

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# **Diseño de instalación de protección contra incendios de 4 Transformadores 65 MVA en fábrica de producción de metales**

Autor:

José Luis Jiménez Vergara

Tutor:

D. Manuel Valentín Villalba García

Profesor Asociado

Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

# Agradecimientos

---

*Agradecer a mi familia, por seguir insistiéndome en la necesidad de finalizar los estudios, especialmente a mis padres, y a mi mujer y hermana, por su apoyo y ayuda, que sin ella esto no hubiera sido posible. A mis hijos pedirles disculpas por el tiempo que no he podido dedicarle en estos meses.*

# Resumen

---

El fuego ha sido un elemento imprescindible y un potencial enemigo de las viviendas y lugares de trabajo del ser humano. A principios del siglo XX, se comenzó a instalar sistemas mecánicos de detección y extinción de incendios que basaban su funcionamiento en el almacenamiento de agua y su descarga automática o manual en caso de emergencia. Hoy en día las instalaciones de protección contra incendios son muy variados, promovidos por los avances tecnológicos y por una regulación internacional que ha potencializado la evolución de estos sistemas para aumentar la eficacia de los sistemas.

A menudo tras finalizar la investigación de un incendio, es fácil darse cuenta de lo fácil que hubiese sido evitarlo, haberlo confinado limitando su propagación y sobre todo cómo haber reducido los daños ocasionados. Existen ocasiones en el que algunas industrias quedan completamente destruidas tras sufrir un incendio, a pesar de las grandes inversiones realizadas en materias de protección. Esto demuestra que no se tienen en cuenta a la hora del diseño de las instalaciones de protección contra incendio la gran variedad de fenómenos susceptibles de poder desencadenar un incendio y las circunstancias que lo pudiesen agravar, limitándose al cumplimiento estricto de la legislación vigente.

La industria siderúrgica es la encargada de transformar el mineral obtenido en la naturaleza, tras un proceso previo de separación de impurezas mediante imantación o separación por densidad. El posterior proceso de colada y laminación transforman el acero bruto fundido en el producto final como perfiles o chapas laminadas.

En las instalaciones que forman parte de una acería hay una alta probabilidad de incendio al existir riesgos eléctricos, mecánicos, líquidos combustibles, lubricantes y una gran dificultad de ignición. Los procesos de tratamiento y transformación requieren de la utilización de equipos que consumen una gran cantidad de energía, como son los hornos de fundición y coladas y los trenes de laminación, entre otros.

En este tipo de industria se instalan grandes transformadores de potencia para proporcionar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de estos equipos. Estos transformadores constituyen un sistema crítico para el proceso productivo y es especialmente importante diseñar sistemas de prevención y extinción contra incendios adecuados para sofocar cualquier conato de incendio que pueda producirse en estas instalaciones.

Los transformadores o máquinas eléctricas representan un riesgo significativo de incendio. Con altas temperaturas en su interior, altas presiones de aceite para su refrigeración, arcos eléctricos de alto voltaje, funcionamiento en continuo, y otros condicionantes, presentan altas probabilidades de que se produzca un arco eléctrico al interior del transformador. La energía resultante de arcos eléctricos vaporiza el aceite, generando gases explosivos tales como Hidrógeno, Metano, Etano, Etileno y Acetileno.

Una detección temprana y sin fallos de un incendio en un transformador permitirá ejecutar las maniobras necesarias para que el fuego no vaya a más.

El agua, debido a su alto calor específico, es una de las sustancias más efectiva en la absorción de calor y por ese motivo se usa para el enfriamiento, aunque también por ser un elemento económico y práctico.

# Abstract

Fire has been an essential element and a potential enemy of human homes and workplaces. At the beginning of the 20th century, mechanical fire detection and extinguishing systems began to be installed, which based their operation on the storage of water and its automatic or manual discharge in case of emergency. Today fire protection facilities are very varied, promoted by technological advances and by international regulation that has potentiated the evolution of these systems to increase the efficiency of the systems.

Often after completing the investigation of a fire, it is easy to realize how easy it would have been to avoid it, to have confined it by limiting its spread and above all how to have reduced the damage caused. There are times when some industries are completely destroyed after suffering a fire, despite the large investments made in protection matters. This shows that the great variety of phenomena that could trigger a fire and the circumstances that could aggravate it are not taken into account when designing fire protection installations, limiting themselves to strict compliance with current legislation.

The steel industry is in charge of transforming the mineral obtained in nature, after a previous process of separation of impurities by means of magnetization or separation by density. The subsequent casting and rolling process transforms the molten crude steel into the final product such as profiles or rolled sheets.

In the facilities that form part of a steelworks there is a high probability of fire due to the existence of electrical and mechanical risks, combustible liquids, lubricants and a great difficulty of ignition. Treatment and transformation processes require the use of equipment that consume a large amount of energy, such as smelting and casting furnaces and rolling mills, among others.

In this type of industry, large power transformers are installed to provide the electrical energy necessary for the operation of this equipment. These transformers constitute a critical system for the production process and it is especially important to design adequate fire prevention and extinguishing systems to quell any outbreak of fire that may occur in these facilities.

Transformers or electrical machines pose a significant fire hazard. With high temperatures inside, high oil pressures for cooling, high voltage electric arcs, continuous operation, and other conditions, they present high probabilities of an electric arc occurring inside the transformer. The energy resulting from electric arcs vaporizes the oil, generating explosive gases such as Hydrogen, Methane, Ethane, Ethylene and Acetylene.

An early and faultless detection of a fire in a transformer will allow the necessary maneuvers to be carried out so that the fire does not increase.

Water, due to its high specific heat, is one of the most effective substances in absorbing heat and for that reason it is used for cooling, but also because it is an economical and practical element.



# Índice

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Agradecimientos</b> .....   | <b>v</b>    |
| <b>Resumen</b> .....   | <b>vi</b>   |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>vii</b>  |
| <b>Índice</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>Índice de Tablas</b> .....  | <b>xiv</b>  |
| <b>Índice de Figuras</b> .....   | <b>xv</b>   |
| <b>Notación</b> .....  | <b>xvii</b> |
| <b>1 MEMORIA</b> .....   | <b>19</b>   |
| 1.1 <i>INTRODUCCIÓN</i> .....  | 19          |
| 1.1.1 <i>INTRODUCCIÓN</i> .....  | 19          |
| 1.1.2 <i>OBJETO</i> .....  | 20          |
| 1.1.3 <i>ALCANCE</i> .....   | 20          |
| 1.2 <i>PETICIONARIO</i> .....  | 21          |
| 1.3 <i>FUEGO E INCENDIO</i> .....  | 21          |
| 1.3.3 <i>DENINICIÓN</i> .....  | 21          |
| 1.3.4 <i>HISTORIA</i> .....  | 22          |
| 1.3.5 <i>TEORÍA DEL FUEGO</i> .....  | 22          |
| 1.3.5.1 <i>EVOLUCIÓN EN LA CONCEPCION CIENTÍFICA DEL FUEGO</i> .....           | 22          |
| 1.3.5.2 <i>COMPOSICIÓN DE LA MATERIA</i> .....                                 | 23          |
| 1.3.5.3 <i>SUSTANCIAS Y FÓRMULAS QUÍMICAS BÁSICAS</i> .....                    | 24          |
| 1.3.5.4 <i>REACCIONES</i> .....  | 24          |
| 1.3.5.5 <i>REACCIONES ENDOTÉRMICAS Y EXOTÉRMICAS</i> .....                     | 26          |
| 1.3.5.6 <i>REACCIÓN REDOX</i> .....  | 27          |
| 1.3.5.7 <i>COMBUSTIONES</i> .....  | 27          |
| 1.3.5.7.1 <i>DEFINICIONES</i> .....  | 27          |
| 1.3.5.7.2 <i>COMBUSTIONES DE APORTACIÓN</i> .....                              | 28          |
| 1.3.5.7.3 <i>COMBUSTIONES DE PROPAGACIÓN</i> .....                             | 29          |
| 1.3.5.7.4 <i>PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN</i> .....                              | 29          |
| 1.3.5.7.4.1 <i>HUMO</i> .....  | 29          |
| 1.3.5.7.4.2 <i>LLAMAS</i> .....  | 30          |
| 1.3.5.7.4.3 <i>CALOR</i> .....   | 31          |
| 1.3.5.7.4.4 <i>GASES</i> .....   | 33          |
| 1.3.5.8 <i>TRIANGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO</i> .....                           | 36          |
| 1.3.5.8.1 <i>COMBUSTIBLE</i> .....   | 37          |
| 1.3.5.8.1.1 <i>TEMPERATURA MINIMA A LA QUE EMITE VAPORES INFLAMABLES</i> ..... | 37          |
| 1.3.5.8.1.2 <i>CONCENTRACIÓN DE VAPORES COMBUSTIBLE/COMBURENTE</i> .....       | 38          |
| 1.3.5.8.2 <i>COMBURENTE</i> .....  | 39          |
| 1.3.5.8.3 <i>ENERGÍA DE ACTIVACIÓN. CALOR</i> .....                            | 40          |
| 1.3.5.8.4 <i>REACCIONES EN CADENA</i> .....                                    | 40          |
| 1.3.5.8.5 <i>AGENTES PASIVOS</i> .....   | 41          |
| 1.3.6 <i>INCENDIOS</i> .....   | 41          |
| 1.3.6.1 <i>TIPOS DE INCENDIOS</i> .....  | 41          |
| 1.3.6.1.1 <i>NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE</i> .....                              | 42          |
| 1.3.6.1.1.1 <i>FUEGOS DE CLASE A</i> .....                                     | 42          |
| 1.3.6.1.1.2 <i>FUEGOS DE CLASE B</i> .....                                     | 42          |
| 1.3.6.1.1.3 <i>FUEGOS DE CLASE C</i> .....                                     | 42          |
| 1.3.6.1.1.4 <i>FUEGOS DE CLASE D</i> .....                                     | 42          |
| 1.3.6.1.1.5 <i>FUEGLOS DE CLASE F</i> .....                                    | 42          |
| 1.3.6.1.2 <i>POR LA FORMA DEL FOCO DE INCENDIO</i> .....                       | 43          |
| 1.3.6.1.2.1 <i>FOCO PLANO</i> .....  | 43          |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| 1.3.6.1.2.2 | FOCO VERTICAL .....   | 43 |
| 1.3.6.1.2.3 | FOCO ALIMENTADO .....   | 43 |
| 1.3.6.1.3   | POR LA SUPERFICIE AFECTADA.....   | 43 |
| 1.3.6.1.4   | POR LA FORMA EN LA QUE SE DESARROLLAN.....  | 44 |
| 1.3.6.1.5   | EN FUNCIÓN DE LA PROPAGACION DEL OXIGENO.....   | 45 |
| 1.3.6.1.6   | EN FUNCIÓN DE LA EMISIÓN O NO DE LLAMAS .....   | 45 |
| 1.3.6.1.7   | SEGÚN EL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN.....  | 45 |
| 1.3.6.1.8   | POR SU MAGNITUD.....  | 46 |
| 1.3.6.2     | FASES DE LOS INCENDIOS .....  | 47 |
| 1.3.6.2.1   | INICIO.....   | 47 |
| 1.3.6.2.2   | DESARROLLO.....   | 47 |
| 1.3.6.2.3   | PROPAGACIÓN.....  | 47 |
| 1.3.6.2.4   | EXTINCIÓN.....  | 47 |
| 1.3.6.3     | TRANSMISIÓN DE LOS INCENDIOS .....  | 47 |
| 1.3.6.3.1   | CONDUCCIÓN .....  | 48 |
| 1.3.6.3.2   | CONVECCIÓN .....  | 48 |
| 1.3.6.3.3   | RADIACIÓN.....  | 49 |
| 1.3.7       | MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....   | 49 |
| 1.3.7.1     | HISTORIA .....  | 49 |
| 1.3.7.1.1   | PRIMEROS PROTOTIPOS .....   | 49 |
| 1.3.7.1.2   | EVOLUCIÓN NORMATIVA .....   | 52 |
| 1.3.7.2     | SISTEMAS DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.....   | 54 |
| 1.3.7.2.1   | SISTEMAS MANUALES.....  | 54 |
| 1.3.7.2.1.1 | EXTINTORES .....  | 54 |
| 1.3.7.2.1.2 | BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE).....  | 56 |
| 1.3.7.2.1.3 | HIDRANTES .....   | 56 |
| 1.3.7.2.1.4 | COLUMNA SECA .....  | 57 |
| 1.3.7.2.2   | AUTOMÁTICOS .....   | 57 |
| 1.3.7.2.2.1 | SPRINKLERS O ROCIADORES AUTOMÁTICOS.....  | 57 |
| 1.3.7.2.2.2 | SISTEMA DE AGUA NEBULIZADA .....  | 59 |
| 1.3.7.2.2.3 | SISTEMAS DE INUNDACIÓN O DE DILUVIO .....   | 60 |
| 1.3.7.2.2.4 | SISTEMAS POR MEDIO DE ESPUMA.....   | 60 |
| 1.3.7.2.2.5 | SISTEMAS POR MEDIO DE POLVO QUÍMICO .....   | 60 |
| 1.4         | RIESGO INTRINSECO .....   | 60 |
| 1.4.3       | INTRODUCCIÓN.....   | 60 |
| 1.4.4       | RIESGOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....   | 61 |
| 1.4.4.1     | INCOMPATIBILIDADES DE EMPLAZAMIENTOS .....  | 62 |
| 1.4.4.2     | EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO .....   | 63 |
| 1.4.5       | NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.....   | 63 |
| 1.5         | PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TRANSFORMADORES .....  | 65 |
| 1.5.3.1     | DEFINICION TRANSFORMADORES .....  | 65 |
| 1.5.3.2     | FALLOS EN TRANSFORMADORES .....   | 66 |
| 1.5.3.3     | CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO EN TRANSFORMADORES.....   | 68 |
| 1.5.4       | RIESGOS DE INCENDIOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS .....  | 69 |
| 1.5.5       | CALCULO DEL NIVEL DE RIESGO EN LA INSTALACIÓN .....   | 70 |
| 1.5.5.1     | CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS..... | 70 |
| 1.5.5.1.1   | CARACTERIZACIÓN POR SU UBICACIÓN Y RELACIÓN CON EL ENTORNO.....                                   | 70 |
| 1.5.5.1.2   | CARACTERIZACIÓN POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO .....   | 71 |
| 1.6         | DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....   | 73 |
| 1.6.3       | INTRODUCCIÓN .....  | 73 |
| 1.6.4       | SITUACION.....  | 73 |
| 1.6.4.1     | CONDICIONES AMBIENTALES .....   | 74 |
| 1.6.4.2     | SERVICIOS DISPONIBLES.....  | 75 |
| 1.6.5       | DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES A PROTEGER .....   | 75 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| 1.6.5.1       | PARCELA Y URBANIZACION.....   | 75  |
| 1.6.5.2       | EQUIPOS .....   | 79  |
| 1.6.6         | MEDIDAS EXISTENTES PROTECCION PASIVA.....                             | 79  |
| 1.6.6.1       | MURO CORTAFUEGOS .....  | 80  |
| 1.6.6.2       | FOSO DE RECOGIDA DE ACEITE .....                                      | 81  |
| 1.7           | <i>SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS</i> .....       | 82  |
| 1.7.1         | INTRODUCCIÓN .....  | 82  |
| 1.7.2         | SOLUCIÓN ADOPTADA .....   | 83  |
| 1.7.2.1       | EXTINCIÓN MEDIANTE AGUA PULVERIZADA. ....                             | 83  |
| 1.7.2.2       | REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....                                       | 84  |
| 1.7.2.3       | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....   | 84  |
| 1.7.2.4       | FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA. ....                                      | 87  |
| 1.7.2.4.1     | FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE DILUVIO .....                         | 88  |
| 1.7.2.4.2     | FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO DE PRESIÓN. ....                             | 90  |
| 1.7.2.4.2.1   | MÉTODOS DE ARRANQUE Y PARADA.....                                     | 90  |
| 1.7.3         | DESCRIPCIÓN PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA .....                 | 90  |
| 1.7.3.1       | ANILLOS Y BOQUILLAS PULVERIZADORAS.....                               | 91  |
| 1.7.3.1.1     | GENERALIDADES.....  | 91  |
| 1.7.3.1.2     | CRITERIOS DISEÑO.....   | 92  |
| 1.7.3.1.3     | NÚMERO Y DISEÑO DE ANILLOS .....                                      | 93  |
| 1.7.3.1.4     | TIPO DE BOQUILLAS SELECCIONADAS .....                                 | 94  |
| 1.7.3.1.5     | Anillos superior e inferior protección transformador y radiador ..... | 95  |
| 1.7.3.1.6     | Protección depósito Aceite.....                                       | 95  |
| 1.7.3.1.7     | Protección suelo transformador .....                                  | 96  |
| 1.7.3.2       | SISTEMA ABASTECIMIENTO .....  | 96  |
| 1.7.3.2.1     | GENERALIDADES.....  | 96  |
| 1.7.3.2.1.1   | ABASTECIMIENTO SENCILLO .....   | 97  |
| 1.7.3.2.1.2   | ABASTECIMIENTO SUPERIOR .....   | 97  |
| 1.7.3.2.1.3   | ABASTECIMIENTO DOBLE .....  | 98  |
| 1.7.3.2.2     | SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SELECCIONADO .....                          | 99  |
| 1.7.3.2.2.1   | ESQUEMA HIDRÁULICO ABASTECIMIENTO CON BOMBA DOBLE.....                | 100 |
| 1.7.3.2.3     | DEPOSITO ACUMULACIÓN. ....  | 102 |
| 1.7.3.2.3.1   | DISEÑO DEPÓSITO DE AGUA .....   | 104 |
| 1.7.3.2.4     | CARÁCTERÍSTICAS DEPÓSITO DE AGUA SELECCIONADO .....                   | 105 |
| 1.7.3.2.4.1   | CIMENTACIÓN Y MONTAJE DEL DEPÓSITO.....                               | 107 |
| 1.7.3.2.4.1.1 | CIMENTACIÓN.....  | 107 |
| 1.7.3.2.5     | GRUPO DE PRESIÓN AGUA.....  | 108 |
| 1.7.3.2.5.1   | GENERALIDADES.....  | 109 |
| 1.7.3.2.5.2   | CURVAS DE BOMBAS .....  | 109 |
| 1.7.3.2.5.3   | CONDICIONES DE INSTALACIÓN .....                                      | 111 |
| 1.7.3.2.5.3.1 | ASPIRACION .....  | 112 |
| 1.7.3.2.5.3.2 | CIRCUITO DE IMPULSIÓN .....   | 112 |
| 1.7.3.2.5.3.3 | CIRCUITO DE PRUEBAS .....   | 113 |
| 1.7.3.2.5.3.4 | PRESOSTATOS.....  | 113 |
| 1.7.3.2.5.3.5 | GRUPO DE BOMBEO ELÉCTRICO.....  | 114 |
| 1.7.3.2.5.3.6 | GRUPO DE BOMBEO DIESEL.....   | 114 |
| 1.7.3.2.5.3.7 | CUADROS DE ARRANQUE DE CONTROL DE BOMBAS.....                         | 114 |
| 1.7.3.2.5.4   | GRUPO DE BOMBEO SELECCIONADO.....                                     | 115 |
| 1.7.3.3       | PUESTO DE CONTROL.....  | 117 |
| 1.7.3.3.1     | VÁLVULA DE DILUVIO.....   | 118 |
| 1.7.3.3.2     | VÁLVULA C-1 PORV .....  | 121 |
| 1.7.3.3.3     | TRIMPAC .....   | 121 |
| 1.7.3.4       | RED DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS.....                                       | 123 |
| 1.7.3.4.1     | SOPORTACION, VÁLVULAS Y ACCESORIOS.....                               | 126 |
| 1.7.3.4.1.1   | RED DE DRENAJES .....   | 127 |

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| 1.7.3.4.1.1.1 | DRENAJE VÁLVULA DILUVIO.....   | 127        |
| 1.7.3.4.1.2   | VÁLVULAS COMPUERTA HUSILLO ASCENDENTE.....                                     | 128        |
| 1.7.3.4.1.3   | VÁLVULAS DE RETENCIÓN.....   | 129        |
| 1.7.3.4.1.4   | FILTRO EN Y.....   | 130        |
| 1.7.3.4.1.5   | SOPORTACIÓN.....   | 130        |
| 1.7.3.4.2     | PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES.....                                      | 133        |
| 1.7.3.5       | SISTEMA DETECCIÓN AUTOMÁTICA Y ALARMA.....                                     | 133        |
| 1.7.3.5.1     | GENERALIDADES.....   | 133        |
| 1.7.3.5.2     | SOLUCION ADOPTADA.....   | 134        |
| 1.7.3.5.3     | PARTES DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA.....                                | 135        |
| 1.7.3.5.4     | DISEÑO INSTALACIÓN DETECCIÓN Y ALARMA.....                                     | 137        |
| 1.7.3.5.4.1   | DETECTORES. UBICACIÓN Y SELECCIÓN.....   | 137        |
| 1.7.3.5.5     | CENTRALITA.....  | 139        |
| 1.7.3.5.6     | PULSADORES, SIRENAS Y OTROS ELEMENTOS.....                                     | 140        |
| 1.7.3.5.7     | SEÑALES A DISTANCIA.....   | 141        |
| 1.7.3.5.7.1   | CUADROS DE ARRANQUE Y CONTROL DE LAS BOMBAS.....                               | 141        |
| 1.7.3.5.7.2   | SEÑALES DEL PUESTO DE CONTROL.....   | 141        |
| 1.7.3.5.7.3   | SEÑALES SISTEMA DETECCIÓN.....   | 142        |
| 1.8           | NORMATIVA DE APLICACION.....   | 142        |
| <b>2</b>      | <b>DISEÑO INSTALACIÓN. CÁLCULOS.....</b>                                       | <b>144</b> |
| 2.1           | DISTANCIAS MÍNIMAS A TRANSFORMADOR.....  | 144        |
| 2.2           | MEDIDAS DE SEGURIDAD INSTALACIONES EN PROXIMIDAD CON ELEMENTOS EN TENSIÓN..... | 144        |
| 2.3           | CÁLCULO CAUDAL NECESARIO.....  | 145        |
| 2.4           | SELECCIÓN BOQUILLAS.....   | 146        |
| 2.4.1         | SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BOQUILLAS.....   | 146        |
| 2.4.2         | CÁLCULO K EQUIVALENTE ANILLOS.....   | 148        |
| 2.4.3         | SELECCIÓN TIPO DE BOQUILLAS.....   | 150        |
| 2.4.4         | COMPROBACIÓN NÚMERO BOQUILLAS CALCULADO.....                                   | 150        |
| 2.4.4.1       | RESUMEN CÁLCULOS REALIZADOS SELECCIÓN BOQUILLAS.....                           | 153        |
| 2.5           | SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....   | 153        |
| 2.5.1         | CALCULO NECESIDADES ACUMULACIÓN.....   | 153        |
| 2.6           | CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....  | 154        |
| 2.6.1         | FÓRMULACIÓN TEÓRICA.....   | 154        |
| 2.6.1.1       | ESTUDIO DE PRESIONES.....  | 154        |
| 2.6.1.2       | CURVA CARACTERÍSTICA DE LA INSTALACIÓN.....                                    | 157        |
| 2.6.1.3       | CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA.....  | 157        |
| 2.6.1.3.1     | MOTOR DE LA BOMBA.....   | 159        |
| 2.6.2         | PREDISEÑO CONDUCCIONES TUBERÍAS.....   | 159        |
| 2.6.3         | PÉRDIDAS DE CARGA.....   | 163        |
| 2.6.3.1       | CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA REALIZADOS.....                                      | 166        |
| 2.6.3.1.1     | RESULTADOS CÁLCULOS APROXIMADOS.....   | 166        |
| 2.6.3.1.1.1   | TRAMO A-Q.....   | 167        |
| 2.6.3.1.1.2   | TRAMO Q-S1.....  | 169        |
| 2.6.3.1.1.3   | TRAMO S1-X.....  | 170        |
| 2.6.4         | SELECCIÓN GRUPO DE BOMBEO.....   | 171        |
| 2.6.4.1.1     | CURVA H-Q INSTALACIÓN.....   | 171        |
| 2.6.4.1.2     | SELECCIÓN EQUIPO.....  | 172        |
| 2.6.4.1.3     | COMPROBACIONES.....  | 173        |
| 2.7           | RESULTADOS OBTENIDOS CON SOFTWARE CÁLCULO HIDRÁULICO.....                      | 173        |
| 2.7.1         | SIMULACIÓN RED EPANET.....   | 173        |
| 2.7.1.1       | RESULTADOS PRESIONES EN BOQUILLAS.....   | 174        |
| 2.7.1.2       | VELOCIDADES EN LOS TRAMOS DE TUBERÍAS.....                                     | 175        |
| 2.7.1.3       | CAUDALES EN LA RED.....  | 175        |
| 2.7.1.1       | RESULTADOS CÁLCULOS EPANET.....  | 176        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>3</b>   | <b>Bibliografía.....</b>                                    | <b>189</b> |
| <b>4</b>   | <b>PLANOS.....</b>  | <b>192</b> |
| 4.1        | <i>PL-01-PLANO SITUACIÓN .....</i>                          | <i>192</i> |
| 4.2        | <i>PL-02-PLANTA GENERAL .....</i>                           | <i>193</i> |
| 4.3        | <i>PL-03-ISOMÉTRICO TUBERÍAS .....</i>                      | <i>194</i> |
| 4.4        | <i>PL-04-SISTEMA EXTINCIÓN TRANSFORMADORES.....</i>         | <i>195</i> |
| 4.5        | <i>PL-05-DEPOSITO ABASTECIMIENTO.....</i>                   | <i>196</i> |
| 4.6        | <i>PL-06-DETALLE CIMENTACION DEPOSITO .....</i>             | <i>197</i> |
| 4.7        | <i>PL-07- GRUPO DE PRESIÓN .....</i>                        | <i>198</i> |
| 4.8        | <i>PL-08- COLECTOR PUESTOS DE CONTROL .....</i>             | <i>199</i> |
| 4.9        | <i>PL-09-SISTEMA DETECCION Y ALARMA-SEÑALES .....</i>       | <i>200</i> |
| 4.10       | <i>PL-10-DETECCIÓN TRANSFORMADORES.....</i>                 | <i>201</i> |
| <b>5</b>   | <b>PRESUPUESTO .....</b>                                    | <b>202</b> |
| 5.1        | <i>RELACIÓN VALORADA.....</i>                               | <i>202</i> |
| 5.2        | <i>MEDICIONES.....</i>                                      | <i>208</i> |
| <b>6</b>   | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....</b>                       | <b>214</b> |
| 6.1        | <i>DISPOSICIONES GENERALES.....</i>                         | <i>214</i> |
| 6.1.1      | <i>DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....</i>                      | <i>214</i> |
| 6.2        | <i>CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.....</i>                  | <i>216</i> |
| 6.2.3      | <i>TUBERÍAS Y ACCESORIOS .....</i>                          | <i>216</i> |
| 6.2.3.1    | <i>TUBERÍAS.....</i>  | <i>216</i> |
| 6.2.3.2    | <i>ACCESORIOS.....</i>                                      | <i>216</i> |
| 6.2.3.2.1  | <i>ROSCADOS .....</i>                                       | <i>216</i> |
| 6.2.3.2.2  | <i>RANURADOS .....</i>                                      | <i>216</i> |
| 6.2.3.3    | <i>BRIDAS .....</i>   | <i>217</i> |
| 6.2.3.4    | <i>SOPORTES.....</i>  | <i>217</i> |
| 6.2.3.5    | <i>VÁLVULAS DE CORTE O SECCIONAMIENTO .....</i>             | <i>217</i> |
| 6.2.3.6    | <i>BOQUILLAS .....</i>                                      | <i>217</i> |
| 6.2.3.7    | <i>PUESTO DE DILUVIO .....</i>                              | <i>217</i> |
| 6.2.3.8    | <i>SIRENAS Y PULSADORES.....</i>                            | <i>218</i> |
| 6.2.3.9    | <i>DETECTORES .....</i>                                     | <i>218</i> |
| 6.2.3.10   | <i>CENTRALITA.....</i>                                      | <i>219</i> |
| 6.2.3.11   | <i>GRUPO DE PRESIÓN .....</i>                               | <i>219</i> |
| 6.2.3.12   | <i>DEPÓSITO .....</i>                                       | <i>220</i> |
| 6.2.3.12.1 | <i>CARACTERÍSTICAS Y ACCESORIOS.....</i>                    | <i>220</i> |
| 6.3        | <i>LIMITES DE SUMINISTRO MECÁNICOS.....</i>                 | <i>221</i> |
| 6.4        | <i>PLACA DE CARACTERÍSTICAS.....</i>                        | <i>221</i> |
| 6.5        | <i>MONTAJE DE TUBERÍAS .....</i>                            | <i>221</i> |
| 6.5.1      | <i>CONTROL Y GUARDERÍA DE MATERIALES.....</i>               | <i>222</i> |
| 6.5.2      | <i>RECEPCIÓN DE MATERIALES.....</i>                         | <i>222</i> |
| 6.5.3      | <i>ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION DE MATERIALES.....</i>     | <i>222</i> |
| 6.5.4      | <i>TALLER DE PREFABRICACIÓN EN OBRA.....</i>                | <i>223</i> |
| 6.5.5      | <i>FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN OBRA .....</i>                 | <i>223</i> |
| 6.5.5.1    | <i>SOLDADURA .....</i>                                      | <i>224</i> |
| 6.5.5.2    | <i>CURVADO .....</i>  | <i>224</i> |
| 6.5.5.3    | <i>RANURADO TUBERÍAS.....</i>                               | <i>224</i> |
| 6.5.5.3.1  | <i>TALADRO DE TUBERÍAS.....</i>                             | <i>225</i> |
| 6.5.1      | <i>SOPORTES DE TUBERÍA .....</i>                            | <i>226</i> |
| 6.5.2      | <i>TRABAJOS DE PINTURA Y PROTECCIÓN ANTICORROSIVA .....</i> | <i>227</i> |
| 6.5.2.1    | <i>DISTANCIAS ENTRE TUBERÍAS .....</i>                      | <i>227</i> |
| 6.5.3      | <i>SOLDADURAS .....</i>                                     | <i>228</i> |
| 6.5.3.1    | <i>PROCEDIMIENTOS .....</i>                                 | <i>228</i> |
| 6.5.4      | <i>LIMPIEZA DE TUBERÍAS .....</i>                           | <i>229</i> |
| 6.6        | <i>ETIQUETADO .....</i>                                     | <i>231</i> |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 6.7   | <i>TRANSPORTE Y DESCARGA</i> .....                                  | 231 |
| 6.8   | <i>HERRAMIENTAS ESPECIALES</i> .....                                | 231 |
| 6.9   | <i>INSPECCIONES Y PRUEBAS</i> .....                                 | 231 |
| 6.9.3 | <i>INSPECCIONES</i> .....   | 231 |
| 6.9.4 | <i>PRUEBAS Y ENSAYOS</i> .....                                      | 232 |
| 6.9.5 | <i>REPARACIONES Y DEFECTOS</i> .....                                | 233 |
| 6.10  | <i>DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR TRAS LA EJECUCIÓN DE LA OBRA</i> ..... | 233 |

# ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1.3.5.4-1 . Características de las reacciones .....  | 25  |
| Tabla 1.3.5.7-1 Calor específico.....  | 32  |
| Tabla 1.3.5.8-1 Rangos de inflamabilidad.....  | 39  |
| Tabla 1.3.5.8-2 Temperaturas de inflamación y autoinflamación.....   | 39  |
| Tabla 1.3.5.8-3 Comburente .....   | 40  |
| Tabla 1.3.6.1-1 Clasificación por superficie Afectada.....   | 44  |
| Tabla 1.4.4.1-1 Ubicaciones no permitidas en función del RI .....  | 63  |
| Tabla 1.4.4.2-1. Nivel de riesgo intrínseco .....  | 64  |
| Tabla 1.5.3.1-1 Punto de inflamación de aceites aislantes usados en transformadores.....   | 66  |
| Tabla 1.5.3.2-1 Distribución de averías en transformadores de potencia en EEUU entre 1975 y 1982.....                            | 67  |
| Tabla 1.5.5.1-1 Grado de peligrosidad de los combustibles .....  | 72  |
| Tabla 1.5.5.1-2 Nivel de riesgo intrínseco .....   | 72  |
| Tabla 1.6.4.1-1 Datos Humedad.....   | 74  |
| Tabla 1.6.4.1-2 Datos Temperatura.....   | 74  |
| Tabla 1.6.5.1-1 Valores de las distancias de seguridad en el aire para transformadores en exteriores.....                        | 78  |
| Tabla 1.7.3.1-1 Determinación, número y elevación de los anillos de protección. ....   | 93  |
| Tabla 1.7.3.4-1 Tabla espesores mínimos aceptables según norma utilizada .....   | 124 |
| Tabla 1.7.3.4-2 Especificaciones de tuberías según NFPA 15.....  | 125 |
| Tabla 1.7.3.4-3 Especificaciones y dimensiones tubería ASTM A795 SCH 40 .....  | 126 |
| Tabla 1.7.3.4-4 Diámetros Drenaje .....  | 127 |
| Tabla 1.7.3.4-5 Válvulas compuerta .....   | 129 |
| Tabla 1.7.3.4-6 Válvula retención .....  | 130 |
| Tabla 1.7.3.4-7 Filtro en Y.....   | 130 |
| Tabla 1.7.3.4-8 Tabla requerimientos soportes .....  | 131 |
| Tabla 1.7.3.4-9 Dimensión mínima de varillas planas y abrazaderas de hierro .....  | 131 |
| Tabla 1.7.3.4-10 Cargas de ensayo S/FM Clase 1951-1952-1953.....   | 132 |
| Tabla 1.7.3.4-11 Ensayos de carga para puntos de anclaje a estructura .....  | 132 |
| Tabla 1.7.3.5-1 Requerimientos sistema Detección según NFPA 72.....  | 135 |
| Tabla 1.7.3.5-1 Distancia mínima entre el equipo de agua pulverizada y los componentes eléctricos no aislados, bajo tensión..... | 144 |
| Tabla 1.7.3.5-1 Distancias límites de las zonas de trabajo .....   | 145 |
| Tabla 1.7.3.5-1 Distancia máxima axial para boquillas con un determinado ángulo de pulverización.....                            | 148 |
| Tabla 2.6.1.3-1 Diámetros mínimos en aspiración UNE 23500:12 .....   | 160 |
| Tabla 2.6.1.3-1 Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales .....   | 164 |
| Tabla 2.6.1.3-2 Longitudes equivalentes accesorios UNE 12485.....  | 164 |
| Tabla 6.2.3.9-1 Características Detectores térmicos .....  | 218 |
| Tabla 6.2.3.10-1 Características técnicas centralita .....   | 219 |
| Tabla 6.5.2.1-1 Distancia entre tuberías.....  | 228 |
| Tabla 6.5.3.1-1 Procedimientos de Limpieza de tuberías.....  | 230 |



# ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 1.3.5.2-1 Átomo.....   | 24  |
| Ilustración 1.3.5.3-1 Moléculas .....  | 24  |
| Ilustración 1.3.5.4-1 Reacciones nucleares.....  | 26  |
| Ilustración 1.3.5.6-1 Reacción Redox .....   | 27  |
| Ilustración 1.3.5.7-1 Esquema Combustión.....  | 28  |
| Ilustración 1.3.5.7-2 Tipos de humo .....  | 30  |
| Ilustración 1.3.5.7-3 Llama.....   | 30  |
| Ilustración 1.3.5.7-4 Cambios de estado .....  | 33  |
| Ilustración 1.3.5.8-1 Triángulo del Fuego.....   | 36  |
| Ilustración 1.3.5.8-2 Tetraedro del fuego.....   | 37  |
| Ilustración 1.3.5.8-3 Inflamabilidad .....   | 38  |
| Ilustración 1.3.6.1-1 “Clasificación de los fuegos” según EN 2:1992.....                                   | 43  |
| Ilustración 1.3.6.1-2 Imagen de fuego en interior .....  | 46  |
| Ilustración 1.3.6.1-3 Imagen de fuego exterior en campo de entrenamiento .....                             | 46  |
| Ilustración 1.3.6.3-1 Transferencia de Calor por conducción .....  | 48  |
| Ilustración 1.3.7.1-1 Recreación histórica extinción incendios.....  | 50  |
| Ilustración 1.3.7.1-2 Bomba contra incendios inventado por Herón de Alejandría.....                        | 51  |
| Ilustración 1.3.7.2-1 Esquema de un extintor .....   | 55  |
| Ilustración 1.3.7.2-2 Distintos tipos de extintores .....  | 55  |
| Ilustración 1.3.7.2-3 Ejemplo de una BIE 45 mm.....  | 56  |
| Ilustración 1.3.7.2-4 Tipos de Hidrantes.....  | 57  |
| Ilustración 1.3.7.2-5 Esquema instalación Columna seca .....   | 57  |
| Ilustración 1.3.7.2-6 Tipos de rociadores.....   | 58  |
| Ilustración 1.3.7.2-7 Sistema de tubería seca.....   | 59  |
| Ilustración 1.3.7.2-8 Esquema sistema acción previa .....  | 59  |
| Ilustración 1.3.7.2-1.....   | 62  |
| Ilustración 1.5.3.1-1 Esquema de funcionamiento de un transformador .....                                  | 65  |
| Ilustración 1.5.3.1-2 Transformador de aceite con depósito.....  | 66  |
| Ilustración 1.5.3.2-1 Estadística de averías en transformadores de potencia en EEUU entre 1975 y 1982..... | 67  |
| Ilustración 1.5.3.2-2 Probabilidad de fallo en transformadores en función de su edad .....                 | 68  |
| Ilustración 1.5.3.3-1 Incendio de un transformador .....   | 69  |
| Ilustración 1.5.5.1-1 Tipo de establecimiento según RD 2267/2004.....                                      | 71  |
| Ilustración 1.5.5.1-1 Emplazamiento .....  | 74  |
| Ilustración 1.6.5.2-1 Plano dimensiones exteriores transformador .....                                     | 79  |
| Ilustración 1.6.6.1-1 Muro cortafuego transformador interperie.....  | 80  |
| Ilustración 1.6.6.1-2 Protección muro cortafuego ante incendio.....  | 81  |
| Ilustración 1.6.6.1-3 Dimensiones Geométricas diseño muro cortafuego transformador .....                   | 81  |
| Ilustración 1.6.6.2-1 Boquillas abiertas y válvula diluvio .....   | 83  |
| Ilustración 1.7.2.4-1 Sistema extinción por agua pulverizada funcionando.....                              | 87  |
| Ilustración 1.7.3.1-1 Boquillas de choque interno.....   | 92  |
| Ilustración 1.7.3.1-2 Boquillas con deflector.....   | 92  |
| Ilustración 1.7.3.1-3 Boquillas Pulverizadoras 3D tipo E.....  | 95  |
| Ilustración 1.7.3.1-4 Dimensiones boquilla pulverizadora .....   | 95  |
| Ilustración 1.7.3.2-1 Esquema abastecimiento UNE 23500. Grupo doble.....                                   | 101 |
| Ilustración 1.7.3.2-2 Abastecimiento Superior C1. Grupo bombeo doble. UNE 23500:12.....                    | 102 |



|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 1.7.3.2-3 Depósito tipo Chapa acero. ....  | 104 |
| Ilustración 1.7.3.2-4 Imagen 3D depósito agua chapa.....   | 105 |
| Ilustración 1.7.3.2-5 Dimensiones depósitos chapa. ....  | 106 |
| Ilustración 1.7.3.2-6 Hydrotite colocado antes de la 2ª fase de la losa .....                        | 107 |
| Ilustración 1.7.3.2-7 Hormigonado 2ª fase exterior. ....   | 108 |
| Ilustración 1.7.3.2-8 Reducción excéntrica.....  | 112 |
| Ilustración 1.7.3.2-9 Reducción concéntrica .....  | 113 |
| Ilustración 1.7.3.2-10 Prueba de presostatos. ....   | 113 |
| Ilustración 1.7.3.2-11 Dimensiones del Grupo CI seleccionado.....                                    | 116 |
| Ilustración 1.7.3.2-12 Curva H-Q grupo CI seleccionado.....  | 117 |
| Ilustración 1.7.3.3-1 Válvula Modelo E-1 Viking.....   | 118 |
| Ilustración 1.7.3.3-2 Dimensiones Válvula E-1 .....  | 119 |
| Ilustración 1.7.3.3-3 Sistema de Diluvio disparo eléctrico con TRIM .....                            | 120 |
| Ilustración 1.7.3.3-4 Válvula C1 (PORV) .....  | 121 |
| Ilustración 1.7.3.3-5 Sistema diluvio con disparo eléctrico. TRIMPAC para válvula 6" horizontal..... | 122 |
| Ilustración 1.7.3.3-6 Componentes del Trimpac .....  | 122 |
| Ilustración 1.7.3.4-1 Kit drenaje válvula 6" horizontal.....   | 127 |
| Ilustración 1.7.3.5-1 Elementos Sistema. Iniciadores .....   | 136 |
| Ilustración 1.7.3.5-2 Elementos Sistema. Notificación.....   | 136 |
| Ilustración 1.7.3.5-3 Elementos Sistema. Panel de control.....                                       | 137 |
| Ilustración 1.7.3.5-4 Esquema tipo sistema detección y alarma.....                                   | 137 |
| Ilustración 1.7.3.5-5 Detector Fenwal.....   | 138 |
| Ilustración 1.7.3.5-6 Implantación detectores en transformador .....                                 | 139 |
| Ilustración 1.7.3.5-7 Supervisión de señales sala de bombas S/ UNE 23500 .....                       | 141 |
| Ilustración 1.7.3.5-1 Perfiles de descarga en m de boquillas con distinto ángulo.....                | 148 |
| Ilustración 2.6.1.1-1 Representación gráfica teorema Bernoulli .....                                 | 156 |
| Ilustración 2.6.1.2-1 Curva característica de la instalación .....                                   | 157 |
| Ilustración 2.6.1.3-1 Curva típica H-Q de una bomba .....  | 158 |
| Ilustración 2.6.1.3-2 Curvas de una bomba .....  | 159 |
| Ilustración 2.6.1.3-1 Tabla resumen diámetros tuberías .....   | 163 |
| Ilustración 2.6.1.3-1 Longitudes equivalentes de los accesorios UNE 23500-2012.....                  | 165 |
| Ilustración 2.6.1.3-2 Diámetros tuberías acero STD 40.....   | 166 |
| Ilustración 2.6.3.1-1 Cálculo pérdidas instalación .....   | 167 |
| Ilustración 2.6.3.1-2 Tramo A-Q.....   | 167 |
| Ilustración 2.6.3.1-3 Resultados A-Q.....  | 169 |
| Ilustración 2.6.3.1-4 Tramo Q-S1 .....   | 169 |
| Ilustración 2.6.3.1-5 Resultados Q-S1 .....  | 169 |
| Ilustración 2.6.3.1-6 Tramo S1-X .....   | 170 |
| Ilustración 2.6.3.1-1 Curva H-Q instalación.....   | 172 |
| Ilustración 6.2.3.11-1 Grupo PCI. Datos técnicos y composición .....                                 | 220 |
| Ilustración 6.5.5.3-1 Pares de apriete .....   | 225 |
| Ilustración 6.5.5.3-2 Derivación para sprinkler .....  | 226 |
| Ilustración 6.5.5.3-3 Derivación simple roscada y ranurada .....                                     | 226 |

# Notación

---

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| $A^*$                   | Conjugado                           |
| c.t.p.                  | En casi todos los puntos            |
| c.q.d.                  | Como queríamos demostrar            |
| ■                       | Como queríamos demostrar            |
| e.o.c.                  | En cualquier otro caso              |
| $E$                     | número e                            |
| $\text{Re}$             | Parte real                          |
| $\text{Im}$             | Parte imaginaria                    |
| $\text{sen}$            | Función seno                        |
| $\text{Tg}$             | Función tangente                    |
| $\text{arctg}$          | Función arco tangente               |
| $\text{Sen}$            | Función seno                        |
| $\text{sen}^x y$        | Función seno de $x$ elevado a $y$   |
| $\text{cos}^x y$        | Función coseno de $x$ elevado a $y$ |
| $\text{Sa}$             | Función sampling                    |
| $\text{Sgn}$            | Función signo                       |
| $\text{Rect}$           | Función rectángulo                  |
| $\text{Sinc}$           | Función sinc                        |
| $\partial y \partial x$ | Derivada parcial de $y$ respecto    |
| $x^\circ$               | Notación de grado, $x$ grados.      |
| $\text{Pr}(A)$          | Probabilidad del suceso $A$         |
| SNR                     | Signal-to-noise ratio               |
| MSE                     | Minimum square error                |
| :                       | Tal que                             |
| $<$                     | Menor o igual                       |
| $>$                     | Mayor o igual                       |
| $\backslash$            | Backslash                           |
| $\Leftrightarrow$       | Si y sólo si                        |



# 1 MEMORIA

---

## 1.1 INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

Es un hecho que todos los años se producen grandes incendios industriales en España, en fábricas, naves, polígonos industriales, así como en el entorno urbano de nuestras ciudades, con las consecuentes pérdidas millonarias en términos económicos y de imagen para las empresas y ciudades afectadas.

La rígida normativa europea de protección contra incendios que se aplica en el sector de la construcción, en la industria, en vehículos, etc, no es infalible, no es posible predecir la totalidad de los incendios industriales en España debido a errores humanos o fallos en los equipos que los desencadenan.

El riesgo de incendio en un establecimiento industrial, siempre existe, y cuando se produce, se deben minimizar los daños a las personas, la estructura, y los recursos del inmueble.

En nuestro caso vamos a evaluar los riesgos de incendio previsibles en los transformadores de potencia de una fábrica de producción integral de acero. Para ello antes debemos evaluar los riesgos intrínsecos en este tipo de entornos industriales, donde las altas temperaturas son parte intrínseca de los procesos productivos.

