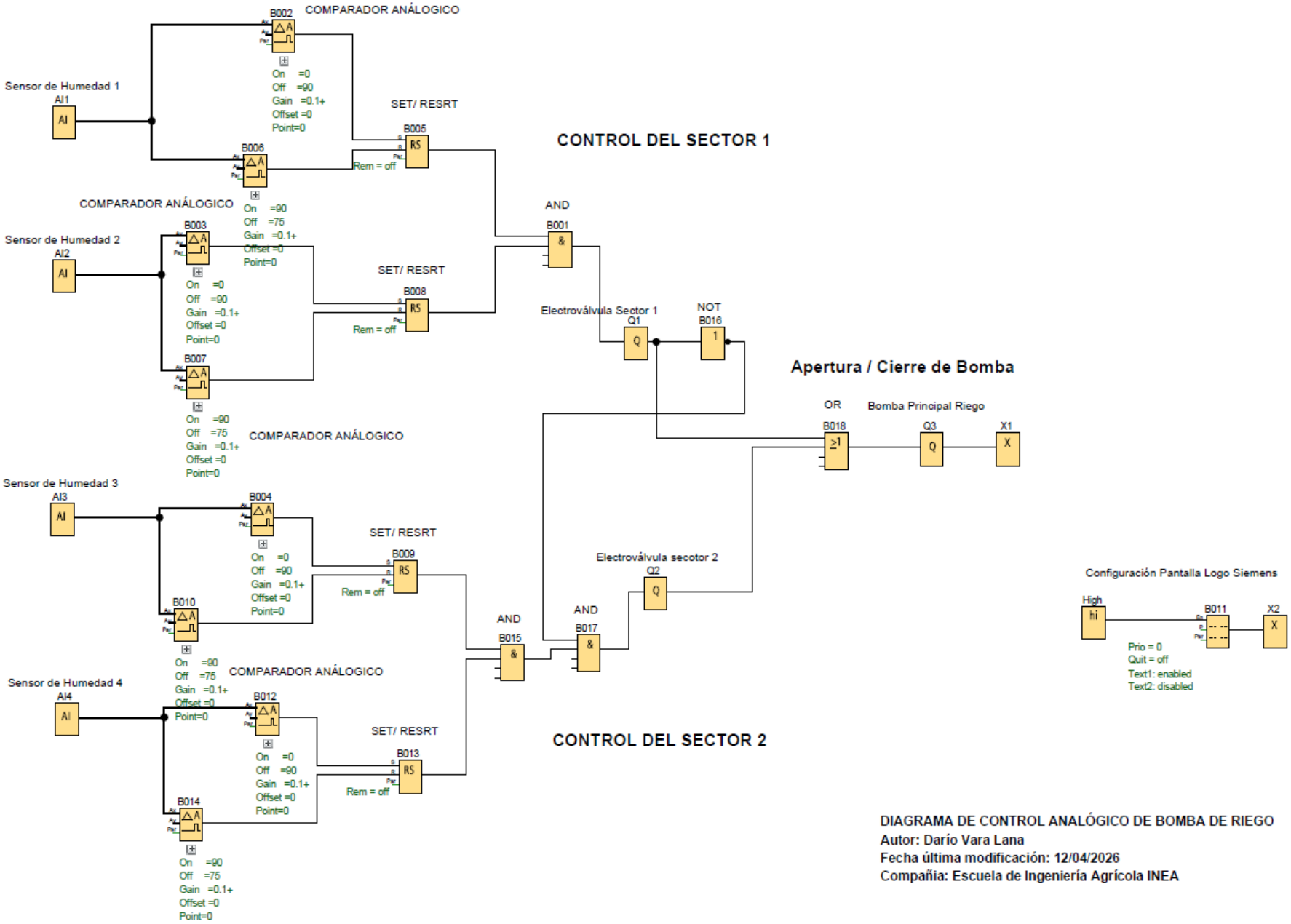
La activación de cualquiera de los sectores genera, mediante una lógica OR, la orden de arranque de la bomba de riego. Esta señal es enviada al variador de frecuencia, que gestiona el arranque y operación del motor, así como al contactor de la bomba de bypass, que se activa simultáneamente para permitir la inyección de fertilizantes en la red.

El sistema de fertirrigación se integra en esta misma lógica de control. Durante el funcionamiento del riego, se activan las electroválvulas correspondientes a las líneas de fertilización (Q1, Q2 y Q3), permitiendo la dosificación de nutrientes, como se muestra con más detalle en el Plano: Cabezal de Riego. Estas electroválvulas son gobernadas mediante salidas digitales del PLC, alimentadas a 24 v en corriente continua, garantizando compatibilidad con el sistema de control.

Adicionalmente, se dispone de salidas independientes (Q4 y Q5) para la apertura de las electroválvulas de cada sector de riego, asegurando la correcta distribución del agua y evitando interferencias entre líneas. Esto se contempla en el Plano: Cabezales de Campo.

La lógica completa del sistema, incluyendo comparadores analógicos, bloques de memoria, enclavamientos y salidas de control, se representa en el diagrama de programación del PLC:

Figura 3. Programa de control del riego y fertirrigación (LOGO! Soft Comfort).


COMPARADOR ANÁLOGICO
B002
Sensor de Humedad 1
AI1
AI
On =0
Off =90
Gain =0.1+
Offset =0
Point=0
SET/ RESRT
B005
RS
Rem = off
B006
CONTROL DEL SECTOR 1
COMPARADOR ANÁLOGICO
On =90
Off =75
Gain =0.1+
Offset =0
Point=0
AND
B001
&
Sensor de Humedad 2
AI2
B003
SET/ RESRT
B008
Rem = off
Electroválvula Sector 1
Q1
Q
NOT
B016
1
B007
Apertura / Cierre de Bomba
OR
Bomba Principal Riego
B018
≥1
Q3
X1
X
COMPARADOR ANÁLOGICO
Sensor de Humedad 3
AI3
B004
SET/ RESRT
B009
Rem = off
Electroválvula secotor 2
Q2
B010
AND
B015
AND
B017
Configuración Pantalla Logo Siemens
High
hi
B011
X2
Prio = 0
Quit = off
Text1: enabled
Text2: disabled
COMPARADOR ANÁLOGICO
Sensor de Humedad 4
AI4
B012
SET/ RESRT
B013
Rem = off
CONTROL DEL SECTOR 2
B014
DIAGRAMA DE CONTROL ANALÓGICO DE BOMBA DE RIEGO
Autor: Darío Vara Lana
Fecha última modificación: 12/04/2026
Compañía: Escuela de Ingeniería Agrícola INEA

Por otro lado, la dosificación de ácido se realiza mediante una bomba dosificadora que actúa en función de la lectura de pH obtenida por la sonda instalada aguas abajo en el bypass de medición. Este control se realiza de forma autónoma por el propio equipo de dosificación, regulando la inyección del caudal de ácido en la red para mantener los valores de pH dentro del rango deseado. Las características específicas de la bomba dosificadora se recogen en el Pliego de Condiciones.

Los removedores de los tanques de fertilizante no se integran en la lógica automática del sistema, funcionando mediante accionamiento manual independiente desde el cuadro eléctrico. Su operación se realiza de forma puntual, con el objetivo de garantizar la homogeneización de las soluciones nutritivas durante el proceso de fertiirrigación.

En Pamplona, abril de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



ANEJO DE RECOMENDACIONES DURANTE EL PROCESO DE EXPLOTACIÓN

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo** ***(pg. 3)***
2. **Calendario de Cultivo y Establecimiento** ***(pg. 4)***
3. **Manejo de Planta: Conducción, Entutorado y Poda** ***(pg. 6)***
4. **Polinización, Cuajado, Recolección y Selección** ***(pg. 9)***
5. **Control Climático del Invernadero** ***(pg. 11)***
6. **Manejo del Riego, Drenaje y Solución Nutritiva** ***(pg. 13)***
7. **Sanidad Vegetal, Limpieza y Seguimiento** ***(pg. 17)***

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto definir los criterios básicos de manejo agronómico del cultivo de tomate rosa en sistema hidropónico sobre perlita, complementando el diseño constructivo, hidráulico y eléctrico desarrollado en el proyecto. Para ello se establecen las pautas básicas de explotación relativas al calendario de cultivo, plantación, conducción a dos guías, poda, entutorado, polinización, control climático, manejo del riego, control de drenajes, solución nutritiva y sanidad vegetal.

El anejo no pretende constituir un manual completo de producción de tomate (ya que dicho contenido excede el alcance del proyecto), sino recoger los criterios técnicos necesarios para justificar que la instalación proyectada puede explotarse de forma coherente con las necesidades del cultivo. De este modo, se relacionan la infraestructura diseñada del invernadero multicapilla, el sistema de fertirrigación y el control por sensores con las operaciones agronómicas que condicionan el funcionamiento productivo de la explotación.

2. CALENDARIO DE CULTIVO Y ESTABLECIMIENTO

El cultivo proyectado corresponde a tomate rosa injertado sobre portainjerto Maxifort F1, implantado en sacos de perlita de 15 L y conducido a dos guías por planta. La instalación se dimensiona para 5.067 plantas, que darán lugar a 10.134 cabezas productivas sobre una superficie útil de cultivo de 4.864 m^2, alcanzando una densidad aproximada de 2,1 cabezas/m^2, como se detalla en el Anejo de Diseño del Sistema de riego y Fertirrigación.

El calendario de cultivo se plantea para un ciclo principal de primavera-verano, durante los meses comprendidos entre marzo y septiembre. La plantación se realizará una vez finalizada la puesta en marcha del invernadero, con el sistema de riego, fertirrigación, sensores y drenajes comprobados. Como referencia, se considera el trasplante a mediados de marzo, el establecimiento vegetativo durante las primeras semanas, la entrada progresiva en floración y cuajado a partir del desarrollo inicial de la planta, y la fase de recolección principal durante los meses de verano hasta mediados de septiembre.

Aunque estas fases fenológicas se solapan parcialmente en cultivos de crecimiento indeterminado, su diferenciación resulta útil para adaptar el manejo de riego, nutrición, poda, ventilación y sanidad.

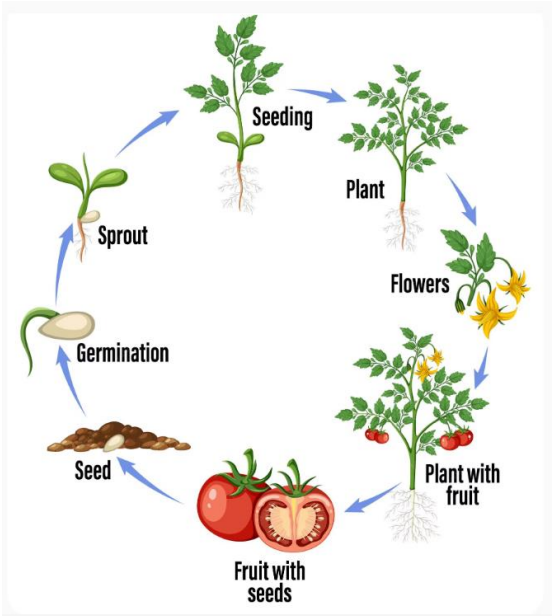


Figura 1. Esquema del ciclo fenológico del tomate.

Se aconseja utilizar planta injertada procedente de vivero, preferentemente con 40 días desde la siembra y con un estado sanitario y radicular adecuado. Antes del trasplante, la propiedad de la explotación deberá haber realizado cortes en la parte inferior de los sacos de perlita para permitir el drenaje de la solución nutritiva.

Al tratarse de un sustrato inerte y de baja capacidad tampón, no aporta nutrientes al cultivo, por lo que desde el inicio del ciclo la solución nutritiva deberá estar correctamente ajustada en pH, conductividad eléctrica y concentración mineral.

Cada saco de perlita deberá prepararse mediante orificios de plantación uniformes, garantizando una correcta posición del cepellón. La planta se deberá colocar sin enterrar en exceso el taco, manteniendo el cuello visible y evitando zonas de acumulación de humedad que puedan favorecer problemas de cuello o raíz. Las plantas defectuosas, débiles o con daños mecánicos deberán sustituirse durante los primeros días para mantener la uniformidad de la plantación.



Figura 2. Detalle de plantación de tomate sobre saco de perlita.

Durante los primeros días tras el trasplante, el manejo debe orientarse a asegurar el contacto entre el cepellón y la perlita, mantener una humedad suficiente en el entorno radicular y evitar tanto el estrés hídrico como el exceso de saturación.

El establecimiento correcto de la plantación es determinante para la uniformidad posterior del cultivo. En un sistema hidropónico, los errores iniciales de humedad, pH, conductividad eléctrica o posición del cepellón pueden traducirse en diferencias de vigor difíciles de corregir en fases posteriores.

3. MANEJO DE PLANTA: CONDUCCIÓN, ENTUTORADO Y PODA

El tomate rosa injertado permite aprovechar el mayor vigor del sistema radicular aumentando el número de cabezas productivas por unidad de superficie para el cultivo bajo invernadero.

La conducción a dos guías se deberá realizar seleccionando el tallo principal y un brote axilar vigoroso, normalmente situado en la parte baja de la planta y elegido durante las primeras fases de crecimiento (aunque en muchas ocasiones esta labor ya se realiza en el propio vivero). El resto de brotes secundarios se eliminarán progresivamente mediante destallado, evitando que compitan por asimilados y generen un exceso de vegetación.



Figura 3. Esquema de conducción a dos guías en tomate injertado.

El entutorado constituirá una labor esencial para mantener la planta en posición vertical, evitar el contacto de hojas y frutos con el suelo, mejorar la aireación del cultivo y facilitar las operaciones de poda, recolección y seguimiento sanitario. Cada guía se sujetará mediante hilo tutor fijado al sistema de emparrillado del invernadero, empleando anillas que permitan acompañar el crecimiento de la planta o en su lugar realizando el entutorado mediante giro de la cuerda. El primer entutorado se deberá realizar cuando la planta alcance un desarrollo por encima de 30 cm, y posteriormente se irán incorporando nuevos puntos de sujeción conforme avance el crecimiento.



Figura 4. Detalle del sistema de entutorado con hilo tutor y anilla.

La sujeción del tallo deberá realizarse siempre con cuidado, evitando colocar clips en zonas próximas a ramos florales o puntos sensibles de crecimiento. El objetivo no es forzar la planta, sino acompañar su desarrollo vertical y mantener una distribución ordenada de la vegetación dentro de la línea de cultivo.

Conforme el cultivo avance y las guías alcancen la parte alta del sistema de entutorado, se deberán realizar labores de bajada o descuelgue de planta. Esta operación permite seguir aprovechando el carácter indeterminado del tomate sin que la planta sobrepase la altura útil de manejo. El descuelgue consistirá en liberar parcialmente el hilo tutor, desplazar la planta longitudinalmente y bajar el tramo productivo, manteniendo siempre los frutos separados del suelo y evitando que los tallos invadan en exceso los pasillos de trabajo. Esta labor se coordinará, en la medida de lo posible, con el destallado, deshojado y recolección para reducir tiempos de trabajo y minimizar manipulaciones repetidas sobre la planta.



Figura 5. Descuelgue de planta en tomate desde carro elevador.

El destallado se deberá realizar de forma periódica para eliminar los brotes axilares no seleccionados como guías productivas. Esta labor permitirá dirigir los recursos asimilados hacia los tallos principales, los ramos florales y los frutos, evitando una masa vegetativa excesiva. La eliminación de brotes axilares debe realizarse preferentemente cuando estos todavía son pequeños, reduciendo el tamaño de la herida y el estrés provocado a la planta.

El deshojado se deberá aplicar de forma progresiva, eliminando hojas envejecidas, dañadas o situadas por debajo de los ramos ya recolectados. Su finalidad es mejorar la aireación de la base de la planta, facilitar la entrada de luz, reducir focos de humedad y permitir una mejor inspección del cultivo.

El equilibrio vegetativo-generativo se controlará mediante la observación continua del estado de la planta. Una planta excesivamente vegetativa presentará tallos muy vigorosos, hojas grandes, entrenudos largos y retraso relativo en la carga de fruto. Por el contrario, una planta demasiado generativa puede mostrar menor crecimiento apical, hojas más pequeñas, excesiva carga de fruto y pérdida de capacidad de renovación. El manejo de poda, riego, conductividad eléctrica, ventilación y carga de fruto deberá orientarse a mantener un equilibrio estable entre crecimiento y producción.

Los restos vegetales procedentes de poda, destallado y deshojado deberán retirarse del interior del invernadero con frecuencia suficiente, evitando su acumulación sobre pasillos, sacos o canaletas de drenaje. Esta retirada reduce la presencia de material vegetal susceptible de pudrición, limita refugios para plagas y mejora las condiciones higiénicas de la explotación.

4. POLINIZACIÓN, CUAJADO, RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN

La polinización y el cuajado constituyen fases críticas en el cultivo de tomate, al condicionar tanto el número de frutos obtenidos como su calibre, forma y calidad comercial. Aunque la flor del tomate es hermafrodita y puede autopolinizarse, en cultivo protegido resulta conveniente favorecer la vibración y transferencia de polen para mejorar la fecundación.

En el presente proyecto se aconseja al promotor la utilización de colmenas comerciales de abejorros para favorecer la polinización de los ramos florales. Esta solución permite reducir la dependencia de sistemas manuales de vibrado, mejorar la uniformidad del cuajado y facilitar una producción más regular.



Figura 6. Caja colmena de abejorros para polinización de tomate.

El manejo de la polinización deberá coordinarse con las condiciones climáticas interiores del invernadero. La actividad de los abejorros y la viabilidad del polen dependen de la temperatura, la humedad relativa y la ventilación. Como criterio general, se buscará mantener un ambiente suficientemente ventilado, evitando tanto condensaciones persistentes como golpes de calor que puedan reducir la actividad polinizadora o afectar a la calidad del polen. La ventilación cenital tipo mariposa proyectada contribuye a renovar el aire interior, evacuar humedad y mejorar las condiciones de floración y cuajado.

La revisión de la polinización se realizará mediante observación directa de los ramos florales. En tomate, la visita del abejorro suele dejar marcas visibles en la flor, lo que permite comprobar si la colmena está trabajando correctamente.

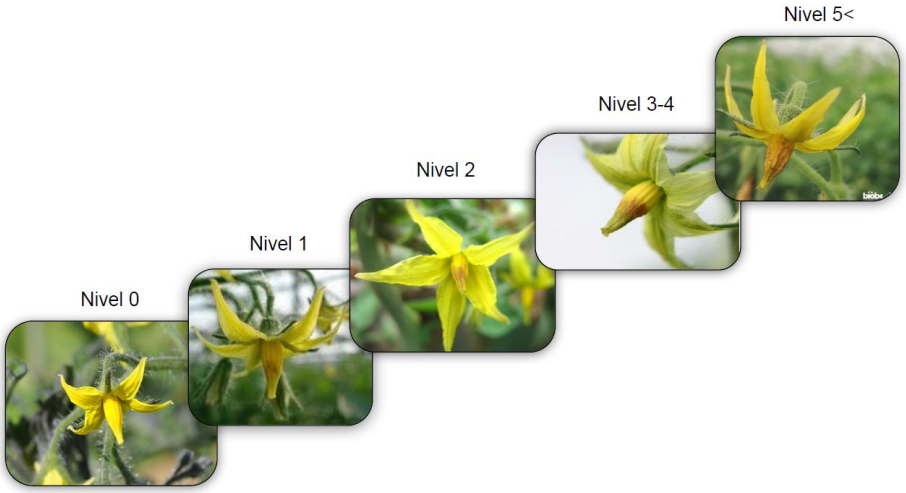


Figura 7. Detalle de flor de tomate marcada por visita de abejorro.

El cuajado deberá evaluarse de forma continua durante el desarrollo del cultivo, observando la formación de frutos por ramo, la presencia de flores abortadas, el vigor de la planta y la relación entre crecimiento vegetativo y carga productiva.

La recolección se deberá realizar de forma escalonada, conforme los frutos alcancen el estado de maduración definido para su comercialización. En tomate rosa, el punto de recolección debe fijarse atendiendo al destino comercial, al tiempo de transporte hasta el cliente y a la calidad organoléptica buscada.

La recolección se realizará manualmente, empleando carros y cajas limpias que permitan retirar el producto sin golpes ni aplastamientos. Durante la recolección se recomienda evitar tirar del fruto de forma brusca o provocar heridas en los ramos, ya que las lesiones pueden actuar como entrada de patógenos y reducir la vida comercial del producto.

La frecuencia de recolección se adaptará al ritmo de maduración del cultivo y a la demanda comercial. En los periodos de mayor producción será necesario incrementar la frecuencia para evitar sobremaduración en planta, reducir pérdidas de calidad y mantener una entrega homogénea.

5. CONTROL CLIMÁTICO DEL INVERNADERO

Dentro del ámbito climático atlántico costero donde se situará la instalación, se cuenta con temperaturas moderadas, elevada humedad relativa y ausencia de registros de heladas durante el periodo comprendido entre marzo y septiembre. Por ello, las condiciones permiten plantear un ciclo de primavera-verano, en el que el manejo climático se orienta especialmente a favorecer la renovación de aire, limitar condensaciones y mantener un ambiente adecuado para el desarrollo del tomate rosa.



Figura 8. Invernadero multicapilla 12,80 con ventilación cenital mariposa.

La estructura multicapilla de cuatro capillas, con anchura de capilla de 12,80 m, altura a canal de 4,50 m y altura a cumbrera de 7,50 m proporciona un volumen interior elevado. Este volumen favorece una mayor estabilidad térmica y reduce cambios bruscos de temperatura y humedad respecto a estructuras de menor altura como los románicos o góticos habituales.

El manejo de la ventilación deberá adaptarse a las condiciones de cada jornada. Durante las primeras horas del día, la apertura progresiva de ventanas permitirá evacuar la humedad acumulada durante la noche. En las horas centrales, la ventilación contribuirá a reducir excesos de temperatura y renovar el aire interior. En días frescos, lluviosos o con viento intenso, se recomienda regular con mayor prudencia, evitando enfriamientos bruscos, entrada de lluvia o corrientes directas desfavorables sobre el cultivo.

Además, los cerramientos laterales y frontales mediante rafia plastificada aportan protección frente al viento y la lluvia directa, manteniendo cierta permeabilidad limitada al aire por la propia naturaleza del material.

En el proyecto, aunque se incluye la instalación de los motorreductores junto a todo el sistema de accionamiento necesario para la apertura y cierre de ventanas (barras

de mando, cajas de piñón-cremallera, cojinetes y los correspondientes acoples) no se ha contemplado (aunque sí que se recomienda) su conexión a un cuadro de control y automatización mediante estación meteorológica.

No obstante, durante la explotación se aconseja realizar un seguimiento diario de temperatura, humedad relativa, presencia de condensaciones, estado de apertura de ventanas y vigor del cultivo. Estos datos permitirán ajustar el manejo de la ventilación y las labores de poda según la evolución real de la campaña.

En caso de radiación excesiva que coincida con época de floración se aconseja la instalación de una pantalla de sombra o, en su defecto, realizar un encalado de cubiertas para evitar el aborto floral, ya que son órganos especialmente sensibles.

6. MANEJO DEL RIEGO, DRENAJE Y SOLUCIÓN NUTRITIVA

El cultivo se desarrollará en sistema hidropónico sobre sacos de perlita, por lo que el agua y la solución nutritiva constituyen el principal medio de aporte hídrico y mineral a la planta. Al tratarse de un sustrato inerte, el manejo deberá basarse en riegos frecuentes y controlados, evitando tanto el déficit hídrico como la saturación prolongada del saco.

Como se detalla en el Anejo de Diseño del Sistema de Riego y Fertirrigación, el riego se aplicará mediante pulsos, ajustando la frecuencia y duración a la lectura de sensores de humedad. Como criterio de diseño se adopta un drenaje de referencia del 25 % para renovar la solución en el entorno radicular y evitar acumulaciones salinas.

La solución nutritiva se plantea como una solución única de referencia para el ciclo productivo, ajustada a las características del agua disponible y a los requerimientos del tomate rosa en fase de floración-producción. No obstante, es posible que durante la explotación puedan realizarse pequeños ajustes en función del estado del cultivo, la época del año, la conductividad del drenaje y la respuesta productiva.

Como punto de partida para el diseño de la solución nutritiva se ha empleado el análisis fisicoquímico del agua procedente del pozo de la explotación. Este análisis permite conocer los aportes minerales previos del agua de riego y, especialmente, su pH, conductividad eléctrica y contenido en bicarbonatos, parámetros que se han considerado en la formulación de la solución nutritiva.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del agua de riego procedente del pozo.

Datos Cliente
Sabor a Norte

C/ Rivas, 213
39170 Ajo/Bareyo Cantabria (ESPAÑA)
Interlocutor: Imanol

Datos Laboratorio
Muestreo: Fitosoil - PTS-MU-001*
Recogida: Fitosoil
Entrada: 08/07/2025 - 10:50 **Inicio:** 08/07/2025 **Finalización:** 11/07/2025

Ref.:
Descripción: Agua (300mL aprox. en envase de plástico)
Matriz: Agua continental de riego
Descripción: Agua (300mL aprox. en envase de plástico)
Condición:
Obs.:

ANÁLISIS DE AGUA (físico-químico)

DETERMINACIONES		Resultado	Unidad	TOLERANCIA**	RIESGO**	ALTO RIESGO**	Metodología
pH		7,26	Ud. pH				PTA-FQ-006, pH-metría, basado en UNE-EN ISO 10523:2012
Conductividad eléctrica a 25 ºC		0,640	mS/cm				PTA-FQ-005, conductimetría, basado en UNE EN 27888:1994
* Sales totales disueltas		0,475	g/l				Suma de iones

ANIONES (-)		g/l	mg/l	meq/l	mmol/l	Metodología
Cloruro	Cl	0,0319	31,9	0,90	0,90	PTA-FQ-006, cromatografía iónica, basado en UNE-EN ISO 10804-1:2009
Sulfato	SO4	0,0246	24,6	0,512	0,256	PTA-FQ-006, cromatografía iónica, basado en UNE-EN ISO 10804-1:2009
* Hidroxilo	OH	< 0,0100	< 10,0	< 0,59	< 0,59	PTA-FQ-016, volumetría, basado en UNE-EN ISO 9963-1:1996
Carbonato	CO3	< 0,0100	< 10,0	< 0,333	< 0,167	PTA-FQ-016, volumetría, basado en UNE-EN ISO 9963-1:1996
Bicarbonato	HCO3	0,289	289	4,7	4,7	PTA-FQ-016, volumetría, basado en UNE-EN ISO 9963-1:1996
Nitrato	NO3	0,00147	1,47	0,0237	0,0237	PTA-FQ-006, cromatografía iónica, basado en UNE-EN ISO 10804-1:2009
Fósforo disuelto	P	0,000120	0,120	0,0039	0,0039	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Fósforo disuelto	H2PO4	0,00037	0,37	0,0039	0,0039	Cálculo matemático

CATIONES (+)		g/l	mg/l	meq/l	mmol/l	Metodología
Calcio disuelto	Ca	0,0709	70,9	3,54	1,77	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Magnesio disuelto	Mg	0,0171	17,1	1,41	0,70	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Sodio disuelto	Na	0,0334	33,4	1,45	1,45	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Potasio disuelto	K	0,0066	6,6	0,169	0,169	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Amonio	NH4	0,00190	1,90	0,106	0,106	PTA-FQ-021, método fotométrico, basado en EPA 350.1:1993

MICRONUTRIENTES		mg/l	umol/l	Metodología
Boro disuelto	B	0,068	6,3	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Hierro disuelto	Fe	< 0,0500	< 0,90	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Manganeso disuelto	Mn	< 0,0100	< 0,182	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Cobre disuelto	Cu	< 0,0100	< 0,157	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010
Zinc disuelto	Zn	< 0,0100	< 0,153	PTA-FQ-001, ICP-AES, basado en UNE-EN ISO 11885:2010

MACRONUTRIENTES FERTILIZANTES		g/l	mg/l	meq/l	mmol/l	Metodología
Nitrógeno amoniacal	N	0,00148	1,48	0,106	0,106	Cálculo a partir de amonio
Nitrógeno nítrico	N	0,00033	0,33	0,0237	0,0237	Cálculo a partir de nitrato
* Nitrógeno nítrico+amoniacal	N	0,00181	1,81	0,129	0,129	Cálculo a partir de amonio y nitrato
Anhídrido fosfórico	P2O5	0,00027	0,27			Cálculo a partir de fósforo
Óxido de potasio	K2O	0,0079	7,9			Cálculo a partir de potasio
Óxido de calcio	CaO	0,099	99			Cálculo a partir de calcio
Óxido de magnesio	MgO	0,0284	28,4			Cálculo a partir de magnesio

ÍNDICES SECUNDARIOS	Símbolo	Unidad	Resultado	Clasificación**	Metodología
* Relación de absorción de sodio	S.A.R.		0,92	No alcalinizante	Cálculo matemático
* Relación de absorción de sodio corregida	S.A.R.*		1,20	No alcalinizante	Cálculo matemático
* Relación de absorción de sodio ajustada	S.A.R.aj		2,09	No alcalinizante	Cálculo matemático
* Carbonato sódico residual	C.R.S./EATON	meq/l	-0,21	Recomendable	Cálculo matemático
Dureza		°F	24,7	Medianamente dura	Cálculo matemático
* Coeficiente alcalimétrico	I. de Scott		52,5	Buena	Cálculo matemático
Alcalinidad		meqHCO3/l	4,7	Baja	Cálculo matemático
* Índice de saturación de Langelier			0,12	En equilibrio	Cálculo matemático
Relación calcio/magnesio	Ca/Mg		2,52	Calcificante	Cálculo matemático
Relación calcio/sodio.	Ca/Na		2,44	Equilibrada	Cálculo matemático
* Presión osmótica		atm	0,230	Moderada	Cálculo matemático
* Punto de congelación		°C	-0,02		Cálculo matemático

RIESGO DE OBSTRUCCIONES	Símbolo	Unidad	Resultado	BAJO**	MEDIO**	ELEVADO**
pH		Ud. pH	7,26			
* Sales totales disueltas	STD	g/l	0,475			
* Índice de saturación de Langelier			0,12			
Hierro disuelto	Fe	mg/l	< 0,0500			
Manganeso disuelto	Mn	mg/l	< 0,0100			

Requerimiento de ácido hasta pH del agua final 5,5	Unidad	Resultado	Metodología
* Ácido nítrico (R=60%, d=1,37)	cc/m3	325	Cálculo a partir de CO3 y HCO3
* Ácido fosfórico (R=75%, d=1,58)	cc/m3	351	Cálculo a partir de CO3 y HCO3

Los orientadores se establecen de modo general para un agua de riego, independientemente del cultivo irrigado, tipo de riego o suelo, y modalidad técnica empleada para la explotación de la plantación.

Los tanques de fertilización trabajan con una inyección del 2 %, equivalente a una dilución 1:50. Por tanto, las cantidades de fertilizante incorporadas a cada tanque de 1.000 L se calculan concentrando 50 veces la dosis final que debe recibir la planta.

La separación entre los tres tanques (A, B y C), como se observa en el Plano del Cabezal de Riego, permite evitar incompatibilidades, especialmente entre fertilizantes cálcicos y fosfatos o sulfatos concentrados que podrían reaccionar precipitando en forma de sales.

Tabla 2. Solución nutritiva de referencia para tomate rosa hidropónico.

	Requerimientos de la solución nutritiva	Aporte del agua de Riego	Aporte mediante Fertilización	Tanques de fertilizante concentrado	
	Concentración mg/l	Concentración mg/l	Concentración mg/l	Concentración mg/l	Concentración en g/l
MACRONUTRIENTES					
Nitroógeno N	180	1,82	178,18	8909	8,909
Fósforo P	50	0,12	49,88	2494	2,494
Potasio K	340	6,6	333,4	16670	16,67
Calcio Ca	180	70,9	109,1	5455	5,455
Magnesio Mg	50	17,1	32,9	1645	1,645
Azufre S	60	8,2	51,8	2590	2,59
MICRONUTRIENTES					
Hierro Fe	2,5	0	2,5	125	0,125
Manganeso Mn	0,8	0	0,8	40	0,04
Boro B	0,5	0	0,5	25	0,025
Zinc Zn	0,3	0	0,3	15	0,015
Cobre Cu	0,05	0	0,05	2,5	0,0025
Molibdeno Mo	0,05	0	0,05	2,5	0,0025
PH recomendado	5,8				
CE recomendado	2,3-2,7 mS/cm				

Para obtener las concentraciones en los tanques de fertilización y en la solución nutritiva final se ha realizado un cálculo de la cantidad en kg de cada saco de fertilizante que se debe aportar a su tanque correspondiente.

De esta forma el caudal de salida de los 3 tanques de fertilizantes se iguala (228 l/h), facilitando así las labores de recarga de tanques y de ajuste de las válvulas de aguja.

Tabla 3. Dosificación de fertilizantes en tanques concentrados de 1.000 L.

Caudal de riego l/h	11400
Inyección de cada tanque 2% l/h	228
Relacion dilución	50

Composición de cada fertilizante (en %):	**Pureza del Elemento**	**g/l de cada fertilizante en tanque**	**Kg Saco de Fertilizante en tanque de 1000L**
Nitrato potásico (KNO_3):		33,05	**33,05 TANQUE A**
13,7% N →	13,70% N	4,53	
38,4% P →	38,40% K	12,69	
Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$):		28,26	**28,26 TANQUE A**
15,5% N →	15,50% N	4,38	
27% CaO →	19,30% Ca	5,46	
Sulfato de magnesio ($MgSO_4$):		17,14	**17,14 TANQUE B**
16% MgO →	9,60% Mg	1,65	
32% SO_3 →	12,80% S	2,19	
Fosfato monopotásico (KH_2PO_4):		10,99	**10,99 TANQUE B**
52% P_2O_5 →	22,70% P	2,49	
34% K_2O →	28,70% K	3,15	
Sulfato potásico cristalino (K2SO4):		2,25	**2,25 TANQUE C**
51% K_2O →	43% K	0,97	
18%SO_3 →	7,20% S	0,16	
Micronutrientes		2,50	**2,50 TANQUE C**
Hierro	7,50% Fe	1,67	
Manganeso	3,50% Mn	1,14	
Boro	0,65% B	3,85	
Zinc	0,70% Zn	2,14	
Cobre	0,28% Cu	0,89	
Molibdeno	0,30% Mo	0,83	

Por otro lado, el agua de riego presenta pH de 7,26, conductividad eléctrica de 0,640 mS/cm y 289 mg/L de bicarbonatos. Para corregir la alcalinidad y situar la solución en un intervalo adecuado para tomate hidropónico, se adopta la recomendación del análisis de agua: aplicación de ácido nítrico al 60 % a razón de 325 cc/m^3, equivalente a 0,325 mL/L de solución aplicada.

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

El aporte de nitrógeno derivado del ácido nítrico deberá considerarse en el ajuste de la fertilización nitrogenada cuando se estabilice la dosis efectiva de corrección de pH.

El pH de trabajo de la solución nutritiva se situará en torno a 5,8, admitiendo un intervalo operativo aproximado de 5,5–6,2. La conductividad eléctrica objetivo se mantendrá, de forma orientativa, entre 2,3 y 2,7 mS/cm, ajustándose según la fase del cultivo, la demanda evaporativa y la respuesta observada en el drenaje.

El control del drenaje será una herramienta básica de manejo. Periódicamente se deberán revisar el porcentaje de drenaje (se recomienda tener una bandeja de drenaje dentro de una canaleta), y su conductividad eléctrica, evitando incrementos sostenidos de salinidad respecto a la solución de entrada. Si la CE del drenaje aumenta de forma persistente, deberá incrementarse el lavado mediante riego o reducirse la concentración de la solución nutritiva. Si el drenaje es insuficiente, se revisará la duración de los pulsos, el reparto de goteros y la humedad real del saco.

7. SANIDAD VEGETAL, LIMPIEZA Y SEGUIMIENTO

Para la sanidad vegetal del cultivo se recomienda aplicar criterios de Gestión Integrada de Plagas, priorizando la prevención, la observación periódica y la intervención mediante tratamientos fitosanitarios únicamente cuando sea necesaria. En un cultivo protegido de tomate hidropónico, las principales medidas preventivas se basan en mantener una adecuada ventilación, evitar excesos de humedad, retirar restos vegetales, controlar la entrada de insectos mediante mallas y trampas y revisar de forma continua el estado de hojas, tallos, flores y frutos.

El seguimiento sanitario deberá centrarse especialmente en plagas habituales del tomate bajo invernadero, como mosca blanca, trips, pulgón, ácaros y *Tuta absoluta*. Se recomienda el seguimiento mediante trampas cromáticas, trampas de feromonas y tipo delta. En el caso de las enfermedades, estas se ven favorecidas por humedad relativa elevada, heridas de poda o condensaciones persistentes, como botritis, oídio, mildiu o alternaria.

La limpieza del invernadero deberá ser una labor continua durante el ciclo. Los restos de poda, hojas eliminadas, frutos descartados y material vegetal enfermo deberán retirarse del interior de la instalación para reducir focos de infección y refugios de plagas. Las herramientas de poda y manipulación deberán mantenerse limpias, especialmente cuando se trabaje con plantas sospechosas de enfermedad.

El manejo sanitario estará directamente relacionado con el resto de las operaciones del cultivo. Una densidad vegetal excesiva, un deshojado insuficiente, una ventilación deficiente o un drenaje mal ajustado pueden aumentar la humedad en el entorno de la planta y favorecer problemas fúngicos.

Durante la campaña se recomienda mantener un registro básico de explotación, anotando las principales variables de manejo y las incidencias observadas. Como mínimo, deberán registrarse fecha, sector de riego, pH y CE de entrada, pH y CE de drenaje, porcentaje aproximado de drenaje, incidencias de goteros, labores realizadas, tratamientos aplicados, aparición de plagas o enfermedades y producciones recolectadas.

En Pamplona, junio de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



ANEJO DE ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo** ***(pg.3)***
2. **Inversión Inicial.** ***(pg.4)***
3. **Financiación de la Inversión.** ***(pg.5)***
4. **Amortizaciones.** ***(pg.6)***
5. **Cobros de Explotación.** ***(pg.8)***
6. **Pagos de Explotación.** ***(pg.9)***
7. **Resultados e Impuestos.** ***(pg.10)***
8. **Flujos de Caja e Indicadores de Rentabilidad.** ***(pg.13)***
9. **Análisis de Escenarios Alternativos.** ***(pg.15)***
    - 9.1. Escenario alternativo I: Cultivo en suelo.
    - 9.2. Escenario Alternativo II: Alta Tecnología en Hidropónico.
10. **Comparación De Escenarios.** ***(pg.19)***

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente anejo tiene por objeto analizar la viabilidad económica de la explotación de tomate rosa en cultivo hidropónico bajo invernadero proyectada en el presente documento. Mediante este estudio se pretende determinar la capacidad de la inversión para generar resultados económicos positivos y garantizar la sostenibilidad financiera de la actividad durante su vida útil prevista.

Para ello se realiza una evaluación económica completa de la explotación, considerando tanto las inversiones necesarias para su implantación como los costes de funcionamiento asociados a la actividad productiva. Asimismo, se estudian las fuentes de financiación previstas, las amortizaciones de los distintos elementos que integran la instalación, los ingresos derivados de la comercialización de la producción y los gastos de explotación esperados a lo largo del horizonte temporal considerado.

A partir de esta información se elaboran los flujos de caja del proyecto y se calculan los principales indicadores financieros empleados en la evaluación de inversiones agrarias, permitiendo valorar la rentabilidad y el riesgo económico asociado a la actuación propuesta.

Finalmente, se analizan distintos escenarios alternativos de producción con el fin de evaluar la influencia que determinadas decisiones técnicas pueden ejercer sobre la rentabilidad global de la explotación y sobre la recuperación de la inversión realizada.

2. INVERSIÓN INICIAL

La implantación de la explotación requiere una inversión inicial destinada a la ejecución de las infraestructuras, instalaciones y equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de producción hidropónica de tomate bajo invernadero. Dicha inversión comprende tanto los elementos estructurales y constructivos como los sistemas de riego, control, automatización y suministro energético necesarios para garantizar el desarrollo de la actividad productiva en condiciones adecuadas.

La valoración económica de las distintas unidades de obra se ha obtenido a partir del Documento de Presupuesto, agrupándose los costes en diferentes subcapítulos según su naturaleza. Entre ellos destacan la estructura metálica del invernadero, los cerramientos, las instalaciones de riego y fertirrigación, el sistema fotovoltaico aislado y los elementos de control y automatización asociados a la explotación. La mayor parte de la inversión se concentra en los elementos estructurales y en el sistema de riego, al constituir los componentes fundamentales para garantizar tanto la estabilidad de la instalación como el correcto suministro de agua y nutrientes al cultivo.

Tabla 1. Resumen por subcapítulos de la inversión inicial prevista para la ejecución del proyecto.

ELEMENTOS	PRECIO COMPRA
Cimentación y anclajes	29.082,83 €
Estructura metálica	66.023,53 €
Cerramientos y elementos auxiliares	35.176,21 €
Movimiento de tierras	1.824,34 €
Conducciones de riego	22.129,29 €
Equipos motorizados de riego	3.024,15 €
Piezas y componentes de riego	13.573,48 €
Sistema fotovoltaico aislado	7.095,56 €
Cuadros eléctricos, protecciones y automatización	1.713,47 €
Cableado y canalizaciones eléctricas	813,70 €
Sensores y elementos de control	1.660,26 €
Servicios de Seguimiento de obra y puesta en marcha	3.296,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	185.412,82 €
Gastos Generales	24.103,67 €
Beneficio Industrial	11.124,77 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA (PEC)	**222.737,68 €**
I.V.A	**46.774,91 €**
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRADA (CON IVA)	269.512,59 €

A partir de la suma de los costes directos de ejecución se obtiene un Presupuesto de Ejecución Material (PEM) de 185.412,82 €. Sobre dicho importe se han aplicado unos gastos generales del 13 % y un beneficio industrial del 6 %, porcentajes habitualmente empleados en proyectos de ingeniería agraria y construcción de instalaciones agrícolas, obteniéndose así un Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) de 222.737,68 €.

Dado que el promotor del proyecto es una sociedad mercantil, el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) soportado durante la ejecución de las inversiones es fiscalmente deducible, por lo que para la realización del estudio de viabilidad económica se tomará como referencia el Presupuesto de Ejecución por Contrata sin IVA. De este modo, la inversión considerada para el análisis económico asciende a 222.737,68 €.

3. FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN

Una vez determinada la inversión necesaria para la ejecución del proyecto, resulta necesario definir la estructura de financiación que permitirá afrontar el desembolso inicial requerido para la puesta en marcha de la explotación.

La inversión considerada para el estudio económico asciende a 222.737,68 €, correspondiente al Presupuesto de Ejecución por Contrata sin IVA obtenido en el apartado anterior.

Para la financiación de dicha inversión se ha considerado una subvención de capital equivalente al 40 % de la inversión subvencionable. Esto supone un importe de 88.256,50 € de ayuda prevista en las líneas de modernización y mejora de explotaciones agrarias contempladas por la Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Cantabria.

En las convocatorias de ayudas para inversiones productivas vinculadas a la modernización de explotaciones agrarias desarrolladas dentro del marco de la PAC 2023-2027, se establece una ayuda base del 40 % de la inversión subvencionable, pudiendo incrementarse en supuestos relacionados con la incorporación de jóvenes agricultores, zonas con limitaciones naturales o espacios protegidos.

El 30 % de la inversión, equivalente a 66.192,38 €, será aportado mediante fondos propios por parte de los dos socios de la sociedad promotora.

El 30 % restante, también por importe de 66.192,38 €, se financiará mediante un préstamo bancario amortizable según el sistema francés. Este sistema se caracteriza por mantener una cuota anual constante durante toda la vida del préstamo, aunque

la proporción correspondiente a intereses y amortización de capital varía progresivamente a medida que disminuye el capital pendiente.

Para el presente estudio se ha considerado un préstamo de 66.192,38 €, con un tipo de interés nominal anual del 4 % y un plazo de amortización de diez años. Bajo estas condiciones, la anualidad resultante asciende a 8.160,92 € anuales.

Tabla 2. Cuadro de amortización del préstamo mediante sistema francés.

AÑOS	CUOTA INTERES (I)	CUOTA AMORTIZACION (A)	ANUALIDAD (a)	PRESTAMO AMORTIZADO	PRESTAMO PENDIENTE
0					66.192,38 €
1	2.647,70 €	5.513,23 €	8160,92	5.513,23 €	60.679,15 €
2	2.427,17 €	5.733,75 €	8160,92	11.246,98 €	54.945,40 €
3	2.197,82 €	5.963,10 €	8160,92	17.210,08 €	48.982,29 €
4	1.959,29 €	6.201,63 €	8160,92	23.411,71 €	42.780,66 €
5	1.711,23 €	6.449,69 €	8160,92	29.861,41 €	36.330,97 €
6	1.453,24 €	6.707,68 €	8160,92	36.569,09 €	29.623,29 €
7	1.184,93 €	6.975,99 €	8160,92	43.545,08 €	22.647,30 €
8	905,89 €	7.255,03 €	8160,92	50.800,11 €	15.392,27 €
9	615,69 €	7.545,23 €	8160,92	58.345,34 €	7.847,04 €
10	313,88 €	7.847,04 €	8160,92	66.192,38 €	0,00 €

Durante los primeros ejercicios, una parte importante de la cuota corresponde al pago de intereses, mientras que la amortización del capital adquiere mayor peso conforme avanza el periodo de devolución. Como consecuencia, los gastos financieros soportados por la explotación disminuyen progresivamente cada año hasta la completa cancelación de la deuda al finalizar el décimo ejercicio. Esta circunstancia tendrá reflejo directo en los gastos anuales considerados posteriormente para la elaboración de los flujos de caja del proyecto.

4. AMORTIZACIONES

Para reflejar la pérdida de valor de las distintas inversiones a lo largo de la vida útil del proyecto, se ha realizado el cálculo de las amortizaciones correspondientes a cada uno de los elementos que integran la explotación. Para ello se han considerado las vidas útiles estimadas para cada instalación y equipo, aplicando un criterio de amortización lineal.

Los elementos con mayor peso económico dentro de la inversión presentan vidas útiles elevadas. La estructura metálica, valorada en 78.568,00 €, y la cimentación y anclajes, con un coste de 34.608,57 €, se amortizan en un plazo de 25 años, lo que supone unas cuotas anuales de 3.142,72 € y 1.384,34 €, respectivamente. Del mismo modo, las conducciones de riego y la instalación fotovoltaica se amortizan en 15 años, generando cuotas anuales de 1.755,59 € y 562,91 €.

Por el contrario, determinados elementos presentan una vida útil más reducida debido a su mayor desgaste y exposición a condiciones ambientales adversas. Es el caso de los cerramientos de cubierta de plástico y rafia, así como de los sensores y elementos de control, que se amortizan en cinco años. Asimismo, los equipos motorizados de riego, las piezas y componentes de riego y los cuadros eléctricos y de automatización presentan una vida útil estimada de diez años.

Tabla 3. Amortización de las inversiones y valor residual de los elementos.

