



## **ANEJO Nº 12.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS, AUTOMATISMO Y CONTROL**



**ANEJO Nº 12.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS, AUTOMATISMO Y CONTROL**

**Índice**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS PEÑÍSCOLA .....</b>                            | <b>1</b>  |
| 1.1      | INTRODUCCIÓN.....  | 1         |
| 1.2      | LISTADO DE POTENCIAS .....   | 2         |
| 1.3      | ACOMETIDA.....   | 4         |
| 1.4      | LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN CENTRO DE SECCIONAMIENTO/CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. .... | 4         |
| 1.4.1    | CABLE DE ACOMETIDA DE A.T. ....  | 5         |
| 1.5      | CÁLCULOS.....  | 5         |
| 1.5.1    | INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....  | 5         |
| 1.5.2    | INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN .....   | 6         |
| 1.5.3    | CORTOCIRCUITOS.....  | 6         |
| 1.5.4    | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.....                                  | 7         |
| 1.5.5    | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN .....                                 | 7         |
| 1.5.6    | DIMENSIONADO DEL EMBARRADO .....   | 8         |
| 1.5.7    | SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....                      | 8         |
| 1.5.8    | DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....              | 10        |
| 1.5.9    | DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS. ....   | 10        |
| 1.6      | PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....                         | 11        |
| 1.6.1    | CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN .....                      | 11        |
| 1.6.2    | CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO .....  | 12        |
| 1.7      | CÁLCULO DE CABLES .....  | 12        |
| 1.7.1    | CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....   | 12        |
| 1.7.2    | REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....                      | 13        |
| 1.7.3    | INSTALACIONES RECEPTORAS.....  | 14        |
| 1.7.4    | CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN .....   | 15        |
| 1.8      | CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....                   | 19        |
| 1.9      | CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS .....   | 22        |
| 1.10     | CÁLCULO DE ALUMBRADO .....   | 25        |
| 1.10.1   | ALUMBRADO DE VIALES .....  | 25        |
| 1.10.2   | ALUMBRADO INTERIOR.....  | 26        |
| 1.11     | DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO.....                                     | 26        |
| 1.12     | AUTOMATISMO .....  | 28        |
| 1.13     | INSTRUMENTACIÓN. ....  | 28        |
| <b>2</b> | <b>ESTACIÓN DE BOMBEO VIAL PEÑÍSCOLA-BENICARLÓ.....</b>                        | <b>29</b> |
| 2.1      | INTRODUCCIÓN.....  | 29        |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2   | POTENCIAS.....   | 30 |
| 2.3   | ACOMETIDA.....   | 31 |
| 2.4   | CÁLCULOS.....  | 31 |
| 2.4.1 | INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....                                  | 31 |
| 2.4.2 | INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.....                                  | 32 |
| 2.4.3 | CORTOCIRCUITOS.....  | 32 |
| 2.4.4 | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.....                    | 33 |
| 2.4.5 | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.....                    | 33 |
| 2.4.6 | DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....                                  | 34 |
| 2.4.7 | SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....        | 34 |
| 2.4.8 | DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... | 36 |
| 2.4.9 | DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.....                            | 36 |
| 2.5   | PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....            | 37 |
| 2.5.1 | CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN.....         | 37 |
| 2.5.2 | CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO.....                             | 38 |
| 2.6   | CÁLCULO DE CABLES.....   | 38 |
| 2.6.1 | CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....                           | 38 |
| 2.6.2 | REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....        | 39 |
| 2.6.3 | INSTALACIONES RECEPTORAS.....                                    | 40 |
| 2.6.4 | CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN.....                                | 41 |
| 2.7   | CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....     | 43 |
| 2.8   | CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS.....                                | 45 |
| 2.9   | CÁLCULO DE ALUMBRADO.....  | 47 |
| 2.9.1 | ALUMBRADO DE VIALES.....   | 47 |
| 2.9.2 | ALUMBRADO INTERIOR.....  | 48 |
| 2.10  | DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO.....                       | 48 |
| 2.11  | AUTOMATISMO.....   | 49 |
| 2.11  | INSTRUMENTACIÓN.....   | 50 |
| 3     | ESTACIÓN DE BOMBEO CONSTITUCIÓN.....                             | 50 |
| 3.1   | INTRODUCCIÓN.....  | 50 |
| 3.2   | POTENCIAS.....   | 50 |
| 3.3   | ACOMETIDA.....   | 51 |
| 3.4   | CÁLCULOS.....  | 52 |
| 3.4.1 | INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....                                  | 52 |
| 3.4.2 | INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.....                                  | 52 |
| 3.4.3 | CORTOCIRCUITOS.....  | 53 |
| 3.4.4 | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.....                    | 53 |
| 3.4.5 | CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.....                    | 54 |
| 3.4.6 | DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....                                  | 54 |

|          |       |   |           |
|----------|-------|---|-----------|
|          | 3.4.7 | SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....         | 55        |
|          | 3.4.8 | DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ..... | 56        |
|          | 3.4.9 | DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS. ....                            | 57        |
| 3.5      |       | PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....            | 57        |
|          | 3.5.1 | CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN .....         | 58        |
|          | 3.5.2 | CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO .....                             | 58        |
| 3.6      |       | CÁLCULO DE CABLES .....   | 58        |
|          | 3.6.1 | CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....                            | 58        |
|          | 3.6.2 | REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....         | 59        |
|          | 3.6.3 | INSTALACIONES RECEPTORAS.....                                     | 61        |
|          | 3.6.4 | CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN .....                                | 61        |
| 3.7      |       | CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....      | 64        |
| 3.8      |       | CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS .....                                | 65        |
| 3.9      |       | CÁLCULO DE ALUMBRADO .....  | 67        |
|          | 3.9.1 | ALUMBRADO DE VIALES .....   | 67        |
|          | 3.9.2 | ALUMBRADO INTERIOR.....   | 68        |
| 3.10     |       | DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO.....                        | 69        |
| 3.11     |       | AUTOMATISMO .....   | 70        |
| 3.12     |       | INSTRUMENTACIÓN. ....   | 71        |
| <b>4</b> |       | <b>SUPERVISIÓN Y CONTROL DE INSTALACIONES .....</b>               | <b>71</b> |
|          | 4.1   | COMUNICACIONES.....   | 71        |
|          | 4.1.1 | SWITCH GESTIÓN COMUNICACIONES .....                               | 71        |
|          | 4.1.2 | NIVELES DE COMUNICACIÓN.....                                      | 72        |
|          | 4.2   | EQUIPOS CONTROL .....   | 72        |
|          | 4.2.1 | CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE CONTROL .....                          | 72        |
|          | 4.2.2 | CARACTERÍSTICAS CONTROLADOR. PLC'S .....                          | 73        |
|          | 4.2.3 | CONFIGURACIONES EQUIPOS DE CONTROL.....                           | 75        |



# 1 ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS PEÑÍSCOLA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La estación depuradora de aguas se alimentará en Media Tensión al nivel de 20kV. Según la carta de condiciones emitida por IBERDROLA con el número de expediente 9025965148 de fecha 19/04/2011, se deberá realizar una línea aérea de Media Tensión. Para ello se deberá sustituir/modificar el apoyo existente nº 90089 de la línea L-28 de la ST Benicarlo y adoptarlo a un esquema de derivación. Desde ese apoyo se tenderán en principio dos vanos: Uno para cruzar perpendicularmente la carretera próxima y otro para acometer a la EDAR PEÑÍSCOLA. Esta línea se diseñará en detalle cuando sea confirmado el punto de entrega de energía con la Compañía. Para ello habrá que solicitar nueva carta de condiciones técnico económicas ya que estos documentos tienen una validez de tres meses que ya han transcurrido.

En el límite de la propiedad se colocará un centro de seccionamiento compuesto por un edificio prefabricado en cuyo interior se albergarán tres celdas de línea.

Desde el centro de seccionamiento se tenderá una línea de Media Tensión que conectará dicho centro con el centro de transformación.

El centro de transformación estará compuesto por un edificio prefabricado de superficie con capacidad para albergar en su interior hasta dos transformadores de 1.000kVA cada uno.

En el interior de dicho centro se colocan las celdas de Media Tensión. Se tiene el siguiente esquema: Celda de entrada con interruptor en carga, una celda de protección de la medida mediante interruptor automático, una celda de medida y dos celdas de protección con ruptofusible.

Los transformadores que se van a colocar van a ser dos transformadores 20/0,42kV KNAN 630 kVA.

Desde los dos transformadores se alimenta el cuadro general de Baja Tensión. Este cuadro también se alimentará de un grupo electrógeno 400/440kVA. Como este grupo no tiene capacidad para alimentar la totalidad de los consumos eléctricos de la EDAR, se implementará en el PLC una secuencia para el arranque escalonado de los diferentes equipos que funcionen con respaldo del grupo electrógeno, que entrará en ejecución en caso de fallo de alimentación de red.

En la instalación tenemos dos centros de control de motores:

- o CCMA asociado a la cargas de pretratamiento / fangos y dosificación de químicos.
- o CCMB asociado a las cargas de biológico y decantación.

Cada uno de estos cuadros se ubica en su correspondiente sala eléctrica en los edificios asociados.

## 1.2 LISTADO DE POTENCIAS

| Nº DEL CIRCUITO                     | DESIGNACIÓN  | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA | TIPO DE SALIDAS |
|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|                                     |  | Ud                 | Ud                    | Kw                | Kw                 | Kw                  |                 |
|                                     |  | <b>63,00</b>       |                       |                   | <b>243,02</b>      | <b>215,40</b>       |                 |
| <b>CCMA PRETRATAMIENTO Y FANGOS</b> |  |                    |                       |                   |                    |                     |                 |
| A 1                                 | Polipasto para edificio de pretratamiento            | 1                  | 1                     | 1,68              | 1,68               | 1,68                | A               |
| A 2                                 | Tamiz autolimpiante de sólidos finos                 | 2                  | 2                     | 0,75              | 1,50               | 1,50                | A               |
| A 3                                 | Tornillo transportador-compactador                   | 1                  | 1                     | 1,47              | 1,47               | 1,47                | A               |
| A 4                                 | Soplantes para preaireación (VF)                     | 3                  | 2                     | 11,00             | 33,00              | 22,00               | B               |
| A 5                                 | Polipasto sala soplantes                             | 1                  | 1                     | 1,68              | 1,68               | 1,68                | A               |
| A 6                                 | Bomba vertical de arenas                             | 2                  | 2                     | 2,20              | 4,40               | 4,40                | TETRA           |
| A 7                                 | Puente viajante para extracción y separación de flot | 2                  | 2                     | 0,25              | 0,50               | 0,50                | TETRA           |
| A 8                                 | Extracción de grasas. Electroválvula                 | 2                  | 2                     | 0,05              | 0,10               | 0,10                | H               |
| A 9                                 | Clasificador lavador de arenas                       | 1                  | 1                     | 0,75              | 0,75               | 0,75                | A               |
| A 10                                | Mecanismo concentrador de grasas                     | 1                  | 1                     | 0,55              | 0,55               | 0,55                | A               |
| A 11                                | Compuerta de by-pass T. secundario                   | 2                  | 2                     | 1,5               | 3,00               | 3,00                | D               |
| A 12                                | Bombeo de reboses y sobrenadantes                    | 2                  | 1                     | 6                 | 12,00              | 6,00                | A               |
| A 13                                | Bombeo de vaciados                                   | 2                  | 2                     | 6                 | 12,00              | 12,00               | A               |
| A 14                                | Mecanismo espesador de fangos                        | 2                  | 2                     | 0,55              | 1,10               | 1,10                | A               |
| A 15                                | Bombeo de fangos a deshidratar (VF)                  | 3                  | 2                     | 2,20              | 6,60               | 4,40                | B               |
| A 16                                | Equipo compacto de polielectrolito catiónico         | 1                  | 1                     | 0,99              | 0,99               | 0,99                | TETRA           |
| A 17                                | Bombeo de polielectrolito a centrífuga (VF)          | 3                  | 2                     | 0,37              | 1,11               | 0,74                | B               |
| A 18                                | Electroválvula dilucion polielectrolito              | 1                  | 1                     | 0,05              | 0,05               | 0,05                | H               |
| A 19                                | Centrífuga de secado de fangos deshidratados (VF)    | 2                  | 2                     | 30,00             | 60,00              | 60,00               | B               |
| A 20                                | Electroválvula lavado centrífuga                     | 2                  | 2                     | 0,05              | 0,10               | 0,10                | H               |
| A 21                                | Tornillo horizontal transportador                    | 1                  | 1                     | 2,20              | 2,20               | 2,20                | A               |
| A 22                                | Bomba de tornillo de fangos deshidratados (VF)       | 2                  | 1                     | 7,50              | 15,00              | 7,50                | B               |
| A 23                                | Polipasto para sala de fangos                        | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38               | 2,38                | A               |
| A 24                                | Grupo de agua a presión                              | 1                  | 1                     | 12,12             | 12,12              | 12,12               | TETRA           |
| A 25                                | Ventiladores extractores edificio                    | 7                  | 7                     | 0,25              | 1,75               | 1,75                | A               |
| A 26                                | Compresor de aire                                    | 1                  | 1                     | 7,35              | 7,35               | 7,35                | TETRA           |
| A 27                                | Ventilador centrífugo de la desodorización (VF)      | 1                  | 1                     | 37,00             | 37,00              | 37,00               | B               |
| A 28                                | Bombas centrífugas de la desodorización              | 2                  | 2                     | 7,50              | 15,00              | 15,00               | A               |
| A 29                                | Bombas dosificadoras de la desodorización            | 3                  | 3                     | 0,12              | 0,36               | 0,36                | A               |
| A 30                                | Tolva de almacenamiento de fangos                    | 1                  | 1                     | 3,00              | 3,00               | 3,00                | A               |
| A 31                                | Bombeo carga de Cl3Fe                                | 1                  | 1                     | 1,50              | 1,50               | 1,50                | A               |
| A 32                                | Bombeo de dosificación de Cl3Fe Biológico (VF)       | 3                  | 2                     | 0,18              | 0,54               | 0,36                | B               |
| A 33                                | Bombeo de dosificación de Hipoclorito sódico (VF)    | 2                  | 1                     | 0,37              | 0,74               | 0,37                | B               |
| A 34                                | Bombeo de carga de hipoclorito sódico                | 1                  | 1                     | 1,50              | 1,50               | 1,50                | A               |

| Nº DEL CIRCUITO                     | DESIGNACIÓN  | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA | TIPO DE SALIDAS |
|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|                                     |  | Ud                 | Ud                    | Kw                | Kw                 | Kw                  |                 |
|                                     |  | <b>33</b>          |                       |                   | <b>643,28</b>      | <b>516,28</b>       |                 |
| <b>CCMB BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN</b> |  |                    |                       |                   |                    |                     |                 |
| B 1                                 | Ventilador extractor en edificio y sala de soplantes | 4                  | 4                     | 0,25              | 1,00               | 1,00                | A               |
| B 2                                 | Acelerador de corriente (Reactores biológicos)       | 6                  | 6                     | 4,00              | 24,00              | 24,00               | A               |
| B 3                                 | Soplantes reactores biológicos (VF)                  | 6                  | 5                     | 90,00             | 540,00             | 450,00              | B               |
| B 4                                 | Electroválvula regulación aire a biológico           | 2                  | 2                     | 0,20              | 0,40               | 0,40                | H               |
| B 5                                 | Polipasto sala soplantes                             | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38               | 2,38                | A               |
| B 6                                 | Bombeo de flotantes                                  | 4                  | 2                     | 1,30              | 5,20               | 2,60                | A               |
| B 7                                 | Bombeo de fangos en recirculación (VF)               | 4                  | 2                     | 15,00             | 60,00              | 30,00               | B               |
| B 8                                 | Bombeo de fangos en exceso                           | 4                  | 2                     | 2,20              | 8,80               | 4,40                | A               |
| B 9                                 | Decantador secundario                                | 2                  | 2                     | 0,75              | 1,50               | 1,50                | A               |

NOTA: Las cargas indicadas con fondo amarillo son las que reciben respaldo del grupo electrógeno.

| DESIGNACIÓN                                   | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|
|   | Ud                | Kw                 | Kw                  |
| <b>EDAR</b>                                   |                   |                    |                     |
| <b>CUADRO GENERAL ALUMBRADO Y SERVICIOS</b>   |                   | <b>67,00</b>       | <b>53,09</b>        |
| Alumbrado exterior -44 Uds Farolas 150 W VSAP | 0,15              | 6,60               | 6,60                |
| Alumbrado exterior-2 Uds Torres 3x400W        | 1,20              | 2,40               | 2,40                |
| Alumbrado exterior- 13 Brazos VSAP 150W       | 0,15              | 1,95               | 1,95                |
| Alumbrado exterior-8 Uds proyectores 250W     | 0,25              | 2,00               | 2,00                |
| Salida a cuadro edificio pretratamiento       |                   | 21,14              | 13,49               |
| Salida a cuadro edificio soplantes            |                   | 11,45              | 5,93                |
| Salida a cuadro de control                    |                   | 17,73              | 17,04               |
| Salida a cuadro edificio agua tratada         |                   | 3,73               | 3,69                |
| <b>CUADRO EDIFICIO PRETRATAMIENTO</b>         |                   | <b>21,14</b>       | <b>13,49</b>        |
| Alumbrado interior-12 Uds 2x58W               | 0,12              | 1,39               | 1,11                |
| Alumbrado interior-31 Uds HM250W              | 0,25              | 7,75               | 3,88                |
| Taller  | 5,00              | 5,00               | 5,00                |
| Tomas de fuerza edificio pretratamiento II    | 3,50              | 7,00               | 3,50                |
| <b>CUADRO EDIFICIO SOPLANTES</b>              |                   | <b>11,45</b>       | <b>5,93</b>         |
| Alumbrado interior-6 Uds 2x58W                | 0,12              | 0,70               | 0,56                |
| Alumbrado interior-15Uds HM250W               | 0,25              | 3,75               | 1,88                |
| Tomas de fuerza edificio soplantes II         | 3,50              | 7,00               | 3,50                |
| <b>EDIFICIO DE CONTROL</b>                    |                   | <b>17,73</b>       | <b>17,04</b>        |
| Alumbrado interior-10 Uds 1x70W               | 0,08              | 0,75               | 0,60                |
| Alumbrado interior- 28Uds 4x14W               | 0,06              | 1,57               | 1,25                |
| Alumbrado interior-15 Uds 1x26W               | 0,03              | 0,39               | 0,20                |
| Alumbrado intemperie-2 Uds 2x18W              | 0,04              | 0,07               | 0,04                |
| Bombas de calor                               | 7,95              | 7,95               | 7,95                |
| Usos  | 3,5               | 7,00               | 7,00                |
| <b>EDIFICIO DE AGUA TRATADA</b>               |                   | <b>3,73</b>        | <b>3,69</b>         |
| Alumbrado interior-2 Uds 2x58W                | 0,12              | 0,23               | 0,19                |
| Toma de fuerza edificio agua tratada II       | 3,50              | 3,50               | 3,50                |

**TOTALES**

|   |               |     |
|---|---------------|-----|
| Nº DE RECEPTORES EN LA EDAR                     | <b>96</b>     | Ud. |
| POTENCIA INSTALADA                              | <b>953,30</b> | Kw  |
| POTENCIA SIMULTANEA (considerando redundancias) | <b>784,77</b> | Kw  |

Aplicando a este último valor un coeficiente de simultaneidad de 0,8, un factor de potencia de 0,8 para estar preparados ante un eventual fallo de las baterías de condensadores que se instalaran se obtiene:

|  |              |
|--|--------------|
| <b>POTENCIA TOTAL INSTALADA (Kw)</b>                 | 953,30       |
| <b>CCM´s + CUADRO SERVICIOS simultanea</b>           | 784,77       |
| Coeficiente simultaneidad (factor de funcionamiento) | 0,80         |
| Potencia en simultáneo                               | 627,82       |
| <br>   |              |
| TOTAL POTENCIA (Kw)                                  | 627,82       |
| Coseno de Fi   | 0,80         |
| Nº de trafos   | 2,00         |
| Potencia necesaria por trafa (KVA)                   | 392,39       |
| Potencia adoptada por trafa (KVA)                    | <b>630</b>   |
| Potencia adoptada total de transformación (KVA)      | <b>1.260</b> |

### 1.3 ACOMETIDA

Tal y como se ha comentado en la introducción se procederá a la realización de una línea aérea de 20 kV de longitud 50m. Esta nueva línea deberá realizarse siguiendo los criterios y normas de la compañía suministradora.