El proceso de tratamiento del mineral de hierro para conseguir las aleaciones de acero se denomina siderurgia. La industria siderúrgica es la encargada de transformar el mineral obtenido en la naturaleza, tras un proceso previo de separación de impurezas mediante imantación o separación por densidad, en arrabio y posteriormente en acero. El posterior proceso de colada y laminación consiste en transformar el acero bruto fundido en el producto final como perfiles o chapas laminadas.

Una planta de acería es una instalación de un gran coste económico, tanto por el valor de sus instalaciones como por los daños económicos que supone tener que parar la producción debido a un accidente. En las instalaciones que forman parte de una acería hay una alta probabilidad de incendio al existir riesgos eléctricos, mecánicos, líquidos combustibles, lubricantes y una gran facilidad de ignición, al tratarse de procesos que se realizan a muy altas temperaturas.

En estas plantas es muy importante la correcta protección contra incendios minimizar riesgos y ser capaces de extinguir cualquier conato de incendio antes de que se produzcan daños importantes que puedan afectar al personal y a la producción.

En este proyecto nos centramos en el estudio de la instalación de protección contra incendios de los elementos que son más críticos para el proceso de producción como son los transformadores de potencia, que a su vez suministran la energía para Hornos, Trenes de laminación y otras máquinas de producción.

Deberemos elegir el sistema de extinción más conveniente para cada riesgo en función del tipo de incendio.

La protección contra incendios para evitar accidentes se centra en la prevención, mientras que la extinción entra en juego cuando se ha producido el incendio para minimizar las consecuencias.

La prevención se realiza mediante el correcto diseño de las instalaciones, materiales empleados, mantenimiento, así como cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud.

La extinción actúa de forma manual, activada por un operador, o automática, mediante un sistema de detección que dispara los equipos de protección contra incendios instalados.

El riesgo considerado, según normativa, será riesgo de fuego de materiales sólidos, líquidos combustibles inflamables y gases inflamables. Cualquier sistema automático de extinción de incendios que se precie, debe proteger las zonas con riesgo mediante boquillas colocadas adecuadamente para cubrir todas las zonas implicadas.

En nuestro caso el objeto de nuestro proyecto se centra en el diseño de un sistema de protección contra incendios de los transformadores de la subestación existente en el propio recinto de la fábrica

Dada la importancia de los transformadores y el coste de estos aparatos, surge la necesidad de la instalación de sistemas fijos de protección contra incendios para salvaguardarlos.

Entre los transformadores, tienen especial peligro de incendio los de baño de aceite, ya que utilizan grandes volúmenes de aceite utilizado como dieléctrico, que unido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en estos equipos cuando ocurre un defecto en ellos provocan que exista una alta probabilidad de que se produzca un incendio en estas situaciones.

### **1.1.2 OBJETO**

Según marca el RIPCI, en los establecimientos y zonas de uso industrial que se encuentran dentro del ámbito de aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, aprobado por Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, la instalación de los equipos y sistemas de protección contra incendios incluidos en el presente reglamento requerirá la presentación de un proyecto o documentación técnica, ante los servicios competentes en materia de industria de la Comunidad Autónoma, de acuerdo con lo establecido en el citado reglamento.

El objeto del presente proyecto es seleccionar, justificar, definir y calcular los sistemas de protección activa contra incendios de los transformadores de AT/MT instalados en una fábrica, atendiendo a la normativa de aplicación, tanto nacionales como internacionales, así como a las recomendaciones reconocidas internacionalmente y exigidas en ciertos casos por algunas compañías aseguradoras.

Se diseñará un sistema de detección, y un sistema de extinción fijo, y automático, para protección de cuatro transformadores de iguales características eléctricas y dimensiones, de baño de aceite, con una potencia nominal 65 MVA, y para unos niveles de tensión nominales de 220 KV/ 38 KV . Estos transformadores se encuentran ubicados al exterior, pero en el interior del recinto de la factoría, en lo que se conoce como la subestación eléctrica de la fábrica.

El objetivo es conseguir que se notifique con suficiente antelación y eficacia, la aparición de un conato de incendio y en su caso se sofoque el mismo de la manera más eficaz, desde el punto de vista técnico-económico, de forma que no se vea afectada la producción de la fábrica y que se impida por todos los medios que un incendio en uno de los transformadores pueda afectar al resto de transformadores ubicados en las proximidades.

La elaboración de este documento además cumple con la obligatoriedad establecida por el Art. 19 del capítulo IV, del vigente Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por el RD 513/2017, de 22 de Mayo; que exige la presentación de un proyecto ante los servicios competentes, en los establecimientos y zonas de uso industrial que se encuentren dentro del ámbito de aplicación.

### **1.1.3 ALCANCE**

Como hemos mencionado anteriormente, se trata de seleccionar, definir y diseñar un sistema de detección, y extinción de incendios adecuado para la protección de los transformadores de potencia de una

subestación eléctrica ubicada en el interior de una factoría de producción de Acero. Estructuramos el proyecto en varios bloques o apartados que podemos clasificar de la siguiente forma.

En una primera parte más teórica tratamos lo siguientes temas

- Definir aspectos teóricos e históricos relacionados con el fuego, los incendios y los medios de extinción de incendios
- Definir las instalaciones sobre las cuales vamos a diseñar el sistema de protección contra incendios.
- Reflejar la importancia de la protección contra incendios en los sistemas de generación de instalaciones industriales
- Reconocer e identificar los principales riesgos asociados al tipo de instalación a proteger.

En una segunda parte del Proyecto evaluamos las distintas alternativas para el diseño de las instalaciones de protección contra incendios objeto del Proyecto.

- Definir las principales estrategias de protección contra incendios específicas para equipos de generación, que hay en la actualidad, y selección y diseño de la solución óptima.
- Reflejar los pasos a seguir en el diseño del Sistema de PCI y definir los sistemas seleccionados

Por último se generan los apartados correspondientes a los resultados obtenidos de los cálculos realizados, incluyendo las tablas de cálculo, planos y valoración económica de las instalaciones.

- Realizar los cálculos necesarios justificativos.
- Documentar gráficamente las instalaciones
- Valorar económicamente las instalaciones diseñadas
- Especificar los materiales empleados, procesos de Ejecución y asegurar el cumplimiento de la normativa.

## 1.2 PETICIONARIO

Se redacta este documento con motivo de la presentación del Trabajo Fin de Grado, necesario para la superación de los estudios de Grado en Tecnologías Industriales, que el alumno José Luis Jiménez Vergara está realizando en la Escuela Superior de Ingenieros perteneciente a la Universidad de Sevilla.

## 1.3 FUEGO E INCENDIO

### 1.3.3 DENINICIÓN

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), la palabra Fuego, proveniente del latín FOCUS, se define como “Fenómeno caracterizado por la emisión de calor y de luz, generalmente con llama”.

Igualmente, la palabra Incendio, proveniente del latín INCENDIUM, se define como “Fuego grande que destruye lo que no debería quemarse”.

Según la norma UNE 23026 se define el fuego como una combustión caracterizada por la emisión de calor, humo y llamas. En esta misma norma se define la combustión como una reacción química exotérmica de oxidación en la que se combina un elemento que arde, que se denomina combustible, y otro que produce la combustión, también llamado comburente que en la mayoría de los casos se corresponde con el oxígeno en forma de O<sub>2</sub> gaseoso, y en la que se desprende calor (exotérmica), luz, humo y gases.

La norma UNE 23026, aunque antigua, se sigue aplicando en España con respecto a la definición de fuego, pero existen otras normativas vigentes como la UNE-EN ISO 1943:2001, aplicada en Europa y que anula la norma anterior, o incluso la NFPA, aplicada en Estados Unidos y empleada como referencia en la mayoría de los países latinoamericanos.

La norma ISO 13943 define el fuego como una combustión autopropulsada que ha sido deliberadamente puesta en marcha para beneficiarse de sus efectos y que está controlada en su duración y su extensión especial.

La misma norma ISO 13943 define el incendio como un fuego que se propaga incontroladamente en el tiempo y en el espacio.

El fuego es una combustión, y lo que aplica al fuego también aplica al incendio. Una combustión es un proceso químico-físico que se manifiesta cuando un cuerpo se une al oxígeno y desprende calor. La velocidad de reacción del proceso determina si se trata de una simple oxidación o de una violenta explosión. El fuego no, es más, en resumidas cuentas, que una reacción de oxidación-reducción fuertemente exotérmica.

El descubrimiento del fuego ha sido de gran utilidad para la evolución de la humanidad, con contribuciones tan positivas para el ser humano como la mejora en la calidad de vida o el desarrollo tecnológico. Sin embargo, su pérdida de control, como ocurre en los incendios, puede tener consecuencias fatales. Para dominar y controlar el fuego, para evitar que el incendio se produzca y para extinguirlo en el caso de que llegue a suceder, es necesario conocer que es el fuego.

### 1.3.4 HISTORIA

Durante un largo periodo de tiempo, la ciencia consideró que el hombre había descubierto el fuego hace más de 500.000 años durante la época del Homo erectus con un desarrollo durante la época del Homo sapiens. Sin embargo, las investigaciones más recientes de restos o vestigios de fuego hallados en África han evidenciado que el fuego podría tener un origen mucho más antiguo sin que se haya podido determinar. Si se descubrió, como siempre se ha creído, a partir del roce de materiales como la piedra o la madera, o debido a que se aprovechó el fuego a partir de un incendio natural.

En África se han hallado vestigios de fuego mucho antes de lo considerado hasta hace poco. De hecho, se han encontrado huesos que habrían sido quemados y sedimentos que se habrían calentado y que tendrían más de un millón de años.

En cuanto al dominio de este elemento, parece que esto se produjo hace 800.000 años a partir de los restos hallados en el yacimiento de Geshert Benot Ya'aqov en Israel si bien fue aquí donde se han encontrado pequeños refugios a partir de madera quemada y pedernal cortado y restos de comida que habrían sido quemados o cocinados en el fuego.

El uso de cocinas o de «chimeneas» para alimentarse en cambio, datan de hace unos 400.000 años, mientras que la obtención de lumbre parece que se solían conseguir a partir de la fricción de trozos de madera.

El primer «encendedor» o chisquero, sin embargo, data de hace «tan solo» 35.000 años. Una mecha que se creó a partir de pequeños trozos de sulfuro de hierro que generaban chispas al chocar contra una roca, haciendo que se pudieran encender hogueras.

El fuego supone una clara evolución de la humanidad, hasta el punto de favorecer que surgiera el hombre moderno. Gracias a su descubrimiento y posterior dominio, el hombre ya no dependía tanto del sol o de las horas de luz y podía salir de noche a cazar y ampliar su alimentación, que además comenzó a estar marcada por la cocción y cocinado de todo tipo de animales y plantas.

También permite también almacenar y conservar mejor los alimentos, propiciando de este modo que el hombre se expanda y pueda descubrir nuevos alimentos.

Tiene especial importancia recordar la influencia del fuego para la construcción de todo tipo de armas, así como los primeros objetos de metalurgia y benefició o propició también la agricultura.

### 1.3.5 TEORÍA DEL FUEGO

#### 1.3.5.1 EVOLUCIÓN EN LA CONCEPCIÓN CIENTÍFICA DEL FUEGO

En la antigüedad clásica el fuego fue uno de los cuatro elementos clásicos, junto con el agua, el aire y la tierra. Los cuatro elementos representaban las cuatro formas conocidas de la materia y eran utilizados para explicar diferentes comportamientos de la naturaleza. En la cultura occidental, el origen de la teoría de los cuatro elementos se encuentra en los filósofos presocráticos de la Grecia clásica, y desde entonces

ha sido objeto de numerosas obras de expresión artística y filosófica, perdurando durante la Edad Media y el Renacimiento e influyendo profundamente en la cultura y el pensamiento europeos. Paralelamente, el hinduismo y el budismo habían desarrollado concepciones muy parecidas.

En la mayoría de estas escuelas de pensamiento se suele añadir un quinto elemento a los cuatro tradicionales, que se denomina, alternativamente, idea, vacío, éter o quintaesencia (literalmente "la quinta esencia").

El concepto de los elementos clásicos continuó vigente en Europa durante la Edad Media, debido a la preeminencia de la visión cosmológica aristotélica y a la aprobación de la Iglesia católica del concepto del éter que apoyaba la concepción de la vida terrenal como un estado imperfecto y el paraíso como algo eterno.

El uso de los cuatro elementos en la ciencia se abandonó en los siglos XVI y vii, cuando los nuevos descubrimientos sobre los estados de la materia superaron la concepción clásica.

En el siglo viii, Johann Joachim Becher propuso una versión particular de la teoría de los cuatro elementos: el papel fundamental estaba reservado a la tierra y al agua, mientras que el fuego y el aire eran considerados como simples agentes de las transformaciones. Todos los cuerpos, tanto animales como vegetales y minerales, estaban formados, según Becher, por mezclas de agua y tierra. Defendió también que los verdaderos elementos de los cuerpos debían ser investigados mediante el análisis, y, en coherencia, propuso una clasificación basada en un orden creciente de composición. Becher sostenía que los componentes inmediatos de los cuerpos minerales eran tres tipos diferentes de tierras, cada una de ellas portadora de una propiedad: el aspecto vítreo, el carácter combustible y la fluidez o volatilidad. La tierra, que denominó "*terra pinguis*", se consideraba portadora del principio de la inflamabilidad. Su nombre podría traducirse como *tierra grasa* o *tierra oleaginosa*, que en la alquimia se conoce con el nombre de azufre, aunque Becher empleó también otras expresiones para designarla; entre ellas, *azufre flogisto* (este sustantivo derivado del griego "*phlogistos*", que significa 'inflamable'). Finalmente fue la palabra flogisto la que acabó imponiéndose, gracias sobre todo a la labor del más efectivo defensor de sus ideas, Georg Ernst Stahl.

La teoría del flogisto se mantuvo hasta los años 1780, cuando Antoine Laurent Lavoisier, considerado el padre de la química moderna, diseñó un experimento para contrastarla. Lavoisier colocó una pequeña cantidad de mercurio sobre un sólido flotando sobre agua, lo cerró bajo una campana de vidrio y provocó la combustión del mercurio. Según la teoría del flogisto, el cuerpo flotante debería estar menos sumergido tras la combustión, ya que la cantidad restante de sustancia junto a la ceniza debería pesar menos que la inicial y el volumen de aire dentro de la campana debería aumentar como efecto de la asimilación del flogisto, y con ello el nivel de líquido cerrado debería ser más bajo que al comienzo. El resultado del experimento contradujo los resultados esperados según esta teoría. Lavoisier interpretó correctamente la combustión, eliminando el flogisto en su explicación. Las sustancias que arden se combinan con el oxígeno del aire, por lo que ganan peso. El aire que está en contacto con la sustancia que se quema pierde oxígeno y, por tanto, también volumen.

Con Lavoisier los químicos abandonaron progresivamente la teoría del flogisto y se apuntaron a la teoría de la combustión basada en el oxígeno.

### 1.3.5.2 COMPOSICIÓN DE LA MATERIA

Para conocer cualquier tipo de combustión en profundidad es importante tener en cuenta la composición de la atmósfera, formada por una mezcla de gases en la que predominan el oxígeno con un 21% de peso en la composición y el nitrógeno con un 79%. El resto aproximadamente un 0,02% está formado por otros gases como el dióxido de carbono, neón, criptón, xenón, etc.

La materia está formada por moléculas compuestas a su vez por átomos que asimismo están integrados por neutrones, protones y electrones. A la unión de 2 o más átomos se denomina compuesto.



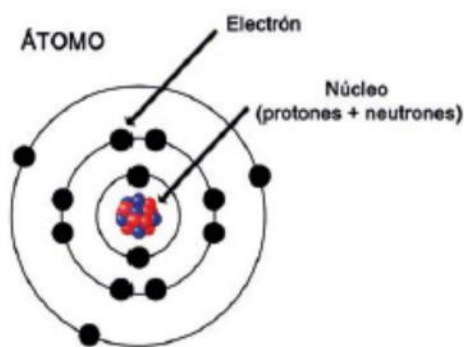


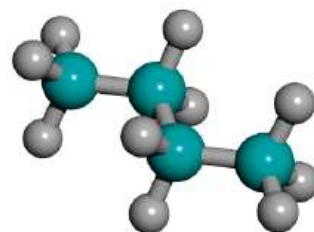
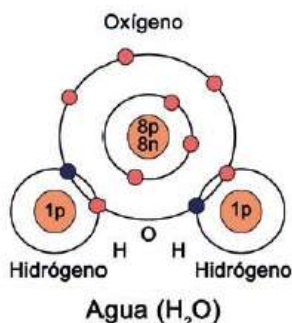
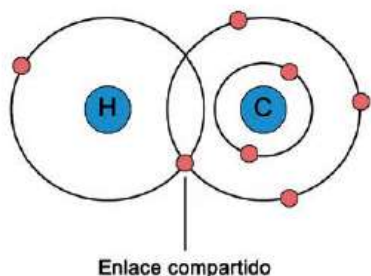
Ilustración 1.3.5.2-1 Átomo

### 1.3.5.3 SUSTANCIAS Y FÓRMULAS QUÍMICAS BÁSICAS

Se denomina sustancia a cualquier variedad de materia que posea unas características definidas y reconocibles y cuya composición química sea invariable. Existen dos tipos de sustancias, simples o elementos químicos y Compuestas o compuestos químicos.

Una fórmula química expresa el número de átomos de los distintos elementos en la molécula, pero no siempre indica su distribución. Por ejemplo, la fórmula química del agua está formada por 2 átomos de Hidrógeno y uno de Oxígeno o la fórmula química del butano está formada por 4 átomos de Carbono y 10 de Hidrógeno como se puede ver en la figura

Enlace covalente de carbono e hidrógeno



Estructura del butano

Ilustración 1.3.5.3-1 Moléculas

### 1.3.5.4 REACCIONES

Una reacción se define como el cambio que experimenta un elemento o compuesto, como por ejemplo los combustibles en el proceso de combustión. Pueden ser de tres tipos: físicas, químicas o nucleares.

- Físicas: se produce cuando cambia el estado de la materia. Un ejemplo es cuando el agua se evapora, ya que cambia de estado líquido a estado gaseoso. Se modifican las propiedades de la materia, pero no se forma una materia nueva. Las moléculas que forman los reactivos (elementos originales de partida) son iguales a las moléculas que forman los productos (elementos resultantes)
- Químicas: se produce cuando cambia la composición química del elemento. Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias denominadas reactivos, se transforman en otras sustancias con propiedades diferentes que se conocen como productos de la reacción. Por ejemplo, el oxígeno del aire reacciona con el hierro y produce óxido de hierro. Los elementos que forman las moléculas, tanto en los reactivos como en los productos, se conservan en la nueva sustancia.
- Nucleares: son procesos de combinación y transformación de las partículas y núcleos atómicos. Puede ser endotérmica o exotérmica en función de si precisa energía para producirse o si la desprende.

Cuando un átomo radiactivo se desintegra, las partículas que están en su interior (neutrón, protón y electrón) originan otras partículas. Las partículas alfa, beta y la radiación gamma son las más características en un fenómeno de radiación nuclear. El decaimiento de un átomo radiactivo se expresa como una reacción química y se indica el número atómico y el número másico de cada una de las especies de la reacción.



${}^{14}_7\text{N}$  (14 es el número másico y 7 es el número atómico)

Estas reacciones se llaman reacciones nucleares y tienen características distintas a las reacciones químicas comunes. En la siguiente tabla indicamos las características básicas que diferencian ambos tipos de reacciones.

Tabla 1.3.5.4-1 . Características de las reacciones

| Reacciones químicas  | Reacciones nucleares  |
|--|---|
| Los átomos se reordenan por la ruptura y formación de enlaces químicos.  | Los elementos o los isótopos de un elemento generan otro elemento al cambiar la constitución del núcleo del átomo.  |
| En la ruptura y formación de los enlaces solo participan los electrones.   | En las reacciones pueden participar protones, neutrones, electrones y otras partículas elementales.   |
| Las reacciones van acompañadas por la absorción o liberación de cantidades de energía relativamente pequeñas.<br>$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 200 \text{ kcal.}$ | Las reacciones van acompañadas por la absorción o liberación de enormes cantidades de energía.<br>${}_3\text{Li} + {}_1\text{H} \rightarrow 2 {}_2\text{He} + 23000000 \text{ kcal.}$ |
| La temperatura, presión y concentración de los reactantes y catalizadores son factores que determinan la velocidad de una reacción.  | Las velocidades de reacción generalmente no se ven afectadas por la temperatura, la presión o los catalizadores.  |

En una reacción nuclear los elementos que forman los productos son diferentes a los elementos originales de partida (reactivos).

Las partículas con carga eléctrica se pueden acelerar con campos eléctricos y magnéticos con el fin de facilitar el choque y la reacción al impacto a gran velocidad. Los neutrones y otras partículas neutras no pueden ser aceleradas.

Existen básicamente dos tipos de reacciones nucleares.

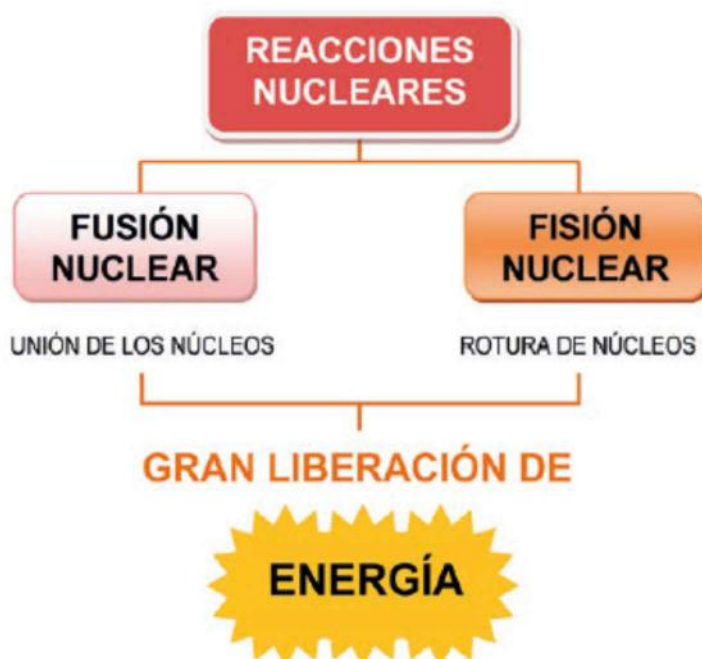


Ilustración 1.3.5.4-1 Reacciones nucleares

- **Fisión Nuclear.** Es una reacción en la que un núcleo pesado, al ser bombardeado con neutrones, se convierte en inestable y se descompone en dos núcleos de un tamaño del mismo orden de magnitud, con gran desprendimiento de energía y la emisión de dos o tres neutrones. Estos neutrones, a su vez, pueden ocasionar más fisiones al interactuar con nuevos núcleos fisionables, que emitirán nuevos neutrones y así sucesivamente. Este efecto multiplicador se conoce como reacción en cadena. En una fracción de segundo el número de núcleos que se han fisionado libera una energía un millón de veces mayor que la obtenida al quemar un bloque de carbón o explotar un bloque de dinamita de la misma masa.
- **Fusión Nuclear.** Es una reacción en la que dos núcleos de átomos ligeros se unen para formar otro núcleo más pesado. Generalmente esta unión va acompañada de la emisión de partículas. Esta reacción nuclear libera o absorbe gran cantidad de energía en forma de rayos gamma y también de energía cinética de las partículas emitidas.

### 1.3.5.5 REACCIONES ENDOTÉRMICAS Y EXOTÉRMICAS.

En las reacciones químicas, salvo en las nucleares, la energía se conserva. En una reacción se consideran dos fases diferenciadas: primero los enlaces químicos de los reactivos se rompen, después se reordenan para formar nuevos enlaces. Esta operación requiere cierta cantidad de energía, que será liberada si el enlace roto vuelve a formarse.

Los enlaces químicos con alta energía se conocen como enlaces Fuertes, pues precisan un esfuerzo mayor para romperse. Si en el producto se forman enlaces más Fuertes que los que se rompen en el reactivo, se libera energía en forma de calor, lo que se denomina reacción exotérmica. Se produce porque las sustancias resultantes de la reacción tienen menos energía que las que dieron lugar a la misma. Esa energía sobrante se manifiesta en forma de calor. En caso contrario, la energía es absorbida y la reacción se denomina endotérmica.

Debido a que los enlaces fuertes se crean con más facilidad que los débiles, son más frecuentes las reacciones exotérmicas que las endotérmicas. Un ejemplo de reacción endotérmica espontánea es la disolución de la sal en el agua.

### 1.3.5.6 REACCIÓN REDOX

Las reacciones redox o reacciones de óxido-reducción son aquellas en las que hay movimiento de electrones desde una sustancia que cede electrones (reductor) a una sustancia que capta electrones (oxidante). La sustancia que cede electrones se oxida, la que gana electrones se reduce.

La oxidación es el proceso mediante el cual un determinado elemento químico cede electrones, lo que se traduce en un aumento de su índice de oxidación. La reducción es el proceso mediante el cual un determinado elemento químico capta electrones, lo que se traduce en una disminución de su índice de oxidación.

La sustancia, molécula o ion que, al reaccionar, se oxida reduce a la sustancia con la que reacciona porque le cede electrones, y se denomina agente reductor. La sustancia, molécula o ion que, al reaccionar, se reduce oxida a la sustancia con la que reacciona porque le quita electrones, y se denomina agente oxidante.

El fuego es una combustión en la que intervienen un oxidante y un reductor, el oxidante es el comburente y el reductor el combustible. La reacción química que se produce en la que uno se oxide a costa del otro que se reduce es fuertemente exotérmica.

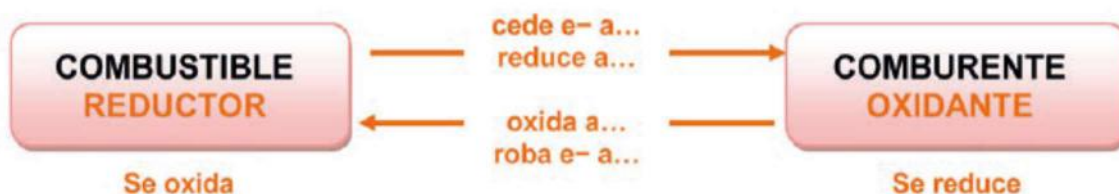


Ilustración 1.3.5.6-1 Reacción Redox

### 1.3.5.7 COMBUSTIONES

#### 1.3.5.7.1 DEFINICIONES

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de puntos en forma de calor y luz, que se manifiesta visualmente por el fuego.

Como ya se ha comentado, la norma UNE 23026 define combustión como una reacción exotérmica de una sustancia combustible con un oxidante, fenómeno generalmente acompañado de una emisión lumínica en forma de llamas o de incandescencia con desprendimiento de humos y de productos volátiles.

Existen otras definiciones de combustión. Por ejemplo, la norma sobre calidad y gestión de la calidad ISO 13943 define la combustión como una reacción exotérmica de una sustancia con la participación de un oxidante, que generalmente emite efluentes acompañados de llamas y/o luz visible.

Los tipos más frecuentes de combustible son las materias orgánicas que contienen carbono e hidrógeno.

En una reacción completa todos los elementos que forman el combustible se oxida completamente. Los productos que se forman son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), y en ocasiones, óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), en función de la temperatura, la cantidad de oxígeno en la reacción y, sobre todo, la presión.

En la combustión incompleta, debido a que el comburente y el combustible no están en la proporción adecuada, los productos que se queman pueden no reaccionar con el mayor estado de oxidación y dar como resultados compuestos como el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). Además, puede generarse carbón.

Las principales características de la combustión son las siguientes:

- Es un proceso químico de oxidación-reducción (reactivos-productos)
- De carácter fuertemente exotérmico
- La velocidad de la reacción, cantidad de calor producida por unidad de tiempo, o también llamada tasa de liberación de calor, determina la cantidad de calor producida
- Se trata de una reacción autoalimentada por la energía liberada

- Los reactivos se llaman combustible y comburente

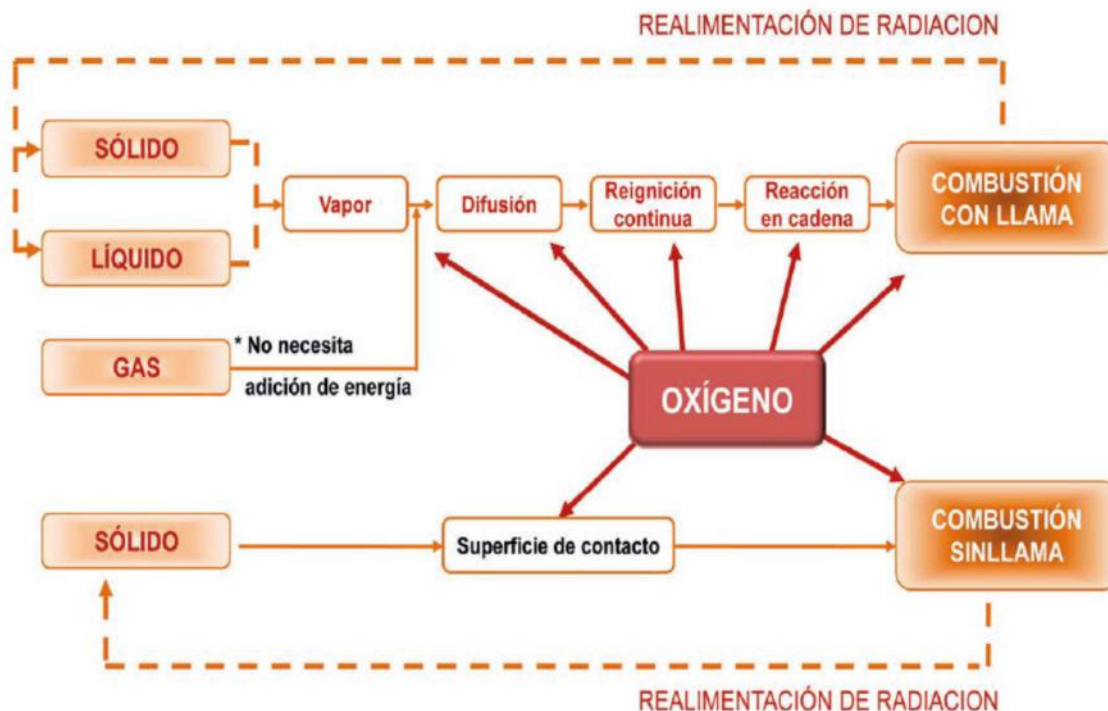


Ilustración 1.3.5.7-1 Esquema Combustión

- Los productos obtenidos son calor, humo, gases de combustión y radiación luminosa
- El comburente (oxidante) suele ser oxígeno atmosférico
- El combustible (reductor) puede estar en fase sólida, líquida y/o gaseosa
- La combustión en fase sólida generalmente produce incandescencia.
- La combustión en fase líquida, tras vaporizarse, o en fase gaseosa generalmente produce una llama visible.
- Los dos modos de combustión (con y sin llama) pueden tener lugar separada o conjuntamente.

Existen dos tipos de combustiones, combustiones de aportación y combustiones de propagación

### 1.3.5.7.2 COMBUSTIONES DE APORTACIÓN

Las combustiones de aportación son aquellas en las que la masa reactiva se va incorporando al frente de reacción. Se dividen en:

- Combustión con llama: es una combustión que se desarrolla íntegramente en fase gaseosa y que produce calor, luz y gases. La combustión con llama se representa con un tetraedro en el que cada uno de sus lados corresponde a cada uno de los cuatro requisitos básicos. Más adelante esto se describirá detalladamente en el punto 1.3.3.8
- Combustión latente: es una reacción exotérmica de oxidación lenta en la que no se aprecia luz y generalmente se revela por un aumento de la temperatura o por humo. Produce calor, no tiene llama y se propaga en combustibles porosos.

La norma ISO 13943 la define como aquella combustión de un material sin presencia de llama o luz visible.

Muchos materiales pueden sufrir una combustión latente, como por ejemplo el carbón, la celulosa, la madera, el algodón, el tabaco, la turba, el humus, los jabones sintéticos, los polímeros carbonizados, y algunos tipos de polvo

- Combustión incandescente: Es una producción sin llama, con emisión de luz visible y que produce luz y calor. Tiene manifestación visible en forma de ascuas. La norma ISO 13493 la define como una



combustión de un material en fase sólida, sin llama, pero con emisión de luz desde la zona de combustión.

- d) Combustión espontánea: Es aquella combustión que se inicia sin aporte de calor externo.

### 1.3.5.7.3 COMBUSTIONES DE PROPAGACIÓN.

Son aquellas combustiones también denominadas de premezcla. En las combustiones la velocidad de reacción puede ser distinta y por eso se habla de distintos tipos de combustión. En función de las velocidades de combustión es posible definir tres tipos.

- Combustión lenta. Menos centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene poco aporte de oxígeno.
- Combustión viva o normal. Más centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene buen aporte de oxígeno.
- Combustión instantánea. Dependiendo de la velocidad puede ser:
  - Deflagraciones: Ondas de combustión cuyo frente avanza a velocidad subsónica, a velocidad inferior a 333 m/s
  - Detonaciones: Ondas de combustión cuyo frente avanza a velocidad sónica o supersónica, mayor de 333 m/s y lleva asociada, por tanto, una onda de choque.

Una explosión es una súbita liberación (lo suficientemente rápida para que la energía se disipe mediante una onda de choque) de gas a alta presión (superior a la de la atmósfera circundante en el momento de la liberación) en el ambiente. Un proceso rápido de oxidación o reacción de descomposición puede generar una explosión de origen químico y que se denominan deflagraciones y detonaciones.

### 1.3.5.7.4 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.

Definiremos y enumeraremos en este apartado de forma breve los distintos productos y elementos que se forman tras producirse una combustión. Al producirse una reacción exotérmica con la suficiente velocidad de reacción para que se pueda identificar como un incendio o un fuego, se establece una ecuación con unos elementos que reaccionan y cambian sus características químicas para dar lugar a unos productos o elementos diferentes.

#### 1.3.5.7.4.1 HUMO

El humo está formado por una mezcla de aire, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas de carbón en suspensión y pequeñas partículas de combustible. Se produce cuando la combustión es incompleta y no se queman completamente los materiales combustibles.

Las partículas, polvo rico en carbono de tamaños comprendidos entre 0.005 y 0.01 milimicras y denominado hollín, se producen cuando arde la mayoría de los materiales orgánicos en condiciones de combustiones incompletas. La producción de estas sustancias carbonosas es acusada en la combustión de prácticamente todos los derivados del petróleo. Dentro del humo también se encuentran otras partículas además del hollín, como las cenizas (residuos inorgánicos en polvo, resultado de una combustión completa) o las escorias (aglomerado sólido de residuos provenientes de una combustión total o parcial y que puede ser una fusión parcial o completa de material o de residuos)

El humo es el principal factor de riesgo en el desarrollo de un incendio. Tiene efectos perjudiciales sobre las personas y al evitar el paso de la luz complica las tareas de extinción, así como las de salvamento y evacuación en caso de incendios. Existen distintos tipos de humo en función de los materiales implicados.

- a) Humo blanco: Los combustibles arden libremente con gran presencia de  $O_2$ , y que el humo está compuesto principalmente de vapor de agua. Puede tener origen en productos vegetales, forrajes, fósforos, algunos piensos, etc.
- b) Humo negro: Fuegos de gran carga térmica, normalmente con poco aporte de oxígeno, generado por fibras sintéticas, polímeros, cauchos o productos derivados del petróleo. Su origen puede ser fibras artificiales, cauchos, poliéster, gasóleo, gasolina, petróleo, plásticos, etc.
- c) Humos de color:
  - a. Amarillo. Con origen en sustancias químicas que contienen azufre y ácido nítrico

- b. Amarillo verdoso. Sustancias con contenido en cloro
- c. Violeta. Sustancias químicas que contienen yodo.
- d. Azul. Asociado a hidrocarburos.



Ilustración 1.3.5.7-2 Tipos de humo

#### 1.3.5.7.4.2 LLAMAS

La llama es un gas incandescente cuya temperatura es variable y depende de factores como el tipo de combustible y la concentración de comburente.

La norma ISO 13943 define la llama como la zona de combustión en fase gaseosa, usualmente con emisión de luz. La llama es un fenómeno propio de la combustión, que se manifiesta como fenómeno luminoso acompañado de una producción de calor. El grado de luminosidad o intensidad de la llama dependerá de la naturaleza del combustible y de la aportación del comburente.

La mayoría de los combustibles arden siempre con llama, aunque las llamas se producen siempre en la fase gaseosa. El color de la llama depende de la composición química del combustible y de la cantidad de oxígeno presente. Si la proporción de oxígeno es elevada, las llamas son de color amarillo luminoso y son oxidantes. Si la proporción de oxígeno es baja, las llamas son de color azul, reductoras y más energéticas.

En las combustiones sin llama, la dilación luminosa emitida se conoce como incandescencia o ascuas. Esta radiación es de mayor longitud de onda y, por tanto, de menor energía.

Las zonas de la llama son:

- Zona interna. Zona fría y oscura, no hay combustión por falta de oxígeno
- Zona media. Zona muy luminosa, la falta de oxígeno no hace que la combustión sea incompleta
- Zona externa. Zona poco luminosa, en las que las temperaturas alcanzan sus valores máximos. La combustión tiene lugar en esta zona



Ilustración 1.3.5.7-3 Llama

Las temperaturas de la llama dependen de la naturaleza del combustible que arde y de los productos resultantes de la combustión. En la práctica las temperaturas de la llama alcanzan de 1800 °C a 2200 °C. Sólo la llama oxiacetilénica supera estas temperaturas.

#### 1.3.5.7.4.3 CALOR

Los incendios son reacciones químicas exotérmicas que desprenden calor. No debemos confundir calor con temperatura. La temperatura es una manifestación de la energía (calor) que poseen todos los cuerpos y depende del movimiento de las moléculas (a mayor movimiento, excitación, agitación o velocidad de traslación de los electrones, mayor temperatura adquiere el cuerpo). Los cuerpos no tienen calor, sino temperatura. El calor es el proceso mediante el cual la energía se transfiere de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. Es posible medir el calor, ya que los cambios de estado calorífico de los cuerpos se manifiestan por su temperatura o estado físico.

Se llama calor de combustión de una sustancia al calor que se desprende cuando reacciona con el oxígeno a volumen y presión constante. Es el proceso más importante por el cual se genera energía calorífica. El calor de combustión de un material es la cantidad de calor liberado por unidad de volumen y masa cuando se quema por completo. Su unidad es la caloría o el julio, según se hable de energía térmica o energía mecánica. La caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado de temperatura un gramo de agua y es variable de unas sustancias a otras (dato tomado con el agua entre 14,5 °C y 15,5 °C de temperatura a una presión atmosférica normal)

El calor es la suma de la energía cinética de todas las moléculas del cuerpo. Las cinco categorías de la energía calorífica son: eléctrica, mecánica, química, nuclear y solar.

La conductividad calorífica es la propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor a través de ellos. Las principales fuentes de calor son el sol y los combustibles (sólidos, líquidos y gaseosos)

La temperatura es una propiedad física del estado de los cuerpos. A medida que aumenta la energía cinética de un sistema, se observa que aumenta su grado térmico; es decir; que su temperatura es mayor.

Podemos decir que el calor es una energía producida por la interacción de las moléculas de la materia, mientras que la temperatura es la manifestación del grado de calor que alcanzan los cuerpos (estado térmico de los cuerpos). Cuando se aplica calor a un material, el principal efecto que se observa es un cambio de temperatura.

El calor de un cuerpo es la suma de la energía cinética (en movimiento) de todas sus moléculas. La temperatura de un cuerpo es la cinética de sus moléculas.

Se denomina calor específico a la capacidad de una sustancia para tomar energía en forma de calor, y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °C la temperatura de un cuerpo de un gramo. El calor específico es distinto para cada sustancia y varía ligeramente con la temperatura. Cuanto mayor calor específico tenga un cuerpo, mayor será su efecto refrigerante.



Tabla 1.3.5.7-1 Calor específico.

| Sustancia     | c [J/(g°C)] | c [cal/(g°C)] |
|---------------|-------------|---------------|
| Agua          | 4,182       | 1,0           |
| Aire seco     | 1,009       | 0,241         |
| Aluminio      | 0,896       | 0,214         |
| Bronce        | 0,385       | 0,092         |
| Cobre         | 0,385       | 0,092         |
| Concreto      | 0,92        | 0,22          |
| Hielo (a 0°C) | 2,09        | 0,5           |
| Plomo         | 0,13        | 0,031         |
| Vidrio        | 0,779       | 0,186         |
| Zinc          | 0,389       | 0,093         |

Se denomina capacidad calorífica de un cuerpo a la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °C la temperatura de dicho cuerpo. Se representa con C. Se puede calcular en función de la masa y el calor específico del cuerpo con la fórmula  $C = \text{Masa} * \text{Calor específico}$ .

El calor produce sobre los cuerpos dos efectos importantes, dilatación y cambios de estados.

La dilatación es el aumento de volumen que experimentan los cuerpos al ser calentados, en cualquier estado en que se hallen. Los gases tienen mayor poder de dilatación. Hay excepciones, y la más importante es el agua, que al descender la temperatura de esta de 4 °C a 0 °C se dilata. En el resto de los intervalos se comporta normalmente.

Los cambios de estado pueden ser progresivos o regresivos.

Los progresivos son aquellos en los que el cuerpo absorbe calor y se denominan:

- Fusión: paso de sólido a líquido (ejemplo: hielo-agua)
- Vaporización: paso de líquido a gas (ejemplo: agua-vapor-gas)
- Sublimación: paso de sólido a gas (ejemplo: nieve-polvo-gas)

Los regresivos son aquellos en los que el cuerpo desprende calor, y se denominan:

- Solidificación: paso de líquido a sólido (ejemplo: agua-hielo)
- Condensación o licuefacción: paso de gas a líquido (ejemplo: gases licuados del petróleo)
- Sublimación regresiva: paso de gas o vapor a sólido

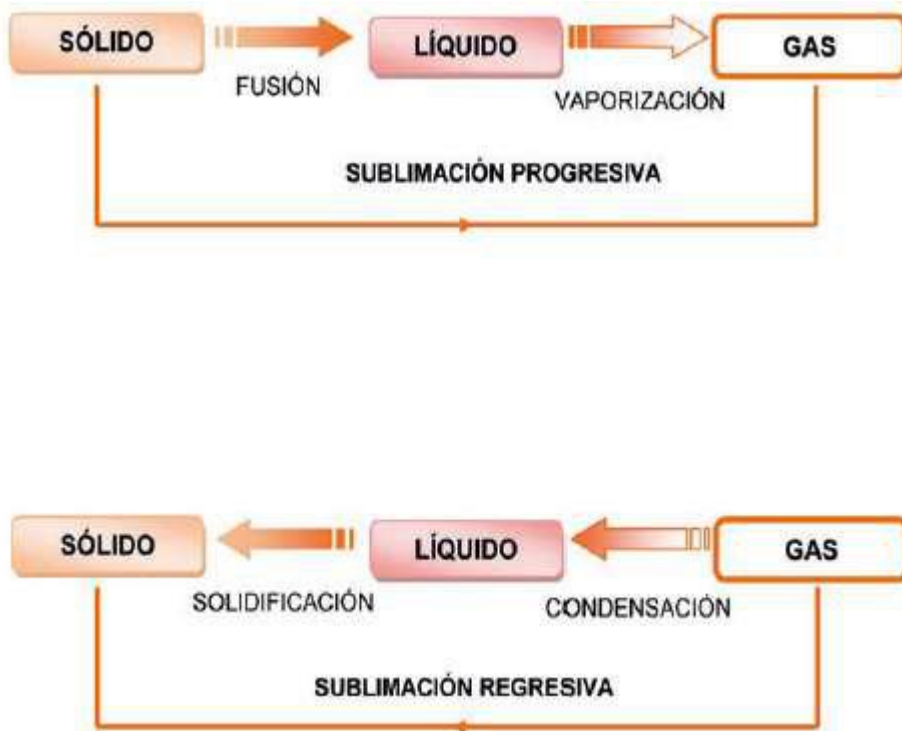


Ilustración 1.3.5.7-4 Cambios de estado

#### 1.3.5.7.4.4 GASES

Gran parte de los elementos que constituyen el combustible en una combustión forman compuestos gaseosos cuando arden. La cantidad de gases que se producen en los incendios depende de los materiales presentes en la combustión.

La mayor parte de los materiales combustibles contiene carbono, que forma dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) al quemarse si la concentración de aire es suficiente y la combustión es completa; puede producirse monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) si dicha concentración es baja, produciéndose una combustión incompleta por falta de Oxígeno.

Estos 2 gases, junto al vapor de agua, son los gases de combustión más abundantes en los incendios, pero también se produce amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), ácido cianhídrico ( $\text{HCN}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), fosgeno, etc.

Estos gases pueden ser tóxicos y producir en las personas que lo respiran incapacidad física, pérdida de coordinación, desorientación, envenenamiento e incluso la muerte.

Analizamos y describimos los gases que se producen en la combustión, informando de sus propiedades y patologías que pueden producir en las personas.

- a) Monóxido de Carbono. Gas incoloro, más ligero que el aire, que arde con llama azul. Es inflamable y explosivo en mezclas con el aire de 12,5% a 74,2%.

Se forma en la combustión incompleta de los materiales orgánicos carbonáceos, como la madera, carbón de madera o minera, petróleo y sus fracciones, gas natural y artificiales o subproductos de explosivos.

El  $\text{CO}$  ingresa en el organismo por las vías respiratorias. Una vez respirado se combina con la hemoglobina ( $\text{Hb}$ ) para formar carboxihemoglobina ( $\text{COHb}$ ), unión que hace que la sangre pierda su capacidad transportadora de  $\text{O}$ , lo que provoca una hipoxia que puede derivar en anoxia.