ELEMENTOS	PRECIO COMPRA	VIDA UTIL	COEFICIENTE AMORTIZACIÓN	RENUEVA	AMORTIZACION ANUAL	AMORTIZACIÓN EN EL AÑO 15	VALOR PENDIENTE EN AÑO 15
Cimentación y anclajes	34.608,57 €	25	4%	NO	1.384,34 €	20.765,14 €	13.843,43 €
Estructura metálica	78.568,00 €	25	4%	NO	3.142,72 €	47.140,80 €	31.427,20 €
Cerramientos y elementos auxiliares	41.859,69 €	5	20%	SI	8.371,94 €	41.859,69 €	0,00 €
Movimiento de tierras	2.170,96 €	25	4%	NO	86,84 €	1.302,58 €	868,39 €
Conducciones de riego	26.333,86 €	15	7%	NO	1.755,59 €	26.333,86 €	0,00 €
Equipos motorizados de riego	3.598,74 €	10	10%	SI	359,87 €	3.598,74 €	0,00 €
Piezas y componentes de riego	16.152,44 €	10	10%	SI	1.615,24 €	16.152,44 €	0,00 €
Sistema fotovoltaico aislado	8.443,72 €	15	7%	NO	562,91 €	8.443,72 €	0,00 €
Cuadros eléctricos, protecciones y automatizaci	2.039,03 €	10	10%	SI	203,90 €	2.039,03 €	0,00 €
Cableado y canalizaciones eléctricas	968,30 €	15	7%	NO	64,55 €	968,30 €	0,00 €
Sensores y elementos de control	1.975,71 €	5	20%	SI	395,14 €	1.975,71 €	0,00 €
RENOVACIONES A LOS 5 AÑOS							
Cerramientos y elementos auxiliares	41.859,69 €	5	20%	SI	8.371,94 €	41.859,69 €	0,00 €
Sensores y elementos de control	1.975,71 €	5	20%	SI	395,14 €	1.975,71 €	0,00 €
RENOVACIONES A LOS 10 AÑOS							
Cerramientos y elementos auxiliares	41.859,69 €	5	20%	NO	8.371,94 €	41.859,69 €	0,00 €
Sensores y elementos de control	1.975,71 €	5	20%	NO	395,14 €	1.975,71 €	0,00 €
Equipos motorizados de riego	3.598,74 €	10	10%	NO	359,87 €	1.799,37 €	1.799,37 €
Piezas y componentes de riego	16.152,44 €	10	10%	NO	1.615,24 €	8.076,22 €	8.076,22 €
Cuadros eléctricos, protecciones y automatizaci	2.039,03 €	10	10%	NO	203,90 €	1.019,51 €	1.019,51 €
					VALOR RESIDUAL EN EL AÑO 15		57.034,12 €

Debido a que el horizonte temporal considerado para el estudio es de quince años, resulta necesario contemplar la renovación de aquellos elementos cuya vida útil finaliza antes de dicho periodo. Por este motivo, los cerramientos y elementos auxiliares, junto con los sensores y elementos de control, requieren una sustitución completa en el año 5 y una nueva reposición en el año 10. De igual forma, los equipos motorizados de riego, las piezas y componentes de riego y los cuadros eléctricos y de automatización deben renovarse al alcanzar su vida útil en el año 10.

Como resultado de las vidas útiles consideradas y de las renovaciones efectuadas, la amortización anual total asciende a 17.943,06 €. Además, al finalizar el horizonte de estudio de los 15 años, existen determinados elementos que aún conservan capacidad de servicio y valor económico, destacando principalmente la estructura

metálica, la cimentación y anclajes. El valor residual conjunto de los activos al finalizar el año 15 se estima en 57.034,12 €.

5. COBROS DE EXPLOTACIÓN

Los ingresos de la explotación proceden principalmente de la venta de tomate rosa producido en el invernadero, complementados por las ayudas directas percibidas dentro del marco de los fondos FEADER (Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural).

La producción anual considerada para el estudio se ha estimado a partir de los rendimientos previstos para el cultivo hidropónico de tomate rosa en las condiciones de diseño contempladas en el presente proyecto. Sobre una superficie útil de cultivo de 4.864 m^2, las producciones previstas oscilan entre 64.204,80 kg y 72.473,60 kg anuales, con un valor medio próximo a las 68 toneladas por campaña. Las producciones consideradas en el estudio corresponden a producto comercializable destinado a venta, una vez descontadas las pérdidas y destríos previstos durante la selección.

Tabla 4. Producción anual e ingresos previstos por venta de tomate.

AÑO	PRODUCCIÓN (kg)	PRECIO VENTA (€/kg)	VENTA PRODUCTO (€)	SUBV FEADER(€)	INGRESOS CORREINTES (€)
1	66636,8	1,85	123.278,08 €	6.500,00 €	129.778,08 €
2	68485,12	1,8685	127.964,45 €	6.500,00 €	134.464,45 €
3	69068,8	1,89	130.345,60 €	6.500,00 €	136.845,60 €
4	66150,40	1,91	126.086,42 €	6.500,00 €	132.586,42 €
5	71500,80	1,93	137.647,44 €	6.500,00 €	144.147,44 €
6	72473,60	1,94	140.915,39 €	5.000,00 €	145.915,39 €
7	65177,60	1,96	127.996,57 €	5.000,00 €	132.996,57 €
8	67609,60	1,98	134.100,29 €	5.000,00 €	139.100,29 €
9	71987,20	2,00	144.210,87 €	5.000,00 €	149.210,87 €
10	71500,80	2,02	144.668,84 €	5.000,00 €	149.668,84 €
11	64204,80	2,04	131.205,78 €	5.000,00 €	136.205,78 €
12	66150,40	2,06	136.533,53 €	5.000,00 €	141.533,53 €
13	68096	2,08	141.954,71 €	5.000,00 €	146.954,71 €
14	67609,6	2,11	142.350,16 €	5.000,00 €	147.350,16 €
15	70528	2,13	149.979,72 €	5.000,00 €	154.979,72 €

Para la valoración económica de la producción se ha adoptado un precio inicial de venta de 1,85 €/kg. Este valor queda incluso por debajo del precio de compra de Supermercados Lupa a sus proveedores; que ronda en Cantabria los 2€/kg para esta variedad. Con objeto de reflejar la evolución esperada de los precios a lo largo del horizonte de estudio, se ha considerado un incremento anual del 1 %. Se trata de una hipótesis prudente, inferior a la inflación media registrada en España durante los últimos años, evitando así sobreestimar los ingresos futuros de la explotación.

Además de los ingresos procedentes de la comercialización del producto, se ha considerado la percepción de ayudas directas de los Fondos FEADER. Durante los cinco primeros años se contempla un ingreso anual de 6.500 €, correspondiente a una ayuda de 5.000 € anuales más un complemento asociado a la incorporación de jóvenes agricultores de 1.500 € anuales. A partir del sexto año únicamente se mantiene la ayuda base de 5.000 € anuales, al finalizar el periodo de percepción del complemento para jóvenes agricultores.

Como resultado de ambas fuentes de ingresos, los ingresos corrientes de explotación evolucionan desde 129.778,08 € en el primer ejercicio hasta 154.979,72 € en el último año considerado.

6. PAGOS DE EXPLOTACIÓN

Para la estimación de los gastos de explotación se han considerado aquellos costes necesarios para garantizar el funcionamiento normal de la instalación durante todo el horizonte temporal de los 15 años.

Tabla 5. Gastos anuales considerados en el estudio económico.

AÑO	PLANTA INJERTADA	FERTILIZANTES	INSUMOS GIP	MANO DE OBRA	SEGURO	MANTENIMIENTO	TRIBUTOS	GTOS FINAN	**TOTAL**
1	4.845,00	5.750,00	3.300,00	68.000,00	2.400,00	5.200,00	730,00	2.647,70	92.872,70
2	4.990,35	5.922,50	3.399,00	70.040,00	2.472,00	5.356,00	751,90	2.427,17	95.358,92
3	5.140,06	6.100,18	3.500,97	72.141,20	2.546,16	5.516,68	774,46	2.197,82	97.917,52
4	5.294,26	6.283,18	3.606,00	74.305,44	2.622,54	5.682,18	797,69	1.959,29	100.550,59
5	5.453,09	6.471,68	3.714,18	76.534,60	2.701,22	5.852,65	821,62	1.711,23	103.260,26
6	5.616,68	6.665,83	3.825,60	78.830,64	2.782,26	6.028,23	846,27	1.453,24	106.048,74
7	5.785,18	6.865,80	3.940,37	81.195,56	2.865,73	6.209,07	871,66	1.184,93	108.918,30
8	5.958,74	7.071,77	4.058,58	83.631,42	2.951,70	6.395,34	897,81	905,89	111.871,26
9	6.137,50	7.283,93	4.180,34	86.140,37	3.040,25	6.587,20	924,74	615,69	114.910,02
10	6.321,63	7.502,45	4.305,75	88.724,58	3.131,46	6.784,82	952,48	313,88	118.037,04
11	6.511,27	7.727,52	4.434,92	91.386,31	3.225,40	6.988,37	981,06	0,00	121.254,86
12	6.706,61	7.959,34	4.567,97	94.127,90	3.322,16	7.198,02	1.010,49	0,00	124.892,50
13	6.907,81	8.198,13	4.705,01	96.951,74	3.421,83	7.413,96	1.040,81	0,00	128.639,28
14	7.115,05	8.444,07	4.846,16	99.860,29	3.524,48	7.636,38	1.072,03	0,00	132.498,45
15	7.328,50	8.697,39	4.991,55	102.856,10	3.630,22	7.865,47	1.104,19	0,00	136.473,41

El coste más significativo corresponde a la mano de obra, al contemplarse la participación permanente de los dos socios trabajadores de la explotación. El coste empresarial asociado a ambos asciende a 68.000 € durante el primer año, representando aproximadamente el 73 % de los gastos de explotación iniciales.

La adquisición anual de planta injertada supone un desembolso inicial de 4.845 €, correspondiente a la reposición completa de las 5.100 plantas necesarias para cada campaña de cultivo. Por su parte, los fertilizantes empleados en fertirrigación representan un coste inicial de 5.750 €, mientras que los insumos destinados a gestión integrada de plagas y abejorros auxiliares corresponden a 3.300 € durante el primer ejercicio.

Asimismo, se han considerado otros gastos habituales asociados al funcionamiento de la explotación, entre los que destacan el mantenimiento de las instalaciones, valorado inicialmente en 5.200 € anuales, el seguro de explotación con un coste de 2.400 € anuales y los tributos y tasas asociados a la actividad, estimados en 730 € durante el primer año.

Los gastos financieros incluidos en la tabla corresponden exclusivamente a los intereses derivados del préstamo descrito en el apartado anterior. Como consecuencia del sistema francés de amortización adoptado, estos disminuyen progresivamente desde 2.647,70 € en el primer ejercicio hasta desaparecer completamente una vez finalizada la amortización del préstamo en el año 10.

Con objeto de reflejar la evolución previsible de los costes a lo largo del tiempo, se ha considerado un incremento anual del 3 % sobre todos los gastos de explotación. Este porcentaje permite incorporar el efecto de la inflación, el encarecimiento de suministros, materiales y servicios, así como la evolución de los costes laborales durante el periodo de estudio. Como resultado, los gastos anuales pasan de 92.872,70 € en el primer ejercicio a 136.473,41 € en el año 15.

7. RESULTADOS E IMPUESTOS

Una vez determinados los cobros y pagos anuales de la explotación, se procede a calcular los resultados económicos obtenidos en cada ejercicio. Para ello, además de los movimientos monetarios analizados en los apartados anteriores, es necesario incorporar determinados conceptos contables que no implican entradas o salidas reales de dinero durante cada año, pero que sí deben considerarse para la determinación del beneficio y de la carga fiscal asociada al proyecto.

Los ingresos considerados en este apartado se obtienen a partir de los cobros anuales de explotación, incorporando además la imputación anual de la subvención de capital recibida para la financiación de la inversión inicial. Aunque dicha subvención se percibe al comienzo del proyecto, desde el punto de vista contable se distribuye a lo largo de la vida útil de las inversiones subvencionadas. Como resultado, se considera un ingreso anual adicional de 5.883,77 €, elevando los ingresos desde 135.661,85 € en el primer ejercicio hasta 160.863,48 € en el año 15.

Tabla 6. Ingresos considerados para la determinación de resultados.

PERIODO	INGRESOS CORRIENTES	SUBVENCIÓN DE CAPITAL	INGRESOS
1	129.778,08 €	5.883,77 €	135.661,85 €
2	134.464,45 €	5.883,77 €	140.348,21 €
3	136.845,60 €	5.883,77 €	142.729,37 €
4	132.586,42 €	5.883,77 €	138.470,19 €
5	144.147,44 €	5.883,77 €	150.031,20 €
6	145.915,39 €	5.883,77 €	151.799,16 €
7	132.996,57 €	5.883,77 €	138.880,34 €
8	139.100,29 €	5.883,77 €	144.984,06 €
9	149.210,87 €	5.883,77 €	155.094,64 €
10	149.668,84 €	5.883,77 €	155.552,60 €
11	136.205,78 €	5.883,77 €	142.089,55 €
12	141.533,53 €	5.883,77 €	147.417,30 €
13	146.954,71 €	5.883,77 €	152.838,48 €
14	147.350,16 €	5.883,77 €	153.233,93 €
15	154.979,72 €	5.883,77 €	160.863,48 €

De forma análoga, los gastos utilizados para el cálculo del resultado no coinciden únicamente con los pagos efectuados cada año. A los costes de explotación y gastos financieros ya considerados se añade la amortización anual de las inversiones, valorada en 17.943,06 € por ejercicio. Esta amortización refleja la pérdida de valor de los activos a lo largo de su vida útil y permite distribuir su coste entre los distintos ejercicios económicos del proyecto.

Como consecuencia de ello, el gasto total considerado pasa de 110.815,76 € en el primer año a 154.416,47 € en el último ejercicio analizado.

Tabla 7. Gastos considerados para la determinación de resultados.

PERIODO	AMORTIZACIÓN ANUAL	PAGOS	GASTOS
1	17.943,06 €	92.872,70	110.815,76 €
2	17.943,06 €	95.358,92	113.301,98 €
3	17.943,06 €	97.917,52	115.860,58 €
4	17.943,06 €	100.550,59	118.493,65 €
5	17.943,06 €	103.260,26	121.203,32 €
6	17.943,06 €	106.048,74	123.991,80 €
7	17.943,06 €	108.918,30	126.861,36 €
8	17.943,06 €	111.871,26	129.814,32 €
9	17.943,06 €	114.910,02	132.853,08 €
10	17.943,06 €	118.037,04	135.980,10 €
11	17.943,06 €	121.254,86	139.197,92 €
12	17.943,06 €	124.892,50	142.835,56 €
13	17.943,06 €	128.639,28	146.582,34 €
14	17.943,06 €	132.498,45	150.441,51 €
15	17.943,06 €	136.473,41	154.416,47 €

La diferencia entre los ingresos y gastos anteriores permite obtener el resultado económico de cada ejercicio. Tal y como puede observarse en la tabla siguiente, el proyecto presenta beneficios positivos durante la totalidad del horizonte temporal analizado, con resultados comprendidos entre 2.891,63 € y 28.827,88 € anuales.

Sobre dichos resultados se ha aplicado un tipo impositivo del 25 %, correspondiente al Impuesto sobre Sociedades. La carga fiscal resultante oscila entre 722,91 € y 7.206,97 € según el beneficio obtenido en cada ejercicio.

Tabla 8. Resultados e impuestos del proyecto.

PERIODO	INGRESOS	GASTOS	RESULTADOS	IMPUESTOS
1	135.661,85 €	110.815,76 €	24.846,09 €	6.211,52 €
2	140.348,21 €	113.301,98 €	27.046,24 €	6.761,56 €
3	142.729,37 €	115.860,58 €	26.868,79 €	6.717,20 €
4	138.470,19 €	118.493,65 €	19.976,54 €	4.994,14 €
5	150.031,20 €	121.203,32 €	28.827,88 €	7.206,97 €
6	151.799,16 €	123.991,80 €	27.807,36 €	6.951,84 €
7	138.880,34 €	126.861,36 €	12.018,98 €	3.004,74 €
8	144.984,06 €	129.814,32 €	15.169,73 €	3.792,43 €
9	155.094,64 €	132.853,08 €	22.241,56 €	5.560,39 €
10	155.552,60 €	135.980,10 €	19.572,50 €	4.893,13 €
11	142.089,55 €	139.197,92 €	2.891,63 €	722,91 €
12	147.417,30 €	142.835,56 €	4.581,73 €	1.145,43 €
13	152.838,48 €	146.582,34 €	6.256,14 €	1.564,04 €
14	153.233,93 €	150.441,51 €	2.792,41 €	698,10 €
15	160.863,48 €	154.416,47 €	6.447,02 €	1.611,75 €

La evolución de los resultados refleja que los ingresos generados por la explotación son suficientes para cubrir los gastos de funcionamiento, los costes financieros y la amortización de las inversiones, manteniendo un saldo positivo durante todo el periodo de análisis.

8. FLUJOS DE CAJA E INDICADORES DE RENTABILIDAD

Una vez determinados los ingresos, gastos e impuestos de cada ejercicio, se procede al cálculo de los flujos netos de caja generados por la explotación durante el horizonte temporal de quince años considerado en el estudio.

Para la elaboración de los flujos se han incorporado todos los movimientos económicos relevantes asociados al proyecto. En el año inicial se considera la inversión necesaria para la ejecución de las instalaciones, valorada en 222.737,68 €, así como las aportaciones procedentes del préstamo bancario y de la subvención de capital concedida. Durante los años de explotación se incorporan los cobros derivados de la venta de la producción y las ayudas percibidas, los pagos de explotación, la amortización del préstamo y la carga fiscal correspondiente a cada ejercicio.

Asimismo, se han tenido en cuenta las inversiones de reposición necesarias para sustituir aquellos elementos cuya vida útil finaliza antes del horizonte temporal analizado. Estas renovaciones generan salidas extraordinarias de tesorería en los años 5 y 10, coincidiendo con la sustitución de plásticos y rafia de cubierta del invernadero, sensores y equipos de riego y automatización. Finalmente, en el año 15 se incorpora el valor residual de los activos que todavía conservan capacidad de servicio, estimado en 57.034,12 €.

Tabla 9. Flujos de caja del proyecto.

AÑOS	INVERSION	FINANCIACION	SUBV CAP	COBROS	PAGOS	FLUJOS DEL PROYECTO ANTES IMPUESTOS	IMPUESTOS	FLUJOS DEL PROYECTO	FACTOR ATUALIZACION	FLUJOS ACTUALIZADOS	FLUJOS ACUMULADOS
0	-220.641,26 €	66.192,38 €	88.256,50 €			-66.192,38 €		-66.192,38 €	1,000	-66.192,377 €	-66.192,377 €
1		-5.513,23 €		129778,08	-92.872,70	31.392,16 €	-6.211,52 €	25.180,64 €	0,960	24.165,678 €	-42.026,699 €
2		-5.733,75 €		134464,447	-95.358,92	33.371,78 €	-6.761,56 €	26.610,22 €	0,921	24.508,288 €	-17.518,411 €
3		-5.963,10 €		136845,603	-97.917,52	32.964,98 €	-6.717,20 €	26.247,78 €	0,884	23.200,079 €	5.681,668 €
4		-6.201,63 €		132586,423	-100.550,59	25.834,21 €	-4.994,14 €	20.840,07 €	0,848	17.677,806 €	23.359,474 €
5	-43.835,40 €	-6.449,69 €		144147,436	-103.260,26	-9.397,92 €	-7.206,97 €	-16.604,89 €	0,814	-13.517,530 €	9.841,944 €
6		-6.707,68 €		145915,392	-106.048,74	33.158,97 €	-6.951,84 €	26.207,13 €	0,781	20.474,492 €	30.316,435 €
7		-6.975,99 €		132996,571	-108.918,30	17.102,28 €	-3.004,74 €	14.097,54 €	0,750	10.569,860 €	40.886,295 €
8		-7.255,03 €		139100,288	-111.871,26	19.974,00 €	-3.792,43 €	16.181,56 €	0,720	11.643,372 €	52.529,667 €
9		-7.545,23 €		149210,871	-114.910,02	26.755,62 €	-5.560,39 €	21.195,23 €	0,691	14.636,212 €	67.165,879 €
10	-65.625,61 €	-7.847,04 €		149668,838	-118.037,04	-41.840,85 €	-4.893,13 €	-46.733,98 €	0,663	-30.971,023 €	36.194,856 €
11				136205,779	-121.254,86	14.950,92 €	-722,91 €	14.228,02 €	0,636	9.048,976 €	45.243,832 €
12				141533,529	-124.892,50	16.641,03 €	-1.145,43 €	15.495,59 €	0,610	9.457,919 €	54.701,751 €
13				146954,713	-128.639,28	18.315,44 €	-1.564,04 €	16.751,40 €	0,586	9.812,299 €	64.514,050 €
14				147350,158	-132.498,45	14.851,70 €	-698,10 €	14.153,60 €	0,562	7.956,442 €	72.470,492 €
15	57.034,12 €			154979,717	-136.473,41	75.540,43 €	-1.611,75 €	73.928,67 €	0,539	39.883,855 €	112.354,347 €

El flujo de caja inicial presenta un valor negativo de 66.192,38 €, correspondiente a la aportación realizada por los socios una vez descontadas la subvención de capital y la financiación bancaria obtenidas para la ejecución de la inversión. A partir del primer ejercicio la explotación genera flujos positivos de forma prácticamente continuada, destacando los 25.180,64 € obtenidos en el año 1 y los 26.610,22 € del año 2.

Las únicas excepciones se producen en los años 5 y 10, donde los flujos netos toman valores negativos de -16.604,89 € y -46.733,98 €, respectivamente. Este comportamiento se debe a la necesidad de llevar a cabo las inversiones de reposición previstas en el plan de amortizaciones. De hecho, inmediatamente después de dichas renovaciones los flujos vuelven a presentar valores positivos, alcanzando nuevamente cifras superiores a los 26.000 € anuales.

Una vez obtenidos los flujos netos, estos se han actualizado mediante una tasa de descuento del 4 %, valor del coste medio esperado del capital para una inversión agraria de riesgo. La actualización de los flujos permite comparar económicamente importes generados en momentos temporales diferentes y determinar la rentabilidad real de la inversión.

Como puede observarse en la columna de flujos acumulados, la inversión inicial se recupera entre los años 2 y 3 de explotación. Al finalizar el tercer ejercicio el flujo acumulado actualizado pasa de un valor negativo de -17.518,41 € a un valor positivo de 5.681,67 €, indicando que el proyecto ya ha recuperado completamente el desembolso inicial realizado por los socios.

A partir de los flujos actualizados se han calculado los principales indicadores financieros empleados para la evaluación de inversiones, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad obtenidos.

VAN	112.354,347 €
TIR	22%
VAE	10.247,10 €
PR	2,76

El Valor Actual Neto (VAN) obtenido asciende a 112.354,35 €, valor claramente positivo y superior al desembolso inicial realizado por los promotores. Esto indica que, una vez recuperada la inversión y descontado el coste temporal del dinero mediante una tasa del 4 %, el proyecto continúa generando más de 112.000 € de valor económico adicional.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un valor del 22 %, muy superior a la tasa de actualización empleada en el estudio. Este resultado muestra que la rentabilidad generada por el proyecto es considerablemente superior al rendimiento mínimo

exigido para aceptar la inversión, constituyendo uno de los indicadores más favorables obtenidos en el análisis.

Por su parte, el Valor Anual Equivalente (VAE) se sitúa en 10.247,10 € anuales, lo que equivale a generar cada año un beneficio económico constante de dicha cuantía durante todo el horizonte temporal analizado.

Finalmente, el Periodo de Recuperación (PR) obtenido es de 2,76 años, resultado especialmente favorable para una inversión agrícola de estas características. Este indicador se refiere a la recuperación de la aportación propia por el promotor (66.192,38€), una vez consideradas la subvención de capital y la financiación bancaria previstas. Por tanto, este indicador no debe interpretarse como recuperación íntegra del presupuesto total de la inversión,

9. ANÁLISIS DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS

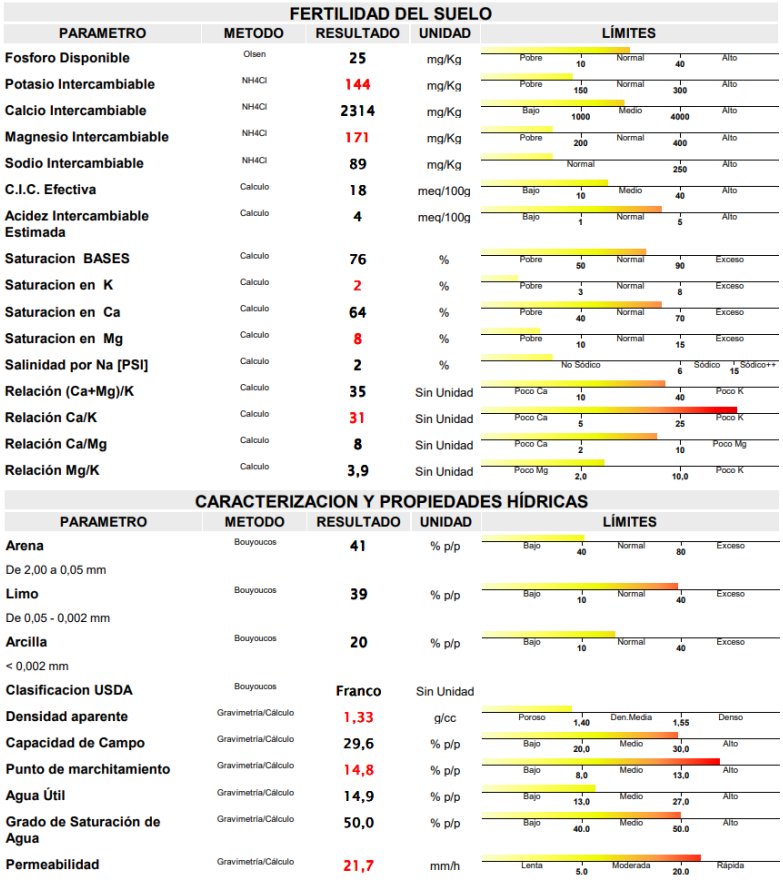
a. Escenario Alternativo I: Cultivo en Suelo

Como alternativa al sistema hidropónico propuesto, se ha analizado la posibilidad de realizar el cultivo directamente sobre el terreno natural existente en la parcela. Para ello se han considerado las características físicas, químicas e hídricas obtenidas en el análisis de suelo realizado para la explotación.

Los resultados muestran un suelo de textura franca, compuesto por un 41 % de arena, un 39 % de limo y un 20 % de arcilla. Presenta una densidad aparente de 1,33 g/cm^3, una capacidad de campo del 29,6 %, un contenido de agua útil del 14,9% indicando una adecuada capacidad de retención y drenaje.

Desde el punto de vista de la fertilidad, el suelo presenta niveles adecuados de fósforo disponible (25 mg/kg), calcio intercambiable (2.314 mg/kg) y una saturación de bases del 76 %. Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico efectiva alcanza 18 meq/100 g. Estos resultados permiten plantear técnicamente un sistema de cultivo en suelo sin necesidad de recurrir al empleo de sustratos artificiales.

Tabla 11. Resumen de las principales características agronómicas del suelo.



FERTILIDAD DEL SUELO

PARAMETRO	METODO	RESULTADO	UNIDAD	LÍMITES
Fosforo Disponible	Olsen	25	mg/Kg	Pobre 10 Normal 40 Alto
Potasio Intercambiable	NH4Cl	144	mg/Kg	Pobre 150 Normal 300 Alto
Calcio Intercambiable	NH4Cl	2314	mg/Kg	Bajo 1000 Medio 4000 Alto
Magnesio Intercambiable	NH4Cl	171	mg/Kg	Pobre 200 Normal 400 Alto
Sodio Intercambiable	NH4Cl	89	mg/Kg	Normal 250 Alto
C.I.C. Efectiva	Calculo	18	meq/100g	Bajo 10 Medio 40 Alto
Acidez Intercambiable Estimada	Calculo	4	meq/100g	Bajo 1 Normal 5 Alto
Saturacion BASES	Calculo	76	%	Pobre 50 Normal 90 Exceso
Saturacion en K	Calculo	2	%	Pobre 3 Normal 8 Exceso
Saturacion en Ca	Calculo	64	%	Pobre 40 Normal 70 Exceso
Saturacion en Mg	Calculo	8	%	Pobre 10 Normal 15 Exceso
Salinidad por Na [PSI]	Calculo	2	%	No Sódico 6 Sódico 15 Sódico++
Relación (Ca+Mg)/K	Calculo	35	Sin Unidad	Poco Ca 10 40 Poco K
Relación Ca/K	Calculo	31	Sin Unidad	Poco Ca 5 25 Poco K
Relación Ca/Mg	Calculo	8	Sin Unidad	Poco Ca 2 10 Poco Mg
Relación Mg/K	Calculo	3,9	Sin Unidad	Poco Mg 2,0 10,0 Poco K

CARACTERIZACION Y PROPIEDADES HÍDRICAS

PARAMETRO	METODO	RESULTADO	UNIDAD	LÍMITES
Arena De 2,00 a 0,05 mm	Bouyoucos	41	% p/p	Bajo 40 Normal 80 Exceso
Limo De 0,05 - 0,002 mm	Bouyoucos	39	% p/p	Bajo 10 Normal 40 Exceso
Arcilla < 0,002 mm	Bouyoucos	20	% p/p	Bajo 10 Normal 40 Exceso
Clasificacion USDA	Bouyoucos	Franco	Sin Unidad	
Densidad aparente	Gravimetría/Cálculo	1,33	g/cc	Poroso 1,40 Den.Media 1,55 Denso
Capacidad de Campo	Gravimetría/Cálculo	29,6	% p/p	Bajo 20,0 Medio 30,0 Alto
Punto de marchitamiento	Gravimetría/Cálculo	14,8	% p/p	Bajo 8,0 Medio 13,0 Alto
Agua Útil	Gravimetría/Cálculo	14,9	% p/p	Bajo 13,0 Medio 27,0 Alto
Grado de Saturación de Agua	Gravimetría/Cálculo	50,0	% p/p	Bajo 40,0 Medio 50,0 Alto
Permeabilidad	Gravimetría/Cálculo	21,7	mm/h	Lenta 5,0 Moderada 20,0 Rápida

Además, la implantación del cultivo directamente sobre el terreno permite eliminar los costes asociados a los sacos de perlita, canaletas de drenaje y diversos elementos incluidos en la partida de conducciones de riego del escenario base. Como consecuencia, la inversión inicial se reduce desde 222.737,68 € hasta 194.042,59 €, lo que supone una disminución de 26.598,67 €.

Sin embargo, la menor capacidad de control sobre la nutrición, el contenido de agua disponible y las condiciones radiculares del cultivo conlleva una reducción de las producciones esperadas de tomate respecto al sistema hidropónico. Las producciones anuales consideradas oscilan entre 52.044,80 kg y 60.800,00 kg, frente a los valores comprendidos entre 64.204,80 kg y 72.473,60 kg obtenidos en el escenario principal.

Como ventaja adicional, el aprovechamiento directo del suelo permite introducir una campaña complementaria de lechuga iceberg durante el periodo comprendido entre mediados de enero y principios de marzo. Para este cultivo se ha considerado una producción media de 2 kg/m^2 sobre la superficie útil de cultivo, obteniéndose una producción anual de 9.728 kg. El precio inicial de venta adoptado es de 0,52 €/kg, aplicándose igualmente un incremento anual del 1 % para reflejar la evolución esperada de los precios durante el horizonte temporal analizado.

Tabla 12. Producción e ingresos considerados para el escenario de cultivo en suelo.

AÑO	PRODUCCIÓN TOMATE (kg)	PRECIO VENTA TOMATE (€/kg)	PRODUCCIÓN LECHUGA (kg)	PRECIO VENTA LECHUGA (€/kg)	VENTA PRODUCTOS (€)	SUBV FEADER (€)	INGRESOS CORREINTES (€)
1	56422,4	1,85	9728	0,52	109.440,00 €	6.500,00 €	115.940,00 €
2	58368	1,8685	9728	0,53	114.169,75 €	6.500,00 €	120.669,75 €
3	58854,4	1,89	9728	0,53	116.229,38 €	6.500,00 €	122.729,38 €
4	55936,00	1,91	9728	0,54	111.829,04 €	6.500,00 €	118.329,04 €
5	58854,40	1,93	9728	0,54	118.565,59 €	6.500,00 €	125.065,59 €
6	60800,00	1,94	9728	0,55	123.534,21 €	5.000,00 €	128.534,21 €
7	53990,40	1,96	9728	0,55	111.396,77 €	5.000,00 €	116.396,77 €
8	52044,80	1,98	9728	0,56	108.651,74 €	5.000,00 €	113.651,74 €
9	59340,80	2,00	9728	0,56	124.354,22 €	5.000,00 €	129.354,22 €
10	58854,40	2,02	9728	0,57	124.613,63 €	5.000,00 €	129.613,63 €
11	52531,20	2,04	9728	0,57	112.937,98 €	5.000,00 €	117.937,98 €
12	53990,40	2,06	9728	0,58	117.079,13 €	5.000,00 €	122.079,13 €
13	55449,6	2,08	9728	0,59	121.291,81 €	5.000,00 €	126.291,81 €
14	54476,8	2,11	9728	0,59	120.456,52 €	5.000,00 €	125.456,52 €
15	56908,8	2,13	9728	0,60	126.832,80 €	5.000,00 €	131.832,80 €

La incorporación de la lechuga permite compensar parcialmente la reducción de ingresos derivada del menor rendimiento del tomate.

A partir de las hipótesis anteriores se han calculado los flujos de caja correspondientes al escenario de cultivo en suelo.

Tabla 13. Flujos de caja e indicadores de rentabilidad del escenario de cultivo en suelo.

AÑOS	INVERSION	FINANCIACION	SUBV CAP	COBROS	PAGOS	FLUJOS DEL PROYECTO ANTES IMPUESTOS	IMPUESTOS	FLUJOS DEL PROYECTO	FACTOR ATUALIZACION	FLUJOS DEL PROYECTO	FLUJOS ACUMULADOS
0	-194.042,59 €	58.212,78 €	77.617,04 €			-58.212,78 €		-58.212,78 €	1,000	-58.212,777 €	-58.212,777 €
1		-4.848,60 €		115940	-89.443,51	21.647,89 €	-3.957,41 €	17.690,48 €	0,960	16.977,432 €	-41.235,345 €
2		-5.042,54 €		120669,754	-91.863,02	23.764,20 €	-4.534,97 €	19.229,23 €	0,921	17.710,318 €	-23.525,026 €
3		-5.244,24 €		122729,378	-94.353,17	23.131,97 €	-4.427,34 €	18.704,63 €	0,884	16.532,782 €	-6.992,245 €
4		-5.454,01 €		118329,035	-96.916,01	15.959,01 €	-2.686,54 €	13.272,47 €	0,848	11.258,511 €	4.266,267 €
5	-43.835,40 €	-5.672,17 €		125065,588	-99.553,64	-23.995,62 €	-3.711,27 €	-27.706,89 €	0,814	-22.555,332 €	-18.289,065 €
6		-5.899,06 €		128534,208	-102.268,21	20.366,94 €	-3.899,78 €	16.467,15 €	0,781	12.865,072 €	-5.423,993 €
7		-6.135,02 €		116396,774	-105.061,95	5.199,80 €	-166,99 €	5.032,81 €	0,750	3.773,431 €	-1.650,562 €
8		-6.380,42 €		113651,74	-107.937,15	-665,83 €	0,00 €	-665,83 €	0,720	-479,095 €	-2.129,657 €
9		-6.635,64 €		129354,225	-110.896,14	11.822,44 €	-1.238,07 €	10.584,37 €	0,691	7.308,962 €	5.179,305 €
10	-55.770,98 €	-6.901,07 €		129613,625	-113.941,36	-46.999,78 €	-1.251,35 €	-48.251,13 €	0,663	-31.976,455 €	-26.797,149 €
11				117937,98	-117.075,28	862,70 €	0,00 €	862,70 €	0,636	548,678 €	-26.248,472 €
12				122079,129	-120.587,53	1.491,60 €	0,00 €	1.491,60 €	0,610	910,413 €	-25.338,059 €
13				126291,807	-124.205,16	2.086,65 €	0,00 €	2.086,65 €	0,586	1.222,274 €	-24.115,785 €
14				125456,521	-127.931,31	-2.474,79 €	0,00 €	-2.474,79 €	0,562	-1.391,204 €	-25.506,989 €
15	52.106,80 €			131832,801	-131.769,25	52.170,35 €	0,00 €	52.170,35 €	0,539	28.145,435 €	2.638,447 €

El análisis de los flujos de caja muestra que la explotación genera recursos suficientes para recuperar la inversión inicial realizada por los promotores, alcanzando un flujo actualizado acumulado positivo de 2.638,45 € al final del horizonte de estudio. Los indicadores obtenidos para este escenario son un VAN de 2.638,45 €, una TIR del 1 %, un VAE de 240,64 € y un periodo de recuperación de 3,42 años.

9.2. Escenario Alternativo II: Alta Tecnología en Hidropónía

Como segunda alternativa se plantea incrementar el nivel de automatización y control de la explotación mediante una mayor inversión en sensores y elementos de control. Esta solución contempla la incorporación de equipos adicionales de monitorización ambiental, control de fertirrigación y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, con el objetivo de optimizar las condiciones de cultivo y mejorar el rendimiento productivo del invernadero.

Para ello, la inversión destinada a la partida de sensores y elementos de control aumenta hasta 25.000 €, frente a los 1.975,71 € considerados en el escenario base. Asimismo, se contempla el pago de una licencia anual de software para la gestión y análisis de los datos generados por el sistema, con un coste inicial de 1.500 € durante el primer ejercicio y una actualización anual del 3 %, en coherencia con el criterio aplicado al resto de gastos de explotación.

Se considera que la mejora en el seguimiento de las condiciones climáticas del invernadero, el control de la fertirrigación y la detección temprana de desviaciones permite incrementar la producción media prevista en 1 kg/m^2 respecto al escenario principal.

Como consecuencia de ello, las producciones anuales previstas pasan a situarse entre 69.068,80 kg y 77.337,60 kg, alcanzándose unos ingresos corrientes comprendidos entre 138.776,48 € y 165.323,15 € a lo largo del horizonte temporal considerado.

Tabla 14. Producción e ingresos considerados para el escenario de alta tecnología.

AÑO	PRODUCCIÓN (kg)	PRECIO VENTA (€/kg)	VENTA PRODUCTO (€)	SUBV FEADER (€)	INGRESOS CORREINTES (€)
1	71500,8	1,85	132.276,48 €	6.500,00 €	138.776,48 €
2	73349,12	1,8685	137.052,83 €	6.500,00 €	143.552,83 €
3	73932,8	1,89	139.524,87 €	6.500,00 €	146.024,87 €
4	71014,40	1,91	135.357,48 €	6.500,00 €	141.857,48 €
5	76364,80	1,93	147.011,21 €	6.500,00 €	153.511,21 €
6	77337,60	1,94	150.372,80 €	5.000,00 €	155.372,80 €
7	70041,60	1,96	137.548,55 €	5.000,00 €	142.548,55 €
8	72473,60	1,98	143.747,79 €	5.000,00 €	148.747,79 €
9	76851,20	2,00	153.954,85 €	5.000,00 €	158.954,85 €
10	76364,80	2,02	154.510,26 €	5.000,00 €	159.510,26 €
11	69068,80	2,04	141.145,61 €	5.000,00 €	146.145,61 €
12	71014,40	2,06	146.572,76 €	5.000,00 €	151.572,76 €
13	72960	2,08	152.094,34 €	5.000,00 €	157.094,34 €
14	72473,6	2,11	152.591,18 €	5.000,00 €	157.591,18 €
15	75392	2,13	160.323,15 €	5.000,00 €	165.323,15 €

A partir de las hipótesis anteriores se han calculado los flujos de caja correspondientes a este escenario, incorporando tanto la inversión adicional inicial como los costes derivados de la licencia anual del sistema de control.

Tabla 15. Flujos de caja del escenario de alta tecnología.

AÑOS	INVERSION	FINANCIACION	SUBV CAP	COBROS	PAGOS	FLUJOS DEL PROYECTO ANTES IMPUESTOS	IMPUESTOS	FLUJOS DEL PROYECTO	FACTOR ATUALIZACION	FLUJOS DEL PROYECTO	FLUJOS ACUMULADOS
0	-244.240,50 €	73.272,15 €	97.696,20 €			-73.272,15 €		-73.272,15 €	1,000	-73.272,149 €	-73.272,149 €
1		-6.102,91 €		138776,48	-94.655,89	38.017,69 €	-6.882,67 €	31.135,02 €	0,960	29.880,056 €	-43.392,093 €
2		-6.347,02 €		143552,831	-97.163,52	40.042,29 €	-7.449,85 €	32.592,44 €	0,921	30.017,978 €	-13.374,115 €
3		-6.600,90 €		146024,871	-99.743,94	39.680,03 €	-7.422,75 €	32.257,27 €	0,884	28.511,790 €	15.137,675 €
4		-6.864,94 €		141857,484	-102.399,24	32.593,31 €	-5.717,08 €	26.876,22 €	0,848	22.798,033 €	37.935,708 €
5	-70.406,17 €	-7.139,54 €		153511,207	-105.131,55	-29.166,05 €	-7.947,44 €	-37.113,48 €	0,814	-30.212,948 €	7.722,760 €
6		-7.425,12 €		155372,8	-107.943,09	40.004,59 €	-7.709,95 €	32.294,64 €	0,781	25.230,403 €	32.953,163 €
7		-7.722,12 €		142548,554	-110.836,12	23.990,31 €	-3.780,63 €	20.209,68 €	0,750	15.152,542 €	48.105,705 €
8		-8.031,01 €		148747,791	-113.812,96	26.903,82 €	-4.586,23 €	22.317,59 €	0,720	16.058,521 €	64.164,226 €
9		-8.352,25 €		158954,849	-116.876,03	33.726,57 €	-6.372,23 €	27.354,34 €	0,691	18.889,343 €	83.053,569 €
10	-91.830,15 €	-8.686,34 €		159510,256	-120.027,77	-61.034,01 €	-5.723,14 €	-66.757,15 €	0,663	-44.240,559 €	38.813,010 €
11				146145,611	-123.270,73	22.874,88 €	-1.571,24 €	21.303,64 €	0,636	13.549,052 €	52.362,062 €
12				151572,759	-126.968,85	24.603,91 €	-2.003,50 €	22.600,41 €	0,610	13.794,427 €	66.156,489 €
13				157094,335	-130.777,92	26.316,42 €	-2.431,63 €	23.884,79 €	0,586	13.990,754 €	80.147,243 €
14				157591,177	-134.701,25	22.889,92 €	-1.575,00 €	21.314,92 €	0,562	11.982,175 €	92.129,418 €
15	56.075,56 €			165323,146	-138.742,29	82.656,41 €	-8.273,48 €	74.382,93 €	0,539	40.128,923 €	132.258,341 €

Los indicadores obtenidos muestran un Valor Actual Neto (VAN) de 132.258,34 €, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 24 %, un Valor Anual Equivalente (VAE) de 12.062,41 € y un Periodo de Recuperación (PR) de 2,47 años. Asimismo, el flujo actualizado acumulado al final del horizonte temporal analizado alcanza los 132.258,34 €, reflejando la capacidad de la inversión para generar valor económico a largo plazo.

10. COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Con el fin de valorar la influencia de distintas decisiones técnicas sobre la rentabilidad de la explotación, se han comparado los tres escenarios analizados mediante los principales indicadores económicos obtenidos durante el horizonte de estudio de 15 años.

Tabla 16. Comparación de indicadores económicos de los escenarios analizados.

Indicador	Escenario Base (Hidropónico)	Escenario I (Suelo)	Escenario II (Alta tecnología)
Inversión inicial (€)	220.641	194.043	244.241
VAN (€)	112.354	2.638	132.258
TIR (%)	22	1	24
VAE (€/año)	10.247	241	12.062
PR (años)	2,76	3,42	2,47

Los resultados muestran diferencias significativas entre las tres alternativas consideradas. El escenario de cultivo en suelo presenta la menor inversión inicial (194.043 €), aunque también los peores indicadores económicos, con un VAN de 2.638 €, una TIR del 1 % y un periodo de recuperación de 3,42 años. Por el contrario, el escenario de alta tecnología requiere la mayor inversión inicial (244.241 €), pero obtiene los mejores resultados, alcanzando un VAN de 132.258 €, una TIR del 24 % y un periodo de recuperación de únicamente 2,47 años. El escenario hidropónico base se sitúa en una posición intermedia, con una inversión de 222.737,68 €, un VAN de 112.354 € y una TIR del 22 %.

La evolución de los flujos acumulados actualizados permite visualizar de forma más clara el comportamiento económico de cada alternativa a lo largo del tiempo.

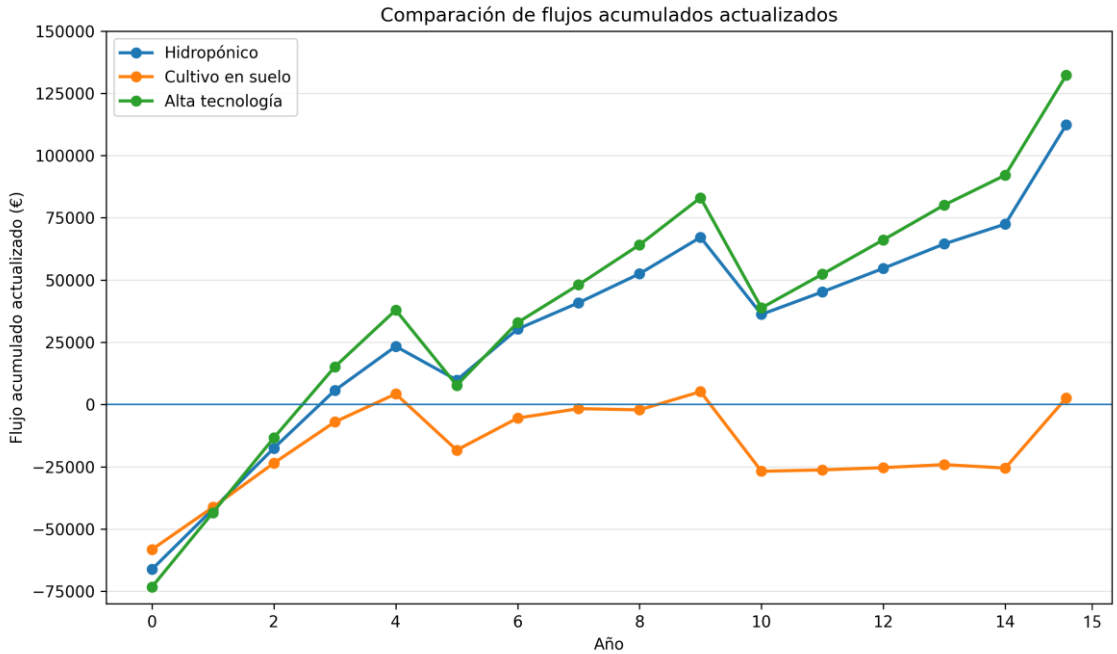


Figura 1. Comparación de flujos acumulados actualizados.

La figura muestra cómo los escenarios de cultivo hidropónico y de alta tecnología recuperan la inversión durante los primeros años de explotación y mantienen una tendencia claramente creciente durante todo el periodo analizado. En ambos casos se observan descensos puntuales en los años 5 y 10, asociados a las renovaciones periódicas de determinados elementos de la instalación, aunque estas inversiones son absorbidas rápidamente por los ingresos generados en los ejercicios posteriores.

El escenario de alta tecnología presenta los mayores flujos acumulados desde los primeros años de funcionamiento. Al finalizar el periodo de estudio alcanza un flujo acumulado actualizado próximo a 132.000 €, frente a los 112.000 € del escenario hidropónico convencional.

Por el contrario, el escenario de cultivo en suelo muestra una evolución mucho más limitada. Aunque la inversión inicial es inferior y se obtienen ingresos adicionales procedentes del cultivo de lechuga, la reducción de producción de tomate respecto a los sistemas hidropónicos condiciona significativamente la rentabilidad global de la explotación. Como consecuencia, los flujos acumulados permanecen próximos al punto de equilibrio durante buena parte del periodo analizado y únicamente alcanzan valores ligeramente positivos al final del horizonte de estudio.

