GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

CLAVE

452-A.611.11.06/ 2013

TIPO:	REF. CRONOLÓGICA
PROYECTO	JULIO DE 2013

CLASE

PROYECTO

TÍTULO BÁSICO:

PROYECTO DE MEJORAS DE LAS INSTALACIONES ACTUALES Y ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES DE LAS ESTACIONES DE AGUAS RESIDUALES DE MEDINA DEL CAMPO, ISCAR, TORDESILLAS, TUDELA DE DUERO, BENAVENTE Y TORO

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA:	IVA 21%:
4.994.831,14 €	1.048.914,54 €

PRESUPUESTO TOTAL CON IVA:

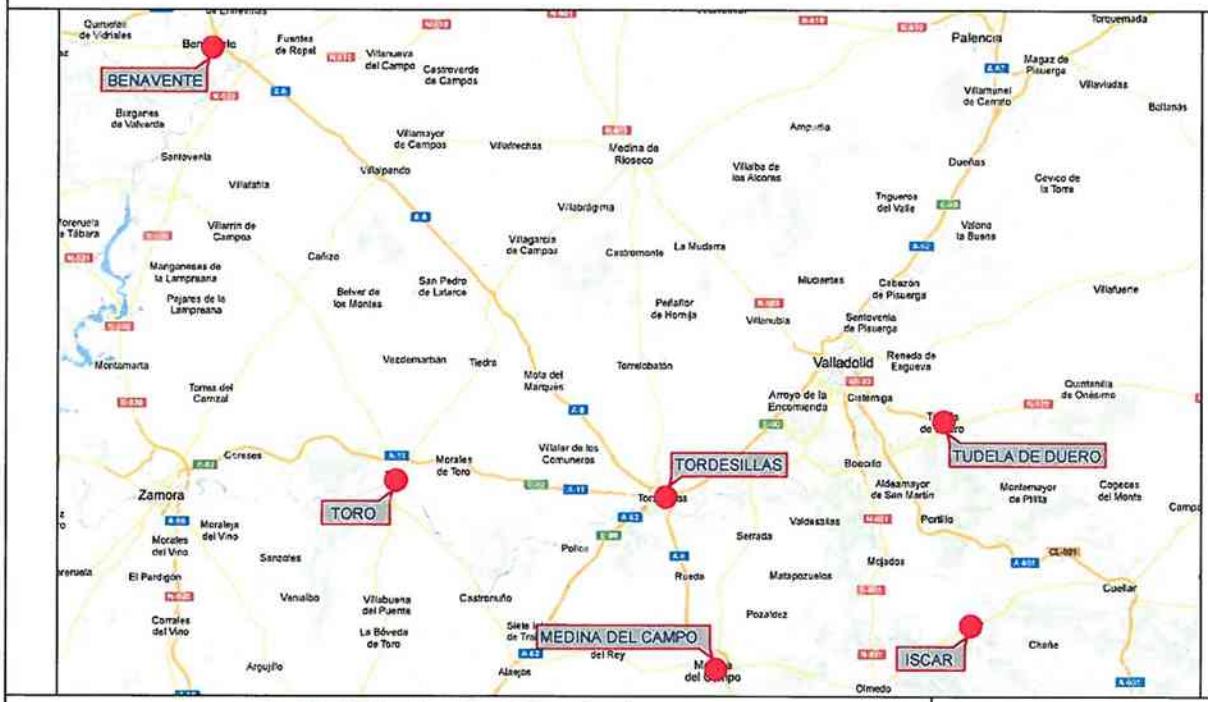
6.043.745,68 €

EL INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO:

D. JULIO PAJARES ALONSO

EL INGENIERO DIRECTOR DEL PROYECTO:

D. JULIO PAJARES ALONSO



TOMO 7

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO 12

CONSULTORAS U.T.E.:

INCISA
INGENIERÍA CIVIL INTERNACIONAL, S.A.

ECOSISTEMAS 2.000 S.L.
INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL MEDIO AMBIENTE

INDICE

- Tomo 1.- **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Memoria

Anejo nº1: Ficha Técnica

Anejo nº2: Descripción de la situación Actual

Anejo nº3: Cálculos de las nuevas incorporaciones a la EDAR

- Tomo 2. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº4: Funcionamiento del proceso actual

Anejo nº5: Estudio de Alternativas

- Tomo 3. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº6: Estudio de Caracterización de Vertidos

Anejo nº7: Topografía

- Tomo 4. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº8: Geología y Geotecnia

- Tomo 5. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº9: Descripción y cálculos de la Solución Adoptada

Anejo nº10: Cálculos hidráulicos

- Tomo 6. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº11: Cálculos Estructurales

- Tomo 7. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº12: Electricidad

- Tomo 8. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº13: Control y Automatización

Anejo nº14: Instrumentación

Anejo nº15: Operación y Mantenimiento

- Tomo 9. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº16: Documentación Ambiental

Anejo nº17: Estudio de Inundabilidad

Anejo nº18: Expropiaciones y Servicios Afectados

- Tomo 10. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº19: Estudio de Seguridad y Salud

Anejo nº20: Control de Calidad

Anejo nº21: Gestión de Residuos

- Tomo 11. **Doc.nº1: Memoria y Anejos**

Anejo nº22: Plan de Obra

Anejo nº23: Justificación de Precios

Anejo nº24: Presupuesto para cocimiento de la Administración

- **Tomo 12.** **Doc.nº2: Planos**
  Planos de Medina del Campo, Iscar y Tordesillas

- **Tomo 13.** **Doc.nº2: Planos**
  Planos de Tudela de Duero, Benavente y Toro

- **Tomo 14.** **Doc.nº3: Pliego de Prescripciones Técnicas**

- **Tomo 15.** **Doc.nº3: Pliego de Prescripciones Técnicas**
  Especificaciones Técnicas Particulares

- **Tomo 16.** **Doc.nº4: Presupuesto**
  Mediciones

- **Tomo 17.** **Doc.nº4: Presupuesto**
  Cuadro de Precios
  Presupuesto

ANEJO Nº 12

ELECTRICIDAD

12.1. E.D.A.R DE MEDINA DEL CAMPO

ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. 24
4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 630 KVA a CGD. 24
4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN 25
4.4. CARGAS INSTALADAS 27
4.5. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 31
5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 32
5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS. 32
5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA 34
5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 38
5.4. MODIFICACIONES 52

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R de Medina del Campo (Valladolid).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de

vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.

- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.

- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.

- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se

reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas

metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. **Uniones a Tierra.**

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacio comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 tipo remonte de cables con seccionador de puesta a tierra GAM.
- 1 Celda Modular gama SM6 de protección mediante interruptor-fusibles combinados QM.
- 1 Celda de Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., GBC-2C.
- 1 Transformador de Potencia de 630 KVA de Potencia aparente nominal.

Baja Tensión:

- 1 Cuadro eléctrico para el almacenamiento y conexionado del Contador de Energía eléctrica.

4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 630 KVA a CGD.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 630 kVA, hasta el Cuadro General de Protección situado en el edificio de Pretratamiento son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RV-K.
- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.

- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 20 m
- Sección nominal de fase: 240 mm2
- Sección nominal de neutro: 240 mm2
- Número de conductores por fase: 4
- Número de Conductores de neutro: 2

4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN

Principalmente, la instalación eléctrica consta de un Cuadro general de Distribución que hace a su vez de Centro de Control de Motores (CGD-CCM1), desde el cual se alimenta a un segundo CCM (CCM2), mediante conductores unipolares RV-K , 0,6/1Kv de 2x(1x240)+1x240 mm^2 de sección, estando situado en un edificio independiente denominado Edificio de Soplantes.

Las características técnicas principales de cada CCM se describen a continuación:

CGD-CCM1

- Ejecución: Compartimentada mediante cubículos extraíbles.
- Tensión asignada de empleo (Ve): 400 Vac
- Tensión de mando: 230 Vac
- Tensión de señalización: 230 Vac
- Intensidad de cortocircuito condicional: 25 kA
- Grado de protección en servicio: IP 31
- Nº de Módulos: 11

CCM2

- Ejecución: Compartimentada mediante cubículos extraíbles.
- Tensión asignada de empleo (Ve): 400 Vac
- Tensión de mando: 230 Vac
- Tensión de señalización: 230 Vac
- Intensidad de cortocircuito condicional: 25 kA
- Grado de protección en servicio: IP 31

- Nº de Módulos: 5

El en módulo 1 del (CGD-CCM1) se encuentra instalado la unidad de medida a través de un analizador de redes de la Marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 500C., además de la Protección general en baja tensión del transformador de 630 kVA y del Grupo Electrógeno de 135 kVA.

El interruptor general automático de protección en baja tensión del transformador tiene las siguientes características:

- Macar: Schneider Electric
- Modelo: Compact NS1250N
- In: 1250 A
- Ue: 380/415 V
- Ui: 1000 V
- Icu: 50 Ka

La calibración realizada en el dispositivo de protección es la siguiente:

- Umbral de temporización largo retardo (tr):0,1 seg
- Umbral de disparo largo retardo (Ir):0,5 In
- Umbral de temporización corto retardo (tsd): off
- Umbral de disparo corto retardo (Isd):10 Ir

En la misma sala en el que se encuentra el CGD-CCM1, además se encuentran 2 Armarios independientes destinados a:

- PLC.
- Batería automática de Condensadores.

4.4. CARGAS INSTALADAS

ITEM	MÓDULO	EQUIPO	POTENCIA NOMINAL (KW)
		CCM1	
-	1	Analizador de Redes CCM1 Analizador de Redes del Grupo Electrógeno Interruptor General del CCM1 910A Interruptor General del Grupo Electrógeno (195A)	
ME-01/ME-02	2	Cuadro Local Polipasto/Cuchara	4
DS-01B	2	Cuadro Desarenador	2
DS-01B	2	Cuadro Desarenador	2
GP-01A/B	2	Cuadro Local Grupo de Presión	2x11
FA-01	2	Cuadro Local Filtro autolimpiante	1,1
SGA-04A	2	Compuerta entrada cuba de mezcla	0,18
SGA-04B	2	Compuerta entrada cuba de mezcla	0,18
SGA-04C	2	Compuerta entrada cuba de mezcla	0,18
DPM-01A	2	Bomba dosificadora coagulante	0,18
DPM-01B	2	Bomba dosificadora coagulante	0,18
DPM-01C	2	Bomba dosificadora coagulante	0,18
T-02	2	Cuadro Polypack	1
T-03	2	Cuadro Polypack	1
DPM-02A	2	Bomba dosificadora polielectrolito	0,18
DPM-02B	2	Bomba dosificadora polielectrolito	0,18
DPM-02C	2	Bomba dosificadora polielectrolito	0,18
DPM-03A	2	Bomba dosificadora hipoclorito	0,18
DPM-03B	2	Bomba dosificadora hipoclorito	0,18
PC-01	2	Cuadro Local Compresor aire servicios	2,2
SF-01	2	Cuadro Local Refrigerador-Secador	0,17
-	2	Tomas de Corriente (Salida SAI para PC)	-
-	2	Cuadro de Alumbrado Interior (Int.Aut+Bloque Dif,.In:40A)	-
-	2	Cuadro de Alumbrado Exterior (Int.Aut+Bloque Dif,.In:40A)	-
-	2	Protección Bat.Condensadores (90 Kvar) (195A)	-
-	2	Protección CCM2 (630A)	-

ITEM	MÓDULO	EQUIPO	POTENCIA NOMINAL (KW)
		CCM1	
SP-01A	3	Bomba de Agua Bruta	17
SP-01B	3	Bomba de Agua Bruta	17
SP-01C	3	Bomba de Agua Bruta	17
SP-01D	3	Bomba de Agua Bruta	17
SP-01E	3	Bomba de Agua Bruta	17
SGA-01A	4	Compuerta entrada canal de desbaste	0,18
SGA-01B	4	Compuerta entrada canal de desbaste	0,18
SGA-01C	4	Compuerta entrada canal de desbaste	0,18
RRA-01A	4	Tamiz Canal desbaste	0,37
RRA-01B	4	Tamiz Canal desbaste	0,37
SGA-02A	4	Compuerta salida canal desbaste	0,18
SGA-02B	4	Compuerta salida canal desbaste	0,18
SGA-02C	4	Compuerta salida canal desbaste	0,18
TT-01	5	Tornillo Transportador	1,1
SGA-03A	5	Compuerta entrada desarenador	0,18
SGA-03B	5	Compuerta entrada desarenador	0,18
RM-01A	5	Aeroflot desarenador	2,2
RM-02A	5	Aeroflot desarenador	2,2
AM-01B	5	Aeroflot desarenador	2,2
AM-02B	5	Aeroflot desarenador	2,2
AS-01	5	Separador de arenas	0,,55
DSC-02	5	Separador de Grasas	0,25
SP-09	5	Bomba toma muestra	0,37
PS-01A	6	Agitador Cámara de Mezcla	1,1
PS-01B	6	Agitador Cámara de Mezcla	1,1
PS-02A	6	Agitador Cámara de Floculación	0,55
PS-02B	6	Agitador Cámara de Floculación	0,55
PS-03A	6	Agitador Cámara de Floculación	0,55
PS-03B	6	Agitador Cámara de Floculación	0,55
SGA-05A	6	Compuerta reparto decantación primaria	0,1
SGA-05B	6	Compuerta reparto decantación primaria	0,1
SGA-06	6	Compuerta Bypass mezcla y floculación	0,1

ITEM	MÓDULO	EQUIPO	POTENCIA NOMINAL (KW)
CCM1			
DC-01A	7	Arrastre decantador Primario	0,25
DC-01B	7	Arrastre decantador Primario	0,25
SP-03	7	Bombas flotantes decantación primaria	7,4
SP-07A	7	Bomba fangos primarios	4,2
SP-07B	7	Bomba fangos primarios	4,2
PS-08	7	Agitador espesador fangos	0,37
FE-01	7	Arrastre espesador fangos	0,37
CP-01	7	Bomba trasiego coagulante	3
CD-02	7	Bomba trasiego hipoclorito	3
SP-05A	8	Bombas recirculación fangos secundarios	5,5
SP-05B	8	Bombas recirculación fangos secundarios	5,5
SP-05C	8	Bombas recirculación fangos secundarios	5,5
SP-06A	8	Bombas fangos secundarios en exceso	9,4
SP-06B	8	Bombas fangos secundarios en exceso	9,4
SP-06C	8	Extractor edificio pretratamiento	9,4
CF-01	8	Extractor edificio secado fangos	11
CF-02	8	Extractor edificio secado fangos	3
CF-03	8	Extractor espesador fangos	0,55
TT-04	8	Tornillo silo fangos.	1,5
FM-02	9	Filtro mangas silo cal	0,25
ME-04	9	Rompebóvedas	0,75
TT-03	9	Tornillo dosificación cal	0,37
TP-03A	9	Bomba fangos a deshidratación	2,2
TP-03B	9	Bomba fangos a deshidratación	2,2
TP-03C	9	Bomba fangos a deshidratación	2,2
TP-02	9	Bomba fangos deshidratados	5,5
CT-01A	9	Centrifugadora	22
PS-11	10	Agitador lechada cal	0,75
CP-03A	10	Bomba lechada cal cuba mezcla	0,55
CP-03B	10	Bomba lechada cal cuba mezcla	0,55
CP-03C	10	Bomba lechada cal cuba mezcla	0,55
CP-04	10	Bomba lechada cal espesador	1,1
TP-01A	10	Bomba polielectrolito a deshidratación	1,1
TP-01B	10	Bomba polielectrolito a deshidratación	1,1
TP-01C	10	Bomba polielectrolito a deshidratación	1,1
TT-02	10	Tornillo Transportador	1,1
CT-01B	10	Centrifugadora	1,5

ITEM	MÓDULO	EQUIPO	POTENCIA NOMINAL (KW)
CCM2			
-	1	Analizador de Redes CCM2 Polipasto sala de soplantes Interruptor General CCM2 (630) Reserva Int.Aut.25A Reserva Int.Aut.63A	
RB-01C	2	Soplante aireación (Variador)	110
RB-01A	2	Soplante aireación (Variador)	110
RB-01B	2	Soplante aireación	110
AP-99	3	Bomba de achique	0,56
PS-12A	3	Agitador desgasificación	0,75
SGA-07A	3	Compuerta entrada cuba aeración	0,18
PS-04A	3	Agitador cuba aeración	3,7
PS-05A	3	Agitador cuba aeración	3,7
PS-06A	3	Agitador cuba aeración	3,7
PS-07A	3	Agitador cuba aeración	3,7
CC-01A	3	Arrastre decantador secundario	0,25
SP-04	3	Bomba flotantes decantación secundaria	4,2
PS-12B	4	Agitador desgasificación	0,75
SGA-07B	4	Compuerta entrada cuba aeración	0,18
PS-04B	4	agitador cuba aeración	3,7
PS-05B	4	agitador cuba aeración	3,7
PS-06B	4	agitador cuba aeración	3,7
PS-07B	4	agitador cuba aeración	3,7
CC-01B	4	Arrastre decantador secundario	0,25
SP-08	4	Bomba de vaciados	7,5

4.5. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

Para conocer el régimen de funcionamiento de la planta, así como el índice de carga del transformador instalado en función de la máxima demanda de potencia, es necesario acudir a las lecturas registradas por la Unidad de Medida situado en el módulo 1 del (CGD-CCM). Se trata de un analizador de redes de la marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 500C, que tiene incorporado la función de maxímetro. Los datos registrados se muestran a continuación.

VALORES INSTANTÁNEOS

Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	398
V23	396,6
V31	392,2
V1	229,4
V2	229,7
V3	229

Corrientes	
[I_{ef}]	[A]
I1	271,10
I2	275,65
I3	253,44

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	60,2
P2	61,1
P3	55,6
PT	179,8

Potencias Reactivas	
[Q]	[kVar]
Q1	15,6
Q2	16,64
Q3	16,6
QT	46,6

Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
S1	65,4
S2	66,7
S3	60
ST	185,74

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KV]
[cosφ1]	0,968
[cosφ2]	0,965
[cosφ3]	0,958
[cosφT]	0,968

VALORES MÁXIMOS					
Tensiones		Potencias Activas		Factor de Potencia	
[V_{ef}]	[V]	[P]	[kW]	[cosφ]	[KW/KVA]
V12	402	PT	345,00	[cosφT]	0,934
V23	402,5	Potencias Reactivas			
V31	402	[Q]	[kVar]		
Corrientes		Q1	131,9		
[I_{ef}]	[A]	Potencias Aparentes,			
I1	570,7	[S]	[kVA]		
I2	548,8	ST	387,10		
I3	546,6				

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS.

Se considerarán únicamente los equipos de nueva instalación y sustitución por otros de mayor potencia.

Los equipos electromecánicos de nueva instalación que sustituyan a los actuales no serán considerados, siempre y cuando el número de equipos a instalar y la potencia nominal unitaria de estos se correspondan con lo instalado actualmente., es por ello por lo que no se consideran en el cálculo las 3 motosoplantes de nueva instalación de 110 Kw cada una, ya que sustituyen a otras 3 de iguales características en lo que se refiere a la demanda de potencia eléctrica., aunque sí se tendrá en cuenta la modificación del tipo de arranque de la soplante de reserva, sustituyendo arranque directo por variador.

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	**Nº Simult**	**Nº Res**	**Tipo**	**(P2n) (Kw)**	**Vl. (v)**	**ηn (%)**	**Cosφn**	**P1.n.u (Kw)**	**P1.n.s (Kw)**	**P1.n.l (Kw)**	**Q1.n.u (KVAr)**	**Q1.n.s (KVAr)**	**Q1.n.l (KVAr)**
Tamiz Rotativo para fangos	1	0	D	0,55	400	78,00%	0,81	0,71	0,71	0,71	0,51	0,51	0,51
Bombas dosificadoras de cloruro férrico (Edifico existente)	1	1	D	0,09	400	77,50%	0,79	0,12	0,12	0,23	0,09	0,09	0,18
Agitadores Sumergidos (Selector)	2	0	D	5	400	75,00%	0,82	6,67	13,33	13,33	4,65	9,31	9,31
Agitador (Espesamiento de fangos biológicos)	1	0	D	1,5	400	73,00%	0,80	2,05	2,05	2,05	1,54	1,54	1,54
Bombas mono de Tornillo helicoidal	1	1	V.F	2,2	400	73,00%	0,82	3,01	3,01	6,03	2,10	2,10	4,21
Alimentación Equipo Compacto para Tto.Escurridos	1	0	A	3	400	77,50%	0,81	3,87	3,87	3,87	2,80	2,80	2,80
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrífuga)	1	1	D	2,3	400	74,30%	0,85	3,10	3,10	6,19	1,92	1,92	3,84
Bombas Centrífugas tipo Bortex (Equipo compacto)	2	0	D	2,2	400	79,40%	0,83	2,77	5,54	5,54	1,86	3,72	3,72
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de Salida)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Alimentación Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Alimentación Controlador (2 Sondas NH4/NO3)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Subcuadro de Alumbrado y Fuerza Serv.Aux	1	0	A	31,18	400	100,00%	0,90	31,18	31,18	31,18	15,10	15,10	15,10
									63,21	69,44		37,10	41,21

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

- **Transformador**

Atendiendo a los parámetros registrados por el maxímetro integrado en la unidad de medida, la potencia máxima aparente demandada por la instalación es de 388 KVA. Si además se tiene en cuenta las potencias de los equipos de nueva instalación, la potencia aparente instalada, (esto es sin tener en cuenta la compensación de energía reactiva) será de 441,81 kVA., lo que supondría para el transformador actual una reserva entorno al 29,87 %, y un índice de carga del 70,14%.

