

ÍNDICE SUBANEJO 9.1: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	REGLAMENTO DE APLICACIÓN	3
3.	SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	3
4.	ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN.....	4
4.1.	Acometida	4
4.2.	Caja general de protección (CGP)	4
4.3.	Equipos de medida. Contadores.....	5
4.4.	Derivación individual	5
4.5.	Dispositivo general de mando y protección.....	6
4.6.	Circuitos interiores.....	7
	Conductores	7
4.7.	Dispositivos de protección.....	7
4.7.1.	Protección contra sobrecargas.....	7
4.7.2.	Protección contra sobrecargas	8
4.7.3.	Protección contra cortocircuitos	8
4.7.4.	Protección contra sobretensiones.....	8
4.7.5.	Protección contra contactos directos	9
4.7.6.	Protección contra contactos indirectos. Puesta a tierra.....	10
4.8.	Receptores.....	12
4.8.1.	Receptores de alumbrado.....	12
5.	NECESIDADES DE POTENCIA.....	12
5.1.	Necesidades de alumbrado interior.....	12
6.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE LAS LÁMPARAS	15

7.	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE ALUMBRADO	16
7.1.	Cálculo de la sección de las líneas.....	16
	Caída de tensión máxima permitida:	17
	Cálculo de la sección:	17
	Comprobación de la sección.....	18
	Elección del tubo protector.....	18
8.	CALCULO LÍNEAS DE FUERZA	19
8.1.	Bombas	19
	Caída máxima de tensión.....	20
	Cálculo de la intensidad.....	20
	Cálculo de la sección	20
	Caída máxima de tensión.....	20
	Cálculo de la intensidad.....	21
	Cálculo de la sección	21
9.	EQUILIBRADO DE FASES.....	21
10.	POTENCIA DEMANDADA Y CONTRATADA.....	21
11.	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	22
12.	PUESTA A TIERRA.....	23
13.	DIFERENCIALES Y MAGNETOTÉRMICOS	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente subanejo tiene por objeto el estudio y cálculo de la instalación eléctrica que dotará al invernadero de las bases de enchufes para tomas de corriente y del nivel de iluminación suficiente para la actividad que se va a desarrollar en su interior, así como de servir de norma y establecer las bases técnicas por las que se regirá la ejecución de la obra.

Asimismo, a través de este subanejo se pretende exponer ante los Organismos Competentes que la instalación eléctrica en baja tensión que nos ocupa, reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización administrativa y la Ejecución de la Instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

2. REGLAMENTO DE APLICACIÓN

- Reglamento Electrónico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares de la compañía suministradora de energía eléctrica, en este caso Unión Fenosa.

3. SUMINISTRO DE ENERGÍA

La energía eléctrica se tomará de la red de baja tensión, que la compañía distribuidora Unión Fenosa posee en las inmediaciones, siendo la tensión existente de 400/230 V, entre fases y fase-neutro respectivamente.

4. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN

4.1. Acometida

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja general de protección (CGP), esta línea se encuentra regulada por la ITC-BT-11.

Al tratarse de una parcela de suelo urbano, ubicada en el centro de la ciudad, ya cuenta con acometida, ubicada en la esquina inferior izquierda de la parcela.

4.2. Caja general de protección (CGP)

Es la caja que aloja los elementos de protección de la línea general de alimentación. Se instalará sobre la fachada exterior del edificio, en un lugar libre y de permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la empresa suministradora y la propiedad. Cabe destacar que las disposiciones generales sobre este tipo de cajas quedan recogidas en la ITC-BT-13.

La caja general de protección a utilizar corresponderá a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Dentro de la misma se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación; el neutro estará construido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre ellas en particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la Norma UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según la norma UNE 20.324 e IK 08 según la norma UNE-EN 50.102 y serán precintables.

4.3. Equipos de medida. Contadores

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica podrán estar ubicados en módulos -cajas con tapas precintables-, que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 la instrucción ITC-BT-016 y las particularidades impuestas por la compañía suministradora.

Las dimensiones de los módulos serán las adecuadas para el tipo y número de contadores, así como del resto de dispositivos necesarios para la facturación de la energía, que según el tipo de suministro deban llevar, y su grado de protección, de acuerdo con la norma UNE 20.324 y UNE-EN 50.102, es de IP40 y IK 09 para instalaciones de tipo interior.