La ingeniería de detalle relacionada con esta línea se realizará una vez que se confirme el punto de entrega de la misma y se concreten los requisitos por parte de la Compañía Distribuidora. El diseño de dicha línea se hará según las exigencias de Compañía y el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09 (RD 223/2008).

A efectos de cortocircuito se supone que el valor del mismo en el punto de entrega es de 16kA.

### 1.4 LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN CENTRO DE SECCIONAMIENTO/CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

La justificación de las líneas subterráneas se centra exclusivamente en el cálculo de la sección del conductor a emplear.

El diseño de dicha línea se hará según las exigencias de Compañía y el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09 (RD 223/2008).

El conductor por el que se ha optado, de acuerdo a las características eléctricas de la instalación es del tipo DHZ1-K 12/20kV (150mm<sup>2</sup>) Al, canalización entubada bajo tubo de PVC corrugado de 200 Ø según sección de zanjas tipo.

**1.4.1 CABLE DE ACOMETIDA DE A.T.**

Tipo de cable DHZ1-12/20 KV Al de 1 x 150 mm<sup>2</sup>

Intensidad admisible en régimen permanente a 25 °C = 315 A

$$\eta = \frac{\text{intensidad}}{\text{sección}} = \frac{315 \text{ A}}{150} = 2,10 \text{ A/mm}^2$$

Densidad máxima admisible en c.c. de 0,5 seg.

Según fabricante es de 0,5" = 132 A/mm<sup>2</sup>

La potencia de cortocircuito de la Compañía para esta línea es de 500 MVA.

Por tanto:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{500 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ KV}} = 14,43 \text{ KA}$$

$$S = \frac{14.430}{132 \text{ A/mm}^2} = 109,34 \text{ mm}^2 \quad 109,34 \text{ mm}^2$$

Por lo que es correcto utilizar la sección elegida de 150 mm<sup>2</sup>.

**1.5 CÁLCULOS**

**1.5.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN**

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I<sub>p</sub> viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

I<sub>p</sub> = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | I <sub>p</sub> (A) |
|----------------------------------|--------------------|
| 630                              | 18,19A             |
| 630                              | 18,19A             |

siendo la intensidad total primaria de 36.37 Amperios.

### 1.5.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro.

$W_{cu}$  = Pérdidas en los arrollamientos.

$U$  = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

$I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | $I_s$ (A) |
|----------------------------------|-----------|
| 630                              | 898,07    |
| 630                              | 898,07    |

### 1.5.3 CORTOCIRCUITOS

#### 1.5.3.1 OBSERVACIONES

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor que debe ser especificado por la Compañía suministradora y que se supone de 350MVA.

#### 1.5.3.2 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado primario, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 * V_p} \quad (3.3.2.a)$$

donde:

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA

$V_p$  = tensión de servicio en kV

$I_{ccp}$  = corriente de cortocircuito en kA

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} \quad (3.3.2.b)$$

donde:

P = potencia del transformador en kVA

E<sub>cc</sub> = tensión de cortocircuito del transformador

V<sub>s</sub> = tensión secundaria en V

I<sub>ccs</sub> = corriente de cortocircuito en KA

#### 1.5.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

Utilizando la expresión 3.3.2.a, en la que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA, la intensidad de cortocircuito será:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \times V_p} = 10,01 \text{ kA}$$

#### 1.5.5 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

En este punto se analizarán las diferentes intensidades de cortocircuito que generarán cada uno de los centros de transformación ubicados en la planta.

- o Para el C.T. la potencia es de 630 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 400 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 400 V será, según la fórmula 3.3.2.b:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} = 22,73 \text{ KA}$$

Teniendo en cuenta que los dos transformadores trabajan en paralelo, la I<sub>ccs</sub> total de la instalación es de 45,46kA. El paso de la alimentación de red a alimentación de grupo es con paso por cero por lo que al no funcionar en paralelo con la red no hay que tenerlo en cuenta para dimensionar la capacidad al cortocircuito del embarrado.

La repercusión en el lado de M.T. del cortocircuito en B.T. será despreciable en cualquiera de los casos, para demostrarlo realizaremos el cálculo para el caso más desfavorable C.T.2:

$$I_{cc_r} = \frac{V_{BT}}{V_{MT} \times 10^3} \times I_{cc_{BT}} = \frac{400}{20 \times 10^3} \times 22,73 = \leq 45,46 \text{ KA}$$

Por lo que un cortocircuito en el lado de B.T. no afectará a la instalación de M.T.

### **1.5.6 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO**

Las celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

#### **1.5.6.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE**

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101901 realizado por los laboratorios ORMAZABAL (Laboratorio de Alta Tensión de I+D) en Bizkaia (España).

#### **1.5.6.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA**

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

#### **1.5.6.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA**

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

### **1.5.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN**

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión, la protección se incorpora en el cuadro de distribución.

#### **Transformador**

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace

fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger. Según recomendaciones del fabricante de los transformadores y para un nivel de tensión de 20kV se procede a seleccionar los siguientes fusibles:

- Fusible 40 A para protección de transformador de 630kVA.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

#### 1.5.7.1 AJUSTE DEL DISPOSITIVO TÉRMICO O DE LOS RELÉS.

El dispositivo térmico se ajustará como máximo conforme a los siguientes valores de temperatura, tomando como temperatura máxima ambiente de 40 °C.

- o Transformadores en baño de aceite o éster vegetal:
  - Alarma 90°C.
  - Disparo 100°C.
- o Transformadores encapsulados aislamiento seco clase térmica F:
  - Alarma 140°C.
  - Disparo 150°C.

Los relés de sobreintensidad, si los hubiere, se ajustarán conforme a los siguientes valores y tiempos de actuación, procurando mantener la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

- o Relé de sobreintensidad de fase (50-51):

Intensidad de arranque un 40 % por encima de la intensidad primaria.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo por encima del valor de la corriente de inserción de los transformadores y del valor de la intensidad debida a un cortocircuito en el lado de baja tensión, y por debajo de la corriente de cortocircuito primaria. Por lo general se ajustará a 22 veces la intensidad nominal para potencias hasta 1000 kVA, y a 18 veces para potencias superiores.

- o Relé de sobreintensidad de tierra (50N-51N):

Intensidad de arranque al 40 % de la intensidad de arranque de fase para potencias hasta 1000 kVA y al 20 % para potencias superiores.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo ajustado a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

### 1.5.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \times K \times [h \times DT]} \quad (3.6.a)$$

donde:

W<sub>cu</sub> = Pérdidas en el cobre del transformador

W<sub>fe</sub> = Pérdidas en el hierro del transformador

K = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada

h = Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida

DT = Aumento de temperatura del aire

S<sub>r</sub> = Superficie mínima de las rejillas de entrada

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados seleccionados están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 61330, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero.

### 1.5.9 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

| Potencia del transformador (kVA) | Volumen mínimo del foso (litros) |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 630                              | 397                              |
| 630                              | 397                              |

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

## 1.6 PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Constarán de dos sistemas:

### Sistema de protección.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no están en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas tales como el apoyo, chasis y bastidores de los aparatos de maniobra y carcasa del transformador.

### Sistema de servicio.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador. Para ambos casos se opta por un sistema de picas de acero coloreadas, con un diámetro de 18 mm y 2 m de longitud, hincadas verticalmente, auxiliadas por un flagelo de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>, para el sistema de protección. En el sistema de servicio se utilizará cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> con aislamiento 0,6/1KV, para la bajada del transformador y la parte que va en la misma zanja que el sistema de protección.

Para los cálculos se utilizarán las siguientes expresiones:

$$R_f = \frac{2\sigma}{L_f}$$

$$R_p = \frac{\sigma}{N \times L_p}$$

Siendo:

|    |   |                                     |
|----|---|-------------------------------------|
| s  | = | Resistencia del terreno en W.m      |
| n  | = | nº de picas                         |
| LP | = | Longitud de cada pica = 2m          |
| Lf | = | Longitud del flagelo                |
| RP | = | Resistencia del sistema de picas    |
| Rf | = | Resistencia del sistema de flagelos |

### 1.6.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

Con el sistema elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2 m (Lp) y 48 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se obtiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{48} = 12,5\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{12,5}$$

Por lo que  $R = 6,8 \text{ W}$

## 1.6.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO

Con el sistema de elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2m (LP) y 40 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se tiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{40} = 15\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

Por lo que  $R = 7,5 \Omega$

## 1.7 CÁLCULO DE CABLES

Los cables se han calculado por intensidad de corriente y por caída de tensión.

### 1.7.1 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La intensidad se ha obtenido de las fórmulas:

$$I_n = \frac{K \times P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \alpha} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$I_n = \frac{P}{U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

donde:

I = Intensidad de corriente en amperios

K = Coeficiente de carga

K = 1,8 para lámparas de descarga

K = 1,0 para las demás cargas

P = Potencia activa en vatios

U = Tensión de servicio, en voltios

U = 400 V para líneas trifásicas

$U = 220 \text{ V}$  para líneas monofásicas

$\cos \alpha = 0,8$

Los conductores proyectados son de los tipos siguientes:

Cables de transformadores a Cuadro General de Distribución: RV-0,6/1 KV

Cables de Cuadro General de Distribución a Cuadros de Fuerza: RV-06/1 KV

Cables para alimentaciones con variador: R0V-K 0,6/1 KV

Cables de Cuadros de Fuerza a motores y equipos: RV-0,6/1 KV

Cables para instrumentación: VC4V-K

Cables en zonas con ambientes explosivos: RVFV-06/1 KV

## **1.7.2 REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

Para los cables instalados en instalación enterrada se ha aplicado lo dispuesto por el reglamento de baja tensión en su ITC-BT-07.

### **1.7.2.1 DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. . En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

### **1.7.2.2 EN CANALIZACIONES ENTUBADAS**

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables,

ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

### **1.7.2.3 GALERÍAS O ZANJAS REGISTRABLES**

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación.

No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- o estanqueidad de los cierres
- o buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor

### **1.7.2.4 EN BANDEJAS, SOPORTES, PALOMILLAS O DIRECTAMENTE SUJETOS A LA PARED**

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

### **1.7.2.5 CIRCUITOS CON CABLES EN PARALELO**

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- o emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- o los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

### **1.7.3 INSTALACIONES RECEPTORAS**

También se ha tenido en cuenta la instrucción ITC-BT-19: "Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales".

Asimismo, se ha cumplido la Tabla referente a las secciones mínimas de los conductores de fase respectivos.

| TABLA V. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN                                 |   |
|--|---|
| Sección del conductor de fase de la instalación (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima del conductor de protección (mm <sup>2</sup> ) |
| S < 16   | S   |
| 16 < S < 35  | 16  |
| S > 35   | S/2   |

Como secciones mínimas de conductores se han adoptado las siguientes:

Cables de alimentación a Motores: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a Cuadros locales de alumbrado: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a puntos de alumbrado: 1,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación del alumbrado exterior: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de mando y control: 1,5 mm<sup>2</sup>

#### 1.7.4 CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se ha calculado por las fórmulas:

$$\Delta U = \frac{K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

Donde:

- DU = Caída de tensión del tramo en voltios
- K = Coeficiente por tipo de carga
- K = 1,8 para lámparas de descarga
- K = 1 para las demás cargas
- P = Potencia activa transportada, en vatios
- L = Longitud de la línea en metros
- C = Conductibilidad del cobre
- S = Sección del conductor de fase en mm<sup>2</sup>
- U = Tensión entre fases en voltios
- U = 400 V para líneas trifásicas
- U = 230 V para líneas monofásicas

Cálculo de la conductividad del cobre:

$$C = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{max} - T_0) (I / I_{max})^2]$$

Siendo,

C = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$C_{Cu} = 0.018$$

$$C_{Al} = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$C_{Cu} = 0.00392$$

$$C_{Al} = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Según el apartado 2.2.2. de la Instrucción ITC-BT-19, la caída de tensión en una instalación que cuenta con transformador propio se calcula desde las bornas de BT del mismo pudiendo llegar a ser del 6,5% para la fuerza y del 4,5% para alumbrado y usos.

A continuación se incluyen las tablas de caídas de tensión de cada componente de la instalación:

**DE C.T. A C.G.D.**

|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
| -Tipo de conductor                                    | RV-k Cu 0,6/1 kV | KV  |
| -Potencia   | 627,82           | KW  |
| -Longitud   | 20,00            | m   |
| -Tension  | 400,00           | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                                | 4,00             | Cu  |
| -Seccion unitaria                                     | 120,00           | mm2 |
| -Seccion total  | 480,00           | mm2 |
| -Caída de tension                                     | 0,29             | %   |
| -Intensidad maxima con factor de corrección (galeria) | 1072,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor                | 907,25           | A.  |

**DE C.G.D. A CCM 1**

|  |                  |     |
|--|------------------|-----|
| -Tipo de conductor                       | RV-k Cu 0,6/1 kV | KV  |
| -Potencia                                | 215,40           | KW  |
| -Longitud                                | 230,00           | m   |
| -Tension                                 | 400,00           | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                   | 1,00             | Cu  |
| -Seccion unitaria                        | 120 + 70         | mm2 |
| -Seccion total                           | 190,00           | mm2 |
| -Caída de tension                        | 2,91             | %   |
| -Intensidad máxima admisible (enterrado) | 538,00           | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor   | 357,78           | A.  |

**DE C.G.D. A CCM 2**

|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
| -Tipo de conductor                                    | RV-k Cu 0,6/1 kV | KV  |
| -Potencia   | 516,28           | KW  |
| -Longitud   | 15,00            | m   |
| -Tension  | 400,00           | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                                | 3,00             | Cu  |
| -Seccion unitaria                                     | 150,00           | mm2 |
| -Seccion total  | 450,00           | mm2 |
| -Caída de tension                                     | 0,19             | %   |
| -Intensidad máxima con factor de corrección (galeria) | 1089,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor                | 857,55           | A.  |

**DE C.G.D. A CUADRO DE SERVICIOS**

|   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                                   | 53,09           | KW  |
| -Longitud                                   | 18,00           | m   |
| -Tension                                    | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                           | 25,00           | mm2 |
| -Seccion total                              | 25,00           | mm2 |
| -Caída de tension                           | 0,43            | %   |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 110,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 95,90           | A.  |