Con los resultados obtenidos se determina que no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 630kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin riesgo de sobrecarga.

- **Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD-CCM).**

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 20m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RV-K, 4x(3x(1x240) mm2 de sección de fase y 2x(1x240) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador. Lo mismo sucede con el Interruptor General Automático, siendo la corriente nominal ininterrumpida mayor que la máxima corriente demandada por el transformador.

A continuación se muestran los cálculos

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD-CCM1).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	**630**
Tensión Nominal de Servicio	[V]	**420**
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	**866,03**
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	**1250**
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	-

SISTEMA DE INSTALACIÓN

- Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.
- Normativa aplicada: UNE 20460-5-523

Longitud	[m]	**20**
Temperatura del terreno	[ºC]	**25**
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	**2,5**
Separación entre Ternas	[m]	**0**

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		**Unipolar**
Tipo de Aislamiento		**XLPE**
Material conductor		**Cobre**
Tensión de Aislamiento	[kV]	**0,6/1**
Designación Genérica		**RV-K**
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	**240**
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	**240**
Nº Conductores por Fase		**4**
Nº Conductores por Neutro		**2**
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	**90**
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[ºC]	**250**
Resistencia del Conductor a máx T^{ra}	[Ω/km]	**0,0956**
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	**0,0777**
Intensidad máxima admisible	[A]	**336**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		**0,94**
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	**1263,36**
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	**88,633**

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	**0,5**
Factor de Potencia	[cosφ]	**0,92**
Resistencia del Conductor a máx T^{ra}	[mΩ]	**1,912**
Reactancia del Conductor	[mΩ]	**1,553**
Caída de Tensión (Δv_{III})	[%]	**0,305**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,071**
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0,002**
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	**2,889**
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**0,478**
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**0,956**

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,346**
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0,001**
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	**10,821**
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**0,388**
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**0,777**

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	**20,987**
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	**20,111**
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	**18,521**

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	**0,5**
Factor K UNE 20460-4-43		**143**
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	**194,14**
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	**54,94**

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

- **Cuadro General de Distribución – Centro de Control de Motores.**

La corriente asignada ininterrumpida del interruptor general automático del Cuadro General de distribución, es de 1250 A, siendo superior a la máxima corriente demandada por el transformador de potencia, por tanto no será necesario sustituir la protección general ni las pletinas del embarrado del CGD-CCM.

El CGD-CCM actual tiene espacio suficiente de reserva para almacenar los dispositivos de protección y maniobra de los equipos electromecánicos de nueva instalación.

A continuación se indican los cubículos extraíbles de reserva del CGD-CC1 y CCM-2 en función del módulo correspondiente.

CCM	Módulo	Cubículos de Reserva
CGD-CCM1	3 de 14	2
CGD-CCM1	5 de 14	1
CGD-CCM1	6 de 14	1
CGD-CCM1	9 de 14	1
CGD-CCM1	11 de 14	7
	Total	12

CCM	Módulo	Cubículos de Reserva
CCM2	4 de 5	1
CCM2	5 de 5	9
	Total	10

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 ºC para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90ºC para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25ºC para cables enterrados y 40ºC para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70ºC para PVC y 90ºC para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m / \Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}} \right)^2 \right] = (^\circ C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

IpccI: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN								tmcicc (sg)
													U.N.E 20460-5-523	Tª Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	Max. ΔV.adm Parcial (%)	Max. ΔV.adm Total (%)	Zcc (mΩ)	Ipcc3 (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (≤5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		
																																	Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max.Ad (KA)	
Tamiz Rotativo para fangos.	1	0	Directo	0,55	400	1,25	1,57	1	D	60	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,57	22,00	25,331	90,00	9,176	0,0925	0,407	3,5	5	588,084	0,393	0,196	0,1	143	0,196	1,131	3,315
Bombas dosificadoras de cloruro férrico (Edificio existente)	1	1	Directo	0,09	400	1,25	0,27	1	D	75	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	0,27	22,00	25,009	90,00	9,176	0,0925	0,063	3,5	5	550,648	0,419	0,210	0,1	143	0,210	1,131	2,906
Agitadores Sumergidos (Selector)	2	0	Directo	5	400	1,25	14,67	1	D	85	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G6	44,00	1	1	1	0,8	14,67	35,20	36,287	90,00	3,823	0,0925	1,716	3,5	5	271,372	0,851	0,426	0,1	143	0,426	1,919	4,066
Agitadores (Espesamiento de fangos biológicos)	1	0	Directo	1,5	400	1,25	4,63	1	D	165	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,5	1	1	1	0,8	4,63	22	28	90,00	9,176	0,0925	2,449	3,5	5	1224,481	0,189	0,094	0,1	143	0,094	1,131	14,38
Bombas mono de Tornillo helicoidal	1	1	Variador	2,2	400	1,25	6,63	1	D	170	0,6/1Kv RZ1KZ1-K (AS)	3x2,5/2,5	27,50	1	1	1	0,8	6,63	22,00	30,905	90,00	9,176	0,0925	3,45	3,5	5	127642	0,181	0,09	0,1	143	0,09	0,799	15,61
Alimentación Equipo Compacto para Tto.Escurridos	1	0	Aliment.	3	400	1	6,90	1	D	85	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	6,90	22,00	31,390	90,00	9,176	0,0925	1,901	3,5	5	639,373	0,361	0,181	0,1	143	0,181	0,799	3,919
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrifuga)	1	1	Directo	2,3	400	1,25	6,57	1	D	45	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	6,57	22,00	30,788	90,00	9,176	0,0925	1,005	3,5	5	337,740	0,684	0,342	0,1	143	0,342	1,131	1,093
Bombas Centrifugas tipo Bortex (Equipo compacto)	2	0	Directo	2,2	400	1,25	6,02	1	D	88	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	6,02	22,00	29,872	90,00	9,176	0,0925	1,760	3,5	5	658,169	0,351	0,175	0,1	143	0,175	0,799	4,162
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de Salida)	1	0	Aliment	0,1	230	1	0,43	1	D	170	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,590	3,5	5	1248,474	-	0,092	0,1	143	0,092	0,799	15,053
Alimentación Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	Aliment	0,1	230	1	0,43	1	D	145	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,503	3,5	5	1084,875	-	0,108	0,1	143	0,108	0,799	10,959
Alimentación Controlador (2 Sondas NH4/NO3)	1	0	Aliment	0,1	230	1	0,43	1	D	145	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	24,50	1	1	1	0,8	0,43	19,60	25,032	90,00	15,293	0,1850	0,838	3,5	5	1774,562	-	0,065	0,1	143	0,065	0,480	10,956
Subcuadro de Alumbrado y Fuerza Serv.Aux	1	0	Aliment	31,18	400	1	50,00	1	D	81	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3x25/16	96,00	1	1	1	0,8	50,00	76,80	52,555	90,00	0,918	0,0748	1,506	3,5	5	66,041	3,497	1,748	0,1	143	3,497	7,994	1,045

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del CGD-CCM								
Tamiz Rotativo para fangos	1	0	Directo	0,71	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:1,8-2,5	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl	-	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bombas dosificadoras de cloruro férrico (Edifico existente)	1	1	Directo	0,12	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:0,35-0,5	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl	-	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Agitadores Sumergidos (Selector)	2	0	Directo	6,67	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:14-20	Contactor , 3 Polos, 17A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl	-	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Agitadores (espesamiento de fangos biológicos)	1	0	Directo	2,05	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:4,5-6,03	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl	-	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bombas mono de Tornillo helicoidal	1	1	Variador.	3,01	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:5,5-8		Variador de Velocidad Pn:4kw, In:17,5A	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Alimentación Equipo Compacto para Tto.Escurridos	1	0	Aliment.	3,87	Int.Aut.IV Polos, 50 kA, In:25A, + Bloque diferencial residual, In:25A, IΔn:300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut.
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrifuga)	1	1	Directo	3,10	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:5,5-8	Contactor , 3 Polos, 9A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bombas Centrifugas tipo Bortex (Equipo compacto)	2	0	Directo	2,77	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:5,5-8	Contactor , 3 Polos, 9A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de Salida)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Alimentación Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Alimentación Controlador (2 Sondas NH4/NO3)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut

Subcuadro de Alumbrado y Fuerza Serv.Aux	1	0	Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Protecciones del Sub-cuadro de Alumbrado y Servicios Auxiliares								
Protección General	1		Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	15	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 15 kA, 32 A + Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 32A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	3	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A+ Bloque Diferencial residual , In: 16A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Fluorescencia, Iluminación interior	1		Aliment	0,72	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A			Interruptor Diferencial residual , In: 40A, IΔn: 300mA
Emergencia, Iluminación interior	1		Aliment	-	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 6 A			

5.4. MODIFICACIONES.

Actualmente en la instalación eléctrica, la protección frente a corrientes de defecto, se realiza por medio de un único relé y transformador toroidal que interactúa en la maniobra de apertura y cierre del interruptor general automático por medio de un sistema motorizado y conmutado entre el Transformador y Grupo electrógeno. En caso de que aparezcan corrientes de defecto "*debido a la falla de aislamiento de algún equipo electromecánico*" que sean lo suficiente grandes como para hacer excitar la bobina del relé diferencial general, este actuaría sobre el mando motorizado del Interruptor General Automático causando la apertura del mismo. En consecuencia, todos los equipos electromecánicos de la planta dejarían de funcionar debido a la falta de suministro de corriente eléctrica.

Como solución viable, se requiere la instalación de relés y transformadores toroidales individuales para cada salida de alimentación tanto para equipos electromecánicos como alimentaciones a cuadros auxiliares. En el circuito de maniobra se realizarán las conexiones oportunas tal que, por medio de un contacto auxiliar del relé toroidal detenga la maniobra de marcha, tanto en modo manual como automático. Para ello dicho contacto, se conectará en serie con el contacto auxiliar de la protección magnetotérmica impidiendo de esta forma en caso de defecto que se excite la bobina de marcha, además dicho defecto será registrado como tal en el PLC y señalizado en el indicador luminoso del cubículo y en el SCADA.

12.2. E.D.A.R DE ISCAR

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN. 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. 24
4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CGD. 24
4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN 25
4.4. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 27
5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 29
5.1. PREVISIÓN DE CARGAS. 29
5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA. 30
5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 33

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R de Iscar (Valladolid).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las Instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor,

de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como

medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas,

asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm^2 Cobre 16 mm^2 Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 Cobre 50 mm^2 Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.

- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 tipo llegada o salida de línea mediante Interruptor-seccionador (SF6) IM.
- 1 Celda Modular gama SM6 de protección mediante interruptor-fusibles combinados QM.
- 1 Celda de Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., GBC-2C.
- 1 Transformador de Potencia de 400 KVA de Potencia aparente nominal.

Baja Tensión:

- 1 Cuadro eléctrico para el almacenamiento y conexionado del Contador de Energía eléctrica, con acceso desde el exterior.
- 1 Cuadro eléctrico, Marca Pronutec, tipo CBTA U630 IC 4P ST 4BC250, Tensión nominal 690 V, Intensidad nominal 630 A, con la siguiente aparamenta en su interior:
    - 1 Interruptor-Seccionador 3P+N , In: 630 A, Marca Telergón.
    - 3 Fusibles In:400A, Icu: 120kA, tipo: NH3/C3.

4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CGD.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 400 kVA, hasta el Cuadro General de Protección - CCM situado en el edificio de Pretratamiento son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RZ1-K (AS).
- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 95 m
- Sección nominal de fase: 150 mm2
- Sección nominal de neutro: 150 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN

La instalación eléctrica consta de un Cuadro General de Distribución que hace a su vez de Centro de Control de Motores (CGD-CCM). El Centro de Control de Motores se compone de 5 armarios metálico de dimensiones 2.000x1000x500mm, con placa de montaje, RAL 7032, con iluminación e interruptor de puerta, ventilación controlada por termostato, y resistencia calefactora, controlada por termostato, marca Himel.

En el Panel 1, se encuentra la unidad de medida mediante un analizador de redes de la Marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 500., y la Protección general mediante un Interruptor General Automático de las siguientes características:

- Macar: Merlin Gerin
- Modelo: Compact NS 630 N
- Tipo: Caja Moldeada
- In: 630 A
- Ue: 415 V
- Ui: 1000 V
- Icu: 50 Ka

La calibración del interruptor general automático es la siguiente:

- I_O:0,9 I_n
- I_r:0,93 I_o
- I_{sd}:6 I_r

En el resto de paneles se encuentran la protección y maniobra de los equipos electromecánicos de la E.D.A.R.

En la misma sala de CCM´s, además se encuentran 1 Armario metálico destinado al PLC.

4.4. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

Para conocer el régimen de funcionamiento de la planta, así como el Índice de carga del transformador instalado en función de la máxima demanda de potencia, es necesario acudir a las lecturas registradas por la Unidad de Medida situado en el panel 1 del (CGD-CCM). Se trata de un analizador de redes de la Marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 500. que tiene incorporado la función de maxímetro.

Se verifica mediante una pinza amperimétrica, que los datos registrados por el máximetro que tiene incorporado el analizador de redes, se corresponden con la potencia máxima e instantánea demandada por la instalación, funcionando simultáneamente entre otros, los equipos de mayor consumo (centrífugas , soplantes).

VALORES INSTANTÁNEOS	
Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	403,5
V23	401,5
V31	397,6
V1	229,8
V2	232,9
V3	232,2
Corrientes	
[I_{ef}]	[A]
I1	64,39
I2	57,2
I3	71,41

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	12,84
P2	11,24
P3	14,82
PT	38,88
Potencias Reactivas	
[P]	[kVar]
Q1	6,31
Q2	6,7
Q3	7,42
QT	20,44
Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
S1	13,97
S2	12,22
S3	14,38
ST	39,93

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KV]
[cosφ1]	0,887
[cosφ2]	0,844
[cosφ3]	0,861
[cosφT]	0,865

VALORES MÁXIMOS	
Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	405,1
V23	406,2
V31	404,3
Corrientes	
[I_{ef}]	[A]
I1	116,8
I2	109,4
I3	120,1

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	24,23
P2	21,65
P3	24,14
PT	70,02
Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
P1	27,32
P2	25,66
P3	28,03
ST	81,01

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KV]
[cosφ1]	0,887
[cosφ2]	0,844
[cosφ3]	0,861
[cosφT]	0,865

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE CARGAS.

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Reja de Desbaste (Pretratamiento)	1	0	D	0,55	400	78,00	0,81	0,71	0,71	0,71	0,51	0,51	0,51
Bombas dosificadoras de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	D	0,09	400	77,5	0,79	0,12	0,12	0,23	0,09	0,09	0,18
Agitadores sumergidos (En selector)	2	0	D	1,5	400	75,00	0,82	2	4	4	1,40	2,79	2,79
Soplantes (Edificio Industrial)	2	1	VF	45	400	73,00	0,8	61,64	123,29	184,93	46,23	92,47	138,7
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	A	0,1	230	100,00	1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda NH4/NO3)	1	1	A	0,1	230	100,00	1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Subcuadro de Alumbrado y Serv.Aux (Nuevo Edificio)	1	0	A	31,18	400	100,00	0,91	31,18	31,18	31,18	15,10	15,10	15,10
									159,39	221,25		110,96	157,28

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

- **Transformador**

Atendiendo a los parámetros registrados por el maxímetro integrado en la unidad de medida, la potencia máxima aparente demandada por la instalación es aproximadamente de 81 KVA. Si además se tiene en cuenta las potencias de los equipos de nueva instalación, "*que en el caso de las soplantes, se consideraría el incremento entre la diferencia de potencias simultáneas de las soplantes actuales con las de nueva instalación (2x 45Kw – (2x35kw))*", la reserva del transformador actual estaría entorno al 62,48 %, lo que supondría un índice de carga del 37,52%. Por tanto no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 400kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin causar riesgo de sobrecarga.

- **Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD-CCM).**

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 95m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RZ1-K (AS), 2x(3x(1x150) mm2 de sección de fase y (1x150) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador, al igual que el Interruptor General Automático. A continuación se muestran los cálculos justificativos:

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	400
Tensión Nominal de Servicio	[V]	400
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	577,35
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	630
Caída de Tensión Aguas Arriba (Δvtll)	[%]	-

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25° C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523		
Longitud	[m]	95
Temperatura del terreno	[°C]	25
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	2,5
Separación entre Ternas	[m]	0,5

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Unipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	240
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	240
Nº Conductores por Fase		2
Nº Conductores por Neutro		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[°C]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[°C]	250
Resistencia del Conductor a máx T^a	[Ω/km]	0,0956
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0775
Intensidad máxima admisible	[A]	336

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		0,95
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	638,4
Temperatura del conductor en servicio permanente	[°C]	88,301

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	1,6
Factor de Potencia	[cosφ]	0,86
Resistencia del Conductor a máx T^a	[mΩ]	9,08
Reactancia del Conductor	[mΩ]	7,362
Caída de Tensión (Δv_{III})	[%]	1,578

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,064**
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	**4,8**
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**4,54**
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**9,08**

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,314**
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	**23,515**
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**3,681**
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**7,362**

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	**9,496**
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	**7,943**
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	**6,851**

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	**0,5**
Factor K UNE 20460-4-43		**143**
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	**97,07**
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	**137,61**

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

- **Cuadro General de Distribución – Centro de Control de Motores.**

La corriente asignada ininterrumpida del interruptor general automático del Cuadro General de distribución, es de 630 A, siendo superior a la máxima corriente demandada por el transformador de potencia, por tanto no será necesario sustituir la protección general ni las pletinas del embarrado del CGD-CCM.

El CGD-CCM actual tiene espacio suficiente de reserva para almacenar los dispositivos de protección y maniobra de los equipos electromecánicos de nueva instalación. A continuación se indican el porcentaje de reserva aproximado en cada uno de los paneles:

Panel	% Reserva
1	2%
2	0%
3	0%
4	85%
5	2%

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 ºC para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90ºC para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25ºC para cables enterrados y 40ºC para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70ºC para PVC y 90ºC para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la

instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔU/III	e=ΔU/I
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m / \Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (°C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN (según Guía-BT-Anexo2 del REBT)					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult.	Nº Res.	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipccs (kA)	Ipccf=Ficct (kA)	Duración Ics (≤5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		tmcicc (sg)
													U N E 20460-5-523	Tª Terreno	ρ Terreno	Prof Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	Max. ΔV adm Parcial (%)	Max. ΔV adm Total (%)						Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max.Adi (KA)	
Reja de Desbaste (Pretratamiento)	1	0	D	0,55	400	1,25	1,57	1	D	55	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,5	1	1	1	0,8	1,57	22	25,33	90	9,176	0,092	0,26	3,5	5	404,3	0,571	0,286	0,1	143	0,286	1,131	1,56
Bombas dosificadoras de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	D	0,09	400	1,25	0,27	1	D	35	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,5	1	1	1	0,8	0,27	22	25	90	9,176	0,092	0,029	3,5	5	256,96	0,9	0,449	0,1	143	0,449	1,131	0,63
Agitadores sumergidos (En selector)	2	0	D	1,5	400	1,25	4,40	1	D	115	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,5	1	1	1	0,8	4,4	22	27,6	90	9,176	0,092	1,66	3,5	5	852,73	0,27	0,135	0,1	143	0,135	0,8	8,97
Soplantes (Edificio Industrial)	2	1	VF	45	400	1,25	139,02	1	D	30	RZ1KZ1-K (AS)	3x95/50	202	1	1	1	0,8	139,02	161,60	73,1	90	0,241	0,0692	0,42	3,5	5	7,175	32,18	16,09	0,1	143	16,09	42,96	0,712
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	120	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,5	1	1	1	0,8	0,43	26	25,018	90	9,176	0,185	0,416	3,5	5	881,27	-	0,14	0,1	143	0,130	0,799	7,5
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda NH4/NO3)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	55	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,5	1	1	1	0,8	0,43	26	25,018	90	9,176	0,185	0,191	3,5	5	403,91	-	0,28	0,1	143	0,285	0,799	1,67
Subcuadro de Alumbrado y Serv.Aux (Nuevo Edificio)	1	0	A	31,18	400	1	50	1	D	60	RZ1-K (AS)	3x25/16	96	1	1	1	0,8	50	76,8	52,55	90	0,918	0,074	1,11	3,5	5	48,91	4,72	2,36	0,1	143	2,36	11,35	2,3

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del CGD-CCM								
Reja de Desbaste (Pretratamiento)	1	0	Directo	0,71	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 1,4 - 2A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas dosificadoras de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	Directo	0,12	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 0,35 – 0,5A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Agitadores sumergidos (En selector)	2	0	Directo	2	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 4,5 – 6,3A	Cont. III, 9A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Soplantes (Edificio Industrial)	2	1	Variador	61,64	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 80 - 100A	-	Variador de Velocidad de 55Kw, 110A.	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda NH4/NO3)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Subcuadro de Alumbrado y Serv.Aux (Nuevo Edificio)	1	0	Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Protecciones del Sub-cuadro de Alumbrado y Servicios Auxiliares								
Protección General	1		Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	15	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 15 kA, 32 A + Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 32A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	3	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A+ Bloque Diferencial residual , In: 16A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Fluorescencia, Iluminación interior	1		Aliment	0,72	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A			Interruptor Diferencial residual , In: 40A, IΔn: 300mA
Emergencia, Iluminación interior	1		Aliment	-	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 6 A			

12.3. E.D.A.R DE TORDESILLAS

ÍNDICE

1. **OBJETIVO DEL DOCUMENTO** 1
2. **REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES** 1
3. **CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN** 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN. 3
4. **DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.** 24
4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 24
4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 250 KVA a CGD. 25
4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN 25
5. **AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.** 27
5.1. PREVISIÓN DE CARGAS. 27
5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA. 29
5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS 30

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R de Tordesillas (Valladolid).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de

vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se

reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas

metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm^2 Cobre 16 mm^2 Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 Cobre 50 mm^2 Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 tipo llegada o salida de línea mediante Interruptor-seccionador (SF6) IM.
- 1 Celda Modular gama SM6 de protección mediante interruptor-fusibles combinados QM.
- 1 Celda de Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., GBC-2C.
- 1 Transformador de Potencia de 250 KVA de Potencia aparente nominal.