En él, irán instalados los fusibles de seguridad, la regleta de verificación y el equipo de medida, cuyas características son las siguientes:

- Contador de energía activa de 3 sistemas, 4 hilos, simple tarifa, con dispositivo emisor de impulsos modelo con clase mínima de precisión 3.
- Contador de energía reactiva de 3 sistemas, 4 hilos, simple tarifa, con dispositivo emisor de impulsos con clase mínima de precisión 3.
- Dispositivo electrónico, tarifador receptor de impulsos de los contadores anteriormente citados, con capacidad para la distribución de energía en tarifas múltiples, así como registro de potencias, con interruptor horario incorporado y cambio automático del horario invierno-verano.
- Caja de bornes de ensayo (regleta de verificación).

4.4. Derivación individual

La derivación individual es la línea encargada de llevar la energía eléctrica desde los equipos de medida hasta el cuadro general de distribución. Estará formada por cables multiconductores de cobre aislados, con aislamiento XLPE, colocados sobre bandeja perforada a una distancia de la pared mayor a 0,3 veces el diámetro del cable, según la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos

fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora de energía.

4.5. Dispositivo general de mando y protección

Aloja los dispositivos de mando y protección para las distintas líneas de fuerza y de alumbrado. El cuadro debe estar precintado y en él se instalan los cortacircuitos fusibles, uno por cada conductor de fase, así como un borne de conexión para el neutro, su colocación está regulada por la ITC-BT-13.

La altura a la cual se colocarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m. Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo de IP30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE 50.102.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático. Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, de intensidad nominal correspondiente a la previsión de carga del local, que permita su accionamiento manual Y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos, según ITC-BT-22. Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada superior o igual ^a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, según ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores, según ITC-BT-22.

- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23.

4.6. Circuitos interiores

Parte de la instalación une el cuadro general de distribución con todos los receptores, está regulada por la instrucción ITC-B T-19.

Conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre estarán aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V y los utilizados en canalizaciones sobre bandeja perforada serán cables con cubierta y aislamiento 0,6/1 kV.

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5%) y la de la derivación individual y línea repartidora (1,5%) de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5%).

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Al conductor neutro se le identificará por el color azul claro, al conductor de protección por el verde-amarillo y todos los conductores de fase se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

4.7. Dispositivos de protección

4.7.1. Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

4.7.2. Protección contra sobrecargas

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmico de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

4.7.3. Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

4.7.4. Protección contra sobretensiones

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben tener los equipos, determinando a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes

dispositivos de protección década zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se pueden presentar dos situaciones diferentes ante la toma de medidas para el control de las sobreintensidades:

- **Situación natural**: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.

- **Situación controlada**: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por una línea aérea con conductores desnudos o aislados. También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

4.7.5. Protección contra contactos directos

- **Protección por aislamiento de las partes activas**: las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

- **Protección por medio de barreras o envolventes**: las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posea, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación

suficiente de las partes activas en las condiciones no normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual: esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactor directos.

4.7.6. Protección contra contactos indirectos. Puesta a tierra.

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante “corte automático de la alimentación”. Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

La puesta a tierra se establece principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la protección a una misma toma de tierra.

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser, tales que:

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Se establecerá de una toma de tierra de protección, según el siguiente sistema: instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 mm² según se indica en la ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos, verticalmente hincados en el terreno, cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectará la estructura metálica del edificio. Estas conexiones se establecerán de manera fiable y segura, mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de fuerza correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

4.8.Receptores

4.8.1. Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5kg, y los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9, siendo obligatoria la compensación del factor de potencia hasta ese valor mínimo.

5. NECESIDADES DE POTENCIA

5.1.Necesidades de alumbrado interior

En el cálculo de las necesidades de iluminación se realizará utilizando el método de los lúmenes, que considera las siguientes variantes:

- Factores de reflexión del techo, suelo y paredes: los valores se encuentran tabulados para los diferentes tipos de materiales dependiendo del acabado considerado; así, para el invernadero tendremos:
 - Techo: color blanco y muy claro 75%.
 - Pared: color blanco y muy claro 50%.