**DE GRUPO ELECTRÓGENO A C.G.D.**

|   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                          | RV-K Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                                   | 352,00          | KW  |
| -Longitud                                   | 20,00           | m   |
| -Tension                                    | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                      | 3,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                           | 120,00          | mm2 |
| -Seccion total                              | 360,00          | mm2 |
| -Caída de tension                           | 0,28            | %   |
| -Intensidad maxima con factor de corrección | 753,60          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 598,44          | A.  |

|                                     | RECEPTORES  | Potencia unitaria (kW) | Nº de elementos instalados | Sección cable (mm.2) | Nº cables por fase | Seccion total por fase (mm2) | Longitud Unitaria (m.) | Longitud Total (m.) | Tension (v.) | Caída de Tensión Parc.(%) | Caída de Tensión Tot.(%) | Intensidad conductor (A.) | Intensidad admisible (A.) |
|-------------------------------------|---|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>CCMA PRETRATAMIENTO Y FANGOS</b> |   |                        |                            |                      |                    |                              |                        |                     |              |                           |                          |                           |                           |
| A1                                  | Polipasto para edificio de pretratamiento                 | 1,68                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 38,00                  | 38,00               | 400,00       | 0,91                      | 4,11                     | 2,86                      | 36,00                     |
| A2                                  | Tamiz autolimpiante de sólidos finos                      | 0,75                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 52,00                  | 104,00              | 400,00       | 0,89                      | 3,10                     | 1,28                      | 26,50                     |
| A3                                  | Tornillo transportador-compactador                        | 1,47                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 53,00                  | 53,00               | 400,00       | 1,77                      | 3,98                     | 2,50                      | 26,50                     |
| A4                                  | Soplantes para preaireación (VF)                          | 11,00                  | 3,00                       | 10,00                | 1,00               | 10,00                        | 35,00                  | 105,00              | 400,00       | 2,19                      | 4,40                     | 18,70                     | 65,00                     |
| A5                                  | Polipasto sala soplantes                                  | 1,68                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 35,00                  | 35,00               | 400,00       | 0,84                      | 3,04                     | 2,86                      | 36,00                     |
| A6                                  | Bomba vertical de arenas                                  | 2,20                   | 2,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 72,00                  | 144,00              | 400,00       | 2,25                      | 4,46                     | 3,74                      | 36,00                     |
| A7                                  | Puente viajante para extracción y separación de flotantes | 0,25                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 72,00                  | 144,00              | 400,00       | 0,41                      | 2,62                     | 0,43                      | 26,50                     |
| A8                                  | Extracción de grasas. Electroválvula                      | 0,05                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 64,00                  | 128,00              | 400,00       | 0,07                      | 2,28                     | 0,09                      | 26,50                     |
| A9                                  | Clasificador lavador de arenas                            | 0,75                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 48,00                  | 48,00               | 400,00       | 0,82                      | 3,03                     | 1,28                      | 26,50                     |
| A10                                 | Mecanismo concentrador de grasas                          | 0,55                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 61,00                  | 61,00               | 400,00       | 0,76                      | 2,97                     | 0,94                      | 26,50                     |
| A11                                 | Compuerta de by-pass T. secundario                        | 1,50                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 67,00                  | 134,00              | 400,00       | 2,28                      | 4,49                     | 2,55                      | 26,50                     |
| A12                                 | Bombeo de reboses y sobrenadantes                         | 6,00                   | 2,00                       | 10,00                | 1,00               | 10,00                        | 75,00                  | 150,00              | 400,00       | 2,56                      | 4,77                     | 10,20                     | 65,00                     |
| A13                                 | Bombeo de vaciados  | 6,00                   | 2,00                       | 10,00                | 1,00               | 10,00                        | 75,00                  | 150,00              | 400,00       | 2,56                      | 4,77                     | 10,20                     | 65,00                     |
| A14                                 | Mecanismo espesador de fangos                             | 0,55                   | 2,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 73,00                  | 146,00              | 400,00       | 0,38                      | 3,58                     | 0,94                      | 46,00                     |
| A15                                 | Bombeo de fangos a deshidratar (VF)                       | 2,20                   | 3,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 58,00                  | 174,00              | 400,00       | 1,21                      | 4,41                     | 3,74                      | 46,00                     |
| A16                                 | Equipo compacto de polielectrolito catiónico              | 0,99                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 48,00                  | 48,00               | 400,00       | 0,68                      | 3,88                     | 1,68                      | 36,00                     |
| A17                                 | Bombeo de polielectrolito a centrífuga (VF)               | 0,37                   | 3,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 48,00                  | 144,00              | 400,00       | 0,40                      | 3,61                     | 0,63                      | 20,00                     |
| A18                                 | Electroválvula dilucion polielectrolito                   | 0,05                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 48,00                  | 48,00               | 400,00       | 0,05                      | 3,26                     | 0,09                      | 20,00                     |
| A19                                 | Centrífuga de secado de fangos deshidratados (VF)         | 30,00                  | 2,00                       | 35,00                | 1,00               | 35,00                        | 46,00                  | 92,00               | 400,00       | 2,24                      | 5,44                     | 51,00                     | 144,00                    |
| A20                                 | Electroválvula lavado centrífuga                          | 0,05                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 46,00                  | 92,00               | 400,00       | 0,05                      | 3,25                     | 0,09                      | 26,50                     |
| A21                                 | Tornillo horizontal transportador                         | 2,20                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 53,00                  | 53,00               | 400,00       | 1,66                      | 4,86                     | 3,74                      | 36,00                     |
| A22                                 | Bomba de tornillo de fangos deshidratados (VF)            | 7,50                   | 2,00                       | 16,00                | 1,00               | 16,00                        | 43,00                  | 344,00              | 400,00       | 1,15                      | 4,35                     | 12,75                     | 87,00                     |
| A23                                 | Polipasto para sala de fangos                             | 2,38                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 35,00                  | 35,00               | 400,00       | 1,18                      | 4,39                     | 4,05                      | 36,00                     |
| A24                                 | Grupo de agua a presión                                   | 12,12                  | 1,00                       | 35,00                | 1,00               | 35,00                        | 100,00                 | 100,00              | 400,00       | 1,97                      | 5,17                     | 20,61                     | 104,80                    |
| A25                                 | Ventiladores extractores edificio                         | 0,25                   | 7,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 57,00                  | 399,00              | 400,00       | 0,32                      | 3,53                     | 0,43                      | 20,00                     |
| A26                                 | Compresor de aire   | 7,35                   | 1,00                       | 16,00                | 1,00               | 16,00                        | 51,00                  | 51,00               | 400,00       | 1,33                      | 4,53                     | 12,50                     | 87,00                     |
| A27                                 | Ventilador centrifugo de la desodorización (VF)           | 37,00                  | 1,00                       | 70,00                | 1,00               | 70,00                        | 54,00                  | 54,00               | 400,00       | 1,62                      | 4,82                     | 62,90                     | 224,00                    |
| A28                                 | Bombas centrifugas de la desodorización                   | 7,50                   | 2,00                       | 16,00                | 1,00               | 16,00                        | 52,00                  | 104,00              | 400,00       | 1,38                      | 4,59                     | 12,75                     | 64,00                     |
| A29                                 | Bombas dosificadoras de la desodorización                 | 0,12                   | 3,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 54,00                  | 162,00              | 400,00       | 0,06                      | 3,26                     | 0,20                      | 46,00                     |
| A30                                 | Tolva de almacenamiento de fangos                         | 3,00                   | 1,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 52,00                  | 52,00               | 400,00       | 1,48                      | 4,68                     | 5,10                      | 35,20                     |
| A31                                 | Bombeo carga de Cl3Fe                                     | 1,50                   | 1,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 100,00                 | 100,00              | 400,00       | 1,42                      | 4,62                     | 2,55                      | 35,20                     |
| A32                                 | Bombeo de dosificación de Cl3Fe Biológica(VF)             | 0,18                   | 3,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 100,00                 | 300,00              | 400,00       | 0,41                      | 3,61                     | 0,31                      | 20,00                     |
| A33                                 | Bombeo de dosificación de Hipoclorito sódico(VF)          | 0,37                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 100,00                 | 200,00              | 400,00       | 0,84                      | 4,04                     | 0,63                      | 20,00                     |
| A34                                 | Bombeo de carga de hipoclorito sódico                     | 1,50                   | 1,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 100,00                 | 100,00              | 400,00       | 1,42                      | 4,62                     | 2,55                      | 35,20                     |

|                                     | RECEPTORES   | Potencia unitaria (kW) | Nº de elementos instalados | Sección cable (mm.2) | Nº cables por fase | Sección total por fase (mm2) | Longitud Unitaria (m.) | Longitud Total (m.) | Tension (v.) | Caída de Tensión Parc.(%) | Caída de Tensión Tot.(%) | Intensidad conductor (A.) | Intensidad admisible (A.) |
|-------------------------------------|--|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>CCMB BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN</b> |  |                        |                            |                      |                    |                              |                        |                     |              |                           |                          |                           |                           |
| B1                                  | Ventilador extractor en edificio y sala de soplantes | 0,25                   | 4,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 29,00                  | 116,00              | 400,00       | 0,04                      | 0,53                     | 0,43                      | 26,50                     |
| B2                                  | Acelerador de corriente (Reactores biológicos)       | 4,00                   | 6,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 61,00                  | 366,00              | 400,00       | 0,87                      | 1,30                     | 6,80                      | 27,20                     |
| B3                                  | Soplantes reactores biológicos (VF)                  | 90,00                  | 6,00                       | 70,00                | 1,00               | 70,00                        | 41,00                  | 246,00              | 400,00       | 0,75                      | 1,23                     | 153,01                    | 224,00                    |
| B4                                  | Electroválvula regulación aire a biológico           | 0,20                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                         | 45,00                  | 90,00               | 400,00       | 0,05                      | 0,54                     | 0,34                      | 26,50                     |
| B5                                  | Polipasto sala soplantes                             | 2,38                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                         | 39,00                  | 39,00               | 400,00       | 0,33                      | 0,81                     | 4,05                      | 27,20                     |
| B6                                  | Bombeo de flotantes                                  | 1,30                   | 4,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 143,00                 | 572,00              | 400,00       | 0,44                      | 0,92                     | 2,21                      | 35,20                     |
| B7                                  | Bombeo de fangos en recirculación (VF)               | 15,00                  | 4,00                       | 10,00                | 1,00               | 10,00                        | 128,00                 | 512,00              | 400,00       | 2,73                      | 3,21                     | 25,50                     | 48,00                     |
| B8                                  | Bombeo de fangos en exceso                           | 2,20                   | 4,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 128,00                 | 512,00              | 400,00       | 0,67                      | 1,15                     | 3,74                      | 35,20                     |
| B9                                  | Decantador secundario                                | 0,75                   | 2,00                       | 6,00                 | 1,00               | 6,00                         | 150,00                 | 300,00              | 400,00       | 0,27                      | 0,75                     | 1,28                      | 35,20                     |

## 1.8 CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Se realizará una doble compensación:

- o Compensación fija de reactiva: Compensará la reactiva que los transformadores absorben continuamente para crear su campo magnético. Se equiparán dos botes -uno para cada máquina- de 30kVAR.
- o Compensación variable de reactiva: Compensará la reactiva que requieren las cargas. Se estima a partir del sumatorio de potencia activa de todos los elementos de la instalación que requieren compensación, transformándola a potencia reactiva mediante el factor de potencia inicial estimado y el final pretendido. Dentro de los balances se han despreciado las cargas que arrancan y funcionan a través de variador de frecuencia, pues éstos consiguen un funcionamiento con factor de potencia muy próximo a la unidad evitando la necesidad de compensar. A estos balances se añade íntegramente la potencia simultánea de alumbrados y servicios de la instalación.

| Nº DEL CIRCUITO                     | DESIGNACIÓN  | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | P. ACTIVA A COMPENSAR |
|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                                     |  | Ud                 | Ud                    | Kw                |                       |
| <b>63,00</b>                        |  |                    |                       |                   | 83,03                 |
| <b>CCMA PRETRATAMIENTO Y FANGOS</b> |  |                    |                       |                   |                       |
| A 1                                 | Polipasto para edificio de pretratamiento            | 1                  | 1                     | 1,68              | 1,68                  |
| A 2                                 | Tamiz autolimpiante de sólidos finos                 | 2                  | 2                     | 0,75              | 1,5                   |
| A 3                                 | Tornillo transportador-compactador                   | 1                  | 1                     | 1,47              | 1,47                  |
| A 4                                 | Soplantes para preaireación (VF)                     | 3                  | 2                     | 11,00             | 0                     |
| A 5                                 | Polipasto sala soplantes                             | 1                  | 1                     | 1,68              | 1,68                  |
| A 6                                 | Bomba vertical de arenas                             | 2                  | 2                     | 2,20              | 4,4                   |
| A 7                                 | Puente viajante para extracción y separación de flot | 2                  | 2                     | 0,25              | 0,5                   |
| A 8                                 | Extracción de grasas. Electroválvula                 | 2                  | 2                     | 0,05              | 0,1                   |
| A 9                                 | Clasificador lavador de arenas                       | 1                  | 1                     | 0,75              | 0,75                  |
| A 10                                | Mecanismo concentrador de grasas                     | 1                  | 1                     | 0,55              | 0,55                  |
| A 11                                | Compuerta de by-pass T. secundario                   | 2                  | 2                     | 1,5               | 3                     |
| A 12                                | Bombeo de reboses y sobrenadantes                    | 2                  | 1                     | 6                 | 6                     |
| A 13                                | Bombeo de vaciados                                   | 2                  | 2                     | 6                 | 12                    |
| A 14                                | Mecanismo espesador de fangos                        | 2                  | 2                     | 0,55              | 1,1                   |
| A 15                                | Bombeo de fangos a deshidratar (VF)                  | 3                  | 2                     | 2,20              | 0                     |
| A 16                                | Equipo compacto de polielectrolito catiónico         | 1                  | 1                     | 0,99              | 0,99                  |
| A 17                                | Bombeo de polielectrolito a centrífuga (VF)          | 3                  | 2                     | 0,37              | 0                     |
| A 18                                | Electroválvula dilucion polielectrolito              | 1                  | 1                     | 0,05              | 0,05                  |
| A 19                                | Centrífuga de secado de fangos deshidratados (VF)    | 2                  | 2                     | 30,00             | 0                     |
| A 20                                | Electroválvula lavado centrífuga                     | 2                  | 2                     | 0,05              | 0,1                   |
| A 21                                | Tornillo horizontal transportador                    | 1                  | 1                     | 2,20              | 2,2                   |
| A 22                                | Bomba de tornillo de fangos deshidratados (VF)       | 2                  | 1                     | 7,50              | 0                     |
| A 23                                | Polipasto para sala de fangos                        | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38                  |
| A 24                                | Grupo de agua a presión                              | 1                  | 1                     | 12,12             | 12,12                 |
| A 25                                | Ventiladores extractores edificio                    | 7                  | 7                     | 0,25              | 1,75                  |
| A 26                                | Compresor de aire                                    | 1                  | 1                     | 7,35              | 7,35                  |
| A 27                                | Ventilador centrifugo de la desodorización (VF)      | 1                  | 1                     | 37,00             | 0                     |
| A 28                                | Bombas centrífugas de la desodorización              | 2                  | 2                     | 7,50              | 15                    |
| A 29                                | Bombas dosificadoras de la desodorización            | 3                  | 3                     | 0,12              | 0,36                  |
| A 30                                | Tolva de almacenamiento de fangos                    | 1                  | 1                     | 3,00              | 3                     |
| A 31                                | Bombeo carga de Cl3Fe                                | 1                  | 1                     | 1,50              | 1,5                   |
| A 32                                | Bombeo de dosificación de Cl3Fe Biológico(VF)        | 3                  | 2                     | 0,18              | 0                     |
| A 33                                | Bombeo de dosificación de Hipoclorito sódico(VF)     | 2                  | 1                     | 0,37              | 0                     |
| A 34                                | Bombeo de carga de hipoclorito sódico                | 1                  | 1                     | 1,50              | 1,5                   |

| Nº DEL CIRCUITO                     | DESIGNACIÓN  | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | P. ACTIVA A COMPENSAR |
|-------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                                     |  | Ud                 | Ud                    | Kw                |                       |
| <b>CCMB BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN</b> |  |                    |                       |                   | <b>33</b>             |
| B1                                  | Ventilador extractor en edificio y sala de soplantes | 4                  | 4                     | 0,25              | 1                     |
| B2                                  | Acelerador de corriente (Reactores biológicos)       | 6                  | 6                     | 4,00              | 24                    |
| B3                                  | Soplantes reactores biológicos (VF)                  | 6                  | 5                     | 90,00             | 0                     |
| B4                                  | Electroválvula regulación aire a biológico           | 2                  | 2                     | 0,20              | 0,4                   |
| B5                                  | Polipasto sala soplantes                             | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38                  |
| B6                                  | Bombeo de flotantes                                  | 4                  | 2                     | 1,30              | 2,6                   |
| B7                                  | Bombeo de fangos en recirculación (VF)               | 4                  | 2                     | 15,00             | 0                     |
| B8                                  | Bombeo de fangos en exceso                           | 4                  | 2                     | 2,20              | 4,4                   |
| B9                                  | Decantador secundario                                | 2                  | 2                     | 0,75              | 1,5                   |

NOTA: A la potencia activa a compensar se sumará la de alumbrado y servicios.

Los datos de partida para el cálculo de la batería para compensación variable:

- o Tensión nominal:  $V = 400 \text{ V}$
- o Factor de potencia inicial:  $\cos \phi_1 = 0,85$
- o Potencia activa a compensar:  $P_n$  en KW ( $P_n \text{ CCM's} - P_n \text{ VARIADORES} + P_n \text{ Alumbr. y Serv.}$ )

o Factor de potencia final:  $\cos \varphi_2 = 0,98$

La potencia inicial de la instalación es:

$$Q1 = P \operatorname{tg} \varphi_1$$

La potencia reactiva final deberá ser:

$$Q2 = P \operatorname{tg} \varphi_2$$

El equipo de condensadores deberá suministrar una potencia capacitiva tal que:

$$Qc = Q1 - Q2 = P (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

Pero tenemos:

$$\cos \varphi_1 = 0,85 \quad \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,62$$

$$\cos \varphi_2 = 0,98 \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,2$$

y sustituyendo:

### **CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES VARIABLE (Red)**

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia                                   | 172,40          | Kw   |
| -Tensión nominal                            | 400,00          | V    |
| -Factor de potencia inicial                 | 0,85            |      |
| -Factor de potencia final                   | 1,00            | Cu   |
| -Potencia necesaria                         | 106,84          | KVAr |
| -Potencia seleccionada                      | <b>150,00</b>   | KVAr |
| -Escalones                                  | 2x25+2x50       |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 15,00           | m    |
| -Tension                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 3,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 150,00          | mm2  |
| -Seccion total                              | 450,00          | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 871,20          | A.   |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 324,06          | A.   |

### CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES FIJA (Red)-2 Uds

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia                                   | 30,00           | Kw   |
| -Tensión nominal                            | 400,00          | V    |
| -Factor de potencia inicial                 | 0,85            |      |
| -Factor de potencia final                   | 1,00            | Cu   |
| -Potencia necesaria                         | 18,59           | KVAr |
| -Potencia seleccionada                      | <b>30,00</b>    | KVAr |
| -Escalones                                  | 1X30            |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 15,00           | m    |
| -Tension                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 35,00           | mm2  |
| -Seccion total                              | 35,00           | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 115,20          | A.   |

## 1.9 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

La red de tierras de la Planta se ha proyectado basándose en los siguientes elementos:

- o 35 picas de acero cobrizado de 2 m de longitud.
- o 1.539 m de cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección.
- o Sensibilidad de los interruptores de protección diferencial.