Baja Tensión:

- 1 Cuadro eléctrico para el almacenamiento y conexionado del Contador de Energía eléctrica, con acceso desde el exterior.

4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 250 KVA a CGD.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 250 kVA, hasta el Cuadro General de Protección son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RZ1-K (AS).
- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 35 m
- Sección nominal de fase: 150 mm2
- Sección nominal de neutro: 150 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN

La instalación eléctrica consta de un Cuadro General de Distribución, el cual en su interior contiene la siguiente aparamenta eléctrica:

- 1 Interruptor General Automático de 400A de corriente nominal ininterrumpida
- 1 Seccionador de corte en carga, salida al CCM1
- 1 Seccionador de corte en carga, salida al CCM2
- 1 Unidad de medida de energía eléctrica.

El CCM1 se compone de 4 armarios metálicos de dimensiones 2.000x1000x500mm cada uno, con placa de montaje, RAL 7032, con iluminación e interruptor de puerta, ventilación controlada por termostato, y resistencia calefactora, controlada por termostato, marca Himel.

El CCM2 se compone de 3 armarios metálicos de dimensiones 2.000x1000x500mm cada uno, con placa de montaje, RAL 7032, con iluminación e interruptor de puerta, ventilación controlada por termostato, y resistencia calefactora, controlada por termostato, marca Himel.

En la misma sala de CCM´s, además se encuentran 1 Armario metálico destinado al PLC.

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE CARGAS.

Se considerarán únicamente los equipos de nueva instalación y sustitución por otros de mayor potencia.

Los equipos electromecánicos de nueva instalación que sustituyan a los actuales no serán considerados, siempre y cuando el número de equipos a instalar y la potencia nominal unitaria de estos se correspondan con lo instalado actualmente.

Los equipos electromecánicos actuales que sean sustituidos por otros de nueva instalación de potencia superior, se consideraría en la previsión de cargas el incremento entre la diferencia de potencias simultáneas de los equipos actuales con las de nueva instalación.

A continuación se muestra la tabla de potencias:

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Agitador selector anaerobio	2	0	D	5,00	400	78,00%	0,81	6,41	12,82	12,82	4,64	9,28	9,28
Tamiz automático	1	0	D	5	400	77,50%	0,79	6,45	6,45	6,45	5,01	5,01	5,01
Concentrador de grasas	1	0	D	2	400	75,00%	0,82	2,67	2,67	2,67	1,86	1,86	1,86
Bombas dosificadoras de cloruro férrico	1	1	D	0,5	400	73,00%	0,80	0,68	0,68	1,37	0,51	0,51	1,03
Bombas de trasiego	1	1	D	1,5	400	75,00%	0,82	2,00	2,00	4,00	1,40	1,40	2,79
Bombas dosificadoras de poli	1	1	D	0,5	400	100,00%	1,00	0,50	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00
Medidor de nivel para tolva	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Medidor de nivel Parshall	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Cuadro de Alumbrado	1	0	A	31,18	230	100,00%	0,90	31,18	31,18	31,18	15,10	15,10	15,10
									56,7	59,89		33,16	35,07

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

- **Transformador**

Atendiendo a las potencias de los equipos de nueva instalación, la reserva del transformador actual estaría entorno al 15,48 %, lo que supondría un índice de carga del 84,52%. Por tanto no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 250kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin causar riesgo de sobrecarga.

- **Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD-CCM).**

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 35m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RZ1-K (AS), 2x(3x(1x150) mm2 de sección de fase y (1x150) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador, al igual que el Interruptor General Automático.

- **Cuadro General de Distribución – Centro de Control de Motores.**

Entre los CCM´s instalados en planta, disponen de espacio suficiente para albergar los dispositivos de protección de los equipos electromecánicos de nueva instalación.

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 ºC para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90ºC para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25ºC para cables enterrados y 40ºC para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}),

que ha de ser (70ºC para PVC y 90ºC para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m/\Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}} \right)^2 \right] = (^\circ C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN (según Guia-BT-Anexo2 del REBT)					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult.	Nº Res.	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	Vl. (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipcc3 (kA)	Ipccf=Icc1 (kA)	Duración Icc (sSeg.)	KZ UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		tmecc (sg)
													U.N.E 20460-5-523	Tª Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Ternas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx.Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	Max. ΔV adm Parcial (%)	Max. ΔV adm Total (%)					Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max Ad (KA)	
Agitador selector anaerobio	2	0	D	5,	400	1,25	14,28	1	D	50	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	14,28	22,00	52,380	90,00	9,176	0,0925	2,314	3,5	5	405,721	0,569	0,265	0,1	143,000	0,265	1,131	1,578
Tamiz automático	1	0	D	5	400	1,25	14,73	1	D	50	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	14,73	22,00	54,156	90,00	9,176	0,0925	2,331	3,5	5	406,227	0,566	0,263	0,1	143,000	0,263	1,131	1,597
Concentrador de grasas	1	0	D	2	400	1,25	5,87	1	D	50	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	5,87	22,00	25,623	90,00	9,176	0,0925	0,963	3,5	5	373,609	0,616	0,309	0,1	143,000	0,309	0,799	1,338
Bombas dosificadoras de cloruro férrico	1	1	D	0,5	400	1,25	1,54	1	D	60	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,54	22,00	25,320	90,00	9,176	0,0925	0,297	3,5	5	441,045	0,524	0,262	0,1	143,000	0,262	1,131	1,865
Bombas de trasiego	1	1	D	1,5	400	1,25	4,40	1	D	60	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	4,40	22,00	27,801	90,00	9,176	0,0925	0,866	3,5	5	444,906	0,519	0,260	0,1	143,000	0,260	1,131	1,697
Bombas dosificadoras de poli	1	1	D	0,5	400	1,25	0,90	1	D	10	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	0,90	22,00	25,109	90,00	9,176	0,0925	0,036	3,5	5	73,448	3,144	1,572	0,05	143,000	1,572	1,599	0,052
Medidor de nivel para tolva	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	10	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,035	3,5	5	73,440	-	1,566	0,05	143,000	1,566	1,599	0,052
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	70	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,243	3,5	5	514,077	-	0,224	0,1	143,000	0,224	1,131	2,554
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	70	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,243	3,5	5	514,077	-	0,224	0,1	143,000	0,224	1,131	2,554
Medidor de nivel Parshall	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	30	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,104	3,5	5	220,319	-	0,522	0,1	143,000	0,522	1,131	0,488
Cuadro de Alumbrado	1	0	A	31,16	230	1	50,00	1	D	60	RZ1-K (AS)	3x25/16	96,00	1	1	1	0,8	50,00	76,80	52,556	90,00	0,918	0,0748	1,115	3,5	5	48,919	4,721	2,360	0,1	143,000	2,360	7,994	2,294

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del CGD-CCM								
Agitador selector anaerobio	2	0	Directo	6,41	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 9 – 12,5A	Cont. III, 12A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Tamiz automático	1	0	Directo	6,45	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 9 – 12,5A	Cont. III, 12A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Concentrador de grasas	1	0	Directo	2,67	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 4,5 – 6,3A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas dosificadoras de cloruro férrico	1	1	Directo	0,68	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 1,1 – 1,6A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas de trasiego	1	1	Directo	2,00	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 3,5 – 5 A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas dosificadoras de poli	1	1	Directo	0,50	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 1,1 – 1,6 A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Medidor de nivel para tolva	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1sonda LDO+ 1 sonda Redox)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Medidor de nivel Parshall	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Cuadro de Alumbrado	1	0	Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones Cuadro de Alumbrado y Servicios Auxiliares								
Protección General	1		Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	15	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 15 kA, 32 A + Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 32A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	3	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A+ Bloque Diferencial residual , In: 16A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Fluorescencia, Iluminación interior	1		Aliment	0,72	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A			Interruptor Diferencial residual , In: 40A, IΔn: 300mA
Emergencia, Iluminación interior	1		Aliment	-	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 6 A			

12.4. E.D.A.R DE TUDELA DE DUERO

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. 24
4.2. DESCRIPCIÓN DEL ARMARIO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN. 24
4.3. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CGD. 26
4.4. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES Nº1 26
4.5. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CCM1. 28
4.6. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 29
5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 30
5.1. PREVISIÓN DE CARGAS. 30
5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA. 32
5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 37

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R de Tudela de Duero (Valladolid).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor,

de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como

medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas,

asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.

- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 tipo llegada o salida de línea mediante Interruptor-seccionador (SF6) IM.
- 1 Celda Modular gama SM6 de protección mediante interruptor-fusibles combinados QM.
- 1 Celda de Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., GBC-2C.
- 1 Transformador de Potencia de 400 KVA de Potencia aparente nominal.

Baja Tensión:

- 1 Cuadro eléctrico para el almacenamiento y conexionado del Contador de Energía eléctrica, con acceso desde el exterior.
- 1 Cuadro eléctrico, BC250, Tensión nominal 690 V, Intensidad nominal 630 A, con la siguiente aparamenta en su interior:

  - 1 Interruptor-Seccionador 3P+N , In: 630 A, Marca Telergón.
  - 3 Fusibles In:400A, Icu: 120kA, tipo: NH3/C3.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL ARMARIO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.

El Cuadro General de Distribución está situado en la propia sala de CCM´s, la distribución se realiza a 400/230V. III+N desde el transformador existente de 400 KVA.

Este cuadro tiene una acometida desde el transformador de 400 KVA, realizada mediante conductores de Cu RZ1-K (AS) 0,6/1KV, de sección 2x(3x(1X150))+1x150 mm2. El sistema de instalación empleado es tipo D.

El Cuadro general de distribución, es un cuadro de la marca Himel, modular compuesto por : 1 módulo IP 55 de dimensiones (2000x800x400 mm), Ral 7032.

En la entrada del Cuadro hay un Interruptor Automático Magnetotérmico de IV polos y 400 Amperios y 36 KA de poder de corte regulables, equipados con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,03 a 3A.

Desde este Cuadro (CGD), parten las líneas de alimentación a los distintos Cuadros locales y están compuestas por los siguientes elementos de protección:

- Línea de Alimentación a la Batería Automática de Condensadores:

    - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos de 250A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03ª

- Línea de Alimentación a Cuadro Local de Alumbrado edificio Explotación

    - Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 63A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03ª

- Línea de Alimentación a Cuadro Local de Alumbrado edificio de Control

    - Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 63A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03ª

El CGD, cuenta con espacio de reserva suficiente para alojar nuevos equipos de protección de fuerza y maniobra.

4.3. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CGD.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 400 kVA, hasta el Cuadro General de Distribución situado en la sala de CCM´s son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RZ1-K (AS).
- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 85 m
- Sección nominal de fase: 150 mm2
- Sección nominal de neutro: 150 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.4. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES Nº1.

El Centro de Control de Motores nº1 (CCM1) está situado en la propia sala de CCM´s, la distribución se realiza a 400/230V. III+N desde el transformador existente de 400 KVA.

Este cuadro tiene una acometida desde el transformador de 400 KVA, realizada mediante conductores de Cu RZ1-K (AS) 0,6/1KV, de sección 2x(3x(1X150))+1x150 mm2. El sistema de instalación empleado es tipo D.

El Centro de Control de Motores se compone de 7 Paneles en ejecución compartimentada mediante cubículos extraibles de dimensiones 2.384x800x400mm, cada uno. Las principales características son:

- Marca: Telemecanique
- Tipo de Ejecución: Compartimentada mediante cubículos extraíbles.
- Tensión nominal/Frecuencia: Trifásica 400V/50Hz
- Sistema de distribución eléctrica: TN-C
- Tensión de Maniobra: 24 Vac
- Tensión de señalización: 24 Vac
- Tensión auxiliar: 24 Vac
- Rigidez dieléctrica (entre fases y fases y neutro): 2Un + 1000 (Sin mando).
- Intensidad de cortocircuito: 25KA
- Grado de Protección: Estanco IP549
- Barras horizontales Cu 50x6 mm:
  - 1 por fase 630 A
  - 1 de neutro 630 A
- Barras horizontales Cu 25x6 mm
  - 1 de tierra

En el Panel 1, se encuentra la unidad de medida mediante un analizador de redes de la Marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 710., y la Protección general mediante un Interruptor General Automático de las siguientes características:

- Macar: Merlin Gerin
- Modelo: Compact NS 630 NE
- Tipo: Caja Moldeada
- In: 630 A
- Ue: 415 V
- Ui: 1000 V
- Icu: 50 KA
- Unidad de control: STR23SE

En el resto de paneles se encuentran la protección y maniobra de los equipos electromecánicos de la E.D.A.R.

En la misma sala de CCM´s, además se encuentran 1 Cuadro PLC, IP 55 de dimensiones (2000x800x400).

4.5. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CCM1.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 400 kVA, hasta el CCM1 situado en la sala de CCM´s son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RZ1-K (AS).
- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 85 m
- Sección nominal de fase: 150 mm2
- Sección nominal de neutro: 150 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.6. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

Para conocer el régimen de funcionamiento de la planta, así como el índice de carga del transformador instalado en función de la máxima demanda de potencia, es necesario acudir a las lecturas registradas por la Unidad de Medida situado en el panel 1 del (CGD-CCM). Se trata de un analizador de redes de la Marca MERLIN GERIN, Modelo: PowerLogic System PM 710, que tiene incorporado la función de maxímetro.

VALORES MÁXIMOS	
Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	401
V23	401
V31	401
Corrientes	
[I_{ef}]	[A]
I1	205
I2	207
I3	209

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	41,67
P2	42,37
P3	41,34
PT	125,38
Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
S1	47,35
S2	47,6
S3	48,06
ST	144,11

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KV]
[cosφ1]	0,88
[cosφ2]	0,89
[cosφ3]	0,86
[cosφT]	0,87

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE CARGAS.

En la previsión de potencia, se considerarán únicamente la adición de equipos electromecánicos de nueva instalación añadidos al proceso o sustitución por otros de mayor potencia que los existentes.

Los equipos electromecánicos de nueva instalación que sustituyan a los actuales no serán considerados, siempre y cuando el número de equipos a instalar y la potencia nominal unitaria de estos se correspondan con lo instalado actualmente.

Los equipos electromecánicos actuales que sean sustituidos por otros de nueva instalación de potencia superior, se consideraría en la previsión de cargas el incremento entre la diferencia de potencias simultáneas de los equipos actuales con las de nueva instalación.

A continuación se muestra la tabla de potencias:

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Agitador (selector anaerobio)	2	0	D	4,00	400	78,00%	0,81	5,13	10,26	10,26	3,71	7,43	7,43
Bomba dosificadora de Cloruro férrico	1	1	D	0,5	400	77,50%	0,79	0,65	0,65	1,29	0,50	0,50	1,00
Bomba de trasiego	1	1	D	1,5	400	75,00%	0,82	2,00	2,00	4,00	1,40	1,40	2,79
Medidor de nivel (Tolva de fango)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Medidor de nivel (Pozo de bombeo)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	100,00%	0,90	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Subcuadro de Alumbrado y Fuerza (Nuevo edificio)	1	0	A	31,18	230	100,00%	0,90	31,18	31,18	31,18	15,10	15,10	15,10
									44,78	47,43		24,47	26,37

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

Los dispositivos de protección de los equipos electromecánicos de nueva instalación, se instalarán en un nuevo CCM (CCM2), el cual será alimentado desde el CGD instalado actualmente. A continuación se describen las actuaciones a realizar.

5.2.1. Transformador

Atendiendo a los parámetros registrados por el maxímetro integrado en la unidad de medida, la potencia máxima aparente demandada actualmente por la instalación es aproximadamente de 145 KVA. Si además se tiene en cuenta las potencias de los equipos de nueva instalación, la potencia aparente demandada estaría entorno a 196 kVA lo que supondría para el transformador actual un índice de carga del 49%. Por tanto no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 400kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin causar riesgo de sobrecarga.

5.2.2. Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CCM1).

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 85m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RZ1-K (AS), 2x(3x(1x150) mm2 de sección de fase y (1x150) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador, al igual que el Interruptor General Automático. El CCM1 dispone de poco espacio de reserva, lo que implica que no será manipulado para implementar la maniobra ni colocar los dispositivos de protección de los equipos electromecánicos de nueva instalación. A nivel informativo, se muestran los cálculos justificativos de la actual acometida, en los que se puede observar que cumple por los criterios establecidos en el REBT 842/2002.

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	400
Tensión Nominal de Servicio	[V]	400
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	577,35
Umbral de Sobrecarga del I.A (Ir)	[A]	466,2
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	-

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523		
Longitud	[m]	85
Temperatura del terreno	[ºC]	25
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	2,5
Separación entre Ternas	[m]	0,25

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Unipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Conductor Fase	[mm²]	150
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm²]	150
Nº Conductores por Fase		2
Nº Conductores por Neutro		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[ºC]	250
Resistencia del Conductor a máx Tª	[Ω/km]	0,1529
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0801
Intensidad máxima admisible	[A]	260

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		0,9
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	468
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	89,501

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	1,5
Factor de Potencia	[cosφ]	0,828
Resistencia del Conductor a máx Tª	[mΩ]	12,999
Reactancia del Conductor	[mΩ]	6,808
Caída de Tensión (Δv_{in})	[%]	1,359

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,064
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0,003
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	4,8
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	8,499
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	12,999

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,314
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0,002
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	23,515
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	3,404
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	6,808

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	9,495
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	7,625
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	5,516

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	0,5
Factor K UNE 20460-4-43		143
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	60,67
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	60,48

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

5.2.3. Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD).

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 85m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RZ1-K (AS), 2x(3x(1x150) mm2 de sección de fase y (1x150) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador, aunque el Interruptor general Automático Magnetotérmico instalado actualmente no tiene capacidad suficiente para proteger las líneas de alimentación actuales más la protección general del CCM2 de nueva instalación, es por ello por lo que el Interruptor General Automático Magnetotérmico IV polos de 400A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03A, será sustituido por otro Interruptor General Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte. Aún así la acometida al CGD no será necesario sustituirla. A continuación se muestran los cálculos justificativos:

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	400
Tensión Nominal de Servicio	[V]	400
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	577,35
Umbral de Sobrecarga del I.A (Ir)	[A]	466,2
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	-

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25° C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523		
Longitud	[m]	55
Temperatura del terreno	[°C]	25
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	2,5
Separación entre Ternas	[m]	0,25

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Unipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Conductor Fase	[mm²]	150
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm²]	150
Nº Conductores por Fase		2
Nº Conductores por Neutro		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[°C]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[°C]	250
Resistencia del Conductor a máx T^{ca}	[Ω/km]	0,1529
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0801
Intensidad máxima admisible	[A]	260

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		0,9
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	468
Temperatura del conductor en servicio permanente	[°C]	89,501

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	1,5
Factor de Potencia	[cosφ]	0,828
Resistencia del Conductor a máx T^{ca}	[mΩ]	12,999
Reactancia del Conductor	[mΩ]	6,808
Caída de Tensión (Δv_{in})	[%]	1,359

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,064
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0,003
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	4,8
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	6,499
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	12,999

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,314
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0,002
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	23,515
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	3,404
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	6,808

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpi3)	[kA]	9,496
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	7,826
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	5,516

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	0,5
Factor K UNE 20460-4-43		143
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	50,67
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	50,48

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

5.2.4. Centro de Control de Motores nº 1.

El CCM1 dispone de poco espacio de reserva, lo que implica que no será manipulado para implementar la maniobra ni colocar los dispositivos de protección de los equipos electromecánicos de nueva instalación.