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

- Suelo: color medio 30%.
- Tipos de fuente luminosa: la elección está condicionada a la clase de trabajo, la economía y la estética.
 - Tipo de lámpara: lámparas fluorescentes (2x36W), con flujo luminoso de 3350 lm, $\cos \varphi = 0,9$, factor de reproducción cromática 1B y color blanco cálido.
 - Tipo de luminaria: adosable, de tipo extensivo aluminio especular chapado, antirreflejo y antideslumbrante de baja iluminancia 60°, para dos fluorescentes con iluminación directa y rendimiento 90%.
- Sistema de alumbrado: se considera una lámpara estancada con difusor.
- Nivel de iluminación (E_m): se establece de acuerdo a la clase de trabajo que se ha de efectuar en el local que se estudia. En este caso se han considerado un nivel de iluminación de 100 lux, según lo indicado en el RD 486/1997.
- Índice del local (K): se obtiene mediante la fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)}$$

$$K = \frac{25 \cdot 10}{0,9 \cdot (25+10)} = 7,93$$

Donde:

h: altura de montaje, distancia hasta el plano útil a 0,9 metros.

a: longitud (m).

b: anchura (m).

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

- Factor de mantenimiento (Fm): tiene en cuenta la depreciación luminosa de la lámpara, en función de las condiciones del local y de la frecuencia de limpieza prevista para la instalación. Para el caso de lámparas fluorescentes es de 0,95.
- Flujo de utilización (Fu): se encuentran tabulados en función del índice de reflexión de paredes y techo y el índice del local (k). Así el factor de utilización será de 0,94.

El flujo luminoso necesario para obtener el nivel medio de iluminación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Phi = \frac{E \times S}{f_m \cdot f_u}$$

$$\varphi = 100 \cdot 500 / 0,95 \cdot 0,94 = 55991,04 \text{ lm}$$

Donde:

E: intensidad de luz necesaria (lux).

S: superficie de la estancia (m²).

Fm: factor de mantenimiento.

Fu: factor de utilización.

El siguiente paso en el cálculo de la instalación consiste en la determinación del número de luminarias (N) y de lámparas (n), en función del flujo necesario y el aportado por cada lámpara, y el cálculo de la potencia necesaria.

$$N = \Phi_{\text{total}} / n \cdot \Phi_{\text{lámpara}}$$

$$N = 55991,04 / 2 \cdot 3350 = 8$$

Donde:

N: número de luminarias.

n: número de lámparas.

Φ_{total} : flujo luminoso necesario.

$\Phi_{lámpara}$: flujo luminoso aportado por una lámparas.

Por tanto se instalarán 8 luminarias, con 16 lámparas en total, lo que supone una potencia necesaria de 576 W para la iluminación del invernadero.

6. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LAS LÁMPARAS

Las normas seguidas para determinar el número de lámparas de cada local:

- En cada local siempre hay la misma distancia entre lámparas.
- De la lámpara a la pared se deja una distancia igual a la mitad de la distancia entre lámparas.
- El número de lámparas en el eje “x” será:

$$N_x = \sqrt{\frac{n^{\circ} \text{luminarias}}{b}} \cdot a$$

$$N_x = \sqrt{\frac{8}{25}} \cdot 10 = 1,8 \approx 2$$

- El número de lámparas en el eje “y” será:

$$N_y = N_x \cdot \frac{b}{a}$$

$$N_y = 1,8 \cdot \frac{25}{10} = 4,5 \approx 5$$

- El número total de lámparas de cada local será:

$$N = N_x \cdot N_y$$

$$N = 5 \cdot 2 = 10 \text{ lámparas}$$

A continuación se procede al cálculo de la distribución de dichas lámparas:

- Ancho:

$$d_x = \frac{a}{N_x} = \frac{10}{2} = 5 \text{ m}$$

- Largo:

$$d_y = \frac{b}{N_y} = \frac{25}{5} = 5 \text{ m}$$

7. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE ALUMBRADO

7.1. Cálculo de la sección de las líneas

Línea de alumbrado interior del invernadero

Una vez detalladas las líneas monofásicas, que se pueden observar en el plano siguiendo con lo indicado en el reglamento de baja tensión de 2002, se procede al cálculo de la intensidad que circula por cada conductor.

$$I (A) = \frac{P}{U}$$

Donde:

P: potencia de los receptores $\rightarrow P = 2 \cdot 36 = 72 \text{ W}$

U: voltaje (230 V)

Por tanto la I:

$$I = \frac{72}{230} = 0,3 \text{ A}$$

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

Con la intensidad se determina la sección del conductor consultando la norma ITC-BT-19 en la Tabla 1. El conductor neutro tendrá la misma sección que los conductores de fase.