Para el proyecto de la red de tierras se ha considerado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC-BT-18, de "Instalaciones de puestas a tierra" y, para los cálculos, el apartado 9, "Resistencia de las tomas de tierra" en el que se incluyen las siguientes tablas:

*Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno*

| <b>Naturaleza terreno</b>                | <b>Resistividad en Ohm.m</b> |
|--|------------------------------|
| Terrenos pantanosos                      | de algunas unidades a 30     |
| Limo                                     | 20 a 100                     |
| Humus                                    | 10 a 150                     |
| Turba húmeda                             | 5 a 100                      |
| Arcilla plástica                         | 50                           |
| Margas y Arcillas compactas              | 100 a 200                    |
| Margas del Jurásico                      | 30 a 40                      |
| Arena arcillosas                         | 50 a 500                     |
| Arena silíceas                           | 200 a 3.000                  |
| Suelo pedregoso cubierto de césped       | 300 a 5.000                  |
| Suelo pedregoso desnudo                  | 1500 a 3.000                 |
| Calizas blandas                          | 100 a 300                    |
| Calizas compactas                        | 1.000 a 5.000                |
| Calizas agrietadas                       | 500 a 1.000                  |
| Pizarras                                 | 50 a 300                     |
| Roca de mica y cuarzo                    | 800                          |
| Granitos y gres procedente de alteración | 1.500 a 10.000               |
| Granito y gres muy alterado              | 100 a 600                    |

*Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.*

| <b>Naturaleza del terreno</b>                                    | <b>Valor medio de la resistividad Ohm.m</b> |
|--|---|
| Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50  |
| Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes        | 500   |
| Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables              | 3.000                                       |

*Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo*

| Electrodo   | Resistencia de Tierra en Ohm |
|---|------------------------------|
| Placa enterrada   | $R = 0,8 \rho/P$             |
| Pica vertical   | $R = \rho/L$                 |
| Conductor enterrado horizontalmente   | $R = 2 \rho/L$               |
| $\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m)<br>$P$ , perímetro de la placa (m)<br>$L$ , longitud de la pica o del conductor (m) |                              |

Aplicando las tablas anteriores, tenemos:

- o Resistividad de las picas:

$$R1 = \tau/L1 = 500/35 \times 2 = 7,14 \text{ Ohmios}$$

- o Resistencia del cable:

$$R2 = 2 \tau/L2 = 2 \times 500/1.539 = 0,649 \text{ Ohmios}$$

- o La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo, es:

$$Req = R1 \times R2 / R1 + R2$$

Por tanto, tenemos:

$$Req = 7,14 \times 0,649 / (7,14 + 0,649) = 0,595 \text{ Ohmios}$$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

$$Ud = Is \times Req$$

donde:

$$Ud = \text{Tensión en voltios}$$

$$Is = \text{Intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de}$$

la protección diferencial, en amperios

$$Req = \text{Resistencia equivalente de la red de tierras, en Ohmios}$$

Aplicando:

$$U = 0,3 \text{ A} \times 0,595 = 0,178 \text{ Voltios}$$

Como se puede ver, esta tensión es perfectamente admisible y no constituye peligro alguno para las personas.

## 1.10 CÁLCULO DE ALUMBRADO

### 1.10.1 ALUMBRADO DE VIALES

#### 1.10.1.1 CÁLCULO DE LA INTERDISTANCIA

A partir de las dimensiones del vial, de la disposición y dimensiones de los báculos y del tipo de luminarias y lámparas proyectadas, se calcula en primer lugar la utilancia o factor de utilización del punto de luz.

El factor de utilización se obtiene de las curvas de coeficientes de utilización en función de los parámetros a y b que se definen por:

$$\alpha = B \frac{1}{H} \quad (\text{Lado calzada})$$

$$\beta = \frac{d}{H} \quad (\text{Lado acera})$$

Donde :

$$B1 = B - d$$

$$B = \text{Anchura de calzada en m}$$

$$d = \text{Saliente del báculo sobre la calzada en m}$$

En las curvas citadas se obtienen  $K_1$  y  $K_2$ , en función de a y b respectivamente, siendo la utilancia:

$$U = K_1 + K_2$$

La interdistancia se obtiene de la fórmula:

$$E = \frac{F \times Fk \times U}{L \times B}$$

donde:

$$E = \text{Nivel de iluminación medio en lux}$$

$$F = \text{Flujo luminoso útil de la lámpara en volúmenes}$$

$$Fk = \text{Factor de depreciación}$$

$$U = \text{Factor de utilización}$$

$$B = \text{Anchura de la calzada en metros}$$

$$L = \text{Interdistancia entre luminarias, en metros}$$

Y despejando obtenemos la expresión de la interdistancia:

$$L = \frac{F \times Fk \times U}{E \times B}$$

### 1.10.2 ALUMBRADO INTERIOR

Los cálculos necesarios para el diseño de la iluminación interior se han realizado de acuerdo al siguiente procedimiento:

A partir de las dimensiones del local y de la forma de montaje de las luminarias, se obtiene en primer lugar el índice del local por la fórmula:

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

donde:

K = Índice del local

A = Longitud

B = Anchura

H = Altura útil de la luminaria (distancia de la luminaria al plano de trabajo)

En función del índice del local, factores de reflexión en techo, paredes y suelo, tipo de luminaria y factor de depreciación, se obtiene el rendimiento lumínico en el local, extraído de las curvas o tablas del fabricante de la luminaria.

A continuación se calcula el flujo luminoso necesario por la fórmula:

$$\phi = \frac{E_m \times S}{V \times \mu}$$

donde:

$\phi$  = Flujo luminoso necesario en lúmenes

$E_m$  = Nivel de iluminación proyectado en lux

S = Superficie del local en metros cuadrados

V = Factor de depreciación de la luminaria

$\mu$  = Rendimiento lumínico

Después se obtiene el número de lámparas necesarias, dividiendo el flujo necesario ( $\phi$ ) por el flujo de la luminaria ( $\phi_1$ ).

Por último se calcula el nivel de iluminación resultante en lux ( $emr$ ), de acuerdo con el número de luminarias realmente proyectadas por necesidades estructurales o arquitectónicas.

### 1.11 DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO

A continuación se presenta una tabla con los equipos elegidos para el diseño del grupo electrógeno, que recibirán alimentación del mismo en caso de corte en el suministro eléctrico de red, siendo controlados sus arranques mediante una secuencia escalonada implementada en el sistema de control.

Concluye el listado un sumatorio que agrupa la potencia que debe cubrir el motogenerador elegido, de 400/440kVA.

| circuito  | designacion   | equipos instalados | equipos en fto | potencia unitaria | potencia instalada | potencia simultanea |
|---|---|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| <b>CCM A PRETRATAMIENTO Y FANGOS</b>            |   |                    |                |                   | <b>69,3</b>        | <b>52,3</b>         |
| A2  | Tamiz autolimpiante de sólidos finos                      | 2                  | 2              | 0,75              | 1,5                | 1,5                 |
| A3  | Tornillo transportador-compactador                        | 1                  | 1              | 1,47              | 1,47               | 1,47                |
| A4  | Soplantes para preaireación (VF)                          | 3                  | 2              | 11                | 33                 | 22                  |
| A6  | Bomba vertical de arenas                                  | 2                  | 2              | 2,2               | 4,4                | 4,4                 |
| A7  | Puente viajante para extracción y separación de flotantes | 2                  | 2              | 0,25              | 0,5                | 0,5                 |
| A8  | Extracción de grasas. Electroválvula                      | 2                  | 2              | 0,05              | 0,1                | 0,1                 |
| A9  | Clasificador lavador de arenas                            | 1                  | 1              | 0,75              | 0,75               | 0,75                |
| A10   | Mecanismo concentrador de grasas                          | 1                  | 1              | 0,55              | 0,55               | 0,55                |
| A11   | Compuerta de by-pass T. secundario                        | 2                  | 2              | 1,5               | 3                  | 3                   |
| A12   | Bombeo de reboses y sobrenadantes                         | 2                  | 1              | 6                 | 12                 | 6                   |
| A13   | Bombeo de vaciados  | 2                  | 2              | 6                 | 12                 | 12                  |
| <b>CCM B BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN</b>            |   |                    |                |                   | <b>564,4</b>       | <b>204,4</b>        |
| B2  | Aceleradores de corriente                                 | 6                  | 6              | 4                 | 24                 | 24                  |
| B3  | Soplantes reactores biológicos (VF)                       | 6                  | 2              | 90                | 540                | 180                 |
| B4  | Electroválvula regulación aire a biológico                | 2                  | 2              | 0,2               | 0,4                | 0,4                 |
| <b>CUADRO GENERAL ALUMBRADO Y SERVICIOS</b>     |   |                    |                |                   | <b>72,0</b>        | <b>58,1</b>         |
| <b>Alumbrado exterior</b>                       |   |                    |                |                   | <b>13,0</b>        | <b>13,0</b>         |
| Alumbrado exterior -44 Uds Farolas 150 W VSAP   |   | 44                 |                | 0,15              | 6,6                | 6,6                 |
| Alumbrado exterior-2 Uds Torres 3x400W          |   | 2                  |                | 1,2               | 2,4                | 2,4                 |
| Alumbrado exterior- 13 Brazos VSAP 150W         |   | 13                 |                | 0,15              | 1,95               | 1,95                |
| Alumbrado exterior-8 Uds proyectores 250W       |   | 8                  |                | 0,25              | 2,0                | 2                   |
| <b>Salida a cuadro edificio pretratamiento</b>  |   |                    |                |                   | <b>21,1</b>        | <b>13,5</b>         |
| alumbrado interior 12 uds 2*58w                 |   | 12                 |                | 0,116             | 1,4                | 1,1                 |
| alumbrado interior 31 uds 250w                  |   | 31                 |                | 0,25              | 7,8                | 3,9                 |
| Taller  |   |                    |                | 5                 | 5,0                | 5,0                 |
| Tomas de fuerza                                 |   |                    |                | 3,5               | 7,0                | 3,5                 |
| <b>Salida a cuadro edificio soplantes</b>       |   |                    |                |                   | <b>11,4</b>        | <b>5,9</b>          |
| alumbrado interior 6 uds 2*58w                  |   | 6                  |                | 0,12              | 0,70               | 0,56                |
| alumbrado interior 15 uds 250w                  |   | 15                 |                | 0,25              | 3,75               | 1,88                |
| Tomas de fuerza                                 |   |                    |                | 3,5               | 7,0                | 3,5                 |
| <b>Salida a cuadro de control</b>               |   |                    |                |                   | <b>17,7</b>        | <b>17,0</b>         |
| alumbrado interior 10 uds 1*70w                 |   | 10                 |                | 0,07              | 0,70               | 0,56                |
| alumbrado interior 24 8uds 4*14w                |   | 28                 |                | 0,06              | 1,57               | 1,25                |
| alumbrado interior 2 uds 2*18w                  |   | 2                  |                | 0,04              | 0,07               | 0,04                |
| alumbrado interior 15 uds 1*26w                 |   | 15                 |                | 0,026             | 0,39               | 0,20                |
| Bombas de calor                                 |   |                    |                | 7,95              | 7,95               | 7,95                |
| Usos  |   |                    |                | 3,5               | 7                  | 7                   |
| <b>Salida a cuadro de edificio agua tratada</b> |   |                    |                |                   | <b>3,73</b>        | <b>3,69</b>         |
| alumbrado interior 2 uds 2*58w                  |   | 2                  |                | 0,12              | 0,23               | 0,19                |
| Tomas de fuerza                                 |   |                    |                | 3,5               | 3,50               | 3,50                |
| <b>VARIOS</b>                                   |   |                    |                |                   | <b>5,0</b>         | <b>5,0</b>          |
| Equipos Telecontrol                             |   | 1                  | 1              | 5                 | 5,00               | 5,00                |

|                  |              |              |
|------------------|--------------|--------------|
| <b>TOTAL Kw</b>  | <b>705,6</b> | <b>314,7</b> |
| <b>TOTAL KVA</b> | <b>882,0</b> | <b>393,4</b> |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| <b>TOTAL KVA G.E.</b> | <b>393,4</b> |
|-----------------------|--------------|

### 1.12 AUTOMATISMO

Tal y como se describe en el apartado correspondiente de la memoria, se van a instalar dos PLC's asociados a los CCMA Pretratamiento y Fangos y CCMB Biológico y Decantación.

La tabla que se muestra a continuación resume las entradas y salidas digitales y analógicas que se prevén necesarias en cada uno de estos PLC's, calculadas de forma general según el número y tipo de salidas de los CCM a los que se asocian y la instrumentación asociada:

|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
|------|-----|-----|-----|-----|
| CCM1 | 304 | 58  | 13  | 19  |
| CCM2 | 179 | 33  | 14  | 10  |

En base a esos cálculos y añadiendo un coeficiente de reserva, se diseña el dimensionamiento de los PLC asociados a cada CCM como sigue, teniendo en cuenta que el número de señales será múltiplo de la capacidad de E/S que poseen las tarjetas comercializadas elegidas:

|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
|------|-----|-----|-----|-----|
| PLC1 | 384 | 96  | 16  | 24  |
| PLC2 | 256 | 64  | 24  | 12  |

| NÚMERO DE TARJETAS |               |               |              |              |
|--------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|                    | <b>64 E/D</b> | <b>32 S/D</b> | <b>8 E/A</b> | <b>4 S/A</b> |
| PLC1               | 6             | 3             | 2            | 6            |
| PLC2               | 4             | 2             | 3            | 3            |

### 1.13 INSTRUMENTACIÓN.

A continuación se recoge en una tabla los instrumentos que se prevé instalar en la depuradora:

| Nº DE CIRCUITO                       | DESIGNACIÓN DE LA MEDIDA | SITUACIÓN                            | Nº DE UNIDADES | INDICADOR DIGITAL | TOTALIZADOR | OBSERVACIONES          | E/D       | E/A       |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------|-------------|------------------------|-----------|-----------|
| <b>PRETRATAMIENTO Y FANGOS</b>       |                          |                                      | <b>32</b>      |                   |             |                        | <b>35</b> | <b>9</b>  |
| I1                                   | Medida Ph y temperatura  | Llegada agua bruta                   | 1              | SI                | NO          | En pozo                | 1         | 1         |
| I2                                   | Medidor de conductividad | Llegada agua bruta                   | 1              | SI                | NO          | En pozo                | 1         | 1         |
| I3                                   | Indicador de nivel       | Canales tamizado                     | 3              | NO                | NO          | Boyas                  | 3         |           |
| I4                                   | Medida caudal en tubería | Arqueta medida de caudal a biológico | 1              | SI                | SI          | Electromag. Ø 500      | 2         | 1         |
| I5                                   | Medida Ph                | Torres desodorización                | 2              | SI                | NO          | Incluido en el equipo  | 2         | 2         |
| I6                                   | Medida Redox             | Torre desodorización                 | 1              | SI                | NO          | Incluido en el equipo  | 1         | 1         |
| I7                                   | Interruptores de nivel   | Torre desodorización                 | 6              | NO                | NO          | Incluidas en el equipo | 6         |           |
| I8                                   | Interruptores de nivel   | Depósito ácido sulfurico             | 2              | NO                | NO          | Incluidas en el equipo | 2         |           |
| I9                                   | Interruptores de nivel   | Depósito hipoclorito sódico          | 2              | NO                | NO          | Incluidas en el equipo | 2         |           |
| I10                                  | Interruptores de nivel   | Depósito hidróxido sodico            | 2              | NO                | NO          | Incluidas en el equipo | 2         |           |
| I11                                  | Interruptores de nivel   | Bombes reboses y sobrenadantes       | 2              | NO                | NO          | Boyas                  | 2         |           |
| I12                                  | Alarmas de nivel         | Bombes reboses y sobrenadantes       | 2              | NO                | NO          | Boyas                  | 2         |           |
| I13                                  | Interruptores de nivel   | Bombeo de vaciados                   | 2              | NO                | NO          | Boyas                  | 2         |           |
| I14                                  | Alarmas de nivel         | Bombeo de vaciados                   | 2              | NO                | NO          | Boyas                  | 2         |           |
| I15                                  | Medida caudal en tubería | Bombeo fangos a deshidratar          | 2              | SI                | SI          | Electromag. Ø 65       | 4         | 2         |
| I16                                  | Medida nivel             | Tolva fangos secos                   | 1              | SI                | NO          | Ultrasónico            | 1         | 1         |
| <b>BIOLÓGICO</b>                     |                          |                                      | <b>30</b>      |                   |             |                        | <b>30</b> | <b>14</b> |
| I17                                  | Medida Redox             | Reactor biológico                    | 2              | SI                | NO          | Balsas                 | 2         | 2         |
| I18                                  | Medida de presión        | Tuberías de aire                     | 4              | SI                | NO          | Presostatos            | 4         | 4         |
| I19                                  | Medida O2 disuelto       | Reactor biológico                    | 4              | SI                | NO          | En balsas              | 4         | 4         |
| I20                                  | Medida caudal en tubería | Recirculación                        | 2              | SI                | SI          | Electromag. Ø 400      | 4         | 2         |
| I21                                  | Medida caudal en tubería | Fangos en exceso                     | 2              | SI                | SI          | Electromag. Ø 150      | 4         | 2         |
| I22                                  | Alarmas de nivel         | Arquetas recirculación y exceso 1    | 4              | NO                | NO          | Boyas                  | 4         |           |
| I23                                  | Interruptores de nivel   | Arquetas recirculación y exceso 2    | 4              | NO                | NO          | Boyas                  | 4         |           |
| I24                                  | Alarmas de nivel         | Bombeo flotantes                     | 4              | NO                | NO          | Boyas                  | 4         |           |
| I25                                  | Interruptores de nivel   | Bombeo flotantes                     | 4              | NO                | NO          | Boyas                  | 4         |           |
| <b>DEPÓSITO AGUA TRATADA</b>         |                          |                                      | <b>4</b>       |                   |             |                        | <b>6</b>  | <b>4</b>  |
| I26                                  | Medida caudal en tubería | Agua decantada                       | 2              | SI                | SI          | Electromag. Ø 500      | 4         | 2         |
| I27                                  | Medida Ph y temperatura  | Deposito agua decantada              | 1              | SI                | NO          | En pozo                | 1         | 1         |
| I28                                  | Medidor de conductividad | Deposito agua decantada              | 1              | SI                | NO          | En pozo                | 1         | 1         |
| <b>EBAR VIAL PEÑÍSCOLA-BENICARLO</b> |                          |                                      | <b>3</b>       |                   |             |                        | <b>4</b>  | <b>3</b>  |
| I29                                  | Medida de nivel          | Cámaras de bombeo                    | 2              | SI                | NO          | Ultrasónico            | 2         | 2         |
| I30                                  | Medida caudal en tubería | Bombeo agua a EDAR                   | 1              | SI                | SI          | Electromag. Ø 800      | 2         | 1         |

## 2 ESTACIÓN DE BOMBEO VIAL PEÑÍSCOLA-BENICARLÓ

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La estación de bombeo se alimentará en Media Tensión al nivel de 20kV. Según la carta de condiciones emitida por IBERDROLA con el número de expediente 9025965082 de fecha 19/04/2011. Según este documento se deberá realizar una línea subterránea de Media Tensión de doble circuito derivando directamente de un apoyo suyo. Estas líneas subterráneas se diseñarán en detalle cuando sea confirmado el punto de entrega de energía con la Compañía ya que la carta de condiciones ha caducado y habrá que solicitar otra nueva.

En el límite de la propiedad se colocará un centro de transformación de superficie prefabricado de tipo compartido en que se diferencian claramente dos zonas separadas por una malla metálica: Parte de Compañía y Parte de Abonado.