5.2.5. Cuadro General de Distribución.

El Interruptor general Automático Magnetotérmico instalado actualmente no tiene capacidad suficiente para proteger las líneas de alimentación actuales más la protección general del CCM2 de nueva instalación, es por ello por lo que el Interruptor General Automático Magnetotérmico IV polos de 400A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03A, será sustituido por otro Interruptor General Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte.

5.2.6. – Centro de Control de Motores nº 2.

El Cuadro de Control de motores (*nueva instal*ación), se compone de un armario modular compuesto por 2 módulos CCM IP55 de dimensiones (2200x1000x600mm).

En el panel 1 se instalarán los dispositivos de protección y maniobra de los motores eléctricos de nueva instalación, mientras que en el panel 2 se colocarán los dispositivos de protección de los equipos de instrumentación así como los módulos de ampliación e interface del PLC existente.

Los elementos de protección de las distintas líneas de alimentación, así como la acometida desde el CGD hasta el CCM2 de nueva instalación y las líneas de alimentación a los distintos equipos, se justifican en las "*Tablas resume*n", del presente documento.

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90°C para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70°C para PVC y 90°C para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m/\Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (°C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

ACOMETIDA: DE CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD) A CENTRO DE CONTROL DE MOTORES Nº 2 (NUEVA INSTALACIÓN).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia activa absorbida nominal simultánea	[kW]	44,781572
Tensión Nominal de Servicio	[V]	400
Intensidad de cálculo	[A]	73,56
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	100
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	1,3585

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:B2, Cables unipolares o multipolares en conductos circulares en vacíos de construcción, temperatura ambiente (40°C)

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523

Longitud	[m]	9
Temperatura ambiente	[°C]	40

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Multipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Cable Conductor	[mm²]	3x95/50
Nº Conductores por Fase		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[°C]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[°C]	250
Resistencia del Conductor a máx T°	[Ω/km]	0,2415
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0892
Intensidad máxima admisible	[A]	259

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		1
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	259
Temperatura del conductor en servicio permanente	[°C]	47,454

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión parcial máxima admisible	[%]	1
Caída de Tensión total máxima admisible	[%]	1,5
Factor de Potencia	[cosφ]	0,878
Resistencia equivalente a máx T°	[mΩ]	2,173
Reactancia equivalente	[mΩ]	0,623
Caída de Tensión parcial (ΔvIII)	[%]	0,096
Caída de Tensión total (Δv_{tt})	[%]	1,454

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias

- Aguas arriba

Resistencia de conductores de fase	[mΩ]	11,367
Resistencia de conductores de neutro	[mΩ]	12,999

- Acometida CGD a CCM_1

Resistencia de conductores de fase	[mΩ]	2,173
Resistencia de conductores de neutro	[mΩ]	4,129

-Reactancias

- Aguas arriba

Reactancia de conductores de fase	[mΩ]	27,235
Reactancia de conductores de neutro	[mΩ]	8,808

- Acometida CGD a CCM_1

Reactancia de conductores de fase	[mΩ]	0,623
Reactancia de conductores de neutro	[mΩ]	0,786

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	7,825
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	7,456
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccpf)	[kA]	4,928

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	0,6
Factor K UNE 20460-4-43		143
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	19,21
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	7,6

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN (según Guia-BT-Anexo2 del REBT)					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult.	Nº Res.	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipcc3 (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (≤5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		Imcicc (ag)
													U.N.E 20460-5-523	Tª Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	Max. ΔV.adm Parcial (%)	Max. ΔV.adm Total (%)						Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max.Ad (KA)	
Agitador (selector anaerobio)	2	0	D	4,00	400	1,25	11,42	1	D	70	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	11,42	22,00	42,523	90,00	9,176	0,0925	2,592	3,5	5	548,536	0,421	0,211	0,1	143,000	0,211	1,131	2,884
Bomba dosificadora de Cloruro férrico	1	1	D	0,5	400	1,25	1,47	1	D	75	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,47	22,00	25,292	90,00	9,176	0,0925	0,350	3,5	5	551,245	0,419	0,209	0,1	143,000	0,209	1,131	2,913
Bomba de trasiego	1	1	D	1,5	400	1,25	4,40	1	D	75	RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	4,40	22,00	27,601	90,00	9,176	0,0925	1,083	3,5	5	556,132	0,416	0,208	0,1	143,000	0,208	0,799	2,965
Medidor de nivel (Tolva de fango)	1	0	A	0,1	230	1,25	0,43	1	D	25	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,087	3,5	5	183,599	-	0,626	0,1	143,000	0,626	1,131	0,326
Medidor de nivel (Pozo de bombeo)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	50	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,173	3,5	5	367,198	-	0,313	0,1	143,000	0,313	0,799	1,303
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	60	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,208	3,5	5	440,638	-	0,261	0,1	143,000	0,261	0,799	1,876
Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	1	0,48	1	D	35	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,48	26,00	25,022	90,00	9,176	0,1850	0,123	3,5	5	257,043	-	0,447	0,1	143,000	0,447	1,131	0,539
Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	35	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,121	3,5	5	257,039	-	0,447	0,1	143,000	0,447	0,799	0,638
Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	35	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,121	3,5	5	257,039	-	0,447	0,1	143,000	0,447	0,799	0,638
Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	35	RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,121	3,5	5	257,039	-	0,447	0,1	143,000	0,447	0,799	0,638
Subcuadro de Alumbrado y Serv.Aux (Nuevo Edificio)	1	0	A	31,18	400	1	50,00	11	D	75	RZ1-K (AS)	3x25/16	96,00	1	1	1	0,8	50,00	76,80	52,556	90,00	0,918	0,0748	1,394	3,5	5	61,149	3,777	1,888	0,1	143,000	1,888	7,994	3,584

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del CGD								
Protección General					Int.Aut.Magenetotémico Protección General, IV polos, 630 A. 36KA., equipado con bobina de disparo.			Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Línea de Alimentación a CCM (Nueva Instalación)	-	-	A	44,78	Int.Aut.Magenetotémico Protección General, IV polos, 100 A. 36KA., equipado con bobina de disparo.	-	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Protecciones del CCM (Nueva Instalación)								
Protección General CCM (Nueva Instalación)	-	-	A	44,78	Int.Aut.Magenetotémico Protección General, IV polos, 100 A. 36KA., equipado con bobina de disparo.	-	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Agitador (selector anaerobio)	2	0	Directo	5,13	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 9 -12,5 A	Cont. III, 12A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Bomba dosificadora de Cloruro férrico	1	1	Directo	0,65	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 1,8 -2,5 A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Bomba de trasiego	1	1	Directo	2,00	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 4,5 -6,3 A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	-	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Medidor de nivel (Tolva de fango)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Medidor de nivel (Pozo de bombeo)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Medidor Ultrasónico Parshall (Obra de salida)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut

1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda Redox)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (1Sonda LDO + 1 Sonda MLSS)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Subcuadro de Alumbrado y Fuerza (Nuevo edificio)	1	0	Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Protecciones del Sub-cuadro de Alumbrado y Servicios Auxiliares								
Protección General	1		Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	15	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 15 kA, 32 A + Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 32A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1		Aliment	3	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A+ Bloque Diferencial residual , In: 16A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Fluorescencia, Iluminación interior	1		Aliment	0,72	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A			Interruptor Diferencial residual , In: 40A, IΔn: 300mA
Emergencia, Iluminación interior	1		Aliment	-	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 6 A			

12.5. E.D.A.R DE BENAVENTE

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. . CLASIFICACIÓN. 3
3.2. . CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. . CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. 24
4.2. . ACOMETIDA TRANSFORMADOR 630 KVA a CGD. 24
4.3. . CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN 25
4.4. . CARGAS INSTALADAS 26
4.5. . RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 30
5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 31
5.1. . PREVISIÓN DE CARGAS. 31
5.2. . SOLUCIÓN ADOPTADA 32
5.3. . CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 38

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R de Benavente (Zamora).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor,

de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como

medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;

- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 tipo remonte de cables con seccionador de puesta a tierra GAM.
- 1 Celda Modular gama SM6 de protección mediante interruptor-fusibles combinados QM.
- 1 Celda de Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., GBC-2C.
- 1 Transformador de Potencia de 630 KVA de Potencia aparente nominal.

Baja Tensión:

- 1 Cuadro eléctrico para el almacenamiento y conexionado del Contador de Energía eléctrica.
- 1 Interruptor-Seccionador 3P+N , In: 1000A, Marca Telergón , Serie 5000.
- 3 Fusibles , In:800A, Icu: 120kA, tipo: NH4, Marca Siba.

4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 630 KVA a CGD.

Las características principales de la acometida desde el Transformador de 630 kVA, hasta el Cuadro General de Protección situado en el edificio de Pretratamiento son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RV-K.

- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 90 m
- Sección nominal de fase: 150 mm2
- Sección nominal de neutro: 150 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN

La instalación eléctrica consta de un Cuadro General de Distribución que hace a su vez de Centro de Control de Motores (CGD-CCM). El Centro de Control de Motores se compone de 14 Módulos en ejecución compartimentada mediante cubículos extraíbles. En el módulo 1, se encuentra la unidad de medida mediante un analizador de redes de la Marca CIRCUITOR, Modelo: CVMx., y la Protección general mediante un Interruptor General Automático de las siguientes características:

- Macar: GE
- Modelo: MN41F10
- In: 1000 A
- Ue: 690 V
- Ui: 1000 V
- Icu: 65 Ka

En el resto módulos se encuentran los compartimentos de protección y maniobra de los equipos electromecánicos de la E.D.A.R.

En la misma sala de CCM´s, además se encuentran 3 Armarios murales independientes destinados a:

- Alumbrado General.
- PLC.
- Batería automática de Condensadores.

4.4. CARGAS INSTALADAS

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE DIRECTO								
ESP101	Espesador	2	A5	Directo	0,18	200QM1	III	1
DES101	Desarenador	2	B6	Directo	0,25	201QM1	III	1
CM101	Compuerta Motorizada	2	C7-A	Directo	0,37	202QM1	III	1,6
CM102	Compuerta Motorizada	2	D7-A	Directo	0,37	204QM1	III	1,6
CM103	Compuerta Motorizada	2	E-7A	Directo	0,37	206QM1	III	1,6
CM104	Compuerta Motorizada	2	F-7A	Directo	0,37	208QM1	III	1,6
CM105	Compuerta Motorizada	2	G-7A	Directo	0,37	210QM1	III	1,6
CM106	Compuerta Motorizada	2	H-7A	Directo	0,37	212QM1	III	1,6
CM107	Compuerta Motorizada	2	J-7A	Directo	0,37	214QM1	III	1,6
CM108	Compuerta Motorizada	2	K-7A	Directo	0,37	216QM1	III	1,6
CM109	Compuerta Motorizada	2	L-7A	Directo	0,37	218QM1	III	1,6
CM111	Compuerta Motorizada	2	N-7A	Directo	0,37	222QM1	III	1,6
CM112	Compuerta Motorizada	2	P-7A	Directo	0,37	224QM1	III	1,6
CM113	Compuerta Motorizada	2	R-7A	Directo	0,37	226QM1	III	1,6
CM114	Compuerta Motorizada	2	S-7A	Directo	0,37	228QM1	III	1,6
CM115	Compuerta Motorizada	3	A-7A	Directo	0,37	230QM1	III	1,6
DEC2101	Decantador	3	B-7	Directo	0,37	232QM1	III	1,6
DEC2102	Decantador	3	C-7	Directo	0,37	233QM1	III	1,6
BOPL110A	Bomba Poly	3	D-7	Directo	0,37	234QM1	III	1,6
CLAR101	Clasificador de arenas	3	E-8	Directo	0,55	235QM1	III	2,5
AIR101A	Aireador desarenador	3	F-9	Directo	0,7	236QM1	III	2,5

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE DIRECTO								
AIR102B	Aireador desarenador	3	K-9	Directo	0,7	240QM1	III	2,5
AIR102C	Aireador desarenador	3	L-9	Directo	0,7	241QM1	III	2,5
TAMFIN103	Tamiz fino	3	M-10	Directo	0,75	242QM1	III	2,5
TAMFIN104	Tamiz fino	3	N-10	Directo	0,75	243QM1	III	2,5
TOR101	Transporte presa	3	P-10	Directo	0,75	244QM1	III	2,5
VEN100A	Ventilador de soplante	3	R-11	Directo	1	245QM1	III	2,5
VEN100B	Ventilador de soplante	3	S-11	Directo	1	246QM1	III	2,5
VENSO101A	Ventilador cabina soplante	4	A-12	Directo	1,1	247QM1	III	4
VENSO101B	Ventilador cabina soplante	3	B-12	Directo	1,1	248QM1	III	4
BSFL105	Bomba flotante decantador	5	A-13	Directo	2,5	254QM1	III	6,3
BFSEC109B	Bomba de fangos a deshidratación	5	B-13	Directo	2,2	255QM1	III	6,3
AG75R101	Agitador tanque de tormentas	5	C-14	Directo	2,5	256QM1	III	10
AG75R102	Agitador tanque de tormentas	5	D-14	Directo	2,5	257QM1	III	10
BSFEX103A	Bomba de fangos en exceso	12	A-15	Directo	3	298QM1	III	10
BSFEX103B	Bomba de fangos en exceso	12	B-15	Directo	3	299QM1	III	10
BSFL104	Bomba vaciado decantador	12	C-16	Directo	3,8	300QM1	III	10
ACELE101	Acelerador de corriente	12	D-17	Directo	4,5	301QM1	III	13
ACELE102	Acelerador de corriente	13	A-17	Directo	4,5	306QM1	III	13
ACELE103	Acelerador de corriente	13	B-17	Directo	4,5	307QM1	III	13
ACELE104	Acelerador de corriente	13	C-17	Directo	4,5	308QM1	III	13

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE		P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÓDULO	CELDA	TIPO	E/A		ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE VARIADOR									
BOPL1101B	Bomba Poly	4	E-19	Var.	4-20 mA	0,37	250QM1	III	1,3
BOPL1101C	Bomba Poly	4	F-19	Var.	4-20 mA	0,37	252QM1	III	1,3
BFSEC109B	Bomba de fangos a deshidratación	5	E-20	Var.	4-20 mA	2,2	258QM1	III	5
BFSEC109C	Bomba de fangos a deshidratación	5	F-20	Var.	4-20 mA	2,2	259QM1	III	5
BCSIL111	Bomba de Carga de Silo	12	E-21	Var.	4-20 mA	4	302QM1	III	10
BCSIL112	Bomba de Carga de Silo	12	F-21	Var.	4-20 mA	4	304QM1	III	10

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE (ARRANCADOR ESTÁTICO)								
CENTRIF101	Centrífuga	6	C-26	Arr.Est.	22	262QM1	III	44
BSABP102A	Bomba Tormentas	6	D-27	Arr.Est.	25	264QM1	III	63
BSABP102B	Bomba Tormentas	8	D-27	Arr.Est	25	280QM1	III	63
BSABP102C	Bomba Tormentas	8	E-27	Arr.Est	25	282QM1	III	63
DESODOR100	Instalación de desodorización	13	E-25	Arr.Est	15	309QM1	III	32
CENTRIF102	Centrífuga	13	F-26	Arr.Est	22	311QM1	III	50

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	EQUIPO	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE (COMPARTIDO: VARIADOR-ARRANCADOR ESTÁTICO)								
BSABR101A	Bomba de Agua Bruta	7	23	Vari.Frec. 278V1-4 Arr.Estático 266A1-1	16	278QM1-4 266QM1-1	III	40
BSABR101B	Bomba de Agua Bruta	7	23	Vari.Frec.278V1-4 Arr.Estático 270A1-2	16	278QM1-4 270QM1	III	40
BSABR101C	Bomba de Agua Bruta	7	23	Vari.Frec.278V1-4 Arr.Estático A1-3	16	278QM1-4 274QM1	III	40
SBIO102A	Soplante Bilógica	11 9	-	Vari.Frec.296V1-4 Arr.Estático 284A1-1	75	296QM1 284QM1	III	160
SBIO102B	Soplante Bilógica	11 10	-	Vari.Frec.296V1-4 Arr.Estático 284A1-2	75	296QM1 288QM1	III	160
SBIO102C	Soplante Bilógica	11 11	-	Vari.Frec.296V1-4 Arr.Estático 292A1-3	75	296QM1 292QM1	III	160

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	EQUIPO	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE (COMPARTIDO: VARIADOR-ARRANQUE DIRECTO)								
BSREX106A	Bomba de Recirculación Externa	14 14	B-22 C-22	Directo Vari.Frec 322V1-4	7,5	313QM1 322QM1-4	III	20
BSREX106B	Bomba de Recirculación Externa	14 14	B-22 C-22	Directo Vari.Frec 322V1-4	7,5	316QM1 322QM1-4	III	20
BSREX106C	Bomba de Recirculación Externa	14 14	C-22 C-22	Directo Vari.Frec 322V1-4	7,5	319QM1 322QM1-4	III	20

EQUIPO		UBICACIÓN		TIPO DE ARRANQUE	P.N (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÓDULO	CELDA			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE INVERSOR								
TALF101	Tolva de almacenamiento	4	C-12	Inversor	0,37	249QM1	III	1,25

4.5. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

Para conocer el régimen de funcionamiento de la planta, así como el índice de carga del transformador instalado en función de la máxima demanda de potencia, es necesario acudir a las lecturas registradas por la Unidad de Medida situado en el módulo 1 del (CGD-CCM). Se trata de un analizador de redes de la Marca CIRCUITOR, Modelo: CVMx. que tiene incorporado la función de maxímetro. Los datos registrados se muestran a continuación.

VALORES INSTANTÁNEOS		
Pantalla 1 (Led`s Rojos)		
Código	[V_{ef}]	[V]
27	V12	398
28	V23	401
29	V31	398
Pantalla 2 (Led`s Verdes)		
Código	[I_{ef}]	[A]
2	I1	205,6
8	I2	210,5
14	I3	214,2
Pantalla 3 (Led`s Amarillos)		
Código	[P_{III}]	[kW]
21	[P_{III}]	134,2

Código	[Cosφ_{III}]
24	0,95

Código	[Hz]
25	50

VALORES MÁXIMOS		
Pantalla 1 (Led`s Rojos)		
Código	[V_{ef}]	[V]
27	V12	410
28	V23	411
29	V31	412
Pantalla 2 (Led`s Verdes)		
Código	[I_{ef}]	[A]
2	I1	617,5
8	I2	643,7
14	I3	636,3
Pantalla 3 (Led`s Amarillos)		
Código	[P_{III}]	[kW]
21	[P_{III}]	206

Código	[Cosφ_{III}]
24	0,47

Código	[Hz]
25	50

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE CARGAS.

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Compuerta Mural (Salida Selector)	1	0	D	0,16	400	81,00%	0,82	0,20	0,20	0,20	0,14	0,14	0,14
Bombas Dosif.de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	D	0,15	400	75,00%	0,81	0,20	0,20	0,40	0,14	0,14	0,29
Agitadores Sumergibles (Tanque de Tormentas)	2	0	D	2,5	400	72,00%	0,83	3,47	6,94	6,94	2,33	4,67	4,67
Agitadores Sumergibles (En Selector)	2	0	D	7,5	400	73,00%	0,82	10,27	20,55	20,55	7,17	14,34	14,34
Medidor Electromagnético de Caudal 500mm (Entrada Selector)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
1 Controlador (2 Sondas NH4/ NO3)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Equipo Compacto Trat.Escurridos	1	0	A	3	400	100,00%	1,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrífuga)	1	1	D	2,3	400	73,00%	0,83	3,15	3,15	6,30	2,12	2,12	4,23
Bombas Centrífugas Horizontal (En equipo Compacto)	1	1	D	2,3	400	72,00%	0,82	3,19	3,19	6,39	2,23	2,23	4,46
Subcuadro de Alumbrado y Serv.Aux. (Nuevo edificio)	1	1	A	31,18	400	100	1	31,18	31,18	31,18	15,1	15,1	15,1
									68,82	75,36		38,74	43,23

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

- **Transformador**

Atendiendo a los parámetros registrados por el maxímetro integrado en la unidad de medida, la potencia máxima aparente demandada por la instalación es de 438 KVA. Si además se tiene en cuenta las potencias de los equipos de nueva instalación, la reserva del transformador actual estaría entorno al 23%, lo que supondría un índice de carga del 77%.