La caída de tensión admisible en una línea será igual al 3% de 230 V en el cuadro principal. Para el cálculo de la caída de tensión en cada línea se aplicará la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{2 \cdot \rho}{s} \cdot \Sigma I \cdot L \cdot \cos\phi$$

Donde:

δ : caída máxima de tensión permitida (V).

S: sección del conductor (mm²).

I: intensidad que circula por el conductor (A).

ρ : resistividad del cobre [0.018 $\Omega \cdot (\text{mm}^2/\text{m})$]

L: longitud del conductor (m).

cos ϕ : factor de potencia de cada elemento.

Si la caída de tensión calculada supera la caída de tensión admisible, será necesario aumentar la sección del conductor hasta que sea inferior.

Caída de tensión máxima permitida:

$$\delta = 0,03 \cdot 230 = 6,9 \text{ V}$$

Cálculo de la sección:

$$S = \frac{2 \cdot 0,018}{6,9} \cdot (0,3 \cdot 34,71 + 0,6 \cdot 29,71 + 0,9 \cdot 24,71 + 1,2 \cdot 19,71 + 1,5 \cdot 14,71) = 0,5 \text{ mm}^2$$

Como parte de esta línea discurre subterránea, la sección escogida será la de 6 mm², ya que según la ITC-BT-07 es la sección mínima: **6 mm²**.

Comprobación de la sección

Consultando la Tabla 1 de la ITC-BT-19 según el tipo de conductor empleado (B2: conductores con aislamiento de PVC) -al que acompaña un neutro de la misma sección-, se obtiene la intensidad máxima admisible:

$$I_{\text{Max.ADM.}} = 13,5 \text{ A} > 1,5 \text{ A} = I_{\text{Total}} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

A continuación se comprueba que cumple la caída máxima de tensión, 6,9 V:

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,018}{6} \cdot (0,3 \cdot 34,71 + 0,6 \cdot 29,71 + 0,9 \cdot 24,71 + 1,2 \cdot 19,71 + 1,5 \cdot 14,71) = 0,577 \text{ V} < 6,9 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Elección del tubo protector

Se tiene en cuenta a la hora de la elección del diámetro del tubo de protección que parte de la línea transcurre de manera subterránea (desde el cuadro general de protección y mando, ubicado en la caseta) hasta el invernadero, y dentro del invernadero transcurren sobre bandeja a lo largo del invernadero.

Siguiendo lo indicado en la Tabla 9 (conducciones enterradas) y la Tabla 7 (conducciones aéreas) de la ITC-BT-21, los diámetros serán:

- Enterrado: 50 mm.
- Aérea: 16 mm.

Estas serán las características de la línea de alumbrado interior de uno de los módulos del invernadero. Como el módulo contiguo tiene características idénticas, su instalación de alumbrado también lo serán.

Línea de alumbrado exterior

Se trata de una línea subterránea. El mecanismo de cálculo empleado para el dimensionado de la línea de alumbrado exterior será el mismo que el empleado para el cálculo de las líneas de alumbrado interior, obteniendo los siguientes resultados:

Sección del conductor: 6 mm² (sección mínima para líneas enterradas según la ITC-BT- 07); 0.6/1 kV

Sección del tubo protector: 50 mm² (según la ITC-BT- 21)

Cumple los criterios de máxima intensidad admisible y máxima caída de tensión permitida.

Línea de alumbrado de la caseta

En la caseta se instalarán dos lámparas: una interior (36W igual a las del invernadero) y otra exterior (100W, igual a las exteriores del invernadero). Las secciones de los conductores y de los tubos protectores, aplicando el método de cálculo antes explicado son las siguientes:

Sección del conductor: 1.5 mm² (ITC-BT- 07)

Sección del tubo protector: 12 mm² (Tabla 7; ITC-BT- 21)

Cumple los criterios de máxima intensidad admisible y máxima caída de tensión permitida.

8. CALCULO LÍNEAS DE FUERZA

8.1. Bombas

Bomba de distribución

Se trata de dos bombas de distribución monofásica con una potencia de 121 W y un $\cos\phi = 0,8$. Para el dimensionado de la línea se calcula con la distancia más desfavorable, siendo las dos líneas iguales.