En la parte de abonado se colocará un transformador 20/0,42kV KNAN 630kVA.

En el interior del edificio que alberga el bombeo se colocará en una sala destinada exclusivamente a este fin el cuadro general de Baja Tensión. Este cuadro también se alimentará de un grupo electrógeno 500/520kVA con capacidad para alimentar todas las cargas del bombeo que precisen funcionamiento simultáneo para que este bombeo funcione.

**2.2 POTENCIAS**

| Nº DEL CIRCUITO              | DESIGNACIÓN                           | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA | TIPO DE SALIDAS |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|                              |                                       | Ud                 | Ud                    | Kw                | Kw                 | Kw                  |                 |
|                              |                                       | <b>8,00</b>        |                       |                   | <b>537,63</b>      | <b>405,63</b>       |                 |
| <b>CCM VIAL DE BENICARLO</b> |                                       |                    |                       |                   |                    |                     |                 |
| D1                           | Bombas                                | 4                  | 3                     | 132,00            | 528,00             | 396,00              | 2B+2C           |
| D2                           | Polipasto (sustituye al puente grua)  | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38               | 2,38                | A               |
| D3                           | Grupo de desodorización               | 1                  | 1                     | 3,00              | 3,00               | 3,00                | A               |
| D4                           | Ventiladores extractores del edificio | 1                  | 1                     | 0,25              | 0,25               | 0,25                | A               |
| D5                           | Ventilador sala grupo electrógeno     | 1                  | 1                     | 4,00              | 4,00               | 4,00                | A               |

| DESIGNACIÓN                                | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA |
|--|-------------------|--------------------|---------------------|
|  | Ud                | Kw                 | Kw                  |
| <b>EBAR VIAL BENICARLO</b>                 |                   |                    |                     |
|  |                   | <b>11,58</b>       | <b>7,53</b>         |
| Alumbrado interior- 24 Uds 2x58W           | 0,12              | 2,78               | 2,23                |
| Alumbrado exterior-9 Uds farola 150W       | 0,15              | 1,35               | 1,35                |
| Alumbrado exterior- 3 Uds brazo mural 150W | 0,15              | 0,45               | 0,45                |
| Usos                                       | 3,5               | 7,00               | 3,50                |

**TOTALES**

|   |               |     |
|---|---------------|-----|
| Nº DE RECEPTORES EN LA EBAR BENICARLO           | <b>8</b>      | Ud. |
| POTENCIA INSTALADA                              | <b>549,21</b> | Kw  |
| POTENCIA SIMULTANEA (considerando redundancias) | <b>413,16</b> | Kw  |

Aplicando a este último valor un coeficiente de simultaneidad de 0,8, un factor de potencia de 0,8 para estar preparados ante un eventual fallo de las baterías de condensadores que se instalaran se obtiene:

|  |            |
|--|------------|
| <b>POTENCIA TOTAL INSTALADA (Kw)</b>                 | 549,21     |
| <b>CCM´s + CUADRO SERVICIOS simultanea</b>           | 413,16     |
| Coeficiente simultaneidad (factor de funcionamiento) | 0,80       |
| Potencia en simultáneo                               | 330,53     |
| <br>   |            |
| TOTAL POTENCIA (Kw)                                  | 330,53     |
| Coseno de Fi   | 0,85       |
| Nº de trafos   | 1,00       |
| Potencia necesaria por trafa (KVA)                   | 388,85     |
| Potencia adoptada por trafa (KVA)                    | <b>630</b> |
| Potencia adoptada total de transformación (KVA)      | <b>630</b> |

## 2.3 ACOMETIDA

Se procederá a la realización de una línea subterránea de 20 kV. Esta nueva línea deberá realizarse siguiendo los criterios y normas de la compañía suministradora.

La ingeniería de detalle relacionada con esta línea se realizará una vez que se confirme el punto de entrega de la misma y se concreten los requisitos por parte de la Compañía Distribuidora. El diseño de dicha línea se hará según las exigencias de Compañía y el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09 (RD 223/2008).

A efectos de cortocircuito se supone que el valor del mismo en el punto de entrega es de 16kA.

## 2.4 CÁLCULOS

### 2.4.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

$I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | Ip (A) |
|----------------------------------|--------|
| 630                              | 18,19  |

## 2.4.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria Is viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

Wfe= Pérdidas en el hierro.

Wcu= Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

Is = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | Is (A) |
|----------------------------------|--------|
| 630                              | 898,07 |

## 2.4.3 CORTOCIRCUITOS

### 2.4.3.1 OBSERVACIONES

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor que debe ser especificado por la Compañía suministradora y que se supone de 350MVA.

### 2.4.3.2 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado primario, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \times V_p} \quad (3.3.2.a)$$

donde:

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA

$V_p$  = tensión de servicio en kV

$I_{ccp}$  = corriente de cortocircuito en kA

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} \quad (3.3.2.b)$$

donde:

$P$  = potencia del transformador en kVA

$E_{cc}$  = tensión de cortocircuito del transformador

$V_s$  = tensión secundaria en V

$I_{ccs}$  = corriente de cortocircuito en KA

#### 2.4.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

Utilizando la expresión 3.3.2.a, en la que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA, la intensidad de cortocircuito será:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \times V_p} = 10,01 \text{ kA}$$

#### 2.4.5 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

En este punto se analizarán las diferentes intensidades de cortocircuito que generarán cada uno de los centros de transformación ubicados en la planta.

o Para el C.T. la potencia es de 630 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 400 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 400 V será, según la fórmula 3.3.2.b:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} = 22,73 \text{ Ka}$$

El paso de la alimentación de red a alimentación de grupo es con paso por cero por lo que al no funcionar en paralelo con la red no hay que tenerlo en cuenta para dimensionar la capacidad al cortocircuito del embarrado.

La repercusión en el lado de M.T. del cortocircuito en B.T. será despreciable en cualquiera de los casos, para demostrarlo realizaremos el cálculo para el caso más desfavorable C.T.2:

$$I_{cc_r} = \frac{V_{BT}}{V_{MT} \times 10^3} \times I_{cc_{BT}} = \frac{400}{20 \times 10^3} \times 22,73 \leq 45,46 \text{ KA}$$

Por lo que un cortocircuito en el lado de B.T. no afectará a la instalación de M.T.

## **2.4.6 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO**

Las celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

### **2.4.6.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE**

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101901 realizado por los laboratorios ORMAZABAL (Laboratorio de Alta Tensión de I+D) en Bizkaia (España).

### **2.4.6.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA**

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

### **2.4.6.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA**

La comprobación por sollicitación térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

## **2.4.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN**

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión, la protección se incorpora en el cuadro de distribución.

### Transformador

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger y del nivel de tensión de la red a la que esté conectado.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

Atendiendo a las propuestas de los fabricantes de transformadores y para el nivel de tensión de 20kV se selecciona un fusible de 40 A.

#### 2.4.7.1 AJUSTE DEL DISPOSITIVO TÉRMICO O DE LOS RELÉS.

El dispositivo térmico se ajustará como máximo conforme a los siguientes valores de temperatura, tomando como temperatura máxima ambiente de 40 °C.

o Transformadores en baño de aceite o éster vegetal:

- Alarma 90°C.
- Disparo 100°C.

Los relés de sobreintensidad, si los hubiere, se ajustarán conforme a los siguientes valores y tiempos de actuación, procurando mantener la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

o Relé de sobreintensidad de fase (50-51):

Intensidad de arranque un 40 % por encima de la intensidad primaria.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo por encima del valor de la corriente de inserción de los transformadores y del valor de la intensidad debida a un cortocircuito en el lado de baja tensión, y por debajo de la corriente de cortocircuito primaria. Por lo general se ajustará a 22 veces la intensidad nominal para potencias hasta 1000 kVA, y a 18 veces para potencias superiores.

o Relé de sobreintensidad de tierra (50N-51N):

Intensidad de arranque al 40 % de la intensidad de arranque de fase para potencias hasta 1000 kVA y al 20 % para potencias superiores.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo ajustado a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

#### 2.4.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \times K \times [h \times DT]} \quad (3.6.a)$$

donde:

- W<sub>cu</sub> = Pérdidas en el cobre del transformador
- W<sub>fe</sub> = Pérdidas en el hierro del transformador
- K = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada
- h = Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida
- DT = Aumento de temperatura del aire
- S<sub>r</sub> = Superficie mínima de las rejillas de entrada

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados seleccionados están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 61330, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero.

#### 2.4.9 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

| Potencia del transformador (kVA) | Volumen mínimo del foso (litros) |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 630                              | 397                              |

Dado que el foso de recogida de aceite será de 760 litros para el transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

## 2.5 PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Constarán de dos sistemas:

### Sistema de protección.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no están en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas tales como el apoyo, chasis y bastidores de los aparatos de maniobra y carcasa del transformador.

### Sistema de servicio.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador. Para ambos casos se opta por un sistema de picas de acero coloreadas, con un diámetro de 18 mm y 2 m de longitud, hincadas verticalmente, auxiliadas por un flagelo de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>, para el sistema de protección. En el sistema de servicio se utilizará cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> con aislamiento 0,6/1KV, para la bajada del transformador y la parte que va en la misma zanja que el sistema de protección.

Para los cálculos se utilizarán las siguientes expresiones:

$$R_f = \frac{2\sigma}{L_f}$$

$$R_p = \frac{\sigma}{N \times L_p}$$

Siendo:

|    |   |                                     |
|----|---|-------------------------------------|
| s  | = | Resistencia del terreno en W.m      |
| n  | = | nº de picas                         |
| LP | = | Longitud de cada pica = 2m          |
| Lf | = | Longitud del flagelo                |
| RP | = | Resistencia del sistema de picas    |
| Rf | = | Resistencia del sistema de flagelos |

### 2.5.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

Con el sistema elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2 m (Lp) y 48 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se obtiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{48} = 12,5\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{12,5}$$

Por lo que  $R = 6,8 \text{ W}$

### 2.5.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO

Con el sistema de elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2m (LP) y 40 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se tiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{40} = 15\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

Por lo que  $R = 7,5 \Omega$

## 2.6 CÁLCULO DE CABLES

Los cables se han calculado por intensidad de corriente y por caída de tensión.

### 2.6.1 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La intensidad se ha obtenido de las fórmulas:

$$I_n = \frac{K \times P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \alpha} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$I_n = \frac{P}{U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

donde:

|              |   |                                     |
|--------------|---|-------------------------------------|
| I            | = | Intensidad de corriente en amperios |
| K            | = | Coefficiente de carga               |
| K            | = | 1,8 para lámparas de descarga       |
| K            | = | 1,0 para las demás cargas           |
| P            | = | Potencia activa en vatios           |
| U            | = | Tensión de servicio, en voltios     |
| U            | = | 400 V para líneas trifásicas        |
| U            | = | 230 V para líneas monofásicas       |
| cos $\alpha$ | = | 0,8                                 |

Los conductores proyectados son de los tipos siguientes:

Cables de transformadores a Cuadro General de Distribución: RV-0,6/1 KV

Cables de Cuadro General de Distribución a Cuadros de Fuerza: RV-06/1 KV

Cables para alimentaciones con variador: R0V-K 0,6/1 KV

Cables de Cuadros de Fuerza a motores y equipos: RV-0,6/1 KV

Cables para instrumentación: VC4V-K

Cables en zonas con ambientes explosivos: RVFV-06/1 KV

## **2.6.2 REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

Para los cables instalados en instalación enterrada se ha aplicado lo dispuesto por el reglamento de baja tensión en su ITC-BT-07.

### **2.6.2.1 DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

### **2.6.2.2 EN CANALIZACIONES ENTUBADAS**

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las

arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

**2.6.2.3 GALERÍAS O ZANJAS REGISTRABLES**

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación.

No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- o estanqueidad de los cierres
- o buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor

**2.6.2.4 EN BANDEJAS, SOPORTES, PALOMILLAS O DIRECTAMENTE SUJETOS A LA PARED**

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discorra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

**2.6.2.5 CIRCUITOS CON CABLES EN PARALELO**

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- o emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- o los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

**2.6.3 INSTALACIONES RECEPTORAS**

También se ha tenido en cuenta la instrucción ITC-BT-19: "Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales".

Asimismo, se ha cumplido la Tabla referente a las secciones mínimas de los conductores de fase respectivos.

| TABLA V. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN                                 |   |
|--|---|
| Sección del conductor de fase de la instalación (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima del conductor de protección (mm <sup>2</sup> ) |
| S < 16   | S   |
| 16 < S < 35  | 16  |
| S > 35   | S/2   |

Como secciones mínimas de conductores se han adoptado las siguientes:

Cables de alimentación a Motores: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a Cuadros locales de alumbrado: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a puntos de alumbrado: 1,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación del alumbrado exterior: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de mando y control: 1,5 mm<sup>2</sup>

## 2.6.4 CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se ha calculado por las fórmulas:

$$\Delta U = \frac{K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

Donde:

- DU = Caída de tensión del tramo en voltios
- K = Coeficiente por tipo de carga
- K = 1,8 para lámparas de descarga
- K = 1 para las demás cargas
- P = Potencia activa transportada, en vatios
- L = Longitud de la línea en metros
- C = Conductibilidad del cobre
- S = Sección del conductor de fase en mm<sup>2</sup>
- U = Tensión entre fases en voltios
- U = 400 V para líneas trifásicas
- U = 230 V para líneas monofásicas

Cálculo de la conductividad del cobre:

$$C = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

C = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$C_u = 0.018$$

$$A_I = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.00392$$

$$A_I = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Según el apartado 2.2.2. de la Instrucción ITC-BT-19, la caída de tensión en una instalación que cuenta con transformador propio se calcula desde las bornas de BT del mismo pudiendo llegar a ser del 6,5% para la fuerza y del 4,5% para alumbrado y usos.

A continuación se incluyen las tablas de caídas de tensión de cada componente de la instalación:

**DE C.T. A C.G.D.**

|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
| -Tipo de conductor                                    | RV-K Cu 0,6/1 kV | KV  |
| -Potencia   | 413,16           | KW  |
| -Longitud   | 25,00            | m   |
| -Tension  | 400,00           | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                                | 4,00             | Cu  |
| -Seccion unitaria                                     | 150,00           | mm2 |
| -Seccion total  | 600,00           | mm2 |
| -Caída de tension                                     | 0,36             | %   |
| -Intensidad maxima con factor de corrección (galeria) | 1232,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor                | 597,05           | A.  |

### DE C.G.D. A CUADRO DE SERVICIOS

|   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                                   | 11,58           | KW  |
| -Longitud                                   | 18,00           | m   |
| -Tension                                    | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                           | 25,00           | mm2 |
| -Seccion total                              | 25,00           | mm2 |
| -Caída de tension                           | 0,09            | %   |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 110,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 20,92           | A.  |

### DE GRUPO ELECTRÓGENO A C.G.D.

|  |                 |     |
|--|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                     | RV-K Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                              | 413,16          | KW  |
| -Longitud                              | 10,00           | m   |
| -Tension                               | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                 | 4,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                      | 120,00          | mm2 |
| -Seccion total                         | 480,00          | mm2 |
| -Caída de tension                      | 0,12            | %   |
| -Intensidad maxima                     | 1256,00         | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor | 702,41          | A.  |

|    | RECEPTORES                            | Potencia unitaria (kW) | Nº de elementos instalados | Sección cable (mm.2) | Nº cables por fase | Seccion por fase (mm2) | Longitud Unitaria (m.) | Longitud Total (m.) | Tension (v.) | Caída de Tensión Parc.(%) | Caída de Tensión Tot.(%) | Intensidad conductor (A.) | Intensidad admisible (A.) |
|----|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|    | <b>CCM VIAL DE BENICARLO</b>          |                        |                            |                      |                    |                        |                        |                     |              |                           |                          |                           |                           |
| D1 | Bombas                                | 132,00                 | 4,00                       | 120,00               | 2,00               | 120,00                 | 30,00                  | 240,00              | 400,00       | 1,88                      | 2,23                     | 112,21                    | 314,00                    |
| D2 | Polipasto (sustituye al puente grua)  | 2,38                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 25,00                  | 25,00               | 400,00       | 1,35                      | 1,71                     | 4,05                      | 26,50                     |
| D3 | Grupo de desodorización               | 3,00                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                   | 37,00                  | 37,00               | 400,00       | 1,58                      | 1,94                     | 5,10                      | 36,00                     |
| D4 | Ventiladores extractores del edificio | 0,25                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 38,00                  | 38,00               | 400,00       | 0,22                      | 0,57                     | 0,43                      | 26,50                     |
| D5 | Ventilador sala grupo electrógeno     | 4,00                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 30,00                  | 30,00               | 400,00       | 2,73                      | 3,09                     | 6,80                      | 26,50                     |

## 2.7 CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Se realizará una única compensación:

- o Compensación fija de reactiva: Compensará la reactiva que el transformador absorbe continuamente para crear su campo magnético. Se equipará un único bote de 30kVAR.
- o Compensación automática de reactiva: Compensará la reactiva variable de las cargas, se excluyen las alimentadas mediante variador de frecuencia y se incluye la potencia destinada alumbrados y servicios. Se equipará una batería con filtros de 150kVAR. Su dimensionamiento se justifica a continuación:

| Nº DEL CIRCUITO              | DESIGNACIÓN                           | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | P. ACTIVA A COMPENSAR |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                              |                                       | Ud                 | Ud                    | Kw                |                       |
| <b>8,00</b>                  |                                       |                    |                       |                   | 141,63                |
| <b>CCM VIAL DE BENICARLO</b> |                                       |                    |                       |                   |                       |
| D1                           | Bombas                                | 4                  | 3                     | 132,00            | 132                   |
| D2                           | Polipasto (sustituye al puente grua)  | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38                  |
| D3                           | Grupo de desodorización               | 1                  | 1                     | 3,00              | 3                     |
| D4                           | Ventiladores extractores del edificio | 1                  | 1                     | 0,25              | 0,25                  |
| D5                           | Ventilador sala grupo electrógeno     | 1                  | 1                     | 4,00              | 4                     |

NOTA: las Bombas D1 funcionan 2 con variador y 2 con arrancador. Se compensará la reactiva solo de una unidad con arrancador, pues la otra se considera reserva. A la potencia activa a compensar se sumará la de alumbrado y servicios.

**CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES VARIABLE (Red)**

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia                                   | 149,16          | Kw   |
| -Tensión nominal                            | 400,00          | V    |
| -Factor de potencia inicial                 | 0,85            |      |
| -Factor de potencia final                   | 1,00            | Cu   |
| -Potencia necesaria                         | 92,44           | KVAr |
| -Potencia seleccionada                      | <b>150,00</b>   | KVAr |
| -Escalones                                  | 2x25+2x50       |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 10,00           | m    |
| -Tension                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 3,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 120,00          | mm2  |
| -Seccion total                              | 360,00          | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 753,60          | A.   |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 324,06          | A.   |

**CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES FIJA (Red)-1 Ud**

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia seleccionada                      | <b>30,00</b>    | KVAr |
| -Escalones                                  | 1X30            |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 15,00           | m    |
| -Tension                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 35,00           | mm2  |
| -Seccion total                              | 35,00           | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 115,20          | A.   |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 64,81           | A.   |

## 2.8 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

La red de tierras de la Planta se ha proyectado basándose en los siguientes elementos:

- o 4 picas de acero cobrizado de 2 m de longitud.
- o 34 m de cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección.
- o Sensibilidad de los interruptores de protección diferencial.

Para el proyecto de la red de tierras se ha considerado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC-BT-18, de "Instalaciones de puestas a tierra" y, para los cálculos, el apartado 9, "Resistencia de las tomas de tierra" en el que se incluyen las siguientes tablas:

*Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno*

| Naturaleza terreno                       | Resistividad en Ohm.m    |
|--|--------------------------|
| Terrenos pantanosos                      | de algunas unidades a 30 |
| Limo                                     | 20 a 100                 |
| Humus                                    | 10 a 150                 |
| Turba húmeda                             | 5 a 100                  |
| Arcilla plástica                         | 50                       |
| Margas y Arcillas compactas              | 100 a 200                |
| Margas del Jurásico                      | 30 a 40                  |
| Arena arcillosas                         | 50 a 500                 |
| Arena silíceas                           | 200 a 3.000              |
| Suelo pedregoso cubierto de césped       | 300 a 5.00               |
| Suelo pedregoso desnudo                  | 1500 a 3.000             |
| Calizas blandas                          | 100 a 300                |
| Calizas compactas                        | 1.000 a 5.000            |
| Calizas agrietadas                       | 500 a 1.000              |
| Pizarras                                 | 50 a 300                 |
| Roca de mica y cuarzo                    | 800                      |
| Granitos y gres procedente de alteración | 1.500 a 10.000           |
| Granito y gres muy alterado              | 100 a 600                |

*Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.*

| Naturaleza del terreno   | Valor medio de la resistividad Ohm.m |
|--|--------------------------------------|
| Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50                                   |
| Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes        | 500                                  |
| Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables              | 3.000                                |

*Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo*

| Electrodo   | Resistencia de Tierra en Ohm |
|---|------------------------------|
| Placa enterrada   | $R = 0,8 \rho/P$             |
| Pica vertical   | $R = \rho/L$                 |
| Conductor enterrado horizontalmente   | $R = 2 \rho/L$               |
| $\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m)<br>$P$ , perímetro de la placa (m)<br>$L$ , longitud de la pica o del conductor (m) |                              |

Aplicando las tablas anteriores, tenemos:

- o Resistividad de las picas:

$$R1 = \tau/L1 = 500/4 \times 2 = 62,50 \text{ Ohmios}$$

- o Resistencia del cable:

$$R2 = 2 \tau/L2 = 2 \times 500/34 = 29,4 \text{ Ohmios}$$

- o La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo, es:

$$Req = R1 \times R2 / R1 + R2$$

Por tanto, tenemos:

$$Req = 62,50 \times 29,4 / (62,50 + 29,4) = 19,99 \text{ Ohmios}$$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

$$Ud = Is \times Req$$

donde:

$$Ud = \text{Tensión en voltios}$$

$$Is = \text{Intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de}$$

la protección diferencial, en amperios

$$Req = \text{Resistencia equivalente de la red de tierras, en Ohmios}$$

Aplicando:

$$U = 0,3 \text{ A} \times 19,99 = 5,9 \text{ Voltios}$$

Como se puede ver, esta tensión es perfectamente admisible y no constituye peligro alguno para las personas.

## 2.9 CÁLCULO DE ALUMBRADO

### 2.9.1 ALUMBRADO DE VIALES

#### 2.9.1.1 CÁLCULO DE LA INTERDISTANCIA

A partir de las dimensiones del vial, de la disposición y dimensiones de los báculos y del tipo de luminarias y lámparas proyectadas, se calcula en primer lugar la utilancia o factor de utilización del punto de luz.

El factor de utilización se obtiene de las curvas de coeficientes de utilización en función de los parámetros a y b que se definen por:

$$\alpha = B \frac{1}{H} \quad (\text{Lado calzada})$$

$$\beta = \frac{d}{H} \quad (\text{Lado acera})$$

Donde :

$$B1 = B - d$$

$$B = \text{Anchura de calzada en m}$$

$$d = \text{Saliente del báculo sobre la calzada en m}$$

En las curvas citadas se obtienen K1 y K2, en función de a y b respectivamente, siendo la utilancia:

$$U = K1 + K2$$

La interdistancia se obtiene de la fórmula:

$$E = \frac{F \times Fk \times U}{L \times B}$$

donde:

$$E = \text{Nivel de iluminación medio en lux}$$

$$F = \text{Flujo luminoso útil de la lámpara en volúmenes}$$

$$Fk = \text{Factor de depreciación}$$

$$U = \text{Factor de utilización}$$

$$B = \text{Anchura de la calzada en metros}$$

$$L = \text{Interdistancia entre luminarias, en metros}$$

Y despejando obtenemos la expresión de la interdistancia:

$$L = \frac{F \times Fk \times U}{E \times B}$$

## 2.9.2 ALUMBRADO INTERIOR

Los cálculos necesarios para el diseño de la iluminación interior se han realizado de acuerdo al siguiente procedimiento:

A partir de las dimensiones del local y de la forma de montaje de las luminarias, se obtiene en primer lugar el índice del local por la fórmula:

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

donde:

K = Índice del local

A = Longitud

B = Anchura

H = Altura útil de la luminaria (distancia de la luminaria al plano de trabajo)

En función del índice del local, factores de reflexión en techo, paredes y suelo, tipo de luminaria y factor de depreciación, se obtiene el rendimiento lumínico en el local, extraído de las curvas o tablas del fabricante de la luminaria.

A continuación se calcula el flujo luminoso necesario por la fórmula:

$$\phi = \frac{E_m \times S}{V \times \mu}$$

donde:

$\phi$  = Flujo luminoso necesario en lúmenes

$E_m$  = Nivel de iluminación proyectado en lux

S = Superficie del local en metros cuadrados

V = Factor de depreciación de la luminaria

$\mu$  = Rendimiento lumínico

Después se obtiene el número de lámparas necesarias, dividiendo el flujo necesario ( $\phi$ ) por el flujo de la luminaria ( $\phi_1$ ).

Por último se calcula el nivel de iluminación resultante en lux ( $emr$ ), de acuerdo con el número de luminarias realmente proyectadas por necesidades estructurales o arquitectónicas.

## 2.10 DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO

A continuación se presenta una tabla con los equipos elegidos para el diseño del grupo electrógeno, que recibirán alimentación del mismo en caso de corte en el suministro eléctrico de red, siendo controlados sus arranques mediante una secuencia escalonada implementada en el sistema de control.

Concluye el listado un sumatorio que agrupa la potencia que debe cubrir el motogenerador elegido, de 500/520kVA.

| circuito                                     | designacion                       | equipos instalados | equipos en fto | potencia unitaria | potencia instalada | potencia simultanea |
|--|-----------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| <b>CCM VIAL-BENICARLÓ</b>                    |                                   |                    |                |                   | <b>540,0</b>       | <b>400,0</b>        |
| D1   | Bombas impulsión                  | 4                  | 3              | 132               | 528                | 396                 |
| D5   | Ventilador sala grupo electrógeno | 1                  | 1              | 4                 | 4                  | 4                   |
| <b>CUADRO ALUMBRADO Y SERVICIOS</b>          |                                   |                    |                |                   | <b>11,6</b>        | <b>7,5</b>          |
| Alumbrado interior - 24 uds 2*58 w           |                                   | 24                 |                | 0,12              | 2,784              | 2,23                |
| Alumbrado exterior - 9 Uds Farolas 150 W     |                                   | 9                  |                | 0,15              | 1,35               | 1,35                |
| Alumbrado exterior - 3 Uds Brazo mural 150 W |                                   | 3                  |                | 0,15              | 0,45               | 0,45                |
| Usos   |                                   |                    |                | 3,5               | 7,00               | 3,50                |
| <b>TOTAL Kw</b>                              |                                   |                    |                |                   | <b>551,5</b>       | <b>407,5</b>        |
| <b>TOTAL KVA</b>                             |                                   |                    |                |                   | <b>689,4</b>       | <b>509,4</b>        |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| <b>TOTAL KVA G.E.</b> | <b>509,4</b> |
|-----------------------|--------------|

## 2.11 AUTOMATISMO

Tal y como se describe en el apartado correspondiente de la memoria, se van a instalar un PLC asociado al bombeo. Este bombeo dispondrá de un sistema independiente para el envío de mensajes de alarma SMS vía GSM/GPRS.

La tabla que se muestra a continuación resume las entradas y salidas digitales y analógicas que se prevén necesarias para este PLC, calculadas de forma general según el número y tipo de salidas de los CCM y la instrumentación asociada:

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
| CCM4 | 42  | 18  | 9   | 6   |

En base a esos cálculos y añadiendo un coeficiente de reserva, se diseña el dimensionamiento del PLC asociado al CCM como sigue, teniendo en cuenta que el número de señales será múltiplo de la capacidad de E/S que poseen las tarjetas comercializadas elegidas:

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
| PLC4 | 64  | 32  | 16  | 8   |

| NÚMERO DE TARJETAS |               |               |              |              |
|--------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|                    | <b>64 E/D</b> | <b>32 S/D</b> | <b>8 E/A</b> | <b>4 S/A</b> |
| PLC4               | 1             | 1             | 2            | 2            |

## 2.11 INSTRUMENTACIÓN

El control del arranque y paro de las bombas se realizará mediante medidores de nivel tipo ultrasónico.

Se colocarán caudalímetros para contabilizar los caudales de bombeo hacia las EBAR's, y medidores de nivel ultrasónicos en los pozos de bombeo.

## 3 ESTACIÓN DE BOMBEO CONSTITUCIÓN

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En el momento de la redacción del presente proyecto no se tiene respuesta de carta de condiciones técnico económicas de suministro por parte de IBERDROLA, aunque ya se ha iniciado su tramitación, generándose el expediente número 9027927102, con fecha de apertura 16/11/2012. La estación de bombeo se integra en pleno núcleo urbano por lo que lo previsible es que se alimente mediante circuitos de entrada-salida de una línea subterránea de Media Tensión. El conductor a emplear debe ser HEPRZ1 Al 3x240mm<sup>2</sup>.

Dentro del edificio que alberga el bombeo que colinda con la vía pública se colocará un centro de transformación de tipo compartido en que se diferencian claramente dos zonas separadas por una malla metálica: Parte de Compañía y Parte de Abonado. El centro de transformación será de obra.

En la parte de abonado se colocará un transformador 20/0,42kV KNAN 400kVA.

En el interior del edificio también existirá una sala destinada exclusivamente a albergar el cuadro general de Baja Tensión, el PLC y en general los equipos eléctricos. El cuadro general de Baja Tensión también se alimentará de un grupo electrógeno 400/440kVA con capacidad para alimentar todas las cargas del bombeo que precisen funcionamiento simultáneo para que este funcione.

### 3.2 POTENCIAS

| Nº DEL CIRCUITO              | DESIGNACIÓN                           | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA | TIPO DE SALIDAS |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|                              |                                       | Ud                 | Ud                    | Kw                | Kw                 | Kw                  |                 |
| <b>CCM EBAR CONSTITUCION</b> |                                       | <b>13,00</b>       |                       |                   | <b>347,28</b>      | <b>302,28</b>       |                 |
| E1                           | Dilacerador                           | 2                  | 2                     | 3,70              | 7,40               | 7,40                | A               |
| E2                           | Bombas                                | 4                  | 3                     | 45,00             | 180,00             | 135,00              | 2B+2C           |
| E3                           | Bombas de seguridad                   | 2                  | 2                     | 75,00             | 150,00             | 150,00              | B+C             |
| E4                           | Grupo de desodorización               | 1                  | 1                     | 3,00              | 3,00               | 3,00                | A               |
| E5                           | Ventiladores extractores del edificio | 2                  | 2                     | 0,25              | 0,50               | 0,50                | A               |
| E6                           | Ventilador sala grupo electrógeno     | 1                  | 1                     | 4,00              | 4,00               | 4,00                | A               |
| E7                           | Polipasto                             | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38               | 2,38                | A               |

| DESIGNACIÓN                                | POTENCIA UNITARIA | POTENCIA INSTALADA | POTENCIA SIMULTANEA |
|--|-------------------|--------------------|---------------------|
|  | Ud                | Kw                 | Kw                  |
| <b>EBAR CONSTITUCION</b>                   |                   |                    |                     |
|  |                   | <b>9,54</b>        | <b>5,62</b>         |
| Alumbrado interior- 18 Uds 2x58W           | 0,12              | 2,09               | 1,67                |
| Alumbrado exterior- 3 Uds brazo mural 150W | 0,15              | 0,45               | 0,45                |
| Usos                                       | 3,5               | 7,00               | 3,50                |

**TOTALES**

|   |               |     |
|---|---------------|-----|
| Nº DE RECEPTORES EN LA EBAR CONSTITUCION        | <b>13</b>     | Ud. |
| POTENCIA INSTALADA                              | <b>356,82</b> | Kw  |
| POTENCIA SIMULTANEA (considerando redundancias) | <b>307,90</b> | Kw  |

Aplicando a este último valor un coeficiente de simultaneidad de 0,8, un factor de potencia de 0,8 para estar preparados ante un eventual fallo de las baterías de condensadores que se instalaran se obtiene:

|  |            |
|--|------------|
| <b>POTENCIA TOTAL INSTALADA (Kw)</b>                 | 356,82     |
| <b>CCM´s + CUADRO SERVICIOS simultanea</b>           | 307,90     |
| Coeficiente simultaneidad (factor de funcionamiento) | 0,80       |
| Potencia en simultáneo                               | 246,32     |
| <br>   |            |
| TOTAL POTENCIA (Kw)                                  | 246,32     |
| Coseno de Fi   | 0,85       |
| Nº de trafos   | 1,00       |
| Potencia necesaria por trafa (KVA)                   | 289,79     |
| Potencia adoptada por trafa (KVA)                    | <b>400</b> |
| Potencia adoptada total de transformación (KVA)      | <b>400</b> |

**3.3 ACOMETIDA**

Tal y como se ha comentado en la introducción se prevé realizar una línea subterránea de entrada-salida para conectar a otra línea ya existente de 20 kV que se encuentre próximo al bombeo. Esta nueva línea deberá diseñarse siguiendo los criterios y normas de la compañía suministradora IBERDROLA una vez que se defina el punto de conexión y las condiciones.

Se hará según las exigencias de Compañía y el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09 (RD 223/2008).

A efectos de cortocircuito se supone que el valor del mismo en el punto de entrega es de 16kA.

### 3.4 CÁLCULOS

#### 3.4.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

$I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | $I_p$ (A) |
|----------------------------------|-----------|
| 400                              | 11,55     |

#### 3.4.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro.

$W_{cu}$  = Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

$I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

| Potencia del transformador (kVA) | Volumen mínimo del foso (litros) |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 400                              | 569,38                           |

### 3.4.3 CORTOCIRCUITOS

#### 3.4.3.1 OBSERVACIONES

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor que debe ser especificado por la Compañía suministradora y que se supone de 350MVA.

#### 3.4.3.2 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado primario, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \times V_p} \quad (3.3.2.a)$$

donde:

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA

$V_p$  = tensión de servicio en kV

$I_{ccp}$  = corriente de cortocircuito en kA

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} \quad (3.3.2.b)$$

donde:

$P$  = potencia del transformador en kVA

$E_{cc}$  = tensión de cortocircuito del transformador

$V_s$  = tensión secundaria en V

$I_{ccs}$  = corriente de cortocircuito en KA

### 3.4.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

Utilizando la expresión 3.3.2.a, en la que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA, la intensidad de cortocircuito será:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1,732 \times V_p} = 10,01 \text{ kA}$$

### 3.4.5 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

En este punto se analizarán las diferentes intensidades de cortocircuito que generarán cada uno de los centros de transformación ubicados en la planta.

- o Para el C.T. la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 400 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 400 V será, según la fórmula 3.3.2.b:

$$I_{ccs} = \frac{P}{1,732 \times E_{cc} \times V_s} = 14,43 \text{ kA}$$

El paso de la alimentación de red a alimentación de grupo es con paso por cero por lo que al no funcionar en paralelo con la red no hay que tenerlo en cuenta para dimensionar la capacidad al cortocircuito del embarrado.

La repercusión en el lado de M.T. del cortocircuito en B.T. será despreciable en cualquiera de los casos, para demostrarlo realizaremos el cálculo para el caso más desfavorable C.T.2:

$$I_{cc_r} = \frac{V_{BT}}{V_{MT} \times 10^3} \times I_{cc_{BT}} = \frac{400}{20 \times 10^3} \times 14,43 = \leq 45,46 \text{ KA}$$

Por lo que un cortocircuito en el lado de B.T. no afectará a la instalación de M.T.

### 3.4.6 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

#### 3.4.6.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101901 realizado por los laboratorios ORMAZABAL (Laboratorio de Alta Tensión de I+D) en Bizkaia (España).

#### 3.4.6.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

### 3.4.6.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante protocolo de ensayo.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

### 3.4.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión, la protección se incorpora en el cuadro de distribución.

#### Transformador

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger y del nivel de tensión de la red a la que se conecta (20 kV).

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

| Potencia del transformador (kVA) | Intensidad nominal del fusible A.T. (A) |
|----------------------------------|---|
| 400                              | 31,5                                    |

### 3.4.7.1 AJUSTE DEL DISPOSITIVO TÉRMICO O DE LOS RELÉS.

El dispositivo térmico se ajustará como máximo conforme a los siguientes valores de temperatura, tomando como temperatura máxima ambiente de 40 °C.

- o Transformadores en baño de aceite o éster vegetal:
  - Alarma 90°C.
  - Disparo 100°C.