La  $\text{COHb}$  es una reacción reversible y los glóbulos rojos aparentemente no son dañados. Cuando cesa la exposición el  $\text{O}$  suplanta al  $\text{CO}$  en la sangre y se forma de nuevo  $\text{OHb}$ . La cantidad de  $\text{CO}$  unida a la  $\text{Hb}$  en forma de  $\text{COHb}$  se expresa en % de saturación sanguínea.

- b) Dióxido de Carbono o anhídrido carbónico. Es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Es un gas no inflamable, soluble en agua, incoloro e inodoro, pero con pequeña molestia picante. Es más pesado que el aire y oxidante al contacto con el agua. No es tóxico, pero sí asfixiante.

Ingresa en el organismo de diversas formas:

- Ingestión. Puede causar irritación, vómitos, náuseas y hemorragias en el tracto digestivo
- Inhalación. Produce asfixia y causa hiperventilación. La exposición a largo plazo es peligrosa.
- Piel y ojos. En contacto directo puede producir congelación.

Es aproximadamente 1,52 veces más pesado que el aire

- c) Cianuro de hidrógeno, ácido prúsico o ácido hidrociánico. Se designa como cianuros (CN) al ácido cianhídrico, a sus sales y a los cianuros de sodio, potasio y calcio, que son los más usados en el medio laboral. En estado gaseoso es un gas incoloro más pesado que el aire, en estado líquido es un líquido blanco azulado de olor característico a almendras amargas. Es explosivo en mezclas de 5% a 40% con aire.

Los cianuros anteriormente citados, producen HCN por acción del agua y los ácidos.

Ingresa en el organismo por varias vías:

- Respiratoria. Importante, especialmente para el HCN
- Digestiva. Ocasional o accidental
- Cutánea. Importante, especialmente con las sales.

Producen por acción local irritación de las mucosas respiratorias y de la piel de grado mínimo a intenso.

La acción general es la más importante del HCN y los cianuros, que tienen gran capacidad y rapidez para formar complejos con los iones metales. Entre ellos está el Fe, que actúa como cofactor con la citocromooxidasa a nivel de la respiración celular. El CN se une con el ion del Fe e inhibe la enzima, lo que provoca una anoxia química por falta de entrega de O<sub>2</sub> a los tejidos, es decir, produce una alteración del mecanismo aeróbico.

- d) Sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico. Es un gas inflamable (en mezclas con el aire del 4,5% al 45%), incoloro, tóxico y soluble en agua. Se le llama comúnmente ácido hidrosulfúrico o gas de alcantarilla. Es uno de los compuestos destacados como causantes de molestias por malos olores. A pesar de ello, en el organismo humano desempeña funciones esenciales.

Emana un olor característico a huevos podridos que proviene de la descomposición bacteriana de proteínas, que contienen azufre. Es un olor perceptible en contenidos muy bajos, por debajo de 30 ppm. Desprende un olor dulce a concentraciones más altas y paralizante del olfato a nivel de 100 ppm o más.

En la industria se usa una forma líquida bajo presión.

Ingresa en el organismo por las siguientes vías:

- Inhalación. El sulfuro de hidrógeno es más pesado que el aire y puede causar asfixia en espacios poco ventilados, situados a niveles bajos o cerrados.
- Contacto con la piel. El contacto directo con sulfuro de hidrógeno, líquido o gas, sobre la piel mojada o húmeda puede causar irritación.
- Contacto con los ojos. Puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras profundas graves.

El ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud. Bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que lleva a la asfixia y a la muerte por sobreexposición.

- e) Amoníaco. Es un compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno (N) y 3 de hidrógeno (H) de acuerdo con la fórmula NH<sub>3</sub>

Es un gas inflamable (16% - 25% con el aire). A temperatura ambiente el amoníaco es un gas incoloro de olor muy penetrante y nauseabundo. Se produce naturalmente por descomposición de la materia orgánica y también se fabrica de forma industrial. Es fácilmente soluble y se evapora con rapidez. Generalmente se vende en forma líquida.

- f) Formaldehído o metanal (H<sub>2</sub>C=O). Es un compuesto químico, más específicamente un aldehído, el más simple de ellos, altamente volátil y muy inflamable, de fórmula H<sub>2</sub>C=O. Se obtiene por oxidación catalítica del alcohol metílico. Es fungicida, germicida y desinfectante.

A temperatura normal es un gas incoloro de un olor penetrante, muy soluble en agua y ésteres. Las disoluciones acuosas al 40% se conocen con el nombre de formol, que es un líquido incoloro de olor penetrante y sofocante. Estas disoluciones pueden contener alcohol metílico como estabilizante. Puede ser comprimido hasta el estado líquido y su punto de ebullición es de -21°C.

- g) Cloro y clorados (Cl). El cloro es un elemento químico de número atómico 17, situado en el grupo de los halógenos de la tabla periódica.

En condiciones normales y en estado puro forma dicloro, un gas tóxico no inflamable de color amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas ( $\text{Cl}_2$ ), unas 2,5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y picante. Es un elemento abundante en la naturaleza y se trata de un elemento químico fundamental para muchas formas de vida

El cloro forma mezclas inflamables y explosivas con el hidrógeno y con algunos compuestos orgánicos, como hidrocarburos, alcoholes y éteres.

Ingresa en el organismo por las siguientes vías.

- Inhalación. El cloro irrita las mucosas oculares, las de la nariz y las de la garganta. La irritación va en aumento hasta producir dolor agudo y quemante. Causa una tos refleja que va asociada a menudo con dolor retroesternal que puede llegar a provocar vómito con sangre según las lesiones causadas.
- Contacto con la piel. Entre los individuos expuestos durante mucho tiempo a bajas concentraciones de cloro es frecuente el acné
- Contacto con los ojos. Puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras profundas graves.

- h) Flúor (F) o ácido fluorhídrico (HF). El flúor es un gas a temperatura ambiente, de color amarillo pálido, formado por moléculas diatómicas. Es el más electronegativo y reactivo de todos los elementos.

El HF es una disolución de fluoruro de hidrógeno en agua. Es un ácido débil pero mucho más peligroso que otros ácidos fuertes. Las soluciones de HF son transparentes e incoloras, con una densidad similar a la del agua.

Ingresa en el organismo por las siguientes vías.

- Inhalación. Se delata inmediatamente al ser irritante para los ojos y el sistema respiratorio. Es un gas incoloro. Cuando se combina con la humedad del tracto respiratorio se convierte en corrosivo, causando edemas a determinadas concentraciones. Puede provocar asfixia, tos, falta de respiración, dolor de garganta, estornudos...
- Contacto con la piel. En forma pura es altamente peligroso y causa graves quemaduras químicas en contacto con la piel. Atraviesa la piel, destruye tejidos y huesos y es tóxico en cualquier concentración. El HF es extraordinariamente tóxico
- Contacto con los ojos. Puede causar quemaduras profundas graves.

- i) Dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ). Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. En condiciones normales la velocidad de esta reacción es baja.

Ingresa en el organismo por las siguientes vías.

- Inhalación. Se delata inmediatamente al ser irritante para los ojos y el sistema respiratorio. En caso de sobreexposición puede causar la muerte por edema pulmonar, acidosis sistémica o paro respiratorio.
- Contacto con la piel. El dióxido de azufre es un irritante corrosivo de la piel. En estado líquido puede provocar lesiones o quemaduras por congelación.
- Contacto con los ojos. Es un irritante corrosivo de los ojos, aunque es poco común que en estado gaseoso produzca lesiones.

- j) Cloruro de carbonillo o fosgeno ( $\text{COCl}_2$ )

Se produce por el contacto de las llamas sobre los productos clorados (PVC), los aislamientos de cables de instalaciones eléctricas, materiales refrigerantes como el freón, etc. Es muy tóxico.

Es un importante componente químico industrial utilizado para hacer plásticos y pesticidas. A temperatura ambiente el fosgeno es un gas venenoso. Si es enfriado presurizado se convierte en líquido y así puede ser transportado y almacenado. Al fosgeno se le conoce por su denominación militar: CG El gas de fosgeno puede ser incoloro o puede verse como una nube que varía de blanca a amarilla pálida. En bajas concentraciones tiene un olor agradable como a Heno o maíz verde. En altas concentraciones el olor puede ser fuerte y desagradable. El fosgeno no es inflamable por sí mismo, pero es un comburente.

Ingresa en el organismo por las siguientes vías.

- Inhalación. El principal efecto del fosgeno se da en los pulmones. Cuando se inhala y alcanza los espacios alveolares se convierte en cloruro de hidrógeno, y después en ácido clorhídrico y monóxido de carbono cuando llega a los pulmones. Produce sensación de quemazón, opresión torácica, dolor de garganta, tos, etc
  - Contacto con la piel. En estado líquido provoca lesiones y quemaduras por congelación.
  - Contacto con los ojos. Produce enrojecimiento, dolor y visión borrosa.
- k) Aldehído acrílico o acroleína. Es un líquido incoloro o amarillo, de olor desagradable. Se diluye fácilmente en agua y se evapora rápidamente cuando se calienta. También se inflama con facilidad. Se pueden formar pequeñas cantidades de acroleína y dispersarse por el aire. Ingresa en el organismo por las siguientes vías.
- Inhalación. La exposición a la acroleína ocurre principalmente al respirarla. El humo del cigarrillo y los gases del tubo de escape de los automóviles contienen este compuesto. Inhalar grandes cantidades daña los pulmones y puede producir la muerte. La inhalación de bajas cantidades puede producir lagrimeo de los ojos, ardor de nariz y garganta y reducción del ritmo respiratorio.
  - Contacto con los ojos. Produce enrojecimiento, dolor y lagrimeo.

### 1.3.5.8 TRIANGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO

Los incendios se producen cuando coinciden un producto inflamable (combustible), un producto que favorece la combustión (comburente) y una fuente con suficiente energía de activación (calor, chispa, llama) Cuando se dispone de estos tres factores en las proporciones correctas ocurre la combustión. Estos tres factores se representan a menudo mediante un triángulo, el triángulo del fuego. La supresión de uno de los lados del triángulo (uno de los factores necesarios) hace imposible que se produzca un incendio (o provoca su extinción si ya existía previamente).



Ilustración 1.3.5.8-1 Triángulo del Fuego

El triángulo del fuego (combustible, comburente y calor), fue una representación aceptada durante mucho tiempo. Sin embargo, una observación más precisa del fenómeno del fuego hizo necesaria la inclusión de un cuarto factor, de una cuarta variable, que por estar íntimamente relacionada con todas las anteriores dio lugar al denominado tetraedro del fuego: las reacciones en cadena.

La reacción de combustión, como se ha visto antes, genera unos productos de combustión y mucho más calor que el precisado inicialmente. Cuando este calor generado se reinvierte en promover nuevas reacciones químicas, el proceso de combustión se vuelve incontrolable, y si no se elimina alguno de los tres factores concurrentes que determinan la posibilidad del incendio, éste no se extingue.

Es por ello por lo que la posibilidad de estas reacciones en cadena constituye un cuarto factor, junto a los tres citados anteriormente, que permite el fenómeno de la progresión espontánea del incendio y su propagación en

el espacio y en el tiempo y que forma, como se ha indicado, el llamado tetraedro del fuego (un tetraedro y no un Cuadrado para expresar la relación inherente de cada lado con los demás).

Las acciones capaces de impedir las reacciones en cadena son eficaces para limitar la propagación del incendio y facilitar su extinción.



Ilustración 1.3.5.8-2 Tetraedro del fuego

#### 1.3.5.8.1 COMBUSTIBLE

Definido como cualquier sustancia capaz de arder en presencia de una energía de activación o lo que es lo mismo, cualquier sustancia capaz de combinarse con un comburente en una reacción rápida y exotérmica.

El grado de inflamabilidad de los combustibles condiciona la fuente de inflamación necesaria para que se produzca un incendio. Las sustancias inflamables y las fácilmente inflamables pueden llegar a inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin necesidad de una fuente de inflamación o tras breve contacto con una de ellas.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, sin embargo, independientemente de su estado inicial siempre entran en combustión en estado gaseoso (pirólisis, pirogenación)

La ignición de un combustible, y por tanto la peligrosidad del mismo, depende de varios factores que se pueden analizar por medio de unas constantes físicas propias de cada combustible que a continuación detallamos.

##### 1.3.5.8.1.1 TEMPERATURA MINIMA A LA QUE EMITE VAPORES INFLAMABLES

- a) Punto de inflamación (Flash Point). Es la temperatura mínima a la que un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse si entran en contacto con una fuente de ignición, extinguiéndose si desaparece la fuente. También se define como la mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg a la que una sustancia combustible en contacto con el aire desprende la suficiente cantidad de vapor para que la mezcla de vapor-aire sea susceptible de inflamarse, mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa.
- b) Punto de ignición o de incendio (Ignition Point). Es la temperatura mínima a la cual un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse y de mantener la inflamación (sigue ardiendo, aunque se retire la fuente) si entran en contacto con una fuente de ignición. Suele estar unos grados por encima del punto de inflamación.



- c) Punto de autoinflamación. Es la temperatura mínima a la cual los vapores emitidos empiezan a arder sin necesidad de aporte de fuente de ignición. También se define como la temperatura en °C a 760 mm Hg a la que una sustancia sólida, líquida o gaseosa en contacto con el aire arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético a la mezcla.
- d) Punto de autoignición (Autoignition Point). Es la temperatura mínima a la que se debe la calentarse un combustible en presencia de oxígeno para que se produzca su inflamación y se sostenga la combustión sin el aporte de una energía de activación o un foco de ignición externos.

### 1.3.5.8.1.2 CONCENTRACIÓN DE VAPORES COMBUSTIBLE/COMBURENTE

No todas las mezclas combustibles/comburente son susceptibles de entrar en combustión. Existen unos límites de inflamabilidad que se detallan a continuación:

- Límite superior de inflamabilidad (LSI). Es la máxima concentración de vapores combustibles mezclados en el aire capaz de entrar en combustión. Por encima del LSI no se produce la combustión por falta de comburente.
- Límite inferior de inflamabilidad (LII). Es la mínima concentración de vapores combustibles mezclados en el aire capaz de entrar en combustión. Por debajo del LII no se produce la combustión por falta de combustible.

El intervalo entre ambos límites se denomina rango de inflamabilidad.



Ilustración 1.3.5.8-3 Inflamabilidad

Tabla 1.3.5.8-1 Rangos de inflamabilidad

| SUSTANCIA           | L.I.I. | L.S.I. |
|---------------------|--------|--------|
| AMONIACO            | 16     | 25     |
| MONÓXIDO DE CARBONO | 15,5   | 74     |
| METANO              | 5      | 15     |
| ALCOHOL ETÍLICO     | 4,3    | 7,1    |
| CLORURO DE VINILO   | 3,6    | 33     |
| ETANO               | 3      | 14,4   |
| ACETILENO           | 2,5    | 81     |
| ACETONA             | 2,5    | 19,3   |
| PROPILENO           | 2,4    | 11     |
| PROPANO             | 2,2    | 9,5    |
| BUTANO              | 1,8    | 8,4    |
| PENTANO             | 1,5    | 7,8    |
| GASOLINA            | 1,5    | 7,6    |
| BENCENO             | 1,4    | 7,1    |
| AGUARRÁS            | 1,1    | 6      |
| GASOIL              | 0,6    | 6,5    |

Tabla 1.3.5.8-2 Temperaturas de inflamación y autoinflamación

| COMBUSTIBLE     | TEMPERATURA | TEMPERATURA     |
|-----------------|-------------|-----------------|
|                 | INFLAMACIÓN | AUTOINFLAMACIÓN |
| Poliamida       | 420 °C      | 425 °C          |
| Polietileno     | 345 °C      | 490 °C          |
| Aceite          | 232 °C      | 343 °C          |
| Madera          | 225 °C      | 280 °C          |
| Glicerina       | 160 °C      | 370 °C          |
| Gasoil          | 60 °C       | 330 °C          |
| Alcohol etílico | 18 °C       | 425 °C          |
| Acetona         | -18 °C      | 540 °C          |
| Gasolina        | -39 °C      | 285 °C          |
| Butano          | -60 °C      | 287 °C          |
| Propano         | -104 °C     | 450 °C          |
| Gas natural     | -180 °C     | 482 °C          |
| Metano          | -188 °C     | 537 °C          |
| Hidrógeno       | -259 °C     | 580 °C          |

### 1.3.5.8.2 COMBURENTE.

A pesar de la definición exacta de comburente, se suele aplicar este término a mezclas de gases en las cuales el oxígeno esté en proporción suficiente para que en su seno se inicie y desarrolle la combustión, ya que el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) es el más común.

Algunos compuestos tales como la nitrocelulosa, al contener en su composición ambos agentes oxidante y reductor, pueden sufrir combustión sin más aporte externo que la energía de activación. Para que se desarrolle la combustión habitualmente es necesaria la presencia de una proporción mínima de oxígeno en el ambiente (por debajo del 15% generalmente el fuego se apaga). Esta proporción mínima se determina por medio del ensayo del índice crítico de oxígeno.



### 1.3.5.8.3 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN. CALOR

Para que un fuego se inicie es necesario que los reactivos se encuentren en unas condiciones favorables en las que pueda producirse la reacción. La energía de activación aportada por los focos de ignición tiene diversos orígenes:

- Químico. Cualquier reacción exotérmica provoca calor, que puede ser el origen de un incendio.
- Mecánico. Choques o roces entre metales generan calor y chispas, que pueden aportar la energía necesaria para iniciar un incendio.
- Eléctrico. Chispas, cortocircuitos, sobrecargas, cargas estáticas y descargas eléctricas atmosféricas
- Térmico o directo
- Biológico. Por ejemplo, el calor que desprende la fermentación.
- Natural o atmosférico.

En contacto con materias orgánicas ciertos ácidos fuertes oxidantes pueden causar combustiones y provocar incendios sin necesidad de una fuente de ignición adicional. Cuando se encuentra directamente afectada por el fuego la materia comburente libera oxígeno y da como resultado una combustión autosostenida.

Tabla 1.3.5.8-3 Comburente

| <b>Composición del aire (Comburente)</b> |                     |            |                  |            |
|--|---------------------|------------|------------------|------------|
| <b>Aire</b>                              | <b>% en volumen</b> |            | <b>% en peso</b> |            |
|  | <b>Real</b>         | <b>Uso</b> | <b>Real</b>      | <b>Uso</b> |
| <b>Nitrógeno</b>                         | 78,03               | 79         | 75,45            | 76,8       |
| <b>Oxígeno</b>                           | 20,99               | 21         | 23,2             | 23,2       |
| <b>Argón</b>                             | 0,94                | 0          | 1,3              | 0          |
| <b>CO2</b>                               | 0,03                | 0          | 0,05             | 0          |
| <b>Otros</b>                             | 0,01                | 0          | despreciable     | 0          |
| <b>Peso molecular (kg/kmol)</b>          |                     |            | <b>28,967</b>    | <b>29</b>  |

Un foco puede provocar la ignición si la magnitud e intensidad de su energía es suficiente para aumentar la temperatura del combustible por encima de su punto de ignición. El aporte energético se efectúa fundamentalmente de las siguientes formas.

- Llamas. Fuente segura de ignición para la mezcla de vapor inflamable y aire que se encuentre dentro de su margen de inflamabilidad. Deben ser capaces de calentar el vapor hasta su temperatura de ignición en presencia de aire. Una vez iniciada la ignición, el calor radiado por los vapores perpetúa el proceso de combustión.
- Chispas eléctricas, estáticas y de fricción. Deben tener la suficiente energía para poner en ignición la mezcla de vapor inflamable y aire.
- Superficies calientes. Pueden convertirse en Fuentes de ignición siempre y cuando tengan dimensión y temperatura suficientes.
- Brasas. En el momento final de la combustión de la madera, producen calor por radiación

### 1.3.5.8.4 REACCIONES EN CADENA

Los procesos mediante los cuales progresa la reacción en el seno de la mezcla comburente/combustible suelen transcurrir mediante reacciones en cadena (REC), reacciones químicas complejas que solo aparecen cuando hay combustión con llama. Está asegurada y es inherente a la mayoría de los combustibles siempre que el aporte energético sea suficiente y exista mezcla.

La REC está asegurada a nivel molecular cuando la energía desprendida por la reacción de un número de moléculas es suficiente para activar un número igual o superior de ellas.

A partir del momento en que el proceso es capaz de aportarse a sí mismo la suficiente cantidad de energía como para mantener una emisión de gases constantes (radicales libres), el proceso se entenderá como auto mantenido. Cuando se alcanza este estadio se conoce comúnmente como tetraedro del fuego.

La velocidad de la reacción en cadena se duplica con una elevación de 10 °C y se puede multiplicar por un millón o más ante un aumento de 200 °C. Ello ocurrirá cuando existan grandes cantidades de combustible y oxígeno.

#### 1.3.5.8.5 AGENTES PASIVOS

Para que la combustión ocurra deben estar presentes el combustible, el calor y el oxígeno (triángulo del fuego) y adicionalmente, la reacción en cadena (tetraedro del fuego)

Existe un factor que afecta tanto al triángulo como al tetraedro y que se conoce como agente pasivo. Los agentes pasivos están presentes en el proceso de combustión y no toman parte en la reacción química de combustión, pero el hecho de que absorban o roben el calor, afecta al comportamiento del fuego. Son ejemplos de agentes pasivos, el dióxido de carbono y vapor de agua, el hollín, el agua o el nitrógeno.

- Sustancias combustibles e inflamables.

Para entender la diferencia entre sustancias combustibles e inflamables primero es necesario explicar el proceso de pirólisis.

Se define la pirólisis como la descomposición de una sustancia por el calor. Todas las sustancias, si se les aplica calor, se descompondrán desde su estado sólido o líquido al estado vapor. Se debe al efecto que provoca el calor cuando se aplica sobre las moléculas: estas lo absorben y pierden estabilidad de forma progresiva a medida que se descomponen a través de los diferentes estados de la materia. Pero en función de las características fisicoquímicas de la sustancia, cambian las condiciones de entorno; esto es, la cantidad de calor o energía que hay que proporcionar a la sustancia para que se descomponga y, por lo tanto, comience su proceso de pirólisis.

Existe una **temperatura mínima** a partir de la cual la sustancia emite los suficientes vapores como para **encenderse** (la sustancia no se quema por sí sola, en realidad es el vapor lo que se quema cuando existe la combinación adecuada con oxígeno). Esta temperatura es el punto de ignición o encendido, la temperatura a la cual un combustible líquido produce vapores suficientes como para mantener la combustión una vez iniciada.

El punto de ignición suele estar unos pocos grados por encima del punto de inflamación. Sustancias combustibles e inflamables son aquellas que se pueden quemar. Es en función del punto de inflamación, por lo que diferenciamos una sustancia combustible de otra inflamable. De forma genérica puede decirse que:

- Una sustancia combustible es aquella que tiene un punto de ignición bajo y es capaz de mantener el fuego.
- Una sustancia inflamable es aquella sustancia combustible que tiene facilidad para emitir gases que ardan (inflamables). Esto sucede en función de:
  - El flujo de calor que recibe el material.
  - La constitución del material (la posibilidad de que los gases puedan salir al exterior).
  - El punto de inflamación del material.

### 1.3.6 INCENDIOS

#### 1.3.6.1 TIPOS DE INCENDIOS

Los incendios pueden clasificarse en función de varios parámetros. La norma que regula la clasificación de los incendios es la UNE-EN 2:2005, y los clasifica de la siguiente forma.

- Según la naturaleza del combustible
- Por la forma del foco
- Por la superficie afectada.

- Por la situación o forma de manifestarse.

### 1.3.6.1.1 NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

#### 1.3.6.1.1.1 FUEGOS DE CLASE A

Son fuegos originados por combustibles sólidos que tienen un alto punto de fusión. Producen brasas y normalmente tienen origen orgánico, compuesto entre otros por carbono e hidrógeno. Se denominan fuegos profundos.

Los combustibles sólidos no arden. La llama es un fenómeno visible de la combustión en fase gaseosa; es decir, arden los vapores que se originan como consecuencia de la descomposición por el calor de los combustibles sólidos. La pirólisis es una descomposición química de una materia producida por una elevación de la temperatura, sin reacción con el oxígeno. En la pirólisis no interviene el oxígeno, ya que no hay todavía combustión. Al reaccionar los vapores que provienen de la pirólisis del combustible sólido con el oxígeno es cuando se produce la oxidación; es decir, la combustión.

La norma **ISO 13943** define la pirólisis como aquella parte del proceso de descomposición química irreversible causado por el incremento de la temperatura. La pirolisis puede estar acompañada por descomposición debida a otras acciones, por ejemplo, ataques químicos.

#### 1.3.6.1.1.2 FUEGOS DE CLASE B

Provocados por combustibles líquidos o sólidos con bajo punto de fusión. Previamente debe tener lugar la evaporación. Se consideran líquidos también aquellos combustibles que, aun siendo sólidos, se licuan antes de alcanzar su temperatura de ignición (algunos plásticos). No producen brasas.

Se produce vaporización ya que no arden los combustibles líquidos sino los vapores generados por la acción del calor

#### 1.3.6.1.1.3 FUEGOS DE CLASE C

Son los fuegos de gases; es decir, combustibles en fase gaseosa (no las combustiones de los gases producidos en la evaporación de los combustibles sólidos o líquidos).

Producidos o generados por sustancias gaseosas, tales como propano, butano, metano, hexano, gas ciudad, gas de hulla, etc

#### 1.3.6.1.1.4 FUEGOS DE CLASE D

Son fuegos originados por metales. Es un tipo de fuego muy especial y de muy difícil y peligrosa extinción. Da lugar a reacciones químicas complejas y normalmente el fuego de este tipo de metales es capaz de desplazar el hidrógeno del agua, lo que provoca explosiones por combustión de este gas. Su extinción necesita agentes extintores específicos, ya que el uso del agua está prohibido en casi todos los casos.

#### 1.3.6.1.1.5 FUEGOS DE CLASE F

Corresponde con la denominación americana clase K. Son fuegos originados por aceites de cocina y grasas.

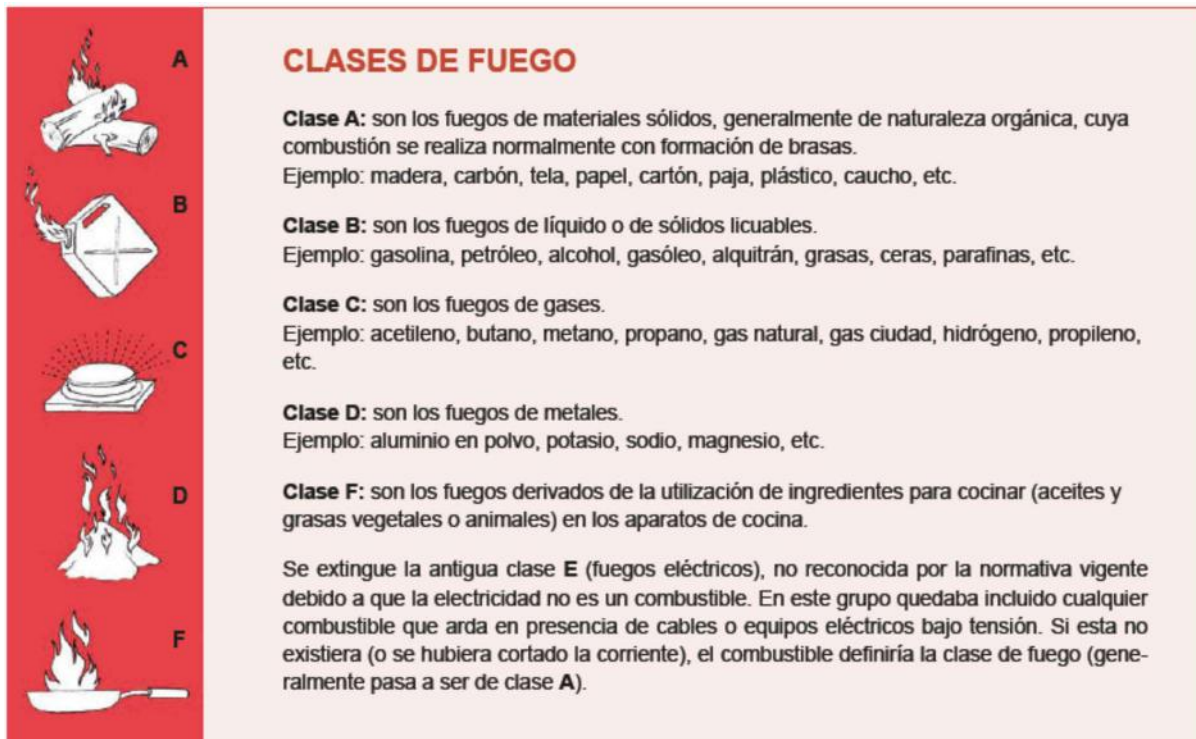


Ilustración 1.3.6.1-1 “Clasificación de los fuegos” según EN 2:1992

### 1.3.6.1.2 POR LA FORMA DEL FOCO DE INCENDIO.

#### 1.3.6.1.2.1 FOCO PLANO

Cuando el incendio se manifiesta sobre el plano horizontal con predominio dimensional sobre el vértice y la disposición del producto que arde no queda oculta a la observación directa del incendio desde cualquier punto

#### 1.3.6.1.2.2 FOCO VERTICAL.

Cuando el incendio se manifiesta en varios planos horizontales o inclinados y verticales, o cuando varias zonas en combustión quedan ocultas a la observación

#### 1.3.6.1.2.3 FOCO ALIMENTADO

Cuando el incendio plano o vertical es mantenido por la aportación de combustibles procedentes de depósitos no afectados, aljibes, pozos, tuberías, etc

### 1.3.6.1.3 POR LA SUPERFICIE AFECTADA

Esta clasificación solo es de utilidad en incendios forestales. Indicamos en la siguiente tabla las distintas clasificaciones atendiendo a este parámetro.

Tabla 1.3.6.1-1 Clasificación por superficie Afectada

| GRADO | DENOMINACIÓN                            | SUPERFICIE EN LLAMAS |
|-------|---|----------------------|
| I     | Hasta 4 m <sup>2</sup>                  | Pequeño              |
| II    | De 4 a 10 m <sup>2</sup>                | Mediano              |
| III   | De 10 a 100 m <sup>2</sup>              | Grande               |
| IV    | De 100 a 1.000 m <sup>2</sup>           | De envergadura       |
| V     | De 1.000 a 5.000 m <sup>2</sup>         | De envergadura       |
| VI    | De 5.000 a 10.000 m <sup>2</sup> (1 Ha) | De envergadura       |
| VII   | De 1 a 25 Ha                            | De envergadura       |
| VIII  | De 12 a 100 Ha                          | De envergadura       |
| IX    | De 100 a 500 Ha                         | De envergadura       |
| X     | Más de 5.000 Ha                         | De envergadura       |

#### 1.3.6.1.4 POR LA FORMA EN LA QUE SE DESARROLLAN

La velocidad de reacción es la cantidad de reactivos transformados en productos por unidad de tiempo. La velocidad de propagación de una llama es la velocidad de avance del frente de reacción; es decir, la velocidad lineal que separa la zona no destruida de los productos de reacción. Para el butano la velocidad de propagación es de 0,9 m/s y para el acetileno 14 m/s. En base a este parámetro las reacciones de oxidación-reducción se clasifican en:

- **Combustión lenta y muy lenta:** se conoce con el nombre de oxidación. La energía que desprende es muy pequeña y se disipa en el ambiente sin producir un aumento local de temperatura (no existe reacción en cadena). No hay emisión de luz y muy poca emisión de calor. Por ejemplo, el amarilleado del papel sometido al calor, la oxidación del hierro, etc.
- **Combustión simple, normal o rápida:** Son oxidaciones moderadamente rápidas, cuya velocidad del frente de reacción es apreciable visualmente y se mantiene inferior a 1 m/s. La energía desprendida es apreciable. Hay desprendimiento de calor, luz y llamas (fuego): una parte se disipa en el ambiente y otra se emplea en mantener la reacción en cadena y activar la mezcla comburente-combustible. Los incendios normales siguen esta combustión.
- **Combustión instantánea o muy rápida:** el caso más típico es la explosión. El término explosión se aplica de una forma genérica a aquellos fenómenos que conllevan la aparición de ondas de presión; es decir, cuando una combustión produce “sobrepresiones”. Suelen causar fenómenos destructivos, pero no es condición indispensable para que se trate de explosión. Los especialistas en explosiones por reacción química denominan explosiones a las combustiones que por su velocidad de propagación (> 1m/s) producen aumentos de presión, provoquen o no fenómenos destructivos. Las deflagraciones y detonaciones son por tanto consideradas explosiones. Generalmente las explosiones surgen si se permite que el combustible y el oxidante lleguen a mezclarse íntimamente antes de la ignición (existe una mezcla previa). En consecuencia, la reacción de la combustión avanza rápidamente porque no hay necesidad de poner en contacto previamente al combustible y al oxidante.

**Explosiones.** Las explosiones pueden ser deflagraciones o detonaciones.

- **Deflagraciones o combustiones deflagrantes.** Son aquellas combustiones en las que la velocidad del frente de reacción es superior a 1 m/s, pero inferior a la velocidad del sonido (< 333 m/s o subsónica) en el medio en que se producen. Ya aparecen fenómenos de sobrepresiones como consecuencia de la generación de gases y de las temperaturas en la reacción. La onda de presión suele estar comprendida entre cinco y diez veces la presión original. Estas ondas se mantienen paralelas entre sí, sin discontinuidades, generando efectos sonoros.  
Hay que tener en cuenta que estas presiones son sólo diez veces superiores a la inicial. Si el recinto estuviera cerrado y no se permitiera la liberación de sobrepresión, la deflagración podría convertirse en una detonación de consecuencias mucho más graves.  
Normalmente todas las explosiones que se producen son de tipo deflagración, porque siempre se rompe algún cristal, tabique, etc., que permite la evacuación de la presión de forma natural. Son ejemplos de deflagraciones los vapores de líquidos inflamables, las mechas lentas, etc.
- **Detonaciones o combustiones detonantes** Son combustiones muy rápidas o instantáneas en las que la velocidad de propagación del frente de reacción es superior a la velocidad del sonido en el medio (>333 m/s o supersónica). Las sobrepresiones que se originan están comprendidas entre veinte y cuarenta veces la inicial, incluso cien veces. Aquí el frente de llamas acompaña y va a la misma velocidad que el frente de presiones.  
La detonación provoca efectos sonoros y destructivos muy superiores a la deflagración, y hay que tener en cuenta que en ambas se producen enormes elevaciones de temperatura, lo que provoca los incendios que normalmente acompañan a las explosiones.  
Son ejemplos de detonaciones las producidas por explosivos industriales detonantes y la combustión de mezclas aéreas de gases y vapores en especiales circunstancias.

#### 1.3.6.1.5 EN FUNCIÓN DE LA PROPAGACION DEL OXIGENO.

- Combustión completa. Cuando el suministro de oxígeno es abundante (21%) y produce CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. El humo producido es blanco o gris pálido. El combustible se combina totalmente con el oxígeno sin dejar más productos residuales que anhídrido carbónico y vapor de agua.
- Combustión incompleta. Cuando hay escasez de oxígeno o existen partículas incombustibles y se produce CO y H<sub>2</sub>O. El monóxido de carbono es ávido de oxígeno, lo que constituye una amenaza de explosión en caso de ventilación súbita del espacio. El humo producido es negro o muy oscuro y está muy caliente.

#### 1.3.6.1.6 EN FUNCIÓN DE LA EMISIÓN O NO DE LLAMAS

- combustión con llamas. Los líquidos y gases inflamables arden siempre con llama (la mayor parte de los plásticos sólidos pueden considerarse como líquidos inflamables solidificados, que como tales funden antes de su combustión). La llama está relacionada con velocidades de combustión relativamente altas. Aproximadamente dos terceras partes del calor liberado del objeto quemado pasan al ambiente circundante en forma de calor, y una tercera parte en forma de radiación (que contribuye a la combustión). La energía liberada por el objeto y la temperatura del ambiente tienden a igualarse en función del tiempo. Si la temperatura ambiente es alta, el fuego aumenta, y si es baja, el fuego disminuye o se ralentiza.
- Combustión sin llamas. Es el caso de algunos sólidos. El carbono puro y algunos metales fácilmente oxidables arden sin llama (magnesio, aluminio, zirconio, uranio, sodio, potasio, etc.) y con temperaturas característicamente altas que oscilan entre 1500 y 2000 °C. Se llama también incandescencia. No se produce reacción en cadena, por lo que se puede representar con el triángulo de fuego.

#### 1.3.6.1.7 SEGÚN EL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN.



- Fuegos interiores. Tienen lugar en el interior de los edificios sin manifestarse al exterior. Sin aporte de oxígeno, consumen el del interior creando brasas y una elevada presión de gases tóxicos y combustibles.



Ilustración 1.3.6.1-2 Imagen de fuego en interior

- Fuegos en exterior. Los que tienen manifestación visible al exterior del edificio. Son los que se producen en los materiales del exterior del edificio o los que se originan en el interior y se manifiestan con llamas al exterior por puertas o ventanas. Se alimentan por el oxígeno del aire exterior, por lo que se propagan rápidamente.

También puede establecerse una clasificación adicional en función del tipo de actividad desarrollada en el recinto (viviendas y oficinas, industrias, garajes, hoteles, centros comerciales, almacenes...)



Ilustración 1.3.6.1-3 Imagen de fuego exterior en campo de entrenamiento

#### 1.3.6.1.8 POR SU MAGNITUD

- Conato. Es un pequeño incendio que puede ser sofocado rápidamente con extintores estándar. Es conveniente conocer cómo usar un agente extintor y conocer los tipos de extintores. Así se podrá extinguir un conato y evitar que se convierta en un incendio mucho más destructivo.
- Incendio parcial. Estos fuegos abarcan parte de una instalación, casa o edificio. Este fuego es muy peligroso y podría extenderse y descontrolarse, lo que lo convertiría en un incendio total. En estos



casos ya no sirve enfrentarse al fuego con extintores. Hay que salir a una zona segura y esperar a los equipos de emergencia especializados.

- Incendio Total. Es el incendio que se encuentra totalmente fuera de control y afecta completamente a una casa, edificio o instalación. Es casi imposible combatirlo y lo que intentarán los bomberos es que no se extienda a otros edificios colindantes.

### **1.3.6.2 FASES DE LOS INCENDIOS**

#### **1.3.6.2.1 INICIO**

Para que el fuego se inicie son esenciales combustibles, un comburente y una energía de activación. Con los tres factores del fuego comienza el incendio, que produce liberación de energía en forma de calor que es suficiente para mantener la reacción en cadena.

#### **1.3.6.2.2 DESARROLLO**

El incendio se desarrolla libremente porque el contenido de oxígeno posibilita la combustión completa de los materiales involucrados. La temperatura ambiente sube y, por radiación y conducción, se inflaman otros elementos que no estaban afectados por el fuego. La temperatura ambiente sube de forma acelerada (por ejemplo, en el techo de un cuarto puede superar los 700°). En poco tiempo empieza a disminuir la concentración de oxígeno en el aire. Cada vez se genera más monóxido de carbono, gas inflamable y asfixiante, así como otros gases inflamables que no combustionan por falta de oxígeno.

Es lo que se denomina fase latente del incendio. Esta fase es muy peligrosa, ya que anticipa la combustión súbita generalizada (CSG). La sobrepresión hará que salten cristales u otros elementos, de forma que se facilita la entrada de aire fresco y la aportación de oxígeno, que es lo que necesita el fuego latente para que se produzca la combustión.

#### **1.3.6.2.3 PROPAGACIÓN**

El incendio alcanza grandes dimensiones y en esta fase el calor se transmite por todos los medios. Por convección se generan corrientes de humo y gases calientes que buscan cualquier resquicio para continuar su camino. La radiación actúa de forma relevante en esta fase, ya que cuanto más calientes están los cuerpos más radiación se transmite.

#### **1.3.6.2.4 EXTINCIÓN**

Puede producirse de forma natural –si todo el combustible se agota porque ya se ha quemado, el incendio se apaga solo porque ya no hay nada que pueda arder–, aunque cuando se habla de extinción se hace referencia a la extinción provocada por la acción del hombre. En la actuación de los Bomberos se deben seguir unas pautas conocidas.

### **1.3.6.3 TRANSMISIÓN DE LOS INCENDIOS**

Siempre que existe una diferencia de temperatura la energía (calor) se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. Esta transmisión se puede definir como el paso de calor de los cuerpos más calientes a los que lo están menos, con el fin de estabilizar el sistema energético y conseguir un equilibrio de temperaturas.

La transferencia de calor determina la ignición, combustión y extinción de la mayoría de los incendios.

La magnitud de la transferencia térmica es, por lo tanto, la cantidad de calor por unidad de tiempo. El calor se transmite por los tres métodos:

### 1.3.6.3.1 CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por contacto molecular directo entre dos cuerpos –fundamentalmente sólidos, aunque también se manifiesta en líquidos y gases– se llama conducción. Por ejemplo, una tubería de vapor en contacto con una pieza de madera transfiere su calor a la madera por contacto directo; en este ejemplo, la cañería es el conductor.

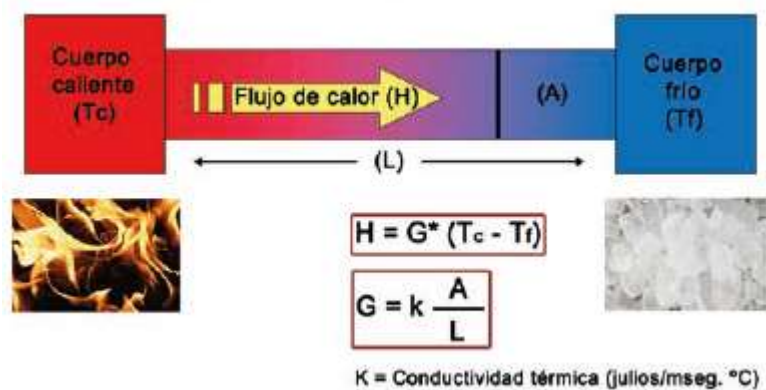


Ilustración 1.3.6.3-1 Transferencia de Calor por conducción

En el vacío absoluto no se transmite el calor por conducción, ya que es necesaria la existencia de materia para que haya conducción.

La conducción de calor a través del aire u otros gases es independiente de la presión, dentro del margen normal de presiones. Se acerca a cero solamente a presiones muy bajas. Algunos de los factores que afectan a la conducción térmica son:

- La superficie (S) de contacto, que condiciona el contacto molecular entre dos materiales que se encuentran a diferente temperatura. A mayor superficie, mayor contacto molecular entre los cuerpos y mayor transferencia de calor del caliente al frío.
- La diferencia de temperaturas (T1–T2), que implicará un mayor flujo de calor de un elemento a otro. La conducción del calor sólo tiene lugar cuando las distintas partes del cuerpo se encuentran a temperaturas diferentes.
- El espesor es un factor fundamental, ya que un mayor espesor de la materia fría supondrá una menor eficiencia del traspaso de calor por conducción.
- La relación superficie/volumen será mayor cuanto más fino esté dividido el combustible.
- La conductividad térmica (K), o capacidad de conducción del calor de una materia, es la medida del valor del flujo de calor a través de una unidad de superficie de material con un gradiente unidad de temperatura. Gradiente de temperatura, en unidades, significa que en la dirección del flujo de calor la temperatura cae un grado por unidad de distancia. La unidad típica de conductividad térmica es el J / (cm · seg. °C). La conductividad térmica es una propiedad física de cada sustancia y puede variar ligeramente en función de la temperatura y de las características particulares del material, como por ejemplo la humedad.
- Cuanto mayor es el grado de disgregación (menor densidad) de la materia, menor es la capacidad de conducción. El calor se transmite mejor en los sólidos que en los líquidos, y en los líquidos mejor que en los gases. Los mejores aislantes térmicos comerciales consisten en pequeñas partículas o fibras de sustancias sólidas cuyos intersticios están ocupados por aire.
- El calor específico de un material es la cantidad de calor que absorbe para elevar su temperatura un °C. De forma que cuanto mayor sea el calor específico de la materia fría, más calor tendrá que suministrarle la materia caliente para alcanzar el equilibrio de temperaturas; o lo que es lo mismo, más se tardará en alcanzar ese equilibrio.

### 1.3.6.3.2 CONVECCIÓN

En un medio fluido circulante (gas o líquido) el calor se transmite por convección. El fenómeno está regulado por la diferente densidad del fluido según su temperatura, y el resultado final es el equilibrio térmico de un sistema perfectamente aislado, en reposo. De este modo, si dos sólidos están envueltos por un fluido, tienden a igualar sus temperaturas por convección. Así, el calor generado por una estufa es distribuido por una habitación calentando el aire inmediato por conducción. La circulación del aire caliente por toda la habitación lleva el calor, por convección hasta los puntos más distantes, y el calor del aire se transmite a los objetos por conducción (una estufa caliente por convección y conducción).

El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente.

En la mayoría de los casos el calor que se está transmitiendo por convección tendrá una dirección vertical. Es posible que el aire pueda llevarlo en cualquier otra dirección, y puede conseguirse que las corrientes de aire transfieran el calor por convección en muchas direcciones, por ejemplo, utilizando un ventilador o soplante.

La convección convierte los combustibles aéreos en disponibles y es la responsable de que los incendios de superficie puedan transformarse en fuegos de copas en el caso forestal.

El aire caliente, al ascender, deja un vacío que es llenado por aire fresco, y realimenta con oxígeno el foco calorífico. Además, el aire caliente puede arrastrar partículas en ignición (pavesas o ascuas) y contribuir así a la propagación del fuego.

La expansión de un fuego por convección probablemente tiene más influencia que los otros métodos a la hora de definir la estrategia de intervención.