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

Caída máxima de tensión

La caída de tensión en el tipo de instalaciones que nos ocupan debe de ser menor al 5% de la tensión entre fases. Como las líneas son monofásicas, será:

$$\delta = 0.05 \cdot 230 = 11.5 \text{ v}$$

Cálculo de la intensidad

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{121}{230 \cdot 0.8} = 0.66 \text{ A}$$

Según la ITC-BT-47 la intensidad se debe mayorar multiplicándose por 1,25:

$$0.66 \cdot 1.25 = 0.82 \text{ A}$$

Cálculo de la sección

$$S = \frac{2 \cdot 0.018}{11.5} \cdot (10 \cdot 0.82 \cdot 0.9) = 0.02 \text{ mm}^2$$

Como el conductor transcurre de forma subterránea, según la ITC-BT-07, la sección mínima serán **6 mm²**.

Bomba del pozo

Se trata de dos bombas de distribución monofásica con una potencia de 500 W y un $\cos \phi = 0.8$. Para el dimensionado de la línea se calcula con la distancia más desfavorable, siendo las dos líneas iguales.

Caída máxima de tensión

La caída de tensión en el tipo de instalaciones que nos ocupan debe de ser menor al 5% de la tensión entre fases. Como las líneas son monofásicas, será:

$$\delta = 0.05 \cdot 230 = 11.5 \text{ v}$$

Cálculo de la intensidad

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{500}{230 \cdot 0,8} = 2,7 \text{ A}$$

Según la ITC-BT-47 la intensidad se debe mayorar multiplicándose por 1,25:

$$0,66 \cdot 1,25 = 3,39 \text{ A}$$

Cálculo de la sección

$$S = \frac{2 \cdot 0,018}{11,5} \cdot (10 \cdot 3,39 \cdot 0,8) = 0,212 \text{ mm}^2$$

Como el conductor discurre de forma subterránea, según la ITC-BT-07, la sección mínima serán **6 mm²**.

9. EQUILIBRADO DE FASES

LÍNEAS	R	S	T	POTENCIA (W)
LA1 (invernadero interior)	720			720
LA2 (invernadero interior)		720		720
LA3 (invernadero exterior)			200	200
LA4 (caseta)	136			136
LF1 (bomba distribución 1)		121		121
LF2 (bomba distribución 2)			121	121
LF3 (bomba pozo)			500	500
TOTAL	856	841	821	

10. POTENCIA DEMANDADA Y CONTRATADA

La demanda de potencia se calcula en el momento más desfavorable, es decir, en aquel momento en el que hay un funcionamiento simultáneo de los receptores de fuerza y alumbrado.

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

La potencia total será, por lo tanto, la de la fase más desfavorable multiplicada por el número de fases (3).

Según el equilibrado del apartado anterior, la fase más desfavorable es la R:

$$856 \cdot 3 = \mathbf{2568 \text{ W}} \rightarrow \mathbf{POTENCIA DEMANDADA}$$

Sabiendo esta potencia, obtenemos la intensidad de cálculo con la siguiente fórmula:

$$I_{\text{cál}} = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi) ; I_{\text{cál}} = 2568 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85) = 4.36 \text{ A}$$

Como la I contratada son múltiplos de cinco, se contratarán 5 A.

Por lo tanto, la potencia contratada será:

$$P_{\text{cont}} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 5 \cdot 0.85 = 2944.486 \text{ W} = \mathbf{3 \text{ Kw}} \rightarrow \mathbf{POTENCIA CONTRATADA}$$

Para el control de dicha potencia se instalará un interruptor control de la potencia.

11. DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Esta derivación irá enterrada a 0.7 metros de profundidad desde la esquina de la parcela hasta la caseta donde se sitúa el cuadro general de protección y mando, siguiendo lo indicado en la ITC-BT_07.

Circulará bajo tubo protector de PVC y contará con cables VV0.6/1kV

- Intensidad que circula= 5 A
- Longitud de la línea = 60 metros
- Sección mínima (según ITC-BT-07) =6 mm²
- Caída máxima de tensión (ITC-BT-15) =1.5% de 400 V = 6 V
- Temperatura del terreno es 25°C
- Resistividad es de 1K.m/W

Se elige un conductor con cables unipolares y aislamiento de XLPE (Tabla 5, ITC-BT-07).

El tubo protector que corresponde según la tabla 9 de la ITC-BT-7, será el de **50 mm**.