En Pamplona, junio de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



II. ANEJOS DOCUMENTALES

Índice

I. Anejo de Justificación de Precios
II. Anejo de Estudio Básico de Seguridad y Salud
III. Anejo de Informe Ambiental

ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
			1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO			
			1.1 Cimentación y Anclajes			
1.1.1	01.01.01	**ud**	**Replanteo y Marcaje**			
	MAT001		1.000,000 m	Cuerda polietileno trenzada ø 5 mm	0,072	72,00
	MAT002		2,000 ud	'Spray CRC marcador 500ml	6,800	13,60
	MAT003		30,000 ud	Varilla Corrugada 8x500mm	3,700	111,00
	MO001		16,000 h	Mano de Obra Ingeniero	30,000	480,00
			3,000 %	Costes indirectos	676,600	20,30
				Precio total por ud		**696,90**
1.1.2	01.01.02	**ud**	**Precimentación de Postizos**			
	MAQ001		194,000 ud	Ahoyado De Dados De 1000X400mm con Ahoyadora Hidraulica	26,650	5.170,10
	MAT004		194,000 ud	Hormigón HA-25 de Dado 650x400mm	18,190	3.528,86
	MAT005		194,000 ud	Postizos 70x70 y 130x70 L=1000mm para Precimentar	17,790	3.451,26
	MAT006		194,000 ud	Varilla Corrugada 150mm	0,230	44,62
	MAT007		800,000 ud	Varilla Armado 400mm	1,390	1.112,00
	MO002		25,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	500,00
			3,000 %	Costes indirectos	13.806,840	414,21
				Precio total por ud		**14.221,05**
1.1.3	01.01.03	**ud**	**Cimentación e Instalación de Pilares**			
	MAT008		210,000 ud	Homigón HA-25 de Dado 350x400mm	12,800	2.688,00
	MAT009		218,000 ud	PILAR INV OVAL 80x80x2 SENZ. A 4800mm (H-4,5m)	41,670	9.084,06
	MAT010		18,000 ud	PILAR INV OVAL 140x80x3 SENZ. A 4800mm (H-4,5m)	60,320	1.085,76
	MAT011		10,000 ud	PINTURA EPOXI BREA AE-529-E (LATA 4,4 L) (18m²/lata)	29,150	291,50
	MAT012		10,000 ud	CATALIZADOR EPOXIDICO INCLUIDO EN PINTURA (LATA 1 L)	5,550	55,50
	MAT013		500,000 ud	Tornillería	0,090	45,00
	MO002		25,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	500,00
			3,000 %	Costes indirectos	13.749,820	412,49
				Precio total por ud		**14.162,31**
			1.2 Estructura Metálica			
1.2.1	01.02.01	**ud**	**Escuadras (Capiteles**			
	MAT014		59,000 ud	MEDIA ESCUADRA IZQUIERDA 80mm INV. OVAL BALCON LATERAL 40mm	1,930	113,87
	MAT015		59,000 ud	MEDIA ESCUADRA DERECHA 80mm INV. OVAL BALCON LATERAL 40mm	1,554	91,69
	MAT016		281,000 ud	ESCUADRA 80mm CURVA INV. OVAL	2,620	736,22
	MAT013		450,000 ud	Tornillería	0,090	40,50
	MO002		12,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	240,00
			3,000 %	Costes indirectos	1.222,280	36,67
				Precio total por ud		**1.258,95**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
1.2.2	01.02.02	**ud**	**Riostras balcón lateral**			
	MAT017	59,000	ud	RIOSTRA PERIMETRAL 80x40x1,5mm H-4,5 L=5800mm INV. OVAL	26,400	1.557,60
	MAT011	0,788	ud	PINTURA EPOXI BREA AE-529-E (LATA 4,4 L) (18m²/lata)	29,150	22,97
	MAT012	0,788	ud	CATALIZADOR EPOXIDICO INCLUIDO EN PINTURA (LATA 1 L)	5,550	4,37
	MAT006	59,000	ud	Varilla Corrugada 150mm	0,230	13,57
	MAT013	200,000	ud	Tornillería	0,090	18,00
	MO002	30,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	600,00
		3,000	%	Costes indirectos	2.216,510	66,50
				Precio total por ud		**2.283,01**
1.2.3	01.02.03		**Canales**			
	MAT018	165,000	ud	CANAL INV. OVAL 3m Z-275 E-1.5mm	25,180	4.154,70
	MAT019	10,000	ud	EXTREMO CANAL INV. OVAL CON BAJANTE ACODADA 190mm	36,610	366,10
	MAT020	10,000	ud	EXTREMO CANAL INV. OVAL SIN DESAGÜE	12,890	128,90
	MAT021	10,000	ud	TAPA CANAL INV. OVAL	2,400	24,00
	MAT013	4.000,000	ud	Tornillería	0,090	360,00
	MO002	20,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	400,00
		3,000	%	Costes indirectos	5.433,700	163,01
				Precio total por		**5.596,71**
1.2.4	01.02.04	**ud**	**Arcos ovalados y sus arriostramientos**			
	MAT022	272,000	ud	SEMICURVA INV. OVAL 12.8m CON TIRANTE	26,850	7.303,20
	MAT023	272,000	ud	CLAVE UNION ARCO OVAL	3,620	984,64
	MAT024	132,000	ud	MEDIO TIRANTE A CURVA 12.8m INV. OVAL	25,100	3.313,20
	MAT025	66,000	ud	PLETINA UNION TIRANTE 12,8m	0,478	31,55
	MAT026	66,000	ud	PENDOLON LARGO INV. OVAL 12,8m CON VENTANA	10,190	672,54
	MAT027	132,000	ud	PENDOLON CRUZADO OVAL 12.8m L=3850mm	11,480	1.515,36
	MAT028	132,000	ud	PENDOLON LATERAL INV. OVAL 12.8m	9,620	1.269,84
	MAT029	388,000	ud	BRIDA U 60x90 OVALADO	0,900	349,20
	MAT030	62,000	ud	TIRANTILLO D-40 INV. OVAL L=4280mm	7,920	491,04
	MAT031	62,000	ud	PENDOLON INV. OVAL 12,8m CON VENTANA	3,600	223,20
	MAT013	1.600,000	ud	Tornillería	0,090	144,00
	MO002	110,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	2.200,00
		3,000	%	Costes indirectos	18.497,770	554,93
				Precio total por ud		**19.052,70**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
1.2.5	01.02.05	**ud**	**Estructura de Ventana Cenital**			
	MAT032	136,000	ud	AMARRE CORREA CENITAL INV. OVAL	0,998	135,73
	MAT033	136,000	ud	TORNILLO CAÑA M-8x60 HEX. DIN931 8.8 ZN	0,078	10,61
	MAT034	140,000	ud	BISAGRAS MARIPOSA	2,520	352,80
	MAT035	64,000	ud	CORREA 60x40 CENITAL INV. OVAL 6000mm	18,370	1.175,68
	MAT036	64,000	ud	PERFIL C 6000mm PARA CANAL 6m	6,770	433,28
	MAT037	16,000	ud	BRAZO EXTREMO V. INV. OVAL M.M. (50x30 L=2m)	22,920	366,72
	MAT038	272,000	ud	BRAZO V. INV. OVAL (50x30 L=2m)	6,660	1.811,52
	MAT039	272,000		PUNTERA HUETE	1,780	484,16
	MAT040	288,000	ud	ALINEADOR EXTERIOR LARGO 60mm	1,060	305,28
	MAT041	576,000	ud	ALINEADOR INTERIOR 96	0,240	138,24
	MAT042	128,000	ud	PERFIL M 6000mm	12,360	1.582,08
	MAT043	8,000	ud	PERFIL M 3000mm	6,760	54,08
	MAT044	317,000	ud	CANUTILLO PVC 2,5m (PERFIL CUÑA) 2019	0,390	123,63
	MAT013	1.600,000	ud	Tornillería	0,090	144,00
	MO002	200,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	4.000,00
		3,000	%	Costes indirectos	11.117,810	333,53
				Precio total por ud		**11.451,34**
1.2.6	01.02.06	**ud**	**Accionamiento Ventilación Cenital Mariposa**			
	MAT045	8,000	ud	MOTOR RIDDER CON CABLEADO 10m TRIFASICO 0.25kW (RPD300-3)	329,950	2.639,60
	MAT046	8,000	ud	SOPORTE REDUCTOR	5,370	42,96
	MAT047	8,000	ud	BRIDA OMEGA ANCHA 60x90 OVALADO	1,540	12,32
	MAT048	16,000	ud	CADENA DE ACOPLAMIENTO RW/240/400/600	3,000	48,00
	MAT049	16,000	ud	BARRA MANDO 6m CON PIÑON MOTOREDUCTOR	26,100	417,60
	MAT050	120,000	ud	BARRA DE MANDO 6m	15,400	1.848,00
	MAT051	136,000	ud	CASQUILLO INTERIOR BARRA MANDO	0,830	112,88
	MAT052	256,000	ud	BRIDA UNION BARRA DE MANDO	0,400	102,40
	MAT053	272,000	ud	CREMALLERA RECTA H=30/3 L=1880	5,200	1.414,40
	MAT054	272,000	ud	COJINETE OVAL 60x90mm BARRA DE MANDO 1"	1,700	462,40
	MAT055	272,000	ud	CAJA Y PIÑON TU 5/30	2,700	734,40
	MAT013	1.200,000	ud	Tornillería	0,090	108,00
	MO002	160,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	3.200,00
		3,000	%	Costes indirectos	11.142,960	334,29
				Precio total por ud		**11.477,25**
1.2.7	01.02.07	**ud**	**Correas y Sistema de Taqueo**			
	MAT042	303,000	ud	PERFIL M 6000mm	12,360	3.745,08
	MAT043	14,000	ud	PERFIL M 3000mm	6,760	94,64
	MAT044	1.200,000	ud	CANUTILLO PVC 2,5m (PERFIL CUÑA) 2019	0,390	468,00
	MAT056	750,000	ud	BRIDA OMEGA 60x90 OVALADO CON SUJECION PARA PENDOLON	1,035	776,25
	MAT057	750,000	ud	ALINEADOR EXTERIOR LARGO 110mm	1,590	1.192,50
	MAT041	1.500,000	ud	ALINEADOR INTERIOR 96	0,240	360,00
	MAT058	32,000	ud	CURVA FRONTAL INV. OVAL 12,8m	16,210	518,72
	MAT059	20,000	ud	PERFIL C 3370mm PARA PRIMER CANAL INV. OVAL	3,920	78,40
	MAT060	310,000	ud	PERFIL C 3000mm PARA CANAL INV. OVAL	3,560	1.103,60
	MAT013	800,000	ud	Tornillería	0,090	72,00
	MO002	100,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	2.000,00
		3,000	%	Costes indirectos	10.409,190	312,28
				Precio total por ud		**10.721,47**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
1.2.8	01.02.08	**ud**	**Sistema de Refuerzo y Arriostramiento**			
	MAT061	60,000	ud	BRAZO CRUZ DE SAN ANDRES L=3450mm	13,500	810,00
	MAT062	100,000	ud	MEDIA BRIDA CRUZ DE SAN ANDRES PILAR 80x140	1,890	189,00
	MAT063	30,000	ud	MEDIA BRIDA CRUCE CRUZ SAN ANDRES PILAR 80x140	3,240	97,20
	MAT064	16,000	ud	RIOSTRA FRONTAL 9,4 M-3 PC-80x80 PF-140x80 TUBO 80x60mm	17,830	285,28
	MAT065	30,000	ud	BRIDA RIOSTRA FRONTAL 80mm PILAR 80x80	2,020	60,60
	MAT066	16,000	ud	REFUERZO PILAR CENTRAL A SEGUNDO ARCO MOD. 12,8	9,500	152,00
	MAT067	80,000	ud	AMARRE PARA REFUERZOS	0,920	73,60
	MAT068	80,000	ud	BRIDA OMEGA 60x90 OVAL	1,350	108,00
	MAT069	16,000	ud	REFUERZO PRIMEROS ARCOS MOD. 12.8m	6,600	105,60
	MAT070	32,000	ud	REFUERZO INCLINADO PRIMEROS ARCOS MOD. 12.8m	9,350	299,20
	MAT013	900,000	ud	Tornillería	0,090	81,00
	MO002	90,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	1.800,00
		3,000	%	Costes indirectos	4.061,480	121,84
				Precio total por ud		**4.183,32**
				1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares		
1.3.1	01.03.01	**ud**	**Sistema de Alambrado y Emparrillado**			
	MAT071	1.555,600	m	CORDON 1x7 5mm (metros)	0,200	311,12
	MAT072	1.135,000	ud	RETENCION 57 GRT - 4,82/5,02/D (ROJO)	1,530	1.736,55
	MAT073	225,000	ud	VARILLA SOPORTE EMPARRILLADO 2700mm	1,240	279,00
	MAT074	1.343,000	m	ALAMBRE GALV. 15 2,4mm (DULCE) (metros)	1,150	1.544,45
	MAT075	102,000	ud	VARILLA D-12 A 700mm GALVA CON OJO	4,200	428,40
	MAT076	150,000	ud	GUARDACABOS 8mm	0,110	16,50
	MAT029	125,000	ud	BRIDA U 60x90 OVALADO	0,900	112,50
	MAT077	330,000	ud	GANCHO EMPARR. A TIRANTE 1355mm	1,120	369,60
	MAT078	13.050,000	ud	PERCHA + HILO 180mm	0,130	1.696,50
	MAT079	73.500,000	ud	CLIP 22mm	0,032	2.352,00
	MAT013	125,000	ud	Tornillería	0,090	11,25
	MO002	130,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	2.600,00
		3,000	%	Costes indirectos	11.457,870	343,74
				Precio total por ud		**11.801,61**
1.3.2	01.03.02	**ud**	**Puerta Frontal**			
	MAT080	2,000	ud	ARMAZON PUERTA COLGANTE	161,640	323,28
	MAT081	2,000	ud	PERFIL M 5650mm	7,900	15,80
	MAT082	1,000	ud	PERFIL M 5300mm	8,900	8,90
	MAT083	12,000	ud	BRIDA OMEGA 80-140	1,970	23,64
	MAT084	1,000	ud	GUIA SUPERIOR 40-40 PUERTA 4m PILARES 80x80 CENTRADA	66,230	66,23
	MAT085	3,000	ud	GUIA CENTRADO PUERTA MX 60mm	1,830	5,49
	MAT086	10,000	ud	PERFIL C 1970mm	2,440	24,40
	MAT087	3,000	ud	CHAPA GALVA 2600x30x1,5mm	1,720	5,16
	MAT013	60,000	ud	Tornillería	0,090	5,40
	MO002	10,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	200,00
		3,000	%	Costes indirectos	678,300	20,35
				Precio total por ud		**698,65**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
1.3.3	01.03.03	**ud**	**Malla Anti-insecto**			
	MAT088	8,000	ud	Malla ROLLO 2x104 (ventanas cenitales)	52,000	416,00
	MAT089	15,000	ud	CORDON GOMA D-6 RETENCION MALLA V.C. (1 rollo = 200m)	80,000	1.200,00
	MAT090	1,000	ud	GRAPADORA 1300 CON CARGADOR FIJO A-20	40,660	40,66
	MAT091	3.000,000	ud	CLIP PARA MALLA ANTIMOSQUITOS	0,250	750,00
	MO002	30,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	600,00
		3,000	%	Costes indirectos	3.006,660	90,20
				Precio total por ud		**3.096,86**
1.3.4	01.03.04	**ud**	**Malla Suelo Anti-hierbas**			
	MAT092	6,000	ud	Rafia de cubrición blanca 100 g/m² 100x10(metros) (1 rollo = 200)	643,680	3.862,08
	MAT013	800,000	ud	Tornillería	0,090	72,00
	MO002	20,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	400,00
		3,000	%	Costes indirectos	4.334,080	130,02
				Precio total por ud		**4.464,10**
1.3.5	01.03.05	**ud**	**Plástico de Cubierta**			
	MAT093	1.800,000	m2	ROLLO 4,5x100 (ventanas) PLASTICO CELLOFLEX	1,450	2.610,00
	MAT094	4.400,000	m2	ROLLO 5,5x100 (fijos techos) PLASTICO CELLOFLEX	1,450	6.380,00
	MAT095	1.300,000	ud	ROLLO 6,5x100 (lateral) RAFIA PLASTIFICADA	1,650	2.145,00
	MAT096	638,000	m2	ROLLO 5,5x58 (frontales) RAFIA PLASTIFICADA	1,650	1.052,70
	MAT097	477,000	ud	ROLLO 4,5x53 (medialunas) RAFIA PLASTIFICADA	1,650	787,05
	MO002	85,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	1.700,00
		3,000	%	Costes indirectos	14.674,750	440,24
				Precio total por ud		**15.114,99**

Nº	Código	Ud	Descripción				Total
			2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN				
			2.1 Movimiento de Tierras				
2.1.1	02.01.01	**ud**	**Excavación de Zanjas**				
	MAQ002		180,000	m	Excavacion y Compactacion de Zanjas 300x500mm	3,870	696,60
	MAT098		180,000	m	Arena de Obra 300x250mm	2,970	534,60
	MO003		12,000	h	Mano de Obrera Operario con Excavadora	45,000	540,00
			3,000	%	Costes indirectos	1.771,200	53,14
					Precio total por ud		**1.824,34**
			2.2 Conducciones de Riego				
2.2.1	02.02.01	**ud**	**Laterales de Riego con Goteros integrados**				
	MAT099		2.400,000	m	Tubería blanca PE 20mm PN6	0,320	768,00
	MAT100		8.400,000	ud	Goteros autocompensantes 3l/h membrana silicona	0,170	1.428,00
	MAT101		1.800,000	m	Microtubo de polietileno diámetro 4x6 mm	0,730	1.314,00
	MAT102		8.400,000	u	Piqueta de goteo tipo laberinto 140 mm longitud	0,220	1.848,00
	MAT103		80,000	ud	Empalmes y Conexiones diametro pequeño	0,740	59,20
	MO002		45,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	900,00
			3,000	%	Costes indirectos	6.317,200	189,52
					Precio total por ud		**6.506,72**
2.2.2	02.02.02	**ud**	**Tubería principal de distribución**				
	MAT104		2,000	ud	Tubería Agua potable PE 63mm PN10 100m	409,350	818,70
	MAT105		25,000	m	TUBO PVC rígido 63mm PN10	16,370	409,25
	MO002		6,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	120,00
			3,000	%	Costes indirectos	1.347,950	40,44
					Precio total por ud		**1.388,39**
2.2.3	02.02.03	**ud**	**Tubería Secundaria Portarramal**				
	MAT106		50,000	m	Tubería Negra PE 50 mm PN10	0,990	49,50
	MAT107		5,000	m	Tubo PVC rígido 50mm PN10	13,860	69,30
	MO002		2,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000	%	Costes indirectos	158,800	4,76
					Precio total por ud		**163,56**
2.2.4	02.02.04	**ud**	**Canaleta De Pvc Para Recogida De Drenaje**				
	MAT108		2.400,000	m	Canaleta de drenaje con rejilla 100x70mm	5,440	13.056,00
	MAT109		40,000	ud	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	7,620	304,80
	MO002		15,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	300,00
			3,000	%	Costes indirectos	13.660,800	409,82
					Precio total por ud		**14.070,62**
			2.3 Equipos de Riego Motorizados				

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
2.3.1	02.03.01	**ud**	**Equipos de RIego Motorizados**			
	MAT110	1,000	ud	Bomba sumergible monofásica 230 de 1110 W	260,870	260,87
	MAT111	1,000	ud	Bomba centrífuga trifásica Pedrollo HF 5B 1,5 Kw	316,360	316,36
	MAT112	1,000	ud	Bomba centrífuga monofásica 0,37 kW	168,970	168,97
	MAT113	1,000	ud	Equipo Automático Dosificador de Ácido + Sonda pH	1.348,240	1.348,24
	MAT114	3,000	ud	Agitador Eléctrico Vertical Monofásico 0,25 kW	147,210	441,63
	MO002	20,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	400,00
		3,000	%	Costes indirectos	2.936,070	88,08
				Precio total por ud		**3.024,15**
				2.4 Componentes y Piezas para Riego		
2.4.1	02.04.01	**ud**	**Depósitos y Tanques**			
	MAT115	1,000	ud	Depósito PEAD Verde Opaco Capacidad 15.000L	2.551,440	2.551,44
	MAT116	3,000	ud	Deposito en PEAD rotomoldeado 1000L	326,560	979,68
	MAT117	1,000	ud	Deposito en PEAD rotomoldeado 500L especial tratamiento	274,040	274,04
	MO002	2,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
		3,000	%	Costes indirectos	3.845,160	115,35
				Precio total por ud		**3.960,51**
2.4.2	02.04.02	**ud**	**Equipo de Filtración**			
	MAT118	1,000	ud	Filtro de Anillas 63mm con Boquilla Desague 25mm	118,730	118,73
	MAT119	3,000	ud	Filtro de anillas 25mm con boquilla desague 25mm	8,740	26,22
	MO002	2,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
		3,000	%	Costes indirectos	184,950	5,55
				Precio total por ud		**190,50**
2.4.3	02.04.03	**ud**	**Elementos de Medición de Caudal**			
	MAT120	1,000	ud	Caudalímetro Digital 63mm	164,130	164,13
	MAT121	2,000	ud	Rotametro vertical 32mm Medicion 30-3000 l/h	15,360	30,72
	MAT122	3,000	ud	Rotámetro Vetical 25mm medición 25-250 l/h	15,140	45,42
	MAT123	2,000	ud	Manometro de Glicerina con collarín 63mm 0-10Bar	13,640	27,28
	MAT124	2,000	ud	Manometro de Glicerina con collarín 50mm 0-10Bar	13,640	27,28
	MO002	3,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	60,00
		3,000	%	Costes indirectos	354,830	10,64
				Precio total por ud		**365,47**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
2.4.4	02.04.04	**ud**	**Válvulas de Riego**			
	MAT125	3,000	ud	Valvula antirretorno PVC 63mm PN16	15,120	45,36
	MAT126	1,000	ud	Valvula antirretorno PVC 32mm PN16	6,870	6,87
	MAT127	6,000	ud	Valvula antirretorno PVC 25mm PN16	6,280	37,68
	MAT128	1,000	ud	Válvula de pie 63mm de latón con filtro PN10	23,080	23,08
	MAT129	2,000	ud	Válvula de bola PVC PN16 63mm	20,850	41,70
	MAT130	2,000	ud	Válvula de bola PVC PN16 50mm	13,070	26,14
	MAT131	5,000	ud	Válvula de bola PVC PN16 40mm	9,790	48,95
	MAT132	3,000	ud	Válvula de bola PVC PN16 32mm	8,790	26,37
	MAT133	6,000	ud	Válvula de bola PVC PN16 25mm	5,860	35,16
	MAT134	3,000	ud	Válvula de aguja de alta precisión 25mm PN16	15,310	45,93
	MAT135	2,000	ud	Válvula automática de purga de aire 3/4" PN16	11,240	22,48
	MAT109	0,500	ud	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	7,620	3,81
	MO002	4,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	80,00
		3,000	%	Costes indirectos	443,530	13,31
				Precio total por ud		**456,84**
2.4.5	02.04.05	**ud**	**Uniones, Acoples y Empalmes**			
	MAT136	7,000	ud	Codo PVC 87º 63mm	5,050	35,35
	MAT137	4,000	ud	Codo PVC 87º 50mm	3,520	14,08
	MAT138	4,000	ud	Codo PVC 87º 32mm	2,720	10,88
	MAT139	9,000	ud	Codo PVC 87º 25mm	2,660	23,94
	MAT140	1,000	ud	Te con reduccion 63x63x50mm PVC PN16	4,480	4,48
	MAT141	4,000	ud	Te con reduccion 63x63x40mm PVC PN16	4,480	17,92
	MAT142	4,000	ud	Te con reduccion 63x63x32mm PVC PN16	4,480	17,92
	MAT143	2,000	ud	Te con reduccion 63x63x25mm PVC PN16	4,480	8,96
	MAT144	24,000	ud	Te con reduccion 50x50x20mm PVC PN16	3,740	89,76
	MAT145	3,000	ud	Te con reduccion 32x32x25mm PVC PN16	2,680	8,04
	MAT146	4,000	ud	Te con reduccion 25x25x25mm PVC PN16	2,680	10,72
	MAT109	1,000	ud	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	7,620	7,62
	MO002	3,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	60,00
		3,000	%	Costes indirectos	309,670	9,29
				Precio total por ud		**318,96**
2.4.6	02.0.4.06	**ud**	**Sustrato para Cultivo**			
	MAT147	2.400,000	ud	Saco de Sutrato en perlita 1000x130x65mm 15L	3,250	7.800,00
	MO002	12,000	h	Mano de Obra Montador	20,000	240,00
		3,000	%	Costes indirectos	8.040,000	241,20
				Precio total por ud		**8.281,20**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
			3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN			
			3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado			
3.1.1	03.01.01	**ud**	**Paneles Solares**			
	MAT148		3,000 ud	Panel fotovoltaico monocristalino 610W	99,870	299,61
	MAT149		1,000 ud	Estructura deacero galvanizado (Perfiles M, Bridas y Separadores)	347,610	347,61
	MO002		10,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	200,00
			3,000 %	Costes indirectos	847,220	25,42
				Precio total por ud		**872,64**
3.1.2	03.01.02	**ud**	**Baterías**			
	MAT150		6,000 ud	Batería de Gel Kaise 12V 180Ah	269,670	1.618,02
	MO002		5,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	100,00
			3,000 %	Costes indirectos	1.718,020	51,54
				Precio total por ud		**1.769,56**
3.1.3	03.01.03	**ud**	**Inversor Solar**			
	MAT151		1,000 ud	Inversor cargador MULTIPLUS 4500W 24V	3.893,850	3.893,85
	MO002		8,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	160,00
			3,000 %	Costes indirectos	4.053,850	121,62
				Precio total por ud		**4.175,47**
3.1.4	03.01.04	**ud**	**Regulador de Carga**			
	MAT152		1,000 ud	Regulador Victron BlueSolar MPPT 150/70	269,670	269,67
	MO002		5,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	100,00
			3,000 %	Costes indirectos	369,670	11,09
				Precio total por ud		**380,76**
			3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización			
3.2.1	03.02.01	**ud**	**Puesta a Tierra**			
	MAT153		1,000 ud	pica de acero cobreado de 16x2000 mm	18,000	18,00
	MAT154		10,000 m	Cobre Unipolar Desnudo de Sección 18 mm^2	3,220	32,20
	MO002		2,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000 %	Costes indirectos	90,200	2,71
				Precio total por ud		**92,91**
3.2.2	03.02.02	**ud**	**Cuadro General de Riego**			
	MAT155		1,000 ud	Armario Modular de Poliéster Reforzado con Carril DIN	228,140	228,14
	MAT156		3,000 ud	Caja de Empalme y Derivación Estanca	16,710	50,13
	MAT157		1,000 ud	Interruptor General Automático bipolar 25A	13,470	13,47
	MAT158		3,000 ud	Interruptores magnetotérmico bipolar de 10 A	12,450	37,35
	MAT159		3,000 ud	Interruptores magnetotérmico bipolar de 6 A	9,880	29,64
	MAT160		1,000 ud	Protector Contra Sobretensiones TyP	30,020	30,02
	MAT161		1,000 ud	Interruptor Diferencial Bipolar corte 30mA	17,630	17,63
	MAT162		2,000 ud	Guardamotores Tripolar Rango de Regulación 4–6,3 A	49,150	98,30
	MAT163		2,000 ud	Contactor Bipolar, con Intensidad Nominal de 25 A	40,630	81,26
	MO002		10,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	200,00
			3,000 %	Costes indirectos	785,940	23,58
				Precio total por ud		**809,52**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
3.2.3	03.02.03		**Variador de Frecuencia**			
	MAT164		1,000 ud	Variador de Frecuencia RS PRO serie RS510, 1.5 kW	141,570	141,57
	MO002		2,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000 %	Costes indirectos	181,570	5,45
				Precio total por		**187,02**
3.2.4	03.02.04		**Controlador Lógico Programable (PLC)**			
	MAT165		2,000 ud	Fuente De Alimentación 24 V DC	62,360	124,72
	MAT166		2,000 ud	PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE	119,860	239,72
	MAT167		2,000 ud	Módulo de Expansión Analógico Siemens LOGO! AM2	80,700	161,40
	MO002		4,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	80,00
			3,000 %	Costes indirectos	605,840	18,18
				Precio total por		**624,02**
			3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas			
3.3.1	03.03.01	**ud**	**Cableado y Canalización Eléctrica**			
	MAT168		33,000 m	Cable eléctrico tripolar 2,5mm2	3,210	105,93
	MAT169		18,000 m	Cable eléctrico tripolar 1,5mm2	2,470	44,46
	MAT170		1,500 m	Cable eléctrico bipolar 35mm2	10,790	16,19
	MAT171		2,000 m	Cable eléctrico bipolar 16mm2	6,010	12,02
	MAT172		10,000 m	Cable eléctrico bipolar 6mm2	2,460	24,60
	MAT173		2,000 ud	Cable eléctrico bipolar 1mm2 (bobina 100m)	91,820	183,64
	MAT174		4,000 ud	Cable Multipolar De Señal (4) 0,2mm2 (bobina 100m)	86,240	344,96
	MAT175		200,000 ud	Tubo Corrugado Flexible Artiglas 16mm	0,186	37,20
	MAT176		20,000 ud	Rejiband RAPIDE ELECTROCINCADO PEMSA 60 mm	1,050	21,00
			3,000 %	Costes indirectos	790,000	23,70
				Precio total por ud		**813,70**
			3.4 Sensores y Elementos de Control			
3.5	03.04.01	**ud**	**Electroválvulas**			
	MAT177		2,000 ud	Electroválvula con solenoide 24v DC tubería 50mm	57,730	115,46
	MAT178		3,000 ud	Electroválvula con solenoide 24v DC tubería 25mm	29,750	89,25
	MO002		2,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000 %	Costes indirectos	244,710	7,34
				Precio total por ud		**252,05**
3.6	03.04.02	**ud**	**Sensores de Nivel de Agua**			
	MAT179		2,000 ud	Interruptores conmutado de nivel tipo flotador	17,490	34,98
	MO002		2,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000 %	Costes indirectos	74,980	2,25
				Precio total por ud		**77,23**
3.7	03.04.03	**ud**	**Sensores de Humedad para Sustrato**			
	MAT180		4,000 ud	Sensor Capacitivo FDR para medición de contenido volumétrico	179,820	719,28
	MAT181		4,000 ud	Transmisor de Señal Analógica 4-20 mA	32,440	129,76
	MO002		3,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	60,00
			3,000 %	Costes indirectos	909,040	27,27
				Precio total por ud		**936,31**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
3.8	03.04.04	**ud**	**Conductivímetro Digital**			
	MAT182		1,000 ud	Equipo de medición continua de CE (incluye sonda)	343,170	343,17
	MO002		2,000 h	Mano de Obra Montador	20,000	40,00
			3,000 %	Costes indirectos	383,170	11,50
				Precio total por ud		**394,67**

Nº	Código	Ud	Descripción			Total
			4 Seguimiento y Coordinación de Obra			
			4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos			
4.1.1	04.01.01	**ud**	**Pruebas, ajuste, calibración y puesta a punto**			
	MO004		20,000 ud	Mano de Obra de Ingeniero Especialista	40,000	800,00
			3,000 %	Costes indirectos	800,000	24,00
				Precio total por ud		**824,00**
4.1.2	04.01.02	**ud**	**Supervisión y Seguimiento de Obra**			
	MO004		60,000 ud	Mano de Obra de Ingeniero Especialista	40,000	2.400,00
			3,000 %	Costes indirectos	2.400,000	72,00
				Precio total por ud		**2.472,00**

ANEJO DE ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo.** ***(pg. 3)***
2. **Datos Generales de la Obra** ***(pg. 3)***
3. **Descripción General de la Obra** ***(pg. 5)***
4. **Condiciones del Emplazamiento de la Obra** ***(pg. 7)***
5. **Identificación de Riesgos y Medidas Preventivas** ***(pg. 10)***
6. **Medidas de Protección Colectiva** ***(pg. 15)***
7. **Equipos de Protección Individual** ***(pg. 18)***
8. **Maquinaria y Equipos de Trabajo** ***(pg. 21)***
9. **Instalaciones y Medios Auxiliares de Obra** ***(pg. 22)***
10. **Señalización de Seguridad** ***(pg. 24)***
11. **Medidas de Emergencia y Primeros Auxilios** ***(pg. 26)***
12. **Trabajos Posteriores de Mantenimiento** ***(pg. 27)***
13. **Conclusión** ***(pg. 29)***

1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto establecer las previsiones necesarias en materia preventiva para la ejecución de las obras correspondientes al proyecto de diseño de un invernadero multicapilla destinado a la producción de tomate en sistema hidropónico en la localidad de Ajo (Cantabria).

Este documento se redacta conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando los principales riesgos derivados de la ejecución de las distintas unidades de obra previstas, así como las medidas preventivas y de protección destinadas a reducir dichos riesgos.

El estudio contempla las actuaciones relacionadas con la ejecución de la estructura metálica del invernadero, la colocación de cubierta plástica, la instalación del sistema de riego y fertirrigación, la instalación eléctrica asociada, el sistema fotovoltaico aislado y los trabajos auxiliares necesarios para la puesta en funcionamiento de la explotación.

Asimismo, se recogen las medidas generales de protección colectiva, los equipos de protección individual previsibles, las condiciones mínimas de utilización de maquinaria y medios auxiliares y las actuaciones básicas frente a situaciones de emergencia durante el desarrollo de las obras.

Las disposiciones contenidas en el presente documento servirán de base para la posterior elaboración del correspondiente Plan de Seguridad y Salud por parte de la empresa contratista encargada de la ejecución de las obras.

2. DATOS GENERALES DE LA OBRA

2.1 Promotor

Promotor de las obras: Sabor a Norte S.L.

Dirección: Calle de la Peña, 39170 Ajo, Cantabria

2.2 Autor del proyecto

Autor del proyecto: Darío Vara Lana.

Titulación: Grado en Ingeniería Agrícola.

Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas.

2.3 Autor del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud ha sido redactado por el autor del proyecto como documento integrante del Trabajo Fin de Grado.

2.4 Emplazamiento de la obra

La actuación proyectada se localiza en la localidad de Ajo, perteneciente al municipio de Bareyo, en la comunidad autónoma de Cantabria.

La parcela se sitúa en un entorno de carácter agrícola y rural destinado a actividades de producción hortícola bajo invernadero, como se muestra en los Planos de Localizacion I y II.

2.5 Descripción resumida de las obras

Las obras proyectadas comprenden la ejecución de un invernadero multicapilla de estructura metálica galvanizada y cubierta plástica destinado al cultivo hidropónico de tomate.

Dentro de las actuaciones previstas se incluyen las cimentaciones puntuales de anclaje, el montaje de la estructura metálica principal, la instalación de sistemas de ventilación cenital, la colocación de cubierta plástica y la ejecución de las instalaciones auxiliares asociadas al funcionamiento de la explotación.

Asimismo, el proyecto contempla la instalación del sistema de riego y fertirrigación, la instalación eléctrica asociada, el sistema fotovoltaico aislado y la automatización básica de control de riego.

2.6 Presupuesto de ejecución

El presupuesto de ejecución material de las obras asciende a:

180.426,26€

El importe definitivo quedará reflejado en el documento de Mediciones y Presupuesto del presente proyecto.

2.7 Plazo de ejecución previsto

Se estima un plazo de ejecución de 12 semanas, condicionado por la disponibilidad de materiales, la secuencia de montaje de la estructura y las condiciones meteorológicas durante la fase de obra.

2.8 Personal previsto en obra

Durante el desarrollo normal de los trabajos se prevé una ocupación media de cuatro trabajadores, pudiendo incrementarse puntualmente durante determinadas fases de montaje estructural y colocación de cubierta.

2.9 Asistencia sanitaria y teléfonos de emergencia

Centro de salud de referencia: Consultorio Médico Ajo, Calle Mies de Hormas 186, 39170, Ajo.

Hospital de referencia: Hospital Comarcal de Laredo, Avenida de los Derechos Humanos 40, 39770, Laredo.

Teléfonos de emergencia:

- Emergencias generales: 112
- Ambulancias: 061

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

3.1 Características generales del invernadero

El proyecto contempla el diseño y ejecución de un invernadero multicapilla destinado a la producción de tomate en sistema hidropónico sobre sustrato.

La estructura está formada por cuatro capillas adosadas de acero galvanizado, con una anchura individual de 12,80 m y una longitud aproximada de 99 m, alcanzándose una anchura total cercana a 56,2 m incluyendo los balcones laterales de refuerzo.

La altura de canal se sitúa en torno a 4,5 m, mientras que la altura máxima en cumbrera es de 7,5 m. La estructura resistente se compone principalmente de pilares, arcos, correas y elementos de arriostramiento unidos mediante sistemas atornillados. Ver el Plano de Secciones.

3.2 Principales unidades de obra

Las actuaciones contempladas en el presente proyecto comprenden tanto la ejecución de la estructura principal del invernadero como las instalaciones auxiliares necesarias para su funcionamiento.

En primer lugar, se realizarán las operaciones de replanteo y las excavaciones puntuales destinadas a la ejecución de las cimentaciones y anclajes de los pilares

estructurales. Posteriormente se llevará a cabo el montaje de la estructura metálica principal, incluyendo pilares, arcos, correas, canalones y elementos de rigidización.

Una vez finalizada la estructura resistente se procederá a la instalación de los sistemas de ventilación cenital y a la colocación de la cubierta plástica y elementos de fijación.

Paralelamente se ejecutarán las instalaciones hidráulicas y eléctricas asociadas al funcionamiento del invernadero, incluyendo el sistema de riego y fertirrigación, el cabezal hidráulico, el sistema fotovoltaico aislado y los equipos básicos de automatización y control.

3.3 Sistema de riego y fertirrigación

El proyecto incorpora un sistema de riego localizado para cultivo hidropónico sobre sustrato, compuesto por cabezal de riego, sistema de fertirrigación y equipos auxiliares de control.

El cabezal de riego dispone de bomba principal, sistema de filtrado, depósitos de fertilización, instrumentación de medida, bomba de bypass, bomba dosificadora de ácido y distintos elementos de regulación y control hidráulico. Tal como se muestra en el Plano de Cabezal de Riego.

La red de distribución se organiza mediante sectores de riego independientes que alimentan las distintas líneas de cultivo dispuestas en el interior del invernadero.

3.4 Instalación eléctrica y sistema fotovoltaico

La instalación eléctrica proyectada alimentará los distintos equipos asociados al funcionamiento del sistema de riego y control del invernadero, incluyendo bombas hidráulicas, automatización y equipos auxiliares.

El sistema contará con un cuadro eléctrico general de protección y maniobra, desde el cual se distribuirán los distintos circuitos previstos para la instalación Como indica el Esquema del Cuadro Eléctrico General.

Asimismo, el proyecto contempla un sistema fotovoltaico aislado destinado al suministro energético parcial de la instalación. Según se muestra en el Esquema de Instalación Fotovoltaica.

3.5 Condiciones generales de ejecución

La ejecución de las obras requerirá trabajos en altura durante las fases de montaje estructural y colocación de cubierta, así como la utilización de maquinaria auxiliar de elevación y manipulación de perfiles metálicos de dimensiones considerables.

Las operaciones de montaje se realizarán principalmente mediante uniones atornilladas y utilización de plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP), especialmente en las zonas superiores de la estructura y durante la instalación de ventilaciones cenitales y cubierta.

Debido a las características ligeras de este tipo de estructuras y a la gran superficie de los materiales de cubierta, las condiciones meteorológicas tendrán una influencia importante sobre la seguridad durante la ejecución de determinadas tareas, especialmente en presencia de viento o lluvia.

Por ello, será especialmente importante la adopción de medidas preventivas frente a caídas en altura, caída de objetos, atrapamientos y riesgos derivados del uso de maquinaria y herramientas eléctricas.

4. CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO Y DEL ENTORNO DE LA OBRA

4.1 Situación y accesos

La parcela objeto del presente proyecto se localiza en la localidad de Ajo, perteneciente al municipio de Bareyo, en la comunidad autónoma de Cantabria. Se trata de una zona de carácter predominantemente rural y agrícola, en la que existen otras explotaciones agrarias e infraestructuras asociadas a este tipo de actividad.

El acceso a la finca se realiza mediante caminos y viales rurales aptos para el tránsito de vehículos ligeros, maquinaria agrícola y camiones de suministro de materiales. Durante el desarrollo de las obras será necesario mantener dichos accesos en condiciones adecuadas de circulación, evitando acumulaciones de barro, materiales u obstáculos que puedan dificultar el tránsito o generar situaciones de riesgo.

Asimismo, se garantizará en todo momento el acceso de vehículos de emergencia y servicios auxiliares, manteniendo despejadas las zonas de maniobra y circulación interior.

4.2 Características del terreno

El terreno presenta una topografía prácticamente llana, circunstancia favorable tanto para la implantación del invernadero como para las labores de replanteo, circulación de maquinaria y ejecución de cimentaciones.

Las actuaciones previstas en materia de movimiento de tierras son limitadas, reduciéndose fundamentalmente a ahoyados y perforaciones puntuales destinadas al anclaje y cimentación de los pilares estructurales, así como a zanjas para enterramiento de canalizaciones. No se contemplan desmontes de entidad ni excavaciones profundas.

No obstante, debido a las condiciones climáticas habituales de la zona, especialmente en épocas de lluvia, podrán producirse acumulaciones de humedad y barro que afecten negativamente a la estabilidad del terreno y aumenten el riesgo de resbalones, pérdidas de adherencia o atascos de maquinaria.

Por ello, será necesario controlar el estado de las superficies de tránsito durante la ejecución de las obras, manteniendo despejadas las zonas de circulación y evitando trabajos sobre superficies excesivamente embarradas o inestables.

4.3 Condiciones climáticas

Las condiciones meteorológicas de la zona constituyen uno de los factores más relevantes desde el punto de vista preventivo, especialmente durante las fases de montaje estructural y colocación de cubierta.

La climatología característica de la costa cantábrica se encuentra asociada a elevados niveles de humedad ambiental, precipitaciones frecuentes y episodios de viento moderado o intenso. Estas condiciones pueden incrementar significativamente determinados riesgos laborales, particularmente aquellos relacionados con caídas, pérdida de estabilidad y manipulación de elementos ligeros de gran superficie, como ocurre con las cubiertas plásticas de invernadero.

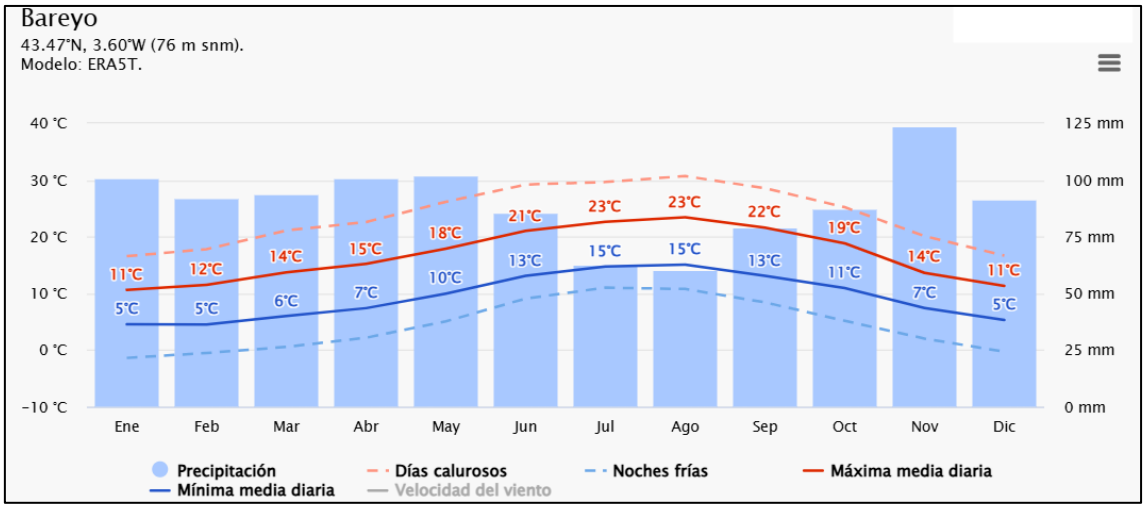


Figura 1. Condiciones climáticas medias anuales de Bareyo (Cantabria).

Durante la colocación del plástico de cubierta y los trabajos sobre estructura metálica, la acción del viento puede provocar desplazamientos bruscos del material, pérdidas de control en las maniobras o desestabilización de los trabajadores situados en altura.

Igualmente, la presencia de lluvia o condensaciones puede generar superficies deslizantes sobre perfiles metálicos, plataformas o equipos auxiliares, aumentando el riesgo de caída tanto al mismo como a distinto nivel.

Por todo ello, cuando las condiciones meteorológicas comprometan la seguridad de los trabajadores, especialmente en trabajos realizados en altura o mediante plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP), se procederá a la paralización temporal de las tareas afectadas.



Figura 2. Trabajos de montaje de invernaderos mediante plataformas elevadoras.

4.4 Entorno y posibles interferencias

La zona de actuación no presenta edificaciones industriales relevantes ni infraestructuras urbanas que condicionen significativamente la ejecución de las obras. Sin embargo, al tratarse de una parcela situada en entorno agrícola, deberá prestarse atención a la posible circulación de vehículos agrícolas y maquinaria perteneciente a explotaciones próximas.

Con carácter previo al inicio de los trabajos se comprobará igualmente la posible existencia de conducciones enterradas, acometidas eléctricas o instalaciones hidráulicas susceptibles de verse afectadas durante las excavaciones y maniobras de maquinaria.

La obra permanecerá delimitada y señalizada durante toda la fase de ejecución con objeto de impedir el acceso de personal ajeno a la misma y reducir riesgos derivados del tránsito exterior.

4.5 Organización general de la obra

Antes del comienzo de las obras se procederá a la organización básica de los espacios de trabajo, diferenciando adecuadamente las zonas destinadas a circulación, acopio de materiales, ubicación de maquinaria e instalaciones auxiliares.

Los materiales estructurales deberán almacenarse sobre superficies suficientemente estables y niveladas, evitando apilamientos inseguros o situaciones que puedan generar desplazamientos, vuelcos o caídas de elementos metálicos.

Los perfiles de acero, arcos, correas, canalones y demás elementos longitudinales serán colocados de forma ordenada y separados de las zonas habituales de paso para reducir el riesgo de tropiezos, golpes o atrapamientos.

Igualmente, se habilitarán zonas específicas para almacenamiento de herramientas, equipos de protección individual y material auxiliar de montaje.

Durante toda la ejecución de las obras deberá mantenerse un adecuado nivel de orden y limpieza, evitando acumulaciones innecesarias de residuos, restos de embalajes o materiales sobrantes que puedan interferir en el desarrollo seguro de los trabajos.

5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

5.1 Consideraciones generales

La ejecución de las distintas unidades de obra previstas en el presente proyecto implica la existencia de riesgos laborales asociados tanto a los trabajos de construcción convencionales como a las particularidades propias del montaje de estructuras de invernadero.

Entre dichas particularidades destacan especialmente los trabajos en altura sobre estructuras metálicas ligeras, la manipulación de perfiles de gran longitud, el uso frecuente de plataformas elevadoras y la instalación de cubiertas plásticas sensibles a la acción del viento.

Los riesgos recogidos en el presente estudio han sido identificados teniendo en cuenta las características concretas del proyecto, las condiciones previsibles de ejecución y la maquinaria habitualmente empleada en este tipo de montajes.

Las medidas preventivas descritas tendrán carácter orientativo y servirán de base para el posterior desarrollo del Plan de Seguridad y Salud por parte de la empresa contratista responsable de la ejecución de las obras.

5.2 Relación general de riesgos asociados a las unidades de obra

Durante las diferentes fases de ejecución podrán aparecer riesgos de diversa naturaleza asociados a:

- Trabajos de excavación y cimentación.
- Montaje de estructura metálica.
- Colocación de cubierta y ventilaciones.
- Instalación hidráulica y eléctrica.