Los principales factores que afecta a la transmisión de calor por convección son:

- Las variaciones de la densidad del gas (aire) o fluido que experimenta con los cambios de temperatura.
- La pendiente. El efecto combinado de la convección y de la pendiente acelera la desecación y calentamiento de los combustibles situados por encima del foco calorífico, lo que favorece la propagación cuesta arriba del fuego. Por el contrario, cuesta abajo la convección no funciona, y se transmite calor solamente por radiación. Debido a ello, el fuego progresa mucho más lento cuesta abajo.
- La compacidad de la capa de combustibles. En una capa muy compacta la convección no actúa, al haber muy poco aire interpuesto.

### 1.3.6.3.3 RADIACIÓN

La radiación es una forma de energía que se desplaza a través del espacio o de los materiales en forma de ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio o los rayos X.

Todas las formas de energía radiante se propagan en línea recta a la velocidad de la luz (en el vacío) y en dirección radial y sentido hacia el exterior considerando el foco de origen. Al tropezar con un cuerpo, son absorbidas, reflejadas o transmitidas.

El calor radiado viaja por el espacio hasta ser absorbido por un cuerpo opaco.

Las emisiones resultantes de un proceso de combustión ocupan principalmente la región del infrarrojo (longitudes de onda superiores a la longitud de onda del rojo). Nuestros ojos ven solamente una fracción mínima emitida en la región visible.

Un ejemplo corriente de radiación es la llama de una vela. El aire calentado por la llama se eleva mientras el aire frío se mueve hacia abajo en dirección a la llama para alimentarla con oxígeno, lo que mantiene la combustión. Si se acerca la mano a la llama se experimenta una sensación de calor. Esta energía se denomina radiación o calor radiante.

## 1.3.7 MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

### 1.3.7.1 HISTORIA

#### 1.3.7.1.1 PRIMEROS PROTOTIPOS

Tras el gran incendio de Roma en el 64 D.C., el emperador Nerón estableció un requerimiento de utilización de materiales a prueba de fuego para las paredes externas en la reconstrucción de la ciudad. Este fue quizás el primer ejemplo registrado de la utilización de la ciencia y la ingeniería de la época en la práctica de la ingeniería de protección contra incendios.

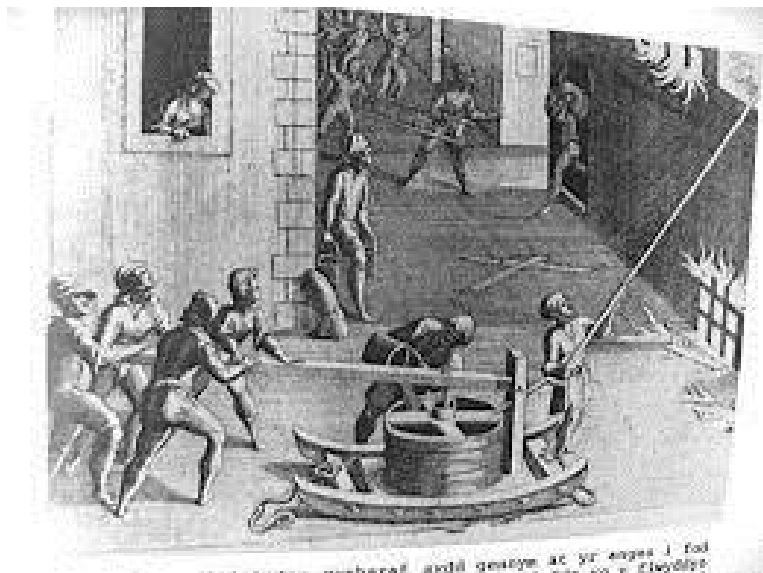


Ilustración 1.3.7.1-1 Recreación histórica extinción incendios

Hay muchas evidencias históricas de acciones de grupos de personas organizados contra incendios, pero las pruebas más antiguas de lo que podemos comparar con un cuerpo de bomberos actual aparecen con los romanos. En la antigua Roma, en la época de Julio César, Marco Licinio Craso era una de las personas más ricas de la ciudad, su riqueza provenía de los bienes raíces y el “alquiler inmobiliario”, pero la curiosa historia le atribuye aún más mérito al haber sido el organizador del primer servicio contra incendios de Roma. Para asegurar que sus bomberos tuvieran siempre trabajo, también organizó las primeras brigadas de “incendiarios” de las que se tiene referencias en la Historia. Pero estos curiosos bomberos eran controlados por Craso, que ambicioso y cruel, no daba orden de apagar el incendio si el dueño del territorio o construcción no lo vendiera a precio de renta en ese instante. Así, la gente prefería ganar el dinero de la venta injustamente, que obtener una casa o parcela destrozados.

Tras la caída del imperio romano y el comienzo de la Edad Media, no fue hasta el siglo XVII, durante el Renacimiento. Después del Gran Incendio de Londres de 1666, el primer alcalde de la ciudad implantó una ordenanza donde se establecía que las edificaciones nuevas tendrían paredes de piedra y tejados de pizarra o teja, en sustitución de los cubiertos de paja. Este suceso estimuló el interés en el desarrollo de equipos de extinción de incendios.

Los grandes conflagraciones a través de la historia, las continuas amenazas de los desastres naturales, los riesgos laborales a los que se exponen los empleados (como la acumulación del temible gas grisú que tantas tragedias ha causado en las minas, originando en siglos pasados la figura del penitente que antes de la entrada de los obreros al trabajo recorría las galerías de las minas con una estopa encendida mientras exponía su propia vida). Todos estos acontecimientos han obligado a la sociedad a tomar ciertas medidas preventivas para minimizar los riesgos a los que nos exponemos en el transcurrir de nuestras vidas. Entre ellas una de las medidas necesarias fue contar con equipos y sistemas contra incendios, entre los que podemos reseñar.

**Herón de Alejandría**, también conocido con el nombre de Michanikos, el hombre mecánico, puede ser considerado, sin exagerar, el mayor inventor del mundo antiguo. A lo largo de su vida, este ingeniero y matemático helenístico, ideó varios mecanismos que funcionaban con aire, vapor o presión hidráulica. Entre uno de sus muchos inventos nos dejó una bomba para apagar incendios.

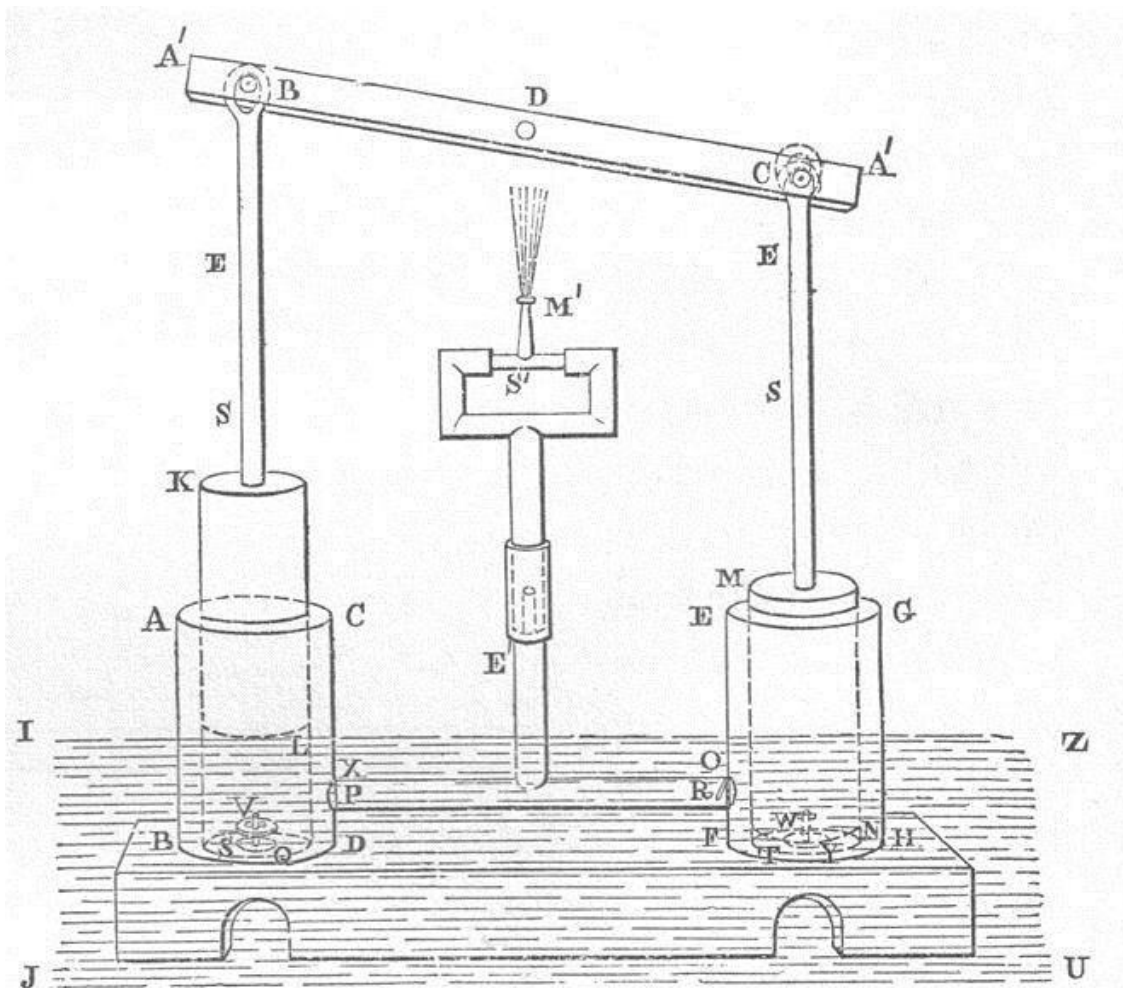


Ilustración 1.3.7.1-2 Bomba contra incendios inventado por Herón de Alejandría

Muchos siglos después aparecen la primera descripción de la historia moderna en máquinas contra incendios, se encuentra en una ilustración del libro de Rudolphus Agricola “De Re Metálica” publicado en 1556, que presenta en dibujo y en el taller de un metalúrgico. las distintas piezas de un aparato para combatir el fuego. Otro ingenio se halla ilustrado en el libro de Cyprian Lucar “Teatrise Named Lucarsolase” editado en Londres en 1590 y consistía en una especie de “jeringa” sobre ruedas, dotada de cilindro y, pistón para imprimir presión, tal como presenta el grabado correspondiente.

Una descripción más completa, figura en el libro de maquinaria de Heinrich Zeising en 1612, con la exposición de una bomba de dos cilindros accionada a mano y, otro tipo de bomba más perfeccionada es descrita en el libro “Forcile Moviments” publicado en 1615 y, escrito por un hugonote francés seguidor de Calvino, refugiado en Alemania y apellidado de Caus. Años después, un jesuita alemán de Konishofen, llamado Gaspar Schott, escribió también dos libros de aparatos y máquinas con todo detalle, desde la máquina de Anton Platter de Augsburgo en 1477 hasta la monumental bomba “nuremberga” de Hans Hautsch en 1655. Esta máquina consistía en un recipiente circular instalado sobre correderas y con un pistón en el centro. Tres hombres accionaban la bomba, además de los que abastecían de agua a la máquina y el que lanzaba agua al fuego, a través del “pistero”. El agua salía a presión por la fuerza ejercida en las palancas del pistón fijadas a una pieza horizontal. Al accionar la palanca en vaivén (arriba y abajo) entraba en funciones el pistón y el agua salía a presión por la boquilla o “pistero”.

En 1673 Jan van der Heyden inventó la precursora de la moderna bobina de manguera de incendios. Con estas mangueras hechas de cuero y una mejora de la bomba contra incendios podría por primera vez ser combatidos los grandes incendios con agua en la práctica. También diseñado por Van der Heyden una especie de refuerzo para el bombeo de agua desde los canales navegables. Alrededor de 1780, las mangueras de cuero se sustituyeron por el tejido de lona homologado y mejorado a través de los años, estas mangueras han sido sometidas a múltiples pruebas de resistencia para garantizar un perfecto funcionamiento.



Otra máquina que marcó época, fue la ideada en 1721 por el inglés Richard Newsham que perfeccionada con el tiempo, supuso un importante avance técnico y es descrita en el libro “A Universal System of Water and Works” de Stephen Switzer, como modelo avanzado. A la bomba Newsham siguieron otras máquinas, cada vez más modernizadas, hasta el invento de la máquina a vapor. En España la firma industrial “La Maquinista Terrestre y Marítima”, también construyó en su tiempo, bombas manuales muy logradas.

Quizá el hito técnico más relevante, en el desarrollo de la ingeniería de protección contra incendios, sucedió durante la segunda mitad del siglo XIX y fue la invención del **sprinkler (1ª patente en 1812)** que da lugar al primer concepto de la **protección automática contra incendios**.

Posteriormente se desarrollaron los detectores automáticos de incendio, nuevos agentes extintores para la lucha contra incendios en combustibles líquidos o en equipos bajo tensión eléctrica, tales como la espuma química y física, el anhídrido carbónico, los halones, los agentes limpios, etc.

#### 1.3.7.1.2 EVOLUCIÓN NORMATIVA

A lo largo de la historia, los diferentes gobiernos y autoridades en todo el mundo han elaborado y promulgado diversa legislación sobre prevención de incendios, con el fin de limitar las consecuencias de los incendios y proteger a la población y los bienes públicos.

Estas actuaciones legislativas, se han desarrollado típicamente dentro de un proceso acción-reacción, ocurrencia de un gran incendio-promulgación de legislación consecuente, dirigida a evitar la repetición del desastre.

Sin la existencia de conocimientos específicos sobre los incendios y su protección, su estudio llevó a la involucración de los diversos profesionales de la construcción, arquitectos e ingenieros de las diferentes especialidades, estructurales, eléctricos, químicos, mecánicos, etc., en la investigación de las causas de los incendios y propuesta de nuevas medidas preventivas para la limitación de estos y de sus consecuencias.

En los primeros tiempos, las medidas de PCI requeridas por la legislación preventiva eran simples y elementales, en consonancia con los niveles de conocimiento disponibles, en cada momento, sobre las causas y posibles medidas de limitación de los incendios, reservas de agua, limitación de materiales combustibles en la construcción, separación de edificios, extintores, mangueras, etc.

Y consecuentemente, de relativa sencillez para ser incorporados por los arquitectos e ingenieros, de las diversas especialidades, sin una formación específica en el área de protección contra incendios, en sus proyectos y áreas de responsabilidad.

Sin embargo, desde mediados del siglo XIX hasta nuestros días, el marco cognoscitivo sobre la **génesis de los incendios, su prevención y protección** ha cambiado de forma radical y afortunada.

Dos siglos atrás, en el siglo XIX, la ocurrencia de diversos grandes incendios que llegaron incluso a destruir grandes ciudades, generó una seria preocupación de la sociedad y sus gobernantes por la protección contra incendios.

La prestigiosa asociación normalizadora la National Fire Protection Association, **NFPA**, fue fundada en 1896.

En los años 1950's se desarrolla el conocimiento científico del origen y desarrollo de los incendios, (**“Fire Dynamics”**), y con ello el concepto de la ingeniería de protección contra incendios, como una especialidad con entidad propia dentro del mundo de la ingeniería.

Al mismo tiempo nace la Society of Fire Protection Engineers, **SFPE**, como entidad separada de NFPA. Y la especialidad de ingeniería de protección contra incendios se empieza a cursar en diversos países anglosajones.

La legislación en materia de PCI ha sido tradicionalmente de naturaleza **prescriptiva**. En función de unos criterios objetivos, uso del edificio, altura, ocupación, etc., se establecen unos requisitos de protección, número de extintores, mangueras, detectores, extinción automática, compartimentación, control de humos, etc.

Los códigos prescriptivos no incluyen bases técnicas que justifiquen o permitan evaluar la eficacia o fiabilidad final de las medidas requeridas.

Para el técnico, ingeniero o arquitecto, que traslada a un proyecto los requisitos legales establecidos en las normas, resulta difícil, cuando no imposible, determinar cuán seguro es un edificio en función del conjunto de medidas establecidas en el mismo, quedando limitado a asegurar que según su criterio **“el edificio cumple el reglamento”**.

Estas circunstancias han propiciado un marco con mayor tendencia al **“cumplimiento formal”**, que al diseño de una protección razonablemente eficaz y fiable.

Por otro lado, la ciencia de la seguridad contra incendios ha evolucionado en el mundo de forma muy relevante durante las últimas décadas, principalmente en los países anglosajones, y al día de hoy, el ingeniero profesional de protección de incendios, dispone de los conocimientos necesarios para analizar científicamente el comportamiento del fuego, permitir la predicción de la evolución de los incendios, evaluar cómo interactúan las más avanzadas tecnologías disponibles para la prevención y mitigación de los mismos.

El proceso de asunción social, investigación, y legislación en materia de protección de incendios ha ocurrido de forma muy distinta en los diversos países. En España la legislación sobre PCI, a mediados del siglo pasado, era prácticamente inexistente.

El 10 de abril de 1981 el Ministerio de Vivienda aprobó **la Norma Básica de Protección Contra Incendios (NBE-CPI-81)**. Justo **2 años después del Incendio del Hotel Corona de Aragón**, suceso que detonó y aceleró la mejora de la normativa contra incendios en España. Esta norma fue la primera de carácter nacional, anulando cualquier otra de rango inferior, y de obligado cumplimiento, lo que supuso el primer paso en la unificación de criterios. Pero debido a sus limitaciones a la hora de aplicarla, la NBE-CPI-81 fue derogada en 1982, permitiendo así **el nacimiento de la NBE-CPI-82**. Durante esa época disponían de esta norma para trabajar, pero volvían a entrar en juego todas las ordenanzas locales, provinciales y autonómicas. Pero pasaron casi 10 años hasta que se publicó una norma que supuso un gran adelanto para el sector, **la NBE-CPI 91**.

*“Esta norma estaba concebida con una visión más real del problema, daba soluciones prácticas y viables técnicamente, a la vez que se apuntaba la posibilidad de responder a un mismo problema con soluciones distintas. Con ella se comenzó a razonar más que a aplicar los preceptos de la Normativa, lo que ha sido la tónica de posteriores actuaciones”*.

Esta norma ya era un paso muy grande adelante en normativa contra incendios de España, aun así, todavía estábamos por detrás del resto de Europa. Por eso **en 1996 se aprobó la NBE-CPI-96**. Norma que ha seguido viva hasta la entrada en vigor del **Código Técnico en el año 2006**, aún hoy en día, sigue siendo para muchos profesionales la “biblia” de la protección contra incendios.

Entre la NBE-CPI del año 1991 y la del año 1996, **se aprobó el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI)**, en noviembre de 1993, cuyo objetivo era de establecer y definir las condiciones que deben cumplir los aparatos, equipos y sistemas, así como su instalación y mantenimiento. Este Reglamento fue corregido en mayo de 1994 y las Normas de Procedimiento y Desarrollo en abril de 1998.

Posteriormente la normativa se completó con la aparición del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales y que o tiene por objeto de conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial y sobre todo con el ya citado Código técnico de la



edificación de según Real Decreto 314/2016, de 17 de marzo, y sus famosas DB-SI (documentos básicos de seguridad contra incendios)

Por último, he de indicar que el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI) fue modificado en el Real Decreto 513/2017 de 22 de mayo.

En los últimos años, la evolución de los avances y herramientas de la ingeniería de PCI, en sus ámbitos científicos y de regulación profesional, se ha incorporado a los diversos reglamentos y normas internacionales, de forma que el técnico que debe aplicarlos puede optar por la vía puramente prescriptiva o bien por el **diseño prestacional**, asumiendo las condiciones exigidas en los códigos.

En este marco de diseño se cuenta con códigos “ad hoc”, se dispone de herramientas de cálculo, modelos computacionales, etc., que permiten seleccionar los posibles escenarios de incendio a considerar, ante los que el ingeniero de PCI debe diseñar los sistemas de PCI que garanticen la minimización de los daños potenciales hasta los niveles asimismo requeridos por los códigos, de forma justificada y documentada.

Este nuevo marco de **diseño prestacional**, se inició en países anglosajones tales como, EE. UU., Canadá, Australia, Nueva Zelanda y otros, y finalmente se ha aceptado en toda Europa. En España se encuentra habilitado desde la promulgación del actual **Código Técnico de la Edificación (CTE) en 2006**.

La **ingeniería de protección contra incendios** frecuentemente no es reconocida como una especialidad propia por muchos arquitectos e ingenieros, que incluso no han oído hablar de ella. La mayoría consideran que su práctica se limita a implementar en los diversos proyectos los requisitos legales en materia de PCI establecidos en los diversos códigos y reglamentos.

### 1.3.7.2 SISTEMAS DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Las medidas de protección activa las definimos como aquellas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extinción. Distinguimos dos tipos de medidas, manuales (Extintores, bocas de incendio, hidrantes, columna seca) y automáticas, rociadores, agua nebulizada, sistemas de espuma, agua pulverizada, gases, polvo...

Describimos brevemente los de mayor relevancia y utilización

#### 1.3.7.2.1 SISTEMAS MANUALES.

##### 1.3.7.2.1.1 EXTINTORES.

Son aparatos que contienen un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna.

Los hay de distintos tipos y con distintos elementos utilizados para extinción del fuego.

- Extintores fijos o móviles
- Extintores de agua
- Extintores de agua con aditivos y de espuma
- Extintores de polvo
- Extintores de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>
- Extintores de Hidrocarburos halogenados.

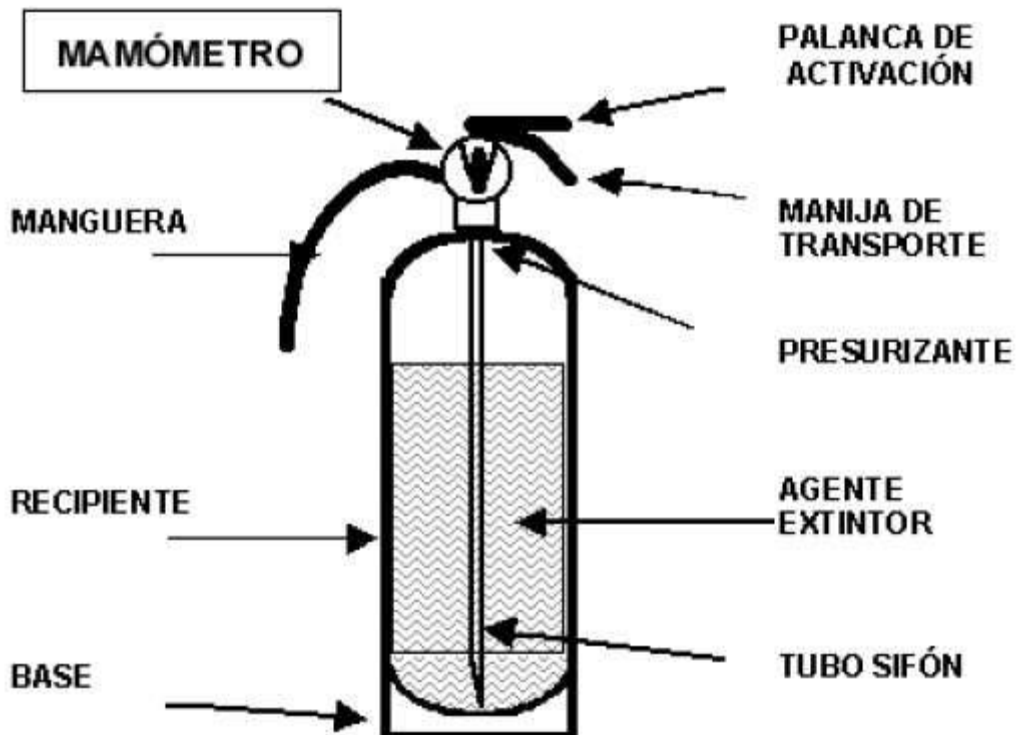


Ilustración 1.3.7.2-1 Esquema de un extintor



Ilustración 1.3.7.2-2 Distintos tipos de extintores

### 1.3.7.2.1.2 BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE)

La BIE es un equipo completo de protección contra incendios, que se instala de forma fija sobre la pared y está conectado a la red de abastecimiento de agua. Incluye, dentro de un armario, todos los elementos necesarios para su uso: manguera, devanadera, válvula y Lanza boquilla.

Es un sistema eficaz para la protección contra incendios que por su facilidad de manejo puede ser utilizada directamente por los usuarios de un edificio en la fase inicial de un fuego o incendio.



Ilustración 1.3.7.2-3 Ejemplo de una BIE 45 mm

### 1.3.7.2.1.3 HIDRANTES

Son dispositivos hidráulicos que, acoplados a las redes de abastecimiento de agua, permiten la conexión de mangueras por medio de varias tomas o bocas de salida. Dos son las funciones básicas de los hidrantes, permitir la conexión de mangueras que facilitarán la extinción de incendios en las propias instalaciones o en las colindantes, y suministrar agua a los vehículos contra incendio.

Tipos de hidrantes:

- Por su diseño.
  - a) Hidrantes de Boca. Boca de salida de una tubería normal con racor para conexión de manguera.
  - b) Hidrantes de Columna. Tubería vertical fijada a la red de abastecimiento de agua y que sobresale a la superficie provista de varias tomas de agua. Pueden ser de columna seca (sin carga de agua) o de columna húmeda.
  - c) Hidrantes de Arqueta. Toma de agua subterránea instalada en una arqueta y protegida por una tapa
- Por su situación.
  - a) Hidrantes exteriores. Se hallan en la periferia de las instalaciones objeto de protección.
  - b) Hidrantes interiores. Se ubican dentro de los establecidos protegidos.
  - c) Hidrantes de cubierta. Se emplazan en las zonas de cubierta de los edificios.
- Por su propiedad de uso. Públicos si están situados en las vías públicas y conectados a la red pública de abastecimiento. Privados si se encuentran en el interior de fábricas o terrenos de uso privado.



Ilustración 1.3.7.2-4 Tipos de Hidrantes.

#### 1.3.7.2.1.4 COLUMNA SECA.

Conjunto de elementos necesarios para transportar y distribuir el agua, suministrada por un camión de bomberos situado a nivel de la calle, a los distintos pisos (plantas/sótanos) de un edificio de altura.

Consta de una instalación de tubería de acero galvanizado, vacía de agua que, partiendo de una toma de alimentación en la fachada de la planta baja, asciende o desciende por la caja de escalera con tomas de agua en los rellanos de los pisos. Su utilización permite el abastecimiento del agua, soportando la presión y el caudal que los bomberos.



Ilustración 1.3.7.2-5 Esquema instalación Columna seca

#### 1.3.7.2.2 AUTOMÁTICOS.

##### 1.3.7.2.2.1 SPRINKLERS O ROCIADORES AUTOMÁTICOS.

Son equipos que distribuyen el agua sobre un incendio de forma automática y en cantidad suficiente para extinguir completamente el incendio, prevenir su propagación o contenerlo.

La instalación de este tipo de sistema se compone de los siguientes elementos principalmente:

- Rociadores. Dispositivos de descarga de agua. Existen diversos tipos de rociadores ( semiempotrados, empotrados y ocultos, de pared, etc...)

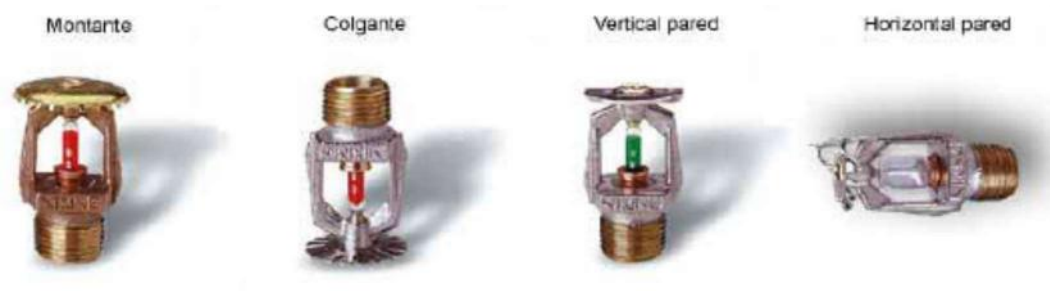


Ilustración 1.3.7.2-6 Tipos de rociadores

- Válvulas. Equipos para el control del fuego.
- Tuberías de distribución. Unen la fuente de abastecimiento con los dispositivos finales.
- Equipos auxiliares. Alarmas e instrumentos necesarios para supervisión y/o actuación del sistema.
- Se distinguen básicamente tres tipos de sistemas de rociadores automáticos.
  - a) Tubería Húmeda. La red se encuentra llena de agua a presión, se compone de un puesto de control, una válvula de seccionamiento, los sprinklers automáticos y la red de tuberías de conducción de agua. Actúa por temperatura detectando el fuego como un detector térmico, porque el fusible está tomando a una temperatura determinada, elegida de acuerdo con el tipo de riesgo a proteger. Al activarse el sprinkler provoca una alarma y permite el paso del agua.
  - b) Tubería seca. El sistema está formado por los mismos elementos. La diferencia radica principalmente en el puesto de control. En este caso existe agua antes de la válvula de diluvio, pero no en los ramales de rociadores. Se utiliza preferentemente donde existe riesgo de congelamiento de las tuberías. En este caso debemos utilizar tuberías galvanizadas para la red de rociadores. Cuando se produce un foco de incendio dentro del área protegida por los rociadores, al llegar a temperatura de excitación, el rociador más cercano se activa, produciendo una descarga del aire a presión, generando una bajada de presión en toda la red, incluido el puesto de control, donde está la válvula de alarma del sistema; ésta se abre y se activa la alarma permitiendo el paso del agua hasta los sprinklers que se han activado para descargar sobre el área afectada por las llamas.

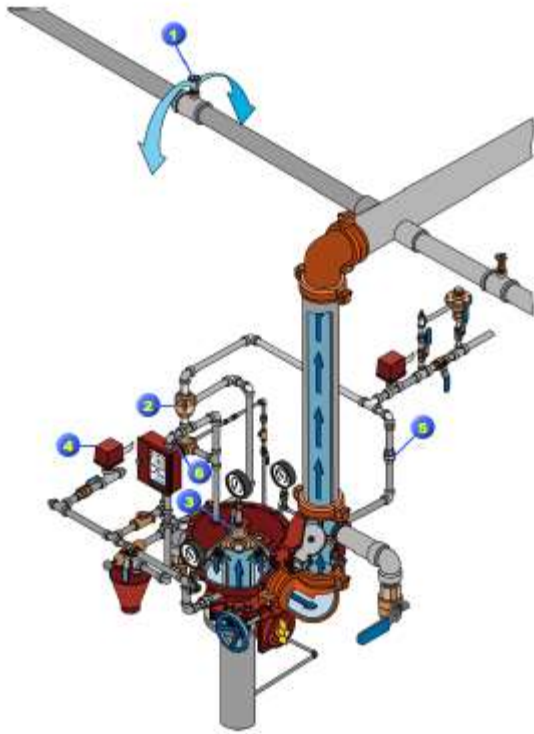


Ilustración 1.3.7.2-7 Sistema de tubería seca

- c) Sistema de acción previa. Es un sistema seco, pero se activa mediante un sistema automático de detección de incendios. Se monta en casos en que las zonas a proteger poseen objetos de gran valor económico, histórico o son recintos que deben estar muy cuidados. Cuando se inicia un incendio en una zona protegida con este sistema, el detector de humos más cercano al foco en cuestión, se activa y envía una señal de alarma de incendio a la central automática de detección. Inmediatamente, la central de incendios da la orden para activar la electroválvula situada en el puesto de control; permitiendo el paso del agua hacia los sprinklers, llenando ésta y dejándola preparada para el momento en que se activan los sprinklers.

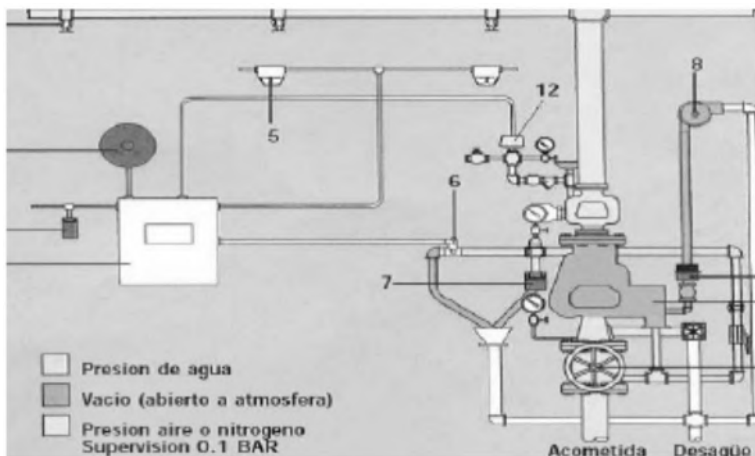


Ilustración 1.3.7.2-8 Esquema sistema acción previa

1.3.7.2.2 SISTEMA DE AGUA NEBULIZADA.



Los sistemas de agua nebulizada optimizan la utilización del agua mediante la división en gotas de muy pequeño tamaño. Con ello se consigue maximizar la superficie de intercambio de calor, facilitando la evaporación. Estos sistemas reducen el riesgo de daños por agua sobre los equipos protegidos.

Para conseguir esta división se utilizan unas boquillas especialmente diseñadas y presiones de trabajo, normalmente entre 4 hasta 200 bares.

#### *1.3.7.2.2.3 SISTEMAS DE INUNDACIÓN O DE DILUVIO.*

Reservados para situaciones de riesgo extremo. Todas las boquillas permanecen abiertas en todo momento de modo que, cuando el agua llega, toda el área se inunda. Suelen usarse en los hangares de aviación, donde se almacenen líquidos inflamables, o para protecciones de equipos de generación de energía eléctrica. Generalmente utilizan dispositivos especiales como detectores térmicos o rociadores abiertos.

#### *1.3.7.2.2.4 SISTEMAS POR MEDIO DE ESPUMA.*

Se usa para extinguir incendios de líquidos inflamables, en particular en la industria petroquímica. Siendo de baja expansión con tanques de líquidos inflamables. De media expansión en cuartos de caldera. Alta expansión en inundación total. Los componentes principales son el depósito de espumógeno, proporcionadores que son los equipos que forman la solución espumante, generadores de la espuma, redes de tuberías, y equipos para la supervisión y control del sistema.

#### *1.3.7.2.2.5 SISTEMAS POR MEDIO DE POLVO QUÍMICO.*

Tales como el bicarbonato de sodio, de potasio, cloruro potásico, bicarbonato de urea-potasio, fosfato mono amónico y otros polvos químicos combinados con aditivos que les permite fluir con libertad y ser resistentes a la humedad.

El principio de extinción química de la reacción en cadena, aplica en los fuegos B y se pueden utilizar en espacios abiertos, para líquidos y equipos energizados.

## **1.4 RIESGO INTRINSECO**

### **1.4.3 INTRODUCCIÓN**

El “Riesgo intrínseco” es un método de evaluación antiguo que recogía la primera Norma Básica de la Edificación, la NBE-CPI-82, pero que luego no recogieron las versiones del 91 y del 96. Ahora, sin embargo, adquiere nuevamente actualidad porque viene utilizado en el Reglamento de Seguridad contra Incendios para los Establecimientos Industriales, como uno de los factores determinantes del nivel de seguridad y de protección que se debe aplicar. Tiene sentido por tanto en la actualidad cuando se considera un establecimiento industrial.

El riesgo intrínseco parte del concepto de “carga térmica”, que indica la cantidad de combustible por metro cuadrado expresada en calorías, o también, el calor que se desprendería por metro cuadrado en caso de incendio. La carga térmica puede definirse también como el poder calorífico por metro cuadrado.

La carga térmica es un índice de riesgo de propagación, significa cantidad o soporte material disponible para que el fuego avance y se desarrolle. No nos da idea del riesgo de activación porque solo tiene en cuenta los poderes caloríficos de los materiales. Por ello, para calcular el riesgo intrínseco la carga térmica se corrige y pondera previamente, mediante la aplicación de unos coeficientes de peligrosidad ( $C_i$  y  $R_a$ ) que son indicadores del riesgo de activación.



#### 1.4.4 RIESGOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Los riesgos inherentes a los establecimientos industriales vienen regulados en el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. En este Reglamento se establecen los factores de caracterización determinantes del nivel de protección adecuado, incluido lo relativo a su emplazamiento y a ubicaciones no permitidas.

Se establecen cinco tipologías o configuraciones distintas para los establecimientos industriales:

- Establecimientos industriales ubicados en edificios:
  - **Tipo A:** El establecimiento industrial que ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
  - **Tipo B:** El establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio que esta adosado a otro/s edificio/s, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
  - **Tipo C:** El establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos.
- Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen edificios:
  - **Tipo D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que no puede tener cubierta más del 50% de la superficie ocupada.
  - **Tipo E:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede tener cubierta hasta el 50% de la superficie ocupada.

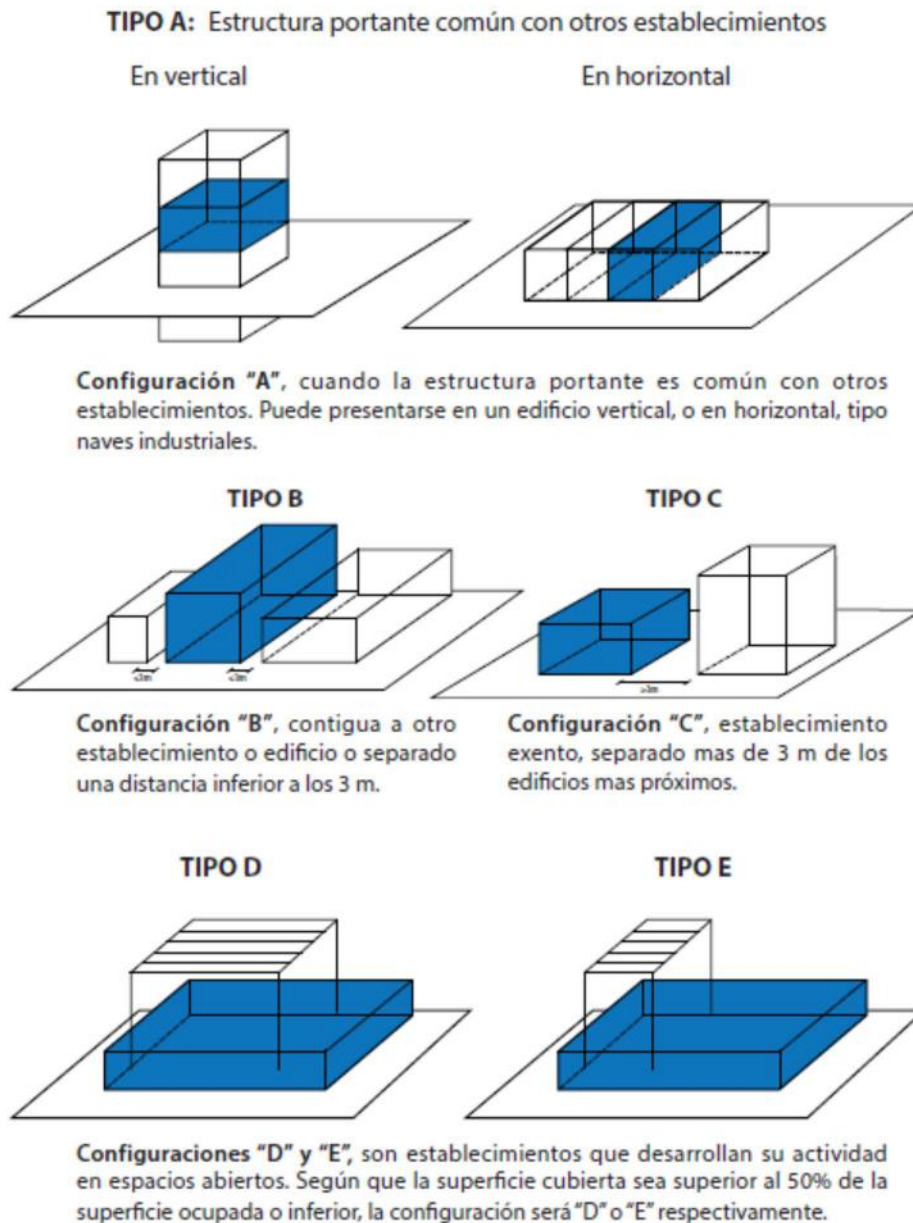


Ilustración 1.3.7.2-1

#### 1.4.4.1 INCOMPATIBILIDADES DE EMPLAZAMIENTOS

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

Cada sector de incendio tiene un nivel de riesgo intrínseco, que es un índice que contempla conjuntamente la peligrosidad de un eventual incendio y la probabilidad de que ocurra en dicho sector. Se distinguen, conforme al Reglamento, sectores con nivel de riesgo bajo, medio y alto.

En función del nivel de riesgo intrínseco y de la configuración o situación relativa, se determinan las ubicaciones no permitidas de un sector de incendio:

| Configuración | Riesgo intrínseco    |                    |                    |                       |                       |                          |
|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
|               | Bajo                 |                    | Medio              |                       | Alto                  |                          |
|               | b/rasante            | s/rasante          | b/rasante          | s/rasante             | b/rasante             | s/rasante                |
| Tipo A        |                      | Según que caso (2) | No permitido       | Según que caso (1)(2) | No permitido          | No permitido             |
| Tipo B        |                      |                    | Según que caso (4) | Según que caso (4)    | Según que caso (4)(5) | Según que caso (3)(4)(5) |
| Tipo C        | No hay restricciones |                    |                    |                       |                       |                          |
| Tipo D-E      | No hay restricciones |                    |                    |                       |                       |                          |

Tabla 1.4.4.1-1 Ubicaciones no permitidas en función del RI

NOTAS:

- A. NO permitida, cuando la longitud de fachada accesible es inferior a 5 m.
- B. NO permitida, cuando la altura de evacuación es superior a 15 m.
- C. NO permitida, cuando la altura de evacuación descendente es superior a 15 m.
- D. NO permitida, cuando la longitud de fachada accesible es inferior a 7 m.
- E. NO permitida, cuando el nivel de riesgo intrínseco es Alto, nivel 8.

Además, no se permite la ubicación de sectores de incendio de cualquier riesgo en segunda planta bajo rasante, para configuraciones de tipo A, B y C.

### 1.4.4.2 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO

Desde un punto de vista legal, el técnico de prevención tiene que evaluar el riesgo de incendio de acuerdo con los criterios que se establecen en las distintas normas o disposiciones para determinar el nivel de protección adecuado a las características del centro de trabajo, edificio o establecimiento industrial.

En este sentido, los parámetros o variables determinantes del nivel de protección a aplicar son distintos, según se trate de un edificio o de un establecimiento industrial.

Para el caso que nos ocupas nos centramos en los criterios de protección contra incendios en el caso de establecimientos industriales. En éstos el nivel de protección que han de disponer se determina en función de su “riesgo intrínseco” y de su “configuración” o situación relativa respecto al entorno. Las dependencias o instalaciones reguladas por reglamentación específica deben cumplir con las normas de seguridad previstas en sus correspondientes reglamentos, y son considerados, con carácter general, desde el punto de vista de seguridad contra incendios como “locales o zonas de riesgo especial”. La identificación de cada zona permite completar la configuración del “mapa de riesgos”.

### 1.4.5 NIVEL DE RIESGO INTRINSECO

La fórmula de cálculo - general - que se aplica es la siguiente:

Ecuación 1.4.4.2-1

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} Ra (MJ / m^2) o (Mcal / m^2)$$

Donde:

- **Qs:** Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, en MJ/m2 o Mcal/m2.
- **Gi:** Masa, en Kg, de cada uno de los combustibles (i) presentes.

- **qi:** Poder calorífico, en MJ/Kg o Mcal/Kg, de cada uno de los combustibles (i) presentes.
- **Ci:** Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) presentes.
- **Ra:** Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla.
- **A:** Superficie construida considerada en metros cuadrados.

Los criterios para determinar los valores de los coeficientes de peligrosidad por combustibilidad  $C_i$ , de cada combustible, se pueden obtener en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, coincidentes con los criterios de clasificación del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por Real Decreto 379/2001, de 6 de abril -ITC MIE APQ001.

Los valores que se establecen para los coeficientes de aplicación  $C_i$  son:

- Nivel bajo de peligrosidad de los combustibles: 1,00.
- Nivel medio de peligrosidad: 1,30.
- Nivel alto de peligrosidad: 1,60.

Los valores del coeficiente de peligrosidad  $R_a$ , se determinan igualmente en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Los valores que se establecen para los coeficientes que corresponde aplicar en cada caso son:

- Para un  $R_a$  alto es: 3,00.
- Para un  $R_a$  medio es: 1,50.
- Para un  $R_a$  bajo es: 1,00.

De los valores de carga térmica ponderada y corregida que se obtengan, se deducen ocho niveles de riesgo que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1.4.4.2-1. Nivel de riesgo intrínseco

| Nivel de riesgo intrínseco ( $R_i$ ) |   | Densidad de carga de fuego ponderada y corregida ( $Q_s$ ) |                        |
|--------------------------------------|---|--|------------------------|
|                                      |   | En Mcal/m <sup>2</sup>                                     | En MJ/m <sup>2</sup>   |
| Bajo                                 | 1 | $Q_s < 100$  | $Q_s < 425$            |
|                                      | 2 | $100 < Q_s < 200$  | $425 < Q_s < 850$      |
| Medio                                | 3 | $200 < Q_s < 300$  | $850 < Q_s < 1.275$    |
|                                      | 4 | $300 < Q_s < 400$  | $1.275 < Q_s < 1.700$  |
|                                      | 5 | $400 < Q_s < 800$  | $1.700 < Q_s < 3.400$  |
| Alto                                 | 6 | $800 < Q_s < 1.600$  | $3.400 < Q_s < 6.800$  |
|                                      | 7 | $1.600 < Q_s < 3.200$                                      | $6.800 < Q_s < 13.600$ |
|                                      | 8 | $Q_s < 3.200$  | $Q_s < 13.600$         |

Fuente: Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. R. D. 2267/2004, de 3 de diciembre (BOE de 17 diciembre 2004).