Con los resultados obtenidos se determina que no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 630kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin riesgo de sobrecarga.

- **Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD-CCM).**

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 90m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RV-K, 2x(3x(1x150) mm2 de sección de fase y (1x150) mm2 de sección de neutro.

La actual acometida no está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador, ya que según lo preescrito en el REBT 842/2002 y Norma UNE 20460-5-523, la intensidad máxima admisible de los conductores instalados es inferior a la máxima corriente demandada por el transformador. A continuación se muestran los cálculos justificativos:

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	**630**
Tensión Nominal de Servicio	[V]	**400**
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	**909,33**
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	**1000**
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	**-**

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523		
Longitud	[m]	**90**
Temperatura del terreno	[ºC]	**25**
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	**2,5**
Separación entre Ternas	[m]	**0**

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		**Unipolar**
Tipo de Aislamiento		**XLPE**
Material conductor		**Cobre**
Tensión de Aislamiento	[kV]	**0,6/1**
Designación Genérica		**RZ1-K (AS)**
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	**150**
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	**150**
Nº Conductores por Fase		**2**
Nº Conductores por Neutro		**1**
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	**90**
Temperatura máxima admisible en Cortocirucito <5 seg	[ºC]	**250**
Resistencia del Conductor a máx $T^{ª}$	[Ω/km]	**0,1529**
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	**0,0801**
Intensidad máxima admisible	[A]	**260**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		**0,85**
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	**442**
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	**357,712**

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	**0,5**
Factor de Potencia	[cosφ]	**0,779**
Resistencia del Conductor a máx $T^{ª}$	[mΩ]	**13,764**
Reactancia del Conductor	[mΩ]	**7,208**

Caída de Tensión (Δv_{III})	[%]	**3,3**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,064**
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	**2,741**
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**6,882**
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD		**13,764**

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,314**
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	**14,99**
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**3,604**
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD		**7,208**

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpi3)	[kA]	**14,843**
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	**10,87**
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	**6,58**

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	**0,5**
Factor K UNE 20460-4-43		**143**
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	**60,67**
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	**42,51**

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

La instalación del nuevo selector para la eliminación biológica del fósforo, se ejecutará por donde discurre el trazado de la acometida actual, lo que implica desviar dicha acometida y las arquetas por un nuevo trazado, el cual no se vea obstaculizado por ningún elemento.

La nueva acometida tendrá una longitud aproximada de 110 m, y se dimensionará para transportar la potencia nominal del transformador, ejecutándose mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RZ1-K (AS) "Alta seguridad", 4x (3x (1x240) mm2 de sección de fase y 2 x (1x240) mm2 de sección de neutro. A continuación se muestran los cálculos justificativos:

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	**630**
Tensión Nominal de Servicio	[V]	**400**
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	**909,33**
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	**1000**
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	**-**

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523

Longitud	[m]	**110**
Temperatura del terreno	[ºC]	**25**
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	**2,5**
Separación entre Ternas	[m]	**0,25**

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		**Unipolar**
Tipo de Aislamiento		**XLPE**
Material conductor		**Cobre**
Tensión de Aislamiento	[kV]	**0,6/1**
Designación Genérica		**RZ1-K (AS)**
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	**240**
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	**240**
Nº Conductores por Fase		**4**
Nº Conductores por Neutro		**2**
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	**90**
Temperatura máxima admisible en Cortocirucito <5 seg	[ºC]	**250**
Resistencia del Conductor a máx T^{ra}	[Ω/km]	**0,0956**
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	**0,0775**
Intensidad máxima admisible	[A]	**336**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		**0,8**
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	**1075,2**
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	**81,226**

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	**1,5**
Factor de Potencia	[cosφ]	**0,829**

Resistencia del Conductor a máx T^{ra}	[mΩ]	**10,514**
Reactancia del Conductor	[mΩ]	**8,525**
Caída de Tensión (Δv_{III})	[%]	**1,46**

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,064**
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	**2,741**
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**2,628**
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**5,257**

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	**0,314**
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	**0**
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	**14,99**
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**2,131**
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	**4,262**

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	**14,843**
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	**12,646**
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	**9,548**

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	**0,5**
Factor K UNE 20460-4-43		**143**
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	**194,14**
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	**206,74**

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

- **Cuadro General de Distribución – Centro de Control de Motores.**

La corriente asignada ininterrumpida del interruptor general automático del Cuadro General de distribución, es de 1000 A, siendo superior a la máxima corriente

demandada por el transformador de potencia, por tanto no será necesario sustituir la protección general ni las pletinas del embarrado del CGD-CCM.

El CGD-CCM actual tiene espacio suficiente de reserva para almacenar los dispositivos de protección y maniobra de los equipos electromecánicos de nueva instalación. A continuación se indican las celdas libres según su módulo correspondiente:

Módulo	Cubículos de Reserva
2	1
4	2
6	1
8	2
13	1
Total	7

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 ºC para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90ºC para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25ºC para cables enterrados y 40ºC para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70ºC para PVC y 90ºC para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m / \Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[\left(T_{MAX} - T_0\right) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (°C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$\text{Tmcicc} = \frac{Cc \times S^2}{\text{IpccF}^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0,8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1,5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

	VALORES NOMINALES					CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN (según Guia-BT-Anexo2 del REBT)					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.maxAdm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN								
													U.N.E 20480-5-523	T^{ra} Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	T^{ra} Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a $MaxT^{ra}$	Max. ΔV.adm Parcial (%)	Max. ΔV.adm Total (%)	Zcc (mΩ)	Ipccs (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (≤5seg)	K2 UNE 20480-4-43	Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max.Ad (KA)	tmcicc (sg)
Compuerta Mural (Salida Selector)	1	0	Directo	0,16	400	1,25	0,43	1	D	95	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	0,43	22,00	25,025	90,00	9,176	0,0925	0,135	3,5	5	697,530	0,331	0,166	0,1	143,000	0,166	1,131	4,664
Bombas Dosif.de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	Directo	0,15	400	1,25	0,45	1	D	140	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	0,45	22,00	25,027	90,00	9,176	0,0925	0,202	3,5	5	1027,944	0,225	0,112	0,1	143,000	0,225	0,799	2,532
Agitadores Sumergibles (Tanque de Tormentas)	2	0	Directo	2,5	400	1,25	7,55	1	D	50	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	7,55	22,00	32,651	90,00	9,176	0,0925	1,253	3,5	5	377,881	0,611	0,306	0,1	143,000	0,611	0,799	0,342
Agitadores Sumergibles (En Selector)	2	0	Directo	7,5	400	1,25	22,61	1	D	95	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G6	44,00	1	1	1	0,8	22,61	35,20	51,807	90,00	3,823	0,0826	2,958	3,5	5	320,631	0,720	0,360	0,1	143,000	0,720	1,919	1,419
Medidor Electromagnético de Caudal 500mm (Entrada Selector)	1	0	Aliment.	0,1	230	1	0,43	1	D	95	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,330	3,5	5	697,677	-	0,165	0,1	143,000	0,165	0,799	4,704
1 Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	Aliment.	0,1	230	1	0,43	1	D	115	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,399	3,5	5	844,556	-	0,136	0,1	143,000	0,136	0,799	6,893
1 Controlador (2 Sondas NH4/ NO3)	1	0	Aliment.	0,1	230	1	0,43	1	D	115	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,43	26,00	25,018	90,00	9,176	0,1850	0,399	3,5	5	844,556	-	0,136	0,1	143,000	0,136	0,799	6,893
Equipo Compacto Trat.Escurridos	1	0	Aliment.	3	400	1	4,33	1	D	60	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	4,33	22,00	27,518	90,00	9,176	0,0925	1,032	3,5	5	444,766	0,519	0,260	0,1	143,000	0,519	0,799	0,474
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrifuga)	1	1	Directo	2,3	400	1,25	6,85	1	D	50	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	6,85	22,00	31,299	90,00	9,176	0,0925	1,137	3,5	5	375,974	0,614	0,307	0,1	143,000	0,614	0,799	0,339
Bombas Centrífugas Horizontal (En equipo Compacto)	1	1	Directo	2,3	400	1,25	7,03	1	D	60	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	7,03	22,00	31,635	90,00	9,176	0,0925	1,384	3,5	5	451,736	0,511	0,256	0,1	143,000	0,511	0,799	0,489
Sub-cuadro de Alumbrado y Serv.Aux. (Nuevo Edificio)	1	0	A	31,18	400	1	50	1	D	62	0,6/1Kv RZ1-K (AS)	3X25/16	96	1	1	1	0,8	50	76,8	52,55	90	0,918	0,074	1,11	3,5	5	48,91	4,72	2,36	0,1	143	2,36	11,35	2,3

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Compuerta Mural (Salida Selector)	1	0	Directo	0,20	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 0,7 - 1A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas Dosif.de Cloruro Férrico (Depósito PRFV)	1	1	Directo	0,20	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 0,7 - 1A	Cont. III, 7A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Agitadores Sumergibles (Tanque de Tormentas)	2	0	Directo	3,47	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 7 - 10A	Cont. III, 9A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Agitadores Sumergibles (En Selector)	2	0	Directo	10,27	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 20 - 25A	Cont. III, 25A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Medidor Electromagnético de Caudal 500mm (Entrada Selector)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (2 Sondas LDO)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
1 Controlador (2 Sondas NH4/ NO3)	1	0	Aliment.	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Equipo Compacto Trat.Escurridos	1	0	Aliment.	3,00	Int.Aut.,4 Polos,Clase 10,50 kA,25A+ Bloque Diferencial residual, In:25A, IΔn: 300mA	-	Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Bombas Sumergibles (Arqueta de escurridos Centrifuga)	1	1	Directo	3,15	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 7 - 10A	Cont. III, 9A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Bombas Centrífugas Horizontal (En equipo Compacto)	1	1	Directo	3,19	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 7 - 10A	Cont. III, 9A,2NO+ 1NC, Mando 24V AC, 50/60Hz	Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, IΔn: 300mA
Sub-cuadro de Alumbrado y Serv.Aux. (Nuevo Edificio)	1	0	Aliment.	3,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA		Bloque Diferencial residual para Int.Aut

Protecciones del Sub-cuadro de Alumbrado y Servicios Auxiliares							
Protección General	1	Aliment	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1	Aliment	15	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 15 kA, 32 A + Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 32A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Tomas de corriente Industriales	1	Aliment	3	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A+ Bloque Diferencial residual , In: 16A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Fluorescencia, Iluminación interior	1	Aliment	0,72	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 16 A			Interruptor Diferencial residual , In: 40A, IΔn: 300mA
Emergencia, Iluminación interior	1	Aliment	-	Int.Aut.,II Polos,Clase 10, 15 kA, 6 A			

12.6. E.D.A.R DE TORO

12.6.1. TORO. E.D.A.R ACTUAL

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN. 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. 24
4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CCM. 25
4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN 26
4.4. CARGAS INSTALADAS 27
4.5. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO. 32
5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 34
5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS. 34
5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA 36
5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 39

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la instalación eléctrica en baja tensión de la E.D.A.R actual de Toro (Zamora).

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de

vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **Contactos directos.**

<u>Protección por aislamiento de las partes activas.</u>

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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se

reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas

metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación se encuentra situado en el límite de la parcela de la E.D.A.R, con acceso directo desde la vía pública. Se trata de un Centro de Transformación prefabricado, tipo caseta, con envolvente de hormigón y estructura monobloque, en cuyo interior se incorpora la siguiente aparamenta:

Media Tensión:

- 1 Celda Modular gama SM6 con interruptor y conmutación automática de llegada de línea (IM).
- 1 Celda Modular de protección general mediante interruptor automático salida inferior derecha por barras (DM1-D).
- 1 Celda Modular gama SM6, de medida de tensión e intensidad salida y entrada inferior por cable., (GBC-2C).
- 1 Celdas Modular gama SM6, de protección M.T transformador 1 mediante interruptor-fusibles combinados, salidas por cables (QM).
- 1 Celdas Modular gama SM6, de protección M.T transformador 2 mediante interruptor-fusibles combinados, salidas por cables (QM).
- 1 Transformador de Potencia de 400 KVA de Potencia aparente nominal (*en funcionamiento*).
- 1 Transformador de Potencia de 400 KVA de Potencia aparente nominal (*de reserva*).

Baja Tensión:

- 1 Cuadro General de distribución compuesto por 2 módulos de dimensiones (2000x800x600 mm), conteniendo en su interior:

Protección General del Transformador Nº 1: (Pos.ON)

- 1 Ud, Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte.

Protección General del Transformador Nº 2 (Reserva,Pos.OFF)

- 1 Ud, Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte.

Protección General de la Bat. Automática de Condensadores

- 1 Ud, Interruptor Automático Magnetotérmico III polos de 400A, 36 KA de poder de corte.

Protección General del CCM

- 1 Ud, Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,5 a 0,03A

Protección Cuadro General de Alumbrado

- 1 Ud, Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 63A, 36 KA de poder de corte
- 1 Ud Interruptor automático diferencial de 63 A y IΔn:0,3A.

Unidad de Medida

- 1 Ud, Analizador de redes de la marca Siemens, modelo 7K70 133-OCC

4.2. ACOMETIDA TRANSFORMADOR 400 KVA a CCM.

Las características principales de la acometida desde el Interruptor Automático (*Protección General CCM*), hasta el CCM situado en el Edificio Industrial de la E.D.A.R son las siguientes:

- Sistema de Instalación: Tipo D, Tres cables unipolares bajo tubo enterrados a 1m de profundidad.
- Designación Genérica del Conductor: RZ1-K.

- Tensión de Aislamiento: 0,6/1Kv.
- Material Conductor: Cobre.
- Agrupación: Unipolar
- Longitud: ≈ 60 m
- Sección nominal de fase: 240 mm2
- Sección nominal de neutro: 240 mm2
- Número de conductores por fase: 2
- Número de Conductores de neutro: 1

4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). DESCRIPCIÓN

Principalmente, la instalación eléctrica consta de un único Centro de Control de Motores, modular, compuesto por 9 módulos de dimensiones (2200x1000x600) cada uno.

En cada panel del CCM, se encuentra la señalización de cada equipo así como el Conmutador (Man-0-Aut), en el que se selecciona manualmente el Modo de Funcionamiento de cada equipo.

Las características técnicas principales del CCM se describen a continuación:

- Ejecución: Placa de Montaje.
- Tensión asignada de empleo (Ve): 400 Vac
- Tensión auxiliar: 230 Vac
- Tensión de mando: 24 Vac
- Tensión de señalización: 24 Vac
- Nº de Módulos: 9

El en módulo 1 del se encuentra instalado la unidad de medida a través de un analizador de redes de la Marca Siemens, modelo 7K70 133-OCC., además de la Protección General en Baja Tensión a través de un Interruptor Automático Magnetotérmico IV polos de 630A, 36 KA de poder de corte.

En el resto de módulos se encuentra la maniobra y protecciones de los distintos equipos electromecánicos de la E.D.A.R.

En la misma sala en el que se encuentra el CCM, además se encuentran 2 Armarios independientes destinados a:

- PLC.
- Cuadro General de Alumbrado y Servicios auxiliares.

4.4. CARGAS INSTALADAS

A continuación se presenta una tabla resumen de las cargas eléctricas instaladas en el CCM, según el tipo de arranque considerado (Alimentación, Directo, Variador, Inversor):

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN		ITEM	Nº POLOS	In (A)
CUADROS LOCALES					
CS1	Cuadro Local. Polipasto-Cuchara Bivalva	Alimentación	Q15	III	20
CS2	Cuadro Local. Puente Desarenador Bomba Arena 1	Alimentación	Q16	IV	16
CS3	Cuadro Local. Puente Desarenador Bomba Arena 2	Alimentación	Q17	IV	16
CS4	Cuadro Local. Compresor de Aire 1	Alimentación	Q18	III	16
CS5	Cuadro Local. Compresor de Aire 2	Alimentación	Q19	III	16
CS6	Cuadro Local. Cuadro Control Centrífuga 1	Alimentación	Q20	IV	40
CS7	Cuadro Local. Cuadro Control Centrífuga 2	Alimentación	Q21	IV	40
CS8	Cuadro Local. Equipo Automático de Poli	Alimentación	Q22	III	16
CS9	Cuadro Local. Grupo de Presión	Alimentación	Q23	IV	16
CS10	Cuadro Local Filtro Autolimpiante	Alimentación	Q24	IV	16

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN		ITEM	Nº POLOS	In (A)
INSTRUMENTACIÓN					
CS12	Instrumentación medidor PH-Temperatura Agua Bruta.	Alimentación	Q26	II	6
CS13	Instrumentación medidor PH-Temperatura Agua Tratada.	Alimentación	Q27	II	6
CS14	Instrumentación Medidor Electromagnético Entrada Biológico	Alimentación	Q28	II	6
CS15	Instrumentación Medidor Electromagnético Fangos a Centrífuga 1	Alimentación	Q29	II	6
CS16	Instrumentación Medidor Electromagnético Fangos a Centrífuga 2	Alimentación	Q30	II	6
CS17	Instrumentación Medidor Oxigeno 1	Alimentación	Q31	II	6
CS18	Instrumentación Medidor Oxigeno 2	Alimentación	Q32	II	6
CS19	Instrumentación Medidor Redox 1 Biológico	Alimentación	Q33	II	6
CS20	Instrumentación Medidor Redox 2 Biológico	Alimentación	Q34	II	6
CS21	Instrumentación Medidor Redox 3 Cámara Anaerobia	Alimentación	Q35	II	6
CS22	Instrumentación Medidor Redox 4 Cámara Anaerobia	Alimentación	Q36	II	6
CS23	Instrumentación Medidor Electromagnético Recirculación de Fangos	Alimentación	Q37	II	6
CS24	Instrumentación Medidor Electromagnético Fangos en Excesos	Alimentación	Q38	II	6

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE	POTENCIA NOMINAL (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE DIRECTO						
M1	Bomba de Agua Bruta nº 1	Directo	13,5	QM1	III	32
M2	Bomba de Agua Bruta nº 2	Directo	13,5	QM2	III	32
M3	Bomba de Agua Bruta nº 3	Directo	13,5	QM3	III	32
M5	Bomba de Agua Bruta nº 5	Directo	13,5	QM5	III	32
M8	Tornillo Transportador Compactador	Directo	1,1	QM8	III	4
M9	Agitador Sumergible nº 1	Directo	0,75	QM9	III	2,5
M10	Agitador Sumergible nº 2	Directo	0,75	QM10	III	2,5
M11	Agitador Sumergible nº 3	Directo	0,75	QM11	III	2,5
M12	Agitador Sumergible nº 4	Directo	0,75	QM12	III	2,5
M13	Agitador Sumergible nº 5	Directo	0,75	QM13	III	2,5
M14	Agitador Sumergible nº 6	Directo	0,75	QM14	III	2,5
M15	Clasificador de Arenas	Directo	0,55	QM15	III	1,5
M16	Separador de Grasas	Directo	0,18	QM16	III	1,5
M18	Agitador Estanque tormentas nº 1	Directo	1,5	QM18	III	4
M19	Agitador Estanque tormentas nº 2	Directo	1,5	QM19	III	4
M20	Espesador de Gravedad	Directo (Lim par)	0,18	QM20	III	1,5
M23	Bomba Dosificadora Polielectrolito nº 1	Directo	0,18	QM23	III	1,5
M24	Bomba Dosificadora Polielectrolito nº 2	Directo	0,18	QM24	III	1,5
M25	Tornillo Transportador Fango Deshidratado	Directo	0,75	QM25	III	2,5
M26	Bomba de Fango Deshidratado	Directo	4	QM26	III	10
M28	Ventilador desodorización	Directo	11	QM28	III	25
M29	Agitador Cámara Anaeróbica nº 1	Directo	1,5	QM29	III	4
M30	Agitador Cámara Anaeróbica nº 2	Directo	1,5	QM30	III	4
M31.1	Ventilador Soplante nº 1	Directo		QM47	III	
M32.1	Ventilador Soplante nº 2	Directo		QM48	III	
M33.1	Ventilador Soplante nº 3	Directo		QM46	III	
M34	Acelerador de Corriente nº 1	Directo	4,3	QM34	III	10
M35	Acelerador de Corriente nº 2	Directo	4,3	QM35	III	10
M36	Decantador Secundario nº 1	Directo (Lim par)	0,37	QM36	III	1,6
M37	Decantador Secundario nº 2	Directo (Lim par)	0,37	QM37	III	1,6
M38	Bomba Sobrenadantes nº 1	Directo	1,7	QM38	III	4
M39	Bomba Sobrenadantes nº 2	Directo	1,7	QM39	III	4
M40	Bomba de Recirculación nº 1	Directo	4,7	QM40	III	14
M41	Bomba de Recirculación nº 2	Directo	4,7	QM41	III	14