- Utilización de maquinaria móvil.
- Manipulación manual de cargas.
- Trabajos posteriores de mantenimiento.

Tabla 1. Relación de riesgos asociados a las distintas unidades de obra.

VARIOS	DEMOLICIONES	REMATES	PINTURAS	YESOS	ALICATADOS	SOLADOS	CARPINTERÍA	INSTALACIONES	ROZAS DE INSTALACIONES	FABRICAS	CERRAMIENTO EXTERIOR	CUBIERTA	ESTRUCTURA	CIMENTACIÓN	EXCAVACIONES DE TIERRAS		RIESGOS	(Nº de Ficha)
								X			X	X	X				CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL	
						X		X			X	X	X	X	X	R	CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	
						X							X			I	CAÍDA DE OBJETOS (DESPLOME, ETC.)	
								X			X	X	X	X		E	CAÍDA DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN	
								X			X	X	X			S	CAÍDA DE OBJETOS DESPRENDIDOS	
								X			X	X	X			G	PISADAS SOBRE OBJETOS	
						X								X	X	O	CHOQUE CONTRA OBJETOS MÓVILES	
								X			X	X	X	X	X	S	GOLPES/CORTES POR OBJETOS ETC.	
						X		X						X	X		PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS ETC.	
												X		X		Q	ATRAPAMIENTO POR/ENTRE OBJETOS	
						X								X	X	U	ATRAP. POR VUELCO MAQUINAS, ETC.	
													X			E	SOBREESFUERZOS	
											X	X	X	X			EXPOSICIÓN TEMP. EXTREMAS	
								X								A	CONTACTOS TÉRMICOS	
								X								F	CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS	
								X								E	CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS	
								X								A	INCENDIOS	
						X							X	X	X		ATROPELLO/GOLPES CON VEHÍCULOS	
						X							X	X	X	U.	RUIDO	
														X	X		VIBRACIONES	
								X								D	ILUMINACIÓN INSUFICIENTE	
											X	X	X	X		E	ESTRÉS TÉRMICO	
															X		SEPULTAMIENTO	

Los riesgos más significativos previstos durante la ejecución son:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de objetos durante manipulación o montaje.
- Golpes y cortes con herramientas o perfilería.
- Atrapamientos.

- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Riesgos asociados a condiciones meteorológicas adversas.

5.3 Riesgos específicos asociados al montaje de invernaderos

El montaje de estructuras de invernadero presenta una serie de condicionantes particulares respecto a otras tipologías de obra debido a la geometría ligera de la estructura, la altura de trabajo y la gran cantidad de operaciones realizadas sobre elementos metálicos estrechos y de reducida superficie de apoyo.

Durante la fase de montaje estructural será habitual la utilización de plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP) para la colocación de arcos, correas, canales y elementos de ventilación cenital.



Figura 3. Utilización de PEMP durante el montaje de estructuras.

Asimismo, durante la instalación de mallas, alambres, perfiles longitudinales y cubierta plástica, los operarios podrán quedar expuestos a riesgos importantes de caída desde altura.

Por este motivo, deberá priorizarse siempre el empleo de sistemas de protección colectiva frente a soluciones basadas exclusivamente en protección individual. Entre dichas medidas podrán emplearse redes de seguridad, plataformas de trabajo, barandillas provisionales y sistemas temporales de protección de borde adaptados a las características de la estructura.

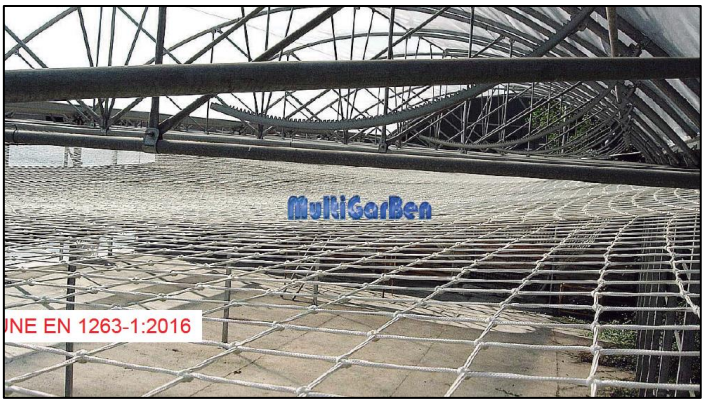


Figura 4. Redes de seguridad horizontales en estructuras metálicas.

5.4 Criterios preventivos generales

Con carácter general, durante toda la ejecución de las obras se mantendrán unas condiciones adecuadas de organización, limpieza y coordinación entre los distintos trabajos desarrollados.

La maquinaria y herramientas empleadas deberán encontrarse en correcto estado de mantenimiento y únicamente podrán ser utilizadas por personal autorizado y adecuadamente formado.

Las zonas de trabajo permanecerán correctamente señalizadas, delimitándose especialmente aquellas áreas donde exista riesgo de caída de objetos, circulación de maquinaria o realización de trabajos en altura.

Igualmente, se evitará la permanencia de trabajadores bajo cargas suspendidas y se mantendrán despejados los recorridos habituales de circulación.

Cuando las condiciones meteorológicas resulten desfavorables, especialmente en situaciones de viento intenso o lluvia persistente, se suspenderán temporalmente aquellos trabajos cuya ejecución pueda comprometer la seguridad de los operarios.

5.5 CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL

Definición

Se considera caída a distinto nivel aquella situación en la que un trabajador pierde el equilibrio y cae desde una determinada altura hacia un plano inferior durante el desarrollo de su actividad laboral.

Dentro del presente proyecto, este riesgo constituye uno de los más importantes debido a la necesidad de realizar numerosos trabajos sobre la estructura metálica del invernadero durante las fases de:

- Montaje de pilares y arcos.
- Colocación de correas y elementos de rigidización.
- Instalación de ventilaciones cenitales.
- Colocación de cubierta plástica.
- Posteriores labores de mantenimiento.

La reducida superficie de apoyo de muchos elementos estructurales, junto con la presencia de humedad y viento, incrementa considerablemente la peligrosidad de este tipo de trabajos.

Medidas preventivas

Siempre que resulte técnicamente viable se priorizará la utilización de plataformas elevadoras móviles de personal frente al acceso directo sobre elementos estructurales o soluciones improvisadas.



Figura 5. Plataforma articulada con cestillo para colocación de redes de seguridad.

Los trabajos realizados a más de dos metros de altura requerirán la utilización de sistemas adecuados de protección colectiva o, cuando esto no sea posible, equipos anticaídas certificados y correctamente anclados como las líneas de vida que se muestran a continuación:



Figura 6. Línea de vida unida a canal mediante bridas y tornillería.

Las plataformas elevadoras únicamente podrán ser utilizadas por personal autorizado y formado específicamente para ello, verificándose previamente su correcto estado de funcionamiento y estabilidad sobre el terreno.

Antes del inicio de cada jornada se comprobará el estado de escaleras, plataformas, líneas de vida, puntos de anclaje y demás medios auxiliares empleados durante los trabajos en altura.

Asimismo, se evitará realizar trabajos sobre cubierta o estructura metálica cuando existan condiciones meteorológicas adversas, especialmente episodios de viento intenso o lluvia.

Las zonas inferiores susceptibles de recibir caída de herramientas o materiales deberán delimitarse adecuadamente mediante señalización y restricciones de acceso.

6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

6.1 Consideraciones generales

Las protecciones colectivas constituyen la primera medida preventiva frente a los riesgos derivados de la ejecución de las obras, priorizándose siempre frente a las soluciones basadas exclusivamente en equipos de protección individual.

Debido a las características del presente proyecto, las medidas colectivas adquieren especial importancia durante las fases de montaje estructural, colocación de cubierta y trabajos sobre ventilaciones cenitales, donde existe riesgo significativo de caída desde altura y caída de objetos.

Las protecciones instaladas deberán mantenerse en correctas condiciones durante toda la ejecución de las obras, realizándose revisiones periódicas de su estado y estabilidad.

6.2 Delimitación y señalización de obra

La zona de actuación permanecerá delimitada durante toda la fase de ejecución mediante elementos de cerramiento provisional y señalización visible, evitando el acceso de personas ajenas a la obra.

Los accesos principales deberán mantenerse despejados y correctamente señalizados, diferenciando las zonas destinadas al tránsito peatonal de aquellas reservadas para circulación de maquinaria y acopio de materiales.

Asimismo, se señalizarán específicamente:

- Zonas de riesgo de caída de objetos.
- Áreas de maniobra de maquinaria.
- Trabajos eléctricos.
- Zonas de acceso restringido.

La señalización empleada deberá ser visible, resistente y mantenerse en adecuadas condiciones de conservación durante toda la ejecución de los trabajos.

6.3 Redes de seguridad y protección frente a caídas

Durante las fases de trabajo en altura podrá recurrirse a la utilización de redes de seguridad y sistemas provisionales de protección colectiva adaptados a las características de la estructura del invernadero.

La utilización de redes resulta especialmente recomendable durante los trabajos sobre cubierta y ventilación cenital, donde los operarios pueden quedar expuestos a caídas desde altura debido a la reducida superficie de apoyo de determinados elementos estructurales.

Las redes empleadas deberán cumplir las disposiciones establecidas en la norma UNE-EN 1263 relativas a sistemas provisionales de protección mediante redes de seguridad.

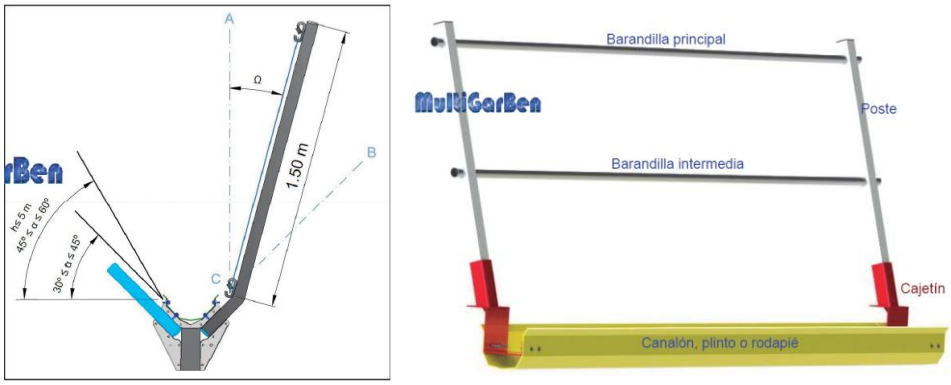


Figura 7. Sistemas de redes de seguridad conforme a UNE-EN 1263.



Figura 8. Red de seguridad vertical tipo U sujeta a estructura.

Cuando técnicamente resulte viable, se priorizará igualmente el empleo de plataformas de trabajo y sistemas temporales de protección de borde frente al tránsito directo sobre elementos estructurales.

6.4 Plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP)

La utilización de plataformas elevadoras móviles de personal constituirá uno de los principales medios auxiliares durante la ejecución de la estructura y colocación de cubierta.

Estos equipos permitirán reducir significativamente los riesgos derivados del acceso directo sobre perfiles metálicos o apoyos improvisados, proporcionando una superficie de trabajo más estable y segura.

Las plataformas deberán:

- Encontrarse en correcto estado de mantenimiento.
- Disponer de revisiones reglamentarias.

- Ser utilizadas exclusivamente por personal formado y autorizado.

Antes de cada utilización deberá comprobarse:

- La estabilidad del terreno.
- El correcto funcionamiento de los mandos.
- El estado de los sistemas de seguridad.
- La ausencia de obstáculos o líneas eléctricas próximas.

6.5 Orden, limpieza y acopio de materiales

Durante toda la ejecución de las obras se mantendrán condiciones adecuadas de orden y limpieza, evitando acumulaciones innecesarias de materiales, herramientas o residuos.

Los perfiles metálicos, arcos, correas y demás elementos estructurales deberán almacenarse sobre superficies estables y niveladas, evitando desplazamientos o vuelcos accidentales.

Los materiales de gran longitud se colocarán fuera de las zonas habituales de paso para reducir riesgos de golpes, tropiezos y atrapamientos.

Asimismo, los residuos generados durante el montaje deberán retirarse periódicamente para evitar interferencias en la circulación y ejecución de los trabajos.

6.6 Protección frente al riesgo eléctrico

La instalación provisional de obra y los equipos eléctricos empleados durante la ejecución deberán disponer de las correspondientes protecciones frente a contactos directos e indirectos.

Las conexiones eléctricas provisionales deberán mantenerse protegidas frente a humedad, lluvia y daños mecánicos, evitando tendidos improvisados o cableados situados sobre zonas de tránsito.

El cuadro eléctrico provisional contará con protección diferencial, magnetotérmicos adecuados y puesta a tierra.

7. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

7.1 Consideraciones generales

Además de las medidas de protección colectiva descritas anteriormente, los trabajadores deberán utilizar los equipos de protección individual adecuados en función de las tareas desarrolladas y de los riesgos existentes en cada fase de obra.

Todos los EPIs utilizados deberán encontrarse homologados y en correcto estado de conservación, siendo responsabilidad de la empresa contratista garantizar tanto su suministro como su correcta utilización.

7.2 Protección de la cabeza

Durante todas las fases de ejecución será obligatorio el uso de casco de seguridad homologado debido al riesgo de caída de herramientas, tornillería, perfiles y otros elementos metálicos durante las operaciones de montaje.

Esta medida resultará especialmente importante durante:

- Trabajos en estructura.
- Maniobras de elevación.
- Operaciones realizadas simultáneamente en distintos niveles.

7.3 Protección de pies y manos

Los trabajadores deberán utilizar calzado de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante, adecuado para trabajos sobre superficies metálicas y terrenos húmedos o embarrados.

Asimismo, será obligatorio el uso de guantes de protección frente a:

- Cortes con perfilería metálica.
- Manipulación de herramientas.
- Operaciones de montaje y atornillado.

7.4 Protección ocular y auditiva

Durante operaciones de corte, perforación, desbaste o utilización de herramientas eléctricas se emplearán gafas de protección adecuadas frente a proyecciones de partículas.

Cuando los niveles de ruido generados por maquinaria o herramientas puedan resultar elevados, se utilizarán protectores auditivos homologados.

7.5 Protección frente a caídas en altura

Durante los trabajos realizados en altura y cuando no exista protección colectiva suficiente, los operarios deberán utilizar arneses anticaídas correctamente anclados a puntos seguros de la estructura o a sistemas específicamente diseñados para ello.

Los equipos anticaídas deberán revisarse periódicamente y utilizarse conforme a las instrucciones del fabricante.

7.6 Relación orientativa de EPIs por tipo de trabajo

Tabla 2. Relación orientativa de equipos de protección individual según unidad de obra.

VARIOS	DEMOLICIONES	REMATES	PINTURAS	YESOS	ALICATADOS	SOLADOS	CARPINTERÍA	INSTALACIONES	ROZAS DE INSTALACIONES	FABRICAS	CERRAMIENTO EXTERIOR	CUBIERTA	ESTRUCTURA	CIMENTACIÓN	EXCAVACIONES DE TIERRAS		
USO DE EQUIPOS Y PROTECCIONES																	
						X		X			X	X	X	X	X		USO DE EQUIPOS(Andamios, máquinas, etc.)
						X					X	X	X			E	CASCO
								X							X	Q.	GAFAS O PANTALLAS
						X		X						X	X		PROTECCIONES AUDITIVAS
															X		PROTECCIÓN RESPIRATORIA
						X		X			X	X	X	X	X	P	ROPA DE TRABAJO
								X					X			R.	GUANTES
						X		X			X	X	X	X	X		MANDIL/PETO
						X		X			X	X	X	X	X	N	BOTAS DE SEGURIDAD
								X								E	POLAINAS

La tabla podrá incluir, entre otros:

- Casco.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Gafas de protección.
- Arneses anticaídas.
- Protección auditiva.

- Ropa de alta visibilidad.

8. MAQUINARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO

8.1 Consideraciones generales

La maquinaria y equipos auxiliares empleados durante la ejecución de las obras deberán encontrarse en adecuadas condiciones de mantenimiento y cumplir la normativa vigente en materia de seguridad laboral.

Únicamente podrán ser manejados por personal con formación adecuada y autorización correspondiente cuando así lo requiera la normativa aplicable.

Antes del inicio de cada jornada se comprobará el estado general de los equipos, evitando la utilización de maquinaria defectuosa o manipulada.

8.2 Plataformas elevadoras móviles de personal

Las PEMP contarán con tracción 4x4 y constituirán uno de los principales medios auxiliares durante el montaje del invernadero.

Su utilización permitirá realizar de forma más segura los trabajos sobre pilares, arcos, ventilaciones cenitales y cubierta plástica.

Durante su empleo deberá verificarse:

- La estabilidad del terreno.
- La ausencia de sobrecargas.
- El correcto funcionamiento de los sistemas de emergencia.
- El uso de arnés de seguridad cuando corresponda.

8.3 Equipos de perforación y excavación

Para la ejecución de cimentaciones y canalizaciones se utilizarán ahoyadoras mecánicas y pequeña maquinaria de excavación.

Durante estos trabajos se prestará especial atención a:

- Atrapamientos.
- Golpes.
- Proyección de materiales.
- Posibles interferencias con instalaciones enterradas.

Las zonas de excavación deberán permanecer señalizadas y protegidas frente a caídas accidentales.

8.4 Herramientas eléctricas y de montaje

Durante el montaje estructural se emplearán herramientas manuales y eléctricas tales como:

- Taladros.
- Radiales.
- Llaves de apriete.
- Equipos auxiliares de corte y fijación.

Todas las herramientas deberán mantenerse en correcto estado de conservación, disponiendo de protecciones adecuadas y cableado sin defectos visibles.

Se evitará la utilización de herramientas eléctricas en condiciones de humedad que puedan incrementar el riesgo de contacto eléctrico.

8.5 Equipos eléctricos y automatización

La instalación incluirá distintos equipos eléctricos asociados al sistema de riego y automatización, tales como bombas hidráulicas, cuadros eléctricos, variadores de frecuencia y controladores lógicos programables (PLC).

Durante los trabajos de instalación y puesta en marcha deberán adoptarse las correspondientes medidas frente al riesgo eléctrico, verificando la ausencia de tensión antes de intervenir sobre cualquier equipo o circuito.

9. INSTALACIONES PROVISIONALES Y MEDIOS AUXILIARES DE OBRA

9.1 Consideraciones generales

Durante la ejecución de las obras será necesario disponer de una serie de instalaciones provisionales y medios auxiliares destinados a garantizar unas condiciones mínimas de seguridad, higiene y organización de los trabajos.

Estas instalaciones tendrán carácter temporal y deberán mantenerse en adecuadas condiciones de conservación y limpieza durante toda la fase de obra.

Su disposición dentro de la parcela se realizará de forma que no interfiera con la circulación de maquinaria, las operaciones de montaje ni las zonas de acopio de materiales.

9.2 Caseta de obra y zona de almacenamiento

Se habilitará una zona provisional destinada al almacenamiento de herramientas, equipos auxiliares y pequeña maquinaria, protegiendo dichos materiales frente a la humedad y posibles daños mecánicos.

Asimismo, podrá disponerse una caseta de obra provisional destinada a:

- Almacenamiento de documentación técnica.
- Resguardo puntual de trabajadores.
- Conservación de equipos de protección individual.

Los productos inflamables, aceites y materiales potencialmente peligrosos deberán almacenarse de forma separada y en recipientes adecuados.

9.3 Servicios higiénicos y agua potable

La obra deberá disponer de los servicios higiénicos mínimos exigibles conforme a la normativa vigente, garantizando condiciones adecuadas de higiene para los trabajadores.

Igualmente, se asegurará el suministro de agua potable durante toda la ejecución de las obras.

Las instalaciones provisionales deberán mantenerse limpias y en correcto estado sanitario.

9.4 Botiquín y primeros auxilios

La obra dispondrá de un botiquín de primeros auxilios accesible y correctamente señalizado, equipado con el material básico necesario para actuaciones de carácter inmediato.

El contenido del botiquín deberá revisarse periódicamente, reponiendo los materiales utilizados o caducados.

En lugar visible se colocará información relativa a:

- Teléfonos de emergencia.
- Centro sanitario más cercano.
- Procedimiento básico de actuación en caso de accidente.

9.5 Extintores y medios de emergencia

Durante la ejecución de las obras se dispondrá de extintores portátiles adecuados al tipo de riesgo existente, especialmente en zonas donde puedan realizarse trabajos eléctricos o utilización de herramientas susceptibles de generar chispas.

Los extintores deberán encontrarse:

- Correctamente señalizados.
- Accesibles.
- Revisados conforme a la normativa aplicable.

El personal deberá conocer su ubicación y utilización básica.

9.6 Medios auxiliares de trabajo

Los medios auxiliares empleados durante la ejecución, tales como escaleras, plataformas, andamios móviles o útiles de elevación, deberán utilizarse conforme a las instrucciones del fabricante y mantenerse en correcto estado de conservación.

Se evitará expresamente el uso de soluciones improvisadas o elementos no diseñados para servir como plataformas de trabajo.

Las escaleras portátiles únicamente se utilizarán para trabajos puntuales y de corta duración, evitando operaciones que requieran esfuerzos importantes o manipulación de cargas voluminosas.

10. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

10.1 Consideraciones generales

La obra dispondrá de señalización de seguridad adecuada con objeto de advertir de los riesgos existentes, limitar accesos no autorizados y facilitar la circulación segura tanto de trabajadores como de maquinaria.

La señalización utilizada deberá cumplir lo dispuesto en la normativa vigente en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Las señales permanecerán visibles y en buen estado de conservación durante toda la ejecución de las obras.

10.2 Tipos de señalización previstos

Se dispondrá señalización correspondiente a:

- Obligación de utilización de equipos de protección individual,

- Advertencia de riesgo eléctrico.
- Riesgo de caída de objetos.
- Circulación de maquinaria.
- Trabajos en altura.
- Prohibición de acceso a personal ajeno.
- Ubicación de medios de extinción y primeros auxilios.
- Salidas o recorridos de emergencia.



Figura 9. Señales de seguridad, prohibición y aviso utilizadas en obra.

10.3 Delimitación de zonas peligrosas

Las zonas donde existan riesgos específicos deberán permanecer claramente delimitadas mediante balizamiento, cintas de señalización o barreras provisionales.

Especial atención requerirán:

- Las áreas de izado y montaje estructural.
- Las zonas bajo trabajos en altura.
- Los cuadros eléctricos provisionales.
- Las áreas de maniobra de maquinaria.

Cuando exista riesgo de caída de materiales o interferencia entre distintos trabajos, se restringirá el acceso a personal no autorizado.

11. MEDIDAS DE EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

11.1 Actuación en caso de accidente

En caso de accidente laboral se procederá, en primer lugar, a asegurar la zona y evitar nuevos riesgos tanto para el accidentado como para el resto de trabajadores.

Posteriormente se avisará a los servicios de emergencia cuando resulte necesario y se prestarán los primeros auxilios básicos hasta la llegada de asistencia sanitaria especializada.

En ningún caso se moverá al accidentado cuando exista sospecha de lesión grave, caída desde altura o daño vertebral, salvo situación de peligro inminente.

Todos los accidentes e incidencias relevantes deberán comunicarse a la dirección de obra y registrarse conforme a la normativa aplicable.

11.2 Actuación en caso de incendio

En caso de incendio se procederá a:

- Interrumpir los trabajos en curso,
- Desconectar los equipos eléctricos cuando resulte posible,
- Evacuar ordenadamente la zona afectada.

Únicamente se intentará la extinción inicial del fuego cuando ello pueda realizarse sin poner en peligro la integridad de los trabajadores y mediante utilización de medios adecuados.

Las vías de acceso y evacuación deberán permanecer despejadas durante toda la ejecución de las obras.

11.3 Teléfonos y direcciones de interés

En lugar visible de la obra se colocará información actualizada con:

- Teléfonos de emergencia.
- Centro de salud más cercano.
- Hospital de referencia.
- Responsables de obra.
- Servicios de asistencia.

11.4 Formación e información de los trabajadores

Todos los trabajadores deberán recibir información básica relativa a:

- Riesgos presentes en obra.

- Utilización de equipos de protección.
- Procedimientos de emergencia.
- Medidas preventivas generales.

Asimismo, el personal encargado del manejo de maquinaria o realización de trabajos específicos deberá disponer de la formación correspondiente para dichas tareas.

12. TRABAJOS POSTERIORES DE MANTENIMIENTO

12.1 Consideraciones generales

Una vez finalizada la ejecución de las obras, el invernadero requerirá distintas operaciones periódicas de mantenimiento y conservación asociadas tanto a la estructura como a las instalaciones hidráulicas y eléctricas.

Muchos de estos trabajos implicarán nuevamente riesgos relacionados con trabajos en altura, manipulación de equipos eléctricos y utilización de herramientas manuales o maquinaria auxiliar.

Por este motivo, las futuras labores de mantenimiento deberán realizarse adoptando medidas preventivas equivalentes a las contempladas durante la fase de ejecución.

12.2 Mantenimiento de la estructura y cubierta

Entre las principales operaciones de mantenimiento previstas se encuentran:

- Sustitución o reparación de cubierta plástica.
- Revisión de elementos de fijación.
- Mantenimiento de ventilaciones cenitales.
- Comprobación de uniones atornilladas.
- Limpieza de canales.

Estas tareas podrán requerir trabajos sobre estructura metálica y utilización de plataformas elevadoras o sistemas anticaídas.



Figura 10. Trabajos de mantenimiento sobre estructuras de invernadero.

Durante dichas operaciones deberán evitarse trabajos en condiciones meteorológicas desfavorables, especialmente en presencia de viento o lluvia.

12.3 Mantenimiento de las instalaciones hidráulicas y eléctricas

Las instalaciones de riego, fertirrigación y automatización requerirán operaciones periódicas de revisión y mantenimiento, incluyendo:

- Limpieza de filtros.
- Comprobación de bombas.
- Revisión de válvulas.
- Mantenimiento del sistema fotovoltaico.
- Verificación de cuadros eléctricos y sensores.

Antes de intervenir sobre cualquier equipo eléctrico deberá verificarse la ausencia de tensión y desconectar la alimentación correspondiente.

Los trabajos eléctricos deberán ser realizados por personal cualificado.

12.4 Medidas preventivas en operaciones de mantenimiento

Durante las futuras labores de mantenimiento deberán mantenerse las siguientes medidas preventivas básicas:

- Utilización de equipos de protección individual adecuados.
- Empleo de medios auxiliares seguros.
- Revisión previa del estado de plataformas y escaleras.

- Delimitación de zonas de trabajo.
- Suspensión de tareas en condiciones meteorológicas adversas.

Asimismo, se recomienda priorizar siempre que sea posible el empleo de plataformas elevadoras frente al tránsito directo sobre elementos estructurales.

13. CONCLUSIÓN

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud recoge las principales previsiones preventivas asociadas a la ejecución del proyecto de invernadero multicapilla modelo doceochenta destinado a producción hidropónica de tomate en la localidad de Ajo (Cantabria).

Las medidas descritas tienen por finalidad reducir los riesgos derivados de las distintas fases de obra, prestando especial atención a aquellos asociados a trabajos en altura, montaje de estructuras metálicas, utilización de maquinaria auxiliar e instalaciones eléctricas.

El contenido del presente documento servirá como base para la elaboración del correspondiente Plan de Seguridad y Salud por parte de la empresa contratista encargada de la ejecución de las obras, debiendo adaptarse posteriormente a las condiciones reales de organización y desarrollo de los trabajos.

En Pamplona, mayo de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



ANEJO DE INFORME AMBIENTAL

ÍNDICE

1. **Objeto del Anejo** ***(pg. 3)***
2. **Descripción Ambiental del Proyecto** ***(pg. 4)***
3. **Situación Actual** ***(pg. 5)***
4. **Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales** ***(pg. 6)***
    - 4.1 Fase de Instalación
    - 4.2 Fase de Explotación
5. **Aplicación de Medidas Preventivas y Correctoras** ***(pg. 11)***
6. **Valoración Ambiental Global del Proyecto** ***(pg. 12)***

1. OBJETO DEL ANEJO

El presente Anejo de Informe Ambiental tiene por objeto identificar, describir y valorar los principales efectos ambientales derivados de la ejecución y explotación del proyecto de instalación de un invernadero multicapilla destinado al cultivo hidropónico de tomate en la localidad de Ajo, municipio de Bareyo (Cantabria), así como establecer las medidas preventivas y correctoras necesarias para garantizar una adecuada integración de la actuación en el entorno donde se implanta.

La elaboración del presente documento se realiza de acuerdo con los principios de prevención, corrección y minimización de impactos ambientales recogidos en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, incorporando al proyecto una valoración específica de los efectos que las obras e instalaciones previstas pueden producir sobre el medio físico, los recursos hídricos, el paisaje y el entorno agrícola circundante.

Aunque las características y dimensiones de la actuación proyectada no determinan su sometimiento a un procedimiento reglado de evaluación de impacto ambiental, se considera conveniente incorporar el presente informe con el fin de analizar la compatibilidad ambiental del proyecto, identificar los posibles impactos asociados a su ejecución y explotación, y justificar la adopción de las medidas destinadas a prevenir, minimizar o corregir dichos efectos.

Para ello, en los apartados siguientes se describe el proyecto desde el punto de vista ambiental, se caracteriza el entorno de implantación, se identifican y evalúan los impactos previsibles y se establecen las correspondientes medidas preventivas y correctoras, finalizando con una valoración global de la viabilidad ambiental de la actuación.

2. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

El proyecto contempla la implantación de un invernadero multicapilla destinado al cultivo hidropónico de tomate en la localidad de Ajo, perteneciente al municipio de Bareyo (Cantabria). La instalación proyectada se ubica sobre dos parcelas catastrales contiguas del municipio de Bareyo (Cantabria), identificadas en SIGPAC como polígono 4, parcelas 112 y 113. Ambas presentan una superficie SIGPAC de 0,6005 ha cada una, por lo que el ámbito total de actuación asciende a 1,2010 ha de carácter agrario.

La instalación principal está constituida por un invernadero multicapilla doceochenta de cuatro capillas adosadas, con una longitud de 99 m y una anchura total de 56,20 m, alcanzando una superficie bruta aproximada de 5.568,8 m^2. La superficie útil interior asciende a 5.068,8 m^2, de los cuales 4.864 m^2 se destinan al cultivo efectivo de tomate en sistema hidropónico sobre sustrato inerte de perlita. La estructura presenta una altura a canal de 4,50 m y una altura máxima en cumbrera de aproximadamente 7,50 m.

La ejecución de las obras requiere la instalación de una estructura metálica compuesta por 210 pilares anclados mediante cimentaciones puntuales, para cuya ejecución se prevé el empleo de 115 m^3 de hormigón. Asimismo, se contempla la excavación de una zanja de 128 m de longitud destinada al enterramiento de conducciones hidráulicas y canalizaciones eléctricas asociadas al funcionamiento de la explotación. Dicha zanja presenta una profundidad comprendida entre 0,60 y 0,80 m y una anchura mínima de 0,30 m.

El cerramiento del invernadero se realiza mediante una cubierta plástica de 6.200 m^2 de superficie, cuya vida útil estimada es de cinco años, complementada por 1.600 m^2 de malla anti-insectos y 2.500 m^2 de rafia plastificada para el cerramiento lateral y frontal.

El abastecimiento hídrico de la explotación se realiza mediante captación de agua desde pozo propio, conducida hasta un cabezal de riego equipado con sistemas de filtración, control y fertirrigación. El sistema proyectado se divide en dos sectores de riego y dispone de sensores de humedad instalados en sacos de sustrato para optimizar la aplicación de agua y nutrientes. El consumo anual previsto de agua asciende a 1.284 m^3, mientras que la demanda máxima diaria estimada alcanza los 10,15 m^3.

La producción agrícola se desarrolla íntegramente mediante cultivo hidropónico sobre perlita, empleándose 36 m^3 de sustrato inerte repartidos en 2400 sacos de 15l distribuidos en el interior del invernadero. La producción media prevista es de entre 14 y 16 kg de tomate por metro cuadrado de superficie cultivada.

La energía necesaria para el funcionamiento de la instalación se suministra mediante un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica convencional. La instalación dispone de una potencia fotovoltaica instalada de 1,830 kW y un banco de acumulación con capacidad de 540 Ah, dimensionado para proporcionar una

autonomía aproximada de un día sin aporte de generación solar. El consumo eléctrico anual previsto asciende a 176,52 kWh, coincidiendo la máxima demanda energética con los periodos de mayor radiación solar, correspondientes a los meses estivales.

Con objeto de minimizar la ocupación de superficie agrícola productiva, tanto el cabezal de riego como la instalación fotovoltaica se sitúan en la caseta de la parcela colindante perteneciente a la misma propiedad, como se muestra en el Plano de Replanteo.

Las actuaciones proyectadas se limitan a la ejecución de las infraestructuras e instalaciones necesarias para el desarrollo de la actividad agrícola, sin contemplarse procesos de transformación industrial, almacenamiento a gran escala o actividades complementarias ajenas a la producción hortícola bajo invernadero.

3. SITUACIÓN ACTUAL

La parcela objeto del proyecto se localiza en la localidad de Ajo, municipio de Bareyo (Cantabria), ocupando una superficie catastral de 12.010 m^2. El emplazamiento se encuentra integrado en un entorno rural caracterizado por la presencia predominante de praderas, pastizales y pequeñas explotaciones agrícolas, junto con edificaciones residenciales dispersas asociadas a núcleos de población de baja densidad.

La finca presenta una topografía suave, sin accidentes significativos del terreno ni pendientes pronunciadas que condicionen la ejecución del proyecto. Como condición previa a la construcción del invernadero, se establece la necesidad de realizar una nivelación del terreno que garantice una pendiente uniforme comprendida entre el 0,5 y el 1 % en dirección norte, favoreciendo así la evacuación gravitatoria de los drenajes generados durante el riego.

La zona presenta una precipitación media anual de 1.250 mm, característica del litoral cantábrico, circunstancia que favorece la disponibilidad de recursos hídricos y la recarga natural del subsuelo.

En el límite occidental de la parcela se localizan masas arboladas de carácter natural, mientras que el resto del entorno inmediato está constituido principalmente por superficies agrícolas y ganaderas. Asimismo, existen viviendas unifamiliares dispersas a escasa distancia de la zona de actuación, integradas en el paisaje rural propio de la comarca.

La actuación proyectada no requiere movimientos generales de tierras ni modificaciones sustanciales de la morfología del terreno. Las únicas excavaciones previstas corresponden a la ejecución de los pozos de cimentación de los pilares de la estructura, con una profundidad aproximada de 0,80 m y un diámetro de 0,40 m, así como a la zanja destinada al enterramiento de conducciones hidráulicas y canalizaciones eléctricas, cuya longitud total asciende a 128 m.

La parcela no se encuentra incluida en espacios naturales protegidos ni en áreas sometidas a figuras específicas de protección ambiental. Del mismo modo, no se identifican humedales, cauces permanentes ni elementos naturales singulares afectados directamente por las actuaciones contempladas en el proyecto.

4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.1 Fase de Instalación:

Las actuaciones previstas durante la fase de instalación generan una serie de impactos ambientales de carácter temporal asociados principalmente a los trabajos de implantación de la infraestructura.

La ocupación del terreno constituye el principal efecto derivado de la ejecución del proyecto. La actuación afecta a una superficie de 1,201 ha ubicada sobre terrenos de vocación agraria, si bien no supone la transformación de espacios naturales ni la afección a hábitats protegidos. Dado que el uso previsto continúa siendo agrícola, la alteración del suelo se considera compatible con el entorno existente.

La ejecución de las cimentaciones requiere la perforación de 194 hoyos de 800x400mm para el alojamiento de los pilares estructurales, empleándose aproximadamente 26,3 m^3 de hormigón. Asimismo, se contempla la excavación de una zanja de 128 m de longitud y entre 0,60 y 0,80 m de profundidad destinada al enterramiento de conducciones hidráulicas y eléctricas. Estas actuaciones generan una alteración puntual y localizada del terreno, limitada al periodo de ejecución de las obras y sin modificaciones significativas de la topografía general de la parcela.

Durante los trabajos de construcción se producirán emisiones temporales de polvo y partículas asociadas al movimiento de tierras, circulación de maquinaria y manipulación de materiales. No obstante, debido al reducido volumen de excavación previsto y a la corta duración de los trabajos, la afección sobre la calidad del aire se considera poco significativa.

Tabla 1. Principales parámetros ambientales en la construcción.

Actuación	Magnitud prevista	Impacto principal
Ocupación de terreno	6.004,99 m^2	Cambio de uso agrícola
Cimentación de pilares	210 unidades	Alteración puntual del suelo
Hormigón empleado	115 m^3	Consumo de materiales
Excavación de zanja	128 m	Alteración temporal del terreno
Profundidad de zanja	0,60 - 0,80 m	Movimiento de tierras
Emisiones de polvo	Temporales	Afección puntual a la atmósfera
Ruido de maquinaria	Temporal	Incremento puntual del nivel sonoro
Residuos de obra	Escasa entidad	Necesidad de gestión adecuada

Del mismo modo, la utilización puntual de maquinaria de obra generará niveles de ruido superiores a los habituales de la zona durante el periodo de construcción. Sin embargo, la proximidad de explotaciones agrícolas, caminos rurales y edificaciones dispersas, junto con el carácter temporal de las operaciones, permite considerar este impacto como compatible.

La ejecución de las obras dará lugar igualmente a la generación de residuos de construcción, principalmente tierras sobrantes de excavación, embalajes, restos de materiales metálicos, plásticos y residuos asociados al montaje de las instalaciones. Estos residuos deberán gestionarse conforme a la normativa vigente mediante gestores autorizados cuando resulte necesario.

En conjunto, los impactos ambientales asociados a la fase de construcción presentan un carácter temporal, reversible y de escasa magnitud, por lo que se valoran globalmente como compatibles.

4.2 Fase de Explotación:

Durante la fase de explotación, los principales efectos ambientales asociados al proyecto derivan del consumo de recursos, la generación de residuos agrícolas y la presencia permanente de la infraestructura en el entorno. No obstante, las características técnicas de la instalación permiten reducir significativamente varios de los impactos habitualmente asociados a la producción hortícola intensiva.

Con objeto de resumir los principales parámetros ambientales de la explotación proyectada, se presenta la Tabla 2.

Tabla 2. Principales parámetros ambientales de la explotación.

Parámetro	Valor
Superficie cultivada	4.864 m²
Consumo anual de agua	1.284 m³/año
Consumo máximo diario	10,15 m³/día
Volumen de perlita	36 m³
Superficie de plástico de cubierta	6.200 m²
Malla antiinsectos	1.600 m²
Rafia plastificada	2.500 m²
Potencia fotovoltaica instalada	1,22 kW
Capacidad banco de baterías	540 Ah
Consumo eléctrico anual	176,52 kWh

Consumo de agua

El abastecimiento hídrico de la explotación se realiza mediante captación desde pozo propio, con un consumo anual previsto de 1.284 m^3. La parcela se localiza en una zona con una precipitación media anual próxima a 1.250 mm, lo que supone una aportación hídrica potencial superior a 15.012 m^3/año sobre la superficie total de la finca. Además, las aguas pluviales recogidas por la cubierta del invernadero son evacuadas mediante bajantes que vierten directamente sobre el terreno circundante, favoreciendo la infiltración natural y la recarga local del subsuelo. Considerando la elevada pluviometría característica de la zona, el reducido volumen anual de extracción previsto y la contribución de las aguas de lluvia a la recarga del terreno, no se prevén afecciones significativas sobre los recursos hídricos locales.

Suelo y aguas

La producción se desarrolla mediante cultivo hidropónico sobre sustrato inerte de perlita, evitando el laboreo continuado del terreno y reduciendo las afecciones directas sobre el suelo agrícola. Asimismo, la solución nutritiva drenada durante los riegos es recogida mediante canaletas dispuestas con pendiente longitudinal y conducida por gravedad hacia un punto de almacenamiento exterior a la instalación. Esta configuración evita el vertido directo de drenajes fertilizados al terreno y reduce significativamente el riesgo potencial de contaminación de suelos o aguas

por lixiviación de nutrientes. En consecuencia, el impacto sobre el suelo y los recursos hídricos se considera compatible.

Consumo de fertilizantes y productos fitosanitarios

La explotación requerirá el empleo de fertilizantes minerales solubles incorporados al agua de riego mediante el sistema de fertirrigación proyectado. La cantidad finalmente utilizada dependerá de la estrategia de cultivo adoptada por el promotor durante la fase de explotación, estimando una cantidad de 2000 kg/año de fertilizante inorgánico soluble. Del mismo modo, podrán realizarse tratamientos fitosanitarios cuando las condiciones sanitarias del cultivo lo requieran. El sistema de aplicación localizada de agua y nutrientes permite optimizar el aprovechamiento de los insumos empleados, reduciendo pérdidas al medio.

Consumo energético

La totalidad de la energía necesaria para el funcionamiento de la instalación se genera mediante un sistema fotovoltaico aislado, sin conexión a la red eléctrica convencional. La instalación dispone de una potencia fotovoltaica de 1,830 kW y un sistema de acumulación de 540 Ah, dimensionado para proporcionar autonomía energética durante los periodos sin generación solar. Esta solución permite cubrir las necesidades energéticas previstas mediante una fuente renovable, reduciendo las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico. Por tanto, el impacto energético de la explotación se considera bajo.

Generación de residuos

Durante la vida útil de la explotación se generarán residuos asociados principalmente a la renovación periódica de la cubierta plástica, mallas anti-insectos, rafias de cultivo, envases de fertilizantes y productos fitosanitarios, así como al eventual reemplazo del sustrato empleado. Entre ellos destaca la cubierta plástica del invernadero, con una superficie aproximada de 6.200 m^2 y una vida útil estimada de cinco años. La correcta segregación y entrega de estos materiales a gestores autorizados permitirá minimizar las afecciones ambientales derivadas de su gestión. En consecuencia, este impacto se valora como compatible.

Paisaje

La presencia permanente del invernadero supone una modificación visual del entorno respecto a la situación inicial de la parcela. Sin embargo, la actuación se integra en un paisaje de marcado carácter agrario, donde ya existen instalaciones agrícolas similares en las inmediaciones. La ausencia de edificaciones auxiliares de gran entidad dentro de la parcela y la ubicación de la caseta de riego y del sistema

fotovoltaico en una finca colindante contribuyen a reducir la ocupación visual de la zona de cultivo. El impacto paisajístico se considera moderado y compatible con el entorno rural existente.

Flora, fauna y ruido

La explotación no genera emisiones sonoras significativas, limitándose al funcionamiento puntual de bombas hidráulicas y equipos auxiliares de baja potencia. Del mismo modo, la actividad se desarrolla sobre terrenos agrícolas previamente transformados, sin afección directa a hábitats protegidos o especies de interés especial. Por ello, tanto el impacto acústico como la afección sobre la flora y fauna del entorno se consideran de escasa magnitud y compatibles con el medio receptor.

5. APLICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Las actuaciones proyectadas incorporan una serie de medidas destinadas a prevenir, minimizar o corregir los posibles impactos ambientales identificados durante las fases de construcción y explotación. La Tabla 3 resume las principales medidas previstas.

Tabla 3. Medidas Preventivas y Correctoras frente a los Impactos Ambientales.

Aspecto Ambiental	Medidas Preventivas	Medidas Correctoras
Alteración puntual del suelo por excavaciones	Limitar las excavaciones a las dimensiones estrictamente necesarias para cimentaciones y zanjas.	Restitución y acondicionamiento de las zonas afectadas tras la finalización de las obras.
Emisión de polvo durante las obras	Minimizar movimientos innecesarios de tierras y circulación de maquinaria.	Humectación puntual de superficies en caso de generación significativa de polvo.
Ruido de maquinaria	Utilización de maquinaria en correcto estado de mantenimiento y limitación temporal de los trabajos.	Reparación o sustitución de equipos que generen niveles anómalos de ruido.
Generación de residuos de construcción	Separación de residuos durante la ejecución de las obras.	Retirada y entrega a gestores autorizados cuando resulte necesario.
Consumo de agua para riego	Uso de riego localizado por goteo, sensores de humedad y automatización del sistema.	Ajuste de la programación de riegos ante consumos superiores a los previstos.
Riesgo de contaminación por fertilizantes	Aplicación controlada mediante fertirrigación y seguimiento de pH y conductividad eléctrica.	Corrección de dosis y revisión de la estrategia de fertirrigación en caso de detectarse excesos.
Drenajes procedentes del cultivo hidropónico	Recogida mediante canaletas con conducción por gravedad hacia almacenamiento exterior.	Reutilización del drenaje para otros usos agrícolas cuando resulte viable.
Generación de residuos plásticos (cubierta, mallas y rafias)	Selección de materiales con elevada durabilidad y vida útil.	Entrega periódica a gestores autorizados para su valorización o reciclaje.
Envases de fertilizantes y fitosanitarios	Almacenamiento temporal en condiciones adecuadas.	Gestión mediante los sistemas de recogida autorizados correspondientes.
Consumo energético	Abastecimiento mediante instalación fotovoltaica aislada y equipos de bajo consumo.	Sustitución de equipos por otros de mayor eficiencia cuando resulte necesario.
Impacto paisajístico	Concentración de instalaciones auxiliares en parcela colindante de la misma propiedad.	Conservación y mantenimiento del entorno agrícola circundante.
Afección a flora y fauna	Limitación de las actuaciones a terrenos de uso agrario previamente transformados.	No se consideran necesarias medidas correctoras específicas debido a la escasa magnitud del impacto.

La aplicación conjunta de las medidas descritas permite reducir la magnitud de los impactos identificados hasta niveles compatibles con el entorno donde se desarrolla la actuación, garantizando una adecuada integración ambiental de la instalación tanto durante la fase de construcción como durante su posterior explotación.

6. VALORACIÓN AMBIENTAL GLOBAL DEL PROYECTO

El análisis realizado permite concluir que los impactos ambientales asociados al proyecto presentan una magnitud reducida y resultan compatibles con las características del entorno donde se pretende implantar la actuación.

Durante la fase de construcción, las afecciones identificadas se limitan principalmente a las excavaciones necesarias para la ejecución de las cimentaciones y de la zanja destinada a conducciones hidráulicas y eléctricas, así como a la generación temporal de polvo, ruido y residuos propios de cualquier obra de pequeña entidad. Estas actuaciones poseen carácter temporal, son fácilmente reversibles y no implican modificaciones significativas de la topografía ni de las condiciones ambientales existentes en la parcela.

Durante la fase de explotación, los principales efectos ambientales se encuentran asociados al consumo de agua para riego, al empleo de fertilizantes minerales y a la generación de residuos agrícolas derivados de la renovación periódica de materiales plásticos y auxiliares de cultivo. No obstante, la instalación incorpora diversas soluciones técnicas destinadas a minimizar dichos impactos, entre las que destacan el uso de riego localizado automatizado, el control de la humedad del sustrato mediante sensores, la aplicación controlada de nutrientes mediante fertirrigación y la recogida de los drenajes generados en el cultivo hidropónico.

Especial relevancia presenta el sistema de gestión del drenaje, ya que la solución nutritiva sobrante no es vertida directamente al terreno, sino conducida mediante canaletas hacia un punto de almacenamiento exterior, reduciendo significativamente el riesgo de contaminación del suelo o de las aguas subterráneas por lixiviación de nutrientes.

Asimismo, el consumo anual previsto de agua, estimado en 1.284 m^3, debe valorarse en el contexto de una zona con una precipitación media anual próxima a 1.250 mm, lo que supone una aportación hídrica potencial sobre la superficie de la finca superior a 7.500 m^3 anuales. A ello se añade que las aguas pluviales recogidas por la cubierta del invernadero son evacuadas al terreno mediante bajantes, favoreciendo la infiltración y contribuyendo a la recarga natural del subsuelo.