Los valores correspondientes a las potencias caloríficas son inherentes a cada uno de los combustibles, son propiedades físicas que cada uno tiene y, por tanto, se pueden obtener fácilmente. El Reglamento, no

obstante, proporciona información de las potencias caloríficas de los productos o sustancias de uso más común.

## 1.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TRANSFORMADORES

### 1.5.3.1 DEFINICION TRANSFORMADORES

Los transformadores son dispositivos electromagnéticos, máquinas estáticas, sin elementos móviles, que permiten aumentar o disminuir la tensión e intensidad eléctrica. Para lograrlo, transforman la electricidad que le llega al arrollamiento primario (también llamado devanado primario) en magnetismo, para volver a transformar el magnetismo en electricidad en el arrollamiento secundario.

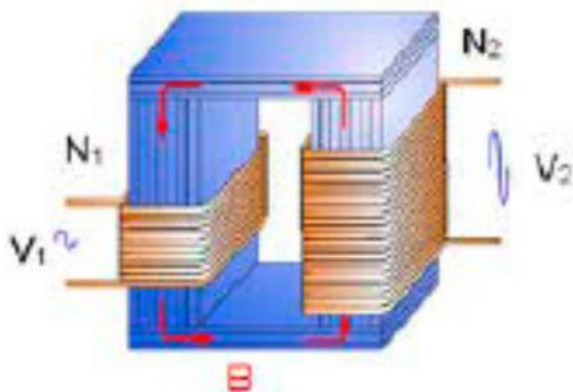


Ilustración 1.5.3.1-1 Esquema de funcionamiento de un transformador

Existe una gran variedad de transformadores eléctricos, con diversas clasificaciones dependiendo de:

- Su estructura: secos, con aislamiento líquido de baja inflamabilidad, o con aislamiento líquido inflamable o con aceites aislantes de uso general
- Su ubicación: intemperie, bajo techo, subterráneos, etc.
- Voltaje que recibe: desde 12000 voltios hasta 220.000
- Sistemas de tensiones: monofásicos, trifásicos, trifásicos-hexafásicos, trifásicos-dodecafásicos, trifásicos-monofásicos.

Entre los transformadores, tienen especial peligro de incendio los de **baño de aceite**, ya que este aceite tiene una relativamente baja temperatura de inflamación y por tanto un riesgo de incendio con un elevado desprendimiento de humos. Este tipo de transformadores se corresponde además con los transformadores que tenemos en la fábrica de producción de acero y de los que anteriormente hemos descrito sus características.

Tabla 1.5.3.1-1 Punto de inflamación de aceites aislantes usados en transformadores.

|                            | ACEITES MINERALES | ACEITES MINERALES (ALTO PUNTO DE INFLAMACIÓN) | ACEITES DE SILICONAS | ACEITES VEGETALES |
|----------------------------|-------------------|---|----------------------|-------------------|
| Punto de inflamación (° C) | 140               | 260   | 300                  | 330               |
| Resistencia al fuego       | Mala              | Buena   | Óptima               | Óptima            |

El transformador es una máquina que apenas necesita mantenimiento. El elemento que requiere una mayor atención es el aceite. Los aceites minerales tienden a envejecer, a oxidarse, y estas alteraciones reducen las cualidades electrotécnicas del mismo. El aceite sufre alteraciones debido a la temperatura, la humedad, y al contacto con el oxígeno del aire.

Las principales ventajas de los transformadores de aceite frente a los secos son: su menor costo, menor ruido, mayor resistencia a las sobretensiones y sobrecargas, que pueden instalarse a la intemperie y pueden trabajar en atmósferas contaminadas. La principal desventaja tiene que ver precisamente con su elevado contenido en aceites de bajo punto de inflamación lo que les confiere a instalaciones con este tipo de transformadores una consideración de muy alto riesgo de producción de incendio.



Ilustración 1.5.3.1-2 Transformador de aceite con depósito

### 1.5.3.2 FALLOS EN TRANSFORMADORES

Las principales causas de daño en los transformadores son consecuencia de:

- Pérdida de su aislamiento interno
- Descargas parciales
- Sobrecargas
- Sobre calentamiento del aceite



- Sobretensiones y descargas atmosféricas
- Fallos de las protecciones internas del transformador
- Fallos en los cambiadores de tomas
- Daños en los conductores debido a la presencia de gases corrosivos

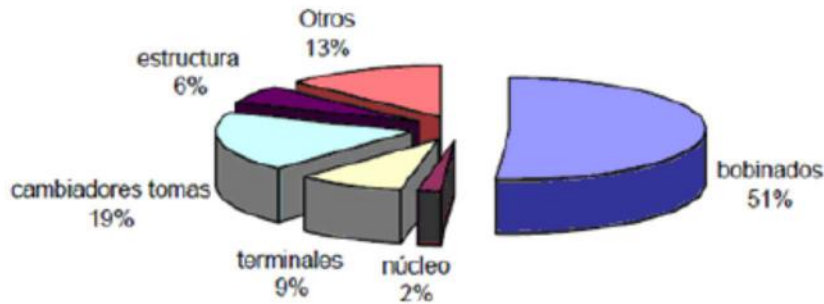


Ilustración 1.5.3.2-1 Estadística de averías en transformadores de potencia en EEUU entre 1975 y 1982

Tabla 1.5.3.2-1 Distribución de averías en transformadores de potencia en EEUU entre 1975 y 1982

|                          | 1975-1982        |             |
|--------------------------|------------------|-------------|
|                          | Número de fallos | % del total |
| 1. Bobinados.            | 615              | 51          |
| 2. Cambiadores de tomas. | 231              | 19          |
| 3. Terminales            | 114              | 9           |
| 4. Conexionado           | 71               | 6           |
| 5. Circuito magnético    | 24               | 2           |
| 6. Otros fallos          | 72               | 13          |
| <b>TOTAL</b>             | <b>1217</b>      | <b>100</b>  |

La edad de los transformadores es otro factor importante para tener en cuenta cuando se evalúa el riesgo de fallo. Se puede esperar una vida media de un transformador de unos 40 años, aunque también es frecuente que, bajo condiciones más extremas de cargas y temperatura, la vida media sea más reducida. Es de considerar que, según la empresa de Investigación Newton Evans Inc., el equipamiento actualmente instalado en el mundo posee un promedio de edad de 35 años. Esto significa que muchos de ellos, están llegando al término de su vida útil.

Las causas descritas anteriormente incrementan la probabilidad de un arco eléctrico al interior del transformador; la energía resultante de arcos eléctricos vaporiza el aceite, generando gases explosivos tales como Hidrógeno, Metano, Etano, Etileno y Acetileno.



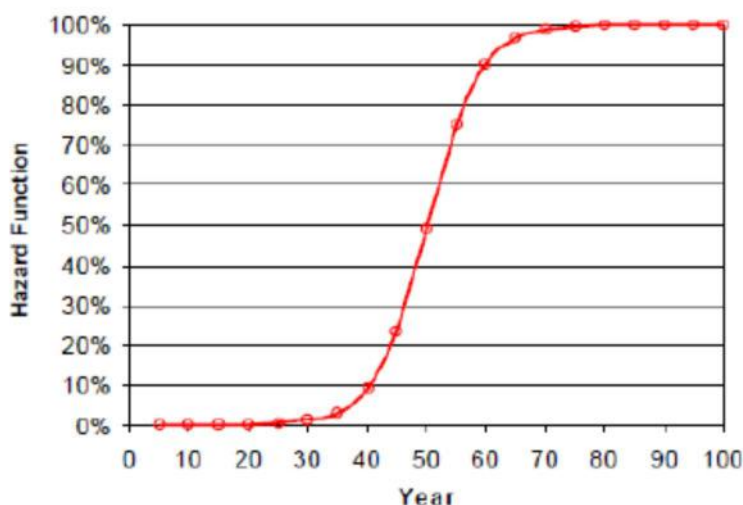


Ilustración 1.5.3.2-2 Probabilidad de fallo en transformadores en función de su edad

Los efectos más habituales de los incendios en transformadores son los siguientes:

- Daños a los componentes internos del transformador y equipos adyacentes
- Lesiones al personal que se encuentre en el sector
- Contaminación ambiental por el aceite expulsado y la generación de humos debido a la combustión del aceite
- Propagación del incendio debido a la expulsión de aceite en llamas
- Pérdidas económicas por daños directos a la propiedad y daños indirectos derivados de la interrupción del negocio. En estos casos donde la importancia económica de una parada de la producción es muy costosa en comparación con el propio precio de adquisición del transformador, las compañías aseguradoras tienen unas exigencias en cuanto al diseño de las instalaciones de protección contra incendio más restrictivas que la propia normativa a aplicar.

### 1.5.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO EN TRANSFORMADORES

Como ya hemos comentado en el punto anterior, dentro de los transformadores los de baño en aceite son los que presentan un mayor riesgo de que se produzca un incendio.

En estos equipos los principales medios refrigerantes que se utilizan para evitar el calentamiento del transformador son el aire y aceite mineral. El aceite tiene una mejor conductividad térmica y posee un mayor calor específico. Su función es doble, por una parte, actúa como aislante y por otra como agente refrigerante. Sin embargo, la inflamación de éste suele ser el desencadenante del incendio.

El riesgo de explosión de un transformador de potencia, ya sea en una subestación de generación de energía o de aquellos que garantizan el funcionamiento de los sistemas en una industria es una preocupación creciente de las compañías de seguros.

No existen medidas de incendio específicas en la construcción de transformadores, solamente se mencionan medidas básicas de protección contra incendios en la Norma “Guía para la protección Contra Incendios de subestaciones según el estándar IEEE 979 “

Para que un transformador llegue al grado de explosión es necesario que se produzcan varios fenómenos en ese, todos relacionados con algún tipo de fallo interno o externo.

El riesgo de incendio en transformadores que emplean aceites de uso general, con alta inflamabilidad, es un hecho por tanto contrastado.

Existen estudios que señalan que la causa principal que provoca incendios en transformadores es la pérdida de aislamiento interno.

En un estudio realizado por la compañía SERGI en 1995 con el objetivo de conocer los fenómenos ocurridos en transformadores de aceite durante un cortocircuito se concluyó lo siguiente.

- Cuando existe pérdida parcial del aislamiento de un transformador se pueden producir arcos eléctricos internos que provocan, casi de manera instantánea, que se vaporice una masa de aceite.
- El aceite vaporizado presenta un volumen muy superior con respecto a su estado líquido. La generación de gas ocurre en el primer milisegundo del arco eléctrico y la masa de gas tiende a expandirse para poder mantener el equilibrio de presión con el ambiente que le rodea.
- El gas no puede expandirse lo suficientemente rápido y para mantener el equilibrio de presión se presuriza de forma muy rápida, pendiente alcanzar picos de presión de 14 bares.
- Esto genera la aparición de ondas de presión que se propagan por el transformador desde el inicio del arco eléctrico.
- El primer pico de presión que alcanza una velocidad de 1.200 m/s e impacta contra la estructura de la cuba
- El proceso anterior es progresivo lo que acabará debilitando los componentes del tanque como soldaduras, pernos. La integración de todos los picos de presión acaba generando una presión estática que terminará por romper el recipiente si no es despresurizado.
- Si las protecciones del transformador no consiguen despresurizar la cuba rápidamente, puede llegar a romper.
- Cuando esto sucede, los gases se inflaman en contacto con el oxígeno debido a la alta temperatura a la que se encuentran, produciéndose una fuerte explosión que provoca la ignición del aceite y por lo tanto el incendio del transformador.



Ilustración 1.5.3.3-1 Incendio de un transformador

#### 1.5.4 RIESGOS DE INCENDIOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS

El riesgo de fuego en subestaciones eléctricas ha sido históricamente relativamente bajo, pero los efectos del fuego suelen ser catastróficos. El reconocimiento de los riesgos de incendios, los riesgos implicados, y las medidas apropiadas de la mitigación de la protección de fuego son algunas de las consideraciones dominantes

para el diseño y la operación de subestaciones de nueva construcción o para reformar subestaciones existentes. Gran parte de la evaluación de los incendios y fuego en las subestaciones son marcados en base a la norma IEE 979, anteriormente reseñada.

La probabilidad de que un fuego ocurra durante un intervalo de tiempo específico, la magnitud de un posible fuego, la consecuencia de la pérdida del servicio eléctrico, estos son aspectos para tener en cuenta en el diseño de sistemas de protección para subestaciones y más concretamente para transformadores de potencia.

Hay una amplia gama de tipos y causas de los fuegos que pueden ocurrir en estas instalaciones, dependiendo de los equipos y sistemas utilizados.

Fallos en los cables que pueden provocar incendios que se propagan y producen grandes cantidades de humo tóxico. Peligros ocasionados por equipos con presencia de aceite dieléctrico, como ocurre en transformadores. Las averías eléctricas en el interior de los transformadores pueden provocarse por múltiples causas.

La evaluación del riesgo debe realizarse atendiendo a:

- Análisis de las condiciones específicas de la subestación.
- Capacidad de los transformadores instalados.
- Ubicación geográfica y el clima existente.
- Análisis de los equipos a proteger
- Aplicación de la normativa y legislación existente en materia de prevención, control y extinción de incendios
- Análisis de la información disponible de los Siniestros ocurridos en instalaciones similares, tomando datos de las causas y efectos.

## **1.5.5 CALCULO DEL NIVEL DE RIESGO EN LA INSTALACIÓN**

El único sector de incendios a considerar es el parque de transformadores donde se ubican los transformadores de potencia situados en el exterior.

### **1.5.5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.**

Según la definición que aparece en el RD 2267/2004 “Reglamento de Seguridad Contra Incendio en establecimientos industriales”, se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2 del presente RD.

#### **1.5.5.1.1 CARACTERIZACIÓN POR SU UBICACIÓN Y RELACIÓN CON EL ENTORNO.**

Siguiendo lo indicado en el ya citado RD 2267/2004 el establecimiento podemos definirlo como de tipo E, establecimiento industrial en un espacio abierto, que puede estar parcialmente cubierto, con un máximo de un 50% de su superficie, alguna de cuyas fachadas de la parte cubierta carece de cerramiento lateral.

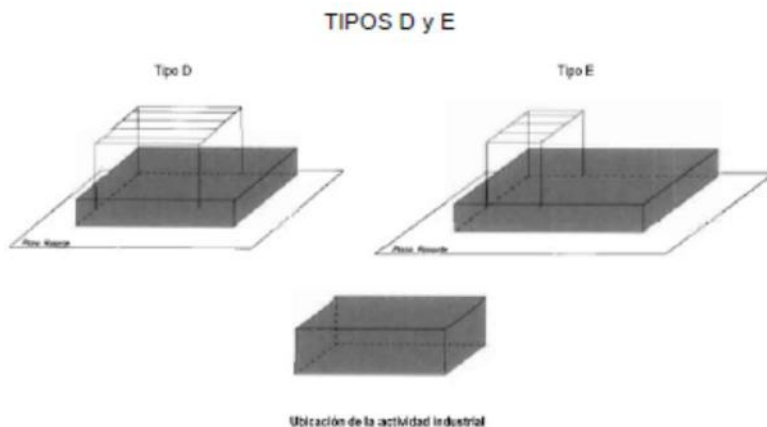


Ilustración 1.5.5.1-1 Tipo de establecimiento según RD 2267/2004

### 1.5.5.1.2 CARACTERIZACIÓN POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

Para los establecimientos tipo E se considera que la superficie que ocupan constituye un “área de incendio” abierta, definida solamente por su perímetro.

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará.

- Calculando la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del área de incendio, según la fórmula:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} Ra (MJ / m^2) \text{ o } (Mcal / m^2)$$

Donde:

- **Q<sub>s</sub>**: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
  - **G<sub>i</sub>**: Masa, en Kg, de cada uno de los combustibles (i) presentes.
  - **q<sub>i</sub>**: Poder calorífico, en MJ/Kg o Mcal/Kg, de cada uno de los combustibles (i) presentes.
  - **C<sub>i</sub>**: Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) presentes.
  - **Ra**: Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla.
  - **A**: Superficie construida considerada en metros cuadrados.
- Características del aceite dieléctrico del transformador. El aceite dieléctrico de los transformadores es un aceite mineral, de la marca NYNAS NYTRO TURUS, con una densidad a 20°C de 0,87 kg/dm<sup>3</sup> y punto de inflamación de 150 °C Según la normativa UNE-EN 60296 “Fluidos para aplicaciones electrotécnicas”.  
Está clasificado según la ITC MIE-APQ 1: «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles» como de clase D

Tabla 1.5.5.1-1 Grado de peligrosidad de los combustibles

| VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C <sub>i</sub>   |  |  |
|---|--|--|
| ALTA  | MEDIA  | BAJA   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1</li> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>1</sub>, en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.</li> <li>- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.</li> <li>- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.</li> <li>- Sólidos que emiten gases inflamables.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.</li> </ul> |
| C <sub>i</sub> = 1,60   | C <sub>i</sub> = 1,30  | C <sub>i</sub> = 1,00  |

Consideramos los siguientes valores tomados del RSCIEI

De la tabla 1.2 obtenemos el valor Ra=1,5

De la tabla 1.1 y en función del grado de peligrosidad del aceite mineral, consideramos un valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad C<sub>i</sub>=1

El área de la zona a clasificar es de 47,5 x 15,5 m<sup>2</sup> = 736,25 m<sup>2</sup>

Teniendo en cuenta que los transformadores de 65 MVA poseen 26.000 kg de aceite dieléctrico cada uno, cuyo poder calorífico de acuerdo con la tabla 1.4 es 42 MJ/kg, tendremos:

$$Q_{\text{trafos}} = (4 \cdot 26000) \text{ (kg)} \cdot 42 \text{ (MJ/kg)} \cdot 1,5 \cdot 1 / 736,25 = 8.899,15 \text{ MJ/m}^2$$

Por tanto y atendiendo a la tabla 1.3 del RSCIEI que se muestra a continuación obtenemos que la zona queda clasificada como de Riesgo Alto nivel 7

Tabla 1.5.5.1-2 Nivel de riesgo intrínseco

| Nivel de riesgo intrínseco |   | Densidad de carga de fuego ponderada y corregida |                                 |
|----------------------------|---|--|---------------------------------|
|                            |   | Mcal/m <sup>2</sup>                              | MJ/m <sup>2</sup>               |
| BAJO                       | 1 | Q <sub>s</sub> ≤ 100                             | Q <sub>s</sub> ≤ 425            |
|                            | 2 | 100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200                       | 425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850      |
| MEDIO                      | 3 | 200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300                       | 850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.275    |
|                            | 4 | 300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400                       | 1.275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.700  |
|                            | 5 | 400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800                       | 1.700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3.400  |
| ALTO                       | 6 | 800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.600                     | 3.400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6.800  |
|                            | 7 | 1.600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3.200                   | 6.800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13.600 |
|                            | 8 | 3.200 < Q <sub>s</sub>                           | 13600 < Q <sub>s</sub>          |

## 1.6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 1.6.3 INTRODUCCIÓN

Como hemos comentado en puntos anteriores, el objeto de este Proyecto es el diseño de los sistemas de protección activa contra incendios del parque de transformadores de una fábrica de producción de metales.

La capacidad de producción de la fábrica asciende a 1 Millón de Tn/año de material, produciendo a su vez en el taller de laminación en caliente 0,8 Millones de Tn/año de chapa gruesa en bobinas y 0,6 Tn/año de chapas de grueso fino en el taller de laminación en frío.

Para el funcionamiento de los hornos y de los trenes de alimentación la fábrica cuenta con cuatro transformadores de 65 MVA, que funcionan dos a dos, es decir hay dos transformadores en funcionamiento y otros dos en reserva.

Un fuego que se produjese en alguno de estos transformadores debe ser extinguido de forma inminente y eficaz, y debe impedirse que un incendio en un transformador se propague al resto de transformadores, lo que conllevaría a una parada dilatada en el tiempo del proceso de producción.

En este tipo de fábricas donde el coste de paralización de la producción es muy superior al coste de los equipos de generación de energía, y por supuesto de los sistemas de protección contra incendios de éstos, a veces no es suficiente con diseñar las instalaciones conforme a la normativa estatal de aplicación.

En muchos las compañías aseguradoras exigen unos requisitos mayores. Una de las compañías certificadoras más famosas, que asesora en este sentido a las aseguradoras, es la estadounidense Factory Mutual (FM). En España asociaciones privadas como CEPREVEN tienen recomendaciones propias en materia de diseño de instalaciones de protección contra incendios que son también asumidas por fabricantes de equipos y por clientes y también realizan certificaciones para las compañías de seguros.

Ya hemos definido en el punto 1.5.5.2 el nivel de riesgo de las instalaciones a proteger, en función de la capacidad de aceite de los transformadores. Seguiremos los siguientes pasos para el diseño del sistema de protección de los transformadores.

- Definición del emplazamiento, área de ubicación y características de los equipos a proteger.
- Definición de los componentes que componen el sistema de protección contra incendios.
- Aplicación de la normativa para el dimensionamiento de las instalaciones.
- Comprobación de idoneidad de los resultados.

### 1.6.4 SITUACION

Las instalaciones de la fábrica se encuentran ubicadas en la provincia de Huelva a una elevación respecto al nivel del mar de aproximadamente 5 m.





Ilustración 1.5.5.1-1 Emplazamiento

#### 1.6.4.1 CONDICIONES AMBIENTALES

Se indican a continuación los principales parámetros climatológicos a tener en cuenta en el diseño de las instalaciones:

- Humedad

Tabla 1.6.4.1-1 Datos Humedad

| CONDICIÓN    | DATOS HUMEDAD |
|--------------|---------------|
| MÁXIMA ANUAL | 100%          |
| MÍNIMA ANUAL | 16%           |
| MEDIA ANUAL  | 70%           |

- Temperatura

Tabla 1.6.4.1-2 Datos Temperatura

| CONDICIÓN       | TEMPERATURA (° C) |
|-----------------|-------------------|
| MÍNIMA ANUAL    | 0 ° C             |
| DISEÑO INVIERNO | 8 ° C             |
| MEDIA ANUAL     | 19 ° C            |
| DISEÑO VERANO   | 30 ° C            |
| DISEÑO VERANO   | 37 ° C            |

- Tipo de atmósfera: Marina/polvorienta
- Grado de corrosión:  
Se establecen los siguientes grados de corrosión en base a la norma UNE-EN-ISO 12944-1:2017 parte 2

- C5-Im2. Corrosividad muy alta en mar o agua salobre sin protección catódica, tanto para las tuberías y otros equipos situados en el interior de edificios y en el exterior.

#### 1.6.4.2 SERVICIOS DISPONIBLES

Tanto para la realización de los trabajos como para los suministros definitivos de los equipos e instalaciones diseñados, contamos en la fábrica con los siguientes servicios disponibles.

- Alimentación eléctrica.
  - 6,3 kV.  $\pm 10\%$ , 3 Fases, 50 Hz.  $\pm 5\%$
  - 400 V.  $\pm 10\%$ , 3 Fases, 50 Hz.  $\pm 5\%$ .
- Agua refrigeración.
  - Presión de agua Máxima 6 kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión de agua Normal 3 kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión de agua Mínima 2 kg/cm<sup>2</sup>
- Vapor.
  - Tipo: vapor saturado
  - Presión máxima: 9 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión normal: 7 kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión mínima: 3 kg/cm<sup>2</sup>
- Aire comprimido.
  - Presión máxima: 7 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión normal: 4 kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión mínima: 3 kg/cm<sup>2</sup>

### 1.6.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES A PROTEGER

#### 1.6.5.1 PARCELA Y URBANIZACION

Los transformadores están situados al exterior, en lo que denominamos, parque de transformadores, en un recinto cerrado debidamente vallado.

El Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC RAT 01 a 23, establece las características constructivas que deben cumplir las subestaciones y cuando hay necesidad de ejecutar muros cortafuegos cuando no se cumplan las distancias mínimas entre transformadores, o entre transformadores y edificios.

La distancia de los transformadores a edificios existentes cumple con la IEEE 979, no existiendo edificaciones cercanas a menos de 9 metros. No es posible sin embargo dejar esta distancia entre ellos, por lo que es necesario la ejecución de muros cortafuegos de las dimensiones adecuadas con resistencia al fuego mínima de 90 minutos.

En frente de los transformadores, pasado un vial existente, tenemos una explanada con tierra ajardinada, lo suficientemente amplia, donde ubicaremos los elementos principales del sistema de extinción de incendios.

El área total del parque de transformadores comprende un espacio en la parcela de aproximadamente 770 m<sup>2</sup>. Toda la zona está delimitada por valla de doble torsión de dos metros de altura que impide el acceso de las personas a los habitáculos de los transformadores.

Se accede a los transformadores a través de una vía de tráfico rodado, con un carril para cada sentido. El asfalto está en buen estado, disponiendo de una capacidad portante del piso superior a 2.000 Kp/m<sup>2</sup> (no se aprecian deformaciones en el pavimento).

Al otro lado del vial de circulación nos encontramos con la zona ajardinada por la que discurre por uno de sus lados una tubería de abastecimiento de agua potable utilizada para los distintos sistemas de protección contra incendios existentes en la fábrica.

La tubería que atraviesa la zona ajardinada es de 8" de acero negro y tiene una presión disponible de 3 kg/cm<sup>2</sup> en cualquiera de sus puntos. La velocidad de circulación por esta tubería la consideramos de 1,5 m/s, por tanto, disponemos de un caudal aproximado de 42,41 m<sup>3</sup>/h o 706,86 l/min para el llenado del depósito de acumulación.

Desde esta tubería deberemos realizar una conexión y sacar un ramal para el llenado del depósito. Desde el depósito de abastecimiento ejecutaremos la línea de aspiración del grupo de bombeo, que estará situado en las proximidades. Se ubicará en un edificio con las dimensiones, características constructivas y requerimientos de ventilación y temperatura, idóneos para un adecuado funcionamiento de los motores eléctricos y diésel.

Las tuberías que salen del puesto de control y alimentan a los anillos situados en los transformadores, cruzarán el vial desde el colector por debajo del vial y saldrán a la superficie mediante arquetas sobre elevadas en la solera justo antes de la entrada en el parque de transformadores. Esta tubería irá por tanto enterrada y será de polietileno de alta densidad.

Ejecutaremos 2 zanjas, cada una de las cuales alojará 2 tuberías para abastecimiento de los anillos de los 4 transformadores.

El depósito de acumulación, el grupo contra incendios, así como el colector para los puestos de control serán definidos más adelante y estarán situados en la zona ajardinada frente al parque de transformadores.

La anchura libre del vial es mayor de 5 m y la altura máxima libre o gálibo también supera los 5 m, cumpliéndose por tanto las Condiciones de Aproximación al Establecimiento, referidas en el ANEXO II del R.D.2267/2004.

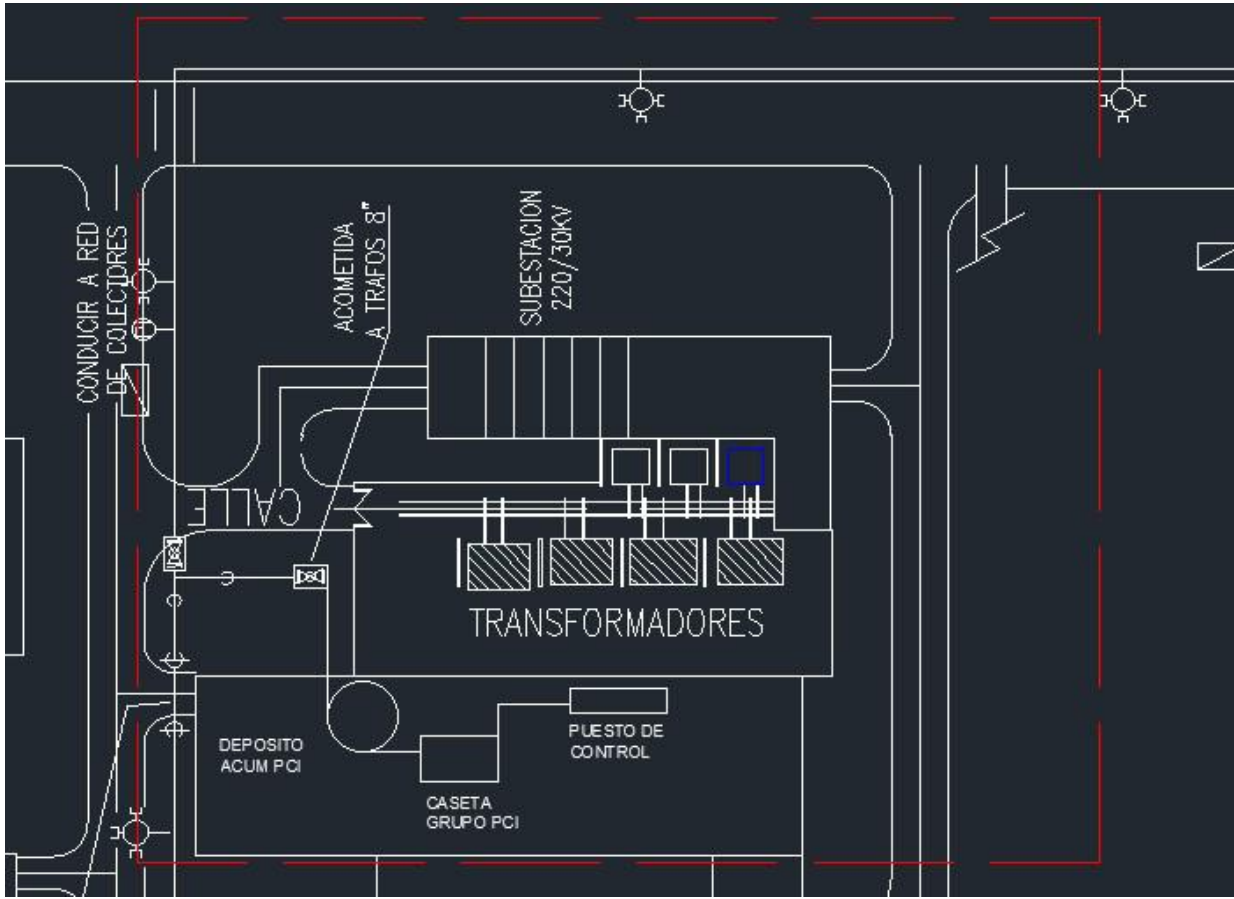


Figure 1.6.5.1-1 Ubicación del parque de transformadores y del sistema pci

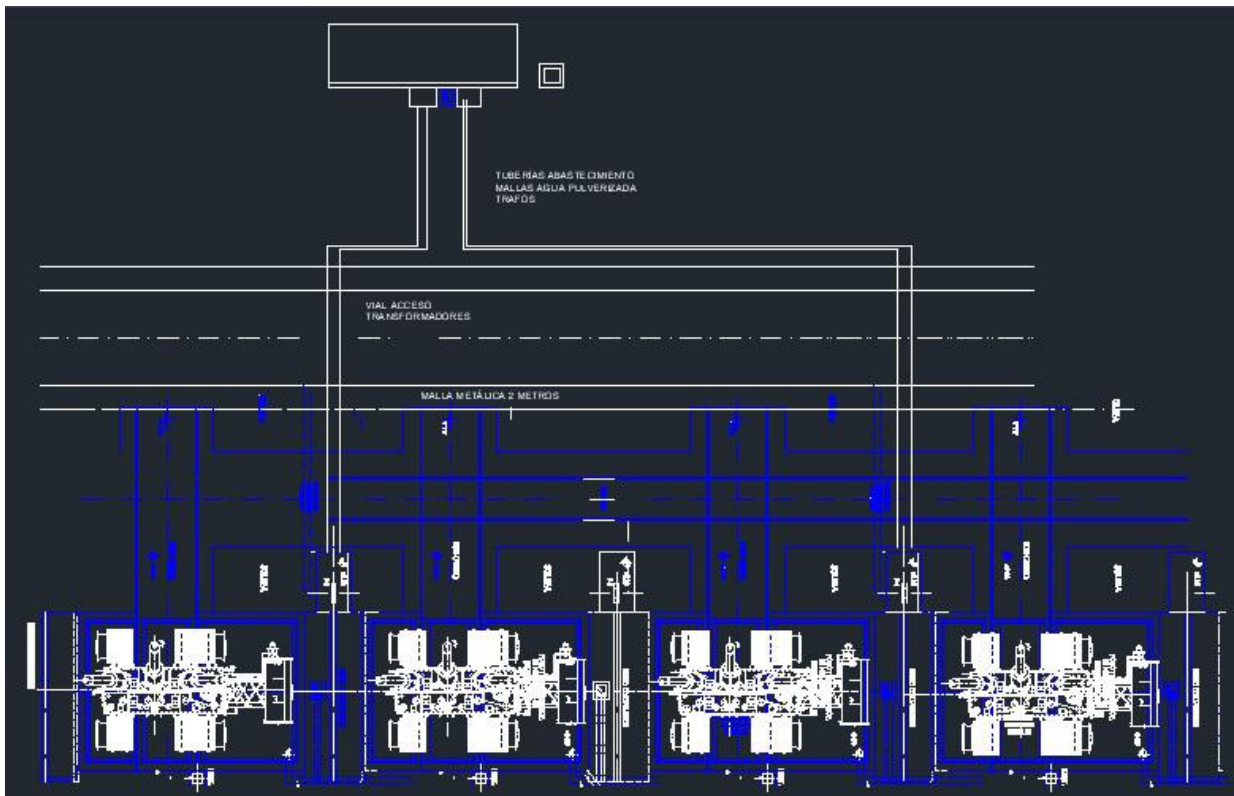


Figure 1.6.5.1-2 Detalle implantación transformadores



En cumplimiento con la norma UNE-EN 61936-1 se deben cumplir unas distancias mínimas para la disposición de una subestación. Para transformadores con un volumen de aceite mayor de 1000 lts se debe cumplir que en caso de incendio no cause daños a los demás transformadores u objetos. Con este propósito se definen dos distancias de seguridad G1 y G2, adecuadas. En la siguiente tabla se dan unos valores indicativos.

Tabla 1.6.5.1-1 Valores de las distancias de seguridad en el aire para transformadores en exteriores

| Tipo de transformador   | Volumen líquido   | Distancia de seguridad G <sub>1</sub> a otros transformadores o a superficies no inflamables del edificio |               | Distancia de seguridad G <sub>2</sub> con respecto a superficies inflamables del edificio |
|---|---|---|---------------|---|
|   | l   | m   |               | m   |
| Transformadores aislados por aceite (O)   | 1 000 < ... < 2 000   | 3   |               | 7,5   |
|   | 2 000 ≤ ... < 20 000  | 5   |               | 10  |
|   | 20 000 ≤ ... < 45 000   | 10  |               | 20  |
|   | ≥ 45 000  | 15  |               | 30  |
| Transformadores aislados por líquidos menos inflamables sin protección complementaria (K)   | 1 000 < ... < 3 800   | 1,5   |               | 7,5   |
|   | ≥ 3 800   | 4,5   |               | 15  |
| Transformadores aislados por líquidos menos inflamables con protección complementaria (K)   | Distancia de seguridad G <sub>1</sub> a la superficie del edificio o a transformadores adyacentes |   |               |   |
|   | Horizontal<br>m   |   |               | Vertical<br>m   |
|   | 0,9   |   |               | 1,5   |
| Transformadores de tipo seco (A)  | Clase según comportamiento ante el fuego  | Distancia de seguridad G <sub>1</sub> a la superficie del edificio o a transformadores adyacentes         |               |   |
|   |   | Horizontal<br>m   | Vertical<br>m |   |
|   | F0  | 1,5   | 3,0           |   |
|   | F1  | Ninguna   | Ninguna       |   |
| <p>NOTA 1 Protección complementaria puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fuerza de ruptura del tanque,</li> <li>- alivio de la presión del tanque,</li> <li>- protección contra el defecto de baja corriente,</li> <li>- protección contra el defecto de alta corriente.</li> </ul> <p>Para ver ejemplos de protección complementaria, véase la norma Factory Mutual Global 3990 [33], o equivalente.</p> <p>NOTA 2 Se debería disponer de suficiente espacio para la limpieza periódica de las bobinas de los transformadores encapsulados en resina, para prevenir los posibles defectos eléctricos y riesgos de incendios causados por la polución atmosférica depositada.</p> <p>NOTA 3 Los materiales no combustibles pueden elegirse según la Norma EN 13501 [36].</p> |   |   |               |   |

Si se instalan equipos o sistemas de extinción de fuego activados automáticamente, las distancias G1 y G2 pueden reducirse.

En el interior de la fábrica donde no es posible cumplir estas distancias, deben proporcionarse paredes de separación resistentes al fuego, o muros cortafuegos, entre transformadores y entre transformadores y edificios. Esto se verá con más detalle en el apartado de protecciones pasivas

Los transformadores con contenido en aceite mayor a 7571 lts deben estar a más de 6 metros de cualquier edificio. Esto se tendrá en cuenta a la hora de ubicar el cuarto de instalaciones donde debe ir alojado el grupo de abastecimiento de agua contra incendios, así como los depósitos de acumulación de agua.

La distancia máxima de separación entre la valla del recinto y un hipotético dispositivo de emergencias del servicio de extinción de incendios de la provincia, (coche de bomberos), no supera los 10 metros, ya que el límite del recinto linda con un vial interior, accesible para vehículos de gran tamaño, de manera que, en caso de necesidad se podría acceder al emplazamiento sin ningún tipo de obstáculos.

### 1.6.5.2 EQUIPOS

Los transformadores son de tipo trifásico de baño en aceite, con regulador bajo carga, tipo MR MS III 300Y 72,5 KV 10193W 17 posiciones, y con regulación a flujo constante. Sus magnitudes y características principales son las siguientes.

- POTENCIA ONAN/ONAF: 50/65 MVA
- FRECUENCIA: 50 Hz
- TENSIONES NOMINALES: 230/30.8 KV
- POTENCIA MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO: HV Pcc 20000 MVA. LV Pcc 1000 MVA
- TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO (230/30.8 KV 65 MVA) 9,1%
- CLASE AISLAMIENTO A
- GRUPO DE CONEXIÓN: YNd11
- TEMPERATUR DE AMBIENTE MÁXIMO 40 °C
- CALENTAMIENTO MÁXIMO DEVANADO/ACEITE 65/60 K
- MASA DEL ACEITE AISLANTE: 26000 Kg
- TIPO DE ACEITE: NYNAS NYTRO TAURUS CEI 60296 TIPO “U”
- MEDIDAS. Las medidas exteriores se indican en la siguiente figura

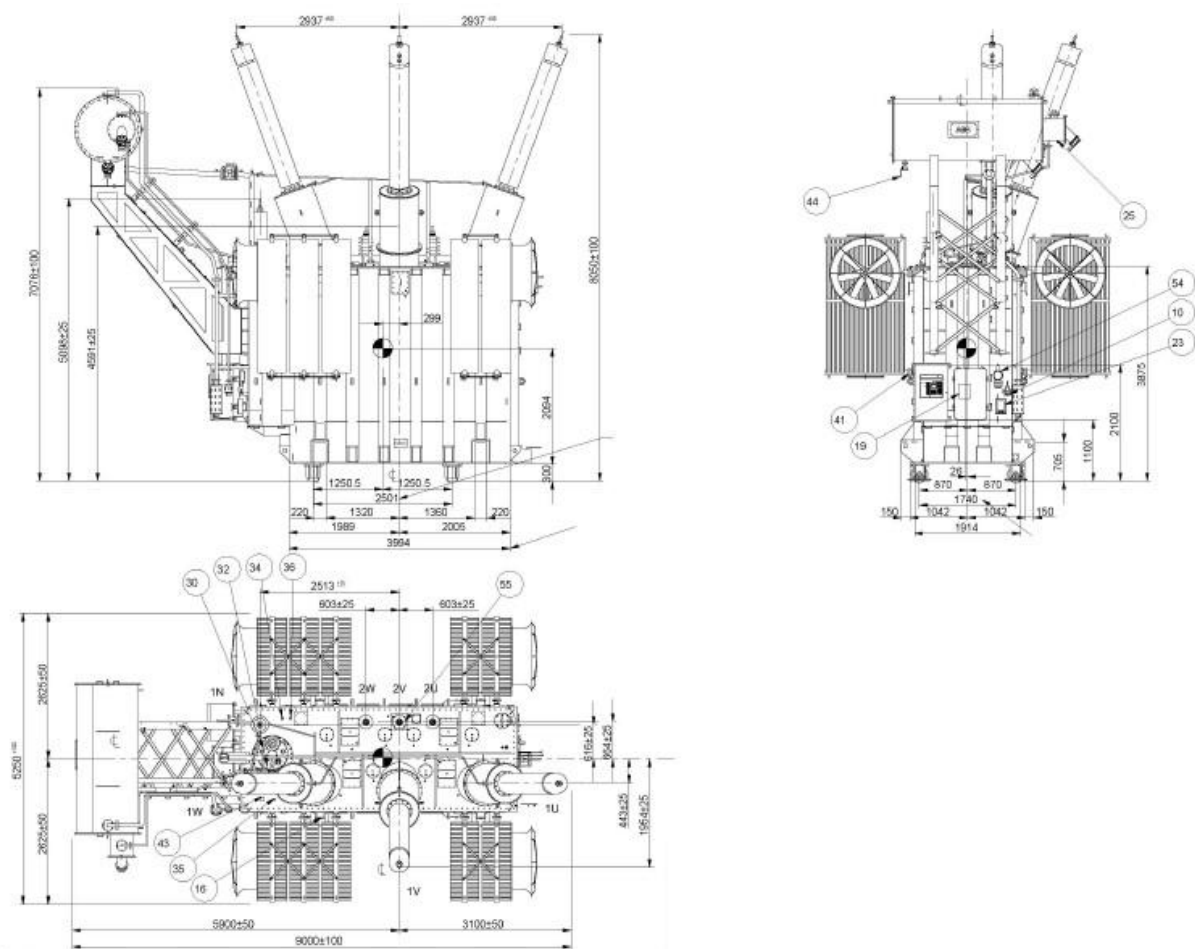


Ilustración 1.6.5.2-1 Plano dimensiones exteriores transformador

### 1.6.6 MEDIDAS EXISTENTES PROTECCION PASIVA



### 1.6.6.1 MURO CORTAFUEGOS

Un muro cortafuego para subestaciones eléctricas sirve como barrera contra incendios para transformadores de alto voltaje. Es una medida de prevención pasiva que se utiliza en exteriores contra posibles fallos en cascada en una red eléctrica. El propósito de un muro cortafuego es la compartimentación de los incendios de transformadores, así como las explosiones de transformadores, donde la fuente de combustible tanto del incendio como de las explosiones es el aceite del transformador. Si no se realiza una compartimentación, un transformador en fallo podría encender su transformador vecino en llamas y, por lo tanto, crear un efecto dominó de propagación.

El Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC RAT 01 a 23, en su apartado 5.1 establece la necesidad de ejecutar muros cortafuegos cuando no se cumplan las distancias mínimas entre transformadores, o entre transformadores y edificios.

La UNE-EN-61936-1:2012 de Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1 KV, establece por una parte en su apartado 8.7.2.1 las distancias mínimas a cumplir entre transformadores en función de su contenido en aceite dieléctrico, 10 metros libres entre transformadores adyacentes con contenido de aceite entre 20.000 y 45.000 litros.

A su vez la misma normativa establece las condiciones de diseño de los muros cortafuegos en caso de no poder cumplirse las distancias anteriores. Para separar los transformadores del exterior será necesaria una resistencia al fuego mínima de 90min (REI 90).



Ilustración 1.6.6.1-1 Muro cortafuego transformador interperie

El incendio en un transformador genera la suficiente presión y calor como para romper el depósito de aceite, momento en el cual el oxígeno se precipita en el tanque pudiendo llegar a provocar una explosión provocando la dispersión de aceite en llamas, partículas de acero, gases tóxicos y otros elementos. El efecto de una explosión y de la dispersión de este tipo de materiales es instantánea, pudiendo afectar a otros elementos situados en las proximidades del origen del incendio.

En incendios de estas características se pueden alcanzar temperaturas de 960 °C a 1200 °C



Ilustración 1.6.6.1-2 Protección muro cortafuego ante incendio

Los muros cortafuego realmente efectivos, son aquellos que están fabricados de materiales que pueden soportar altas subidas de temperatura y tiempos prolongados en la duración del fuego. Deben estar diseñados de manera que cumplan con ambos requisitos, los térmicos y los requisitos mecánicos antes, durante y después del fuego.

- Resistente a explosiones, probado de 0,3 a 2 bar sobre presión.
- Resistente a incendios de hidrocarburos, probado para H120.
- Resistente a impactos hasta 4000J después de una prueba de fuego de 180 minutos.
- Alta absorción de energía.

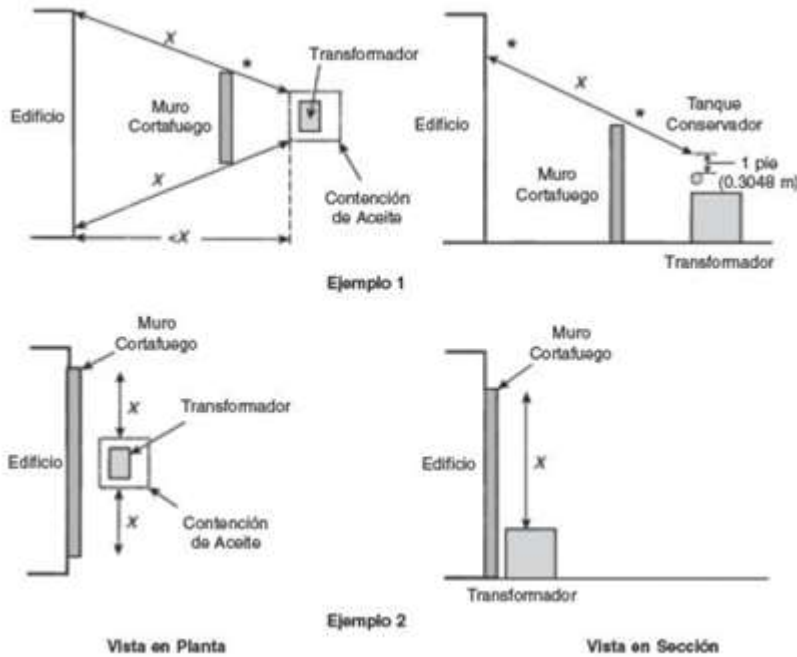


Ilustración 1.6.6.1-3 Dimensiones Geométricas diseño muro cortafuego transformador

### 1.6.6.2 FOSO DE RECOGIDA DE ACEITE

Otro elemento que forma parte de la protección pasiva es la construcción de fosos de recogida de aceite de las dimensiones adecuadas en función del volumen y tipo de aceite que contenga el transformador.