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE	POTENCIA NOMINAL (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE DIRECTO						
M43	Bomba de Fangos en Exceso nº 1	Directo	3,7	QM43	III	10
M44	Bomba de Fangos en Exceso nº 2	Directo	3,7	QM44	III	10
M45	Bomba de Vaciados nº 1	Directo	5,9	QM45	III	14
EV01	Electroválvula PIC Purga Decantador nº 1	Directo		Q129	II	10
EV02	Electroválvula PIC Purga Decantador nº 2	Directo		Q130	II	10
EV03	Electroválvula Entr.Agua Centrífuga nº 1	Directo		Q131	II	10
EV04	Electroválvula Entr.Agua Centrífuga nº 2	Directo		Q132	II	10
EV05	Electroválvula Dilución Poli Línea nº 1	Directo		Q133	II	10
EV06	Electroválvula Dilución Poli Línea nº 2	Directo		Q134	II	10
EV07	Electroválvula limpieza PH Agua Bruta	Directo		Q135	II	10
EV08	Electroválvula limpieza PH Agua Salida	Directo		Q136	II	10
EV09	Electroválvula limpieza Canal Desarenado	Directo		Q137	II	10

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE		POTENCIA NOMINAL (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO	COMUNICACIÓN		ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE VARIADOR							
M4	Bomba de Agua Bruta nº 4	VF1 (Modulo 7)	4-20 mA	13,5	QM4	III	32
M21	Bomba Alimentación Centrífuga nº 1	VF2 (Modulo 7)	4-20 mA	1,1	QM21	III	4
M22	Bomba Alimentación Centrífuga nº 2	VF3 (Modulo 7)	4-20 mA	1,1	QM22	III	4
M31	Soplante Biológico n º 1	VF4 (Modulo 8)	4-20 mA	55	QM31	III	150
M32	Soplante Biológico n º 2	Compartido Protecciones y Variador de la Soplante Biológico nº 1 y nº 3					
M33	Soplante Biológico n º 3	VF6 (Modulo 9)	4-20 mA	55	QM33	III	150
M42	Bomba de Recirculación nº 3	VF5 (Modulo 7)	4-20 mA	4,7	QM42	III	14

EQUIPO		TIPO DE ARRANQUE	POTENCIA NOMINAL (KW)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA		
ITEM	DESCRIPCIÓN			ITEM	Nº POLOS	In (A)
ARRANQUE INVERSOR						
M6	Tamiz Escalera 1	Inversor	0,75	QM6	III	2,5
M7	Tamiz Escalera 2	Inversor	0,75	QM7	III	2,5
M46	Tamiz Escalera 3	Inversor	0,75	QM50	III	2,5
M17	Compuerta Reguladora Entrada Biológico	Inversor	1,1	QM17	III	4
M27	Tolva de Fango Deshidratado	Inversor	2,2	QM27	III	6,3

4.5. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

Para conocer el régimen de funcionamiento de la planta, así como el índice de carga del transformador instalado en función de la máxima demanda de potencia, es necesario acudir a las lecturas registradas por la Unidad de Medida que se encuentra en el interior del CGD, situado en el Edificio Prefabricado del Centro de Transformación. Se trata de un analizador de redes de la marca Siemens, modelo 7K70 133-OCC, que tiene incorporado la función de maxímetro. Los datos registrados se muestran a continuación.

VALORES INSTANTÁNEOS	
Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	402
V23	401
V31	403
V1	232,09
V2	231,5
V3	232,7
Corrientes	
[I_{ef}]	[A]
I1	146,2
I2	110,4
I3	114,6

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	31,57
P2	23,08
P3	23,65
PT	74,52
Potencias Reactivas	
[Q]	[kVar]
Q1	8,2
Q2	6,72
Q3	7,5
QT	18,96
Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
S1	32,61
S2	24,03
S3	24,81
ST	76,9

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KVA]
[cosφ1]	0,92
[cosφ2]	0,89
[cosφ3]	0,88
[cosφT]	0,9

VALORES MÁXIMOS

Tensiones	
[V_{ef}]	[V]
V12	402
V23	401
V31	403
Corrientes	
[I_{ef}]	[I_{ef}]
I1	199,7
I2	176,0
I3	180,3

Potencias Activas	
[P]	[kW]
P1	41,91
P2	34,11
P3	34,84
PT	109,5
Potencias Reactivas	
[Q]	[kVar]
Q1	18,57
Q2	17,64
Q3	18,49
QT	54,71
Potencias Aparentes,	
[S]	[kVA]
S1	45,45
S2	38,40
S3	39,44
ST	122,4

Factor de Potencia	
[cosφ]	[KW/KVA]
[cosφ1]	0,92
[cosφ2]	0,88
[cosφ3]	0,88
[cosφT]	0,89

5. AMPLIACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS.

En la previsión de potencia, se considerarán únicamente los equipos electromecánicos de nueva instalación añadidos al proceso o sustitución por otros de mayor potencia que los existentes.

Los equipos electromecánicos de nueva instalación que sustituyan a los actuales no serán considerados, siempre y cuando el número de equipos a instalar y la potencia nominal unitaria de estos se correspondan con lo instalado actualmente., (*Ej., no se considera el agitador de la cámara anaerobia de nueva instalación ya que la potencia nominal del motor es la misma que la del existente (1,5 kw); tampoco se tendrá en cuenta el equipo de preparación de Poli, ya que actualmente existe una acometida y una protección general al cuadro local del Equipo de Poli, que no será necesario sustituir*).

Los equipos electromecánicos actuales que sean sustituidos por otros de nueva instalación de potencia superior, se consideraría en la previsión de cargas el incremento entre la diferencia de potencias simultáneas de los equipos actuales con las de nueva instalación.

A continuación se muestra la tabla de potencias:

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	**Nº Simult**	**Nº Res**	**Tipo**	**(P2n) (Kw)**	**VL (v)**	**ηn (%)**	**Cosφn**	**P1.n.u (Kw)**	**P1.n.s (Kw)**	**P1.n.l (Kw)**	**Q1.n.u (KVAr)**	**Q1.n.s (KVAr)**	**Q1.n.l (KVAr)**
Motor Compuerta (Pozo Gruesos)	1	0	INV	0,75	400	76,00%	0,82	0,99	0,99	0,99	0,69	0,69	0,69
Concentrador de Grasas	1	0	D	1	400	66,66%	0,75	1,50	1,50	1,50	1,32	1,32	1,32
Bomba de polielectrolito de tornillo helicoidal	3	0	D	0,37	400	81,00%	0,83	0,46	1,37	1,37	0,31	0,92	0,92
Cuadro Local Centrífuga 3	1	0	A	15	400	82,00%	0,80	18,29	18,29	18,29	13,72	13,72	13,72
Bomba Mono de tornillo de fangos espesados a deshidratación	1	1	VF	2,5	400	78,00%	0,81	3,21	3,21	6,41	2,32	2,32	4,64
Bomba impulsión a tolva de almacenamiento	1	0	VF	7,5	400	77,50%	0,79	9,68	9,68	9,68	7,51	7,51	7,51
Motor Compuerta (Descarga tolva)	1	0	INV	2,2	400	75,00%	0,82	2,93	2,93	2,93	2,05	2,05	2,05
Bomba dosificadora de cloruro férrico	1	1	D	0,15	400	78,00%	0,81	0,19	0,19	0,38	0,14	0,14	0,28
Cuadro Local Equipo Compacto Tto Escurridos	1	0	A	3	400	100,00%	1,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Bomba alimentación arqueta de escurridos	1	1	D	2,3	400	76,00%	0,85	3,03	3,03	6,05	1,88	1,88	3,75
Bombeo de fangos al espesador	1	1	D	2,3	400	76,00%	0,85	3,03	3,03	6,05	1,88	1,88	3,75
Cuadro Local Equipo Cavitación de fangos	1	0	A	3	400	100,00%	1,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,1	230	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Alimentación Cuadro Local Alumbrado Edif.. Tto Escurridos	1	0	A	31,18	400	100,00%	0,90	31,18	31,18	31,18	15,10	15,10	15,10
									81,59	91,04		47,52	53,73

5.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.

- **Transformador**

Atendiendo a los parámetros registrados por el maxímetro integrado en la unidad de medida, la potencia máxima aparente demandada por la instalación actual es de 122,41 KVA. Si además se tiene en cuenta las potencias de los equipos de nueva instalación, la potencia aparente instalada, (*esto es sin tener en cuenta la compensación de energía reactiva*) será de 216,72 kVA., lo que supondría para el transformador actual una reserva entorno al 45,82 %, y un índice de carga del 54,18%.

Con los resultados obtenidos se determina que no será necesario la sustitución del transformador de potencia actual por otro de mayor potencia, ya que con el actual de 400kVA, queda asegurado el suministro eléctrico de los nuevos equipos electromecánicos sin riesgo de sobrecarga.

- **Acometida de Baja Tensión del Centro de Transformación al (CGD-CCM).**

La acometida actual tiene una longitud aproximada de 60m, ejecutada mediante conductores de Cobre de agrupación unipolar, tensión de aislamiento 0,6/1Kv, aislamiento RV-K, 2x(3x(1x240) mm2 de sección de fase + 1x240 mm2 de sección de neutro.

La actual acometida está dimensionada para transportar toda la potencia nominal del transformador. Lo mismo sucede con el Interruptor General Automático, siendo la corriente nominal ininterrumpida mayor que la máxima corriente demandada por el transformador.

A continuación se muestran los cálculos justificativos:

ACOMETIDA: DE CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD) A CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM).

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia activa absorbida nominal simultánea	[kW]	192,59
Tensión Nominal de Servicio	[V]	420
Intensidad de cálculo	[A]	0
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	630
Caída de Tensión Aguas Arriba (Δvili)	[%]	0,157

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523

Longitud	[m]	60
Temperatura del terreno	[ºC]	25
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	2,5
Separación entre Ternas	[m]	0,5

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Unipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	240
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	240
Nº Conductores por Fase		2
Nº Conductores por Neutro		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[ºC]	250
Resistencia del Conductor a máx $T^{ª}$	[Ω/km]	0,0956
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0775
Intensidad máxima admisible	[A]	336

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		0,95
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	638,4
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	68,301

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión parcial máxima admisible	[%]	1
Caída de Tensión total máxima admisible	[%]	1,5
Factor de Potencia	[cosφ]	0,85
Resistencia equivalente a máx $T^{ª}$	[mΩ]	2,867
Reactancia equivalente	[mΩ]	2,325
Caída de Tensión parcial (Δvili)	[%]	0,951
Caída de Tensión total (Δv_{ta})	[%]	1,108

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias

- Aguas arriba		
Resistencia de conductores de fase	[mΩ]	5,639
Resistencia de conductores de neutro	[mΩ]	0,478
- Acometida CGD a CCM_1		
Resistencia de conductores de fase	[mΩ]	2,867
Resistencia de conductores de neutro	[mΩ]	5,735

-Reactancias

- Aguas arriba		
Reactancia de conductores de fase	[mΩ]	17,64
Reactancia de conductores de neutro	[mΩ]	0,387
- Acometida CGD a CCM_1		
Reactancia de conductores de fase	[mΩ]	2,325
Reactancia de conductores de neutro	[mΩ]	4,66

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en inicio de línea (Iccpi3)	[kA]	13,094
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	11,174
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccpf)	[kA]	8,358

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	0,5
Factor K UNE 20460-4-43		143
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	97,07
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	87,45

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

- **Cuadro General de Distribución – Centro de Control de Motores.**

La corriente asignada ininterrumpida del interruptor general automático del CCM, es de 630 A, siendo superior a la máxima corriente demandada por el transformador de potencia, por tanto no será necesario sustituir la protección general ni las pletinas del embarrado del CGD-CCM.

En cada módulo del CCM, se dispone de espacio de reserva para almacenar ciertos dispositivos de protección y maniobra, pero considerando la cantidad de dispositivos de protección y maniobra que se requiere instalar, esto es considerando además los variadores de frecuencia que en su caso son:

- 2 Ud Variadores de Frecuencia de 3Kw para las bombas mono de tornillo de fangos espesados a deshidratación. Las dimensiones aproximadas son: Alto: 245 mm, Acho: 185 mm, Profundo: 195 mm.

- 1 Ud Variador de Frecuencia de 11Kw para la bomba de impulsión de Centrífuga nº 3 a tolva de almacenamiento. Las dimensiones aproximadas son: Alto: 245 mm, Acho: 185 mm, Profundo: 195 mm.

- 1 Ud Variador de Frecuencia de 55Kw para la Soplante existente denominada: (*Soplante biológico nº 2*). Las dimensiones aproximadas son: Alto: 1150 mm, Acho: 350 mm, Profundo: 320 mm.,

Se requiere la instalación de 2 paneles modulares (*en adelante módulo nº 10 y 11*), de dimensiones: (2200 x 1000 x 600) mm cada uno. El Módulo nº 11 contendrá la protección, maniobra y variador de frecuencia de la soplante biológico nº 2 , y el Módulo nº 10, el resto de protecciones , maniobra y variadores de los equipos electro-mecánicos de nueva instalación. Teniendo en cuenta que la sala de Cuadros cuenta con espacio suficiente, se prolongará el embarrado general del CCM, y los módulos nº 10 y 11 se colocarán anexos al Módulo nº 9 del CCM existente.

5.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 ºC para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90ºC para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25ºC para cables enterrados y 40ºC para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70ºC para PVC y 90ºC para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160ºC para cables con aislamiento termoplásticos y de 250ºC para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:{LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi) = (V) \text{ Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m / \Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (^\circ C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho 20$: Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE								RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	Ic (A)	Nº Cond/fase	Sist Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipcc$_3$ (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (s5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		tmcicc (sg)
													U.N.E 20460-5-523	T^{ra} Terreno	ρ.Terreno	Prof.Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	T^{ra} Conductor(°c)	Max.Tra Adm(°c)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxT^{ra}	Max. ΔV.adm Parcial (%)	Max. ΔV.adm Total (%)					Ipccf / Conductor (KA)	Icc.Max.Ad (KA)	
Motor Compuerta (Pozo Gruesos)	1	0	INV	0,75	400	1,25	2,17	1	D	25	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	2,17	22,00	25,633	90,00	9,176	0,0925	0,178	3,5	5	21,701	10,642	0,940	0,1	143,000	0,940	1,131	0,145
Concentrador de Grasas	1	0	D	1	400	1,25	3,61	1	D	60	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	3,61	22,00	26,794	90,00	9,176	0,0925	0,651	3,5	5	21,701	10,642	0,408	0,1	143,000	1,781	11,305	0,768
Bomba de polielectrolito de tornillo helicoidal	3	0	D	0,37	400	1,25	0,99	1	D	25	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	0,99	22,00	25,132	90,00	9,176	0,0925	0,082	3,5	5	21,701	10,642	0,940	0,1	143,000	0,940	1,131	0,145
Cuadro Local Centrífuga 3	1	0	A	15	400	1,25	41,25	1	D	25	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	5G16	75,00	1	1	1	1	41,26	60,00	55,730	90,00	1,434	0,0742	0,532	3,5	5	21,701	10,642	4,034	0,1	143,000	4,034	7,235	0,322
Bomba Mono de tornillo de fangos espesados a deshidratación	1	1	VF	2,5	400	1,25	7,14	1	D	25	0,6/1KV, RZ1KZ1-K (AS)	3x2,5/2,5	27,50	1	1	1	1	7,14	22,00	31,845	90,00	9,176	0,0925	0,579	3,5	5	21,701	10,642	0,487	0,1	143,000	0,487	1,131	0,539
Bomba impulsión a tolva de almacenamiento	1	0	VF	7,5	400	1,25	22,10	1	D	25	0,6/1KV, RZ1KZ1-K (AS)	3x6/6	44,00	1	1	1	1	22,10	35,20	50,625	90,00	3,823	0,0826	0,735	3,5	5	21,701	10,642	1,111	0,1	143,000	1,111	2,713	0,597
Motor Compuerta (Descarga tolva)	1	0	INV	2,2	400	1,25	6,45	1	D	23	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	6,45	22,00	30,594	90,00	9,176	0,0925	0,487	3,5	5	21,701	10,642	1,016	0,1	143,000	1,016	1,131	0,124
Bomba dosificadora de cloruro férrico	1	1	D	0,15	400	1,25	0,43	1	D	105	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	0,43	22,00	25,025	90,00	9,176	0,0925	0,146	3,5	5	21,701	10,642	0,236	0,1	143,000	0,236	1,131	2,296
Cuadro Local Equipo Compacto Tto Escurridos	1	0	A	3	400	1	5,41	1	D	105	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	5,41	22,00	28,934	90,00	9,176	0,0925	2,258	3,5	5	21,701	10,642	0,236	0,1	143,000	0,236	1,131	2,296
Bomba alimentación arqueta de escurridos	1	1	D	2,3	400	1,25	6,42	1	D	25	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	6,42	22,00	30,542	90,00	9,176	0,0925	0,546	3,5	5	21,701	10,642	0,940	0,1	143,000	0,940	1,131	0,145
Bombeo de fangos al espesador	1	1	D	2,3	400	1,25	6,42	1	D	105	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	6,42	22,00	30,542	90,00	9,176	0,0925	2,292	3,5	5	21,701	10,642	0,236	0,1	143,000	0,236	1,131	2,296
Cuadro Local Equipo Cavitación de fangos	1	0	A	3	400	1	5,41	1	D	25	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	1	5,41	22,00	28,934	90,00	9,176	0,0925	0,538	3,5	5	21,701	10,642	0,940	0,1	143,000	0,940	1,131	0,145
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	80	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	3G2,5	24,50	1	1	1	1	0,43	19,60	25,032	90,00	15,293	0,2012	0,463	3,5	5	29,013	7,927	0,093	0,1	143,000	0,093	0,678	5,273
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,1	230	1	0,43	1	D	95	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	3G2,5	24,50	1	1	1	1	0,43	19,60	25,032	90,00	15,293	0,2012	0,549	3,5	5	29,013	7,927	0,079	0,1	143,000	0,079	0,678	7,421
Alimentación Cuadro Local de Alumbrado a Edificio Tto Escurridos	1	0	A	2,3	400	1	50,00	1	D	105	0,6/1KV, RZ1-K (AS)	3x25/16	86,00	1	1	1	1	50,00	76,80	52,556	90,00	0,918	0,0748	1,952	3,5	6	21,701	10,642	1,091	0,1	143,000	1,091	11,305	10,744

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del Panel nº 10								
Motor Compuerta (Pozo Gruesos)	1	0	INV	0,98	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:2,2-3,2	2 Ud. Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Concentrador de Grasas	1	0	D	1,50	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:3,5-5	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bomba de polielectrolito de tornillo helicoidal	3	0	D	0,46	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:1,1-1,6	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Cuadro Local Centrífuga 3	1	0	A	18,29	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Bomba Mono de tornillo de fangos espesados a deshidratación	1	1	VF	3,21	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:7-10		Variador de Frecuencia de 3Kw	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bomba impulsión a tolva de almacenamiento	1	0	VF	9,68	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:20-25		Variador de Frecuencia de 11Kw	Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Motor Compuerta (Descarga tolva)	1	0	INV	2,93	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:5,5-8	2 Ud. Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bomba dosificadora de cloruro férrico	1	1	D	0,19	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:0,7-1	Contactor , 3 Polos, 7A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Cuadro Local Equipo Compacto Tto Escurridos	1	0	A	3,00	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 16 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 16A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Bomba alimentación arqueta de escurridos	1	1	D	3,03	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:7-10	Contactor , 3 Polos, 9A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Bombeo de fangos al espesador	1	1	D	3,03	Int.Aut.Prot.Motor,3Polos, 50 kA, R:7-10	Contactor , 3 Polos, 9A, 2N0+1NC,Mando 230 Vac, 50/60Hzl		Relé y Transformador Diferencial, Mando 230Vac, IΔn:300mA
Cuadro Local Equipo Cavitación de fangos	1	0	A	3,00	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 16 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 16A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Alimentación Controlador (1sonda LDO + 1 sonda NH4/NH3)	1	0	A	0,10	Int.Aut.,2 Polos,Clase 10,50 kA,6A+ Bloque Diferencial residual , In: 6A, IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut
Alimentación Cuadro Local de Alumbrado a Edificio Tto Escurridos	1	0	A	31,18	Int.Aut.,IV Polos,Clase 10, 36 kA, 50 A+ Bloque Interruptor diferencial IV Polos, 50A,IΔn: 300mA			Bloque Diferencial residual para Int.Aut

12.6.2. TORO. E.D.A.R PUENTE DE PIEDRA

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN. 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN. 24
4.1. PUNTO DE CONEXIÓN. 24
4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN. 25
4.3. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES. 25
4.4. DESCRIPCIÓN DEL CUADRO GENERAL DE ALUMBRADO. 27
5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 27
5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS. 28
5.2. DIMENSIONADO TRANSFORMADOR. 28
5.3. FORMULACIÓN EMPLEADA. 31
5.4. TABLAS RESUMEN. 40

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El principal objeto del proyecto describir técnicamente **LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN** de la Estación Depuradora de Aguas Residuales **Puente de Piedra, situada en la localidad de Toro (Zamora).**

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de

vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se

reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas

metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. Uniones a Tierra.