Los relés de sobreintensidad, si los hubiere, se ajustarán conforme a los siguientes valores y tiempos de actuación, procurando mantener la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

- o Relé se sobreintensidad de fase (50-51):

Intensidad de arranque un 40 % por encima de la intensidad primaria.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo por encima del valor de la corriente de inserción de los transformadores y del valor de la intensidad debida a un cortocircuito en el lado de baja tensión, y por debajo de la corriente de cortocircuito primaria. Por lo general se ajustará a 22 veces la intensidad nominal para potencias hasta 1000 kVA, y a 18 veces para potencias superiores.

- o Relé se sobreintensidad de tierra (50N-51N):

Intensidad de arranque al 40 % de la intensidad de arranque de fase para potencias hasta 1000 kVA y al 20 % para potencias superiores.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor  $K = 0.1$ .

Disparo Instantáneo ajustado a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

### 3.4.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \times K \times [h \times DT]} \quad (3.6.a)$$

donde:

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador

$K$  = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada

$h$  = Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida

$DT$  = Aumento de temperatura del aire

$S_r$  = Superficie mínima de las rejillas de entrada

### 3.4.9 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

| Potencia del transformador (kVA) | Volumen mínimo del foso (litros) |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 400                              | 312                              |

Dado que el foso de recogida de aceite será de 760 litros para el transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

### 3.5 PUESTA A TIERRA DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Constarán de dos sistemas:

#### Sistema de protección.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no están en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas tales como el apoyo, chasis y bastidores de los aparatos de maniobra y carcasa del transformador.

#### Sistema de servicio.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador. Para ambos casos se opta por un sistema de picas de acero coloreadas, con un diámetro de 18 mm y 2 m de longitud, hincadas verticalmente, auxiliadas por un flagelo de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>, para el sistema de protección. En el sistema de servicio se utilizará cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> con aislamiento 0,6/1KV, para la bajada del transformador y la parte que va en la misma zanja que el sistema de protección.

Para los cálculos se utilizarán las siguientes expresiones:

$$R_f = \frac{2\sigma}{L_f}$$

Siendo:

- s = Resistencia del terreno en W.m
- n = nº de picas
- LP = Longitud de cada pica = 2m
- Lf = Longitud del flagelo
- RP = Resistencia del sistema de picas
- Rf = Resistencia del sistema de flagelos

### 3.5.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

Con el sistema elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2 m (Lp) y 48 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se obtiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{48} = 12,5\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{12,5}$$

Por lo que R = 6,8 W

### 3.5.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE SERVICIO

Con el sistema de elegido se utilizarán 10 picas (n) de 2m (LP) y 40 m de flagelo auxiliar (Lf), con lo que se tiene:

$$R_p = \frac{300}{10 \times 2} = 15\Omega$$

$$R_f = \frac{2 \times 300}{40} = 15\Omega$$

La resistencia total del sistema será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

Por lo que R = 7,5 Ω

## 3.6 CÁLCULO DE CABLES

Los cables se han calculado por intensidad de corriente y por caída de tensión.

### 3.6.1 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La intensidad se ha obtenido de las fórmulas:

$$I_n = \frac{K \times P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \alpha} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$I_n = \frac{P}{U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

donde:

I = Intensidad de corriente en amperios

K = Coeficiente de carga

K = 1,8 para lámparas de descarga

K = 1,0 para las demás cargas

P = Potencia activa en vatios

U = Tensión de servicio, en voltios

U = 400 V para líneas trifásicas

U = 230 V para líneas monofásicas

$\cos \alpha$  = 0,8

Los conductores proyectados son de los tipos siguientes:

Cables de transformadores a Cuadro General de Distribución: RV-0,6/1 KV

Cables de Cuadro General de Distribución a Cuadros de Fuerza: RV-06/1 KV

Cables para alimentaciones con variador: R0V-K 0,6/1 KV

Cables de Cuadros de Fuerza a motores y equipos: RV-0,6/1 KV

Cables para instrumentación: VC4V-K

Cables en zonas con ambientes explosivos: RVFV-06/1 KV

### **3.6.2 REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

Para los cables instalados en instalación enterrada se ha aplicado lo dispuesto por el reglamento de baja tensión en su ITC-BT-07.

#### **3.6.2.1 DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. . En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una

cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

### **3.6.2.2 EN CANALIZACIONES ENTUBADAS**

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

### **3.6.2.3 GALERÍAS O ZANJAS REGISTRABLES**

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación.

No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- o estanqueidad de los cierres
- o buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor

### **3.6.2.4 EN BANDEJAS, SOPORTES, PALOMILLAS O DIRECTAMENTE SUJETOS A LA PARED**

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

### **3.6.2.5 CIRCUITOS CON CABLES EN PARALELO**

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- o emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- o los cables se agruparán al tresbolillo, en temas dispuestas en uno o varios niveles.

### 3.6.3 INSTALACIONES RECEPTORAS

También se ha tenido en cuenta la instrucción ITC-BT-19: "Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales".

Asimismo, se ha cumplido la Tabla referente a las secciones mínimas de los conductores de fase respectivos.

| TABLA V. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN                                 |   |
|--|---|
| Sección del conductor de fase de la instalación (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima del conductor de protección (mm <sup>2</sup> ) |
| S < 16   | S   |
| 16 < S < 35  | 16  |
| S > 35   | S/2   |

Como secciones mínimas de conductores se han adoptado las siguientes:

Cables de alimentación a Motores: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a Cuadros locales de alumbrado: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación a puntos de alumbrado: 1,5 mm<sup>2</sup>

Cables de alimentación del alumbrado exterior: 6 mm<sup>2</sup>

Cables de mando y control: 1,5 mm<sup>2</sup>

### 3.6.4 CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se ha calculado por las fórmulas:

$$\Delta U = \frac{K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas trifásicas}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad \text{Para líneas monofásicas}$$

Donde:

- DU = Caída de tensión del tramo en voltios
- K = Coeficiente por tipo de carga
- K = 1,8 para lámparas de descarga
- K = 1 para las demás cargas
- P = Potencia activa transportada, en vatios
- L = Longitud de la línea en metros
- C = Conductibilidad del cobre
- S = Sección del conductor de fase en mm<sup>2</sup>
- U = Tensión entre fases en voltios

U = 400 V para líneas trifásicas

U = 230 V para líneas monofásicas

Cálculo de la conductividad del cobre:

$$C = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

C = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$C_{Cu} = 0.018$$

$$A_{Al} = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$C_{Cu} = 0.00392$$

$$A_{Al} = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Según el apartado 2.2.2. de la Instrucción ITC-BT-19, la caída de tensión en una instalación que cuenta con transformador propio se calcula desde las bornas de BT del mismo pudiendo llegar a ser del 6,5% para la fuerza y del 4,5% para alumbrado y usos.

A continuación se incluyen las tablas de caídas de tensión de cada componente de la instalación:

**DE C.T. A C.G.D.**

|   |                  |     |
|---|------------------|-----|
| -Tipo de conductor                                    | RV-k Cu 0,6/1 kV | KV  |
| -Potencia   | 307,90           | KW  |
| -Longitud   | 12,00            | m   |
| -Tension  | 400,00           | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                                | 3,00             | Cu  |
| -Seccion unitaria                                     | 120,00           | mm2 |
| -Seccion total  | 360,00           | mm2 |
| -Caída de tension                                     | 0,21             | %   |
| -Intensidad maxima con factor de corrección (galeria) | 942,00           | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor                | 444,94           | A.  |

**DE C.G.D. A CUADRO DE SERVICIOS**

|   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                                   | 9,54            | KW  |
| -Longitud                                   | 18,00           | m   |
| -Tension                                    | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                           | 25,00           | mm2 |
| -Seccion total                              | 25,00           | mm2 |
| -Caída de tension                           | 0,08            | %   |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 110,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 17,23           | A.  |

**DE GRUPO ELECTRÓGENO A C.G.D.**

|   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| -Tipo de conductor                          | RV-K Cu 0,6/1kV | KV  |
| -Potencia                                   | 352,00          | KW  |
| -Longitud                                   | 20,00           | m   |
| -Tension                                    | 400,00          | V.  |
| -Nº de cables POR FASE                      | 3,00            | Cu  |
| -Seccion unitaria                           | 120,00          | mm2 |
| -Seccion total                              | 360,00          | mm2 |
| -Caída de tension                           | 0,28            | %   |
| -Intensidad maxima con factor de corrección | 942,00          | A.  |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 598,44          | A.  |

|    | RECEPTORES                            | Potencia unitaria (kW) | Nº de elementos instalados | Sección cable (mm.2) | Nº cables por fase | Seccion por fase (mm2) | Longitud Unitaria (m.) | Longitud Total (m.) | Tension (v.) | Caída de Tensión Parc.(%) | Caída de Tensión Tot.(%) | Intensidad conductor (A.) | Intensidad admisible (A.) |
|----|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| E1 | Dilacerador                           | 3,70                   | 2,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                   | 20,00                  | 40,00               | 400,00       | 1,05                      | 1,33                     | 6,29                      | 36,00                     |
| E2 | Bombas                                | 45,00                  | 4,00                       | 25,00                | 1,00               | 25,00                  | 25,00                  | 100,00              | 400,00       | 2,56                      | 2,83                     | 76,50                     | 110,00                    |
| E3 | Bombas de seguridad                   | 75,00                  | 2,00                       | 120,00               | 1,00               | 120,00                 | 17,00                  | 34,00               | 400,00       | 0,60                      | 0,88                     | 127,51                    | 314,00                    |
| E4 | Grupo de desodorización               | 3,00                   | 1,00                       | 4,00                 | 1,00               | 4,00                   | 20,00                  | 20,00               | 400,00       | 0,85                      | 1,13                     | 5,10                      | 36,00                     |
| E5 | Ventiladores extractores del edificio | 0,25                   | 2,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 21,00                  | 42,00               | 400,00       | 0,12                      | 0,40                     | 0,43                      | 26,50                     |
| E6 | Ventilador sala grupo electrógeno     | 4,00                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 20,00                  | 20,00               | 400,00       | 1,82                      | 2,10                     | 6,80                      | 26,50                     |
| E7 | Polipasto                             | 2,38                   | 1,00                       | 2,50                 | 1,00               | 2,50                   | 25,00                  | 25,00               | 400,00       | 1,35                      | 1,63                     | 4,05                      | 26,50                     |

### 3.7 CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Se realizará una única compensación:

- o Compensación fija de reactiva: Compensará la reactiva que el transformador absorbe continuamente para crear su campo magnético. Se equipará un único bote de 30kVAR.
- o Compensación variable de reactiva: Compensará la reactiva variable de las cargas, se excluyen las alimentadas mediante variador de frecuencia y se incluye la potencia destinada alumbrados y servicios. Se equipará una batería de 200kVAr. Su dimensionamiento se justifica a continuación:

| Nº DEL CIRCUITO              | DESIGNACIÓN                           | EQUIPOS INSTALADOS | EQUIPOS EN FUNCIONAM. | POTENCIA UNITARIA | P. ACTIVA A COMPENSAR |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                              |                                       | Ud                 | Ud                    | Kw                |                       |
| <b>CCM EBAR CONSTITUCION</b> |                                       | <b>13,00</b>       |                       |                   | 212,28                |
| E1                           | Dilacerador                           | 2                  | 2                     | 3,70              | 7,4                   |
| E2                           | Bombas                                | 4                  | 3                     | 45,00             | 45                    |
| E3                           | Bombas de seguridad                   | 2                  | 2                     | 75,00             | 150                   |
| E4                           | Grupo de desodorización               | 1                  | 1                     | 3,00              | 3                     |
| E5                           | Ventiladores extractores del edificio | 2                  | 2                     | 0,25              | 0,5                   |
| E6                           | Ventilador sala grupo electrógeno     | 1                  | 1                     | 4,00              | 4                     |
| E7                           | Polipasto                             | 1                  | 1                     | 2,38              | 2,38                  |

NOTA: las Bombas E2 funcionan 2 con variador y 2 con arrancador. Se compensará la reactiva solo de una unidad con arrancador, pues la otra se considera reserva. A la potencia activa a compensar se sumará la de alumbrado y servicios.

#### CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES VARIABLE (Red)

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia                                   | 217,90          | Kw   |
| -Tensión nominal                            | 400,00          | V    |
| -Factor de potencia inicial                 | 0,85            |      |
| -Factor de potencia final                   | 1,00            | Cu   |
| -Potencia necesaria                         | 135,04          | KVAr |
| -Potencia seleccionada                      | <b>200,00</b>   | KVAr |
| -Escalones                                  | 4x50            |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 15,00           | m    |
| -Tensión                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 3,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 120,00          | mm2  |
| -Seccion total                              | 360,00          | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 753,60          | A.   |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 432,08          | A.   |

**CÁLCULO BATERÍA DE CONDENSADORES FIJA (Red)-1 Ud**

|   |                 |      |
|---|-----------------|------|
| -Potencia seleccionada                      | <b>30,00</b>    | KVAr |
| -Escalones                                  | 1X30            |      |
| -Tipo de conductor                          | RV-k Cu 0,6/1kV | KV   |
| -Longitud                                   | 15,00           | m    |
| -Tension                                    | 400,00          | V.   |
| -Nº de cables POR FASE                      | 1,00            |      |
| -Seccion unitaria                           | 35,00           | mm2  |
| -Seccion total                              | 35,00           | mm2  |
| -Intensidad máxima con factor de corrección | 115,20          | A.   |
| -Intensidad soportada por el conductor      | 64,81           | A.   |

**3.8 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS**

La red de tierras de la Planta se ha proyectado basándose en los siguientes elementos:

- o 4 picas de acero cobrizado de 2 m de longitud.
- o 38 m de cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección.
- o Sensibilidad de los interruptores de protección diferencial.

Para el proyecto de la red de tierras se ha considerado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC-BT-18, de "Instalaciones de puestas a tierra" y, para los cálculos, el apartado 9, "Resistencia de las tomas de tierra" en el que se incluyen las siguientes tablas:

*Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno*

| <b>Naturaleza terreno</b>                | <b>Resistividad en Ohm.m</b> |
|--|------------------------------|
| Terrenos pantanosos                      | de algunas unidades a 30     |
| Limo                                     | 20 a 100                     |
| Humus                                    | 10 a 150                     |
| Turba húmeda                             | 5 a 100                      |
| Arcilla plástica                         | 50                           |
| Margas y Arcillas compactas              | 100 a 200                    |
| Margas del Jurásico                      | 30 a 40                      |
| Arena arcillosas                         | 50 a 500                     |
| Arena silíceas                           | 200 a 3.000                  |
| Suelo pedregoso cubierto de césped       | 300 a 5.000                  |
| Suelo pedregoso desnudo                  | 1500 a 3.000                 |
| Calizas blandas                          | 100 a 300                    |
| Calizas compactas                        | 1.000 a 5.000                |
| Calizas agrietadas                       | 500 a 1.000                  |
| Pizarras                                 | 50 a 300                     |
| Roca de mica y cuarzo                    | 800                          |
| Granitos y gres procedente de alteración | 1.500 a 10.000               |
| Granito y gres muy alterado              | 100 a 600                    |

*Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.*

| <b>Naturaleza del terreno</b>                                    | <b>Valor medio de la resistividad Ohm.m</b> |
|--|---|
| Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50  |
| Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes        | 500   |
| Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables              | 3.000                                       |

*Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo*

| Electrodo   | Resistencia de Tierra en Ohm |
|---|------------------------------|
| Placa enterrada   | $R = 0,8 \rho/P$             |
| Pica vertical   | $R = \rho/L$                 |
| Conductor enterrado horizontalmente   | $R = 2 \rho/L$               |
| $\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m)<br>$P$ , perímetro de la placa (m)<br>$L$ , longitud de la pica o del conductor (m) |                              |

Aplicando las tablas anteriores, tenemos:

- o Resistividad de las picas:

$$R1 = \tau/L1 = 500/4 \times 2 = 62,50 \text{ Ohmios}$$

- o Resistencia del cable:

$$R2 = 2 \tau/L2 = 2 \times 500/38 = 26,31 \text{ Ohmios}$$

- o La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo, es:

$$Req = R1 \times R2 / R1 + R2$$

Por tanto, tenemos:

$$Req = 62,50 \times 26,31 / (62,50 + 26,31) = 18,51 \text{ Ohmios}$$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

$$Ud = Is \times Req$$

donde:

Ud = Tensión en voltios

Is = Intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de la protección diferencial, en amperios

Req = Resistencia equivalente de la red de tierras, en Ohmios

Aplicando:

$$U = 0,3 \text{ A} \times 18,51 = 5,5 \text{ Voltios}$$

Como se puede ver, esta tensión es perfectamente admisible y no constituye peligro alguno para las personas.

### **3.9 CÁLCULO DE ALUMBRADO**

#### **3.9.1 ALUMBRADO DE VIALES**

##### **3.9.1.1 CÁLCULO DE LA INTERDISTANCIA**

A partir de las dimensiones del vial, de la disposición y dimensiones de los báculos y del tipo de luminarias y lámparas proyectadas, se calcula en primer lugar la utilancia o factor de utilización del punto de luz.

El factor de utilización se obtiene de las curvas de coeficientes de utilización en función de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  que se definen por:

$$\alpha = B \frac{1}{H} \quad (\text{Lado calzada})$$

$$\beta = \frac{d}{H} \quad (\text{Lado acera})$$

Donde :

$B1$  =  $B-d$

$B$  = Anchura de calzada en m

$d$  = Saliente del báculo sobre la calzada en m

En las curvas citadas se obtienen  $K1$  y  $K2$ , en función de  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente, siendo la utilancia:

$$U = K1 + K2$$

La interdistancia se obtiene de la fórmula:

$$E = \frac{F \times Fk \times U}{L \times B}$$

donde:

$E$  = Nivel de iluminación medio en lux

$F$  = Flujo luminoso útil de la lámpara en volúmenes

$Fk$  = Factor de depreciación

$U$  = Factor de utilización

$B$  = Anchura de la calzada en metros

$L$  = Interdistancia entre luminarias, en metros

Y despejando obtenemos la expresión de la interdistancia:

$$L = \frac{F \times Fk \times U}{E \times B}$$

### 3.9.2 ALUMBRADO INTERIOR

Los cálculos necesarios para el diseño de la iluminación interior se han realizado de acuerdo al siguiente procedimiento:

A partir de las dimensiones del local y de la forma de montaje de las luminarias, se obtiene en primer lugar el índice del local por la fórmula:

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

donde:

- K = Índice del local  
A = Longitud  
B = Anchura  
H = Altura útil de la luminaria (distancia de la luminaria al plano de trabajo)

En función del índice del local, factores de reflexión en techo, paredes y suelo, tipo de luminaria y factor de depreciación, se obtiene el rendimiento lumínico en el local, extraído de las curvas o tablas del fabricante de la luminaria.