El foso debe ser tenido en cuenta a la hora de diseñar la bancada de los transformadores. La norma UNE EN 61936-1 indica lo siguiente respecto al dimensionado y características que deben tener los fosos.

Los fosos de recogida y los depósitos colectores cuya utilización comparten varios transformadores deben disponerse de forma que el incendio de un transformador no pueda propagarse a otro. Con este fin pueden utilizarse, por ejemplo, capas de grava o tuberías rellenas de fluido. Por ejemplo, un lecho de grava de aproximadamente 30 cm de espesor y con una granulometría de 40/60 mm de la grava extingue las llamas del aceite incendiado que se filtra en él.

Cuando haya varios fosos de recogida, las tuberías de drenaje pueden conducir a un depósito colector común a todos ellos. Impedirse que los fluidos aislantes y refrigerantes rebasen la capacidad de los fosos/depósitos/bordillos del suelo y se desborden

Las paredes y conductos deben ser resistentes al agua y aceite.

En cuanto a las dimensiones se recomienda que la longitud y anchura del foso sea igual a las dimensiones de longitud y anchura del transformador mayoradas en un 20%

Las aguas drenadas deben pasar a través de dispositivos de filtración para separar los fluidos, para lo que habrá que tener en cuenta los pesos específicos de cada uno

La bancada de los transformadores se diseñará como una viga elástica apoyada en el terreno y con una carga uniformemente repartida igual a la presión que ejerce sobre el terreno toda la fundación con una acción 1,25 veces el peso del transformador más el peso propio. Estas bancadas realizarán son además las que realizan el trabajo de recuperación de aceite en el caso de una eventual fuga del mismo desde la cuba del transformador, y, por lo tanto, estarán unidas al depósito general de recogida de aceite mediante tubos de fibrocemento.

El depósito de recogida de aceite, conectado con las bancadas de los transformadores, estará constituido por muretes de hormigón armado sobre solera del mismo material. La parte superior estará formada por un forjado unidireccional a base de viguetas de hormigón pretensado y bovedilla cerámica. La capacidad del depósito de aceite corresponderá al volumen de dieléctrico del mayor de los transformadores, mayorado en previsión de entrada de agua.

Debajo de cada transformador debe disponerse, en el pozo o depósito de capacidad suficiente para la totalidad del aceite, rejillas cortafuegos o apaga llamas que impida que la llama llegue a la caja del transformador y lo afecte.

## 1.7 SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 1.7.1 INTRODUCCIÓN

Para el diseño del Sistema de protección activa de los transformadores nos basaremos en lo indicado en la Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, teniendo presente incluso, la Guía Técnica de aplicación elaborada según el Real Decreto 513/2017 de 22 de mayo, Revisión 02 de Febrero de 2018, así como el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales según el Real Decreto 2267/2004.

Se utilizará como sistema de extinción, un sistema de Agua pulverizada accionado mediante válvula de diluvio. Para el diseño de las instalaciones de agua pulverizada se aplicarán las normas UNE 23-501 a UNE 23-506 de Sistemas fijos de Agua Pulverizada.

La activación del sistema de extinción será manual, o automática, mediante la instalación de un sistema de detección compuesto por detectores de calor para uso en exterior. El diseño del sistema de detección y alarma se realizará conforme a la norma UNE 23007

Será necesario como parte del sistema la instalación de un depósito de acumulación de agua y un grupo de presión de agua. El cálculo y diseño del sistema de abastecimiento se regirá por lo indicado en la norma UNE 23500:2012

## 1.7.2 SOLUCIÓN ADOPTADA

En el apartado 1.5.3.3 de la memoria hemos explicado las características de los incendios que se producen en transformadores.

Para la protección contra incendios de los transformadores optamos por un sistema de detección y alarma que actúa sobre un sistema de diluvio, que es un sistema fijo automático de extinción mediante agua pulverizada en el que las tuberías están vacías hasta el momento en que se abre la válvula de diluvio para distribuir el agua presurizada por la red de boquillas.

Los sistemas de diluvio son más complejos que los de tubería húmeda y seca puesto que constan con un mayor número de componentes y equipos.



Ilustración 1.6.6.2-1 Boquillas abiertas y válvula diluvio

### 1.7.2.1 EXTINCIÓN MEDIANTE AGUA PULVERIZADA.

El término “agua pulverizada” se refiere al empleo de agua lanzada de una forma especial, con partículas de agua lanzadas a una velocidad y densidad de pulverización determinadas, que se descarga por aparatos y boquillas específicamente diseñadas para este propósito.

El agua es lanzada con fuerza sobre la superficie a proteger. A diferencia de un sistema de rociadores, el de pulverización de agua es de inundación total del elemento protegido, por lo que la cobertura de este debe ser total.

Este sistema se utiliza en “general” en riesgos donde se requiere mucha cantidad de agua de forma generalizada, en todo el riesgo y adyacentes, donde pueda surgir un incendio que de no ser extinguido rápidamente puede llegar a ser de gran magnitud implicando así otro tipo de riesgos de mayor relevancia y gravedad. Uno de los usos habituales es para evitar la explosión de depósitos, líneas de procesamiento y transformadores. Además de la extinción puede tener como objetivos el control, prevención y protección de los equipos

En la norma 23503-1989, se establecen los parámetros de densidad y aplicación para la extinción de fuegos por agua pulverizada, también pueden tomarse estos datos de la NFPA 15.

La extinción puede lograrse por enfriamiento superficial, por sofocación, debido al vapor producido, emulsión de algunos líquidos, disolución, o una combinación de estos fenómenos.

Cuando se trata de la extinción de líquidos inflamables o combustibles, el caudal de aplicación dependerá de las características del combustible tales como la presión de vapor, el punto de inflamación, viscosidad, solubilidad en agua, y peso específico.

El posicionado de boquillas respecto de las superficies a extinguir dependerá del diseño de la propia boquilla, de la presión disponible y del tipo de pulverización obtenida.

Cuando se proyecta con agua pulverizada con fines de extinción para transformadores se adoptará uno de los siguientes métodos o una combinación de éstos.

- Enfriamiento superficial, ocurre por el alto calor específico del agua. Al entrar en contacto con un material en combustión absorbe calor por la transformación de agua a vapor.
- Sofocación, sucede cuando las partículas al evaporarse aumentan su volumen en aproximadamente 1,7 veces, lo que provoca un desplazamiento del aire, y consecuentemente del oxígeno en contacto con el fuego, del mismo volumen.
- Emulsificación. Este efecto se aplicará al caso de líquidos no miscibles en agua, como sucede con el aceite dieléctrico de los transformadores. El agua pulverizada debe aplicarse en toda la superficie del líquido, la cobertura debe ser uniforme y debe aplicarse un caudal requerido a una presión que sea la mínima admisible. El agua pulverizada es arrojada con mucha fuerza contra una superficie de aceite u otro material viscoso, produciéndose la emulsión aceite-agua.
- La extinción por dilución no tiene lugar en incendios en transformadores ya que el aceite no es miscible con el agua.

### 1.7.2.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El Sistema de Diluvio tiene unos requerimientos que deben cumplirse y unos componentes que son necesarios para el correcto funcionamiento.

La norma UNE 23503 establece que para que el sistema de agua pulverizada actúe de forma eficaz en la extinción de un incendio, deberán aplicarse densidades de descarga en un rango de 8 L/min por m<sup>2</sup> hasta 20 L/min por m<sup>2</sup>.

Para la protección de transformadores se contempla el mojado de todas las superficies exteriores, excepto las inferiores que pueden protegerse por proyección horizontal. La NFPA 15 indica que agua se aplicará con un caudal no inferior a 10,2 L/min por m<sup>2</sup> de superficie prismática rectangular para el transformador y sus accesorios, y no menos de 6,1 L/min por m<sup>2</sup> en el caso de que el terreno sobre el que apoya el transformador sea no absorbente. Utilizaremos en el cálculo los valores de esta norma al ser más restrictiva que la UNE 23503 equivalente.

Para protecciones especiales puede precisarse una aplicación adicional.

Las tuberías no deben cruzar la parte superior de la cuba del transformador y deben cumplir con unas distancias mínimas requeridas entre los componentes eléctricos bajo tensión, según lo indicado en la norma UNE 23501

### 1.7.2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La protección de los transformadores se realiza mediante unos anillos de tubería de acero situados en varios niveles de altura, que rodearán los equipos y donde se ubicarán las boquillas pulverizadoras. Las distancias mínimas de las tuberías al transformador están calculadas en el punto [2.1] del documento.

El diámetro de las tuberías se realizará mediante cálculos hidráulicos siguiendo el método de la norma UNE 23-506, no admitiéndose velocidades superiores a 8 m/s para los anillos y ramales y no superiores



a 6 m/s a su paso por los puestos de control. Los cálculos hidráulicos realizados están presentados en el punto [2.7]

Los tramos de tubería que van desde la válvula de control hasta las conexiones de las boquillas serán galvanizados. También se especifica que para tuberías de diámetro igual o menor a 2 ½", las conexiones serán ranuradas. En nuestro caso a partir de los puestos de control, todas las conexiones serán ranuradas por necesidad de desmontaje en caso de fugas en la red. En el punto [1.7.5.4.] se describen las calidades y diámetros de los distintos tramos de tuberías y accesorios.

Las boquillas pulverizadoras de agua, son boquillas abiertas con descarga direccional. La boquilla consta de dos partes, una de ellas es el cuerpo de fundición de bronce y la otra es la parte que genera la pulverización y que se monta roscada sobre el cuerpo. Esta parte o boquilla, propiamente dicha, determina el ángulo de descarga y el cuerpo permite la distribución homogénea de la descarga. La pulverización del agua se realiza en forma cónica y chorro lleno, satisfaciendo los requisitos de los sistemas de agua pulverizada de media y alta velocidad. El cálculo de caudales, selección y número de boquillas se realiza en el apartado [2.5] del presente documento. Utilizamos las tasas de descarga de la norma NFPA 15 para los cálculos.

Se ejecutará un colector común mediante tubería de acero al carbono, en el que se instalarán los puestos de control, uno para cada transformador. Las características y dimensiones se especifican más adelante.

Deben instalarse filtros, o bien en las boquillas o bien en las líneas principales de impulsión.

De los distintos tipos de válvulas de diluvio que existen en el mercado, elegiremos una accionada mediante señal eléctrica y rearme local. Para el disparo eléctrico se instala una válvula solenoide, con alimentación a 24 V DC, procedentes de la central de control, para ello es necesario utilizar cable unipolar de sección suficiente, instalado bajo tubo de acero galvanizado, tubo flexible con fleje metálico y revestimiento de PVC y accesorios de montaje que aseguren en todo momento un mecanizado con grado de protección IP-65.

En la instalación de los sistemas de diluvio podemos encontrar principalmente estos tipos de válvulas y accesorios:

- Válvula de solenoide: Es aquella que permite su activación mediante una señal eléctrica, dirigida a la bobina solenoide. Realizada en cuerpo de bronce de 1/2" y bobina con alimentación de 24 V DC.
- Válvula antirretorno: Ésta permite la circulación del flujo de agua en un único sentido. Serán del tipo clapeta para diámetros inferiores a 1 ½" y del tipo roller Check para diámetros comprendidos entre 2 y 4".
- Válvula de bola: Permiten el paso del fluido mediante una bola de acero perforada en su interior, con el diámetro apropiado. Son de activación manual.
- Manómetros: Son los encargados de medir y presentar las presiones, que hay en el lugar de su ubicación.

Cada válvula de diluvio además debe llevar un by-pass, por lo que se instalarán las válvulas de corte necesarias para su realización. Utilizaremos válvulas de husillo con supervisión eléctrica por final de carrera para conocer el estado de apertura-cierre de estas. Se requiere esta supervisión como medida de seguridad para conocer en todo momento el estado de las válvulas mediante la integración de las señales abierto/cerrado de las válvulas en la centralita. Los puestos de control están situados en zonas alejadas de las oficinas y talleres de la fábrica, con poca o nula presencia del personal de mantenimiento, salvo para realización de las operaciones de mantenimiento reglamentarias.

Para la soportación se tendrá en cuenta lo especificado en la norma UNE 23503. Todos los soportes en áreas donde exista riesgo de explosión se fijarán a partes de la estructura que ofrezcan menos posibilidades de destrucción.



Se tendrán en cuenta para los cálculos hidráulicos los coeficientes de rugosidad de la tubería para la aplicación de las fórmulas correspondientes.

Se instalará un sistema de detección automática y alarma, formado por detectores de temperatura con tecnología de tasa de compensación por aumento de temperaturas. Esto proporciona una ventaja única sobre los dos tipos estándar de detectores puntuales de temperatura; detección por temperatura Fija y detección por detectores termovelocimétricos. Seleccionamos detectores de la marca Fenwal diseñados para instalación en exteriores.

Se instalará a su vez una central de incendios donde se integrarán todas las señales, como mínimo se integrarán, presostatos, pulsadores, finales de carrera, detectores, electroválvulas y sirenas. Para la selección de la centralita y para el dimensionado de los módulos de control habrá que tener en cuenta las señales de los depósitos de acumulación de agua y las señales del grupo de presión de agua. Para ello se dimensionará la instalación con el suficiente número de módulos de entrada y salida analógicas y digitales.

El sistema de abastecimiento también forma parte del diseño de las instalaciones de protección contra incendios. Para la definición del tipo de sistema, el cálculo de las necesidades de abastecimiento y la selección de los equipos de presión de agua nos regiremos por la norma UNE 23500:2012.

Más adelante se especificarán las características de los equipos seleccionados en base a los cálculos realizados que se presentan en los puntos [2.6] y [2.7] del proyecto.

La solución elegida es un depósito de acumulación prefabricado, de chapa de acero, de capacidad suficientemente para el abastecimiento del sistema. Se ubicará al lado de la sala donde irá alojado el grupo de contra incendios. La sala de equipos de bombeo contra incendios se construirá en las proximidades del colector de puestos de control, que a su vez irá alojado en una zona ajardinada al otro lado del vial que cruza por delante del parque de los transformadores. El abastecimiento de agua contra incendios dispondrá entre otros elementos de niveles, toma para llenado inicial y nivel exterior que muestra la capacidad del depósito en tiempo real, así como de dispositivos indicadores de presión, válvula de seguridad, etc... (ver detalles en planos).

No es objeto del presente proyecto el diseño constructivo de la sala donde se aloja el grupo de abastecimiento de agua de contra incendios. Tampoco definir las instalaciones eléctricas asociadas y necesarias para el funcionamiento de las instalaciones.

Para el diseño de las instalaciones, aparte del cumplimiento de la normativa reseñada en cada caso, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Optimización de costes de operación y mantenimiento.
- Utilización óptima de los espacios disponibles.
- Operación automática, del tipo “manos fuera”.
- Una disponibilidad de operación de 24 h/día, 7 días/semana.

Todos los equipos deberán ser diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con los mínimos requerimientos marcados por la normativa de aplicación o por las exigencias de la compañía aseguradora, en caso de discrepancias se optará por la normativa o recomendación que sea más restrictiva y se ajuste mejor a los condicionantes de este proyecto.

El sistema de extinción deberá cubrir plenamente las áreas de riesgo por un periodo de tiempo en operación continua indicado por la normativa relacionada. Además, el sistema deberá permitir operaciones de prueba periódicas sin contaminar las instalaciones, garantizando su funcionamiento en forma permanente.

Las características de todos los elementos están descritas con más detalle en el punto [1.7.5] de la memoria.

#### 1.7.2.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

El sistema de diluvio consiste en una red de tuberías en cuyos extremos se instalan boquillas pulverizadoras equipadas con válvulas internas de presión que se abren cuando empieza a funcionar el sistema, cuya descarga debe abarcar toda la superficie del transformador.

Este sistema de extinción se puede utilizar también como enfriamiento de último recurso en el caso de que las protecciones previstas para el excesivo aumento de la temperatura no logren disminuir el sobrecalentamiento del transformador.

El mecanismo de extinción es activado por acción de un sistema de detección, mediante detectores de temperatura térmicos, que se deben instalar en puntos específicos en las proximidades del transformador.



Ilustración 1.7.2.4-1 Sistema extinción por agua pulverizada funcionando

Los transformadores contarán con dos zonas de detectores de temperatura instalados alrededor del propio transformador y soportadas sobre el anillo de tuberías del sistema de pulverización.

Los detectores de temperatura operarán en zonas cruzadas. La operación en zonas cruzadas implica el hecho de que debe haber una alarma confirmada; con la activación de las dos zonas de detectores, antes del inicio de descarga del agua pulverizada. Con la activación de la segunda zona de detección, se considera alarma confirmada y por tanto se activa el sistema de extinción.

Los sistemas de Diluvio utilizan una Válvula de Diluvio para controlar el paso del agua a un sistema de tuberías con boquillas de pulverización abiertas.

El sistema de tuberías se mantiene sin agua hasta que la Válvula de Diluvio se abre mediante el sistema de actuación. El agua fluirá por todos los rociadores y/o boquillas pulverizadoras del sistema.

Existen varios tipos de válvula de diluvio según sea el accionamiento que controla su apertura. Seleccionamos aquellas con accionamiento eléctrico que precisan de una válvula de solenoide controlada por un panel de control y un sistema de detección compatible.

En caso de incendio actúa el sistema de detección, el panel de control energiza y abre la válvula de Solenoide, lo que produce la apertura de la Válvula de diluvio permitiendo el paso del agua al sistema de tuberías.

La válvula de solenoide es una válvula de dos vías, con una entrada y una salida. Esta válvula sin empaquetadura y con un piloto interno, se utiliza para aliviar la presión de agua de la cámara de cebado de las válvulas de diluvio. Una ligera caída de presión es suficiente para hacer que funcione.

La válvula de solenoide está instalada fuera de la línea de disparo, aguas debajo de la PORV y de la conexión de disparo de emergencia.

Están configuradas normalmente con una tensión 24 VCC en una configuración normalmente cerrada (NC).

El solenoide se abre como reacción a la actuación del dispositivo y alivia la presión de la línea de disparo. En una válvula NC cuando una corriente pasa a través de la solenoide, la bobina se levanta y abre el orificio de pilotaje del lado de salida de la válvula. Como consecuencia la presión de la parte superior del diafragma disminuye y permite a la presión de la línea abrir la válvula.

El trim del sistema de diluvio incorpora una válvula única de alivio activada por presión (PORV). La PORV funciona de forma muy similar al disparo por accionamiento eléctrico. La PORV mantiene despresurizada la cámara de cebado para evitar que la válvula de diluvio se rearme de forma automática. Es una forma de mantener la válvula abierta si el sistema de detección falla y se rearma

Para válvulas equipadas con un trim estándar, cuando se acciona la válvula de diluvio, se presuriza el extremo sensor de la válvula de alivio activada por presión (PORV), lo que provoca que ésta entre en funcionamiento. Al accionarse la PORV, se purga continuamente la cámara de cebado para evitar la reposición de la válvula de diluvio incluso si los dispositivos de actuación que están abiertos se cerraran. La válvula sólo se puede rearmar una vez que el sistema esté fuera de servicio y la cámara de salida y su conjunto de accesorios estén despresurizados y drenados.

#### 1.7.2.4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE DILUVIO

Seleccionamos una válvula de diluvio del fabricante Viking con accionamiento eléctrico. La válvula tiene una cámara de entrada, una de salida y una de cebado. Las cámaras de entrada y de salida están separadas por una clapeta y un diafragma.

- En situación normal:

La cámara de cebado tiene la misma entrada y salida para el agua de cebado. La cámara de cebado se presuriza a través de la línea de cebado (trim) que dispone de un orificio de restricción con una válvula de retención.

La válvula se mantiene cerrada por la presión de la acometida del agua del sistema contenida en la cámara de cebado, manteniendo seca la cámara de salida de agua y el sistema de tuberías.

La válvula de diluvio evita que el agua entre en el sistema de tuberías hasta que sea necesario.

La salida de la válvula de diluvio tiene una conexión de 1ª a una válvula de alivio activada por presión (PORV). Esta conexión también suministra a la línea de alarma, a una válvula de drenaje automático, un drenaje auxiliar y a un trim asociado.

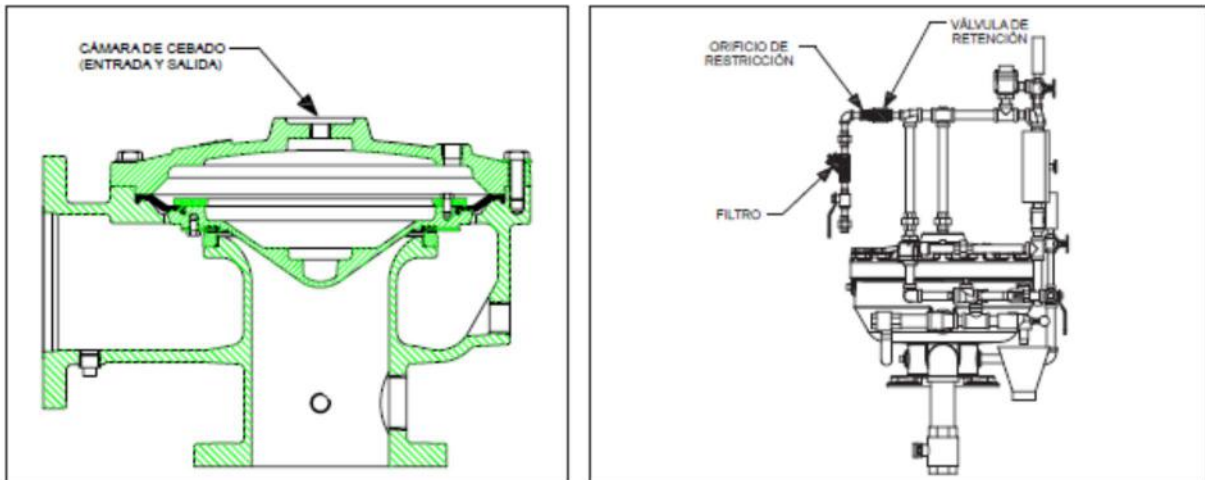


Figure 1.7.2.4-1 Válvula de diluvio en situación normal

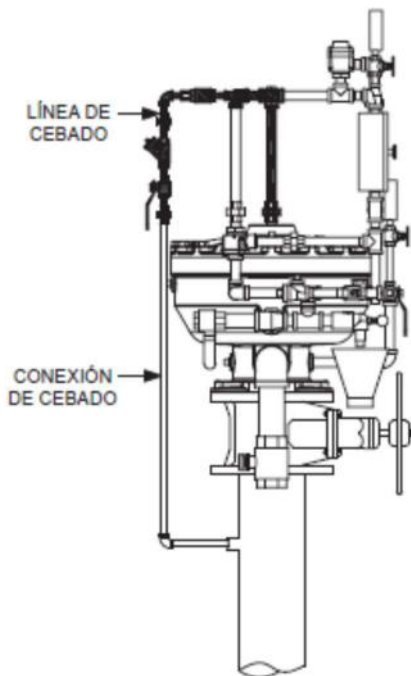


Figure 1.7.2.4-2 Línea de cebado.

- En situación de incendio

El sistema de disparo eléctrico se utiliza para aliviar la presión en la cámara de cebado. Cuando se acciona el disparo se despresuriza la cámara de cebado y la restricción en la línea de cebado no permite la reposición de agua en cantidad suficiente para mantenerla presurizada. La presión de agua en la cámara de entrada fuerza a la clapeta a levantarse de su asiento permitiendo el paso de agua al sistema de tuberías y activando los dispositivos de alarma.

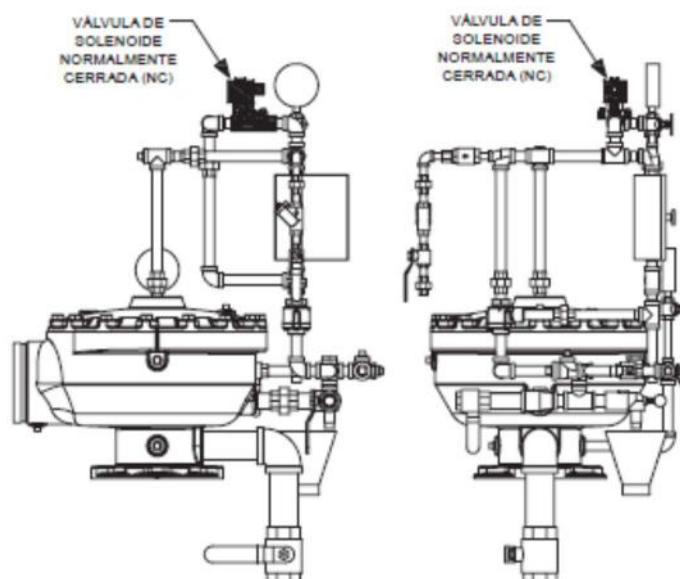


Figure 1.7.2.4-3 Funcionamiento válvula diluvio accionamiento eléctrico

#### 1.7.2.4.2 FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO DE PRESIÓN.

El grupo de bombeo funcionará cuando se produzca en el sistema una demanda de caudal por apertura de la válvula de diluvio. El grupo de bombeo deberá ser capaz de suministrar el caudal requerido a la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.

El primer grupo de bombeo debe arrancar automáticamente cuando la presión en el colector general caiga a un valor no inferior a  $0,8 P_0$ , donde  $P_0$  es la presión a caudal 0. Si hay más de un grupo de bombeo principal instalado, como será el caso, el último grupo debe arrancar antes de que la presión caiga a un valor no inferior a  $0,6 P_0$ . Una vez arrancadas las bombas, deben continuar funcionando hasta que se paren manualmente.

Si hay bomba jockey debe tener un valor de arranque automático a  $0,9 P_0$  y pararse automáticamente a una presión comprendida entre 0,8 bar y 1,5 bar por encima del arranque. La parada de estar retardada con una temporización entre 10 y 20 s.

##### 1.7.2.4.2.1 MÉTODOS DE ARRANQUE Y PARADA

Los grupos de bombeo principales, tanto eléctrico como diésel, disponen de unos cuadros de control para su correcto funcionamiento. El cuadro debe disponer de tres modos de funcionamiento:

- Desconectado, o fuera de servicio.
- Manual, operativa independientemente de que exista orden de arranque.
- Automático. Se produce orden de arranque automático por señal de presostato o por dispositivo de cebado a bajo nivel.

La parada debe ser siempre manual mediante pulsador de paro que no debe funcionar si la orden de funcionamiento automático está activa.

### 1.7.3 DESCRIPCIÓN PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA

Los sistemas de extinción por rociadores automáticos y agua pulverizada, estarán compuestos por los siguientes componentes principales:

- Boquillas pulverizadoras
- Red de tuberías.

- Válvulas y accesorios.
  - Válvulas de compuerta
  - Válvulas de retención
  - Reducciones excéntricas
  - Filtros
- Puesto de control con válvula de diluvio y accesorios
- Soportación
- Grupo de presión agua.
- Depósito acumulación.
- Detectores
- Centralita
- Elementos activación manual extinción
- Sistemas acústicos alarma

### 1.7.3.1 ANILLOS Y BOQUILLAS PULVERIZADORAS

#### 1.7.3.1.1 GENERALIDADES

Al elegir las boquillas de pulverización hay que tener en cuenta factores tales como el tipo de riesgo que deben proteger, la finalidad del sistema y la posibilidad de que se produzcan fuertes vientos y corrientes.

Las boquillas de pulverización de alta velocidad, empleadas generalmente en instalaciones fijas, descargan el agua pulverizada en forma de cono, mientras que las de baja velocidad lanzan un chorro pulverizado mucho más fino en forma de esfera o cono "reellenos" de gotitas.

Las hay que descargan pocos litros por minuto hasta muchos litros por minuto, lo que implica que la cantidad de agua a evaporarse también es importante.





### Ilustración 1.7.3.1-1 Boquillas de choque interno

Otro tipo de boquilla pulverizadora se basa en el principio del deflector, como los rociadores. El orificio por el que sale el agua proyecta un chorro continuo y cilíndrico sobre un deflector, que lo convierte en agua pulverizada en forma más o menos cónica.

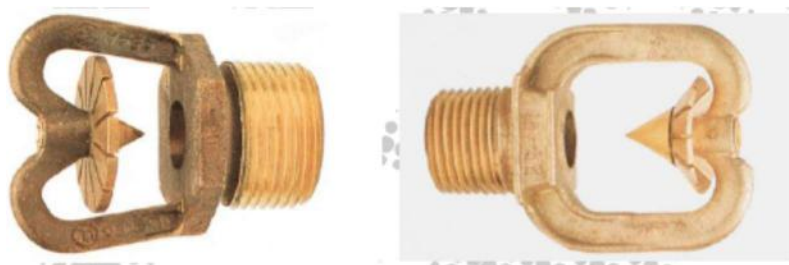


Ilustración 1.7.3.1-2 Boquillas con deflector

Las boquillas se pueden colocar en cualquier posición, dentro de las limitaciones de sus especificaciones técnicas, para conseguir una cobertura adecuada del área protegida. A la hora de seleccionar el tipo de boquilla se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- La forma y tamaño del área a proteger
- El diseño de la boquilla y sus características de pulverización
- El efecto de las ráfagas de viento y el tiro (fuerza ascendente) del fuego sobre las gota de agua muy pequeñas o sobre las de mayor tamaño con baja velocidad inicial
- La probabilidad de no alcanzar la superficie a proteger y el incremento en el despilfarro de agua.
- Los efectos de la orientación de la boquilla sobre la cobertura
- El potencial riesgo mecánico.

#### 1.7.3.1.2 CRITERIOS DISEÑO

Los sistemas de diluvio o inundación total con rociadores y/o boquillas de pulverización abiertas, sus características y especificaciones, así como las condiciones de instalación, serán conformes a las normas UNE 23501, UNE 23502, UNE 23503, UNE 23504, UNE 23505, UNE 23506 y UNE 23507, todas ellas equivalentes y compatibles con la NFPA 15.

La instalación de las tuberías y elementos deberán cumplir con las distancias mínimas de seguridad para equipos en tensión. El cálculo está realizado en el punto [2.1] del proyecto.

La selección del número y tipo de boquillas se realizará teniendo en cuenta la normativa anterior y las especificaciones técnicas de los fabricantes.

Los cálculos del número y tipo de boquillas en cada anillo se realizan en el punto [2.5] del documento,

- Debe diseñarse un prisma rectangular que envuelve el transformador y que no hace necesario calcular las superficies de las pequeñas discontinuidades del transformador, y permite considerar como una caja a los radiadores de aletas cuya separación entre ellas sea menor de 305 mm. Por tanto, consideramos 4 superficies laterales y una superior.
- Debe tenerse en cuenta que si existen depósitos de expansión estos deben ser protegidos y considerados en el cálculo de forma independiente, ya que en estos elementos pueden formarse charcos de aceite y además pueden bloquear el paso del agua pulverizada al tanque del transformador.

- Para la protección contra incendios de transformadores las boquillas deben hacer pasar el agua por la parte superior de la caja del transformador sin alcanzar los pasa tapas sobre la caja ni dentro del campo eléctrico de los pasa tapas sin aislamiento. El efecto de barrido sobre la parte superior del transformador tiene el objetivo de retirar el aceite estancado.
- Si el transformador se levanta por encima de la superficie de cimentación, es necesario humedecer la superficie inferior del transformador con agua pulverizada. Cuando no hay espacio suficiente para instalar boquillas debajo de los transformadores es permitido proteger con proyección horizontal o con boquillas dirigidas a enfriar el área debajo de las proyecciones de los transformadores.
- Si los transformadores no están situados sobre una superficie absorbente, deben protegerse con una malla con boquillas que incidan sobre el suelo y evitar así incendios del charco.
- Las boquillas deben colocarse de forma que el agua pulverizada no envuelva los pasa tapas con tensión o pararrayos por impacto directo.
- Según lo establecido en la NFPA 15 SE requiere una densidad mínima de 10,2 l/min por cada metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de prisma rectangular del transformador, con incidencia directa sobre todas las superficies del transformador. Para la protección del suelo en caso de superficies no absorbentes se requiere una densidad mínima de 6,1 l/min por cada metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de área de superficie.

### 1.7.3.1.3 NÚMERO Y DISEÑO DE ANILLOS

La protección de los transformadores se realiza con anillos dispuestos a diferentes alturas, sobre los que se instalan las boquillas y que protegen el área total de la zona considerada.

En la norma NFPA 15 se muestran algunas configuraciones típicas de protección de transformadores que tendremos en cuenta en nuestro diseño. En la siguiente tabla se indican los anillos mínimos que hay que instalar en función de la altura de la tapa del transformador.

| Altura (m) tapa Transformadores | Nº anillos necesarios | Elevación (m) sobre el terreno anillos |            |           |
|---------------------------------|-----------------------|--|------------|-----------|
|                                 |                       | Superior                               | Intermedio | Inferior  |
| $h < 3,0 \text{ m}$             | 1                     | $h + 0,3$                              | ..         | ..        |
| $3,0 \leq h < 5,0 \text{ m}$    | 2                     | $h + 0,3$                              | ..         | 1,5 - 2,5 |
| $5,0 \leq h < 6,5 \text{ m}$    | 2                     | $h + 0,3$                              | ..         | 2,5 - 3,0 |
| $h \geq 6,5 \text{ m}$          | 3                     | $h + 0,3$                              | 4,5 - 6,0  | 2,5 - 3,0 |

Tabla 1.7.3.1-1 Determinación, número y elevación de los anillos de protección.

Los transformadores tienen una altura de tapa de 4,3 metros y por tanto es suficiente con la utilización de dos anillos.

El esquema más comúnmente utilizado para protección de transformadores, y que será el elegido en nuestro caso, consta de:

- Un anillo superior situado a una altura ligeramente por encima, + 0,3 metros sobre la tapa del transformador
- Un ramal que saldrá del anillo del anillo superior y que rodeará al depósito de aceite
- Un anillo inferior situado a una altura de entre 1,5 y 2,5 metros desde el suelo.

- Unos ramales para protección de la zona inferior que saldrán desde el anillo inferior., y disponer boquillas de protección adicionales para protección del depósito de aceite y para protección de la zona inferior del transformador, un esquema simplificado podría ser el siguiente.

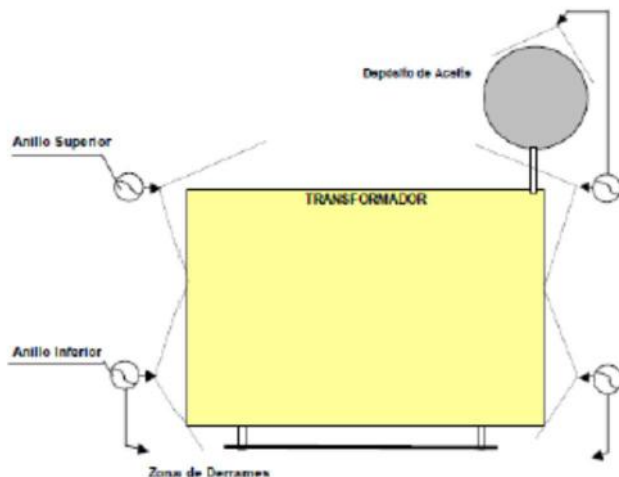


Figure 1.7.3.1-1 Esquema genérico protección agua pulverizada transformadores

#### 1.7.3.1.4 TIPO DE BOQUILLAS SELECCIONADAS

Seleccionamos unas boquillas del fabricante VIKING, concretamente la serie E. Son boquillas abiertas diseñadas para aplicaciones de descarga direccional en sistemas de protección contra incendios fijos. Este tipo de boquillas, aunque son de media velocidad, son recomendadas por el fabricante para uso en sistemas de extinción para transformadores exteriores.

Debido a las características de descarga proporcionadas por las toberas de velocidad media, el pulverizado emitido tiene una alta tasa de absorción de calor, lo que lo hace ideal para la protección de riesgos que implican aceites ligeros donde la emulsión no es viable.

Especialmente indicadas para instalaciones de equipos eléctricos, tales como transformadores.

Tienen un diseño abierto (no automático) con un deflector externo que aplica una descarga de agua pulverizada de cono lleno de media y alta velocidad.

Las boquillas de pulverización modelo E están disponibles con diferentes diámetros de orificios y ángulos de pulverización para satisfacer los requisitos de diseño e incluyen una rosca externa NPT de 1/2" (15 mm). La base es de latón, pero puede aplicarse un recubrimiento de níquel a toda la boquilla para que sea resistente a la corrosión. El ángulo de pulverización es el ángulo de descarga indicado para cada boquilla y también está marcado en el deflector.

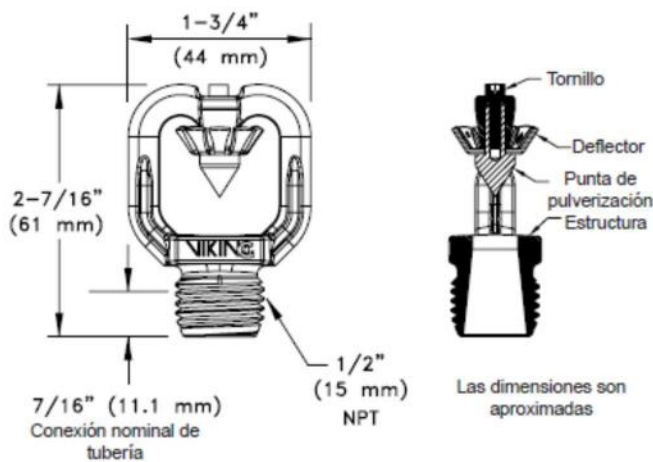
La presión de descarga máxima de las boquillas de pulverización modelo E es de 12 bar. A partir de 4,1 bar, se reduce la anchura de la descarga porque ésta tiende a retraerse.

El rango óptimo de funcionamiento es de 2 a 4,1 bar.

Para las boquillas con factor K nominal 17, 26 y 33, se usa un reductor, insertado a ras del borde de entrada para evitar la formación de cavidades con ángulos agudos y depósitos.



Ilustración 1.7.3.1-3 Boquillas Pulverizadoras 3D tipo E



NOTA: El ángulo de pulverización (incluido el ángulo de descarga) y el factor K nominal (US) están grabados en el deflector.

Ilustración 1.7.3.1-4 Dimensiones boquilla pulverizadora

Elegimos los siguientes tipos y número de boquillas según los cálculos realizados en el punto [2.5]

#### 1.7.3.1.5 Anillos superior e inferior protección transformador y radiador

Para boquillas situadas con un ángulo de disparo de  $90^\circ$ , es decir perpendicular a la superficie protegida y utilizada en los anillos superior e inferior, tenemos que para conseguir la distancia axial de 2 metros tenemos que recurrir a boquillas con un ángulo de pulverización  $\beta$  de  $110^\circ$  y un factor K de  $33.1 \text{ l/min.bar}^{1/2}$

#### 1.7.3.1.6 Protección depósito Aceite

Para la protección del depósito de aceite utilizaremos

- boquillas situadas con un ángulo de disparo de 90°, es decir perpendicular a la superficie protegida, para las zonas laterales con un ángulo de pulverización  $\beta$  de 95° y un factor K de 59 l/min.bar<sup>1/2</sup>
- boquillas situadas con un ángulo de disparo de 0° con un ángulo de pulverización de  $\beta$  de 95° y un factor K de 59 l/min.bar<sup>1/2</sup>

### 1.7.3.1.7 Protección suelo transformador

Aunque no serían estrictamente necesarias por disponer de un suelo absorbente instalaremos 8 boquillas a una distancia de 0,5 metros del suelo de las siguientes características

- boquillas situadas con un ángulo de disparo de 180°, con un ángulo de pulverización de  $\beta$  de 110° y un factor K de 25,9 l/min.bar<sup>1/2</sup>

## 1.7.3.2 SISTEMA ABASTECIMIENTO

### 1.7.3.2.1 GENERALIDADES

El sistema de abastecimiento de agua contra incendios estará formado por un conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y una red general de incendios destinada a asegurar, para uno o varios sistemas específicos de protección, el caudal y presión de agua necesarios durante el tiempo de autonomía requerido. El sistema de abastecimiento de agua contra incendios, sus características y especificaciones serán conformes a lo establecido en la norma UNE 23500.

El sistema de abastecimiento debe cumplir tres requisitos básicos conocidos como necesidades de abastecimiento:

- Presión (P), expresado normalmente en bar o mca
- Caudal (Q), expresado en l/min o m3/h
- Tiempo de autonomía (T), expresado en minutos u horas.

Siguiendo lo indicado en la norma UNE 23500:2012, podemos caracterizar el abastecimiento del sistema de Agua pulverizada como de Categoría I.

Table 1.7.3.2-1 Categorización de abastecimientos según sistemas instalados

| Rociadores (RL) según la Norma UNE-EN 12845 | Rociadores (RO) según la Norma UNE-EN 12845 | Rociadores (RE) según la Norma UNE-EN 12845 | BIEs | Hidrantes | Espuma física | Agua pulverizada | Categoría |
|---|---|---|------|-----------|---------------|------------------|-----------|
|   |   |   | x    |           |               |                  | III       |
| x   |   |   |      |           |               |                  | III       |
|   |   |   |      | x         |               |                  | II        |
| x   |   |   | x    |           |               |                  | II        |
|   | x   |   | x    |           |               |                  | II        |
| x   |   |   |      | x         |               |                  | II        |
|   |   |   | x    | x         |               |                  | II        |
|   | x   |   | x    | x         |               |                  | II        |
| x   |   |   | x    | x         |               |                  | II        |
|   |   | x   |      |           |               |                  | I         |
|   |   |   |      |           | x             |                  | I         |
|   |   |   |      |           |               | x                | I         |
|   |   | x   | x    |           |               |                  | I         |
|   |   | x   | x    | x         |               |                  | I         |

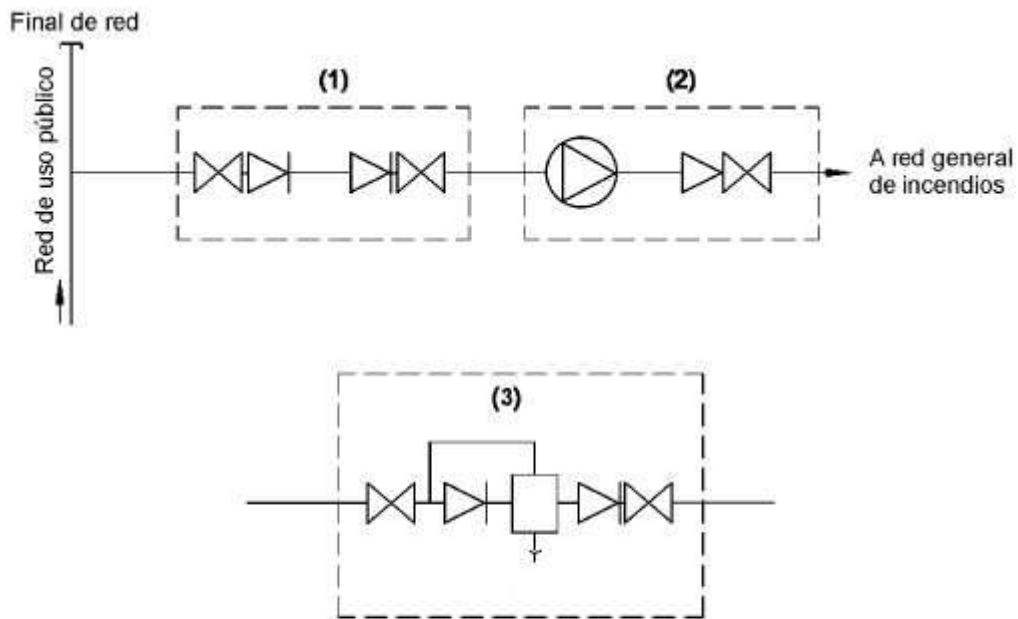
NOTA. El resto de combinaciones de los sistemas instalados son de categoría I.

Una vez definido la categoría del abastecimiento definimos la clase de abastecimiento. Los sistemas de abastecimiento los podemos clasificar en abastecimiento sencillo, superior o doble. Existen multitud de tipologías posibles existentes.

### 1.7.3.2.1.1 ABASTECIMIENTO SENCILLO

Se consideran abastecimientos sencillos los siguientes:

- A. Red de uso público de categoría II con uno más equipos de bombeo automáticos si fuese necesario.
- B. Depósito o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo automáticos.
- C. Depósitos de presión
- D. Depósitos de gravedad



#### Leyenda

- (1) Dispositivo anticontaminación. Preferiblemente con cámara intermedia de vacío (3)
- (2) Grupo de bombeo, si es necesario
- (3) Dispositivo anticontaminación con cámara intermedia de vacío

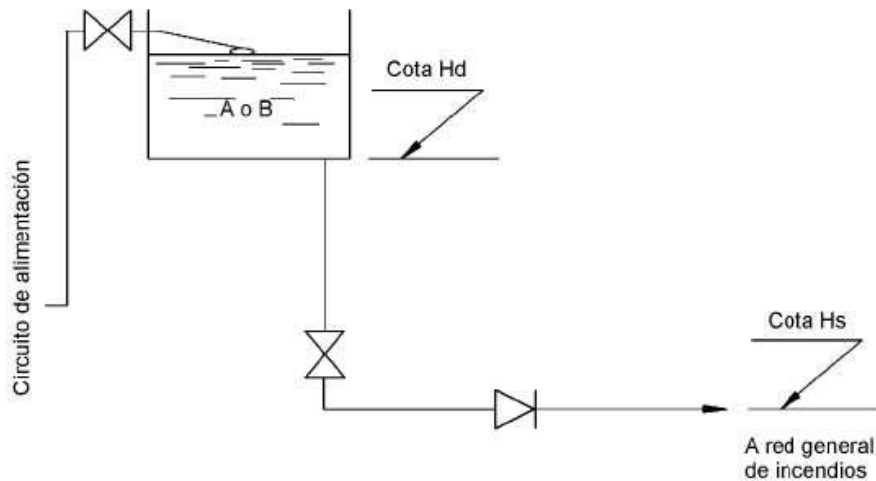
Figure 1.7.3.2-1 Ejemplo abastecimiento sencillo A. Red de uso público

### 1.7.3.2.1.2 ABASTECIMIENTO SUPERIOR

Se consideran abastecimientos con tipología superior los siguientes:

- A. Red de uso público de categoría I con un o más equipos de bombeo automáticos si fuese necesario.
- B. Depósito de gravedad tipo A o B
- C. Depósito tipo A o B con uno o más equipos de bombeo automático
- D. fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo automáticos.