Desde el punto de vista energético, el proyecto presenta un impacto reducido al disponer de una instalación fotovoltaica aislada capaz de abastecer la totalidad de las necesidades energéticas previstas, eliminando la dependencia de la red eléctrica convencional y reduciendo las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía.

La actuación se desarrolla íntegramente sobre terrenos de uso agrario, sin afección a espacios naturales protegidos, hábitats de interés comunitario o elementos ambientales singulares. Del mismo modo, no se prevén impactos significativos sobre la fauna, la flora o la calidad atmosférica del entorno.

Por todo lo anterior, y considerando la aplicación de las medidas preventivas y correctoras propuestas, se concluye que el proyecto resulta ambientalmente viable y compatible con el entorno donde se implanta, no previéndose efectos adversos significativos sobre los recursos naturales ni sobre los valores ambientales existentes en la zona de actuación.

En Pamplona, mayo de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



III. PLANOS

ÍNDICE

Plano I. Plano de Localización I.

Plano II. Plano de Localización II.

Plano III. Plano de Replanteo.

Plano IV. Plano de Cimentación.

Plano V. Plano de Secciones.

Plano VI. Plano de Distribución de Tirantes.

Plano VII. Plano de Distribución de Ventanas.

Plano VIII. Plano de Distribución del Riego.

Plano IX. Plano de Distribución de Sensores.

Plano X. Esquema de Abastecimiento desde Pozo.

Plano XI. Esquema de Cabezal de Riego.

Plano XII. Esquema de Cabezales de Campo.

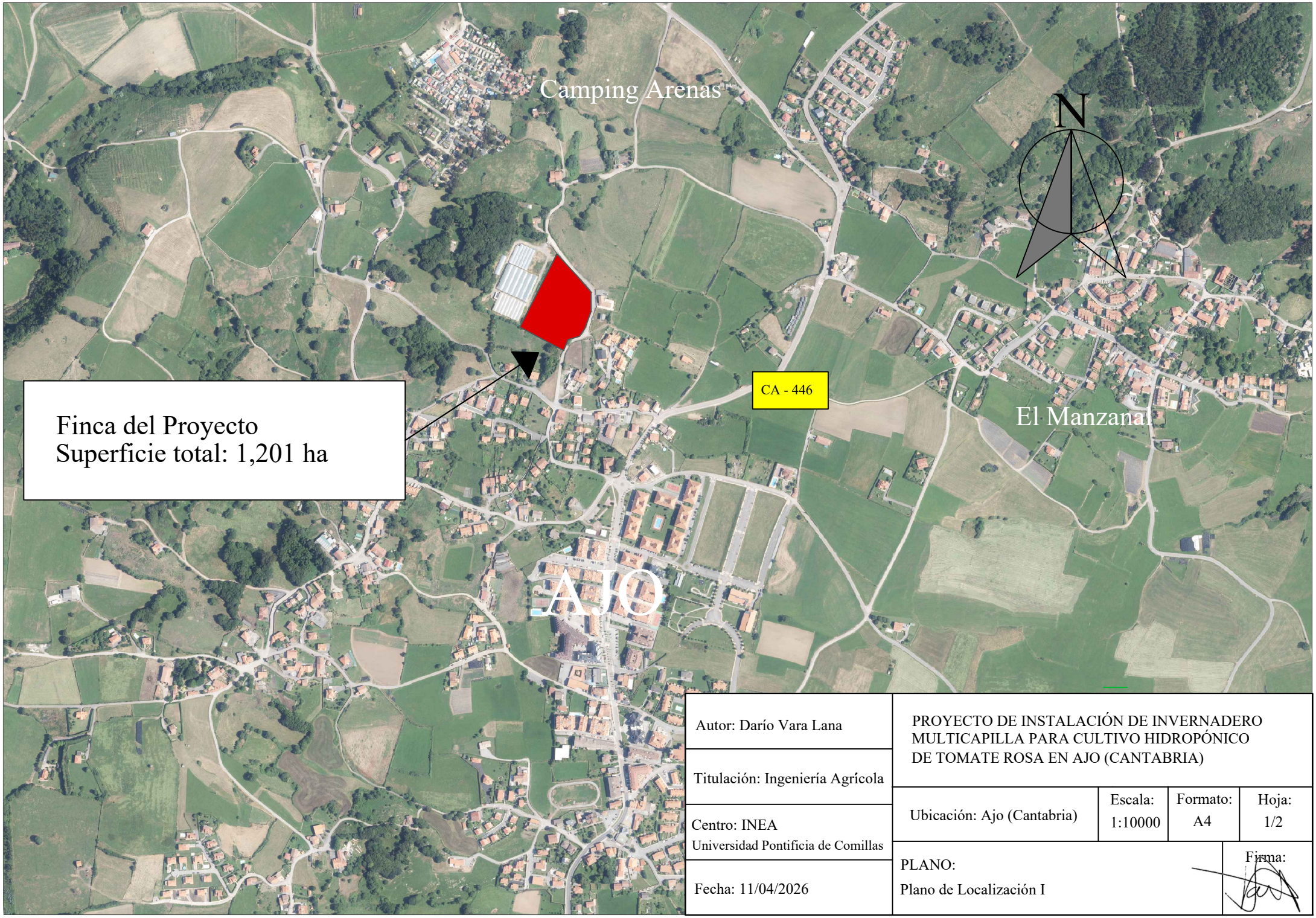
Plano XIII. Esquema de Instalación Fotovoltaica Aislada.

Plano XIV. Esquema del Cuadro Eléctrico General.

Plano XV. Esquema de Conexión PLC-Variador-Bomba.

Plano XVI. Esquema de Conexión PLC a Bomba Sumergida.

Plano XVII. Plano de Diseño de Escuadra (Capitel).



Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:10000	Formato: A4	Hoja: 1/2
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Localización I			Firma:



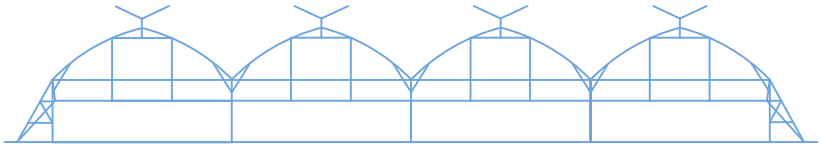
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:20000	Formato: A4	Hoja: 2/2
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Localización II			Firma:

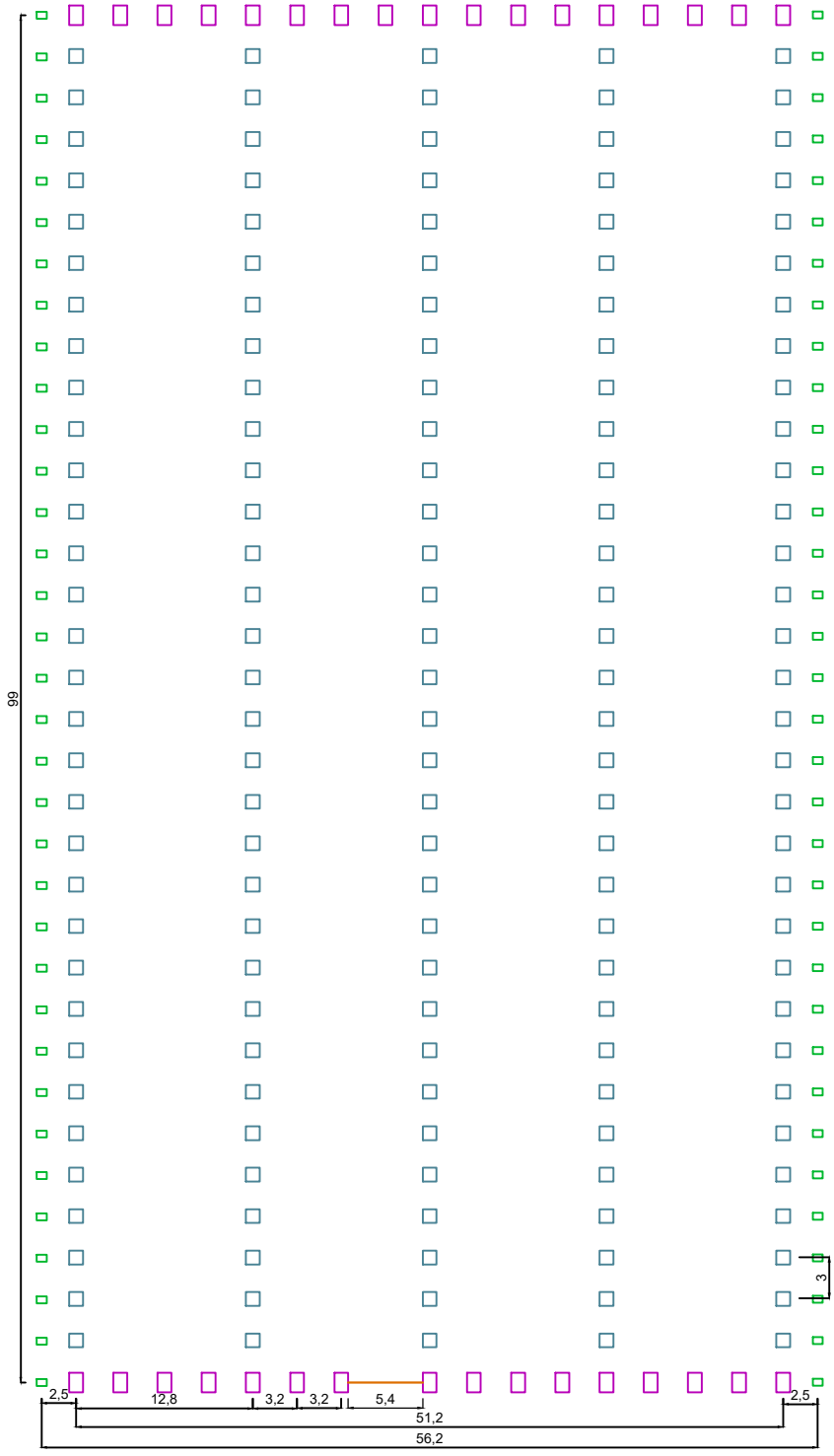


Coordenadas UTM

Punto 1. X: 450321,456 Y: 4815135,102
Punto 2. X: 450368,684 Y: 4815104,542
Punto 3. X: 450419,087 Y: 4815189,870
Punto 4. X: 450371,065 Y: 4815219,636

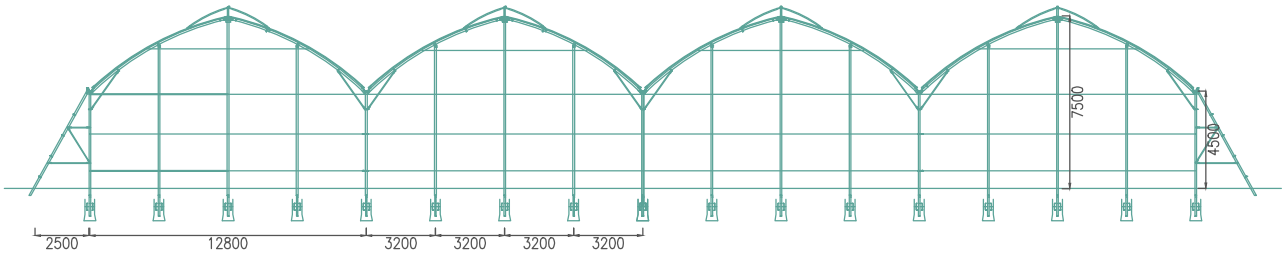
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:1800	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de replanteo de Tubería e Invernadero			Firma:



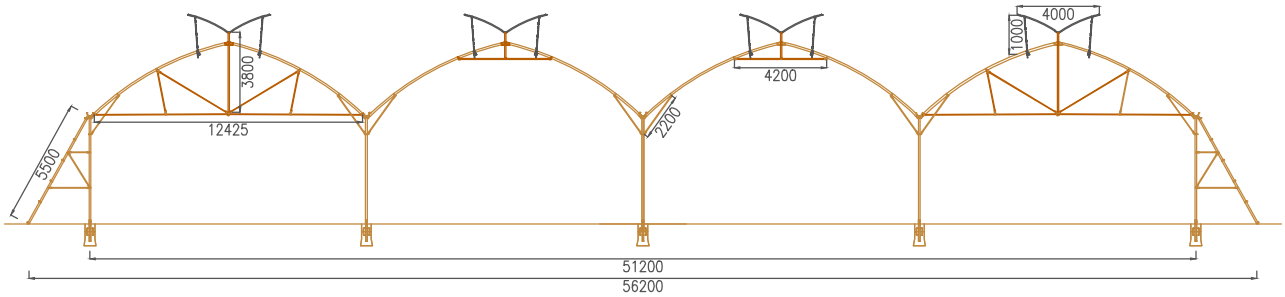


Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:900	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Cimentación			Firma:

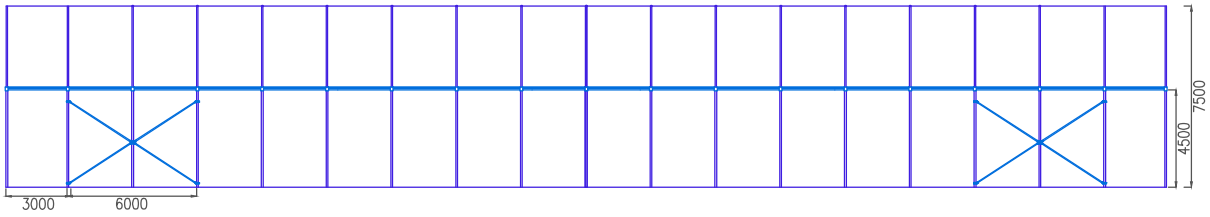
Sección Transversal (Frontal)



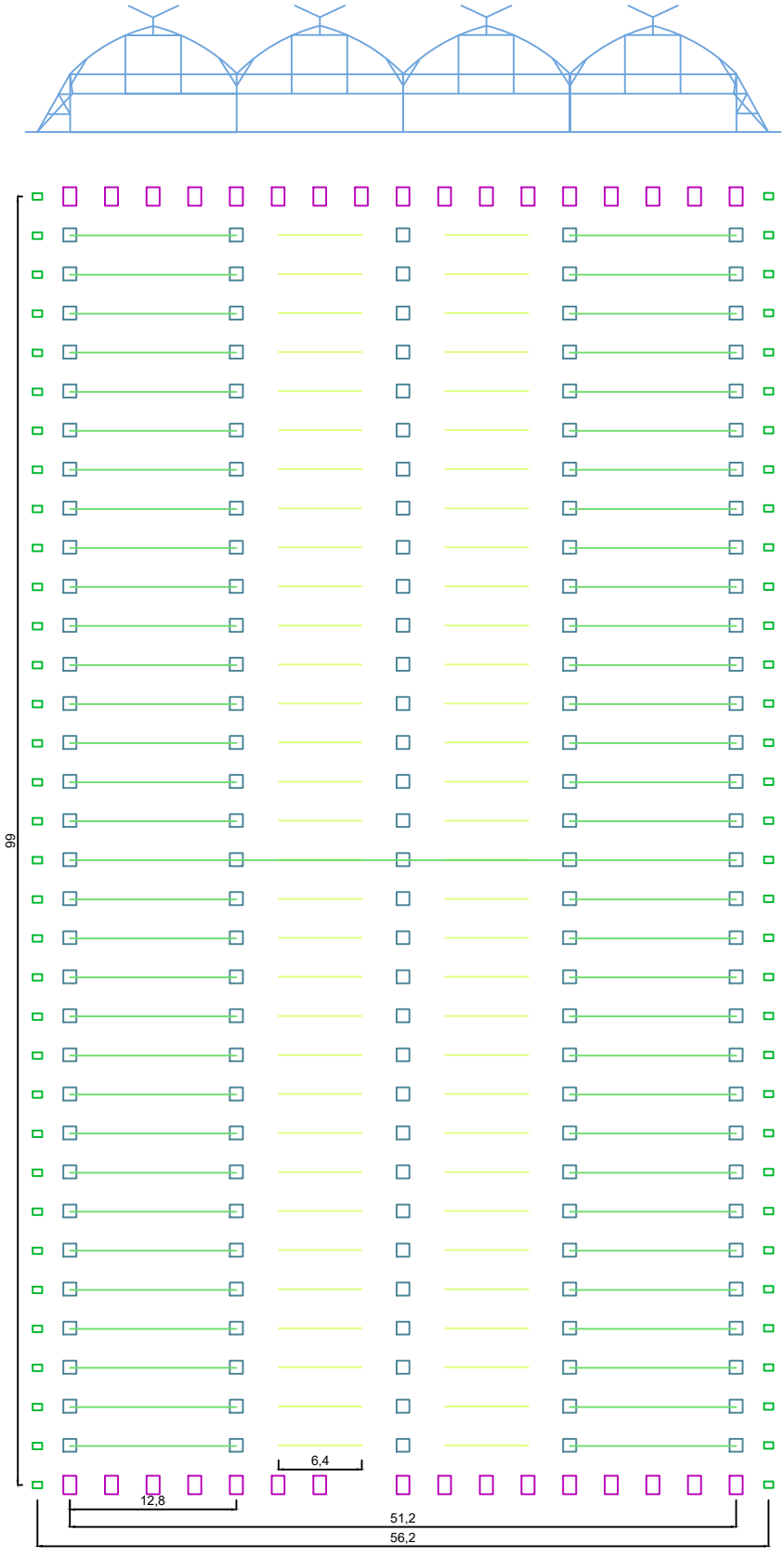
Sección Transversal (Interior)



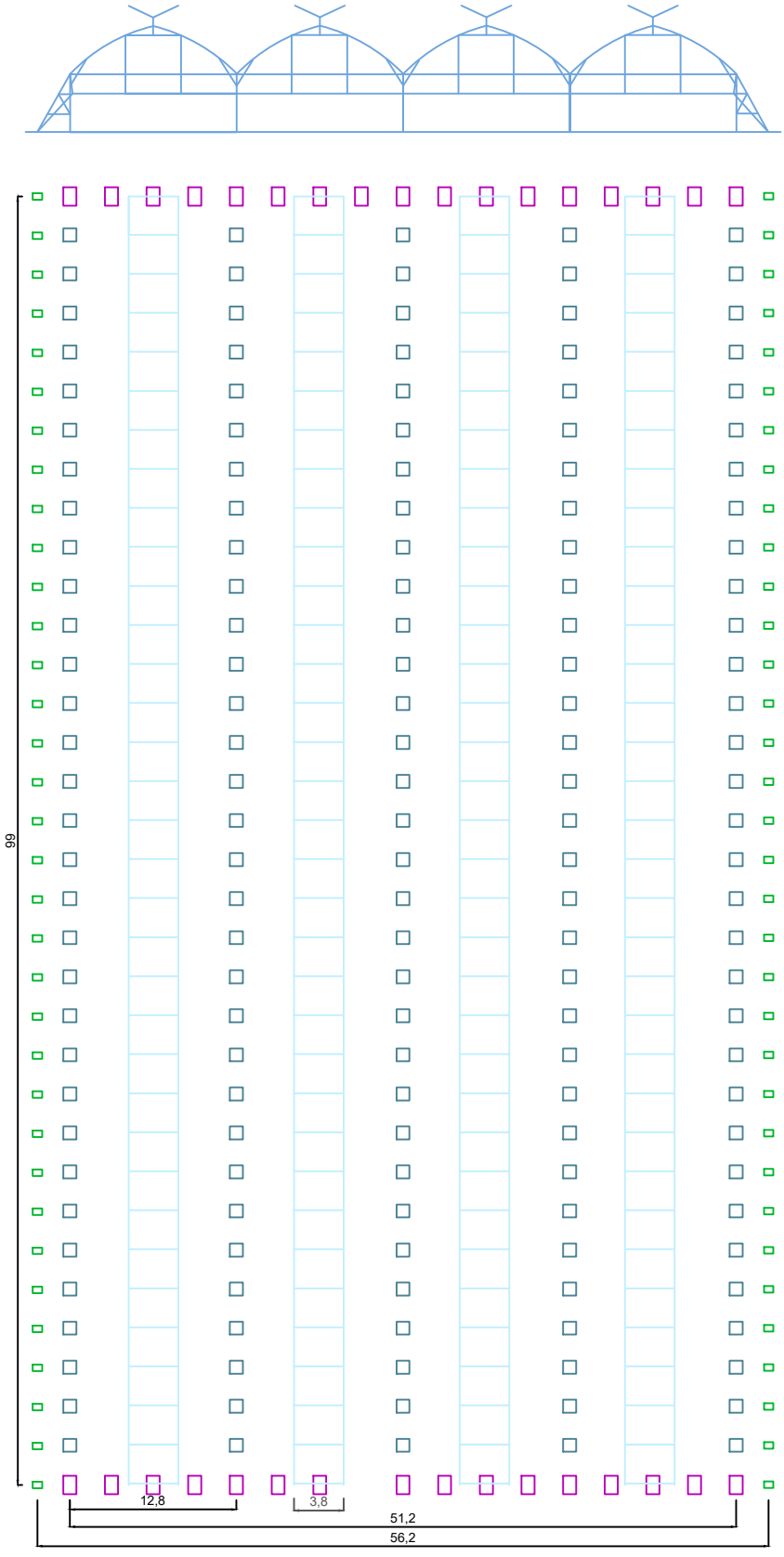
Sección Longitudinal (Interior)



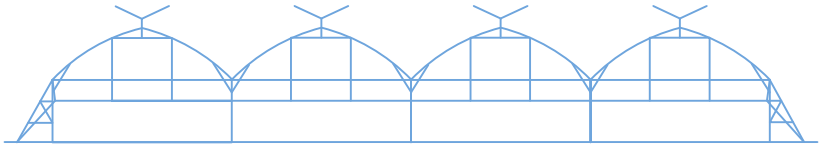
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Secciones del Invernadero Doceochenta	Firma:		

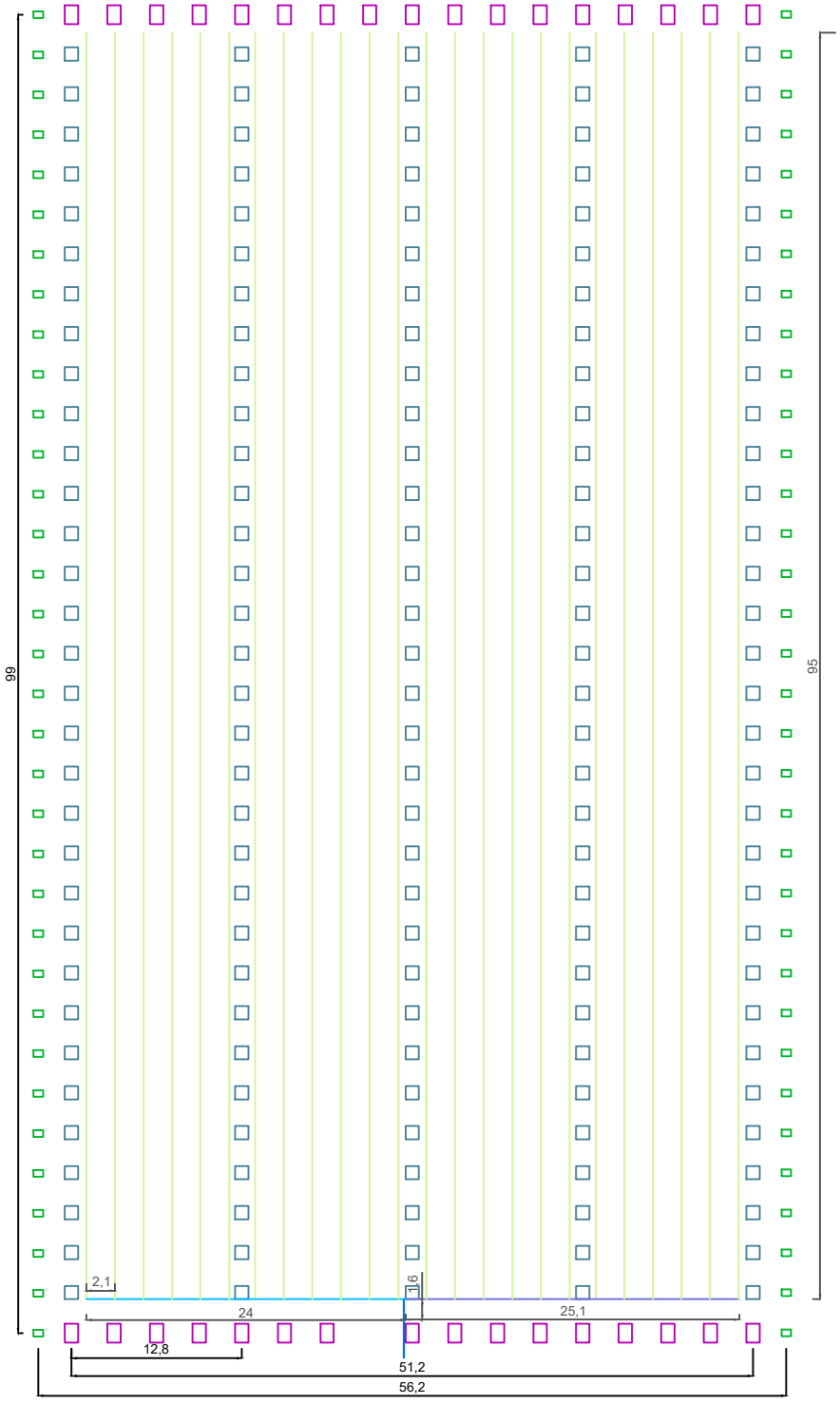


Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:900	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Distribución de Tirantes Transversales	Firma:		

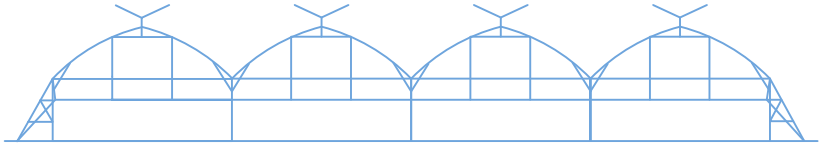


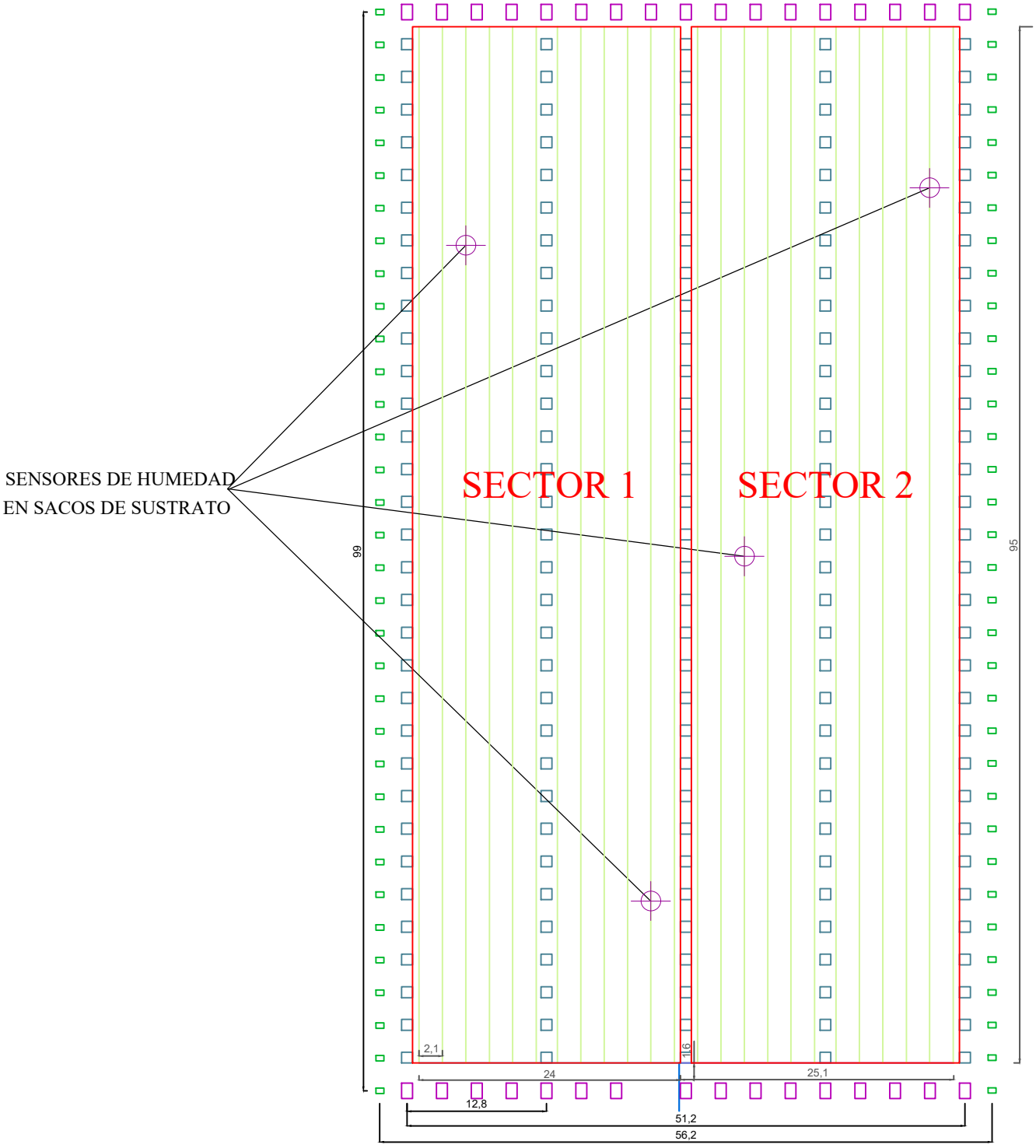
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:900	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Distribución de Ventanas Cenitales			Firma:



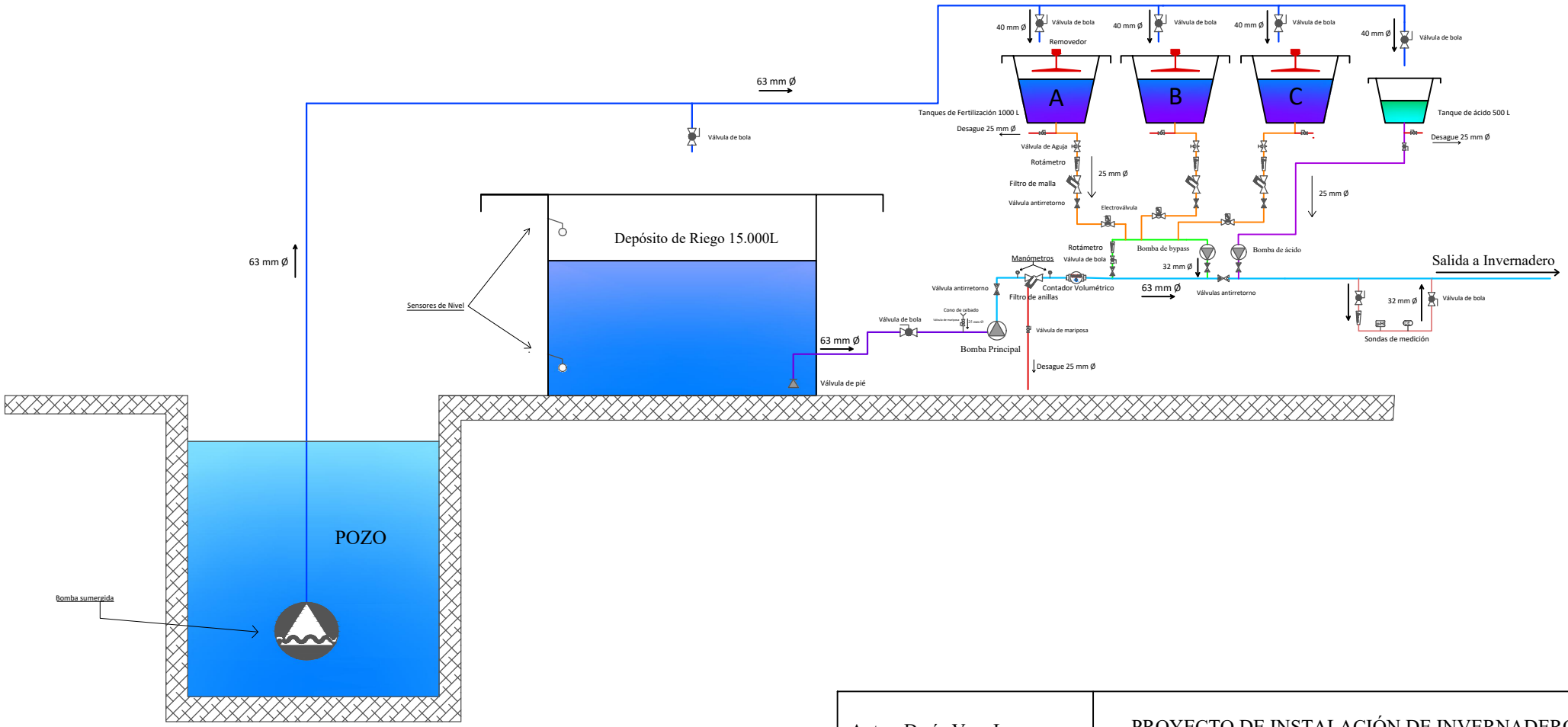


Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:900	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Distribución de Riego			Firma:

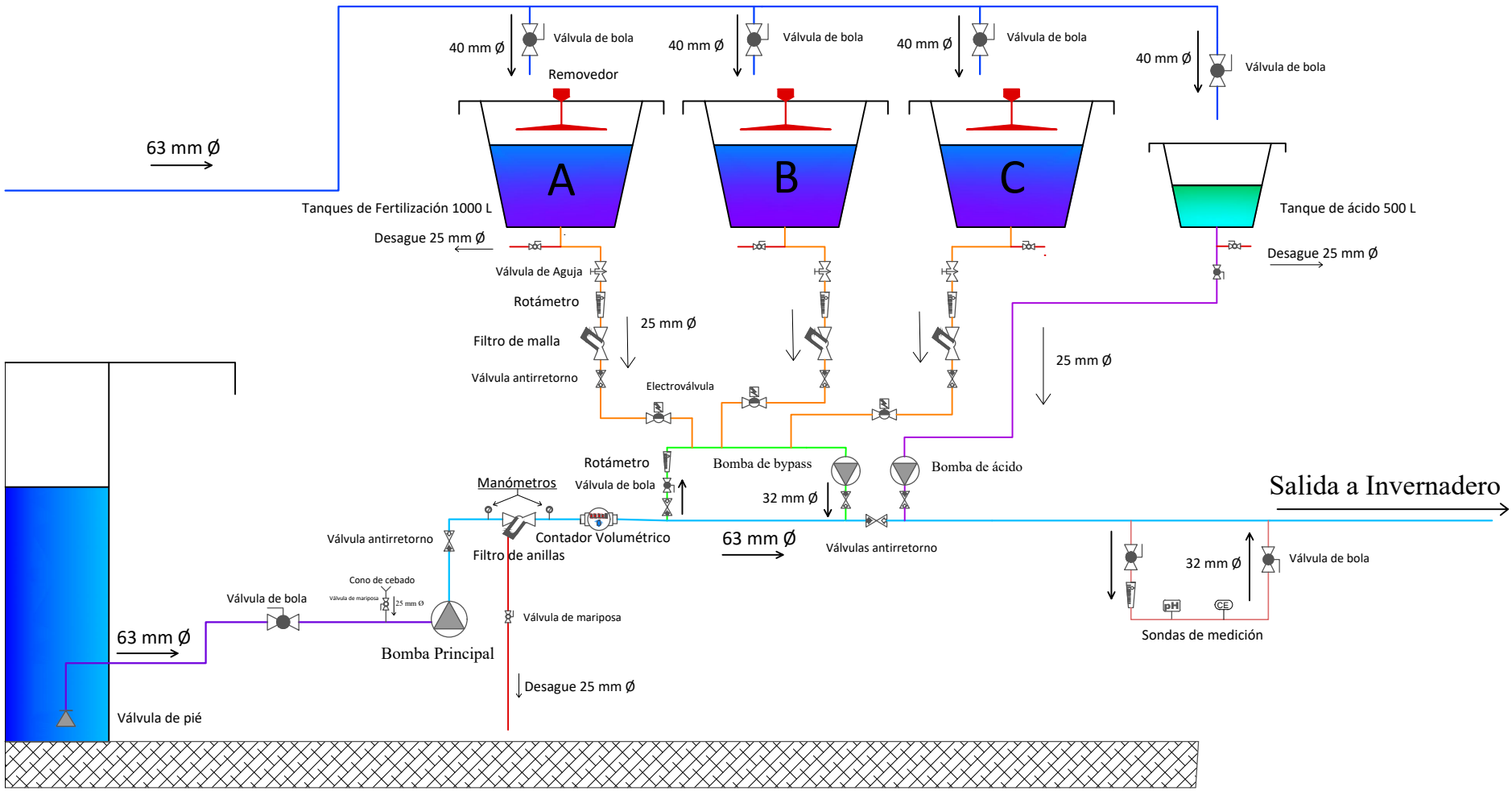




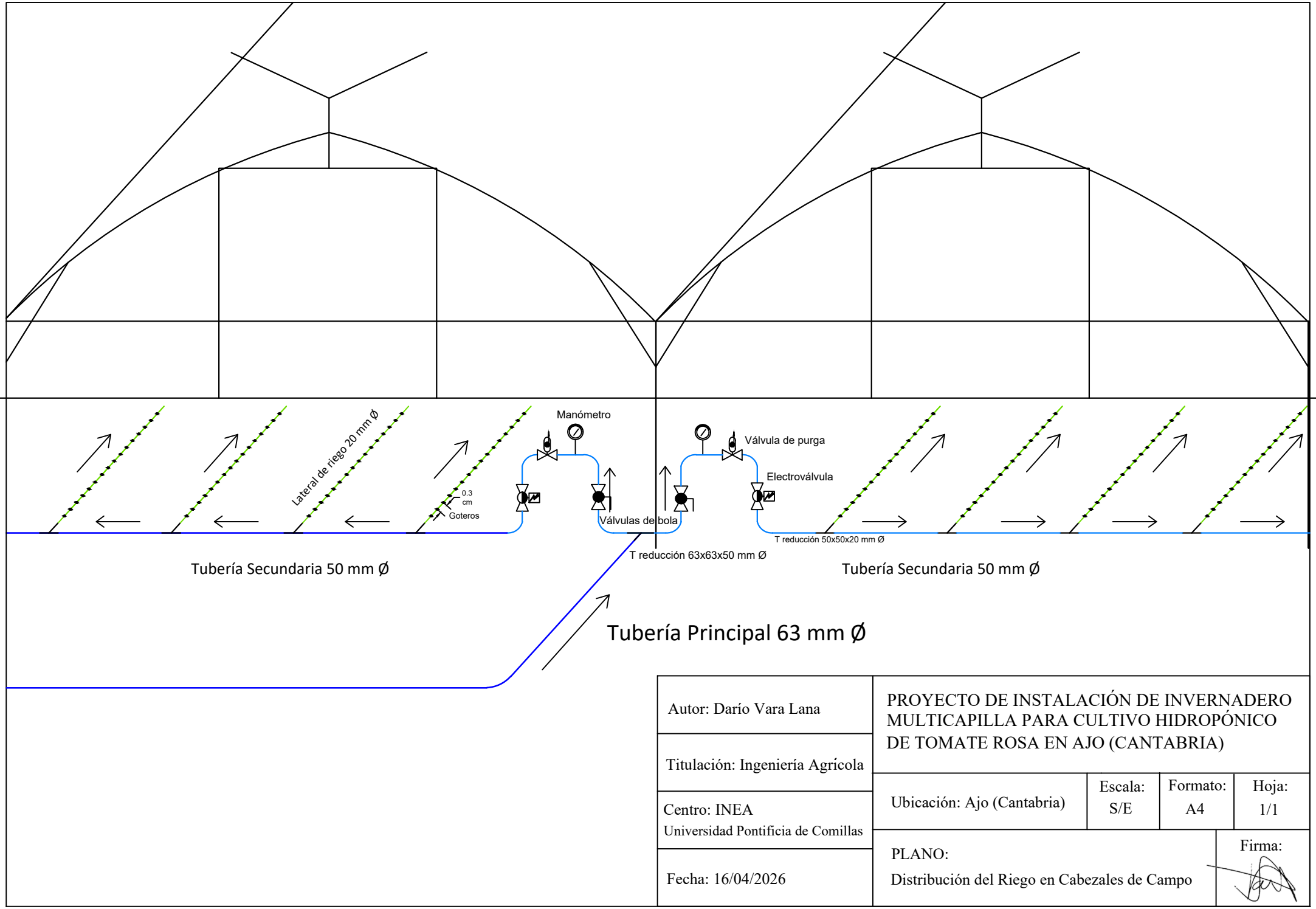
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:900	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Plano de Ubicación de Sensores en cada Sector	Firma:		



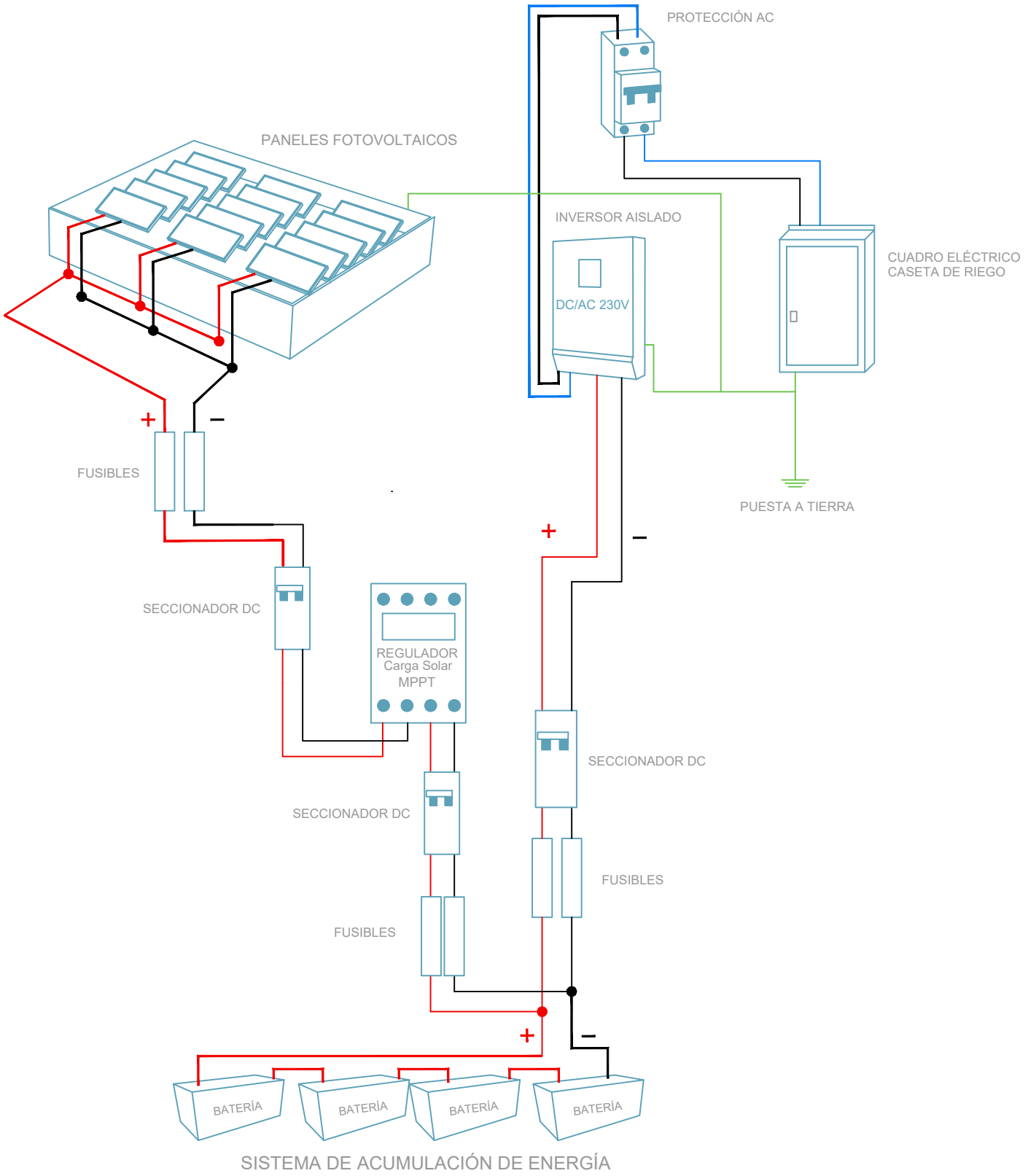
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Abastecimiento desde Pozo a Cabezal de Riego	Firma:		



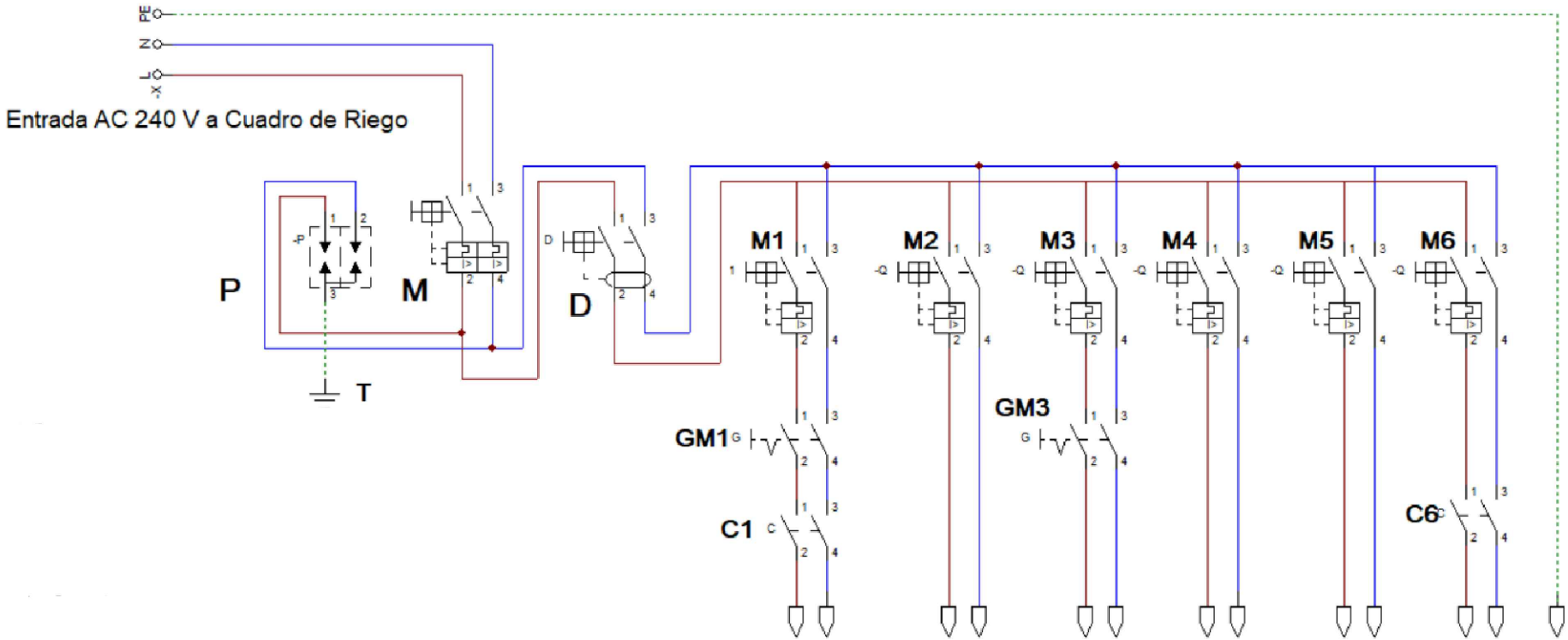
Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Cabezal de Riego	Firma:		



Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 16/04/2026	PLANO: Distribución del Riego en Cabezales de Campo			Firma:

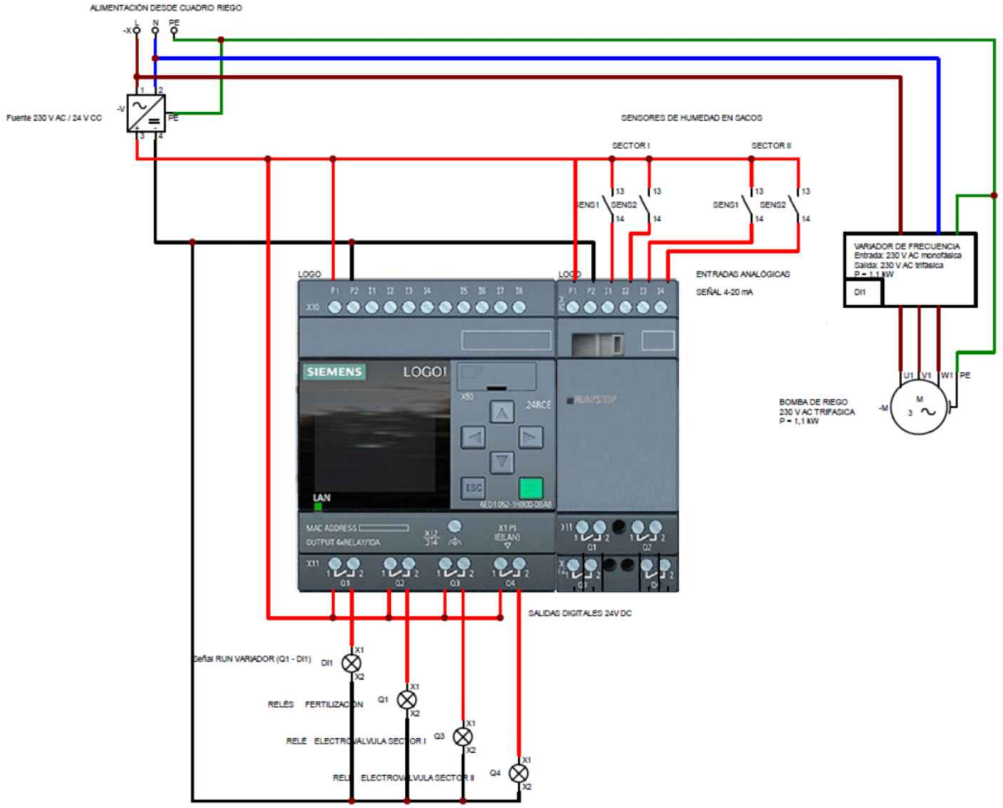


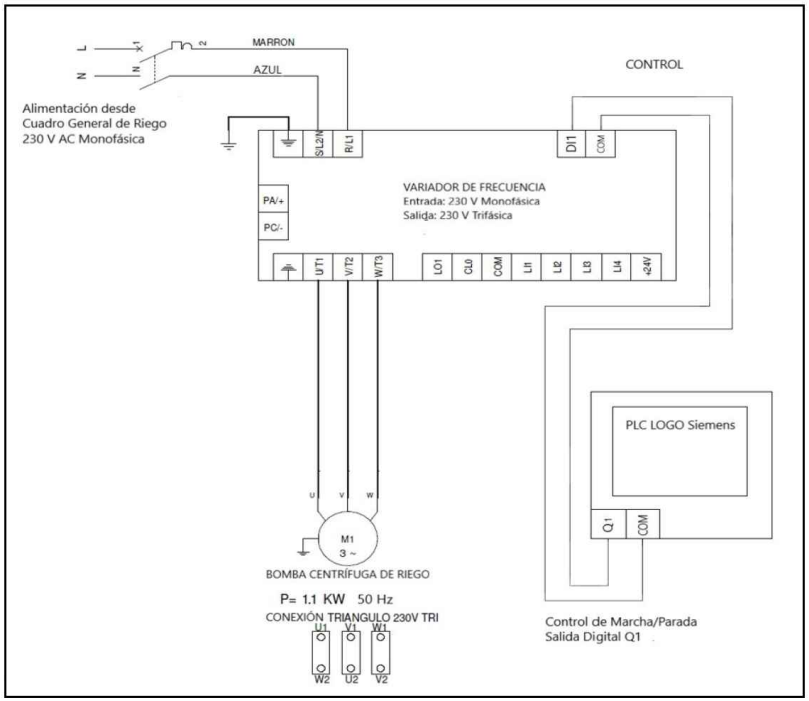
Autor: Darío Vara Lana	**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)**			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA **Universidad Pontificia de Comillas**	**Ubicación: Ajo (Cantabria)**	**Escala: S/E**	**Formato: A4**	**Hoja: 1/1**
Fecha: 15/05/2026	**PLANO:** **Esquema de Instalación Fotovoltaica**			**Firma:**



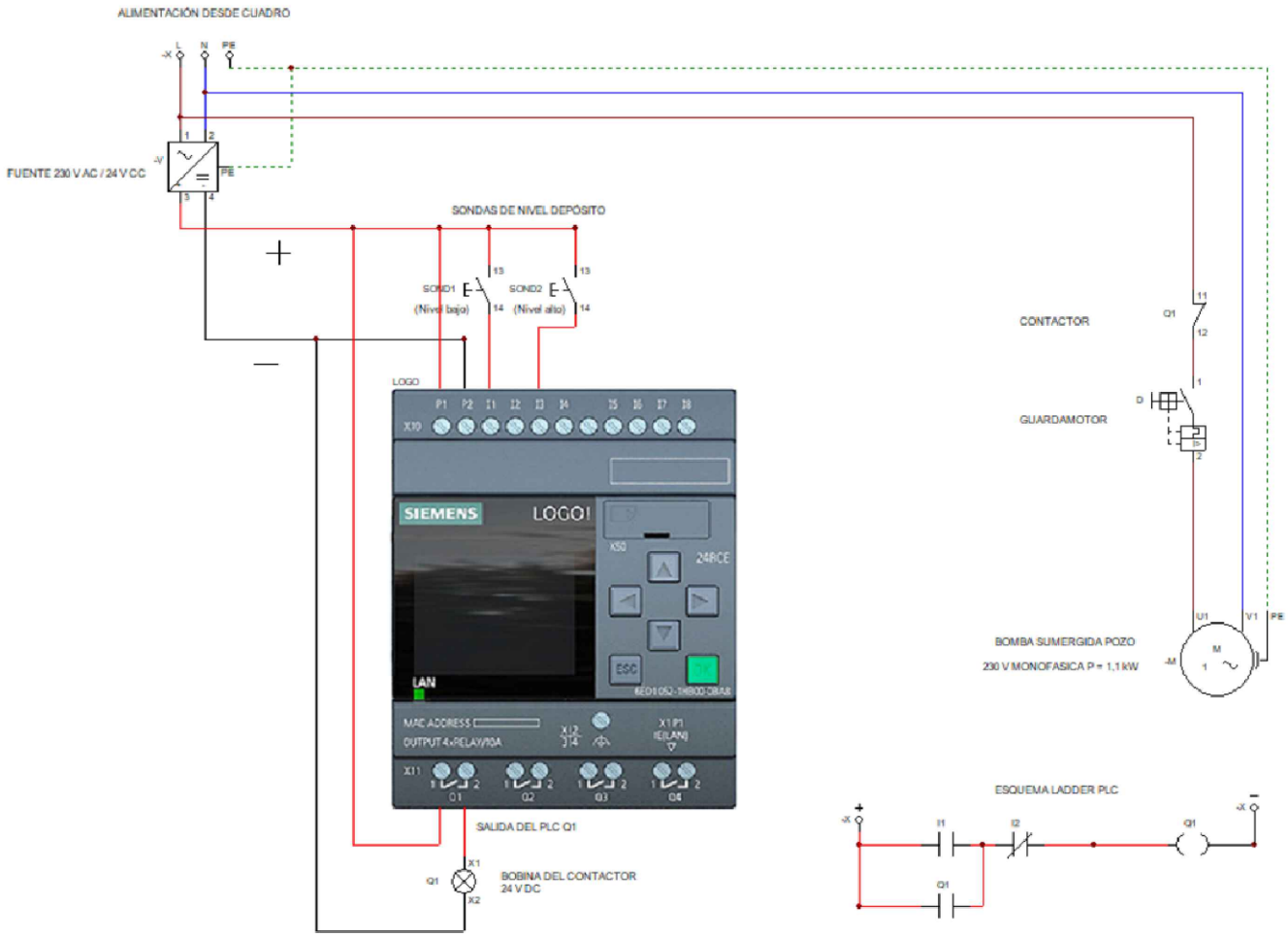
M -	Magnetotérmico - IGA 2P C25 A
P -	Protector - SPD tipo 2 - 230V
T -	Puesta a Tierra
D -	Diferencial - ID 2P 40 A /30mA
M1 -	MT 2P C10 A Bomba Pozo 1,1kW — Cableado: 3G 2,5 mm²
GM1 -	Guardamotor Bomba Pozo
C -	Contactor Bomba Pozo
M2 -	MT- 2P C10 A Bomba Riego 1,1kW — Cableado: 3G 2,5 mm²
M3 -	MT 2P C10 A Mezcladores 0,75kW — Cableado: 3G 1,5 mm²
GM3 -	Guardamotor Mezcladores
M4 -	MT 2P C6 A - 24 VDC / PLC — Cableado: 3G 1,5 mm²
M5 -	MT 2P C6 A Bomba Ácido 0,2kW — Cableado 3G 1,5 mm²
M6 -	MT 2P C6 A Bomba Bypass 0,2kW — Cableado 3G 1,5 mm²

Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)		
Titulación: Ingeniería Agrícola			
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4 / Hoja: 1/1
Fecha: 11/04/2026	PLANO: Esquema de Cuadro Eléctrico General	Firma:	

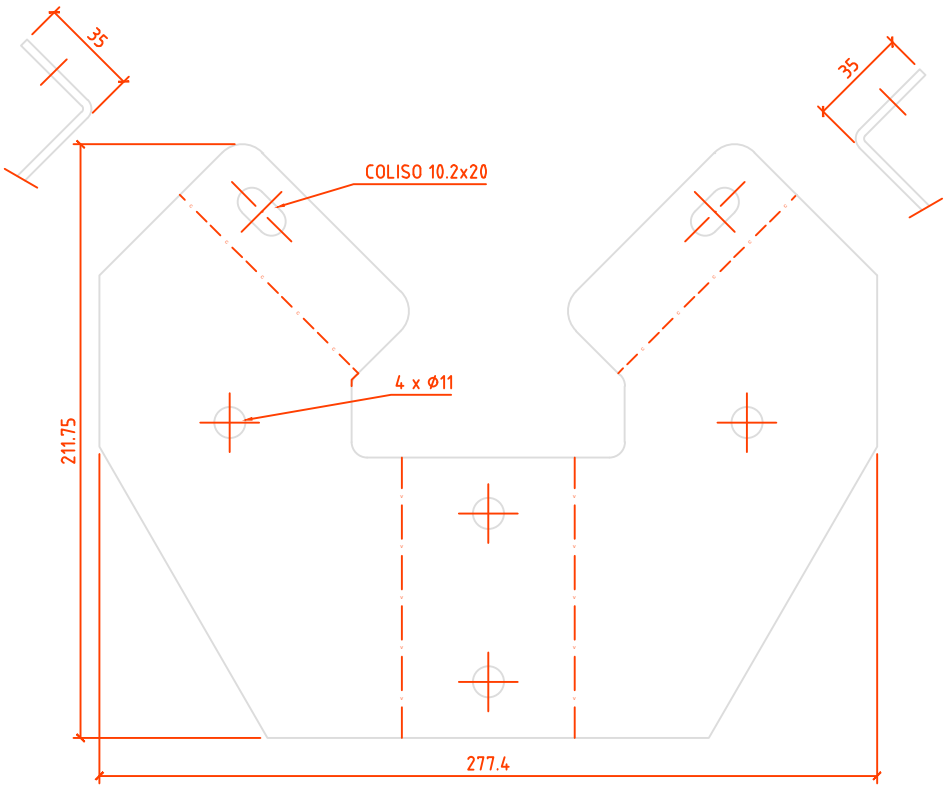


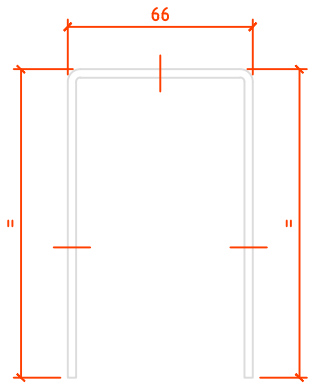


Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 16/05/2026	PLANO: Esquema Conexión PLC - Variador - Bomba de Riego			Firma:



Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: S/E	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 17/04/2026	PLANO: Esquema de Conexión de PLC para Bomba de Pozo			Firma:





Autor: Darío Vara Lana	PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE ROSA EN AJO (CANTABRIA)			
Titulación: Ingeniería Agrícola				
Centro: INEA Universidad Pontificia de Comillas	Ubicación: Ajo (Cantabria)	Escala: 1:12	Formato: A4	Hoja: 1/1
Fecha: 19/05/2026	PLANO: Escuadra (Capitel)			Firma:

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. Disposiciones De Carácter General *(pg. 3)*

1.1. Objeto del Pliego de Condiciones
1.2. Agentes que Intervienen
1.3. Documentación del proyecto y jerarquía
1.4. Carácter del Pliego
1.5. Alcance de las obras
1.6. Omisiones e interpretación

2. Pliego de Condiciones de Índole Técnica *(pg. 6)*

2.1. Capítulo 01. Estructura Del Invernadero *(pg. 6)*
2.1.1. Subcapítulo 01.01. Cimentación Y Anclajes *(pg. 6)*
2.1.2. Subcapítulo 01.02. Estructura Metálica *(pg. 8)*
2.1.3. Subcapítulo 01.03. Cerramiento y Elementos Auxiliares *(pg. 15)*
2.2. Capítulo 02. Sistema de Riego y Fertirrigación *(pg. 20)*
2.2.1. Subcapítulo 02.01. Movimiento de Tierras *(pg. 20)*
2.2.2.Subcapítulo 02.02. Conducciones de Riego *(pg. 21)*
2.2.3. Subcapítulo 02.03. Equipos de Riego Motorizados *(pg. 24)*
2.2.4. Subcapítulo 02.04. Componentes Y Piezas De Riego *(pg. 29)*
2.3.Capítulo 0.3 Instalación Eléctrica y Automatización *(pg. 40)*
2.3.1. Subcapítulo 03.01 Sistema Fotovoltaico Aislado *(pg. 40)*
2.3.2. Subcapítulo 03.02 Puesta a Tierra *(pg. 43)*
2.3.3. Subcapítulo 03.03 CuadroEléctrico,Protección,Automatización.*(pg. 44)*
2.3.4. Subcapítulo 03.04 Cableado y Canalizaciones Eléctricas *(pg. 51)*
2.3.5. Subcapítulo 03.05 Sensores y Elementos de Control *(pg. 54)*

3. Pliego de Condiciones de Índole Facultativa *(pg. 58)*

4. Pliego de Condiciones de Índole Económica *(pg. 59)*

5. Pliego de Condiciones de Índole Legal *(pg. 61)*

6. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto establecer las prescripciones que regirán la ejecución de las obras correspondientes a la instalación de un invernadero multicapilla modelo doceochenta destinado al cultivo hidropónico de tomate, incluyendo la estructura metálica, el sistema de riego y fertirrigación, así como la instalación eléctrica, su abastecimiento y su automatización asociada.

Este documento define las condiciones técnicas, funcionales y de ejecución que deberán cumplirse durante el desarrollo de las obras, constituyendo la base contractual que regula la relación entre los distintos agentes intervinientes. Su finalidad es garantizar que la instalación final responda a las condiciones de diseño establecidas en el proyecto y funcione de acuerdo con los criterios previstos.

1.2. Agentes que Intervienen

En el desarrollo del presente proyecto intervienen los siguientes agentes, definidos en función de su participación en la ejecución de la instalación del invernadero multicapilla y sus sistemas asociados.

El promotor del proyecto es la entidad **Sabor a Norte S.L.**, titular de la actuación.

El proyectista y director de obra es el Ingeniero Agrícola **Darío Vara Lana**, autor del presente proyecto.

El contratista principal es la empresa **MSC Greenhouse S.L.U.**, encargada del suministro de materiales y de la ejecución de los sistemas contemplados en el proyecto.

La ejecución material de los trabajos de montaje será realizada por la subcontrata **Ruminver18 Sociedad Microcooperativa**, bajo la coordinación del contratista principal.

Las excavaciones puntuales necesarias para el enterramiento de conducciones de riego y canalizaciones eléctricas serán ejecutadas por **Excavaciones Mendiola S.A.**

Los agentes intervinientes actuarán conforme a lo establecido en el presente proyecto y en el Pliego de Condiciones.

1.3. Documentación del proyecto y jerarquía

El proyecto se compone del conjunto de documentos escritos y gráficos que definen las características de la instalación, incluyendo el presente Pliego de Condiciones, los planos, las mediciones y presupuesto, así como los anejos de cálculo y la memoria.

A efectos de interpretación, se establece la siguiente jerarquía de prevalencia en caso de discrepancia entre documentos: en primer lugar, los planos del proyecto, seguido del presente Pliego de Condiciones, los anejos, las mediciones y presupuesto, y, en último lugar, la memoria. En este sentido, los anejos tendrán carácter justificativo del diseño adoptado, pero no prevalecerán frente a las condiciones de ejecución establecidas en el pliego ni frente a la definición geométrica contenida en los planos.

Asimismo, las representaciones gráficas prevalecerán sobre las especificaciones escritas, y las cotas indicadas en planos tendrán prioridad sobre las medidas obtenidas a escala.

1.4. Carácter del Pliego

El presente pliego tiene carácter estricto y vinculante, siendo de obligado cumplimiento para todos los agentes que intervienen en la ejecución de las obras. No se permitirá la modificación de las condiciones de ejecución por parte del contratista sin la aprobación expresa de la Dirección de Obra.

Cualquier duda, omisión o contradicción detectada durante el desarrollo de los trabajos deberá ser comunicada a la Dirección de Obra, que establecerá el criterio a seguir. En ningún caso se admitirán soluciones adoptadas unilateralmente que puedan comprometer la coherencia del proyecto o el correcto funcionamiento de la instalación.

1.5. Alcance de las obras

Las actuaciones contempladas en el proyecto comprenden la ejecución de la estructura metálica del invernadero, la instalación del sistema de riego y fertirrigación, la instalación fotovoltaica, la instalación eléctrica general y de automatización necesarias para su funcionamiento.

Se establece como condición previa que el terreno haya sido adecuadamente preparado por el promotor, debiendo presentar una nivelación compatible con el correcto funcionamiento del sistema de drenaje. En particular, se requiere una pendiente longitudinal aproximada del 1% en el sentido de los laterales de riego, de modo que se facilite la evacuación del drenaje generado en el sistema de cultivo hidropónico. La verificación de estas condiciones podrá realizarse mediante medios topográficos como la estación total antes del inicio de las obras.

No se incluyen dentro del alcance del proyecto trabajos de movimiento de tierras general, urbanización o acondicionamiento global de la parcela, limitándose las actuaciones a excavaciones puntuales necesarias para la ejecución de las cimentaciones de los pilares y para el tendido de conducciones de riego y canalizaciones eléctricas.

1.6. Omisiones e interpretación

Se entenderá que forman parte del contrato todas aquellas unidades necesarias para la correcta ejecución y puesta en funcionamiento de la instalación, aun cuando no aparezcan expresamente definidas en planos, mediciones o documentación gráfica, siempre que se deduzcan de forma coherente del conjunto del proyecto.

Cualquier omisión, indefinición o discrepancia entre documentos será resuelta por la Dirección de Obra conforme a criterios técnicos, prevaleciendo en todo caso la solución que garantice el correcto funcionamiento de la instalación y la coherencia con el diseño adoptado.

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

CAPÍTULO 01. ESTRUCTURA DEL INVERNADERO

SUBCAPÍTULO 01.01. CIMENTACIÓN Y ANCLAJES

Unidad De Obra 01.01.01 Precimentación de Postizos

Características Técnicas

Perforación del terreno mediante ahoyado individual con broca de 400mm y posterior relleno en hormigón HM-25/b/20/l.

Postizos metálicos de acero galvanizado, con sección 70x70x2 mm y longitud 1000 mm para pilares estándar, y sección 130x70x2 mm y longitud 1200 mm para pilares frontales.

Armado de la cimentación mediante 4 varillas corrugadas de acero de 8 mm de diámetro, con longitud total de 400 mm en forma de gancho. Varilla roscada M8x160 en la base del postizo para mayor fijación.

Normativa de Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización
- UNE-EN 206: Hormigón

Criterio de Medición en Proyecto

Se medirá por unidad de pilar cimentado (ud), incluyendo todas las operaciones necesarias para la ejecución completa de la cimentación.

Fases de Ejecución

Se ejecutarán los ahoyados mediante medios mecánicos, respetando la modulación definida en proyecto. A continuación, se realizará el vertido inicial de hormigón (precimentación) para la fijación del postizo y del armado, asegurando su correcta alineación, verticalidad y nivelación en este caso con diferencia de nivel del 0,2% respecto al siguiente pilar en sentido longitudinal.

Condiciones de Terminación

La unidad se considerará terminada cuando los postizos se encuentren correctamente alineados y nivelados. El hormigón haya fraguado adecuadamente.

Criterio de Valoración Económica

El precio incluye todas las operaciones necesarias para la ejecución completa de la unidad, incluyendo ahoyado, suministro y colocación de postizos, armado, hormigonado, medios auxiliares y mano de obra.

Unidad De Obra 01.01.02 Cimentación de Pilares

Características Técnicas

Pilares estándar 80x80x2mm y pilares frontales 140x80x3 m todos ellos de 4800 mm de longitud.

Protección frente a la corrosión mediante galvanizado, con la aplicación complementaria de pintura epoxi tipo brea en los primeros 30 cm por encima de superficie.

La unión entre el pilar y el postizo se realizará mediante tornillería mecánica, empleando tornillo de caña M8x100 mm conforme a norma DIN 931 calidad 8.8, tuerca hexagonal DIN 934 y arandela de ala ancha DIN 9021.

En la parte superior de los pilares se dispondrá una tapa metálica.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización
- UNE-EN 206: Hormigón

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de pilar colocado (ud), incluyendo su posicionamiento, fijación y elementos auxiliares necesarios.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación de los pilares en el interior de los postizos previamente fijados, asegurando su correcta posición y verticalidad. A continuación, se realizará la fijación mediante tornillería, garantizando el apriete adecuado de las uniones. Posteriormente, se dispondrán las tapas superiores de protección y se ejecutarán, en su caso, los tratamientos de protección superficial necesarios.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: Los pilares se encuentren correctamente alineados y aplomados. La fijación al postizo sea firme y estable. Se hayan instalado los elementos de protección superior No existan deformaciones ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

El precio incluye el suministro, colocación, fijación mediante tornillería, elementos auxiliares, tratamientos de protección y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

SUBCAPÍTULO 01.02. ESTRUCTURA METÁLICA

Unidad De Obra 01.02.01 Capiteles (Escuadras)

Características Técnicas

Escuadras metálicas fabricadas en chapa de acero estructural tipo S275, conformadas en frío y galvanizado en caliente tipo Z275.

Espesor de 3mm, dimensiones y taladros de 10 mm para fijación a pilar y de 10x20mm para fijación de canales.

La fijación de las escuadras al pilar se realizará mediante tornillería de alta resistencia, empleando tornillo de caña M10x110 mm conforme a DIN 931 calidad 10.9, con tuerca autoblocante DIN 985 y arandela plana DIN 125.

Normativa De Aplicación

- CTE DB SE-AE: Acciones en la edificación
- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de escuadra colocada (ud), incluyendo sus tuercas y arandelas para fijaciones.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación de las escuadras sobre los pilares, alineando los taladros y fijándolas mediante la tornillería especificada, garantizando su correcta posición y ajuste para la posterior colocación de los arcos.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: Las escuadras se encuentren firmemente fijadas al pilar. La alineación permita el correcto montaje de los arcos. No existan holguras ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

El precio incluye el suministro de escuadras, tornillería de fijación, colocación, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 01.02.02 – Arcos Ovalados Y Sus Arriostramientos

Características Técnicas

Arcos formados mediante la unión de dos semicurvas de perfil tubular ovalado de acero galvanizado de sección 90x60 mm, conformadas en frío y con una longitud de desarrollo de 7.250 mm por semicurva.

Cada semicurva de 7250 mm dispondrá de taladros Ø11 mm pasantes en sus extremos para su unión mediante pieza de clave de chapa de acero galvanizado.

La fijación del arco a las escuadras de cabeza de pilar se realizará mediante tornillería de alta resistencia, empleando tornillo de caña M10x90 mm conforme a DIN 931 calidad 10.9, con arandela plana DIN 125 (140 HV) y tuerca autoblocante DIN 985 calidad 10.

En los pórticos reforzados se dispondrán dos medios tirantes de acero de Ø40 mm y 6.260 mm de longitud, unidos mediante pletina central, un pendolón de sección 60x40 mm y 3.750 mm de longitud conectado a la clave, y dos diagonales y dos montantes de Ø32 mm fijados mediante bridas tipo U para perfil ovalado 60x90 mm.

En los pórticos no reforzados se instalará un tirantillo central de Ø40 mm y 4.280 mm de longitud, junto con un pendolón de sección 60x40x2 mm y 1.200 mm de longitud.

Normativa De Aplicación
- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de arco completo montado (ud), incluyendo semicurvas, clave, elementos de unión, tirantes, pendolones, diagonales y montantes.

Fases De Ejecución

Se procederá al premontaje de los arcos a nivel de suelo mediante la unión de semicurvas en clave, incorporando los elementos de arriostramiento correspondientes según tipo de pórtico. Posteriormente, los arcos se izarán mediante medios mecánicos y se fijarán a las escuadras de los pilares mediante la tornillería especificada, asegurando su correcta posición y estabilidad.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El arco esté completamente montado y fijado. Se garantice su correcta alineación con el resto de pórticos. Todos los elementos de arriostramiento estén instalados. No existan holguras, deformaciones ni defectos visibles

Criterio De Valoración Económica

El precio incluye el suministro de todos los elementos, premontaje, izado, colocación, fijación, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 01.02.03 Canales

Características Técnicas

Canales de acero galvanizado de perfil invertido ovalado, fabricadas en chapa de espesor 1,5 mm con recubrimiento Z-275, en tramos de 3.000 mm de longitud.

Incluye piezas especiales de remate, extremos de canal con bajante acodada de 190 mm de diámetro para evacuación de aguas y extremos de canal sin desagüe.

La fijación se realizará mediante tornillería compuesta por tornillo avellanado M5x16 mm conforme a DIN 965 calidad 8.8, arandela plana DIN 125 (140 HV) y tuerca autoblocante DIN 985 calidad 8.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad canal instalada (3m), incluyendo piezas especiales, uniones y elementos de fijación.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación de los tramos de canal sobre las escuadras de apoyo, ejecutando el solape entre piezas en el sentido de la pendiente. Las uniones se fijarán mediante la tornillería especificada y se sellarán con silicona. Se dispondrán los extremos de canal con o sin bajante según posición en proyecto, garantizando la continuidad del sistema de evacuación.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La línea de canal sea continua y estanca. Se garantice la evacuación hacia las bajantes. No existan deformaciones ni discontinuidades. Las uniones estén correctamente selladas

Criterio De Valoración Económica

El precio incluye suministro de canales, piezas especiales, tornillería, sellado, colocación, medios auxiliares y mano de obra necesarios.

Unidad De Obra 01.02.04 Estructura De Ventilación Cenital Mariposa

Características Técnicas

Correa de cumbrera formada por perfil tubular de acero galvanizado de sección 60x40x2 mm, dispuesta longitudinalmente en tramos de 4.000 mm sobre una longitud total de 99 m.

Amarres de correa cenital en chapa galvanizada DX51D+Z275 de espesor 3 mm, con taladros oblongos de 9x14 mm que permiten su ajuste.

Bisagras tipo mariposa fabricadas en chapa galvanizada DX51D+Z275 de espesor 1,5 mm, con dimensiones aproximadas de 425 mm de longitud y 157 mm de ancho, dispuestas con una separación de 3.000 mm entre ejes.

Dos brazos de ventana formados por perfil metálico de sección 50x30 mm y longitud 2.000 mm, unidos a la bisagra mediante tornillo de caña M8x65 mm DIN 931 calidad 8.8, arandela plana D-8 DIN125 140HV y tuerca autoblocante M8 DIN985, permitiendo el giro del conjunto.

Puntera tipo huete, conectada mediante alineador exterior de 60 mm a los perfiles longitudinales tipo M. Dos alineadores interiores de 96 mm dispuestos a ambos lados de cada punto de unión.

Los perfiles de sujeción de cubierta tipo M se fabrican en chapa galvanizada DX51D y Z275 de espesor 1,5 mm, en longitudes de 6.000 mm, con geometría compatible con canutillo de PVC de 2,5 m.

La fijación general del conjunto se realiza mediante tornillería compuesta por tornillo M8x25 mm DIN 933 calidad 8.8, arandela plana D-8 DIN125 140HV y tuerca autoblocante M8 DIN985.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de ventilación cenital ejecutada (m), incluyendo correa, bisagras, brazos, alineadores y elementos de fijación.

Fases De Ejecución

Se procederá a la fijación de la correa de cumbrera sobre los pendolones mediante amarres. Posteriormente se colocarán las bisagras con la separación definida, fijando los brazos de ventana y conectándolos a los perfiles M mediante alineadores interiores y exteriores, asegurando la continuidad del sistema.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El sistema presente continuidad estructural. Se garantice el movimiento de apertura. No existan holguras ni desalineaciones

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro, colocación, fijación, medios auxiliares y mano de obra necesarios.

Unidad De Obra 01.02.05 Accionamiento De Ventilación Cenital Mariposa

Características Técnicas

Motorreductores fijados al arco mediante brida omega ancha para perfil ovalado 60x90 mm y soporte metálico fabricado en chapa de acero de 260x160x5 mm, reforzado mediante varilla corrugada Ø8 mm de 120 mm de longitud.

La fijación del conjunto se realizará mediante tornillo M-8x25 mm DIN933 calidad 8.8 ZN, arandela plana D-8 DIN125 140HV ZN y tuerca autoblocante M-8 DIN985 calidad 8.

Barra de mando de aluminio de 6.000 mm de longitud, Ø33,7 mm de diámetro exterior y espesor 2,6 mm, unidas entre sí mediante casquillo interior de 3/4" y 125 mm de longitud, fijado mediante tornillos autotaladrantes 6,3x25 mm.

Brida cojinete para perfil ovalado 60x90 mm, con alojamiento interior Ø38 mm.

Caja piñón tipo TU 5/30, acoplada a la barra de mando, que engrana con cremallera lineal unida al brazo de ventana mediante acople de cremallera 30x50 mm.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de ventilación cenital ejecutada (m), incluyendo motorreductores, soportes, barras de mando, bridas cojinete, cajas piñón, cremalleras, acoples y elementos de fijación.

Fases De Ejecución

Se procederá a la instalación de los motorreductores sobre los arcos mediante soporte y brida omega. A continuación, se montarán las barras de mando, asegurando su alineación y continuidad mediante casquillos y apoyos intermedios. Finalmente se colocarán las cajas piñón y cremalleras, ajustando su engrane con el sistema de apertura de ventanas.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El sistema de transmisión esté correctamente alineado. Se garantice el movimiento continuo sin bloqueos. No existan holguras excesivas ni desajustes. El conjunto funcione de forma uniforme en toda la longitud

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro, colocación, fijación, medios auxiliares y mano de obra necesarios.

Unidad De Obra 01.02.06 Correas Y Sistema De Taqueo

Características Técnicas

Perfiles metálicos tipo M de longitud 6.000 mm y 3.000 mm, conformados en acero galvanizado DX51D con recubrimiento Z275.

Perfiles tipo C de 6.000 mm y 3.000 mm, igualmente en acero galvanizado Z275, compatibles con el sistema de canal y preparados para su fijación mecánica.

Bridas omegas para perfiles ovalados 60x90 mm en zonas de arco y 80x40 mm en zonas de pilar, junto con alineadores exteriores frontales de 96 mm y alineadores interiores de 96 mm.

Tornillería M-8x50 mm DIN933 calidad 8.8 ZN, arandela plana D-8 DIN125 140HV ZN y tuerca autoblocante M-8 DIN985 calidad 8.

Para la fijación en canal se empleará tornillo avellanado M-5x16 mm DIN965 calidad 8.8 ZN, arandela plana D-5 DIN125 y tuerca autoblocante M-5 DIN985.

El sistema de taqueo del plástico estará constituido por canutillo de PVC de 2,5 m (perfil cuña) y perfil base de PVC tipo U de 2,5 m.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de correa instalada (m), incluyendo perfiles, elementos de unión, fijaciones y sistema de taqueo.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación de las correas longitudinales fijándolas a arcos mediante bridas omega 60x90 mm y a pilares mediante bridas omega 80x40 mm, incorporando alineadores interiores y exteriores para garantizar la continuidad del sistema.

En la zona de canal se instalarán las correas tipo C, fijadas mediante tornillería avellanada y asegurando su correcta adaptación al conjunto del canal.

En los laterales del invernadero se dispondrán tres líneas de correas bajo canal, separadas verticalmente 1,50 m entre sí, desde el nivel del suelo hasta la canal. En los frontales se colocarán las correas correspondientes, fijadas a los pilares mediante sistema análogo.

Finalmente se dispondrán los perfiles de PVC y canutillos para el sistema de taqueo, garantizando la continuidad de la línea de fijación del plástico.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: Las correas se encuentren correctamente alineadas y fijadas. Se garantice la continuidad del sistema de soporte. El sistema de taqueo quede preparado para la fijación del plástico. No existan holguras ni defectos visibles

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de perfiles, bridas, alineadores, tornillería, sistema de taqueo, colocación, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 01.02.07 Sistemas de Arriostramiento y Refuerzos Estructurales

Características Técnicas

Cruces de San Andrés formadas por barras de acero de Ø40 mm y longitud 3.450 mm, dispuestas entre pilares consecutivos. Cada cruz estará compuesta por 4 barras, unidas mediante medias bridas de cruce adaptadas a pilares de sección 80x80 mm y 140x80 mm.

Las uniones se realizarán mediante tornillo M-8x25 mm DIN933 calidad 8.8 ZN, arandela plana D-8 DIN125 140HV ZN y tuerca autoblocante M-8 DIN985.

Los arriostramientos frontales estarán constituidos por tubos de acero de sección 80x60 mm, con longitud de 7,8 y sistemas de unión con bridas omega para pilar 80x80 mm y 140x80 mm.

El refuerzo de pilar central a segundo arco estará formado por barra de acero de Ø40 mm y longitud 4.800 mm, unida mediante unión tipo amarre 80x140 mm y 60x90 mm adaptadas a pilar y arco respectivamente.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por conjunto de arriostramiento ejecutado (ud), diferenciando cruces de San Andrés, arriostramientos frontales y refuerzos de pórtico.

Fases De Ejecución

Se procederá a la instalación de las cruces de San Andrés entre pilares mediante barras Ø40 mm y medias bridas, asegurando su correcta tensión y geometría.

Posteriormente se colocarán los arriostramientos frontales entre pilares y segundo pórtico, fijándolos mediante bridas y tornillería.

A continuación se instalarán los refuerzos de pilar central a arco y los refuerzos entre primer y segundo arco, garantizando la correcta triangulación del sistema estructural.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El sistema de arriostramiento esté completamente instalado. Se garantice la estabilidad global de la estructura. No existan holguras ni desajustes. Todos los elementos queden correctamente fijados

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de barras, bridas, tornillería, elementos de unión, colocación, medios auxiliares y mano de obra necesarios.

SUBCAPÍTULO 01.03. CERRAMIENTO Y ELEMENTOS AUXILIARES

Unidad De Obra 01.03.01 Cubierta plástica

Características Técnicas

Lámina de plástico flexible tipo EVA tricapa, modelo CELLOFLEX 4D 5000, con tratamiento frente a radiación UV, efecto térmico y propiedades de difusión de luz.

Rollos de 5,5 x 100 m para cubierta fija y rollos de 4,5 x 100 m para zonas de ventilación cenital.

Taqueo sobre perfiles metálicos tipo M previamente instalados, utilizando perfil base de PVC tipo U de 2,5 m y canutillo de PVC tipo cuña de 2,5 m, garantizando la sujeción continua de la lámina.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN 13206: Plásticos para uso agrícola

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por superficie de cerramiento ejecutado (m^2), incluyendo cubierta, laterales y frontales.

Fases De Ejecución

Se procederá al extendido de la lámina de plástico sobre la estructura, comenzando por cubierta y continuando por laterales y frontales.

El plástico se fijará mediante inserción del canutillo en los perfiles M, asegurando una correcta tensión y continuidad del material.

Se realizará el ajuste de la lámina eliminando pliegues y garantizando su correcta adaptación a la geometría del invernadero, procediendo al corte de sobrantes.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El cerramiento sea continuo y estanco. La lámina esté correctamente tensada. No existan holguras ni defectos visibles. Los remates estén correctamente ejecutados.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de lámina plástica, perfiles de PVC, canutillos, colocación, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 01.03.02 Puerta Corredera

Características Técnicas

Puerta corredera formada por dos hojas correderas con un ancho total de 5,4 m, constituidas por bastidores metálicos realizados con perfiles estructurales tipo C de 3.500 mm, conformando el marco perimetral de cada hoja.

Las hojas incorporarán rigidización mediante perfiles secundarios 45x45 mm, así como cerramiento mediante lámina plástica fijada mediante sistema de taqueo sobre perfiles compatibles.

Guía superior con perfil metálico 40x40 mm, fijado a la estructura mediante bridas tipo omega 140-80 y tornillería M8 DIN 933, con arandela DIN 125 y tuerca autoblocante DIN 985.

Desplazamiento mediante carros metálicos con rodadura tipo roldana (modelo guía 40-40), fijados a la hoja mediante tornillería M12.

Guía inferior formada por perfil metálico continuo de 6 m tipo D-20 superreforzado, fijado al terreno mediante pernos de anclaje FBN 12/30+50 de longitud 126 mm.

Topes de final de carrera atornillados, separadores de guía (165 mm), varilla de anclaje inferior de 12x250 mm, así como tiradores metálicos de aluminio.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de puerta completa instalada (ud).

Fases De Ejecución

Se procederá a la fijación de la guía superior a la estructura mediante bridas y tornillería, asegurando su alineación longitudinal.

A continuación, se instalarán las hojas de la puerta con sus carros de rodadura, procediendo a su colocación sobre la guía superior.

Posteriormente, se ejecutará la fijación de la guía inferior mediante pernos de anclaje, ajustando la posición para garantizar el correcto desplazamiento.

Finalmente, se instalarán topes, tiradores, elementos de anclaje y remates, ajustando el sistema para asegurar un funcionamiento suave y sin interferencias.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando. Las hojas se desplacen correctamente sin rozamientos. El sistema esté alineado y nivelado. Los elementos de fijación estén correctamente instalados. No existan deformaciones ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de perfiles, guías, hojas, herrajes, elementos de fijación, montaje, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 01.03.03 Sistema de Alambrado y Emparrillado para Soporte de Cultivo y Arriostramiento.

Características Técnicas

Arriostramiento mediante cordón de acero tipo 1x7 de Ø8 mm, incluyendo sistemas de retención con tensor de jardinería GRT 7,7 para su ajuste y tensado.

Emparrillado mediante alambre galvanizado dulce de Ø2,4 mm, complementado con trenza de acero 1x2x3 mm para refuerzos puntuales, formando la red de soporte del cultivo.

Puntos de anclaje mediante varillas con ojo de Ø12 mm y longitud 700 mm, así como mediante varillas soporte de emparrillado de 3935 mm y 2800 mm de longitud.

Fijación a estructura mediante bridas metálicas tipo U adaptadas a perfiles 60x90 y 80x80, utilizando tornillería M8 DIN 933, arandela DIN 125 y tuerca autoblocante DIN 985.

Uniones de cable mediante sujetacables galvanizados para Ø8 mm, así como guardacabos de 8 mm y 5 mm para protección de radios de curvatura.

Sistema de soporte con hilo de entutorado de Ø1,3 mm, perchas de 180 mm y clips de fijación de 22 mm.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción
- UNE-EN ISO 1461: Galvanización

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro cuadrado de superficie de invernadero equipada (m^2), incluyendo la totalidad del sistema de alambres, tensores, anclajes y elementos auxiliares.

Fases De Ejecución

Se procederá a la instalación de los puntos de anclaje mediante varillas con ojo y soportes de emparrillado.

Posteriormente se dispondrán los cables principales de arriostramiento longitudinal y transversal, procediendo a su tensado mediante sistemas de retención.

A continuación, se ejecutará la colocación del entramado de alambre de emparrillado, fijándolo a los soportes y estructura mediante bridas y elementos de unión.

Finalmente, se instalarán los ganchos de soporte, perchas, hilos de cultivo y clips, completando el sistema de entutorado.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El sistema esté correctamente tensado. Las líneas presenten continuidad y alineación. Los elementos de fijación estén correctamente instalados. El sistema permita el correcto soporte del cultivo.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de alambres, cables, tensores, anclajes, bridas, elementos de soporte, montaje, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la ejecución completa.

Unidad De Obra 01.03.04 Malla Anti-insectos en Ventilación Cenital.

Características Técnicas

Malla anti-insectos de densidad 10x16 hilos/cm^2, color blanco fijada mediante perfiles de PVC tipo U de 2,5 m y canutillo PVC (perfil cuña) de 2,5 m para su taqueo continuo.

Cordón de goma de retención de malla, suministrado en rollos de 200 m, fijado mediante grapa galvanizada tipo A-20 y grapadora específica.

La sujeción puntual se realizará mediante tornillería autotaladrante 6,3x25 mm DIN 7504K, arandela mixta D-6 AR/EPDM para garantizar estanqueidad.

Varillas de separación de cremallera de 1,9 m, fijadas mediante tornillería M8 DIN 933 arandela DIN 125 y tuerca autoblocante DIN 985. Clip de fijación para malla anti-insectos en puntos específicos para su tensado.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro cuadrado de superficie de malla instalada (m^2).

Fases De Ejecución

Se procederá al corte de la malla conforme a las dimensiones de proyecto.

A continuación, se realizará su fijación mediante perfiles de PVC y canutillo, asegurando su continuidad.

Posteriormente, se ejecutará el tensado mediante cordón de goma y fijación mediante grapas y tornillería en puntos definidos.

Finalmente, se colocarán varillas separadoras y clips de fijación, ajustando el sistema para evitar deformaciones o bolsas.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La malla esté correctamente tensada. No existan pliegues ni holguras. El sistema esté completamente fijado. Se garantice la protección frente a insectos.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de malla, perfiles, canutillos, cordones, grapas, tornillería, elementos auxiliares, montaje, medios auxiliares y mano de obra.

Unidad De Obra 01.03.05 Lámina De Cubrición De Suelo

Características Técnicas

Lámina de cubrición de suelo fabricada en polipropileno tejido tipo rafia agrícola estabilizada UV, color blanco, con gramaje de 100 g/m^2.

La fijación se realizará mediante grapas metálicas galvanizadas tipo U y ejecución de solapes de 10 cm entre paños consecutivos.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción.
• UNE-EN ISO 10319: Geotextiles. Ensayo de tracción.

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro cuadrado de superficie instalada (m^2), incluyendo solapes y recortes necesarios.

Fases De Ejecución

Se procederá al extendido de la lámina sobre la superficie de proyecto, realizando posteriormente los solapes y fijación mediante grapas metálicas galvanizadas.

Finalmente, se ajustará manualmente la superficie para evitar arrugas, desplazamientos o bolsas.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La lámina quede correctamente extendida y fijada. No existan pliegues significativos ni desplazamientos. Los solapes queden correctamente ejecutados.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de rafia agrícola, grapas metálicas galvanizadas, elementos auxiliares de fijación, solapes, recortes, mano de obra y medios auxiliares necesarios para su correcta instalación.

CAPÍTULO 02. SISTEMA DE RIEGO

SUBCAPÍTULO 02.01. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Unidad De Obra 02.01.01 Excavación De Zanjas.

Características Técnicas

Excavación de zanjas para alojamiento de tuberías de riego (principal Ø63 mm PE y secundarias Ø50 mm PE) y canalizaciones eléctricas de tubo corrugado, ejecutadas en terreno natural tipo limo.

Las zanjas presentarán una profundidad comprendida entre 0,60 y 0,80 m y un ancho mínimo de 0,30 m, para la disposición de conducciones y operaciones de relleno.

El lecho de asiento estará constituido por una capa de arena de obra lavada de espesor 10 cm, con tamaño máximo de partícula ≤ 5 mm, destinada a garantizar apoyo uniforme y evitar daños en las conducciones.

El relleno se ejecutará mediante: Capa de protección superior de arena de 15 cm sobre la generatriz superior de la tubería y 10 cm sobre la inferior. Relleno posterior con material procedente de la excavación.

La ejecución se realizará mediante medios mecánicos, incluyendo carga directa a camión en caso de material sobrante.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN 805: Redes de abastecimiento de agua
- NTE-ADZ: Acondicionamiento del terreno. Zanjas y pozos

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de zanja ejecutada (m), diferenciando por tipología y profundidad según planos de proyecto.

Fases De Ejecución

Replanteo del trazado y excavación mecánica de zanjas hasta cota definida. Formación de cama de arena, colocación de conducciones y posterior relleno en capas, incluyendo compactación del material de cobertura.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: Las conducciones queden correctamente alojadas y protegidas. El relleno esté ejecutado sin huecos ni asentamientos. La superficie quede regularizada.

Criterio De Valoración Económica

Incluye excavación, carga, transporte de material sobrante, aporte de arena, relleno, compactación, medios auxiliares y mano de obra.

SUBCAPÍTULO 02.02. CONDUCCIONES DE RIEGO

Unidad De Obra 02.02.01 Laterales de Riego de Polietileno con Goteros Integrados

Características Técnicas

Laterales de riego constituidos por tubería de polietileno (PE) de color blanco, de diámetro nominal 20 mm, diámetro interior 17,6 mm y presión nominal PN 6. Cada lateral tendrá una longitud de 95 m, estando alimentado por un único extremo.

La tubería incorporará goteros autocompensantes integrados dispuestos cada 0,30 m, con un caudal nominal de 3 l/h y un rango de funcionamiento comprendido entre 1 y 3 bar, garantizando uniformidad de emisión a lo largo de la línea. Los emisores estarán dotados de membrana de silicona y sistema de regulación mediante laberinto de flujo turbulento de sección amplia y carácter autolimpiable, con un coeficiente de variación CV ≤ 5 %, cumpliendo la clasificación Clase A según norma UNE-ISO 9261, y presentando resistencia química frente a soluciones ácidas hasta pH 2.

Cada gotero dispondrá de salida dentada de 4 mm, permitiendo la conexión de microtubo de polietileno de diámetro 4x6 mm y piqueta de goteo tipo laberinto de 140 mm de longitud.

Normativa De Aplicación

•UNE-EN 12201: Sistemas de canalización en polietileno (PE)
• UNE-EN 13031-1: Invernaderos. Proyecto y construcción

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de lateral instalado (m), según trazado definido en planos.

Fases De Ejecución

Despliegue de los laterales sobre líneas de cultivo, conexión a tubería secundaria mediante accesorios correspondientes y cierre en extremo final. Comprobación de continuidad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: Los laterales estén correctamente dispuestos sobre la línea de cultivo. Se garantice la continuidad hidráulica. No existan fugas ni deformaciones.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de tubería, accesorios de conexión, colocación, conexionado y mano de obra necesaria.