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

Intensidad máxima admisible = 72 A > 5 A = Intensidad que circula

→ **CUMPLE**

A continuación, se calcula la caída de tensión:

$$\delta_{\text{calc}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018}{6} \cdot 5A \cdot 0.85 \cdot 60 \text{ m} = 1.325 \text{ V} < 6 \text{ V} = \delta_{\text{MÁX ADM}} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

12. PUESTA A TIERRA

El reglamento que se seguirá para el establecimiento de la puesta a tierra, por tratarse de una instalación de baja tensión, será la ITC-BT-18. Constará de:

- Conductores de protección: tendrán la misma sección que los cables de la línea a la que pertenezcan (según Tabla 2 de ITC-BT-18, para secciones menores de 16 mm²) y estarán formados por cables H07V-F (según ITC-BT-18). Estos conductores unirán las masas de la instalación a las derivaciones. Se irán reuniendo en derivaciones de la línea principal y estas en la propia línea principal de tierra.

LÍNEAS	SECCIÓN COMERCIAL (mm ²)
LA1 (invernadero interior)	6
LA2 (invernadero interior)	6
LA3 (invernadero exterior)	6
LA4 (caseta)	6
LF1 (bomba distribución 1)	6
LF2 (bomba distribución 2)	6
LF3 (bomba pozo)	6

Subanejo 9.1: Instalación eléctrica

- Toma de tierra:
 - Punto de puesta a tierra: puntos que enlazan la línea de enlace con la tierra y la línea principal.
 - Electrodo: son los cuerpos metálicos enterrado en el terreno y que aseguran la unión entre la instalación de puesta a tierra y la tierra. Se colocarán electrodos artificiales consistentes en picas de cobre de 14 mm de diámetro y con una longitud no inferior a 2 m.
 - Líneas de enlace con la tierra: formada por conductores que unen los electrodos con el punto de puesta a tierra. Serán conductores de cobre con una sección de 25 mm^2 (no protegidos contra la corrosión)

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se coloca una línea de enlace bajo la cimentación, por encima de 80 cm de profundidad a lo largo de la nave.

Se procede al dimensionamiento de esta instalación:

$$\mathbf{R_A = R_{CP} + R_{CT} + R_{TT}}$$

$$R_{CP} = \frac{L_{cp}}{s} \cdot \varphi Cu = \frac{200}{1.5} \cdot 0.018 = 2.4 \Omega$$

$$R_{CT} = \frac{L_{ct}}{s} \cdot \varphi Cu = \frac{50}{25} \cdot 0.018 = 0.036 \Omega$$

$$R_{TT} = \frac{\varphi terreno}{L_{pica}} \cdot \frac{500}{2} = 250 \Omega$$

$$\mathbf{R_A = 3.6 + 0.036 + 250 = 252.44 \Omega}$$

Comenzaremos colocando 2 picas de 2 m. Se suman sus resistencias:

$$\frac{1}{R_{tt}} = \frac{1}{250} + \frac{1}{250}$$

$$R_{tt} = 125 \Omega$$

- Recalculamos R_A' : $R_A' = 2.4 + 0.036 + 125 = 127.44 \Omega$
- Comprobamos si es suficiente:

$$I_A \cdot R_A > U_L$$

$$I_A = 30 \text{ mA}; 0.03 \cdot 127.44 < 50 \text{ V}; \text{ cumple}$$

$$I_A=300 \text{ mA}; 0.3 \cdot 127.44 < 50\text{V}; \text{ cumple}$$

Se colocarán 2 picas de 2 m cada una.

13.DIFERENCIALES Y MAGNETOTÉRMICOS

Es necesario proteger los circuitos de la instalación contra sobre intensidades (ITC-BT-24).

La protección contra sobre intensidades (sobrecargas y cortocircuitos) se llevará a cabo mediante interruptores automáticos magnetotérmicos. Se eligen los que tengan protección contra sobre intensidades situadas entre la intensidad nominal que circula por la línea y la intensidad admisible corregida del conductor.

Se colocará un ICP que permita el consumo para una intensidad de 15 A.

Se colocarán dos diferenciales: uno con sensibilidad de 30 mA para las líneas de alumbrado y otro para fuerza y tomas de corriente con sensibilidad de 300mA.

Se calcula la intensidad de cortocircuito:

$$R = \frac{2 \cdot \rho_{Cu}}{s} \cdot l = \frac{2 \cdot 0.018}{6} \cdot 60 = 0.36 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot U}{R} = \frac{0.8 \cdot 230}{0.36} = 511.11 \text{ A}$$

Se escoge un magnetotérmico de 3 KA de poder de corte unipolar ya que la instalación también lo es.