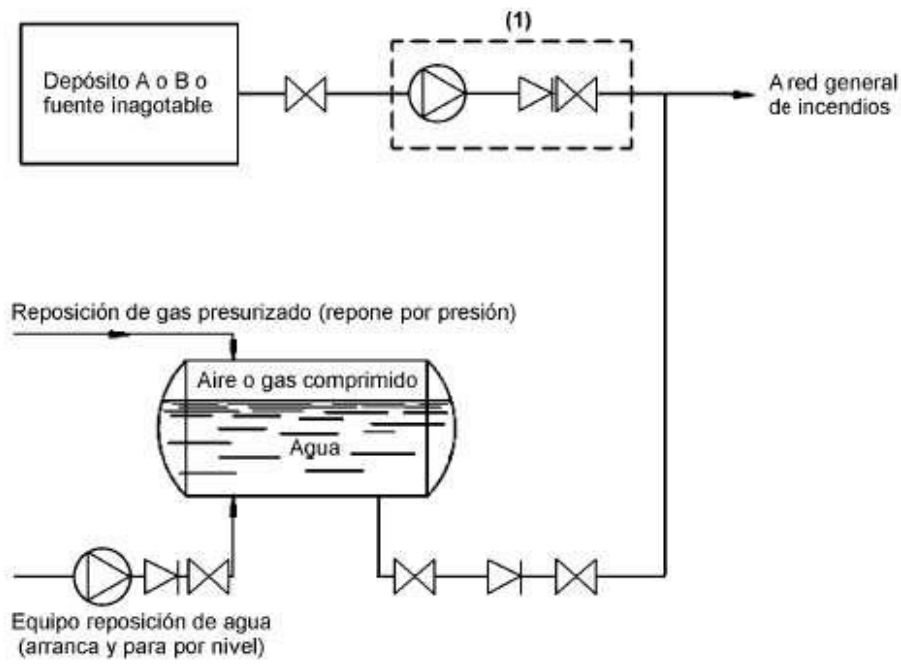
NOTA La disposición de la figura 6 sólo es válida si se cumple la ecuación (2) del apartado 5.2.3.4.

Figure 1.7.3.2-2 Ejemplo Abastecimiento superior B. Depósito de gravedad

### 1.7.3.2.1.3 ABASTECIMIENTO DOBLE

Los abastecimientos dobles comprenden dos abastecimientos de agua sencillos, donde cada uno es independiente del otro. Cada uno de ellos debe cumplir individualmente los requisitos de presión y caudal requeridos para la instalación que abastecen. Existen multitud de configuraciones para estos sistemas. A modo resumen y simplemente por enumerarlos podemos distinguir entre:

- A. Red de uso público de categoría I con un o más equipos de bombeo automáticos si fuese necesario y además cualesquiera de los siguientes:
  - A.1. Otra red de uso público totalmente independiente de la anterior de categoría I o II
  - A.2. Depósito de gravedad
  - A.3. Depósito de presión
  - A.4. Depósito o fuente inagotable con equipo de bombeo automático
  
- B. Depósito de gravedad tipo A o B y además cualquiera de los siguientes.
  - B.1. Otro depósito de gravedad.
  - B.2. Depósito de presión
  - B.3. Depósito o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo automáticos.
  
- C. Depósito de presión y, además
  - C.1. Depósito tipo A,B o C o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo automáticos.



Leyenda

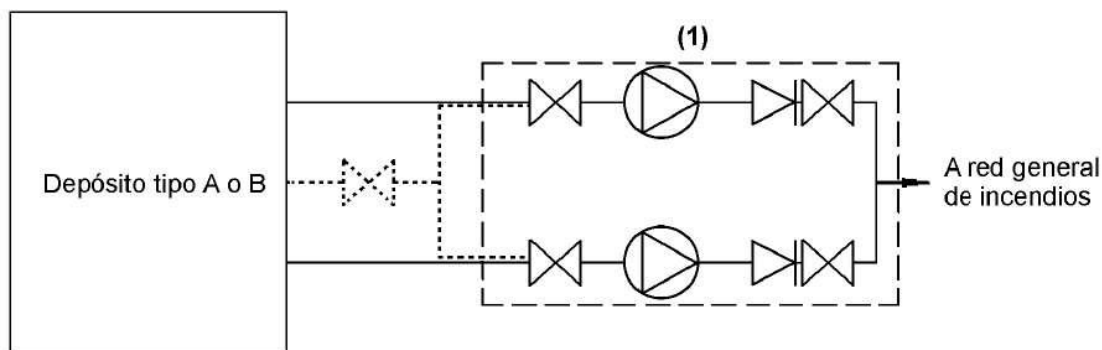
(1) Grupo de bombeo

Figure 1.7.3.2-3 Abastecimiento doble H. Depósito de presión más depósito A o B o fuente inagotable

- D. Dos o más equipos de bombeo automáticos, aspirando de cualquiera de los siguientes:
  - D.1. Dos depósitos tipo A o B
  - D.2. Un depósito tipo A o B y otro tipo C
  - D.3. Fuente inagotable

#### 1.7.3.2.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SELECCIONADO

Según la tabla 3 de la norma UNE 23500:2012, para un sistema de agua pulverizada de Categoría I y por la configuración de la red de contra incendios existentes en la planta elegimos un sistema de abastecimiento superior formado por un depósito tipo A o B con dos o más quipos de bombeo. Mostramos el esquema hidráulico tipo en la siguiente figura.



Leyenda

(1) Grupo de bombeo

NOTA 1 Se admite la variante indicada en línea de puntos como solución alternativa.

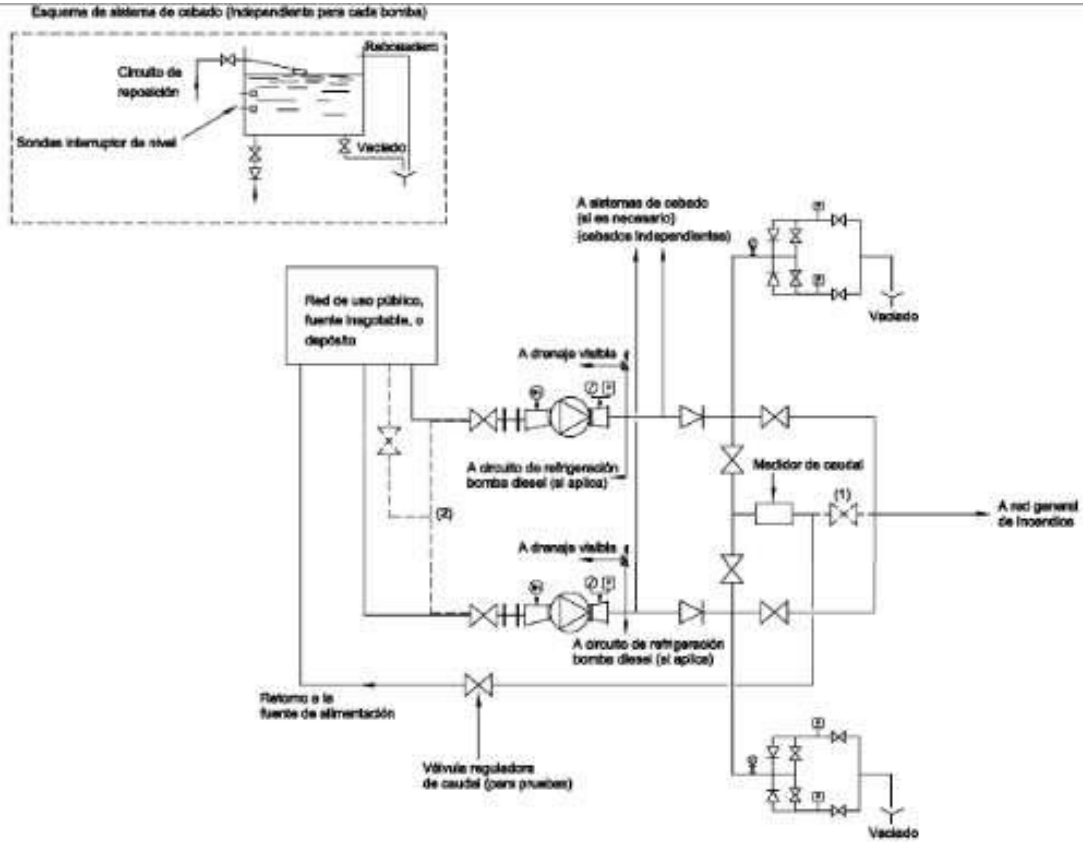
Figure 1.7.3.2-4 Sistema abastecimiento figura 7 UNE 23500:2012

En este caso al montar 2 grupos de bombeo o un grupo de bombeo doble, solo uno de los motores puede ser eléctrico según lo indicado en la tabla 5 de la UNE 23500:2012.

Table 1.7.3.2-2 Posibilidades de accionamiento de los sistemas de bombeo

| Nº de equipos de bombeo requeridos | Nº de grupos de bombeo admitidos | Accionamiento por motores |            |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|
|                                    |                                  | Solución A                | Solución B |
| 2                                  | 2 (del 100% de $Q_n$ cada uno)   | 1 diésel + 1 eléctrico    | 2 diésel   |
| 2                                  | 3 (del 50% de $Q_n$ cada uno)    | 2 diésel + 1 eléctrico    | 3 diésel   |

1.7.3.2.2.1 ESQUEMA HIDRÁULICO ABASTECIMIENTO CON BOMBA DOBLE.



NOTA 1 Opcionalmente se puede instalar la línea de conexión desde el medidor de caudal a la red general (representada en línea discontinua).

NOTA 2 Para la aspiración de las bombas, se admite la variante indicada en líneas discontinuas como solución alternativa.

Ilustración 1.7.3.2-1 Esquema abastecimiento UNE 23500. Grupo doble

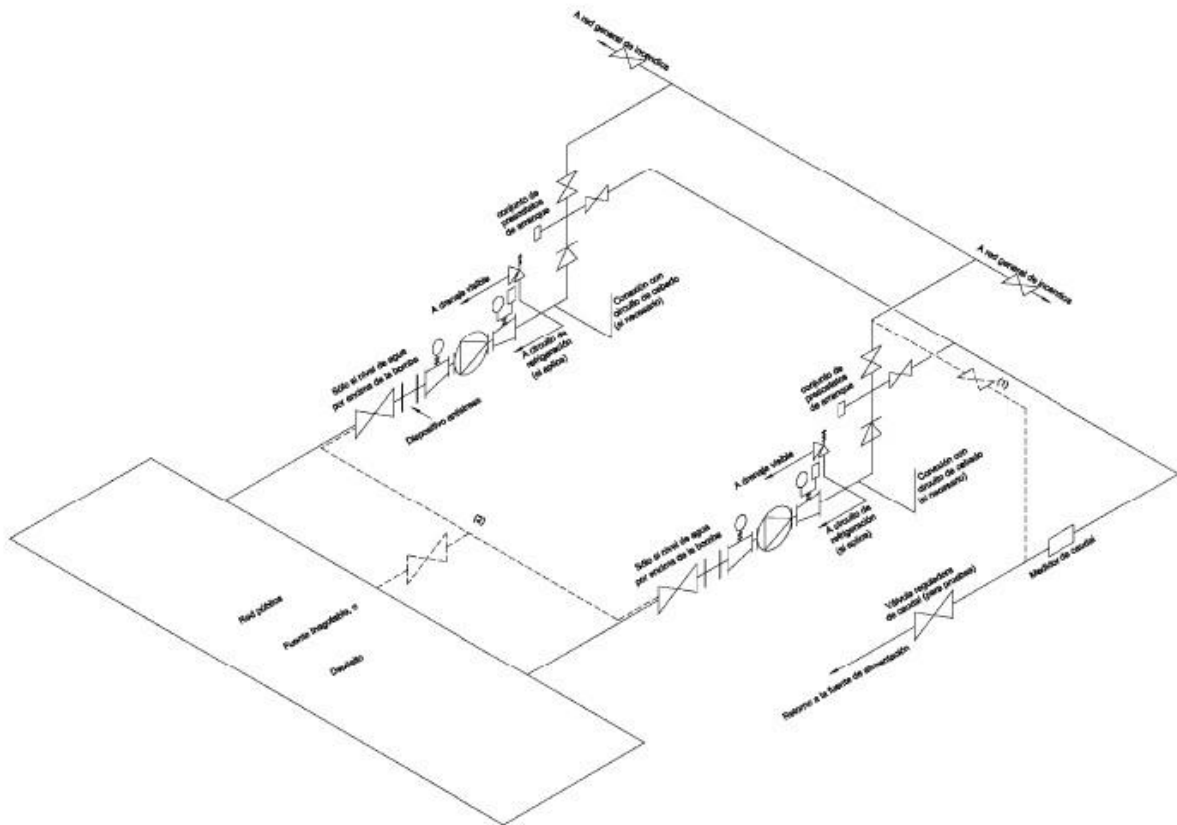


Ilustración 1.7.3.2-2 Abastecimiento Superior C1. Grupo bombeo doble. UNE 23500:12

### 1.7.3.2.3 DEPOSITO ACUMULACIÓN.

Según la norma UNE 23500-2012 debemos optar por un sistema de abastecimiento, superior, denominado C.1, que incluye la instalación de un depósito de acumulación tipo A cuya capacidad efectiva debe ser superior a los m<sup>3</sup> necesarios calculados para utilización exclusiva del sistema contra incendios.

El cálculo de las necesidades de acumulación de agua para abastecimiento del sistema está realizado en el punto [2.5.1] del proyecto. Obtenemos un caudal de acumulación de 410 m<sup>3</sup> y con este dato se dimensionará el diámetro, altura y aspiración del depósito contra incendios.

La capacidad efectiva es la diferencia entre el nivel normal de agua y el nivel más bajo permitido. La capacidad efectiva se calcula teniendo en cuenta la siguiente figura.

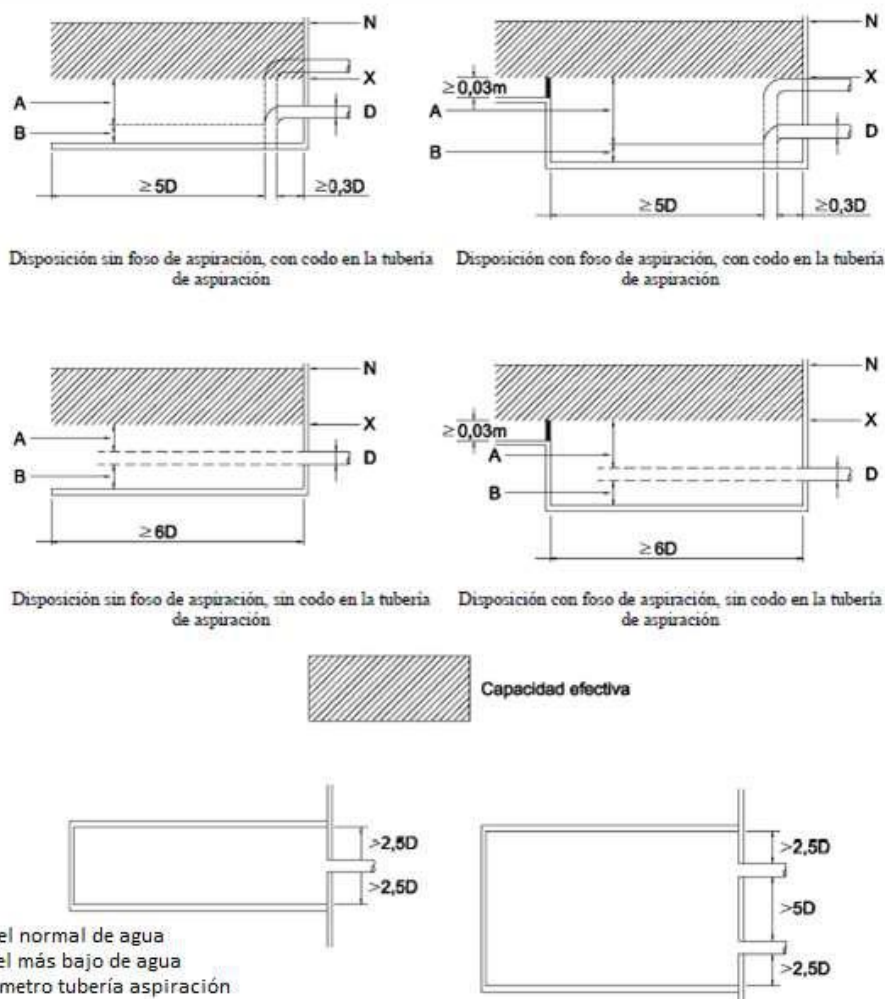


Figure 1.7.3.2-5 Capacidad efectiva de depósitos de agua

| Diámetro nominal de la tubería de aspiración D (mm) | Distancia mínima A (m) | Distancia mínima B (m) | Dimensión mínima inhibidor de vórtice (m) |
|---|------------------------|------------------------|---|
| 65  | 0,25                   | 0,08                   | 0,20                                      |
| 80  | 0,32                   | 0,08                   | 0,20                                      |
| 100   | 0,37                   | 0,10                   | 0,40                                      |
| 150   | 0,50                   | 0,10                   | 0,60                                      |
| 200   | 0,62                   | 0,15                   | 0,80                                      |
| 250   | 0,75                   | 0,15                   | 1,00                                      |
| 300   | 0,90                   | 0,20                   | 1,20                                      |
| 400   | 1,05                   | 0,20                   | 1,20                                      |
| 500   | 1,20                   | 0,20                   | 1,20                                      |

Figure 1.7.3.2-6 Distancias mínimas entre tuberías de aspiración a la salida de los depósitos

Los depósitos tipo A deben cumplir con las siguientes características:

- Deben tener una capacidad efectiva mínima del 100 por 100. Según los cálculos realizados la capacidad efectiva debe ser superior a 410 m<sup>3</sup>.
- Debe tener un sistema de llenado automático capaz de llenar el depósito en menos de 36 horas. Hemos comprobado que con las características de la red de agua existente para las instalaciones de extinción tendríamos un tiempo de llenado del depósito inferior a 10 horas.
- El depósito debe ser de material rígido, resistente a la corrosión en su totalidad, de manera que se garantice su uso ininterrumpido durante un periodo de 15 años sin necesidad de vaciarlo o limpiarlo.



- Se debe emplear obligatoriamente agua dulce no contaminada o tratada adecuadamente.
- El agua debe ser protegida de la luz y de cualquier materia contaminante
- La entrada de cualquier tubería de aportación de agua al depósito debe estar situada a una distancia, medida en horizontal, de la toma de aspiración de la bomba no menor que 2,00 metros

### 1.7.3.2.3.1 DISEÑO DEPÓSITO DE AGUA

Para una capacidad efectiva de 410 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua, y teniendo en cuenta que existe espacio suficiente para la instalación de depósitos de dimensiones importantes, la elección más idónea es optar por depósitos construidos de chapa de acero, construidos sobre una cimentación a cota 0.

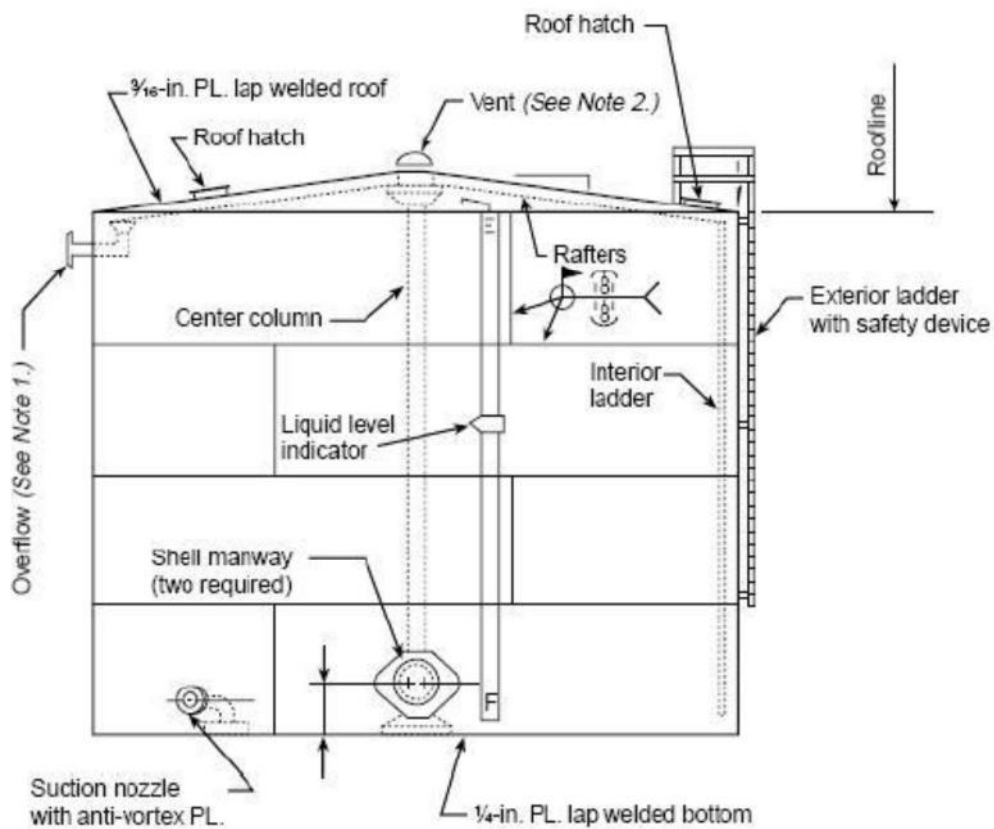


Ilustración 1.7.3.2-3 Depósito tipo Chapa acero.

Estos depósitos presentan la ventaja de servir para almacenamiento de grandes volúmenes de agua, pudiendo interconectarlo con otros depósitos en caso de que tengamos necesidad de aumentar la reserva de agua disponible. Tienen un coste bajo respecto a otras soluciones más costosas para una misma capacidad de almacenaje y necesitan poco mantenimiento.

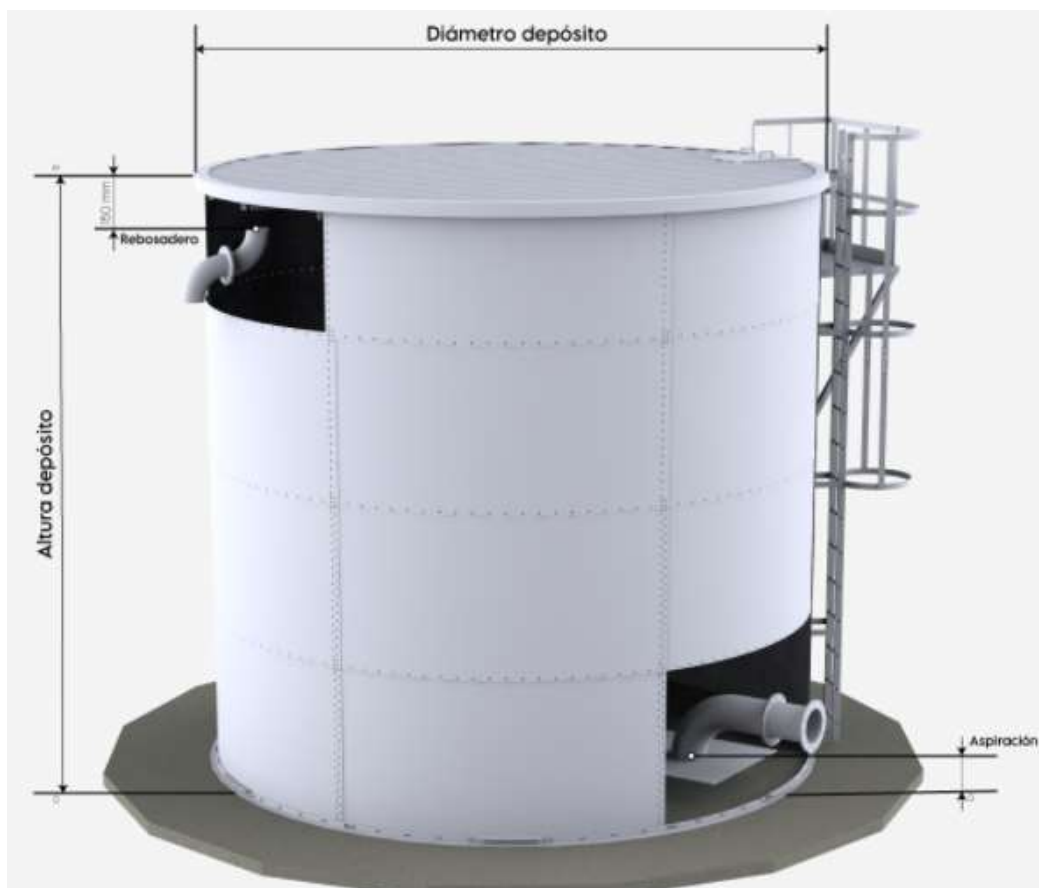


Ilustración 1.7.3.2-4 Imagen 3D depósito agua chapa

#### 1.7.3.2.4 CARÁCTERÍSTICAS DEPÓSITO DE AGUA SELECCIONADO

EL tanque seleccionado se construye con planchas de acero galvanizado de 2,5 m de largo por 1,25 m de ancho que se solapan unas sobre otras. La fabricación se hace conforme a las normas EN 10142 y EN 10111-1998. Las chapas tienen punzonado todo su perímetro para acoplar perfectamente en obra. El ensamblaje se hace con tornillos especiales dispuestos con la cabeza redonda al interior y la tuerca al exterior.

La superficie interior se cubre con una pintura bituminosa de color negro que protege la chapa del contacto directo con el agua y oscurece el interior para reducir la aparición de microorganismos.

Los perfiles están sometidos a tratamiento de galvanizado continuo que supera los 275 grs de zinc por m<sup>2</sup> según norma EN 10142. El resto de las piezas, planchas, tornillería y bridas se galvanizan en caliente (Z600) conforme a las normas EN 1461.

Seleccionamos un depósito comercial del fabricante TANKEROS que según la tabla mostrada a continuación tendrá una altura de 6,002 metros y un diámetro de 9,906 metros lo que nos proporciona una capacidad de acumulación neta de 428 m<sup>3</sup>.

| Medidas y Capacidades de los Tanques Cilíndricos. |           |        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|---|-----------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Altura (m):                                       |           | 1,250  | 1,790          | 2,438          | 2,978          | 3,626          | 4,166          | 4,814          | 5,354          | 6,002          | 6,542          | 7,190          | 7,730          | 8,378          | 8,918          | 9,566          | 10,106         | 10,754         | 11,294         | 11,942         |                |
| Altura Referencial:                               |           | 01     | 15             | 02             | 25             | 03             | 35             | 04             | 45             | 05             | 55             | 06             | 65             | 07             | 75             | 08             | 85             | 09             | 95             | 10             |                |
| Ø (m)   | Radio (m) | Ø ref. | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> |
| 3,048   | 1,524     | 04     | 6              | 10             | 15             | 18             | 23             | 27             | 32             | 36             | 41             | 44             | 49             |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 3,810   | 1,905     | 05     | 9              | 15             | 23             | 29             | 36             | 42             | 50             | 56             | 63             | 69             | 77             | 83             | 90             |                |                |                |                |                |                |
| 4,572   | 2,286     | 06     | 13             | 22             | 33             | 42             | 52             | 61             | 72             | 81             | 91             | 100            | 111            | 120            | 130            | 139            | 150            |                |                |                |                |
| 5,334   | 2,667     | 07     | 18             | 30             | 44             | 56             | 71             | 83             | 98             | 110            | 124            | 136            | 151            | 163            | 177            | 189            | 204            | 216            | 230            |                |                |
| 6,096   | 3,048     | 08     | 23             | 39             | 58             | 74             | 93             | 108            | 127            | 143            | 162            | 178            | 197            | 212            | 231            | 247            | 266            | 282            | 301            | 316            | 335            |
| 6,858   | 3,429     | 09     | 30             | 49             | 73             | 93             | 117            | 137            | 161            | 181            | 205            | 225            | 249            | 269            | 293            | 313            | 337            | 357            | 381            | 401            | 425            |
| 7,620   | 3,810     | 10     | 36             | 61             | 91             | 115            | 145            | 169            | 199            | 224            | 253            | 278            | 307            | 332            | 362            | 386            | 416            | 440            | 470            | 495            | 524            |
| 8,382   | 4,191     | 11     | 44             | 74             | 110            | 139            | 175            | 205            | 241            | 271            | 306            | 336            | 372            | 402            | 437            | 467            | 503            | 533            | 569            | 598            | 634            |
| 9,144   | 4,572     | 12     | 53             | 88             | 131            | 166            | 209            | 244            | 287            | 322            | 355            | 400            | 443            | 478            | 521            | 556            | 599            | 634            | 677            | 712            | 755            |
| 9,906   | 4,953     | 13     | 62             | 103            | 153            | 195            | 245            | 286            | 336            | 378            | 428            | 470            | 519            | 561            | 611            | 653            | 703            | 744            | 794            | 836            | 886            |
| 10,668  | 5,334     | 14     | 72             | 120            | 178            | 228            | 284            | 332            | 390            | 438            | 496            | 545            | 602            | 651            | 709            | 757            | 815            | 863            | 921            | 969            | 1.027          |
| 11,430  | 5,715     | 15     | 82             | 137            | 204            | 259            | 326            | 381            | 448            | 503            | 570            | 625            | 692            | 747            | 813            | 869            | 935            | 991            | 1.057          | 1.113          | 1.179          |
| 12,192  | 6,096     | 16     | 93             | 156            | 232            | 295            | 371            | 434            | 509            | 573            | 648            | 711            | 787            | 850            | 926            | 989            | 1.064          | 1.127          | 1.203          | 1.266          | 1.342          |
| 12,954  | 6,477     | 17     | 105            | 177            | 262            | 333            | 419            | 490            | 575            | 646            | 732            | 803            | 888            | 959            | 1.045          | 1.116          | 1.201          | 1.273          | 1.358          | 1.429          | 1.515          |
| 13,716  | 6,858     | 18     | 118            | 198            | 294            | 374            | 469            | 549            | 645            | 725            | 820            | 900            | 996            | 1.076          | 1.171          | 1.251          | 1.347          | 1.427          | 1.522          | 1.602          | 1.698          |
| 14,478  | 7,239     | 19     | 132            | 221            | 327            | 416            | 523            | 612            | 718            | 807            | 914            | 1.003          | 1.110          | 1.199          | 1.305          | 1.394          | 1.501          | 1.590          | 1.696          | 1.785          | 1.892          |
| 15,240  | 7,620     | 20     | 146            | 244            | 363            | 461            | 579            | 678            | 796            | 895            | 1.013          | 1.111          | 1.229          | 1.328          | 1.446          | 1.545          | 1.663          | 1.761          | 1.880          | 1.978          | 2.096          |
| 16,002  | 8,001     | 21     | 161            | 269            | 400            | 508            | 639            | 747            | 878            | 986            | 1.117          | 1.225          | 1.355          | 1.464          | 1.594          | 1.703          | 1.833          | 1.942          | 2.072          | 2.181          | 2.311          |
| 16,764  | 8,382     | 22     | 177            | 296            | 439            | 558            | 701            | 820            | 963            | 1.082          | 1.225          | 1.345          | 1.488          | 1.607          | 1.750          | 1.869          | 2.012          | 2.131          | 2.274          | 2.394          | 2.537          |
| 17,526  | 8,763     | 23     | 193            | 323            | 480            | 610            | 766            | 896            | 1.053          | 1.183          | 1.339          | 1.470          | 1.626          | 1.756          | 1.913          | 2.043          | 2.199          | 2.329          | 2.486          | 2.616          | 2.772          |
| 18,288  | 9,144     | 24     | 210            | 352            | 522            | 664            | 834            | 976            | 1.146          | 1.288          | 1.458          | 1.600          | 1.770          | 1.912          | 2.083          | 2.224          | 2.395          | 2.636          | 2.707          | 2.848          | 3.019          |
| 19,050  | 9,525     | 25     | 228            | 382            | 567            | 721            | 905            | 1.059          | 1.244          | 1.398          | 1.582          | 1.736          | 1.921          | 2.075          | 2.260          | 2.414          | 2.598          | 2.752          | 2.937          | 3.091          | 3.275          |
| 19,812  | 9,906     | 26     | 247            | 413            | 613            | 779            | 979            | 1.146          | 1.345          | 1.512          | 1.712          | 1.878          | 2.078          | 2.244          | 2.444          | 2.611          | 2.810          | 2.977          | 3.177          | 3.343          | 3.543          |
| 20,574  | 10,287    | 27     | 266            | 445            | 661            | 840            | 1.056          | 1.235          | 1.451          | 1.630          | 1.846          | 2.025          | 2.241          | 2.420          | 2.636          | 2.815          | 3.031          | 3.210          | 3.426          | 3.605          | 3.821          |
| 21,336  | 10,668    | 28     | 286            | 479            | 711            | 904            | 1.136          | 1.329          | 1.560          | 1.753          | 1.985          | 2.178          | 2.410          | 2.603          | 2.835          | 3.028          | 3.259          | 3.452          | 3.684          | 3.877          | 4.109          |
| 22,098  | 11,049    | 29     | 307            | 514            | 762            | 970            | 1.218          | 1.425          | 1.674          | 1.881          | 2.129          | 2.336          | 2.585          | 2.792          | 3.041          | 3.248          | 3.496          | 3.703          | 3.952          |                |                |
| 22,860  | 11,430    | 30     | 328            | 550            | 816            | 1.038          | 1.304          | 1.525          | 1.791          | 2.013          | 2.279          | 2.500          | 2.766          | 2.988          | 3.254          | 3.476          | 3.742          | 3.963          |                |                |                |
| 23,622  | 11,811    | 31     | 351            | 587            | 871            | 1.108          | 1.392          | 1.629          | 1.913          | 2.149          | 2.433          | 2.670          | 2.954          | 3.190          | 3.474          | 3.711          | 3.995          |                |                |                |                |
| 24,384  | 12,192    | 32     | 374            | 626            | 928            | 1.181          | 1.483          | 1.735          | 2.038          | 2.290          | 2.593          | 2.845          | 3.147          | 3.400          | 3.702          | 3.954          |                |                |                |                |                |

Ilustración 1.7.3.2-5 Dimensiones depósitos chapa.

El modelo seleccionado es el 1305 de este fabricante, construido según normativa EN 13445 Y UNE 23500.

La estanqueidad se asegura mediante la utilización de masilla de poliuretano.

El recubrimiento está realizado con acero galvanizado por inmersión en caliente (Magnelis 310 ZM)

a) CUERPO:

- Construido con paneles prefabricados de acero según norma española UNE-EN-10346
- Planchas con recubrimiento anticorrosión magnelis, acero revestido para corrosividad C5 según la EN ISO 12944-2
- Las uniones se realizan mediante tornillos especiales de acero galvanizado (grado 8,8)
- Todas las juntas se sellan con masilla de poliuretano tipo Sikaflex Pro-3
- El depósito está reforzado con perfiles “U” en el perímetro superior e inferior y en virolas intermedias cuando sea necesario.

b) CUBIERTA:

- Techo plano en chapas de acero galvanizado y prelacado.
- El soporte del techo se hace por medio de correas “zetabor”
- El perímetro se cubre con un embellecedor tipo “L” que sirve de remate.
- Está diseñada para soportar 70 Kg/m<sup>2</sup> de peso.

c) ACCESORIOS INCLUIDOS:

- Se utilizará acero galvanizado en caliente para las bridas, DIN, PN-16
  - Aspiración. Compuesta de codo interior con placa anti-vórtice y carrete exterior. DN-300
  - Retorno. Compuesto de codo interior y carrete exterior. DN-200
  - Llenado. Compuesto de carrete interior, carrete exterior y válvula de flotador DN 150
  - Vaciado. Compuesto de carrete exterior y válvula de compuerta DN-80
  - Rebosadero. Compuesto de codo interior invertido y carrete exterior. DN 150
  - Placa anti-vórtice en la aspiración de 1200 x 1200 mm
- Se incluye adicionalmente en el suministro del tanque.
  - Boca de hombre vertical (600 mm) en la primera virola
  - Caseta de llenado con rejilla de venteo en la parte posterior.
  - Indicador de nivel manométrico

- Escalera vertical de aluminio en el exterior con protección y tramo de salida.
- Plataforma con barandilla en el techo.
- Soportes exteriores regulables con abarcón para retorno, llenado y rebosadero.

#### 1.7.3.2.4.1 CIMENTACIÓN Y MONTAJE DEL DEPÓSITO

Los depósitos se instalan siguiendo un procedimiento de montaje de orden inverso. Las Fases del montaje son:

- Realizar la primera base de apoyo (cimentación primera fase)
- Comenzar el montaje del cuerpo del depósito.
- Terminado y nivelado el depósito se realiza el anclaje sobre el armazón.
- Sellar el perímetro interior del depósito con Hydrotite para asegurar la estanqueidad entre las chapas y el hormigón.
- Realizar la segunda fase de hormigonado.
- El comienzo del llenado del depósito se puede realizar después del fraguado del hormigón y de la expansión del Hydrotite.

Debe dejarse un metro de distancia entre cualquier punto del perímetro del tanque a toda instalación o edificación.

Consideramos que la resistencia del terreno es superior a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> para el cálculo de la cimentación necesaria.

Para la ejecución de los trabajos y en el caso de existencia de líneas eléctricas cercanas se mantendrán las distancias mínimas de seguridad para trabajos en proximidad a tendidos eléctricos que establece la legislación vigente y que será en nuestro caso superior a 5 metros para tensiones superiores a 66 KV.

Para definir la zona de seguridad hay que tener en cuenta las cotas de la envolvente del tanque una vez finalizado.

##### 1.7.3.2.4.1.1 CIMENTACIÓN.

###### a) PRIMERA FASE

Se realizará una capa con hormigón de limpieza HA-150 de 100 mm como mínimo.

Se ejecutará una base de HA-35 de 225 mm de espesor, con doble mallazo 150x150x8 mm de acero B 500 S.

###### b) SEGUNDA FASE.

Esta fase se lleva a cabo una vez esté completado el montaje del depósito y cuando esté debidamente nivelado y anclado a la primera los.

Previamente se colocarán los perfiles de elastómero hidro-expansivo que sellan la junta entre el hormigón y la chapa.



Ilustración 1.7.3.2-6 Hydrotite colocado antes de la 2ª fase de la losa



En esta fase se ejecuta una segunda capa de hormigón en el interior y en el exterior del depósito que refuerza el perímetro de la base y asegura la estanqueidad. Se ejecuta con HA-35.

El espesor de la losa interior estará entre 150-250 mm y debe superar en 30 mm la cota de la junta perimetral superior del perfil hidro-expansivo. Se coloca mallazo de 8 mm 150x150 mm.

En el exterior se colocarán previamente varillas de 12 mm de acero corrugado de forma vertical y de longitud tal que su extremo superior quede 50 mm por debajo de la cota superior del nivel final del hormigón. Se colocará HA-25



Ilustración 1.7.3.2-7 Hormigonado 2ª fase exterior.

### 1.7.3.2.5 GRUPO DE PRESIÓN AGUA

A cada tipo de abastecimiento le corresponde un sistema de impulsión que permite mantener las condiciones de presión y caudal requeridas.

Table 1.7.3.2-3 Tipos de sistemas de impulsión

| Fuente de agua  | Equipo de impulsión   |
|---|---|
| Red de uso publico  | El de la propia red<br>(eventualmente equipo de bombeo automático)  |
| Fuentes inagotables<br>Naturales<br>Artificiales              | Equipo de bombeo automático<br>Equipo de bombeo automático  |
| Depósitos<br>Alimentación bombas<br>De gravedad<br>De presión | Equipo de bombeo automático<br>Gravedad (eventualmente equipo de bombeo)<br>Agua presurizada con aire o gas |

Los sistemas de bombeo están formados por los siguientes elementos:

- Uno o varios grupos de bombeo principales.
- Bomba mantenedora de presión de la red contra incendios (bomba jockey)
- Material diverso, valvulería instrumentación, controles, etc.

Los grupos de bombeo principales deben arrancar automáticamente (por caída de presión o por demanda de flujo) o manualmente a través del cuadro de control, y la parada será únicamente manual.

Cuando para formar un grupo de bombeo doble, se instalen dos bombas, cada una debe ser capaz de forma independiente de suministrar los caudales y las presiones requeridas.

#### 1.7.3.2.5.1 GENERALIDADES

- Características constructivas.
  - Los elementos que estén en contacto con el agua bombeada y estén sometidos a fricción deben ser de material apropiado para impedir la oxidación o corrosión de las partes móviles.
  - El impulsor debe ser de bronce o de acero inoxidable.
  - Las bombas deben estar equipadas con anillo de desgaste de cuerpo. El sellado del eje debe realizarse mediante empaquetadura.
  - Debe permitirse el desmontaje del conjunto para las operaciones de mantenimiento y reparación necesarias.
  
- Características hidráulicas.
  - El caudal nominal de la bomba,  $Q_{nb}$  queda especificado de la siguiente forma, para bombas que proporcionan el 100% del  $Q$ ,  $Q_{nb} = Q_n$  (caudal del sistema).
  - La presión nominal ( $P$ ) es la presión manométrica total (bar) de la bomba que corresponde a su caudal nominal.
  - La presión de impulsión es la presión nominal, más la presión de aspiración. En sistemas con aspiración positiva, debe ser igual o superior a la presión mínima especificada o calculada para el sistema y no debe sobrepasar en ningún caso 15 bar.
  - La bomba debe tener una curva  $Q/P$  estable, es decir una curva en la que coincidan la presión máxima y la presión a válvula cerrada, y en la que la presión total caiga de manera continua a medida que aumente el caudal.

#### 1.7.3.2.5.2 CURVAS DE BOMBAS

Las bombas deben tener motores eléctricos o diésel que sean capaces de suministrar como mínimo la potencia requerida para cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Para bombas con curvas características no sobrecargables, la máxima potencia requerida en el punto máximo de la curva de potencia.



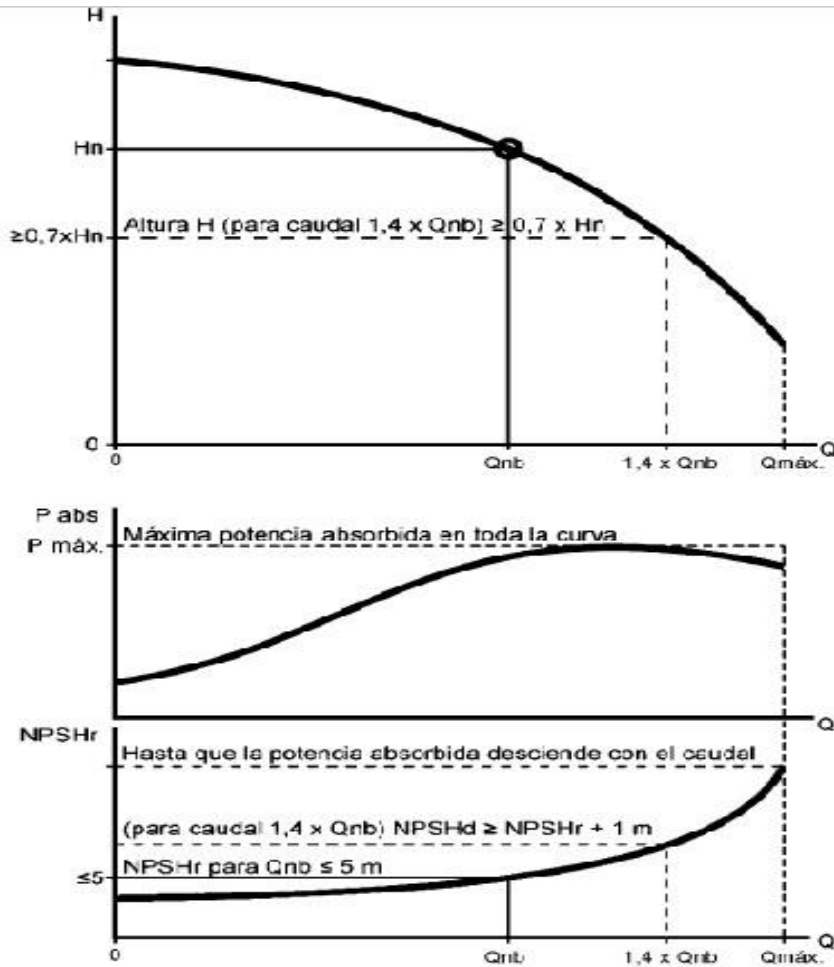


Figure 1.7.3.2-7 Curva de bomba con potencia absorbida hasta un punto máximo y luego decreciente

- b) Para bombas con curvas de potencia de subida continua, la máxima potencia para cualquier condición de carga de la bomba, desde caudal cero al caudal correspondiente a una bomba NPSH requerida igual a 16 m o la presión estática de aspiración más 11 m si ésta es mayor. Debe mostrar su comportamiento hasta que el NPSHr sea de 16 m

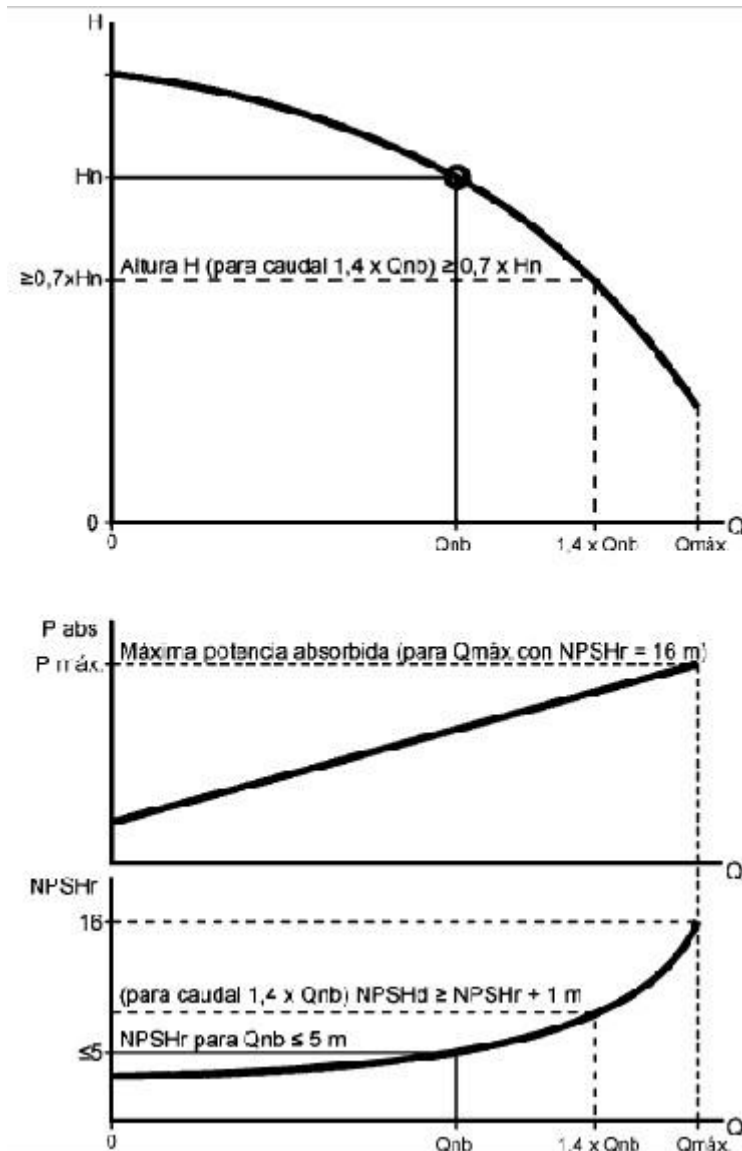


Figure 1.7.3.2-8 Curva de bomba con potencia absorbida creciente.