Unidad De Obra 02.02.02 Tubería Principal de Distribución

Características Técnicas

En exterior: Tubería de polietileno PE100, de diámetro exterior 63 mm, diámetro interior 55,4 mm y presión nominal PN 6, correspondiente a SDR 17. La tubería será de color negro con aditivos estabilizantes frente a radiación ultravioleta, con rugosidad absoluta interior equivalente $k \leq 0{,}01$ mm, apta para conducción de agua y soluciones nutritivas en un rango de pH 2–12.

En el interior: Los tramos de aspiración e impulsión se ejecutarán mediante tubería de PVC, de diámetro interior 57 mm, diámetro exterior 63 mm y presión nominal PN 10, de color azul, unión mediante encolado. La tubería presentará rugosidad interior equivalente $k \leq 0{,}01$ mm y temperatura máxima de trabajo de 45°C en servicio continuo.

Normativa De Aplicación
- UNE-EN 12201: Sistemas de canalización en materiales plásticos. Polietileno (PE)
- UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en PVC-U

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal (m) de tubería instalada según documentación gráfica del Proyecto.

Fases De Ejecución

Se procederá al replanteo del trazado y disposición de la tubería, realizando el tendido de los tramos de PE y PVC conforme a la geometría definida. A continuación, se ejecutarán las uniones mediante accesorios adecuados, asegurando la continuidad hidráulica del sistema y la correcta transición entre materiales. Finalmente, se realizará la comprobación de estanqueidad y funcionamiento de la línea.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La tubería esté correctamente instalada y conectada. El sistema sea estanco. No existan deformaciones ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de tubería de PE y PVC, accesorios de unión, colocación, conexionado, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.02.03: Tubería Secundaria (Portarramal)

Características Técnicas

Tubería de polietileno PE100, de diámetro exterior 50 mm, diámetro interior 44 mm y presión nominal PN 6, correspondiente a SDR 1, rugosidad absoluta interior equivalente k ≤ 0,01 mm.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 12201: Sistemas de canalización en materiales plásticos. Polietileno (PE)

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal (m) de tubería instalada según documentación gráfica del Proyecto.

Fases De Ejecución

Se procederá al replanteo del trazado y colocación de la tubería en zanja previamente ejecutada, realizando las uniones mediante accesorios adecuados. Posteriormente, se verificará la continuidad del sistema y la estanqueidad de la conducción.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La tubería esté correctamente instalada y conectada. El sistema sea estanco. No existan deformaciones ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de tubería, accesorios de unión, colocación, conexionado, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.02.04 Canaleta De PVC Para Recogida De Drenaje

Características Técnicas

Canaleta modular de drenaje fabricada en PVC de alta resistencia. Ancho interior de 100 mm, altura exterior de 70 mm y longitud modular de 1 m. Sistema de unión mediante encaje tipo click y resistencia a radiación UV. Clase de carga A15.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 1433: Canales de drenaje

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal instalado (m).

Fases De Ejecución

Replanteo de recorrido. Colocación y nivelación de canaletas. Unión entre módulos. Instalación de rejillas superiores. Conexionado al sistema de evacuación de drenaje.

Condiciones De Terminación

La canaleta deberá quedar correctamente alineada, nivelada y operativa, permitiendo la evacuación continua del drenaje sin fugas ni obstrucciones.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de canaletas, rejillas, uniones, fijaciones, pequeño material y comprobaciones de funcionamiento.

SUBCAPÍTULO 02.03. EQUIPOS DE RIEGO MOTORIZADOS

Unidad De Obra 0.2.03.0.2 Bomba Sumergible

Características Técnicas

Bomba sumergible multicelular para impulsión de agua, alimentada mediante corriente monofásica 230 V, con potencia absorbida de 1110 W y caudal máximo de 8000 L/h.

La bomba dispondrá de altura máxima de elevación de 65 mca, profundidad máxima de inmersión de 22 m y conexión hidráulica para manguera de 38 mm de diámetro. El conjunto incorporará rotor multietapa y revestimiento exterior de acero inoxidable. El equipo incluirá cable eléctrico integrado de 25 m de longitud. La bomba tendrá un peso de 18 kg en vacío.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• UNE-EN 60335: Seguridad de aparatos electrodomésticos y análogos.

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de bomba instalada (ud), incluyendo elementos auxiliares y conexionado.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación de la bomba en el interior del pozo o depósito de captación, realizando posteriormente la conexión hidráulica y eléctrica del equipo. Finalmente, se comprobará el correcto funcionamiento del sistema y la ausencia de vibraciones o anomalías durante el funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La bomba funcione correctamente en condiciones de servicio. El sistema presente continuidad hidráulica y eléctrica. No existan fugas ni defectos visibles. El equipo quede operativo para su puesta en servicio

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de bomba sumergible, cableado integrado, conexiones hidráulicas y eléctricas, elementos auxiliares, colocación, pruebas de funcionamiento y mano de obra necesaria para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 0.2.03.0.3 Electrobomba Centrífuga

Características Técnicas

Electrobomba centrífuga horizontal monocelular modelo tipo HFm 70B, accionada mediante motor eléctrico trifásico de 1,5 kW (2 HP), alimentación 230 V – 50 Hz, con protección térmica integrada y régimen de servicio continuo S1.

La bomba presentará un caudal máximo de 18 m^3/h (300 l/min) y una altura manométrica máxima de 33 m.c.a., con bocas de aspiración e impulsión roscadas de 2", conforme a norma ISO 228/1.

El cuerpo hidráulico será de hierro fundido, con tapa y rodete fabricados en acero inoxidable AISI 304, eje motor de acero inoxidable AISI 431 y sello mecánico tipo FN-18, con eje de Ø18 mm y materiales de contacto grafito/cerámica/NBR.

El motor dispondrá de eficiencia energética clase IE3, intensidad nominal de 10 A, velocidad nominal de trabajo de 2900 rpm y grado de protección IPX4.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• UNE-EN 809: Bombas y grupos motobomba para líquidos
• UNE-EN 60034: Máquinas eléctricas rotativas

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de bomba instalada (ud), incluyendo accesorios.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y fijación de la bomba sobre bancada estable, realizando posteriormente las conexiones hidráulicas y eléctricas del equipo. Finalmente, se comprobará el correcto funcionamiento de la bomba y la ausencia de vibraciones o fugas.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La bomba funcione correctamente en condiciones de servicio. El sistema hidráulico sea estanco. No existan defectos visibles ni vibraciones anómalas. El equipo quede operativo para su puesta en marcha.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de electrobomba, colocación, fijación, conexiones hidráulicas y eléctricas, accesorios, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.03.04 Electrobomba Periférica

Características Técnicas

Electrobomba periférica horizontal tipo PH 50, accionada mediante motor eléctrico monofásico de 0,37 kW (0,5 HP), alimentación 230 V – 50 Hz, intensidad nominal de 1,9 A y protección integrada.

La bomba presentará un caudal máximo de 2,1 m^3/h (35 l/min) y una altura manométrica máxima de 40 mca, con conexión hidráulica roscada de 1", equivalente a tubería de 32 mm.

El cuerpo de bomba y las tomas de aspiración e impulsión estarán fabricados en fundición, con impulsor de latón, eje de acero inoxidable AISI 304 y cierre mecánico en alúmina/grafito. Apta para instalaciones de fertirrigación y circulación de soluciones nutritivas en aplicaciones agrícolas, admitiendo temperaturas de líquido entre 0 ºC y 60 ºC. El equipo tendrá un peso de 7 kg.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• UNE-EN 809: Bombas y grupos motobomba para líquidos
• UNE-EN 60034: Máquinas eléctricas rotativas

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de bomba instalada (ud), incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y fijación de la bomba, realizando posteriormente las conexiones hidráulicas y eléctricas correspondientes. Finalmente, se verificará el correcto funcionamiento del equipo y la ausencia de fugas o vibraciones.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La bomba funcione correctamente en condiciones de servicio. El conjunto hidráulico sea estanco. No existan defectos visibles ni vibraciones anómalas. El equipo quede operativo para su puesta en marcha

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de electrobomba, colocación, fijación, conexiones hidráulicas y eléctricas, accesorios, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.03.05 Equipo Automático Dosificador de Ácido

Características Técnicas

Bomba dosificadora automática de membrana electromagnética, modelo tipo BTXb 16006, con capacidad de dosificación de 6 l/h a contrapresión máxima de 16 bar y frecuencia máxima de trabajo de 200 impulsos/min.

El equipo dispondrá de alimentación monofásica y potencia absorbida de 0,16 kW.

Conexiones de aspiración e impulsión de 6x4 mm, altura máxima de aspiración de 5 m.c.a, repetibilidad de dosificación de ±1 % y protección eléctrica IP66 / NEMA 4X, con clase de aislamiento F.

El cabezal dosificador, conexiones hidráulicas y asiento de válvulas estarán fabricados en PVDF, con membrana completa de PTFE y bolas de válvula en cerámica Al2O3 para trabajo con soluciones ácidas.

Incluirá sonda de pH para medición continua de la solución nutritiva, con rango de medida 0-14 pH, cuerpo epoxy, unión Ag/AgCl sellado.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- UNE-EN 809: Bombas y grupos motobomba para líquidos
- UNE-EN 61010: Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida y control

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de bomba dosificadora instalada (ud) y sonda de pH incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y fijación del equipo, realizando posteriormente las conexiones hidráulicas y eléctricas necesarias. Finalmente, se configurará el sistema de dosificación y se verificará el correcto funcionamiento de la bomba y su respuesta frente a la lectura de la sonda de pH.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: La bomba funcione correctamente en modo automático. El sistema de dosificación responda adecuadamente a la señal de control. El conjunto hidráulico sea estanco. No existan defectos visibles ni anomalías de funcionamiento

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de bomba dosificadora, accesorios hidráulicos y eléctricos, colocación, conexionado, configuración básica, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.03.06 Agitadores Eléctricos

Características Técnicas

Agitador eléctrico vertical para depósitos de fertilizante, accionado mediante motor monofásico de 0,25 kW (0,33 CV), alimentación 230 V – 50 Hz y velocidad de giro de 1500 rpm.

El equipo dispondrá de eje de acero de 850 mm de longitud y turbina agitadora de 140 mm de diámetro, apta para mezcla y homogeneización de soluciones nutritivas en depósitos de fertirrigación.

El conjunto estará formado por motor eléctrico superior, carcasa metálica, eje vertical y turbina inferior de agitación, con dimensiones de 212 mm de altura total del motor y 375 mm de longitud de cabezal. El agitador tendrá un peso de 10,6 kg.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- UNE-EN 60034: Máquinas eléctricas rotativas
- Especificaciones técnicas del fabricante

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de agitador instalado (ud), incluyendo accesorios y fijaciones.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y fijación del agitador sobre el depósito correspondiente, realizando posteriormente las conexiones eléctricas necesarias y verificando el correcto funcionamiento del equipo.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El agitador funcione correctamente en condiciones de servicio. El sistema presente estabilidad mecánica. No existan vibraciones ni ruidos anómalos. El conjunto quede operativo para su utilización.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del agitador eléctrico, fijaciones, conexiones eléctricas, colocación, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

SUBCAPÍTULO 02.04. COMPONENTES Y PIEZAS DE RIEGO

Unidad De Obra 0.2.04.0.1 Depósito De Superficie Para Agua De Riego

Características Técnicas

Depósito de superficie vertical para almacenamiento de agua de riego, fabricado en polietileno de alta densidad (PEAD), con capacidad nominal de 15.000 L, verde opaco, apto para uso agrícola.

Diámetro exterior 2.800 mm y altura total 2.500 mm, incluyendo tapa superior registrable para inspección y mantenimiento.

Boca superior de inspección de 400 mm de diámetro, conexión de entrada de agua de DN 63 mm, conexión de salida hacia aspiración de bomba de DN 63 mm, rebosadero de DN 75 mm y punto inferior de vaciado de DN 50 mm.

El depósito incorporará superficie interior lisa, fondo plano reforzado y espesor de pared de 8 mm.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 12566: Pequeñas instalaciones en lo relativo a depósitos prefabricados.
• UNE-EN ISO 9001: Sistemas de gestión de calidad del fabricante.

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de depósito instalado (ud), según documentación gráfica del Proyecto.

Fases De Ejecución

Se procederá a la limpieza y comprobación de la base de apoyo, colocando posteriormente el depósito en su posición definitiva. A continuación, se realizarán las conexiones de entrada, salida, rebosadero y vaciado, comprobando su estanqueidad antes de la puesta en servicio.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El depósito esté correctamente colocado y nivelado, Las conexiones hidráulicas estén ejecutadas. No existan fugas ni deformaciones visibles. El depósito quede en condiciones de servicio.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del depósito, descarga, colocación, conexiones hidráulicas, accesorios, medios auxiliares y mano de obra necesaria.

Unidad De Obra 02.04.02 Filtro De Anillas Para Sistema De Riego

Características Técnicas

Filtro de anillas para instalaciones de riego agrícola, apto para tubería de 63 mm, con conexiones roscadas de 3" y cuerpo fabricado en material termoplástico de alta resistencia. Cartucho filtrante de anillas desmontable, con capacidad máxima de filtración de 50 m^3/h y sistema manual de limpieza mediante desmontaje del elemento filtrante.

Filtro de anillas para instalaciones de riego agrícola, apto para tubería de 25 mm, con conexiones roscadas de 3/4 “y capacidad de filtración de 10m^3/h.

Los filtros incorporarán boquilla inferior de purga y desagüe para evacuación de sedimentos acumulados y operaciones de mantenimiento.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN ISO 9261: Equipos para riego agrícola
• UNE-EN 805: Redes de abastecimiento y distribución de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de filtro instalado (ud), incluyendo accesorios y conexiones.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y fijación del filtro en el cabezal de riego, realizando posteriormente las conexiones hidráulicas correspondientes y verificando la correcta estanqueidad y funcionamiento del conjunto.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El filtro quede correctamente conectado y operativo. El conjunto hidráulico sea estanco. El sistema de purga funcione correctamente. No existan defectos visibles ni interferencias con otros elementos.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del filtro de anillas, cartucho filtrante, accesorios, conexiones, fijaciones, colocación, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.04.03 Caudalímetro Digital

Características Técnicas

Caudalímetro digital tipo turbina para instalaciones de riego agrícola, apto para tubería de 63 mm mediante conexión DN65, con cuerpo fabricado en PVC y pantalla digital LCD integrada.

El equipo permitirá medición de caudal instantáneo y volumen circulante, admitiendo presiones máximas de trabajo de 20 bar y rango de medida comprendido entre 20 y 3000 l/min, según configuración del equipo. Precisión de medida de ±5 %.

Normativa De Aplicación

- UNE-EN ISO 4064: Contadores de agua
- UNE-EN 805: Redes de abastecimiento y distribución de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo accesorios y conexiones.

Fases De Ejecución

Se procederá a la colocación y conexionado del caudalímetro en la red principal de riego, verificando posteriormente su correcta lectura y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad se considerará terminada cuando: El equipo funcione correctamente. La lectura de caudal sea operativa. No existan fugas ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del caudalímetro, accesorios, conexionado, colocación, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.04.04 Rotámetros

Características Técnicas

Rotámetros verticales para control y regulación de caudal, fabricados en policarbonato transparente con conexiones desmontables en PVC.

La instalación incluirá rotámetros para conducciones de 32 mm destinados a líneas de bypass de medición y fertilización, con rango de medida comprendido entre 300 y 3000 l/h, precisión de lectura de ±4 % y presión máxima de trabajo de 10 bar.

También se incluirán rotámetros para líneas de fertilizante en conducción de 25 mm, con rango de medida comprendido entre 25 y 250 l/h, precisión de lectura de ±4 % y presión máxima de trabajo de 10 bar.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN ISO 5167: Medición de caudal en conducciones a presión

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Colocación de los rotámetros en las líneas correspondientes, conexionado hidráulico y comprobación de lectura y estanqueidad.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando los equipos funcionen correctamente, presenten lectura estable y no existan fugas en las conexiones.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de rotámetros, accesorios, conexiones, montaje, pruebas de funcionamiento y mano de obra necesaria para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 02.04.05 Válvulas De Retención

Características Técnicas

Válvulas de retención tipo antirretorno para instalación en red de riego y fertirrigación, fabricadas en PVC-U con cierre mediante resorte interior y juntas de estanqueidad en EPDM.

Las válvulas estarán previstas para conducciones de 63 mm, 32 mm y 25 mm, con conexión mediante manguito adhesivo para tubería de PVC. Dispondrán de presión nominal PN16,

presión diferencial mínima de apertura de 0,012 bar, temperatura máxima de trabajo de 60 °C y cierre automático frente a inversión de flujo.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Colocación de la válvula en la conducción, unión mediante adhesivo para PVC, alineación del conjunto y comprobación de estanqueidad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente, no presente fugas y garantice el bloqueo del retorno de flujo en la instalación.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de válvula, accesorios, adhesivos, montaje, conexionado y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.06 Válvula De Pie Con Filtro

Características Técnicas

Válvula de pie con filtro para línea de aspiración de bombeo, apta para conducción de 63 mm PVC, fabricada en latón conforme a UNE-EN 12165, con tamiz filtrante en acero inoxidable AISI 304.

La válvula dispondrá de funcionamiento unidireccional mediante sistema de retención con muelle interior de acero inoxidable AISI 304 y cierre en NBR vulcanizado.

El equipo presentará conexión roscada BSP hembra según ISO 228/1, presión máxima de trabajo de 16 bar, presión mínima de apertura comprendida entre 20 y 60 mbar, temperatura de servicio entre −20 °C y 90 °C y tamiz filtrante de 1000 micras.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 12165: Cobre y aleaciones de cobre
• ISO 228/1: Roscas para conexiones no estancas por rosca

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Colocación de la válvula en la línea de aspiración, conexionado, fijación y comprobación de estanqueidad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente, mantenga la columna de agua y no presente fugas ni defectos visibles.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de válvula, filtro, accesorios, montaje, conexionado y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.07 Válvulas De Bola

Características Técnicas

Válvulas de bola desmontables para conducción de agua de riego y soluciones fertilizantes, fabricadas en PVC, aptas para instalación en conducciones de 63 mm, 50 mm, 40 mm, 32 mm y 25 mm.

Las válvulas dispondrán de accionamiento manual mediante palanca y cierre de cuarto de vuelta.

El cuerpo será de PVC rígido con juntas de estanqueidad en EPDM, conexión mediante manguito adhesivo para tubería PVC y presión nominal de trabajo PN16.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Colocación de la válvula en la conducción, unión mediante adhesivo para PVC, alineación del conjunto y comprobación de estanqueidad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente, permita el cierre completo del paso de agua y no presente fugas.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de válvula, accesorios, adhesivos, montaje, conexionado y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.08 Manómetros De Glicerina Con Collarín

Características Técnicas

Manómetros de esfera rellenos de glicerina, instalados mediante collarín de toma sobre conducciones de PVC de 63 mm y 50 mm.

Los manómetros dispondrán de esfera de 63 mm de diámetro, rango de medida de 0–10 bar, doble escala en bar y psi, conexión roscada macho inferior de 1/4" BSP, y carcasa metálica con visor transparente.

Los collarines serán de polipropileno reforzado para presión, compatibles con tuberías de PVC de 50 mm y 63 mm, con salida roscada para conexión del manómetro.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 837: Manómetros
• UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en PVC para conducción de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo manómetro, collarín y accesorios de conexión.

Fases De Ejecución

Colocación del collarín sobre la conducción, perforación de la tubería, montaje del manómetro y comprobación de estanqueidad y lectura.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando el manómetro funcione correctamente y permita la lectura estable de presión sin pérdidas de agua.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de manómetro, collarín, juntas, accesorios, montaje y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.09 Tanques de Fertilizante y Ácido

Características Técnicas

Depósitos fabricados en polietileno de alta densidad (PEAD) rotomoldeado, estabilizado frente a radiación ultravioleta y resistente a la corrosión química.

El depósito de 1.000 L tendrá unas dimensiones de 1.285 mm de diámetro superior, 1.100 mm de diámetro de base y 1.150 mm de altura. El tanque de 500 L tendrá unas dimensiones de 1.068 mm de diámetro superior, 910 mm de diámetro de base y 950 mm de altura.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 12573: Depósitos estáticos de plástico

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Colocación del depósito, conexión hidráulica y comprobación de estanqueidad.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando el depósito quede correctamente instalado, estable y conectado al sistema de fertirrigación.

Criterio De Medición En Obra Y Condiciones De Abono

Se medirá por unidad realmente instalada conforme a proyecto.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del depósito, accesorios, conexiones, colocación y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.10 Válvulas De Aguja

Características Técnicas

Válvula de aguja para regulación precisa de caudal en tubería de 25 mm, fabricada en acero inoxidable AISI 304.

La válvula será de accionamiento manual mediante volante roscado, con regulación progresiva del paso de fluido y cierre estanco. El cuerpo, eje y elementos internos estarán fabricados en acero inoxidable resistente a corrosión química.

Presión máxima de trabajo de 16 bar y temperatura máxima de servicio de 80 ºC.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 12516: Válvulas industriales

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Colocación de la válvula, conexionado y comprobación de estanqueidad y regulación.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente y permita una regulación estable del caudal.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de válvula, racores, montaje y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.11 Válvula De Purga De Aire

Características Técnicas

Válvula automática de purga de aire tipo ventosa de triple efecto en conducciones de PVC de 50 mm. con conexión roscada macho de **3/4"**, presión máxima de trabajo de **10 bar** y temperatura máxima de servicio de **60 ºC**.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 1074: Válvulas para abastecimiento de agua
• UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en PVC

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Colocación del collarín, perforación de la conducción, montaje de accesorios y conexión de la válvula de purga.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente sin fugas ni obstrucciones.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de ventosa, collarín, accesorios, montaje y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 02.04.12: Codos Y Tes De PVC

Características Técnicas

Codos y Tes de PVC rígido para conducción hidráulica en red de riego y fertirrigación, aptas para trabajo a presión y unión mediante adhesivo para PVC.

Se incluyen tes con y sin reducción en los siguientes diámetros:

- 63 × 63 × 50 mm
- 63 × 63 × 40 mm
- 63 × 63 × 32 mm
- 63 × 63 × 25 mm
- 50 x 50 x 20 mm
- 32 × 32 × 25 mm
- 25 × 25 × 25 mm
- Se incluyen codos 87 º en los siguientes diámetros:
  - 63 mm
  - 50 mm
  - 32 mm
  - 25 mm

Criterio De Medición En Proyecto

Número de unidades previstas según documentación gráfica de Proyecto.

Fases De Ejecución

Replanteo de la instalación. Corte y preparación de tuberías. Aplicación de adhesivo específico para PVC. Colocación y unión de codos y tes. Conexionado a la red de riego y fertirrigación. Comprobación de estanqueidad.

Condiciones De Terminación

Las uniones deberán quedar completamente estancas y correctamente alineadas.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de accesorios, adhesivo para PVC, montaje, conexionado y comprobación de estanqueidad.

Unidad De Obra 02.04.13 Sacos De Sustrato De Perlita

Características Técnicas

Saco de cultivo hidropónico compuesto por perlita expandida de origen volcánico, contenido en envolvente plástica impermeable y estabilizada frente a radiación UV. Dimensiones del saco: 100 × 13 × 6,5 cm, con volumen útil de 15 L.

La perlita presentará elevada capacidad de aireación y drenaje, estructura inerte, pH neutro y elevada estabilidad física frente a degradación. Porosidad total del 95 %, densidad aparente de 85 kg/m^3 y fracción de agotamiento admisible Fu = 0,3. Material libre de patógenos, químicamente estable y apto para cultivo hidropónico intensivo.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 13041: Propiedades físicas de sustratos de cultivo

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa instalada (ud).

Fases De Ejecución

Distribución de sacos sobre líneas de cultivo. Replanteo de posiciones de plantación y drenaje. Perforación y acondicionamiento del saco. Conexionado al sistema de riego y drenaje.

Condiciones De Terminación

Los sacos deberán quedar correctamente alineados, estabilizados y preparados para el establecimiento del cultivo y funcionamiento del sistema hidropónico.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de sacos de perlita, pequeño material auxiliar, colocación y comprobaciones previas a la implantación del cultivo.

CAPÍTULO 0.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN

SUBCAPÍTULO 03.01 SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

Unidad De Obra 03.01.01 Panel Fotovoltaico Monocristalino

Características Técnicas

Panel fotovoltaico monocristalino tipo AIKO Comet 1N 610W, con tecnología N-Type ABC (All Back Contact). Potencia nominal de 610 W, eficiencia mínima del módulo del 23,6 %, tensión de circuito abierto (Voc) de 53,66 V y corriente de cortocircuito (Isc) de 14,36 A y tensión real de funcionamiento (V_{mp}) de 44,88 V.

Módulo de 144 células monocristalinas, con dimensiones aproximadas de 2278 × 1134 × 30 mm y peso de 28,5 kg. Coeficiente térmico de potencia de -0,26 %/ºC, protección IP68 y conectores tipo MC4.

Marco de aluminio anodizado y vidrio templado de alta resistencia para instalación exterior.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión
• UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos para uso terrestre
• UNE-EN 61730: Seguridad en módulos fotovoltaicos

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de panel fotovoltaico instalada (ud).

Fases De Ejecución

Replanteo de la instalación. Colocación y fijación del panel sobre estructura soporte. Conexionado eléctrico. Verificación de polaridad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

El panel deberá quedar correctamente fijado, alineado y conexionado, garantizando el correcto funcionamiento del sistema.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del panel fotovoltaico, fijaciones, conexionado, pequeño material eléctrico, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.01.02 Batería De Gel

Características Técnicas

Batería estacionaria de gel de ciclo profundo tipo Kaise KBGS121800 12V 180Ah. Tensión nominal de 12 V y capacidad nominal de 180 Ah (C100), con tecnología VRLA sellada mediante electrolito gelificado.

Carcasa fabricada en ABS de alta resistencia, terminales tipo M8 y protección frente a fugas de electrolito. Dimensiones de 483 × 170 × 238,5 mm y peso de 43,2 kg.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- ITC-BT-52: Instalaciones con acumulación eléctrica
- UNE-EN IEC 60896: Baterías estacionarias de plomo
- UNE-EN IEC 62485: Seguridad en baterías de acumuladores

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de batería instalada (ud).

Fases De Ejecución

Colocación de las baterías en bancada o soporte. Conexionado eléctrico entre acumuladores y resto de equipos de la instalación. Verificación de polaridad, tensión y correcto funcionamiento del sistema de acumulación.

Condiciones De Terminación

Las baterías deberán quedar correctamente fijadas, conexionadas y protegidas frente a contactos accidentales y humedad.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de baterías, conexionado eléctrico, terminales, pequeño material auxiliar, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.01.03 Inversor

Características Técnicas

Inversor multifunción tipo Studer XTH 5000-24, para instalación fotovoltaica aislada, con salida en onda senoidal pura a 230 V CA y tensión nominal de baterías de 24 V CC.

Potencia nominal de salida de 4500 W y potencia Smart-Boost de hasta 5000 W. Equipo con cargador de baterías integrado, corriente máxima de carga de 140 A y sistema automático de transferencia de energía.

Funcionamiento mediante procesador digital DSP, con reducción automática de picos de corriente y gestión programable de carga de baterías.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión
- UNE-EN 62109: Seguridad de convertidores de potencia fotovoltaicos
- UNE-EN 61000: Compatibilidad electromagnética (EMC)

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de inversor-cargador instalado (ud).

Fases De Ejecución

Colocación y fijación del equipo. Conexionado de líneas de corriente continua y alterna. Conexionado a baterías y cuadro eléctrico. Configuración básica y comprobación del correcto funcionamiento del sistema.

Condiciones De Terminación

El equipo deberá quedar correctamente fijado, conexionado y configurado, garantizando el correcto funcionamiento de la instalación.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del inversor-cargador, accesorios de fijación y conexionado, pequeño material eléctrico, configuración básica, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.01.04 Regulador De Carga Solar

Características Técnicas

Regulador de carga solar tipo Victron BlueSolar MPPT 150/70, con tecnología MPPT de seguimiento del punto de máxima potencia.

Equipo apto para sistemas de baterías de 12 V, 24 V y 48 V, con detección automática de tensión y corriente máxima de carga de 70 A.

Tensión máxima de circuito abierto fotovoltaico de 150 V y corriente máxima de cortocircuito de entrada de 50 A. Potencia fotovoltaica admisible de hasta 2000 W en sistemas de 24 V. Protección IP43, refrigeración pasiva y compatibilidad con conectores MC4.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión
• UNE-EN 62109: Seguridad de convertidores de potencia para sistemas fotovoltaicos

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad de regulador instalado (ud).

Fases De Ejecución

Colocación y fijación del regulador. Conexionado de líneas fotovoltaicas y baterías. Configuración básica del equipo y comprobación del correcto funcionamiento del sistema de carga.

Condiciones De Terminación

El regulador deberá quedar correctamente fijado, conexionado y configurado, garantizando el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del regulador MPPT, accesorios de fijación y conexionado, pequeño material eléctrico, configuración básica, pruebas de funcionamiento, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

SUBCAPÍTULO 03.02 PUESTA A TIERRA

Unidad De Obra 03.02.01 Toma De Tierra De La Instalación Eléctrica

Características Técnicas

Sistema de puesta a tierra formado por pica de acero cobreado de 2 m de longitud y diámetro de 16 mm, instalada verticalmente en el terreno y conectada mediante conductor de cobre desnudo de sección mínima 18 mm^2.

La conexión entre conductor y pica se realizará mediante abrazadera. La instalación incluirá arqueta de registro para inspección y comprobación de continuidad.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra
• UNE 21186: Puestas a tierra en instalaciones eléctricas

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa de toma de tierra instalada (ud).

Fases De Ejecución

Replanteo de la instalación. Hincado de la pica en el terreno. Conexionado mediante conductor de cobre y abrazadera homologada. Colocación de arqueta de registro y comprobación de continuidad y puesta a tierra.

Condiciones De Terminación

La instalación deberá garantizar continuidad eléctrica, correcta conexión de los elementos metálicos y resistencia de puesta a tierra adecuada conforme al REBT.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de pica, conductor de cobre, abrazaderas, arqueta de registro, pequeño material, montaje, conexionado, comprobaciones básicas, medios auxiliares y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

SUBCAPÍTULO 03.03 CUADRO ELÉCTRICO, PROTECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN.

UNIDAD DE OBRA 03.03.01 CUADRO GENERAL DE RIEGO

Características Técnicas

Cuadro general para mando y protección de la instalación, compuesto por armario modular de poliéster reforzado, con grado de protección IP65 e índice de resistencia mecánica IK08. El cuadro incluirá embarrado, carril DIN y canaletas interiores.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-17: Dispositivos generales e individuales de mando y protección
• ITC-BT-22: Protección contra sobreintensidades
• UNE-EN 61439: Conjuntos de aparamenta de baja tensión

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa instalada (ud).

Fases De Ejecución

Replanteo de la instalación. Fijación del armario. Montaje de carriles y canaletas interiores. Instalación de elementos de protección, maniobra y automatización. Conexionado interior del cuadro. Verificación de aprietes, continuidad y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

El cuadro deberá quedar correctamente fijado, identificado, conexionado y protegido, garantizando el correcto funcionamiento y seguridad de la instalación.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del armario eléctrico, elementos de fijación, carriles DIN, canaletas, pequeño material, montaje.

Unidad De Obra 03.03.02 Interruptores Magnetotérmicos

Características Técnicas

Interruptor General Automático (IGA) bipolar de 25 A. Interruptores magnetotérmicos bipolares de 10 A para protección de bombas y removedores. Interruptores magnetotérmicos bipolares de 6 A para protección de equipos auxiliares y control

Todos los dispositivos serán para montaje sobre carril DIN, curva C, tensión nominal 230 V y poder de corte de 6 kA.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-17: Dispositivos generales e individuales de mando y protección

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje de los interruptores sobre carril DIN. Conexionado de líneas de alimentación y salida. Verificación de aprietes y comprobación del correcto funcionamiento de las protecciones.

Condiciones De Terminación

Los dispositivos deberán quedar correctamente fijados, identificados y conexionados, garantizando la protección de los circuitos definidos en Proyecto.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de interruptores magnetotérmicos, pequeño material, montaje, conexionado, comprobaciones y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.03.03 Protector Contra Sobretensiones Transitorias Y Permanentes

Características Técnicas

Protector combinado contra sobretensiones transitorias y permanentes para instalación monofásica de 230 V, bipolar (2P), tipo SPD clase II.

El equipo dispondrá de intensidad máxima de descarga de 40 kA, intensidad nominal de descarga de 20 kA, tensión máxima continua de trabajo de 275 V y nivel de protección inferior o igual a 1,5 kV. Dispondrá de desconexión automática frente a sobretensiones permanentes y grado de protección IP20.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- ITC-BT-23: Protección contra sobretensiones
- UNE-EN 61643-11: Dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del protector sobre carril DIN. Conexionado de alimentación, salida y toma de tierra. Verificación de aprietes y comprobación del correcto funcionamiento del equipo.

Condiciones De Terminación

El protector deberá quedar correctamente fijado, conexionado e identificado, garantizando la protección de la instalación frente a sobretensiones.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del protector contra sobretensiones, pequeño material, conexionado, montaje, comprobaciones y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.03.04 Interruptor Diferencial

Características Técnicas

Interruptor diferencial bipolar (2P) para protección de personas frente a contactos indirectos en instalación monofásica de 230 V.

Intensidad nominal de 25 A, sensibilidad diferencial de 30 mA, frecuencia de 50/60 Hz y poder de corte de 6 kA. Será de clase AC, apto para montaje sobre carril DIN, con grado de protección IP20.

Normativa De Aplicación

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- ITC-BT-24: Protección contra contactos indirectos
- UNE-EN 61008-1: Interruptores diferenciales para usos domésticos y análogos
- UNE-HD 60364-4-41: Protección para garantizar la seguridad

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del diferencial sobre carril DIN. Conexionado de líneas de entrada y salida. Verificación de aprietes y comprobación del funcionamiento mediante test de disparo.

Condiciones De Terminación

El diferencial deberá quedar correctamente fijado, conexionado e identificado, garantizando la protección diferencial de la instalación.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del interruptor diferencial, pequeño material, conexionado, montaje, comprobaciones y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.03.05 Guardamotores

Características Técnicas

Guardamotores tripolares con rango de regulación 4–6,3 A, destinados a la protección de la bomba de pozo y de la línea de removedores.

Los equipos dispondrán de accionamiento manual marcha-paro, disparo térmico regulable, disparo magnético instantáneo, tensión nominal de empleo 230/400 V, frecuencia 50/60 Hz y poder de corte 6 kA.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-47: Instalaciones de motores
• UNE-EN 60947-4-1: Contactores y arrancadores de motor

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del guardamotor sobre carril DIN. Conexionado de entrada y salida. Ajuste de intensidad según receptor protegido. Verificación de aprietes y prueba de accionamiento.

Condiciones De Terminación

El guardamotor deberá quedar correctamente fijado, regulado, identificado y conexionado, garantizando la protección del receptor correspondiente.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del guardamotor, montaje, conexionado, regulación, comprobaciones y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la unidad.

Unidad De Obra 03.03.06 Contactor De Maniobra

Características Técnicas

Contactor bipolar, con intensidad nominal de 25 A, tensión nominal de funcionamiento de 250 V AC, bobina de mando a 230 V AC y tensión nominal de aislamiento de 500 V AC.

Dispondrá de configuración 2P, con contactos auxiliares 1NO + 1NC, vida útil eléctrica de 100.000 maniobras y vida útil mecánica de 1.000.000 maniobras.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-47: Instalaciones de motores
• UNE-EN 60947-4-1: Contactores y arrancadores de motor
• UNE-EN 60947-5-1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del contactor sobre carril DIN. Conexionado del circuito de potencia y del circuito de mando. Verificación de aprietes y comprobación de accionamiento.

Condiciones De Terminación

El contactor deberá quedar correctamente fijado, identificado y conexionado, garantizando la maniobra del receptor correspondiente.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del contactor, pequeño material, montaje, conexionado, comprobación de funcionamiento y mano de obra necesaria.

Unidad De Obra 03.03.07 Variador De Frecuencia

Características Técnicas

Variador de frecuencia para control de motor trifásico, con potencia nominal de 1,5 kW, potencia equivalente de (2 HP) e intensidad nominal de salida de 7,5 A.

El equipo dispondrá de entrada monofásica 220–240 V AC, salida trifásica 220–240 V AC, frecuencia de entrada 40–60 Hz y rango de frecuencia de salida 0–400 Hz.

Dispondrá de pantalla digital, botonera frontal, funciones de arranque y parada progresiva, regulación de velocidad y protección frente a sobrecorriente, sobrecarga, sobretensión y pérdida de fase.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-47: Instalaciones de motores
• UNE-EN 61800-5-1: Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable
• UNE-EN 61800-3: Compatibilidad electromagnética en accionamientos de velocidad variable

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del variador. Conexionado de entrada y salida. Configuración básica de parámetros eléctricos. Verificación de sentido de giro, regulación de frecuencia y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

El variador deberá quedar correctamente fijado, configurado, identificado y operativo.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del variador, pequeño material, montaje, conexionado, configuración básica, comprobaciones y mano de obra necesaria.

Unidad De Obra 03.03.08 Fuente De Alimentación 24 V Dc Para Plc

Características Técnicas

El equipo dispondrá de tensión de entrada monofásica 100–240 V AC, frecuencia de entrada 50/60 Hz y tensión de salida estabilizada de 24 V DC.

La fuente tendrá potencia nominal de 96 W y corriente máxima de salida de 4 A.

Dispondrá de montaje sobre carril DIN, grado de protección IP20, temperatura de funcionamiento comprendida entre −25 °C y 70 °C y dimensiones de 90 × 72 × 53 mm.

Normativa De Aplicación

• ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión
• UNE-EN 61204-3: Fuentes de alimentación de baja tensión
• UNE-EN 62368-1: Seguridad de equipos eléctricos y electrónicos

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje de la fuente sobre carril DIN. Conexionado de alimentación y salida de 24 V DC. Verificación de polaridad, tensión de salida y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

La fuente deberá quedar correctamente fijada, identificada, conexionada y operativa, garantizando una alimentación estable al sistema de automatización.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de fuente de alimentación, elementos de fijación, conexionado, pequeño material, montaje y comprobaciones de funcionamiento.

Unidad De Obra 03.03.09 PLC y Módulo de Expansión Analógico

Características Técnicas

Sistema de automatización basado en PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE con pantalla integrada, alimentación a 12/24 V DC, capacidad de programación mediante software LOGO! Soft Comfort.

El PLC dispondrá de 8 entradas digitales y de 4 salidas digitales a relé.

El equipo contará con interfaz Ethernet RJ45, memoria de programa de 400 bloques, servidor web integrado. Se incluirá módulo de expansión analógica Siemens LOGO! AM2 alimentado a 12/24 V DC, con 4 entradas analógicas configurables para señales 0–10 V y 0/4–20 mA.

El sistema dispondrá de grado de protección IP20, temperatura de funcionamiento comprendida entre −20 °C y 55 °C y montaje sobre carril DIN de 35 mm.

Normativa De Aplicación
- ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión
- UNE-EN 61131: Autómatas programables
- UNE-EN 61010-1: Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida y control

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa instalada y configurada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del PLC y módulo de expansión. Conexionado de alimentación, entradas y salidas. Configuración de parámetros básicos y programa de control. Verificación de comunicaciones, señales analógicas y funcionamiento general.

Condiciones De Terminación

El sistema deberá quedar correctamente fijado, identificado, programado y operativo, garantizando el correcto control automático de la instalación.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del PLC, módulo de expansión analógica, accesorios de montaje, pequeño material, programación, conexionado, comprobaciones y mano de obra necesaria.

SUBCAPÍTULO 03.04 CABLEADO Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Unidad De Obra 03.04.01 Cable Eléctrico Tripolar

Características Técnicas

Cable eléctrico tripolar, tipo H05VV-F, formado por tres conductores de cobre de sección 3G 1,5 mm^2 y cables de sección 3G2,5 mm. Los conductores serán de cobre, con aislamiento individual y cubierta exterior de PVC, tensión nominal de servicio 300/500 V.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras
• UNE 21031: Cables aislados con policloruro de vinilo de tensión asignada hasta 450/750 V

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de cable instalado (m).

Fases De Ejecución

Tendido del cable por la canalización prevista. Corte a medida. Identificación de conductores. Conexionado en cuadro y receptor. Comprobación de continuidad, polaridad y apriete de bornes.

Condiciones De Terminación

El cableado deberá quedar correctamente tendido, identificado, protegido y conexionado, sin daños en el aislamiento ni esfuerzos mecánicos en los bornes.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del cable, tendido, corte, identificación, conexionado, pequeño material, comprobaciones y mano de obra necesaria.

Unidad De Obra 03.04.02 Cables Eléctricos Bipolares

Características Técnicas

Cables eléctricos bipolares flexible formado por 2 conductores de cobre de 35 mm^2, cables de sección 16mm^2, cables de sección 6,0 mm^2 y cables de sección 1,0 mm^2, con aislamiento PVC flexible tipo DMV-18.

El cable dispondrá de dos conductores identificados en color rojo y negro, tensión nominal 300 V, diámetro exterior máximo 5,0 × 7,0 mm y sección nominal 2 × 1,0 mm^2.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras
• ITC-BT-20: Sistemas de instalación
• UNE 21031: Cables aislados con PVC

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de cable instalado (m).

Fases De Ejecución

Tendido del cable. Corte a medida. Identificación de extremos. Conexionado en bornes de control. Comprobación de continuidad y polaridad.

Condiciones De Terminación

El cable deberá quedar correctamente tendido, identificado y conexionado, sin daños en el aislamiento.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del cable, tendido, conexionado, pequeño material y comprobaciones.

Unidad De Obra 03.04.03 Cable Multipolar De Señal

Características Técnicas

El cable estará formado por 4 conductores de cobre estañado de 0,20 mm^2, con aislamiento de PVC y cubierta exterior negra.

Normativa De Aplicación

• REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
• ITC-BT-20: Sistemas de instalación
• UNE-EN 50525: Cables eléctricos de baja tensión
• UNE 21031: Conductores aislados con PVC

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por metro lineal de cable instalado (m).

Fases De Ejecución

Tendido del cable. Corte a medida. Identificación de conductores. Conexionado en sensores, transmisores y PLC. Verificación de continuidad y señal.

Condiciones De Terminación

El cable deberá quedar correctamente protegido, identificado y conexionado, sin interferencias ni daños en el aislamiento.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del cable, tendido, conexionado, pequeño material y comprobaciones de funcionamiento.

SUBCAPÍTULO 03.05 SENSORES Y ELEMENTOS DE CONTROL

Unidad De Obra 02.05.01 Electroválvulas

Características Técnicas

Electroválvulas para automatización de la red de riego y fertirrigación, fabricadas en PVC y nylon reforzado con fibra de vidrio, en conducciones de PVC de 25 mm y 50 mm.

Las válvulas dispondrán de accionamiento eléctrico mediante solenoide encapsulado de 24 V DC, apertura y cierre automáticos, purga manual y regulador de caudal integrado.

Las conexiones serán roscadas tipo BSP hembra, compatibles con accesorios de PVC para presión. La presión máxima de trabajo será de 10 bar y la temperatura máxima de servicio de 60 ºC.

Normativa De Aplicación

• UNE-EN 60730: Dispositivos automáticos de control eléctrico
• UNE-EN 1452: Sistemas de canalización en PVC para conducción de agua

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud), incluyendo solenoide, accesorios y conexionado.

Fases De Ejecución

Colocación de la electroválvula, conexionado hidráulico y eléctrico, fijación del conjunto y comprobación de apertura y cierre.

Condiciones De Terminación

La unidad quedará terminada cuando la válvula funcione correctamente en régimen automático y no presente fugas ni fallos de accionamiento.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro de electroválvula, solenoide, accesorios, conexionado, montaje y pruebas de funcionamiento.

Unidad De Obra 03.05.02 Sondas De Nivel

Características Técnicas

Interruptores de nivel tipo flotador con funcionamiento mediante contacto eléctrico conmutado. Alimentación de señal a 24 V DC, con tensión máxima de conmutación de 100 V DC, corriente máxima de conmutación de 0,5 A y cableado integrado.

Normativa De Aplicación

- ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión
- UNE-EN 61010-1: Equipos eléctricos de medida y control

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad instalada (ud).

Fases De Ejecución

Colocación del interruptor de nivel en el depósito. Conexionado al cableado de señal. Identificación de conductores. Comprobación de continuidad y actuación de la entrada digital correspondiente.

Condiciones De Terminación

El sensor deberá quedar correctamente fijado, identificado y operativo, generando señal digital estable en función del nivel detectado.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del sensor, fijación, conexionado, pequeño material y comprobaciones de funcionamiento.

Unidad De Obra 03.05.03 Sensores De Humedad para Sustrato con Transmisor Analógico

Características Técnicas

Sensor capacitivo tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry), para medición del contenido volumétrico de agua en el medio de cultivo. Alimentación en corriente continua a 12–24 V DC y salida analógica industrial 4–20 mA, obtenida mediante variación de la permitividad dieléctrica del sustrato.

Incluirá transmisor de señal analógica compatible con señales 4–20 mA y alimentación 12–24 V DC, destinado al acondicionamiento y estabilización de la señal antes de su entrada al PLC.

Normativa De Aplicación
• ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión
• UNE-EN 61326-1: Equipos eléctricos de medida y control

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa instalada (ud).

Fases De Ejecución

Instalación del sensor en el sustrato. Montaje del transmisor de señal. Conexionado eléctrico. Configuración de señal analógica. Verificación de lectura y funcionamiento.

Condiciones De Terminación

El sensor deberá quedar correctamente fijado, protegido y operativo, proporcionando señal analógica estable y continua al sistema de control.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del sensor, transmisor analógico, conexionado, fijaciones, pequeño material y comprobaciones de funcionamiento.

Unidad De Obra 03.05.04 Conductivímetro Digital

Características Técnicas

Equipo electrónico para medición continua de conductividad eléctrica (EC) en solución nutritiva. Rango de medida de conductividad: 0,5–2000 µS/cm, resolución 0,01 µS/cm. Medición adicional de TDS: 0,25–1000 ppm y temperatura: 0–60 ºC.

Pantalla LCD multifunción con visualización simultánea de EC, temperatura y señal mA. Compensación automática de temperatura referida a 25 ºC. Salida de alarma mediante relé 3 A / 250 V AC.

Normativa De Aplicación

• ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión
• UNE-EN 61326-1: Equipos eléctricos de medida y control

Criterio De Medición En Proyecto

Se medirá por unidad completa instalada (ud).

Fases De Ejecución

Montaje del equipo de lectura. Instalación del electrodo de conductividad. Conexionado eléctrico. Configuración inicial y comprobación de lectura.

Condiciones De Terminación

El equipo deberá quedar correctamente instalado, protegido y operativo, proporcionando lectura estable y continua de conductividad eléctrica.

Criterio De Valoración Económica

Incluye suministro del conductivímetro, electrodo de conductividad, conexionado, fijaciones, pequeño material y comprobaciones de funcionamiento.

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

Dirección y organización de las obras

La dirección facultativa corresponderá a **Darío Vara**, en calidad de proyectista y director de obra, siendo responsable de la interpretación del proyecto y de la supervisión técnica de los trabajos. Actuará como interlocutor entre el promotor (**Sabor a Norte S.L.**) y el contratista (**MSC Greenhouse S.L.U.**), garantizando la correcta ejecución conforme a la documentación del proyecto.

El contratista asumirá la organización general de los trabajos, incluyendo la planificación de medios y la coordinación de las subcontratas, correspondiendo a **Ruminver18 Sociedad Microcooperativa** la ejecución del montaje y a **Excavaciones Mendiola S.A.** las excavaciones puntuales.

Ejecución y control de los trabajos

Las obras deberán ejecutarse conforme a planos, mediciones y pliego técnico, no admitiéndose modificaciones sin autorización de la dirección de obra. Cualquier discrepancia deberá ser comunicada previamente a su ejecución.