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

En este apartado se desarrolla la descripción de las instalaciones para la ubicación de motores, alumbrado y pequeña potencia para la Estación Depuradora de Aguas Residuales Puente de Piedra.

4.1. PUNTO DE CONEXIÓN.

Atendiendo al **Expediente: 9027128552**, la propuesta Técnico-Económica con fecha 14 de Marzo de 2012, de la Compañía Eléctrica Distribuidora **IBERDROLA**, en relación a la potencia solicitada de 100 KW en el Polígono 11, parcela 391 de la localidad de Toro (Zamora), se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La alimentación para este suministro se realizará en Línea de MT 13,2 KV **denominada "Urbana Oeste" (O3), de la STR "Toro" (4844).**
- El punto de conexión se realizará en las proximidades del apoyo 17.
- En vano destensado a unos 12m. se colocará un apoyo de celosía perpendicular al apoyo de conexión, que cumplirá la función de apoyo final de línea, en el cual irá colocado el elemento de maniobra para protección del CTC. Dicho apoyo y maniobra serán propiedad del cliente con posibilidad de maniobra y acceso de personal de Iberdrola. La propiedad de cliente comienza en el vano destensado y todos sus elementos de conexión (cuya propiedad ya es de cliente) y el mantenimiento de todos los elementos de la derivación propiedad del cliente en el apoyo de Iberdrola lo realizará esta empresa con cargo al cliente.

4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.

Las instalación eléctrica consta de un Cuadro General de Distribución que hace a su vez de Centro de Control de Motores (CCM), desde el que se alimenta los consumos a tensión de 400V entre lineas. El CCM se aloja en una sala destinada con exclusividad como sala eléctrica y de control.

Para los servicios auxiliares de alumbrado y fuerza, así como el alumbrado exterior se instala un armario mural alimentado desde el CCM.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

El CCM está situado en la propia sala de Cuadros Eléctricos en el Edificio de Control y explotación. La distribución se realiza a 400/230V. III+N desde un transformador intemperie de 50 kVA.

Este cuadro tiene una acometida desde el Transformador, realizada mediante conductores de Cobre unipolares, RZ1-K (AS), 0,6/1KV, de sección de fase 3x(1x50))mm2 + 1x(1x25) mm2 de sección de neutro, y discurrirán en canalización enterrada bajo tubo desde hasta el propio Centro de Control de Motores.

En la entrada del Cuadro habrá 1 Interruptor Automático Magnetotérmico de IV polos y 100A y 36 KA. de poder de corte, regulable tanto en sobrecargas como en cortorcircuitos, conectado al embarrado, equipado con bobina de disparo, con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,03A a 30 A.

Del embarrado del CCM partirán las líneas de alimentación a los distintos equipos de la planta, además de la alimentación al Cuadro Local de Alumbrado y Servicios Auxliares.

Los datos técnicos de estas líneas han sido hallados en el apartado de Cálculos justificativos.

Los circuitos secundarios están compuestos de los siguientes elementos:

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	**Nº Simult**	**Nº Res**	**Tipo**	**(P2n) (Kw)**	**VL (v)**	**ηn (%)**	**Cosφn**	**P1.n.u (Kw)**	**P1.n.s (Kw)**	**P1.n.i (Kw)**	**Q1.n.u (KVAr)**	**Q1.n.s (KVAr)**	**Q1.n.i (KVAr)**
Bombeo de Agua Bruta	1	1	VF	1,30	400	78,00%	0,80	1,67	1,67	3,33	1,25	1,25	2,50
Motor Reductor Tamiz Rotativo	1	0	D	0,37	400	76,00%	0,81	0,49	0,49	0,49	0,35	0,35	0,35
Motorreductor accionamiento biodiscos	2	0	D	0,55	400	77,00%	0,82	0,71	1,43	1,43	0,50	1,00	1,00
Bomba purga de fangos Biodiscos	2	0	D	0,6	400	77,00%	0,82	0,78	1,56	1,56	0,54	1,09	1,09
Medidor de Caudal Electromagnético (Obra de Llegada)	1	0	A	0,1	400	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Medidor de Nivel Agua Tratada	1	0	A	0,1	400	100,00%	1,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
Cuadro de Alumbrado y Sevicios Auxiliares	1	0	A	7,31	400	100,00%	0,90	7,31	7,31	7,31	3,54	3,54	3,54
								12,65	14,32			7,23	8,48

4.4. DESCRIPCIÓN DEL CUADRO GENERAL DE ALUMBRADO.

A este Cuadro llega la línea procedente del Centro de Control de Motores y contendrá los siguientes elementos de protección general:

- Interruptor Automático Magnetotérmico IV, 380/415 V, In: 25A, Icu:36 KA de poder de corte.

- Interruptor Automático Diferencial de 40 y 30 mA de intensidad diferencial residual.

Los circuitos secundarios están compuestos de los siguientes elementos

	Servicio	Uds.	Simult.	Potencia Instalada [Kw]	Factor de Cálculo	Potencia de Cálculo [Kw]	Potencia Simultánea [Kw]	Potencia Simultánea [KVAr]
1	**Iluminación exterior**							
	Proyectores en Columna 250 w	2	1	0,5	1,8	0,90	0,90	0,44
	Luminaria 150 w, sobre báculo	2	1	0,3	1,8	0,54	0,54	0,26
	Luminaria 150 w, mural	2	1	0,3	1,8	0,54	0,54	0,26
					Total	**1,98**	**1,98**	**0,96**
2	**Edificio de Control**							
	Pantallas Fluorescencia 4x36w	8	1	1,152	1,8	2,07	2,07	1,00
	Downlight 2x24w	3	1	0,144	1,8	0,26	0,26	0,13
	Usos varios, cajas de mantenimiento	1	0,2	15	1	15,00	3,00	1,45
					Total	**17,33**	**5,33**	**2,58**
					Total	**19,31**	**7,31**	**3,54**

5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

5.1. PREVISIÓN DE POTENCIAS.

TOTAL PLANTA		P1s [KW]	Q1s [Kvar]
Centro de Control de Motores		7,01	3,69
Cuadro de Servicios Auxiliares Alumbrado y Fuerza.		7,31	3,54
	TOTAL POTENCIA DEMANDADA	**14,32**	**7,23**

5.2. DIMENSIONADO TRANSFORMADOR.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DATOS DE PARTIDA

Potencia Activa Absorbida	[kW]	12,65
Potencia Reactiva Abosbida	[kVAr]	7,23
Factor de Potencia	[cosφ]	0,87
Potencia Aparente Absorbida	[kVA]	14,57
Factor de Simultáneidad		1
Potencia Activa Simultánea	[kW]	12,65
Potencia Reactiva Simultánea	[kVAr]	7,23
Potencia Aparente Simultánea	[kVA]	14,57
Factor de Potencia	[cosφ]	0,87

TRANSFORMADOR ADOPTADO

Instalación		Intemperie(Poste)
Aislamiento		Aceite
Tensión de Aislamiento	[kV]	24
Número de Transformadores	[Ud]	1
Potencia Aparente Nominal	[kVA]	50
Total Potencia Aparente	[kVA]	50

PÉRDIDAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

- En Vacio		
P_0	[kW]	0,19
Q_0	[kVAr]	1,74
- En Carga		
P_{cc}	[kW]	0,62
Q_{cc}	[kVAr]	0,94
- Total		
P_0+P_{cc}	[kW]	0,81
Q_0+Q_{cc}	[kVAr]	2,68

RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN

Tot.Intensidad Primaria C.T (I1)	[A]	2,19
Tot.Intensidad Secundaria C.T (I2)	[A]	68,73
Tot.Int.de Cort.Secundario C.T (Icc2)	[kA]	1,72
Tot.Imp. lado Secundario C.T (Zcc2)	[mΩ]	141,12
Tot.Resit.lado Secundario C.T (Rcc2)	[mΩ]	77,62
Tot.React.lado Secundario C.T (Xcc2)	[mΩ]	117,88
Sin considerar Compensación de Energ Reactiva		
Reserva	[%]	70,86
Mayorización	[%]	243,16
Índice de Carga	[%]	29,14
Capacidad ante el fallo de 1 Tranf.	[%]	-
Considerando compensación de Energ.Reactiva generada por la Batería Aut. de Condensadores		
Reserva	[%]	70,86
Mayorización	[%]	243,16
Índice de Carga	[%]	29,14
Capacidad ante el fallo de 1 Tranf.	[%]	-

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Potencia Nominal Aparente	[kVA]	50
Marca		COTRADIS
Tensión Asignada		
-Primaria (V1)	[kV]	24
-Secundaria (V2)	[V]	420
Regulación sin Tensión		+/-2,5%+/-5% ó +2,5%+5%+7,5%+10%
Grupo de Conexión		YZn11
Pérdidas de vacio (P_0)	[W]	190
Pérdidas en carga (P_{cc})	[W]	1100
Impedancia de Cortocircuito (E_{cc})	[%]	4
Intensidad de Vacio (100% Vn), (I_0)	[%]	3,5
Nivel de Potencia Acústica [Lwa]	[dB(A)]	52
Caída de Tensión a Plena Carga (Av)		
-Cosφ=1	[%]	2,3
-Cosφ=0,8	[%]	3,8
Rendimiento [η]		
-100% Carga, Cosφ=1	[%]	97,5
-100% Carga, Cosφ=0,8	[%]	3,8
-75% Carga, Cosφ=1	[%]	97,9
-75% Carga, Cosφ=0,8	[%]	97,4
Dimensiones		
-Largo (A)	[mm]	830
-Ancho (B)	[mm]	620
-Alto a tapa (C)	[mm]	738
-Alto a MT (D1)	[mm]	1123
-Alto a BT (D2)	[mm]	863
-E (MT) (E)	[mm]	80
-F (MT) (F)	[mm]	275
-G (BT) (G)	[mm]	95
-H (BT) (H)	[mm]	80
-J (Carros)	[mm]	520
-K (Ancho de Ruedas)	[mm]	40
-Ø (Ruedas)	[mm]	125
-L (Ruedas)	[mm]	110
-Distancia entre ganchos	[mm]	630
-Pasabarras BT (Métrica)	[Métrica]	M-12
-Pasabarras BT (Amp)	[Amp]	250
-Vol.Aceite (Litros)	[Litros]	120
-Peso Total (Kg)	[Kg]	453

En el primer apoyo (en vano destensado), se colocará un apoyo de celosía, tipo galvánico metalizado 14-C-2000, en el cual se colocarán seccionadores unipolares tipo SAX I-24 o similares, siendo las características las siguientes:

- Tensión de servicio : 24 kV
- Intensidad nominal: 200 A
- Poder de cierre en cortocirucito: 10.000A
- Nº de defectos ajustable: 2 o 3
- Intensidad máxima en servicio: 25 A
- Intensidad máxima de disparo (Umbral): 40 A

En el apoyo fin de línea propiedad del Cliente, tipo galvánico metalizado 14-C-2000 , armado e izado se colocará el transformador de 50 KVA, sobre el soporte transformador hasta 100 KVA, además de los cortacircuitos del tipo STC "XS", sobre cruceta metálica, siendo las características de los XS las siguientes:

- Tensión de servicio : 24 kV
- Tensión más elevada: 27 kV
- Tensión de ensayo al choque: 150 kV
- Intensidad nominal: 200 A
- Poder de ruptura asimétrica 5 disparos: 10.000A
- Poder de ruptura simétrica 5 disparos: 7.100 A

Los cortacircuitos XS, se instalarán con elementos fusibles de expulsión tipo PV de las características siguientes:

- Curva de fusión : 24 kV
- Tensión nominal: 27 kV
- Tipo: Exterior APR según DIN 43.625
- Intensidad nominal: 20 A
- Poder de corte: 1000 MVA

5.3. FORMULACIÓN EMPLEADA.

Para el cálculo de las líneas y todas las conexiones se emplean conductores de cobre, de las secciones indicadas posteriormente

El cálculo de las secciones se ha efectuado suponiendo el trazado más desfavorable en cuanto a longitud, para que las caídas de tensión no superen el máximo admisible.

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90°C para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70°C para PVC y 90°C para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación

interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible según preescrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUIII**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamiento termoestables.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).
P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).
U: tensión de servicio en (V):
U: 380 V para líneas trifásicas
U: 220 V para líneas monofásicas
η: Rendimiento %(para motores)
$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V) \text{ Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V) \text{ Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m/\Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (°C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

I_f = 1,60 I_n si $I_n \geq 16A$

I_f = 1,90 I_n si $4A < I_n < 16A$

I_f = 2,10 I_n si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$Ipccl = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

Ipccl: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0,8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1,5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

5.4. TABLAS RESUMEN.

ACOMETIDA: DE TRANSFORMADOR A CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia Nominal aparente del Tranformador	[kVA]	50
Tensión Nominal de Servicio	[V]	420
Intensidad Nominal secundaria del Tranformador	[A]	68,73
Calibre del Interruptor Automático de Protección	[A]	100
Caída de Tensión Aguas Arriba (ΔvIII)	[%]	-

SISTEMA DE INSTALACIÓN

Tipo de Instalación:D, Instalación enterrada bajo tubo con resistividad térmica del terreno estandar de 2,5 K.m/W y temperatura del terreno (25º C),1 Circuito por conducto.

Normativa aplicada: UNE 20460-5-523

Longitud	[m]	15
Temperatura del terreno	[ºC]	25
Resistencia Térmica del Terreno	[K·m/W]	2,5

PROPIEDADES DEL CABLE

Agrupación		Unipolar
Tipo de Aislamiento		XLPE
Material conductor		Cobre
Tensión de Aislamiento	[kV]	0,6/1
Designación Genérica		RZ1-K (AS)
Sección nominal del Conductor Fase	[mm^2]	50
Sección nominal del Conductor Neutro	[mm^2]	25
Nº Conductores por Fase		1
Nº Conductores por Neutro		1
Temperatura máxima admisible en servicio permanente	[ºC]	90
Temperatura máxima admisible en Cortocircuito <5 seg	[ºC]	250
Resistencia del Conductor a máx T^a	[Ω/km]	0,4688
Reactancia del Conductor	[Ω/km]	0,0851
Intensidad máxima admisible	[A]	138

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Total Factores de Corrección		1
Intensidad máxima admisible corregida	[A]	138
Temperatura del conductor en servicio permanente	[ºC]	65,131

COMPROBACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

Caída de Tensión máxima admisible	[%]	0,5
Factor de Potencia	[cosφ]	0,868
Resistencia del Conductor a máx T^a	[mΩ]	6,882
Reactancia del Conductor	[mΩ]	1,277
Caída de Tensión (Δv_{III})	[%]	0,273

COMPROBACIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

-Resistencias aguas arriba

Resistencia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,077
Resistencia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0
Resistencia Centro de Transformación	[mΩ]	77,816
Resistencia de fase Acometida C.T a CGD	[mΩ]	6,882
Resistencia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	13,764

-Reactancias aguas arriba

Reactancia Línea aérea de Media Tensión	[mΩ]	0,378
Reactancia Línea subterránea de Media Tensión	[mΩ]	0
Reactancia Centro de Transformación	[mΩ]	117,858
Reactancia Acometida C.T a CGD	[mΩ]	1,277
Reactancia de neutro Acometida C.T a CGD	[mΩ]	1,398

-Corrientes de Cortocircuito

Intensidad permanente de c.c simétrico en Inicio de línea (Iccpl3)	[kA]	1,714
Intensidad permanente de c.c simétrico al final de línea (Iccp3)	[kA]	1,666
Intensidad permanente de c.c asimétrico (Fase-Neutro) al final de línea (Iccp3)	[kA]	1,566

-Comprobación

Duración del Cortocircuito	[sg]	0,5
Factor K UNE 20460-4-43		143
Corriente de Cortocircuito Máxima Admisible	[kA]	10,11
Tiempo máximo admisible de Cortocircuito	[sg]	21,12

(Atendiendo a la I.T.C-BT-07 y I.T.C-BT-19 del R.D 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y Norma UNE 20460-5-523)

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DEL CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

TRANSFORMADOR Nº 1

Protección Magnetotérmica

-Parámetros mínimos de Diseño

Intensidad utilizada en el Circuito (Ib)	[A]	**68,73**
Intensidad de c.c tripolar simétrico en origen ($Ipccl_3$)	[kA]	**1,66**
Intensidad de pico de c.c tripolar simétrico en origen (Ipccl3 pico)	[kA, pico]	**2,66**
Intensidad de c.c fase-neutro asimétrico al final de la línea (IpccF)	[kA]	**40,00**

-Características técnicas del Interruptor Automático

Número de Polos		**4P**
Tensión asignada de empleo (Vca 50/60Hz), (Ve)	[V]	**690**
Tensión aplicada (Vca 50 Hz), (Vn)	[V]	**380/415**
Corriente asignada ininterrumpida (In)	[A]	**100**
Nivel de Prestación		**F**
Poder asignado de corte último en Cortocircuito (Icu)	[kA]	**36**
Poder asignado de cierre en cortocircuito (Icm)	[kA, pico]	-
Tiempo de corte entre la orden de disparo y la extinción del arco	[ms]	-
Tiempo de cierre	[ms]	-
Bobina auxiliar de disparo		**Si**

-Descripción

Int.Aut.4P de Caja Moldeada, V: 380/415 V, In:100A, Icu:36 kA, con bobina auxiliar de disparo: 220-240V 50/60Hz

Protección Diferencial

Relé de detección de defectos diferenciales, Sensibilidad regulable (de 0,03A a 30A) y temporización regulable (de 0 a 4,5 s). Transformador Toroidal tipo A,cerrado,de medida de intensidad diferencial residual, (diámetro:120mm).

- **Cálculo de los conductores de los circuitos secundarios del Centro de Control de Motores**

				VALORES NOMINALES		INT CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE								RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO						
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	S/sL Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipcc₃ (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (≤5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		tmIcc (sg)
													U.N.E 20460-5-523	Tª Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Ternas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Condutor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	ΔV. Total (%)	Max ΔV.adm Total (%)						Ipccf / Conductor (KA)	Icc Max.Ad (KA)	
Bombeo de Agua Bruta	1	1	VF	1,30	400	1,25	3,76	1	D	8	0,1/1Kv, RZ1KZ1-K (AS	3x2,5/2,5	27,50	1	1	1	0,8	3,76	22,00	26,897	90,00	9,176	0,0925	0,096	0,369	5	274,003	1,577	0,843	0,1	143,000	0,843	1,131	0,160
Motor Reductor Tamiz Rotativo	1	0	D	0,37	400	1,00	1,08	1	D	8	0,1/1Kv, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,08	22,00	25,158	90,00	9,176	0,0925	0,028	0,301	5	210,464	1,577	1,097	0,1	143,000	1,097	1,131	0,106
Motorreductor accionamiento biodiscos	2	0	D	0,55	400	1,25	1,57	1	D	14	0,1/1Kv, RZ1KZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,57	22,00	25,332	90,00	9,176	0,0925	0,072	0,345	5	257,627	1,577	0,896	0,1	143,000	0,896	1,131	0,159
Bomba purga de fangos Biodiscos	2	0	D	0,6	400	1,00	1,71	1	D	14	0,1/1Kv, RZ1-K (AS)	4G2,5	27,50	1	1	1	0,8	1,71	22,00	25,395	90,00	9,176	0,0925	0,079	0,351	5	257,627	1,577	0,896	0,1	143,000	0,896	1,131	0,159
Medidor de Caudal Electromagnético (Obra de Llegada)	1	0	A	0,1	400	1,25	0,54	1	D	8	0,1/1Kv, RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,54	26,00	25,028	90,00	9,176	0,1850	0,035	0,307	5	274,470	-	0,838	0,1	143,000	0,838	1,131	0,162
Medidor de Nivel Agua Tratada	1	0	A	0,1	400	1,25	0,54	1	D	18	0,1/1Kv, RZ1-K (AS)	3G2,5	32,50	1	1	1	0,8	0,54	26,00	25,028	90,00	9,176	0,1850	0,078	0,351	5	446,963	-	0,515	0,1	143,000	0,515	1,131	0,483
Cuadro de Alumbrado y Sevicios Auxiliares	1	0	A	7,31	400	1,25	14,65	1	D	8	0,1/1Kv, RZ1KZ1-K (AS)	5G6	44,00	1	1	1	0,8	14,65	35,20	36,266	90,00	3,623	0,0826	0,177	0,449	5	201,106	1,577	1,148	0,1	143,000	1,148	2,713	0,558

12.6.3. TORO. BOMBEOS LA MAGDALENA Y POLÍGONO

ÍNDICE:

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO 1
2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES 1
3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 3
3.1. CLASIFICACIÓN. 3
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN. 3
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL. 24
4.1. E.B.A.R EL POLÍGONO. 24
4.2. E.B.A.R LA MAGDALENA. 25
5. PREVISIÓN DE CARGAS. 27
5.1. EBAR EL POLÍGONO. 27
5.2. EBAR LA MAGDALENA. 27
6. SOLUCIÓN ADOPTADA. 28
6.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. 31

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El presente documento, tiene por objeto definir las mejoras y ampliaciones de la **instalación eléctrica en baja tensión** de las **ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES** de: **EL POLÍGONO** y **LA MAGDALENA** situadas en la Localidad de **TORO (Zamora).**

2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D.223/2008, de 15 de Febrero)

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D: 842/2002, de 2 de agosto).