A continuación se calcula el flujo luminoso necesario por la fórmula:

$$\phi = \frac{E_m \times S}{V \times \mu}$$

donde:

- $\phi$  = Flujo luminoso necesario en lúmenes  
E<sub>m</sub> = Nivel de iluminación proyectado en lux  
S = Superficie del local en metros cuadrados  
V = Factor de depreciación de la luminaria  
 $\mu$  = Rendimiento lumínico

Después se obtiene el número de lámparas necesarias, dividiendo el flujo necesario ( $\phi$ ) por el flujo de la luminaria ( $\phi_1$ ).

Por último se calcula el nivel de iluminación resultante en lux (emr), de acuerdo con el número de luminarias realmente proyectadas por necesidades estructurales o arquitectónicas.

### **3.10 DIMENSIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO**

A continuación se presenta una tabla con los equipos elegidos para el diseño del grupo electrógeno, que recibirán alimentación del mismo en caso de corte en el suministro eléctrico de red, siendo controlados sus arranques mediante una secuencia escalonada implementada en el sistema de control.

Concluye el listado un sumatorio que agrupa la potencia que debe cubrir el motogenerador elegido, de 400/440kVA.

| circuito                                     | designacion                  | equipos instalados | equipos en fto | potencia unitaria | potencia instalada | potencia simultanea |
|--|------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| <b>CCM CONSTITUCIÓN</b>                      |                              |                    |                |                   | <b>354,9</b>       | <b>296,4</b>        |
| E1   | Dilacerador                  | 2                  | 2              | 3,7               | 7,4                | 7,4                 |
| E2   | Bombas principales           | 4                  | 3              | 45                | 180                | 135                 |
| E3   | Bombeo de emergencia         | 2                  | 2              | 75                | 150                | 150                 |
| E6   | Ventilador grupo electrógeno | 1                  | 1              | 4                 | 4                  | 4                   |
| <b>CUADRO ALUMBRADO Y SERVICIOS</b>          |                              |                    |                |                   | <b>9,5</b>         | <b>5,6</b>          |
| Alumbrado interior - 18 uds 2*58 w           |                              | 18                 |                | 0,12              | 2,088              | 1,67                |
| Alumbrado exterior - 3 Uds Brazo mural 150 W |                              | 3                  |                | 0,15              | 0,45               | 0,45                |
| Usos   |                              |                    |                | 3,5               | 7,00               | 3,50                |
| <b>TOTAL Kw</b>                              |                              |                    |                |                   | <b>364,4</b>       | <b>302,0</b>        |
| <b>TOTAL KVA</b>                             |                              |                    |                |                   | <b>455,5</b>       | <b>377,5</b>        |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| <b>TOTAL KVA G.E.</b> | <b>377,5</b> |
|-----------------------|--------------|

### 3.11 AUTOMATISMO

Tal y como se describe en el apartado correspondiente de la memoria, se van a instalar un PLC asociado al bombeo. Este bombeo dispondrá de un sistema independiente para el envío de mensajes de alarma SMS vía GSM/GPRS.

La tabla que se muestra a continuación resume las entradas y salidas digitales y analógicas que se prevén necesarias para este PLC, calculadas de forma general según el número y tipo de salidas de los CCM y la instrumentación asociada:

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
| CCM5 | 60  | 28  | 12  | 9   |

En base a esos cálculos y añadiendo un coeficiente de reserva, se diseña el dimensionamiento del PLC asociado al CCM como sigue, teniendo en cuenta que el número de señales será múltiplo de la capacidad de E/S que poseen las tarjetas comercializadas elegidas:

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
|      | E/D | S/D | E/A | S/A |
| PLC5 | 128 | 32  | 16  | 12  |

| NÚMERO DE TARJETAS |        |        |       |       |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|
|                    | 64 E/D | 32 S/D | 8 E/A | 4 S/A |
| PLC5               | 2      | 1      | 2     | 3     |

### 3.12 INSTRUMENTACIÓN.

El control del arranque y paro de las bombas se realizará mediante medidores de nivel en continuo de tipo ultrasónico. Se instalará un total de tres, uno por pozo.

## 4 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE INSTALACIONES

### 4.1 COMUNICACIONES

El Bus de Comunicaciones elegido es TCP/IP. Se forma así una Red de Control a la que irán conectados todos los Controladores PLC's y PC's con conectividad TCP/IP nativa.

La elección de este bus responde a los siguientes criterios:

- o **Velocidad** de comunicación
- o **Seguridad.** TCP/IP es un protocolo de enlace y transporte muy seguro.
- o **Estandarización.** TCP/IP es un protocolo muy estándar y extendido, por lo que resulta muy sencillo ampliar y/o modificar equipos en la configuración del sistema. El desarrollo actual de las comunicaciones hace que muchos dispositivos estén dotados de conectividad TCP/IP o existan convertidores de su estándar de comunicación a TCP/IP.

La **Red interior es Ethernet (TCP/IP)**, por ser una tendencia clara en la conectividad de elementos de campo PLC's.

Los criterios generales que se tendrán en cuenta en la elección de los estándares de comunicaciones en los diferentes niveles o jerarquías de la arquitectura que forma la red de comunicaciones del sistema de control y explotación son principalmente:

- o **Abierto:** Es decir, un estándar de comunicaciones libre y no restringido a licencias o royalties de empresas privadas y con un grado de penetración alta en el mercado.
- o **Sin interfaz:** En la medida de lo posible se intentará reducir y simplificar al máximo el empleo de dispositivos de interfaz o elementos electrónicos de cambio de protocolo entre los diferentes niveles que forman la red.
- o **Integración total:** Es decir con posibilidad de salto entre los diferentes niveles que forman la red mediante puente de software. Para conseguir comunicación sin fisuras entre diferentes niveles.

Para la gestión de esta red se utilizarán Switches Gestionados con las siguientes características:

#### 4.1.1 SWITCH GESTIÓN COMUNICACIONES

- o Permite topologías en bus o en anillo redundante, pudiendo alcanzarse distancias de hasta 120 Kms entre switches, dependiendo de la fibra óptica utilizada. Todos los switches de la red pueden configurarse desde cualquier puerto de cualquier switch, con la herramienta IP Config Tool.
- o Tecnología FRNT (Fast Recovery of Network Topology). Capacidad de reconfigurar una red redundante en anillo compuesta por hasta 200 switches, en menos de 20 ms., y con independencia de la carga que tenga la red.
- o Incorporación protocolos estándar STP y RSTP.
- o Grado de protección IP40

- Amplio Rango Temperatura (-40 to +85°C)
- DC Rango Alimentación (19 to 60VDC)
- Entrada Alimentación redundante con protección de polaridad
- Alto MTBF (MIL std 2.17) Auto MDX/MDIX Tecnología para sencilla conectividad
- 35 mm montaje DIN rail. Priorización de tráfico QoS, VLAN, IGMP/IGMP snooping (Internet Group Management Protocol ), SNMP
- Cumplimiento normativas - Standard industrial- Marine approvals- Rail approvals -
- Substation Automation .
- Configuración vía Web.

#### **4.1.2 NIVELES DE COMUNICACIÓN**

En función de las necesidades técnicas que la red de comunicaciones tiene entre sus diferentes jerarquías, vamos a diferenciar en 2 niveles principales:

- **Nivel de Información (Ethernet):** las características principales de este nivel es el alto volumen de datos a transferir entre los diferentes nodos y por lo tanto, el gran ancho de banda del canal de comunicaciones a utilizar. En este nivel estará formado tanto por nodos con arquitectura tipo PC como PLC. Destacar también de este nivel que una estructura jerárquica de varios niveles ayuda reducir los tiempos de ciclo de comunicaciones entre el SCADA y los diferentes nodos. Por otra parte, la utilización de una estructura jerárquica de varios niveles rentabiliza el paquete básico de datos a comunicar con el formato de las tramas que circulan por la red.
- **Nivel de controlador ( Bus de Campo Estándar y/o Protocolos Serie Abiertos tipo HostLink, Modbus RTU, . . .):** En este nivel primará que el Bus elegido esté mayoritariamente representado entre los diferentes dispositivos que forman el sistema de control y explotación:
  - Variadores de Frecuencia
  - Eléctrico
  - Media tensión

## **4.2 EQUIPOS CONTROL**

### **4.2.1 CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE CONTROL**

PLC Omron CJ2M o similar, totalmente modular y flexible para su fácil mantenimiento y ampliación en el caso de ser necesario.

Con alta conectividad a buses de comunicación estándar europeo, **Ethernet, Ethernet IP, DeviceNet, Profibus DP, Profinet IO**. Así como la posibilidad de incorporar tarjetas Macro de Protocolo para comunicación con dispositivos externos vía RS232 y RS485 Programación según los estándar de la IEC 61131, Function Block (FB), Estructura Text (ST) y Sequential Function Chart (SFC),

Encargados de gestionar todas las variables del sistema que debamos controlar.

- Históricos de datos.
- Gestión - Envío de alarmas del sistema.

- o Cálculos aritméticos de las variables del sistema.
- o Comunicación con equipos de campo locales.

Especificaciones Técnicas Generales:

- o Temperatura operac. Ambiente 0-55°C
- o Temperatura Almacenamiento -20 a 75°C
- o Humedad operac. Ambiente 10% a 90% (sin condensación)
- o Atmósfera Libre gases corrosivos
- o Resistencia a golpes 10 a 57Hz, 0,075mm
- o Medidas de seguridad Conforme con cULus y Direc. CE

Todas las tarjetas de entradas-salidas dispondrán de aislamiento galvánico por optoacoplador en las entradas a 24 Vc.c. El común de entradas será el positivo y en las salidas el común será el negativo.

Sistemas Modulares formados por:

- o Fuente de Alimentación. (PA202)
- o CPU para el control de proceso. (CJ2M-CPU35)
- o Tarjeta Comunicaciones DeviceNet (CJ1W-DRM21)
- o Tarjetas con Puertos RS232/422/485 para comunicaciones equipos electricos. (SCUxx)

La solución se apoya en la instalación de equipos de control con lógica propia. Estos equipos son capaces de funcionar independientemente, compartiendo su información a través de su propia red local.

Los sistemas comparten la información de forma que cada uno de ellos tiene los datos necesarios para la explotación, permitiendo que aunque el punto de adquisición se encuentre conectado a otro equipo se utilice por aquella parte del proceso que lo necesite, pudiéndose descargar parte del control a los autómatas menos críticos o con menos carga de trabajo. Esta distribución facilita las tareas de puesta en marcha, mantenimiento, reparación y optimización, al ser más fácil de controlar, por el personal de explotación.

Equipos para la Adquisición de datos:

- o **Estación Control**, estos serán PLC's totalmente modulares encargados de recoger y almacenar la información del sistema. Estos PLC's estarán conectado al anillo de FO.

#### 4.2.2 CARACTERÍSTICAS CONTROLADOR. PLC'S

El "Programmable Logic Controller" (PLC) para controlador de CCM dispondrá de las siguientes características:

- o CPU, fuente alimentación y comunicaciones.
- o Microprocesador RISC de 32 bits.
- o Alta velocidad. Tiempo de ejecución de una instrucción básica de 20 ns.
- o Ampliable hasta 2560 puntos de entrada o salida.

- o 60.000 pasos de programación, ampliable hasta 410.000 pasos.
- o 128 Kwords de memoria de datos, ampliable hasta 448 Kword. Almacenamiento de históricos, programas (autoarranque), estado de E/S
- o Configuración del PLC desde tarjetas tipo Compact Flash de mercado.
- o Auto-diagnostico de CPU, módulos E/S, Bus de E/S, memoria y batería.
- o Actualización de E/S por ciclo "scan" y por proceso inmediato.
- o Función de programación y monitorización remota con 3 niveles de red.
- o Función de Ciclo de "scan fijo".
- o Función de protección del programa.
- o Función de histórico de errores.
- o Función de edición "on-line", simulación de errores y "data trace".
- o Normas internacionales: UL, CSA, cULus, cUL, NK, Lloyd's Register y directiva europea CE.
- o PLC Serie CJ2M Omron.

El módulo Ethernet que utiliza los controladores tendrá las siguientes características:

- o Soporta los protocolos estándar UDP/IP y TCP/IP.
- o Soporta Ethernet IP.
- o Servidor FTP. Funciona como servidor de FTP, por lo que cualquier cliente puede conectarse a él para subir o bajar ficheros
- o Se puede acceder a datos de otros equipos mediante las instrucciones de programación SEND, RECV, CMND con protocolo FINS.
- o Protocolo SNTP para sincronización Relojes en red.
- o Interconexión a otras redes como puente. Ej: DeviceNET.
- o Medio de transmisión: 10/100 Base-T (par trenzado).
- o Conexión de hasta 4 unidades con diferente IP por PLC.
- o Velocidad de transmisión: 100Mbps.
- o Histórico de errores.
- o Comandos PING para chequeo de nodos.

El módulo de comunicaciones SERIE que utiliza los controladores de CT tendrá las siguientes características:

- o Comunicaciones half -duplex o full- duplex y sincronización con Start/Stop
- o Refresco de datos con la CPU por interrupciones.
- o Capacidad de control de hasta 16 módulos de comunicaciones Serie.
- o Funciones de cálculo de errores: LRC, CRC-CCITT (Xmodem), CRC-16 (MODBUS) y SUM ( 1 o 2 byte).
- o Velocidad desde 1.200 hasta 115,200 bps.

- o 1 Puertos RS232-C y 1 RS422-A/485 en CPU.
- o Creación de protocolos libres por usuario.

### **4.2.3 CONFIGURACIONES EQUIPOS DE CONTROL**

#### **4.2.3.1 PLC CONTROL**

- o Cada autómatas va instalado en el interior de un armario metálico, totalmente cableado hasta bornas, donde irán conectados todos los cables, de señales de entrada y salida, analógicas y digitales. Tendrá calefacción y ventilación forzada, controlado por termostato. Protecciones diferencial y magnetotérmico.
- o 1 Módulo Fuente alimentación, Fuente de alimentación 100 a 240Vca 5Vcc 2,8A Relé
- o 1 Módulo CPU con Módulo Ethernet IP Integrado. Capacidad de control hasta 2560 ptos. de E/S locales. Puerto RS232 Integrado en propia CPU. Tarjeta Compact Flash en CPU para históricos y carga automática del programa.
- o 1 Tarjeta comunicaciones DeviceNet para control local en cuadro de E/S proceso.
- o 1 Tarjeta de comunicaciones Serie con Macro Protocolo para implementación de protocolos Serie. Con 2 Puertos RS232/485 para comunicación con Analizadores de Red,
- o Medidores de Energía.
- o 1 Switch industrial Gestionado para Anillo FO, 8 TX, 2 FX. Montaje en Carril Din. IGMP Snooping, VLAN, QoS.

#### **4.2.3.2 SCADA**

Scada redundante IFIX Professional o similar.

iFix es un software de supervisión de propósito general, totalmente configurable y programable que permite al usuario monitorizar y actuar sobre la instalación, así como generar archivos de datos históricos, gestionar las alarmas que se producen y servir datos a otras aplicaciones o PCs en red, lo que proporciona la información suficiente para tomar rápidamente las decisiones adecuadas en cada momento. Su diseño permite múltiples configuraciones, desde un solo puesto de control a varios puestos distribuidos por toda la instalación.

iFix es totalmente compatible con los últimos Sistemas Operativos (WindowsNT, Windows 2000, Windows XP Profesional, Windows 2003 Server) y está desarrollado con las últimas tecnologías de programación.

- o COM/DCOM
- o ActiveX
- o OPC
- o Conectividad ODBC
- o VBA

Pantallas y Sinópticos.

- o El Workspace permite tanto el desarrollo como la visualización de las pantallas creadas.

- o Dispone de las herramientas necesarias para poder dibujar y animar los objetos (visibilidad/invisibilidad, parpadeo, movimiento, cambio de color...).
- o Además dispone de una gran colección de librerías, incluyendo válvulas, motores, tuberías...

Es un contenedor ActiveX por lo que pueden insertarse controles de este tipo para conseguir funcionalidades específicas.

#### **Alarmas.**

Pueden configurarse alarmas de tipo analógico o digital con la posibilidad de asignar diferentes prioridades a los diferentes estados.

Las alarmas pueden registrarse en impresoras, históricos, ficheros de texto o bases de datos.

#### **Drivers.**

Existen drivers de comunicación para los principales fabricantes de PLC (Omron, Siemens, Allen Bradley...).

También es posible usar tecnología OPC por lo que pueden integrarse cualquier dispositivo de control que disponga de servidor OPC.

Además, dispone de un kit de programación para desarrollar cualquier driver que fuera necesario. (iFix OPC Toolkit)

#### **Tipos de Datos.**

- o Los datos que el SCADA puede tratar pueden ser de tipo digital o analógico, individuales o en forma de array, de entrada o de salida.
- o Además pueden generarse nuevos datos a partir los datos obtenidos del hardware, de forma automática.
- o Existen bloques especiales que realizan tareas específicas: accesos a bases de datos, totalizadores, contadores...
- o Es posible desarrollar bloques a medida usando la herramienta Database Dynamos Toolkit.
- o Históricos.
- o Pueden recogerse los datos agrupados con un mismo periodo de tiempo o distinto.
- o Puede habilitarse o deshabilitarse la recogida con una señal digital por cada grupo.
- o Los datos almacenados pueden provenir de nodos remotos.
- o Existe una librería para la visualización de los datos en formato gráfico, configurable en Runtime.
- o Puede accederse a los datos históricos a través de ODBC.
- o Informes.
- o Incorpora los Runtime de Crystal Report que posibilita generar reportes en cualquier formato.
- o Pueden realizarse reportes de datos de Tiempo Real o datos históricos.
- o Seguridad.
- o Puede limitarse el acceso a pantallas, modificación de datos, ejecución de tareas (desarrollo/runtime)

- o No existen niveles de seguridad jerárquicos, sino diferentes privilegios para cada grupo o usuario.
- o Pueden sincronizarse los usuarios con la seguridad del Sistema Operativo.
- o Los diferentes usuarios de un mismo grupo pueden tener distintos privilegios, lo que permite particularizar las tareas disponibles para cada usuario.
- o Ejecución de tareas en Background.
- o Diferentes tareas pueden programarse para ejecutarse en background.
- o Pueden lanzarse por tiempo, de forma cíclica, diariamente, semanalmente, mensualmente...
- o Pueden lanzarse por sucesos, una sola vez cuando se cumpla una condición o de forma cíclica.
- o Además de estas características, propias del SCADA, el paquete ofertado permitirá la redundancia como característica adicional.