La dirección de obra podrá ordenar la paralización de los trabajos o la repetición de unidades que no cumplan las condiciones establecidas. El contratista será responsable de los daños derivados del transporte, manipulación o montaje de los materiales.

Se garantizará la compatibilidad entre los distintos sistemas de la instalación, no permitiéndose alteraciones en elementos estructurales ni en puntos de fijación sin aprobación previa.

Recepción de las obras

La recepción se realizará una vez finalizados los trabajos y comprobado el correcto estado y funcionamiento de la instalación. La dirección de obra verificará la conformidad con el proyecto y, en caso de detectarse deficiencias, se establecerá un plazo para su subsanación previo a la aceptación definitiva.

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

Medición y valoración de las obras

La medición de las unidades de obra se realizará conforme a los criterios definidos en el presente proyecto, atendiendo a las unidades establecidas en cada partida. A efectos de valoración, se considerarán únicamente aquellas unidades correctamente ejecutadas y conformes a las especificaciones técnicas, no admitiéndose incrementos derivados de errores de ejecución, sobreconsumos de material o modificaciones no autorizadas.

Las mediciones reflejadas en el presupuesto tienen carácter orientativo, correspondiendo su comprobación final a la medición en obra una vez ejecutados los trabajos. En caso de discrepancia, prevalecerá la medición real ejecutada conforme a proyecto y validada por la dirección de obra.

Condiciones de abono

El abono de las obras se realizará en función de las unidades de obra efectivamente ejecutadas, medidas y aceptadas por la dirección de obra. No se abonarán unidades incompletas, defectuosas o que no cumplan las condiciones establecidas en el proyecto.

El pago podrá estructurarse mediante certificaciones parciales en función del avance de los trabajos, incluyendo únicamente aquellas partidas ejecutadas conforme a proyecto. La certificación final quedará condicionada a la correcta finalización de la totalidad de la instalación y a su aceptación por parte de la dirección de obra.

Precios y partidas no previstas

Los precios unitarios definidos en el presupuesto incluyen la totalidad de los costes asociados a cada unidad de obra, incluyendo materiales, mano de obra, medios auxiliares, transporte, montaje y cualquier otro concepto necesario para su correcta ejecución.

En el caso de ser necesarias unidades no previstas en el proyecto, su ejecución deberá contar con la aprobación previa de la dirección de obra. La valoración de dichas unidades se realizará tomando como referencia los precios existentes en el

presupuesto o, en su defecto, mediante acuerdo entre las partes basado en precios de mercado.

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

La ejecución de las obras se ajustará a la normativa vigente que resulte de aplicación en materia de construcción, instalaciones agrícolas, seguridad y salud, así como a las disposiciones específicas recogidas en el presente proyecto. Todos los agentes intervinientes deberán conocer y cumplir dichas disposiciones, siendo responsables de su correcta aplicación en el ámbito de sus competencias.

El contratista será responsable del cumplimiento de la legislación laboral y de prevención de riesgos laborales durante la ejecución de los trabajos, debiendo adoptar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores y de terceros. Asimismo, deberá disponer de los medios de protección adecuados y asegurar que el personal cuenta con la formación necesaria para el desempeño de sus funciones.

Las obras se ejecutarán respetando en todo momento las condiciones ambientales del entorno, evitando afecciones innecesarias sobre el terreno o instalaciones existentes. En particular, se limitarán las actuaciones a las definidas en el proyecto, no permitiéndose intervenciones fuera del ámbito previsto sin autorización expresa.

El contratista será responsable de los daños que pudieran ocasionarse a terceros durante la ejecución de las obras, así como de la correcta gestión de los residuos generados, conforme a la normativa aplicable.

Cualquier incumplimiento de las condiciones establecidas en el presente pliego o en el conjunto del proyecto podrá dar lugar a la adopción de las medidas oportunas por parte de la dirección de obra, sin perjuicio de las responsabilidades legales que pudieran derivarse.

En Pamplona, abril de 2026.

Fdo.: D. Dario Vara Lana

Grado en Ingeniería Agrícola



V. PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. **Mediciones** ***(pg.3)***
2. **Cuadro de Precios nº1** ***(pg.8)***
3. **Cuadro de Precios nº2** ***(pg.11)***
4. **Mediciones y Presupuesto (*pg.21*)**
5. **Resumen del Presupuesto** ***(pg.27)***

Medición

Comentario			P.ig.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
1.1 Cimentación y Anclajes								
1.1.1 01.01.01	**ud**	**Replanteo y Marcaje**						
						Total ud.....:		1,000
1.1.2 01.01.02	**ud**	**Precimentación de Postizos**						
						Total ud.....:		1,000
1.1.3 01.01.03	**ud**	**Cimentación e Instalación de Pilares**						
						Total ud.....:		1,000
1.2 Estructura Metálica								
1.2.1 01.02.01	**ud**	**Escuadras (Capiteles**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.2 01.02.02	**ud**	**Riostras balcón lateral**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.3 01.02.03		**Canales**						
						Total .....:		1,000
1.2.4 01.02.04	**ud**	**Arcos ovalados y sus arriostramientos**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.5 01.02.05	**ud**	**Estructura de Ventana Cenital**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.6 01.02.06	**ud**	**Accionamiento Ventilación Cenital Mariposa**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.7 01.02.07	**ud**	**Correas y Sistema de Taqueo**						
						Total ud.....:		1,000
1.2.8 01.02.08	**ud**	**Sistema de Refuerzo y Arriostramiento**						
						Total ud.....:		1,000
1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares								
1.3.1 01.03.01	**ud**	**Sistema de Alambrado y Emparrillado**						
						Total ud.....:		1,000
1.3.2 01.03.02	**ud**	**Puerta Frontal**						
						Total ud.....:		1,000
1.3.3 01.03.03	**ud**	**Malla Anti-insecto**						
						Total ud.....:		1,000
1.3.4 01.03.04	**ud**	**Malla Suelo Anti-hierbas**						
						Total ud.....:		1,000
1.3.5 01.03.05	**ud**	**Plástico de Cubierta**						
						Total ud.....:		1,000

Comentario			P.ig.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
2.1 Movimiento de Tierras								
2.1.1 02.01.01	**ud**	**Excavación de Zanjas**						
						Total ud.....:		1,000
2.2 Conducciones de Riego								
2.2.1 02.02.01	**ud**	**Laterales de Riego con Goteros integrados**						
						Total ud.....:		1,000
2.2.2 02.02.02	**ud**	**Tubería principal de distribución**						
						Total ud.....:		1,000
2.2.3 02.02.03	**ud**	**Tubería Secundaria Portarramal**						
						Total ud.....:		1,000
2.2.4 02.02.04	**ud**	**Canaleta De Pvc Para Recogida De Drenaje**						
						Total ud.....:		1,000
2.3 Equipos de Riego Motorizados								
2.3.1 02.03.01	**ud**	**Equipos de RIego Motorizados**						
						Total ud.....:		1,000
2.4 Componentes y Piezas para Riego								
2.4.1 02.04.01	**ud**	**Depósitos y Tanques**						
						Total ud.....:		1,000
2.4.2 02.04.02	**ud**	**Equipo de Filtración**						
						Total ud.....:		1,000
2.4.3 02.04.03	**ud**	**Elementos de Medición de Caudal**						
						Total ud.....:		1,000
2.4.4 02.04.04	**ud**	**Válvulas de Riego**						
						Total ud.....:		1,000
2.4.5 02.04.05	**ud**	**Uniones, Acoples y Empalmes**						
						Total ud.....:		1,000
2.4.6 02.0.4.06	**ud**	**Sustrato para Cultivo**						
						Total ud.....:		1,000

Comentario	P.ig.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado						
3.1.1 03.01.01 ud Paneles Solares						
Total ud.....:						1,000
3.1.2 03.01.02 ud Baterías						
Total ud.....:						1,000
3.1.3 03.01.03 ud Inversor Solar						
Total ud.....:						1,000
3.1.4 03.01.04 ud Regulador de Carga						
Total ud.....:						1,000
3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización						
3.2.1 03.02.01 ud Puesta a Tierra						
Total ud.....:						1,000
3.2.2 03.02.02 ud Cuadro General de Riego						
Total ud.....:						1,000
3.2.3 03.02.03 Variador de Frecuencia						
Total .....:						1,000
3.2.4 03.02.04 Controlador Lógico Programable (PLC)						
Total .....:						1,000
3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas						
3.3.1 03.03.01 ud Cableado y Canalización Eléctrica						
Total ud.....:						1,000
3.4 Sensores y Elementos de Control						
3.5 03.04.01 ud Electroválvulas						
Total ud.....:						1,000
3.6 03.04.02 ud Sensores de Nivel de Agua						
Total ud.....:						1,000
3.7 03.04.03 ud Sensores de Humedad para Sustrato						
Total ud.....:						1,000
3.8 03.04.04 ud Conductivímetro Digital						
Total ud.....:						1,000

Comentario			P.ig.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos								
4.1.1 04.01.01	**ud**	**Pruebas, ajuste, calibración y puesta a punto**						
						Total ud.....:		1,000
4.1.2 04.01.02	**ud**	**Supervisión y Seguimiento de Obra**						
						Total ud.....:		1,000

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO		
	1.1 Cimentación y Anclajes		
1.1.1	ud Replanteo y Marcaje	696,90	SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
1.1.2	ud Precimentación de Postizos	14.221,05	CATORCE MIL DOSCIENTOS VEINTIUN EUROS CON CINCO CÉNTIMOS
1.1.3	ud Cimentación e Instalación de Pilares	14.162,31	CATORCE MIL CIENTO SESENTA Y DOS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS
	1.2 Estructura Metálica		
1.2.1	ud Escuadras (Capiteles	1.258,95	MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.2.2	ud Riostras balcón lateral	2.283,01	DOS MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON UN CÉNTIMO
1.2.3	Canales	5.596,71	CINCO MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS
1.2.4	ud Arcos ovalados y sus arriostramientos	19.052,70	DIECINUEVE MIL CINCUENTA Y DOS EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
1.2.5	ud Estructura de Ventana Cenital	11.451,34	ONCE MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.2.6	ud Accionamiento Ventilación Cenital Mariposa	11.477,25	ONCE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
1.2.7	ud Correas y Sistema de Taqueo	10.721,47	DIEZ MIL SETECIENTOS VEINTIUN EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.2.8	ud Sistema de Refuerzo y Arriostramiento	4.183,32	CUATRO MIL CIENTO OCHENTA Y TRES EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
	1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares		
1.3.1	ud Sistema de Alambrado y Emparrillado	11.801,61	ONCE MIL OCHOCIENTOS UN EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMOS
1.3.2	ud Puerta Frontal	698,65	SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.3.3	ud Malla Anti-insecto	3.096,86	TRES MIL NOVENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.3.4	ud Malla Suelo Anti-hierbas	4.464,10	CUATRO MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
1.3.5	ud Plástico de Cubierta	15.114,99	QUINCE MIL CIENTO CATORCE EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN		
	2.1 Movimiento de Tierras		

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.1.1	ud Excavación de Zanjas	1.824,34	MIL OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	2.2 Conducciones de Riego		
2.2.1	ud Laterales de Riego con Goteros integrados	6.506,72	SEIS MIL QUINIENTOS SEIS EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.2.2	ud Tubería principal de distribución	1.388,39	MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.2.3	ud Tubería Secundaria Portarramal	163,56	CIENTO SESENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
2.2.4	ud Canaleta De Pvc Para Recogida De Drenaje	14.070,62	CATORCE MIL SETENTA EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS
	2.3 Equipos de Riego Motorizados		
2.3.1	ud Equipos de RIego Motorizados	3.024,15	TRES MIL VEINTICUATRO EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS
	2.4 Componentes y Piezas para Riego		
2.4.1	ud Depósitos y Tanques	3.960,51	TRES MIL NOVECIENTOS SESENTA EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
2.4.2	ud Equipo de Filtración	190,50	CIENTO NOVENTA EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
2.4.3	ud Elementos de Medición de Caudal	365,47	TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.4.4	ud Válvulas de Riego	456,84	CUATROCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.4.5	ud Uniones, Acoples y Empalmes	318,96	TRESCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS
2.4.6	ud Sustrato para Cultivo	8.281,20	OCHO MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
	3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN		
	3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado		
3.1.1	ud Paneles Solares	872,64	OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.1.2	ud Baterías	1.769,56	MIL SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
3.1.3	ud Inversor Solar	4.175,47	CUATRO MIL CIENTO SETENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
3.1.4	ud Regulador de Carga	380,76	TRESCIENTOS OCHENTA EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS
	3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización		
3.2.1	ud Puesta a Tierra	92,91	NOVENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.2.2	ud Cuadro General de Riego	809,52	OCHOCIENTOS NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.2.3	Variador de Frecuencia	187,02	CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS CON DOS CÉNTIMOS
3.2.4	Controlador Lógico Programable (PLC)	624,02	SEISCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON DOS CÉNTIMOS
	3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas		
3.3.1	ud Cableado y Canalización Eléctrica	813,70	OCHOCIENTOS TRECE EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
	3.4 Sensores y Elementos de Control		
3.5	ud Electroválvulas	252,05	DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON CINCO CÉNTIMOS
3.6	ud Sensores de Nivel de Agua	77,23	SETENTA Y SIETE EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS
3.7	ud Sensores de Humedad para Sustrato	936,31	NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS
3.8	ud Conductivímetro Digital	394,67	TRESCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
	4 Seguimiento y Coordinación de Obra		
	4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos		
4.1.1	ud Pruebas, ajuste, calibración y puesta a punto	824,00	OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS
4.1.2	ud Supervisión y Seguimiento de Obra	2.472,00	DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS

Ingeniero Agricola

Dario Vara Lana



Cuadro de precios nº 2

Advertencia: Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

Nº	Designación			Importe	
				Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO				
	1.1 Cimentación y Anclajes				
1.1.1	ud Replanteo y Marcaje				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Ingeniero	16,000	h 30,000	480,00	
	(Materiales)				
	Cuerda polietileno trenzada ø 5 mm	1.000,000	m 0,072	72,00	
	'Spray CRC marcador 500ml	2,000	ud 6,800	13,60	
	Varilla Corrugada 8x500mm	30,000	ud 3,700	111,00	
	3% Costes indirectos			20,30	
					696,90
1.1.2	ud Precimentación de Postizos				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	25,000	h 20,000	500,00	
	(Maquinaria)				
	Ahoyado De Dados De 1000X400mm con Ahoyad…	194,000	ud 26,650	5.170,10	
	(Materiales)				
	Hormigón HA-25 de Dado 650x400mm	194,000	ud 18,190	3.528,86	
	Postizos 70x70 y 130x70 L=1000mm para Pre…	194,000	ud 17,790	3.451,26	
	Varilla Corrugada 150mm	194,000	ud 0,230	44,62	
	Varilla Armado 400mm	800,000	ud 1,390	1.112,00	
	3% Costes indirectos			414,21	
					14.221,05
1.1.3	ud Cimentación e Instalación de Pilares				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	25,000	h 20,000	500,00	
	(Materiales)				
	Homigón HA-25 de Dado 350x400mm	210,000	ud 12,800	2.688,00	
	PILAR INV OVAL 80x80x2 SENZ. A 4800mm (H-…	218,000	ud 41,670	9.084,06	
	PILAR INV OVAL 140x80x3 SENZ. A 4800mm (H…	18,000	ud 60,320	1.085,76	
	PINTURA EPOXI BREA AE-529-E (LATA 4,4 L) …	10,000	ud 29,150	291,50	
	CATALIZADOR EPOXIDICO INCLUIDO EN PINTURA…	10,000	ud 5,550	55,50	
	Tornillería	500,000	ud 0,090	45,00	
	3% Costes indirectos			412,49	
					14.162,31
	1.2 Estructura Metálica				
1.2.1	ud Escuadras (Capiteles				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	12,000	h 20,000	240,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	450,000	ud 0,090	40,50	
	MEDIA ESCUADRA IZQUIERDA 80mm INV. OVAL B…	59,000	ud 1,930	113,87	
	MEDIA ESCUADRA DERECHA 80mm INV. OVAL BAL…	59,000	ud 1,554	91,69	
	ESCUADRA 80mm CURVA INV. OVAL	281,000	ud 2,620	736,22	
	3% Costes indirectos			36,67	
					1.258,95

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
1.2.2	ud Riostras balcón lateral				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	30,000 h	20,000	600,00	
	(Materiales)				
	Varilla Corrugada 150mm	59,000 ud	0,230	13,57	
	PINTURA EPOXI BREA AE-529-E (LATA 4,4 L) …	0,788 ud	29,150	22,97	
	CATALIZADOR EPOXIDICO INCLUIDO EN PINTURA…	0,788 ud	5,550	4,37	
	Tornillería	200,000 ud	0,090	18,00	
	RIOSTRA PERIMETRAL 80x40x1,5mm H-4,5 L=58…	59,000 ud	26,400	1.557,60	
	3% Costes indirectos			66,50	
					2.283,01
1.2.3	Canales				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	20,000 h	20,000	400,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	4.000,000 ud	0,090	360,00	
	CANAL INV. OVAL 3m Z-275 E-1.5mm	165,000 ud	25,180	4.154,70	
	EXTREMO CANAL INV. OVAL CON BAJANTE ACODA…	10,000 ud	36,610	366,10	
	EXTREMO CANAL INV. OVAL SIN DESAGÜE	10,000 ud	12,890	128,90	
	TAPA CANAL INV. OVAL	10,000 ud	2,400	24,00	
	3% Costes indirectos			163,01	
					5.596,71
1.2.4	ud Arcos ovalados y sus arriostramientos				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	110,000 h	20,000	2.200,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	1.600,000 ud	0,090	144,00	
	SEMICURVA INV. OVAL 12.8m CON TIRANTE	272,000 ud	26,850	7.303,20	
	CLAVE UNION ARCO OVAL	272,000 ud	3,620	984,64	
	MEDIO TIRANTE A CURVA 12.8m INV. OVAL	132,000 ud	25,100	3.313,20	
	PLETINA UNION TIRANTE 12,8m	66,000 ud	0,478	31,55	
	PENDOLON LARGO INV. OVAL 12,8m CON VENTANA	66,000 ud	10,190	672,54	
	PENDOLON CRUZADO OVAL 12.8m L=3850mm	132,000 ud	11,480	1.515,36	
	PENDOLON LATERAL INV. OVAL 12.8m	132,000 ud	9,620	1.269,84	
	BRIDA U 60x90 OVALADO	388,000 ud	0,900	349,20	
	TIRANTILLO D-40 INV. OVAL L=4280mm	62,000 ud	7,920	491,04	
	PENDOLON INV. OVAL 12,8m CON VENTANA	62,000 ud	3,600	223,20	
	3% Costes indirectos			554,93	
					19.052,70
1.2.5	ud Estructura de Ventana Cenital				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	200,000 h	20,000	4.000,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	1.600,000 ud	0,090	144,00	
	AMARRE CORREA CENITAL INV. OVAL	136,000 ud	0,998	135,73	
	TORNILLO CAÑA M-8x60 HEX. DIN931 8.8 ZN	136,000 ud	0,078	10,61	
	BISAGRAS MARIPOSA	140,000 ud	2,520	352,80	
	CORREA 60x40 CENITAL INV. OVAL 6000mm	64,000 ud	18,370	1.175,68	
	PERFIL C 6000mm PARA CANAL 6m	64,000 ud	6,770	433,28	
	BRAZO EXTREMO V. INV. OVAL M.M. (50x30 L=…	16,000 ud	22,920	366,72	
	BRAZO V. INV. OVAL (50x30 L=2m)	272,000 ud	6,660	1.811,52	
	PUNTERA HUETE	272,000	1,780	484,16	
	ALINEADOR EXTERIOR LARGO 60mm	288,000 ud	1,060	305,28	
	ALINEADOR INTERIOR 96	576,000 ud	0,240	138,24	
	PERFIL M 6000mm	128,000 ud	12,360	1.582,08	
	PERFIL M 3000mm	8,000 ud	6,760	54,08	
	CANUTILLO PVC 2,5m (PERFIL CUÑA) 2019	317,000 ud	0,390	123,63	
	3% Costes indirectos			333,53	
					11.451,34

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
1.2.6	ud Accionamiento Ventilación Cenital Mariposa				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	160,000 h	20,000	3.200,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	1.200,000 ud	0,090	108,00	
	MOTOR RIDDER CON CABLEADO 10m TRIFASICO 0…	8,000 ud	329,950	2.639,60	
	SOPORTE REDUCTOR	8,000 ud	5,370	42,96	
	BRIDA OMEGA ANCHA 60x90 OVALADO	8,000 ud	1,540	12,32	
	CADENA DE ACOPLAMIENTO RW/240/400/600	16,000 ud	3,000	48,00	
	BARRA MANDO 6m CON PIÑON MOTOREDUCTOR	16,000 ud	26,100	417,60	
	BARRA DE MANDO 6m	120,000 ud	15,400	1.848,00	
	CASQUILLO INTERIOR BARRA MANDO	136,000 ud	0,830	112,88	
	BRIDA UNION BARRA DE MANDO	256,000 ud	0,400	102,40	
	CREMALLERA RECTA H=30/3 L=1880	272,000 ud	5,200	1.414,40	
	COJINETE OVAL 60x90mm BARRA DE MANDO 1"	272,000 ud	1,700	462,40	
	CAJA Y PIÑON TU 5/30	272,000 ud	2,700	734,40	
	3% Costes indirectos			334,29	
					11.477,25
1.2.7	ud Correas y Sistema de Taqueo				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	100,000 h	20,000	2.000,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	800,000 ud	0,090	72,00	
	ALINEADOR INTERIOR 96	1.500,000 ud	0,240	360,00	
	PERFIL M 6000mm	303,000 ud	12,360	3.745,08	
	PERFIL M 3000mm	14,000 ud	6,760	94,64	
	CANUTILLO PVC 2,5m (PERFIL CUÑA) 2019	1.200,000 ud	0,390	468,00	
	BRIDA OMEGA 60x90 OVALADO CON SUJECION PA…	750,000 ud	1,035	776,25	
	ALINEADOR EXTERIOR LARGO 110mm	750,000 ud	1,590	1.192,50	
	CURVA FRONTAL INV. OVAL 12,8m	32,000 ud	16,210	518,72	
	PERFIL C 3370mm PARA PRIMER CANAL INV. OV…	20,000 ud	3,920	78,40	
	PERFIL C 3000mm PARA CANAL INV. OVAL	310,000 ud	3,560	1.103,60	
	3% Costes indirectos			312,28	
					10.721,47
1.2.8	ud Sistema de Refuerzo y Arriostramiento				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	90,000 h	20,000	1.800,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	900,000 ud	0,090	81,00	
	BRAZO CRUZ DE SAN ANDRES L=3450mm	60,000 ud	13,500	810,00	
	MEDIA BRIDA CRUZ DE SAN ANDRES PILAR 80x1…	100,000 ud	1,890	189,00	
	MEDIA BRIDA CRUCE CRUZ SAN ANDRES PILAR 8…	30,000 ud	3,240	97,20	
	RIOSTRA FRONTAL 9,4 M-3 PC-80x80 PF-140x8…	16,000 ud	17,830	285,28	
	BRIDA RIOSTRA FRONTAL 80mm PILAR 80x80	30,000 ud	2,020	60,60	
	REFUERZO PILAR CENTRAL A SEGUNDO ARCO MO…	16,000 ud	9,500	152,00	
	AMARRE PARA REFUERZOS	80,000 ud	0,920	73,60	
	BRIDA OMEGA 60x90 OVAL	80,000 ud	1,350	108,00	
	REFUERZO PRIMEROS ARCOS MOD. 12.8m	16,000 ud	6,600	105,60	
	REFUERZO INCLINADO PRIMEROS ARCOS MOD. 12…	32,000 ud	9,350	299,20	
	3% Costes indirectos			121,84	
					4.183,32
	1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares				

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
1.3.1	ud Sistema de Alambrado y Emparrillado				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	130,000 h	20,000	2.600,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	125,000 ud	0,090	11,25	
	BRIDA U 60x90 OVALADO	125,000 ud	0,900	112,50	
	CORDON 1x7 5mm (metros)	1.555,600 m	0,200	311,12	
	RETENCION 57 GRT - 4,82/5,02/D (ROJO)	1.135,000 ud	1,530	1.736,55	
	VARILLA SOPORTE EMPARRILLADO 2700mm	225,000 ud	1,240	279,00	
	ALAMBRE GALV. 15 2,4mm (DULCE) (metros)	1.343,000 m	1,150	1.544,45	
	VARILLA D-12 A 700mm GALVA CON OJO	102,000 ud	4,200	428,40	
	GUARDACABOS 8mm	150,000 ud	0,110	16,50	
	GANCHO EMPARR. A TIRANTE 1355mm	330,000 ud	1,120	369,60	
	PERCHA + HILO 180mm	13.050,000 ud	0,130	1.696,50	
	CLIP 22mm	73.500,000 ud	0,032	2.352,00	
	3% Costes indirectos			343,74	
					11.801,61
1.3.2	ud Puerta Frontal				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	10,000 h	20,000	200,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	60,000 ud	0,090	5,40	
	ARMAZON PUERTA COLGANTE	2,000 ud	161,640	323,28	
	PERFIL M 5650mm	2,000 ud	7,900	15,80	
	PERFIL M 5300mm	1,000 ud	8,900	8,90	
	BRIDA OMEGA 80-140	12,000 ud	1,970	23,64	
	GUIA SUPERIOR 40-40 PUERTA 4m PILARES 80x…	1,000 ud	66,230	66,23	
	GUIA CENTRADO PUERTA MX 60mm	3,000 ud	1,830	5,49	
	PERFIL C 1970mm	10,000 ud	2,440	24,40	
	CHAPA GALVA 2600x30x1,5mm	3,000 ud	1,720	5,16	
	3% Costes indirectos			20,35	
					698,65
1.3.3	ud Malla Anti-insecto				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	30,000 h	20,000	600,00	
	(Materiales)				
	Malla ROLLO 2x104 (ventanas cenitales)	8,000 ud	52,000	416,00	
	CORDON GOMA D-6 RETENCION MALLA V.C. (1 …	15,000 ud	80,000	1.200,00	
	GRAPADORA 1300 CON CARGADOR FIJO A-20	1,000 ud	40,660	40,66	
	CLIP PARA MALLA ANTIMOSQUITOS	3.000,000 ud	0,250	750,00	
	3% Costes indirectos			90,20	
					3.096,86
1.3.4	ud Malla Suelo Anti-hierbas				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	20,000 h	20,000	400,00	
	(Materiales)				
	Tornillería	800,000 ud	0,090	72,00	
	Rafia de cubrición blanca 100 g/m² 100x1…	6,000 ud	643,680	3.862,08	
	3% Costes indirectos			130,02	
					4.464,10

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
1.3.5	ud Plástico de Cubierta				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	85,000 h	20,000	1.700,00	
	(Materiales)				
	ROLLO 4,5x100 (ventanas) PLASTICO CELLOFL…	1.800,000 m2	1,450	2.610,00	
	ROLLO 5,5x100 (fijos techos) PLASTICO CEL…	4.400,000 m2	1,450	6.380,00	
	ROLLO 6,5x100 (lateral) RAFIA PLASTIFICADA	1.300,000 ud	1,650	2.145,00	
	ROLLO 5,5x58 (frontales) RAFIA PLASTIFICA…	638,000 m2	1,650	1.052,70	
	ROLLO 4,5x53 (medialunas) RAFIA PLASTIFIC…	477,000 ud	1,650	787,05	
	3% Costes indirectos			440,24	
					15.114,99
	2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN				
	2.1 Movimiento de Tierras				
2.1.1	ud Excavación de Zanjas				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obrera Operario con Excavadora	12,000 h	45,000	540,00	
	(Maquinaria)				
	Excavacion y Compactacion de Zanjas 300x5…	180,000 m	3,870	696,60	
	(Materiales)				
	Arena de Obra 300x250mm	180,000 m	2,970	534,60	
	3% Costes indirectos			53,14	
					1.824,34
	2.2 Conducciones de Riego				
2.2.1	ud Laterales de Riego con Goteros integrados				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	45,000 h	20,000	900,00	
	(Materiales)				
	Tubería blanca PE 20mm PN6	2.400,000 m	0,320	768,00	
	Goteros autocompensantes 3l/h membrana si…	8.400,000 ud	0,170	1.428,00	
	Microtubo de polietileno diámetro 4x6 mm	1.800,000 m	0,730	1.314,00	
	Piqueta de goteo tipo laberinto 140 mm l…	8.400,000 u	0,220	1.848,00	
	Empalmes y Conexiones diametro pequeño	80,000 ud	0,740	59,20	
	3% Costes indirectos			189,52	
					6.506,72
2.2.2	ud Tubería principal de distribución				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	6,000 h	20,000	120,00	
	(Materiales)				
	Tubería Agua potable PE 63mm PN10 100m	2,000 ud	409,350	818,70	
	TUBO PVC rígido 63mm PN10	25,000 m	16,370	409,25	
	3% Costes indirectos			40,44	
					1.388,39
2.2.3	ud Tubería Secundaria Portarramal				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Tubería Negra PE 50 mm PN10	50,000 m	0,990	49,50	
	Tubo PVC rígido 50mm PN10	5,000 m	13,860	69,30	
	3% Costes indirectos			4,76	
					163,56

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
2.2.4	ud Canaleta De Pvc Para Recogida De Drenaje				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	15,000 h	20,000	300,00	
	(Materiales)				
	Canaleta de drenaje con rejilla 100x70mm	2.400,000 m	5,440	13.056,00	
	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	40,000 ud	7,620	304,80	
	3% Costes indirectos			409,82	
					14.070,62
	2.3 Equipos de Riego Motorizados				
2.3.1	ud Equipos de RIego Motorizados				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	20,000 h	20,000	400,00	
	(Materiales)				
	Bomba sumergible monofásica 230 de 1110 W	1,000 ud	260,870	260,87	
	Bomba centrífuga trifásica Pedrollo HF 5B…	1,000 ud	316,360	316,36	
	Bomba centrífuga monofásica 0,37 kW	1,000 ud	168,970	168,97	
	Equipo Automático Dosificador de Ácido + …	1,000 ud	1.348,240	1.348,24	
	Agitador Eléctrico Vertical Monofásico 0,…	3,000 ud	147,210	441,63	
	3% Costes indirectos			88,08	
					3.024,15
	2.4 Componentes y Piezas para Riego				
2.4.1	ud Depósitos y Tanques				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Depósito PEAD Verde Opaco Capacidad 15.00…	1,000 ud	2.551,440	2.551,44	
	Deposito en PEAD rotomoldeado 1000L	3,000 ud	326,560	979,68	
	Deposito en PEAD rotomoldeado 500L especi…	1,000 ud	274,040	274,04	
	3% Costes indirectos			115,35	
					3.960,51
2.4.2	ud Equipo de Filtración				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Filtro de Anillas 63mm con Boquilla Desag…	1,000 ud	118,730	118,73	
	Filtro de anillas 25mm con boquilla desag…	3,000 ud	8,740	26,22	
	3% Costes indirectos			5,55	
					190,50
2.4.3	ud Elementos de Medición de Caudal				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	3,000 h	20,000	60,00	
	(Materiales)				
	Caudalímetro Digital 63mm	1,000 ud	164,130	164,13	
	Rotametro vertical 32mm Medicion 30-3000 …	2,000 ud	15,360	30,72	
	Rotámetro Vetical 25mm medición 25-250 l/h	3,000 ud	15,140	45,42	
	Manometro de Glicerina con collarín 63mm …	2,000 ud	13,640	27,28	
	Manometro de Glicerina con collarín 50mm …	2,000 ud	13,640	27,28	
	3% Costes indirectos			10,64	
					365,47

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
2.4.4	ud Válvulas de Riego				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	4,000 h	20,000	80,00	
	(Materiales)				
	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	0,500 ud	7,620	3,81	
	Valvula antirretorno PVC 63mm PN16	3,000 ud	15,120	45,36	
	Valvula antirretorno PVC 32mm PN16	1,000 ud	6,870	6,87	
	Valvula antirretorno PVC 25mm PN16	6,000 ud	6,280	37,68	
	Válvula de pie 63mm de latón con filtro …	1,000 ud	23,080	23,08	
	Válvula de bola PVC PN16 63mm	2,000 ud	20,850	41,70	
	Válvula de bola PVC PN16 50mm	2,000 ud	13,070	26,14	
	Válvula de bola PVC PN16 40mm	5,000 ud	9,790	48,95	
	Válvula de bola PVC PN16 32mm	3,000 ud	8,790	26,37	
	Válvula de bola PVC PN16 25mm	6,000 ud	5,860	35,16	
	Válvula de aguja de alta precisión 25mm P…	3,000 ud	15,310	45,93	
	Válvula automática de purga de aire 3/4''…	2,000 ud	11,240	22,48	
	3% Costes indirectos			13,31	
					456,84
2.4.5	ud Uniones, Acoples y Empalmes				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	3,000 h	20,000	60,00	
	(Materiales)				
	Adhesivo PVC lata 500ml incoloro	1,000 ud	7,620	7,62	
	Codo PVC 87º 63mm	7,000 ud	5,050	35,35	
	Codo PVC 87º 50mm	4,000 ud	3,520	14,08	
	Codo PVC 87º 32mm	4,000 ud	2,720	10,88	
	Codo PVC 87º 25mm	9,000 ud	2,660	23,94	
	Te con reduccion 63x63x50mm PVC PN16	1,000 ud	4,480	4,48	
	Te con reduccion 63x63x40mm PVC PN16	4,000 ud	4,480	17,92	
	Te con reduccion 63x63x32mm PVC PN16	4,000 ud	4,480	17,92	
	Te con reduccion 63x63x25mm PVC PN16	2,000 ud	4,480	8,96	
	Te con reduccion 50x50x20mm PVC PN16	24,000 ud	3,740	89,76	
	Te con reduccion 32x32x25mm PVC PN16	3,000 ud	2,680	8,04	
	Te con reduccion 25x25x25mm PVC PN16	4,000 ud	2,680	10,72	
	3% Costes indirectos			9,29	
					318,96
2.4.6	ud Sustrato para Cultivo				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	12,000 h	20,000	240,00	
	(Materiales)				
	Saco de Sutrato en perlita 1000x130x65mm …	2.400,000 ud	3,250	7.800,00	
	3% Costes indirectos			241,20	
					8.281,20
	3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN				
	3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado				
3.1.1	ud Paneles Solares				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	10,000 h	20,000	200,00	
	(Materiales)				
	Panel fotovoltaico monocristalino 610W	3,000 ud	99,870	299,61	
	Estructura deacero galvanizado (Perfiles …	1,000 ud	347,610	347,61	
	3% Costes indirectos			25,42	
					872,64

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
3.1.2	ud Baterías				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	5,000 h	20,000	100,00	
	(Materiales)				
	Batería de Gel Kaise 12V 180Ah	6,000 ud	269,670	1.618,02	
	3% Costes indirectos			51,54	
					1.769,56
3.1.3	ud Inversor Solar				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	8,000 h	20,000	160,00	
	(Materiales)				
	Inversor cargador MULTIPLUS 4500W 24V	1,000 ud	3.893,850	3.893,85	
	3% Costes indirectos			121,62	
					4.175,47
3.1.4	ud Regulador de Carga				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	5,000 h	20,000	100,00	
	(Materiales)				
	Regulador Victron BlueSolar MPPT 150/70	1,000 ud	269,670	269,67	
	3% Costes indirectos			11,09	
					380,76
	3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización				
3.2.1	ud Puesta a Tierra				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	pica de acero cobreado de 16x2000 mm	1,000 ud	18,000	18,00	
	Cobre Unipolar Desnudo de Sección 18 mm²	10,000 m	3,220	32,20	
	3% Costes indirectos			2,71	
					92,91
3.2.2	ud Cuadro General de Riego				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	10,000 h	20,000	200,00	
	(Materiales)				
	Armario Modular de Poliéster Reforzado co…	1,000 ud	228,140	228,14	
	Caja de Empalme y Derivación Estanca	3,000 ud	16,710	50,13	
	Interruptor General Automático bipolar 25A	1,000 ud	13,470	13,47	
	Interruptores magnetotérmico bipolar de 1…	3,000 ud	12,450	37,35	
	Interruptores magnetotérmico bipolar de 6…	3,000 ud	9,880	29,64	
	Protector Contra Sobretensiones TyP	1,000 ud	30,020	30,02	
	Interruptor Diferencial Bipolar corte 30mA	1,000 ud	17,630	17,63	
	Guardamotores Tripolar Rango de Regulació…	2,000 ud	49,150	98,30	
	Contactor Bipolar, con Intensidad Nominal…	2,000 ud	40,630	81,26	
	3% Costes indirectos			23,58	
					809,52
3.2.3	Variador de Frecuencia				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Variador de Frecuencia RS PRO serie RS510…	1,000 ud	141,570	141,57	
	3% Costes indirectos			5,45	
					187,02

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
3.2.4	Controlador Lógico Programable (PLC)				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	4,000 h	20,000	80,00	
	(Materiales)				
	Fuente De Alimentación 24 V DC	2,000 ud	62,360	124,72	
	PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE	2,000 ud	119,860	239,72	
	Módulo de Expansión Analógico Siemens LOG…	2,000 ud	80,700	161,40	
	3% Costes indirectos			18,18	
					624,02
	3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas				
3.3.1	ud Cableado y Canalización Eléctrica				
	(Materiales)				
	Cable eléctrico tripolar 2,5mm2	33,000 m	3,210	105,93	
	Cable eléctrico tripolar 1,5mm2	18,000 m	2,470	44,46	
	Cable eléctrico bipolar 35mm2	1,500 m	10,790	16,19	
	Cable eléctrico bipolar 16mm2	2,000 m	6,010	12,02	
	Cable eléctrico bipolar 6mm2	10,000 m	2,460	24,60	
	Cable eléctrico bipolar 1mm2 (bobina 100m)	2,000 ud	91,820	183,64	
	Cable Multipolar De Señal (4) 0,2mm2 (bob…	4,000 ud	86,240	344,96	
	Tubo Corrugado Flexible Artiglas 16mm	200,000 ud	0,186	37,20	
	Rejiband RAPIDE ELECTROCINCADO PEMSA 60 mm	20,000 ud	1,050	21,00	
	3% Costes indirectos			23,70	
					813,70
	3.4 Sensores y Elementos de Control				
3.5	ud Electroválvulas				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Electroválvula con solenoide 24v DC tuber…	2,000 ud	57,730	115,46	
	Electroválvula con solenoide 24v DC tuber…	3,000 ud	29,750	89,25	
	3% Costes indirectos			7,34	
					252,05
3.6	ud Sensores de Nivel de Agua				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Interruptores conmutado de nivel tipo flo…	2,000 ud	17,490	34,98	
	3% Costes indirectos			2,25	
					77,23
3.7	ud Sensores de Humedad para Sustrato				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	3,000 h	20,000	60,00	
	(Materiales)				
	Sensor Capacitivo FDR para medición de co…	4,000 ud	179,820	719,28	
	Transmisor de Señal Analógica 4-20 mA	4,000 ud	32,440	129,76	
	3% Costes indirectos			27,27	
					936,31
3.8	ud Conductivímetro Digital				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra Montador	2,000 h	20,000	40,00	
	(Materiales)				
	Equipo de medición continua de CE (incluy…	1,000 ud	343,170	343,17	
	3% Costes indirectos			11,50	
					394,67

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación			Importe Parcial (Euros)	Importe Total (Euros)
	4 Seguimiento y Coordinación de Obra				
	4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos				
4.1.1	ud Pruebas, ajuste, calibración y puesta a punto				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra de Ingeniero Especialista	20,000 ud	40,000	800,00	
	3% Costes indirectos			24,00	
					824,00
4.1.2	ud Supervisión y Seguimiento de Obra				
	(Mano de obra)				
	Mano de Obra de Ingeniero Especialista	60,000 ud	40,000	2.400,00	
	3% Costes indirectos			72,00	
					2.472,00

Ingeniero Agricola

Dario Vara Lana

Presupuesto y medición



Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 Cimentación y Anclajes					
1.1.1 01.01.01	**ud**	**Replanteo y Marcaje**			
		Total ud .....:	1,000	696,90	696,90
1.1.2 01.01.02	**ud**	**Precimentación de Postizos**			
		Total ud .....:	1,000	14.221,05	14.221,05
1.1.3 01.01.03	**ud**	**Cimentación e Instalación de Pilares**			
		Total ud .....:	1,000	14.162,31	14.162,31
1.2 Estructura Metálica					
1.2.1 01.02.01	**ud**	**Escuadras (Capiteles**			
		Total ud .....:	1,000	1.258,95	1.258,95
1.2.2 01.02.02	**ud**	**Riostras balcón lateral**			
		Total ud .....:	1,000	2.283,01	2.283,01
1.2.3 01.02.03		**Canales**			
		Total .....:	1,000	5.596,71	5.596,71
1.2.4 01.02.04	**ud**	**Arcos ovalados y sus arriostramientos**			
		Total ud .....:	1,000	19.052,70	19.052,70
1.2.5 01.02.05	**ud**	**Estructura de Ventana Cenital**			
		Total ud .....:	1,000	11.451,34	11.451,34
1.2.6 01.02.06	**ud**	**Accionamiento Ventilación Cenital Mariposa**			
		Total ud .....:	1,000	11.477,25	11.477,25
1.2.7 01.02.07	**ud**	**Correas y Sistema de Taqueo**			
		Total ud .....:	1,000	10.721,47	10.721,47
1.2.8 01.02.08	**ud**	**Sistema de Refuerzo y Arriostramiento**			
		Total ud .....:	1,000	4.183,32	4.183,32
1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares					
1.3.1 01.03.01	**ud**	**Sistema de Alambrado y Emparrillado**			
		Total ud .....:	1,000	11.801,61	11.801,61
1.3.2 01.03.02	**ud**	**Puerta Frontal**			
		Total ud .....:	1,000	698,65	698,65
1.3.3 01.03.03	**ud**	**Malla Anti-insecto**			
		Total ud .....:	1,000	3.096,86	3.096,86
1.3.4 01.03.04	**ud**	**Malla Suelo Anti-hierbas**			
		Total ud .....:	1,000	4.464,10	4.464,10
1.3.5 01.03.05	**ud**	**Plástico de Cubierta**			
		Total ud .....:	1,000	15.114,99	15.114,99



Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
2.1 Movimiento de Tierras					
2.1.1 02.01.01	**ud**	**Excavación de Zanjas**			
		Total ud .....:	1,000	1.824,34	1.824,34
2.2 Conducciones de Riego					
2.2.1 02.02.01	**ud**	**Laterales de Riego con Goteros integrados**			
		Total ud .....:	1,000	6.506,72	6.506,72
2.2.2 02.02.02	**ud**	**Tubería principal de distribución**			
		Total ud .....:	1,000	1.388,39	1.388,39
2.2.3 02.02.03	**ud**	**Tubería Secundaria Portarramal**			
		Total ud .....:	1,000	163,56	163,56
2.2.4 02.02.04	**ud**	**Canaleta De Pvc Para Recogida De Drenaje**			
		Total ud .....:	1,000	14.070,62	14.070,62
2.3 Equipos de Riego Motorizados					
2.3.1 02.03.01	**ud**	**Equipos de RIego Motorizados**			
		Total ud .....:	1,000	3.024,15	3.024,15
2.4 Componentes y Piezas para Riego					
2.4.1 02.04.01	**ud**	**Depósitos y Tanques**			
		Total ud .....:	1,000	3.960,51	3.960,51
2.4.2 02.04.02	**ud**	**Equipo de Filtración**			
		Total ud .....:	1,000	190,50	190,50
2.4.3 02.04.03	**ud**	**Elementos de Medición de Caudal**			
		Total ud .....:	1,000	365,47	365,47
2.4.4 02.04.04	**ud**	**Válvulas de Riego**			
		Total ud .....:	1,000	456,84	456,84
2.4.5 02.04.05	**ud**	**Uniones, Acoples y Empalmes**			
		Total ud .....:	1,000	318,96	318,96
2.4.6 02.0.4.06	**ud**	**Sustrato para Cultivo**			
		Total ud .....:	1,000	8.281,20	8.281,20



Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado					
3.1.1 03.01.01	**ud**	**Paneles Solares**			
		Total ud .....:	1,000	872,64	872,64
3.1.2 03.01.02	**ud**	**Baterías**			
		Total ud .....:	1,000	1.769,56	1.769,56
3.1.3 03.01.03	**ud**	**Inversor Solar**			
		Total ud .....:	1,000	4.175,47	4.175,47
3.1.4 03.01.04	**ud**	**Regulador de Carga**			
		Total ud .....:	1,000	380,76	380,76
3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización					
3.2.1 03.02.01	**ud**	**Puesta a Tierra**			
		Total ud .....:	1,000	92,91	92,91
3.2.2 03.02.02	**ud**	**Cuadro General de Riego**			
		Total ud .....:	1,000	809,52	809,52
3.2.3 03.02.03		**Variador de Frecuencia**			
		Total .....:	1,000	187,02	187,02
3.2.4 03.02.04		**Controlador Lógico Programable (PLC)**			
		Total .....:	1,000	624,02	624,02
3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas					
3.3.1 03.03.01	**ud**	**Cableado y Canalización Eléctrica**			
		Total ud .....:	1,000	813,70	813,70
3.4 Sensores y Elementos de Control					
3.5 03.04.01	**ud**	**Electroválvulas**			
		Total ud .....:	1,000	252,05	252,05
3.6 03.04.02	**ud**	**Sensores de Nivel de Agua**			
		Total ud .....:	1,000	77,23	77,23
3.7 03.04.03	**ud**	**Sensores de Humedad para Sustrato**			
		Total ud .....:	1,000	936,31	936,31
3.8 03.04.04	**ud**	**Conductivímetro Digital**			
		Total ud .....:	1,000	394,67	394,67



Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos					
4.1.1 04.01.01	**ud**	**Pruebas, ajuste, calibración y puesta a punto**			
		Total ud .....:	1,000	824,00	824,00
4.1.2 04.01.02	**ud**	**Supervisión y Seguimiento de Obra**			
		Total ud .....:	1,000	2.472,00	2.472,00



Presupuesto de ejecución material

1. ESTRUCTURA DEL INVERNADERO .....…	130.281,22
2. SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN .....…	40.551,26
3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN .....…	13.046,12
4. Seguimiento y Coordinación de Obra .....…	3.296,00
Total:	187.174,60

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y SIETE MIL CIENTO SETENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS.

Ingeniero Agricola

Dario Vara Lana



Proyecto: PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE INVERNADERO MULTICAPILLA PARA CULTIVO HIDROPÓ…

Capítulo	Importe
1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO	
1.1 Cimentación y Anclajes	29.080,26
1.2 Estructura Metálica	66.024,75
1.3 Cerramientos y Elementos Auxiliares	35.176,21
Total 1 ESTRUCTURA DEL INVERNADERO .....:	**130.281,22**
2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN	
2.1 Movimiento de Tierras	1.824,34
2.2 Conducciones de Riego	22.129,29
2.3 Equipos de Riego Motorizados	3.024,15
2.4 Componentes y Piezas para Riego	13.573,48
Total 2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN .....:	**40.551,26**
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN	
3.1 Sistema Fotovoltaico Aislado	7.198,43
3.2 Cuadro Eléctrico, Protección y Automatización	1.713,47
3.3 Cableado y Canalizaciones Eléctricas	813,70
3.4 Sensores y Elementos de Control	1.660,26
Total 3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN .....:	**13.046,12**
4 Seguimiento y Coordinación de Obra	
4.1 Seguimiento de obra y ajuste de equipos	3.296,00
Total 4 Seguimiento y Coordinación de Obra .....:	**3.296,00**
Presupuesto de ejecución material	**187.174,60**
13% de gastos generales	24.332,70
6% de beneficio industrial	11.230,48
Presupuesto de ejecución por contrata	**222.737,78**

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTIDOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Ingeniero Agricola

Dario Vara Lana