- Guía Técnica de Aplicación del REBT, emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.

- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales

- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Recomendaciones y Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I)

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

- Normas particulares de la compañía suministradora.

- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

3.1. CLASIFICACIÓN.

De acuerdo con el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión la instalación se encuentra clasificada dentro del grupo b "Locales Húmedos".

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

Se proyecta de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.2.1. Conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre y siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. 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 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 (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%). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en esta caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5% para alumbrado y 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

3.2.2. Identificación de los Conductores.

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 lo colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.2.3. Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdivirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

3.2.4. Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

3.2.5. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0
Nota: Para instalaciones a MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36		

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1000 V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.2.6. Conexiones.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

3.2.7. Sistemas de instalación.

- **Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y , por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de

vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deteriores mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

- **Conductores aislados bajo tubos protectores**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- El grado de resistencia a la corrosión será como mínimo 3.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además de las recomendaciones de la tabla 8 de la I.T.C. B-T-21 las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados

con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

- **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta. aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460 -5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos. Estos dispositivos de protección serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

- **Conductores aislados en el interior de huecos de construcción**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 06,/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entro dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

- **Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes**

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

- **Conductores aislados en bandejas o soportes de bandeja.**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1kV, provistos de aislamiento y cubierta.

3.2.8. 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.

a) 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 térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) 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 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. 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.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

3.2.9. Protección contra sobretensiones.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

3.2.10. Protección contra contactos directos e indirectos.

- **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 posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

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 normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se

reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

- **Contactos indirectos.**

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. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \times Ia <= U$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional 24V.

3.2.11. Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas

metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión 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 grupos 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 próxima 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:

- 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 solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.2.12. **Uniones a Tierra.**

Tomas a Tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de Tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² Cobre 16 mm² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² Cobre 50 mm² Hierro	
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de Puesta a Tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra 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.

Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Conductores de Equipotencialidad.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm2, si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Resistencias de las Tomas de Tierra.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varia también con la profundidad.

3.2.13. Alumbrado.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IPX1 y no será de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. 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 forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

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. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. 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 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimenten con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

3.2.14. Motores

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

3.2.15. Prescripciones particulares para locales húmedos.

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2m.

Las envolventes con un grado de protección mínimo IP-30 se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra la caída vertical de gotas de agua, grado de protección IPX1. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

Los conductores y cables que se emplearán serán de cobre aislado, con tensión asignada no inferior 450/750 V.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).

Las luminarias estarán protegidas contra la caída vertical de agua IPX1, y no será de clase 0.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ACTUAL.

4.1. E.B.A.R EL POLÍGONO.

En las Inmediaciones del Bombeo, en el límite del camino se encuentra el Cuadro General de Control, Protección y Medida de la Estación de Bombeo El Polígono. Las dimensiones aproximadas del armario son: (alto: 850 mm, ancho: 465 mm, profundo: 320 mm). Se trata de un Armario de Poliéster reforzado con fibra de vidrio, inalterable a la intemperie, montado sobre zócalo.

La distribución se realiza a 400/230V. III+N. En la entrada del Cuadro hay un Interruptor Automático Magnetotérmico de IV polos y 40 Amperios y 50 KA de poder de corte , con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,03 a 3A.

Desde este Cuadro, parten las líneas de alimentación a las 3 Bombas de 4,4 Kw cada una, empleando conductores de cobre de agrupación multipolar, tensión de aislamiento 0,6/1kv, RV-K 4G6mm2 de sección.

La maniobra implementada para el arranque de las 3 Bombas se efectúa mediante Arranque Directo (D).

A continuación se describen las protecciones de cada uno de los circuitos:

- Línea de Alimentación a Bomba nº1:

  - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 9 a 12A, 50 KA de poder de corte, disparo de sobreintensidad 156A, marca Siemens , modelo: 3RV1021-1KA10.

  - Contactor III polos, de 12 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1017-1AP01.

  - Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

- Línea de Alimentación a Bomba nº2:

  - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 9 a 12A, 50 KA de poder de corte, disparo de sobreintensidad 156A, marca Siemens , modelo: 3RV1021-1KA10.

  - Contactor III polos, de 12 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1017-1AP01.

  - Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

- Línea de Alimentación a Bomba nº3:

  - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 9 a 12A, 50 KA de poder de corte, disparo de sobreintensidad 156A, marca Siemens , modelo: 3RV1021-1KA10.

  - Contactor III polos, de 12 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1017-1AP01.

  - Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

4.2. E.B.A.R LA MAGDALENA.

En las Inmediaciones del Bombeo, en zona urbanizable se encuentra el Cuadro General de Control, Protección y Medida de la Estación de Bombeo La Magdalena. Las dimensiones aproximadas del armario son: (alto: 850 mm, ancho: 465 mm, profundo: 320 mm). Se trata de un Armario de Poliéster reforzado con fibra de vidrio, inalterable a la intemperie, montado sobre zócalo.

La distribución se realiza a 400/230V. III+N. En la entrada del Cuadro hay un Interruptor Automático Magnetotérmico de IV polos y 40 Amperios y 50 KA de poder de corte , con transformador toroidal y relé diferencial reg. de 0,03 a 3A.

Desde este Cuadro, parten las líneas de alimentación a las 2 Bombas de 1,5 Kw cada una, mediante conductores de cobre multipolares, 0,6/1kv, RV-K 4G2,5 mm2 de sección.

La maniobra implementada para el arranque de las 2 Bombas se realiza en arranque directo (D).

A continuación se describen las protecciones de cada uno de los circuitos:

- Línea de Alimentación a Bomba nº1:

  - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 2,2 a 3,2A, 50A de poder de corte, disparo de sobreintensidad 42A, marca Siemens , modelo: 3RV1011-1DA10.

  - Contactor III polos, de 7 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1015-1AP01.

  - Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

- Línea de Alimentación a Bomba nº2:

  - Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 2,2 a 3,2A, 50A de poder de corte, disparo de sobreintensidad 42A, marca Siemens , modelo: 3RV1011-1DA10.

  - Contactor III polos, de 7 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1015-1AP01.

- Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

5. PREVISIÓN DE CARGAS.

5.1. EBAR EL POLÍGONO.

Se sustituyen las 3 bombas actuales de 4,4 Kw por otras 3 bombas de 11Kw

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Bombas sumergible	3	0	E.T	11	400	83,87%	0,81	13,12	39,35	39,35	9,50	28,49	28,49
									39,35	39,35		28,49	28,49

5.2. EBAR LA MAGDALENA.

Se sustituye una de las bombas actuales de 1,5 Kw por otra bomba de 1,3 Kw

								POTENCIAS ACTIVAS NOMINALES			POTENCIAS REACTIVAS NOMINALES		
Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo	(P2n) (Kw)	VL (v)	ηn (%)	Cosφn	P1.n.u (Kw)	P1.n.s (Kw)	P1.n.i (Kw)	Q1.n.u (KVAr)	Q1.n.s (KVAr)	Q1.n.i (KVAr)
Bombas sumergible	1	0	D	1,3	400	68,73%	0,81	1,89	1,89	1,89	1,37	1,37	1,37
									1,89	1,89		1,37	1,37

6. SOLUCIÓN ADOPTADA.

6.1.1. EBAR EL POLÍGONO.

Se incrementa la potencia demandada por el Bombeo de El Polígono, pasando de 13,2 Kw a 39,35 Kw.

A continuación se describen las actuaciones a realizar:

Acometida a Cuadro General de Control, Protección y Medida.

La acometida al Cuadro General de Control, Protección y Medida, se realiza a 400/230V. III+N mediante conductores de Cobre, RZ1-K, de agrupación multipolar, tensión de aislamiento, 0,6/1KV de 5G16 mm2 de sección, cuya intensidad , caída de tensión e intensidad de cortocircuito no serán superiores a las máximas admisibles, teniendo en cuenta los equipos de nueva instalación, es por ello por lo que no se considerará necesario la sustitución de la misma.

Cuadro General de Control, Protección y Medida.

Las dimensiones aproximadas del armario son: (alto: 850 mm, ancho: 465 mm, profundo: 320 mm). Se trata de un armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, inalterable a la intemperie, montado sobre zócalo.

Debido al escaso espacio de reserva y al estado de deterioro que presenta el armario actual, se considera la sustitución del mismo por otro armario de poliéster de dimensiones: (alto: 1000 mm, ancho: 500 mm, profundo: 300 mm), reforzado con fibra de vidrio inalterable a la intemperie, montado sobre zócalo.

En la entrada del Cuadro habrá un Interruptor General Automático Magnetotérmico de IV polos 80 A y 50 KA, Curva D.

Las protecciones frente a sobrecorrientes bien sea debido a sobrecargas o a cortocircuitos, al igual que la protección contra defectos diferenciales, de cada una de las bombas de nueva instalación, serán las siguientes:

- Línea de Alimentación a Bomba nº 1:

  - 1. Ud. Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 20 a 25 A, 50A de poder de corte, disparo de sobreintensidad 325A, marca Siemens, modelo 3RV1021-4DA10 o similar.

  - 2. Ud. Contactores III polos, para arranque estrella-Triángulo de 25 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1026-1AP00 o similar.

  - 1. Ud. Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

- Línea de Alimentación a Bomba nº 2:

  - 1. Ud. Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 20 a 25 A, 50A de poder de corte, disparo de sobreintensidad 325A, marca Siemens, modelo 3RV1021-4DA10 o similar.

  - 2. Ud. Contactores III polos, para arranque estrella-Triángulo de 25 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1026-1AP00 o similar.

  - 1. Ud. Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

- Línea de Alimentación a Bomba nº 3:

  - 1. Ud. Interruptor Automático Magnetotérmico III polos, con rango de regulación para la protección térmica de In: 20 a 25 A, 50A de poder de corte, disparo de sobreintensidad 325A, marca Siemens, modelo 3RV1021-4DA10 o similar.

  - 2. Ud. Contactores III polos, para arranque estrella-Triángulo de 25 A de Intensidad máxima, mando 230Vac, marca Siemens, modelo: 3RT1026-1AP00 o similar.

  - 1. Ud. Transformador toroidal y relé diferencial de corriente nominal residual 300 mA, de la marca Siemens, Modelo 3UL0 300 GEF.

La maniobra implementada para el arranque de las 3 bombas será estrella-triangulo.

Los conductores empleados para la alimentación a las bombas aparecen reflejados en las "Tablas resumen" del presente documento.

6.1.2. EBAR LA MAGDALENA.

Se sustituye una de las bombas actuales por otra de potencia similar, por tanto no afecta a ninguna de las partes en que se compone la instalación eléctrica.

6.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

- **Formulación empleada.**

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifican en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamiento termoplásticos (PVC) y de 90°C para cables con aislamientos termoestables (XLPE, EPR...ect).

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión deber ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud. Además, a la hora de aplicar este criterio, se tendrá en cuenta la temperatura máxima prevista en servicio de un cable, donde el incremento de la temperatura respecto de la temperatura ambiente (T_0), ha de ser (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, y dependiendo de la temperatura en función del aislamiento del cable (T_{MAX}), que ha de ser (70°C para PVC y 90°C para XLPE o EPR) , se obtendrá la temperatura real del conductor, y con ello la conductividad de dicho conductor.

Criterio de la intensidad de cortocircuito:

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (<5s) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de
160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamiento termoestables.

Caída de tensión máxima reglamentaria

Según lo dispuesto en la ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto, 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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

PARTE DE LA INSTALACIÓN	PARA ALIMENTAR A:	Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO	e=ΔUIII	e=ΔUI
LGA:(LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN				
	Suministros de un único usuario	No existe LGA		
	Contadores Totalmente Concentrados	0,50%	2v	
	Centralizaciones parciales de contadores	1%	4v	
DI (DERIVACIÓN INDIVIDUAL)				
	Suministros de un único usuario	1,5%	6v	3,45v
	Contadores Totalmente Concentrados	1,0%	4v	2,3v
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%	2v	1,15v
CIRCUITOS INTERIORES				
	Circuitos interiores en viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0%	12v	6,9v
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0%	20v	11,5v

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Optando por un criterio conservador para el cálculo de la caída de tensión, se considerará como caída de tensión máxima admisible lo descrito en la siguiente tabla:

CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS CONSIDERADAS				
DESDE	**HASTA**	**Δv MÁXIMA EN % DE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO**	**e=ΔUII)**	**e=ΔUI**
CIRCUITOS DE FUERZA				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de control de motores (C_C_M_X)	1,0%	4v	2,3v
Cudro de control de motores (C_C_M_X)	Motores y Equipos	3,5%	14v	8,05v
	TOTAL	5%	20v	11,5v
CIRCUITOS DE ALUMBRADO				
Transformador	Cuadro General de Distribución (C_G_D)	0,5%	2v	1,15v
Cuadro General de Distribución	Cudro de alumbrado (C_A_F)	0,5%	2v	1,15v
Cudro de alumbrado (C_A_F)	Receptores	2,0%	8v	4,6
	TOTAL	3%	12v	6,9v

Por tanto se considera una caída del 5% para fuerza, y el 3% para alumbrado, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Intensidad nominal.

La intensidad se obtiene de las fórmulas:

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$In = \frac{P_2 \times 10^5}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

Donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

η: Rendimiento %(para motores)

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

Intensidad de cálculo.

La intensidad de cálculo se obtiene de las fórmulas:

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas trifásicas.

$$Ic = \frac{P_2 \times 10^5 \times K}{U \times \cos\varphi \times \eta}$$, para líneas monofásicas.

donde,

In: intensidad nominal en (A).

P_2: potencia nominal activa en el eje (kw).

K: coeficiente por tipo de carga:

K=1,8 para lámparas de descarga

K=1,25 para motores

K=1,0 para el resto de cargas

U: tensión de servicio en (V):

U: 380 V para líneas trifásicas

U: 220 V para líneas monofásicas

$\cos\varphi_n$: Ángulo de desfase nominal entre la tensión y la corriente

η: Rendimiento % (para motores).

Caída de tensión.

Sistema Trifásico

$$e_{III} = \sqrt{3} \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Sistema Monofásico:

$$e_{III} = 2 \times I_C \times L\left(R \times \cos\varphi + X \times sen\varphi\right) = (V)\ \text{Voltios}$$

Siendo:

Ic: Corriente de cálculo.

L : Longitud de Cálculo en metros.

e_{III} : Caída de tensión de línea en trifásico en Voltios.

e_I : Caída de tensión monofásico en Voltios

φ : Ángulo de desfase.

R : Resistencia del conductor en Ω/m

X : Reactancia por unidad de longitud en Ω/m

Conductividad Eléctrica

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = (m/\Omega mm^2)$$

$$\rho = \rho_{20}\left[1 + \alpha_{20} \times (T - 20)\right] = (\Omega mm^2/m)$$

$$T = T_0 + \left[(T_{MAX} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{MAX}}\right)^2\right] = (^{\circ}C)$$

Siendo,

γ : Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ20 : Resistividad del conductor a 20ºC.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α20: Coeficiente de variación de resistencia específica por Temperatura del conductor a 20ºC en C^{-1}

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T : Temperatura real estimada en el conductor (ºC).

T_0 : Temperatura ambiente del conductor (ºC):

Cables enterrados = 25ºC

Cables al aire = 40ºC

T_{MAX} : Temperatura máxima admisible del conductor (ºC):

XLPE, EPR = 90ºC

PVC = 70ºC

I : Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{MAX} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas..

I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado según la norma UNE 20-460/5-523.

I_N : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación seleccionada.

I_2: Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

I_2=1,45 I_N (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009)

I_2=1,30 I_N (para interruptores según UNE EN 60947-2)

En el caso de fusibles, la característica equivalente a la I2 de los interruptores automáticos es la denominada If (intensidad de funcionamiento) que para los fusibles del tipo gG toma los valores siguientes:

$I_f = 1{,}60\ I_n$ si $I_n \geq 16A$

$I_f = 1{,}90\ I_n$ si $4A < I_n < 16A$

$I_f = 2{,}10\ I_n$ si $I_n \leq 4^a$

Cortocircuito

$$IpccI = \frac{C_T \times U_L}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

Siendo:

IpccI: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_T: Coeficiente de tensión.

U_L: Tensión Compuesta en V.

Z_T: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$IpccF = \frac{C_T \times U_F}{2 \times Z_T}$$

Siendo,

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_T : Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_T : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

-La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$

Siendo:

R_T: R1 + R2 + ...+ Rn (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_T: X1 + X2 + ... + Xn (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{K \times S \times n} (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_U \times L}{n} (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$Tmcicc = \frac{Cc \times S^2}{IpccF^2}$$

Siendo:

Tmcicc: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una Ipcc.

Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$T_{FICC} = \frac{K_F}{IpccF^2}$$

Siendo:

T_{FICC}: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

K_F : Cte del fusible

$$L_{MAX} = \frac{0{,}8 \times U_F}{2 \times I_{F5} \times \sqrt{\left[\left(\frac{1{,}5}{K \times S \times n}\right)^2 + \left(\frac{X_U}{n \times 1000}\right)^2\right]}}$$

Siendo,

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	I_M = (3-5) In
CURVA C	I_M = (5-10) In
CURVA D Y MA	I_M = (10-20) In

- **Tablas resumen:**

- **Cálculo de Conductores de la Estación de Bombeo El Polígono.**

				VALORES NOMINALES		CORR. CALC.		CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR		RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE									RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN (según Guía-BT-Anexo2 del REBT)					RESOLUCIÓN POR CRITERIO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO							
Equipo	Nº Simult	Nª Res	Tipo de Arranque	(P2n) (Kw)	VL (v)	F.c (A)	I.c (A)	Nº Cond/fase	Sist. Instalación	Longitud (m)	Conductor	Agrupación	I.max.Adm (A)	Factores de Corrección Redes Subterráneas				COMPROBACIÓN				R/Conductor (Ω/m)	X/ Conductor (Ω/km)	COMPROBACIÓN			Zcc (mΩ)	Ipcc$_0$ (kA)	IpccF=Icc1 (kA)	Duración Icc (≤5seg)	K2 UNE 20460-4-43	COMPROBACIÓN		tmcicc (sg)
													U.N.E 20460-5-523	Tª Terreno	p.Terreno	Prof.Inst m	Nº Temas	I.cal/Cond (A)	I.max.Adm/Conductor (A)	Tª Conductor(ºc)	Max.Tra Adm(ºc)	a Máx Tra (Ω/km)		ΔV parcial (%) a MaxTª	Max. ΔV.adm Parcial (%)	Max. ΔV.adm Total (%)						Ipccf./ Conductor (KA)	Icc.Max.Ad (KA)	
Bombas sumergible	3	0	E.T	11	400	1,25	29,21	1	D	10	RZ1-K (AS)	4G6	44	1	1	1	0,8	29,21	35,20	68,772	90,00	3,823	0,0826	0,398	3,5	5	44,092	21,358	5,238	0,1	143,000	1,996	2,713	3,239

- **Protecciones del Armario de la Estación de Bombeo El Polígono.**

Equipo	Nº Simult	Nº Res	Tipo de Arranque	P1.n.u (Kw)	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA	CONTACTOR	Variador de Frecuencia	PROTECCIÓN DIFERENCIAL
Protecciones del CGD								
Protección General	-	-			Int.Aut.Magenetotérmico Protección General, IV polos, 80 A. 50KA, de poder de corte			
Bomba Sumergible nº1	1	0	ET	13,2	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 20 -25 A, 50KA, de poder de corte	2 Cont. III, 25A,2NO+ 1NC, Mando 230 VAC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Bomba Sumergible nº21	1	0	ET	13,2	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 20 -25 A, 50KA, de poder de corte	2 Cont. III, 25A,2NO+ 1NC, Mando 230 VAC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A
Bomba Sumergible nº3	1	0	ET	13,2	Aut.Prot.Motor,3Polos,Clase 10,50 kA,R 20 -25 A, 50KA, de poder de corte	2 Cont. III, 25A,2NO+ 1NC, Mando 230 VAC, 50/60Hz		Relé y Transformador diferencial, Mando 230 V AC, reg IΔn: de 30mA a 30A