En el caso de bombas horizontales el NPSH requerido del grupo de presión para caudales comprendidos entre un 30% y el 100% del  $Q_{nb}$  debe ser menor o igual que 5 mca.

El grupo de bombeo seleccionado debe ser capaz de impulsar como mínimo el 140% del  $Q_{nb}$  a una presión no inferior al 70% de la presión nominal.

### 1.7.3.2.5.3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Debemos instalar el grupo de bombeo en un recinto de fácil acceso, independiente, protegido y con sistema de drenaje.

Es fundamental para el correcto funcionamiento del grupo de presión que los sistemas de ventilación y renovación natural de aire hayan sido previstos y correctamente calculados. De lo contrario la generación de calor producido por los motores y bombas provocarán pérdidas de rendimiento en el funcionamiento de los equipos, que incluso puede provocar que no se puedan cumplir con los parámetros de diseño requeridos.

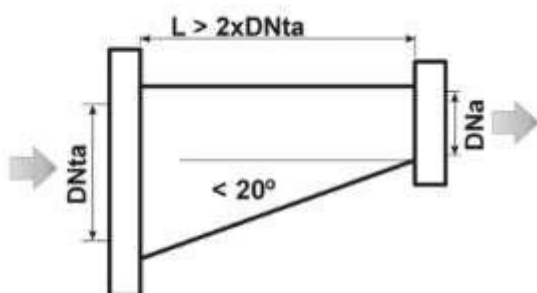
La sala de bombas se debe mantener en un rango de temperaturas entre 4°C y 40°C.

El edificio debe tener una resistencia al fuego no interior a 60 minutos.

### 1.7.3.2.5.3.1 ASPIRACION

Si es posible, la configuración más segura es utilizar bombas centrífugas horizontales instaladas en carga, cumpliendo con los siguientes requerimientos.

- Al menos 2/3 de la capacidad efectiva del depósito de aspiración están situados por encima del eje de la bomba.
- El eje de la bomba estará situado a no más de 2 metros por encima del nivel más bajo del depósito de aspiración.
- El diámetro del tubo de aspiración para bombas en carga el diámetro del tubo de aspiración será superior a 65 mm y de la sección necesaria para que la velocidad no supere 1,8 m/s con la bomba funcionando a  $Q_n$
- En la aspiración de la bomba debemos contemplar, válvula de retención de pie con filtro, reductor excéntrico, vacuómetro o manómetro y purgador automático de aire.



**Leyenda**

- DNta Diámetro nominal de la tubería de aspiración
- DNa Diámetro nominal de la aspiración de la bomba

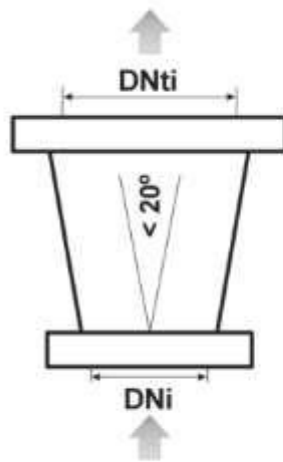
Ilustración 1.7.3.2-8 Reducción excéntrica

- El NPSH disponible a la entrada de la bomba con el nivel mínimo de agua, debe ser superior a 5 m cuando circula el  $Q_{nb}$  y también superior al NPSH requerido por la bomba más 1 metro cuando circula el 140% del  $Q_{nb}$

### 1.7.3.2.5.3.2 CIRCUITO DE IMPULSIÓN

Los elementos que componen el circuito de impulsión de cada bomba principal son, conjunto de manómetro y presostatos, conexión de un sistema automático de circulación de agua para mantener un caudal mínimo para evitar calentamientos en la bomba a válvula cerrada. Válvula de retención, conexión a circuito de pruebas, válvula de seccionamiento.

Si se instala un tubo ampliador en la impulsión de la bomba, debe abrirse en la dirección del flujo con un ángulo de apertura no superior a 20°. Las válvulas de impulsión deben situarse aguas abajo del tubo ampliador, si lo hay.



Leyenda

DNti Diámetro nominal de la tubería de impulsión  
 DNi Diámetro nominal de la impulsión de la bomba

Ilustración 1.7.3.2-9 Reducción concéntrica

#### 1.7.3.2.5.3.3 CIRCUITO DE PRUEBAS

El circuito de pruebas parte de una conexión tomada entre válvula de retención y la de bloqueo de cada bomba, situando en el sentido del flujo una válvula de cierre, un caudalímetro y una válvula de regulación de caudal. El rango de lectura del caudalímetro debe estar entre el 20% y el 160% del  $Q_{nb}$ .

La velocidad del agua en el circuito de pruebas no debe ser superior a 4 m/s

#### 1.7.3.2.5.3.4 PRESOSTATOS

Se deben instalar dos presostatos para el arranque de cada grupo de bombeo principal, conectados en serie y con contactos normalmente cerrados por encima de la presión de arranque, de tal manera que la apertura del contacto de cualquiera de los dos presostatos arranque la bomba. La tubería de presostatos debe ser galvanizada y su diámetro no será inferior a DN 15.

Debe ser posible comprobar el arranque de las bombas con cada presostato y la presión a la que se realiza. Si hay una válvula de cierre instalada en la conexión entre el colector general y un presostato de arranque, ésta debe tener un sistema que impida que una bajada de presión en el colector principal no se transmita al presostato incluso cuando dicha válvula esté cerrada.

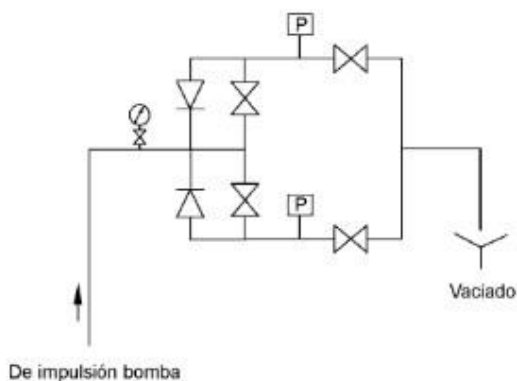


Ilustración 1.7.3.2-10 Prueba de presostatos.

#### 1.7.3.2.5.3.5 GRUPO DE BOMBEO ELÉCTRICO.

El motor eléctrico debe estar diseñado para funcionar durante un mínimo de 6 h continuadas a plena carga, por lo que debe estar clasificado para servicio continuo S-1

La potencia nominal viene determinada para un aislamiento Clase F y como mínimo para un calentamiento clase F

El suministro eléctrico debe estar destinado en exclusiva para el sistema de bombeo contra incendios. No es objeto de este proyecto la definición ni diseño de las instalaciones eléctricas asociadas a los sistemas.

#### 1.7.3.2.5.3.6 GRUPO DE BOMBEO DIESEL.

El motor diésel debe ser capaz de funcionar continuamente a plena carga, con una potencia neta nominal de acuerdo con la norma ISO 3046-1

La bomba debe estar en pleno funcionamiento antes de que hayan transcurrido 15 s desde el principio de la secuencia de arranque válida.

Las bombas tendrán accionamiento directo.

El arranque automático y funcionamiento del grupo de bombeo no deben depender de ninguna fuente de energía que no sean el motor y sus baterías.

Debe estar provisto de un regulador de velocidad que la mantenga en un  $\pm 5\%$  de la velocidad nominal bajo condiciones normales de carga.

Debe estar provisto de un sistema de refrigeración, que puede ser

- a) un intercambiador de calor con agua tomada de la bomba contra incendios.
- b) Un radiador de agua con su ventilador de aire accionado directamente por el motor o mediante correas.
- c) Refrigeración directa por aire con ventilador accionado mediante correas múltiples por el motor.

Debe contener un filtro adecuado en la aspiración de aire del motor, para ello debe existir en la sala una renovación de aire suficiente.

La tubería de escape debe estar provista de un silencioso adecuado con conexión flexible al motor.

El combustible debe ser de la calidad especificada por el fabricante, el depósito además debe tener una capacidad suficiente para que el motor pueda funcionar a plena carga durante 6 horas.

El depósito de combustible debe estar instalado más alto que la bomba de combustible y debe disponer de un indicador de nivel de combustible con visor y con sistemas de alarma por bajo nivel cuando esté por debajo del 60% de su capacidad. Además, constará de válvulas de purga y de vaciado en la parte inferior.

El motor eléctrico de arranque debe tener un piñón desplazable que engrane automáticamente con el volante de inercia.

El motor diésel constará de dos conjuntos de baterías acumuladoras para los sistemas de arranque y control. La tensión nominal de las baterías será de 12 o 24 V

Cada juego de baterías debe tener un cargador independiente, continuamente conectado y de funcionamiento automático.

#### 1.7.3.2.5.3.7 CUADROS DE ARRANQUE DE CONTROL DE BOMBAS.

El control de cada grupo de bombeo principal debe estar en cuadros independientes. Los cuadros deben cumplir unas características según lo indicado en el punto 6.4.6 de la norma UNE 23500-2012 entre las que destacamos.

- Construcción en chapa metálica.
- Pintado en color rojo con rótulo indicativo de control de bomba.
- Debe estar montado, cableado y probado en fábrica
- Debe disponer de tornillo de conexión a tierra de las partes metálicas.
- Cables de mando conectados a bornas.
- Debe disponer del conjunto de esquemas eléctricos

- Mediante diodos luminosos se debe presentar en el frente del armario los estados y alarmas del grupo motobomba.

#### 1.7.3.2.5.4 GRUPO DE BOMBEO SELECCIONADO.

Los cálculos hidráulicos necesarios para la selección del grupo de bombeo se realizan en el punto [2.6], los datos de presión y caudal requeridos son los siguientes:

$$Q_b = 6.830,08 \text{ l/min}$$

$$P_b = 6,46 \text{ bar}$$

Para los datos anteriores y teniendo en cuenta la curva H-Q de la instalación seleccionamos el siguiente grupo de presión:

Modelo AFC-SPLT 150-250/132 EDJ del proveedor EBARA y fabricado según normas UNE 23500:2012, UNE-EN 12845 y cumpliendo las recomendaciones de CEPREVEN. Tiene las siguientes características:

- a) Bomba principal ELÉCTRICA SPLT 150-250, en ejecución de cámara partida de doble flujo, eje apoyado en sus dos extremos, rodete radial cerrado de bronce fundido en una sola pieza, soporte con rodamientos en ambos extremos, estanqueidad del eje acorde a la normativa, eje de acero inoxidable; accionada mediante motor eléctrico asíncrono, trifásico de 2 polos, aislamiento clase F, protección IP-55, de una POTENCIA DE 132 kW, para alimentación trifásica a 400 V III, 50 Hz, acoplamiento.
- b) Bomba principal DIESEL SPLT 150-250 de una POTENCIA DE 132 kW, doble juego de baterías, DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE 440 litros de capacidad equipado con válvula de vaciado, filtro y visor de nivel.
- c) Una bomba auxiliar jockey CVM B/25, de 1,85 kW, cuerpo de bomba en hierro fundido, camisa exterior de acero inoxidable AISI 304, eje de acero inoxidable AISI 416, cuerpos de aspiración e impulsión y contra bridas de hierro fundido, impulsores y difusores de policarbonato con fibra de vidrio, cierre mecánico Carbón/Cerámica/NBR motor asíncrono de 2 polos, aislamiento clase F, protección IP 44.

Cuadros eléctricos de fuerza y control para la operación totalmente automática del grupo; soporte metálico para cuadro eléctrico. Montado en bancada de perfiles laminados de acero con imprimación anticorrosión, montado y conexionado en fábrica.

Caudalímetro para grupo contra incendios de tipo rotámetro de lectura directa, instalación sobre tubería horizontal, montaje entre bridas PN 10/16, modelo F DN 200, con diafragma y flotador fabricados en acero inoxidable AISI 316, para una presión máxima de 16 Bar, fondo de escala 800 m<sup>3</sup>/h.

Las dimensiones del grupo seleccionado las encontramos en la siguiente ilustración.



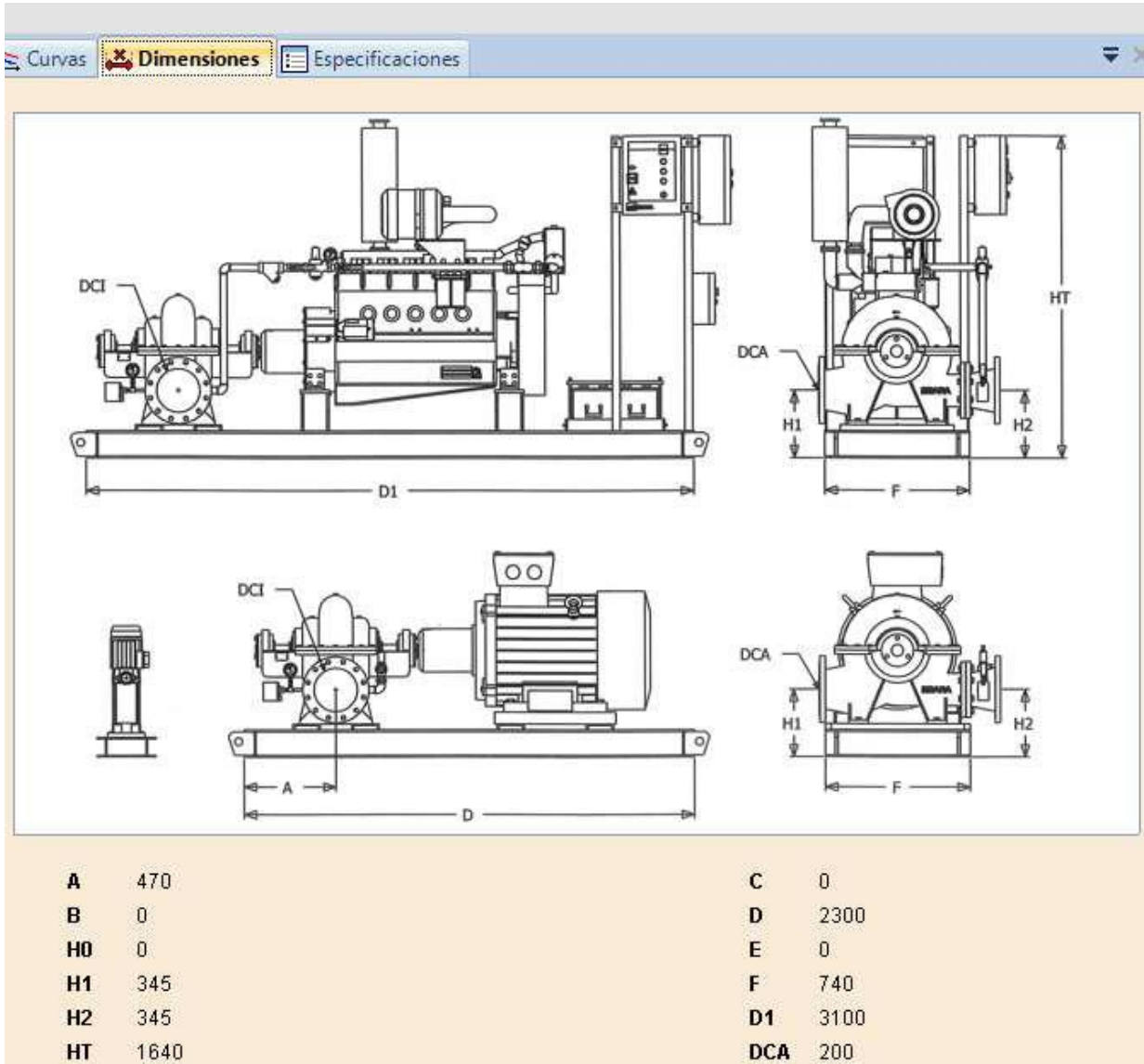


Ilustración 1.7.3.2-11 Dimensiones del Grupo CI seleccionado

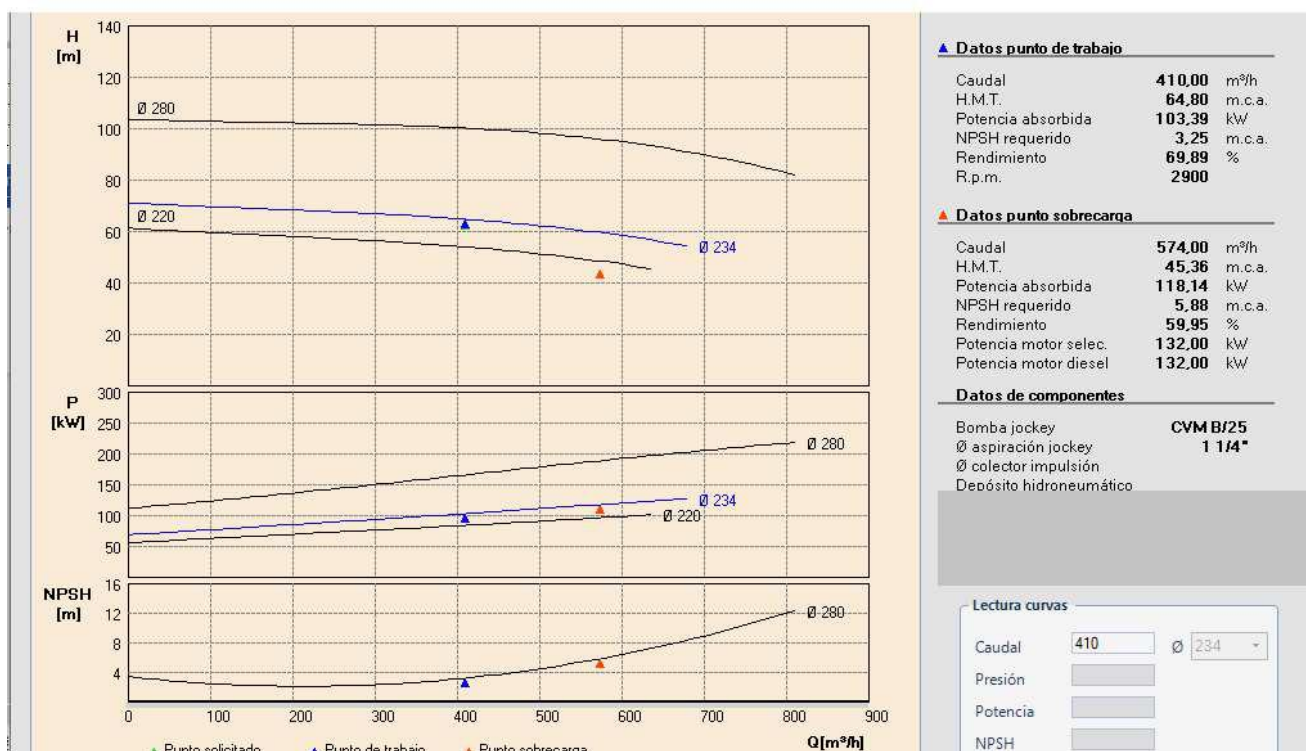


Ilustración 1.7.3.2-12 Curva H-Q grupo CI seleccionado

### 1.7.3.3 PUESTO DE CONTROL

Para la alimentación a los cuatro sistemas de anillos de agua pulverizada utilizaremos un colector de impulsión común en el que se instalarán los puestos de control independientes.

El colector de impulsión estará formado por una tubería ASTM A-106 Gr B, de 8" de diámetro y RAL-3000. Las uniones con las tuberías de impulsión individuales y con la aspiración será mediante bridas ANSI. Las especificaciones de tuberías y accesorios se especifican en el punto [1.7.5.4]

Para las tuberías aéreas que salen del colector utilizaremos tubería galvanizada, pero en este caso el diámetro según los cálculos hidráulicos realizados será de 6".

Los cuatro puestos de control serán de iguales características y tendrán los mismos accesorios y equipos. Utilizaremos un sistema de diluvio modelo TRIMPAC de Viking montado sobre válvula diluvio tipo E-1 y con válvula PORV, C-1.

TRIMPAC es un trim o conjunto de accesorios montado en fábrica con un dispositivo de actuación y un módulo de disparo eléctrico en una carcasa metálica. Dispone de puertas de acceso a las válvulas de prueba de alarma y de disparo de emergencia para permitir la operación manual de las válvulas. Lleva incorporados manómetros de presión de cebado y abastecimiento con ventanillas de observación para facilitar el control de las presiones de agua.

Se necesita un paquete de drenaje de válvula para la válvula de diluvio

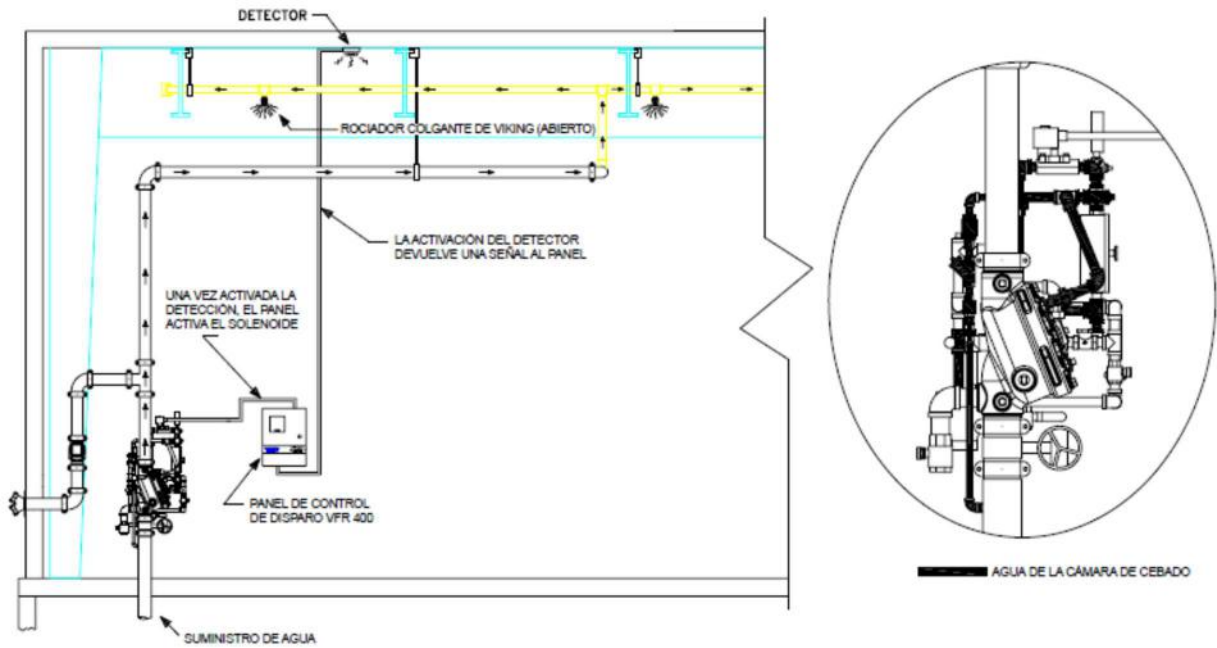


Figure 1.7.3.3-1 Esquema válvula diluvio

Cada puesto de control se compone de los siguientes elementos y accesorios.

### 1.7.3.3.1 VÁLVULA DE DILUVIO

Seleccionamos una válvula de diluvio del fabricante Viking, MODELO E-1 de diámetro 6". Se trata de una válvula de inundación y de apertura rápida, de diafragma y con una parte con posibilidad de movimiento.



Ilustración 1.7.3.3-1 Válvula Modelo E-1 Viking

La válvula de 6" tiene una pérdida de Carga de 10,1 m, expresada en longitud equivalente de una tubería de Schedule 40, considerando un coeficiente de Hazen Williams,  $C = 120$

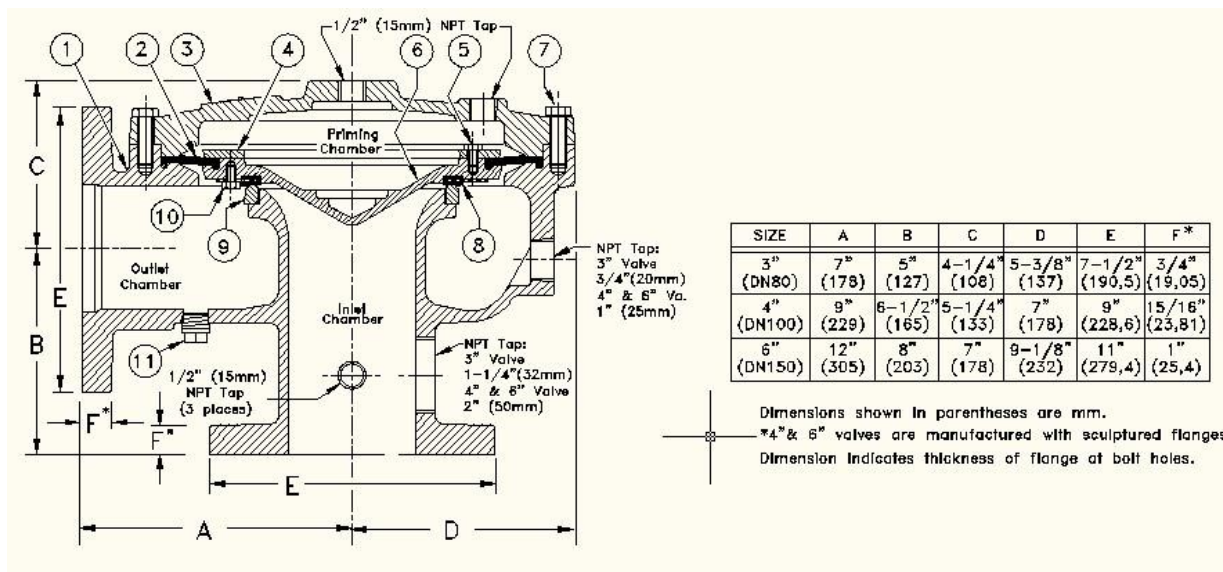
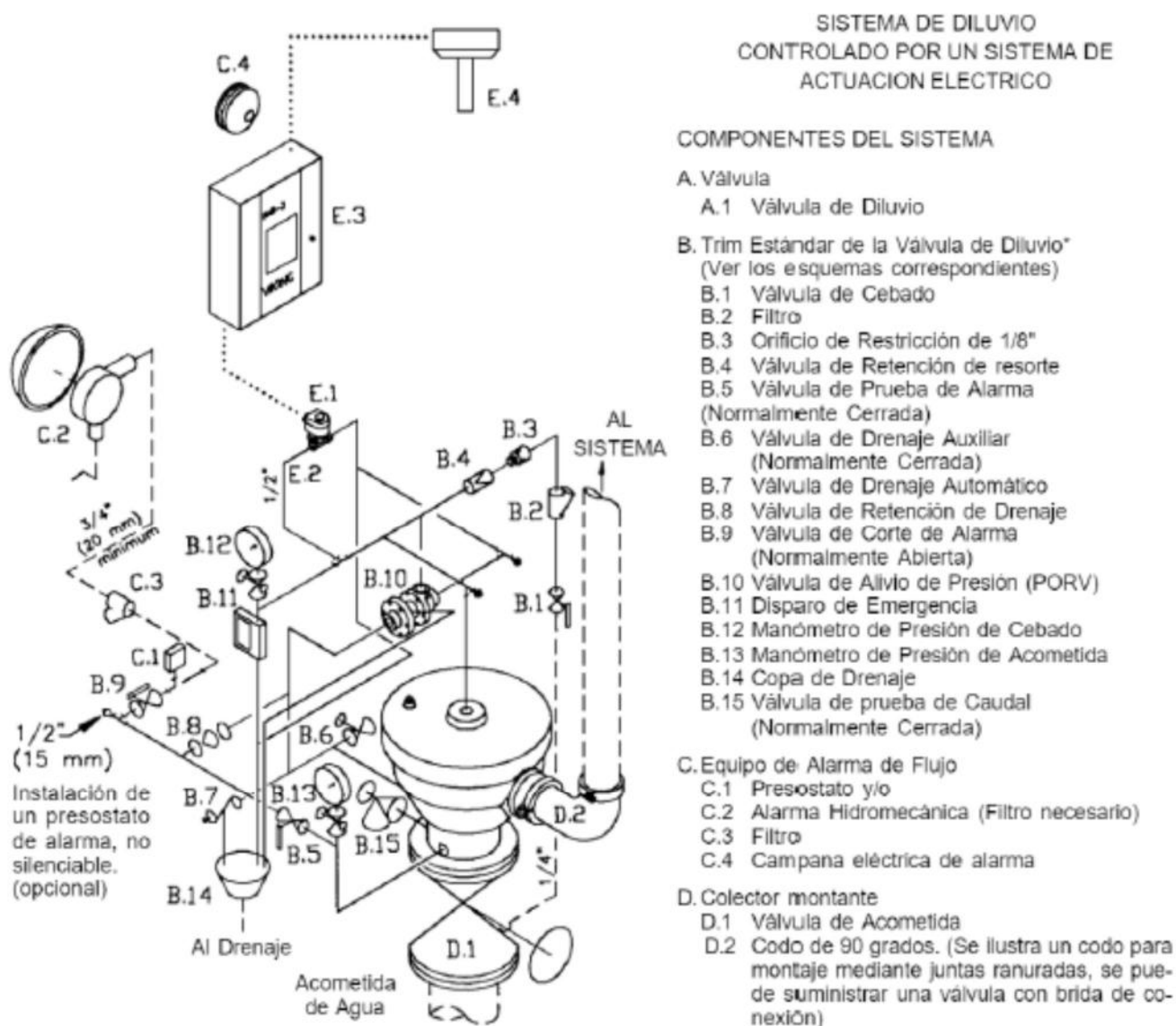


Ilustración 1.7.3.3-2 Dimensiones Válvula E-1

La utilizaremos para controlar el flujo de agua. Su funcionamiento ya lo hemos comentado en puntos anteriores.

Presenta las siguientes características:

- Cuerpo de Acero Dúctil 60-40-18
- Diafragma de goma EPDM
- Tapa de acero dúctil 60-40-18
- Tornillos de acero inoxidable
- Clapeta acero dúctil 65-45-12 recubierto de teflón
- Asiento de goma EPDM/Ac Inox UNS-S30400
- Configuración de los taladros según norma ANSI B16.1
- El diafragma y las juntas de goma pueden ser sustituidas in situ
- Pueden instalarse en distintas posiciones en función de la necesidad de la instalación
- Puede sustituirse sin necesidad de abrirla.
- La seleccionamos con accionamiento eléctrico.



--- Las líneas a trazos identifican tuberías necesarias pero no listadas en la Tabla "COMPONENTES DEL SISTEMA".

.... Las líneas de puntos identifica el cableado eléctrico del sistema de detección necesario pero no listado en la Tabla "Componentes del Sistema". Tomar como referencia los Datos Técnicos de los componentes utilizados para conocer necesidades adicionales de cableado.

\* Los conjuntos Viking de Trim para la Válvula de Diluvio, incluyen las posiciones B.1 a B.15 y los acoplamientos necesarios.  
El conjunto de Accesorios para el Trim Estándar de la Válvula de Diluvio, incluye las posiciones B.2 a B.5, B.7 a B.11 y B.14.

**Figura 1**

Ilustración 1.7.3.3-3 Sistema de Diluvio disparo eléctrico con TRIM



### 1.7.3.3.2 VÁLVULA C-1 PORV

La válvula E-1 lleva incorporado una válvula PORV (Pressure operated Relief Valve) modelo C-1, que pertenece específicamente al Trim de disparo cuando se utiliza reseteo o rearme automático de la válvula de diluvio. Su función es mantener la válvula de diluvio abierta y evitar que esta se cierre prematuramente. Es decir, la PORV se active cuando la válvula de diluvio debe abrirse y evita que ésta se cierre. Mientras la PORV esté activada se mantendrá una ventilación positiva de la cámara de presurización de la cámara de diluvio, evitando que ésta se rearme.



Ilustración 1.7.3.3-4 Válvula C1 (PORV)

### 1.7.3.3.3 TRIMPAC

Seleccionamos el trimpac modelo B-1, que contiene los elementos del trim de las válvulas de diluvio de Viking con actuación eléctrica.

Disponen de acceso a las válvulas de disparo de emergencia y cebado. Los manómetros de presión de cebado y de abastecimiento son visibles a través de las aberturas practicadas al efecto en el frente del armario.

Todos los elementos del trim quedan protegidos dentro del armario que se conecta a la válvula de diluvio mediante manguitos flexibles.

Como características principales destacamos:

- Armario: chapa acero de 1,5 mm pintado en rojo con polvo epoxi
- PORV: Cuerpo de latón, entrada y salida ½" NPT hembra
- Filtro: cuerpo de latón, entrada y salida ½" NPT
- Válvula de retención con muelle: Cuerpo de latón ½" NPT
- Válvula de retención de drenaje: Cuerpo de latón ½" NPT
- Manguitos de conexión: Cubiertos con malla flexible de acero inoxidable, con conectores de acero y teflón



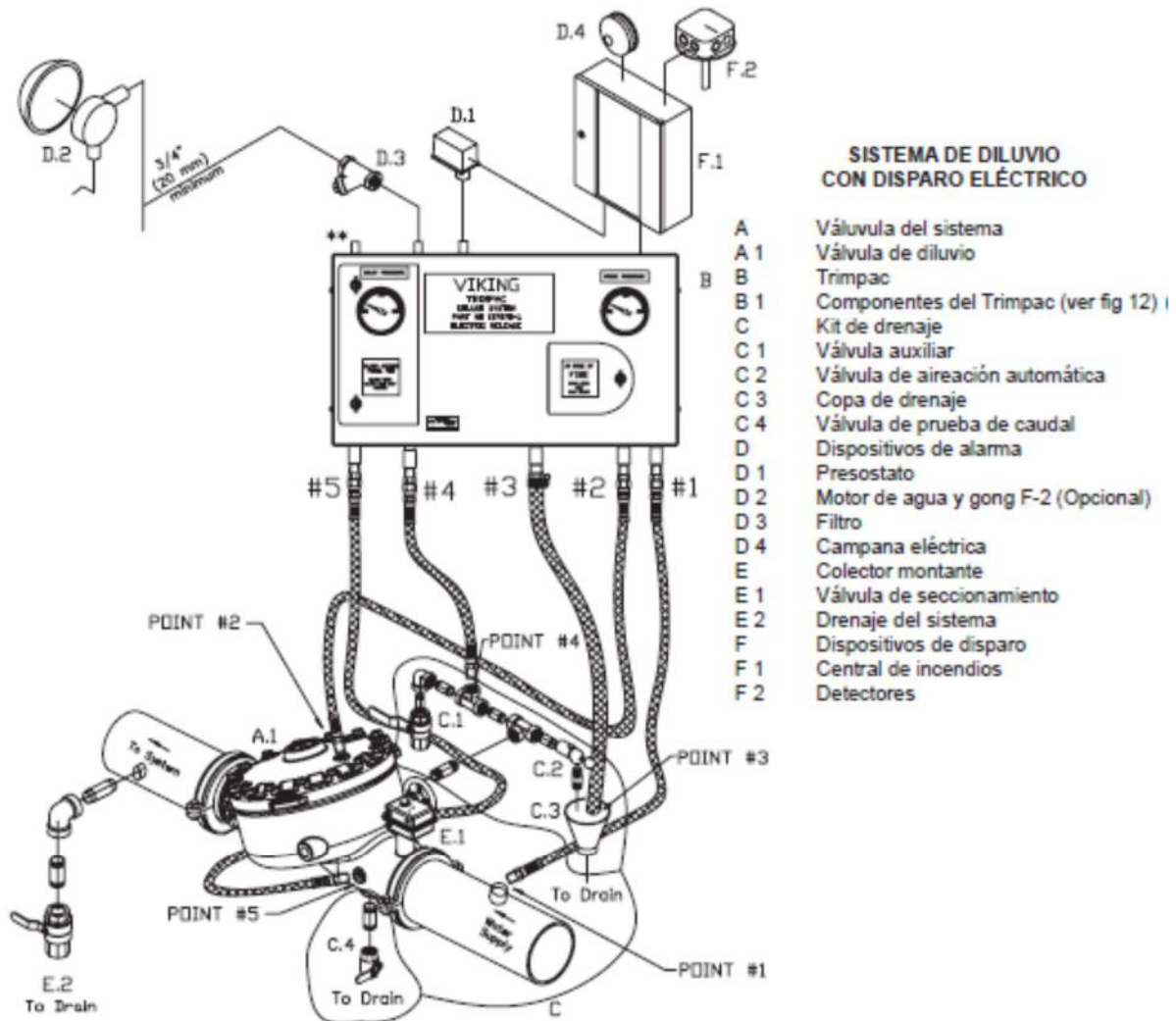


Ilustración 1.7.3.3-5 Sistema diluvio con disparo eléctrico. TRIMPAC para válvula 6" horizontal

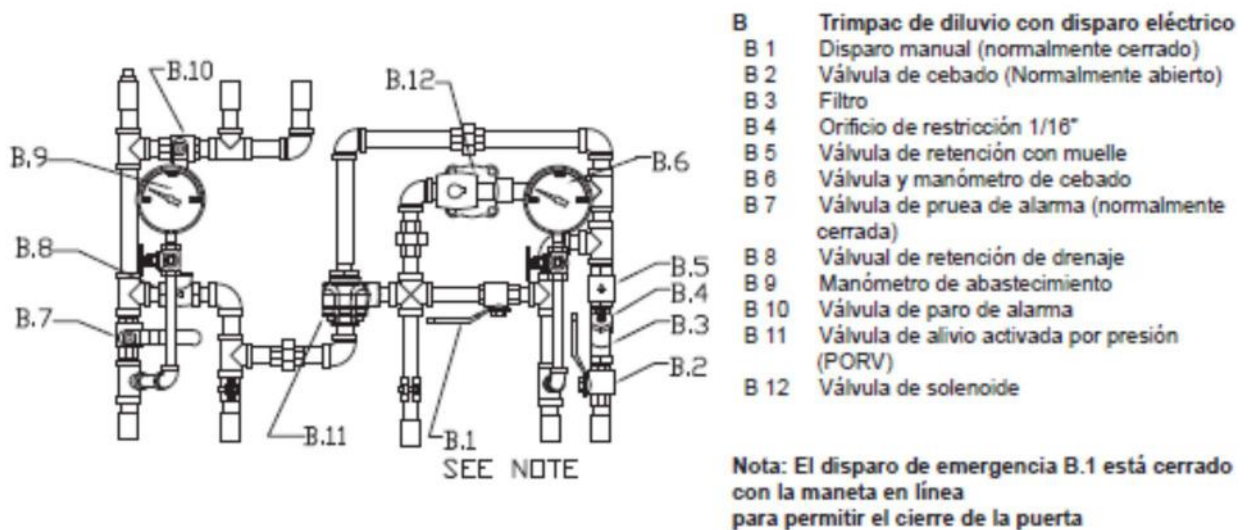


Ilustración 1.7.3.3-6 Componentes del Trimpac

### 1.7.3.4 RED DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS

Independiente de su norma de fabricación o dimensional, las tuberías se especifican en base a su diámetro nominal (DN), que es un valor aproximado. El diámetro nominal no se corresponde ni con el diámetro interior ni con el diámetro exterior, por lo que es necesario usar las tablas de dimensiones o los catálogos de los fabricantes para conocer estas dos dimensiones de forma exacta.

Los tipos de acero y los espesores de las tuberías dependen de las normas de fabricación, así por ejemplo normas como la EN 10216-1 o EN 10217-1, tienen un rango de espesores muy variable para cada diámetro nominal, otras como EN 10255 dispone de tres tipos de tuberías en función del espesor de la pared, P, M y L.

Por lo que a normas no europeas se refiere, tenemos ANSI/ASME B36.10M. como norma dimensional. En esta norma el espesor viene definido por el número de “Schedule” (SCH) de forma que, a mayor SCH, mayor espesor de pared. Las normas ASME correspondientes a los tipos de tubería usadas en instalaciones de protección contra incendios, son ASTM A106, A 53, A 795, A 135.

La normativa estatal no es muy clara en cuanto a la elección de calidades de tuberías. Si bien, según las normas de sistemas fijos de extinción de agua (UNE 23500 a UNE 23506), para la determinación de las tuberías se hace referencia a las normas UNE 19-045 y UNE 27-650. La primera de estas normas está derogada y la segunda hace referencia a construcción naval.

En la UNE EN-12845 solo se hace referencia a la elección de espesores mínimos según la normativa ISO de aplicación.

Adoptaremos lo indicado en la NFPA 15 en cuanto al criterio de selección de las especificaciones de la tubería.

Como resumen de todo lo anterior en la tabla siguiente hacemos un resumen para las tuberías definidas bajo la normativa europea, de los espesores de tuberías mínimos aceptables en función del tipo de tubería.

Tabla 1.7.3.4-1 Tabla espesores mínimos aceptables según norma utilizada

| Diámetro Nominal DN | Diámetro Rosca R | Diámetro exterior D (mm) | TUBOS ROSCADOS, RANURADOS POR CORTE O MAQUINADOS DE OTRA FORMA |                                | TUBOS CONFORMADOS SIN QUE SE REDUZCA SIGNIFICATIVAMENTE EL ESPESOR DE LA PARED (ESPESORES MÍNIMOS) |                                |              |              |
|---------------------|------------------|--------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------|--------------|
|                     |                  |                          | ISO 65M<br>(mínimo exigido)                                    | UNE-EN 10255w<br>UNE-EN 10255a | ISO 4200 gama D<br>(mínimo exigido)  | UNE-EN 10255w<br>UNE-EN 10255a | UNE-EN 10216 | UNE-EN 10217 |
| 10                  | 3/8              | 17,2                     | 2,3  | 2,3                            | 1,6  | 2,3                            | 1,6          | 1,6          |
| 15                  | 1/2              | 21,3                     | 2,6  | 2,6                            | 1,6  | 2,6                            | 1,8          | 1,8          |
| 20                  | 3/4              | 26,9                     | 2,6  | 2,6                            | 1,8  | 2,6                            | 1,8          | 1,8          |
| 25                  | 1                | 33,7                     | 3,2  | 3,2                            | 2,0  | 3,2                            | 2,0          | 2,0          |
| 32                  | 1 1/8            | 42,4                     | 3,2  | 3,2                            | 2,3  | 3,2                            | 2,3          | 2,3          |
| 40                  | 1 1/2            | 48,3                     | 3,2  | 3,2                            | 2,3  | 3,2                            | 2,3          | 2,3          |
| 50                  | 2                | 60,3                     | 3,6  | 3,6                            | 2,3  | 3,6                            | 2,3          | 2,3          |
| 65                  | 2 1/2            | 76,1                     | 3,6  | 3,6                            | 2,6  | 3,6                            | 2,6          | 2,6          |
| 80                  | 3                | 88,9                     | 4,0  | 4,0                            | 2,9  | 4,0                            | 2,9          | 2,9          |
| 100                 | 4                | 114,3                    | 4,5  | 4,5                            | 3,2  | 4,5                            | 3,2          | 3,2          |
| 150(*)              | 6                | 165,1                    | 5,0  | 5,0                            | ---  | 5,0                            | ---          | ---          |
| 150                 | 6                | 168,3                    | ---  | ---                            | 4,0  | ---                            | 4,0          | 4,0          |
| 200                 | 8                | 219,1                    | ---  | ---                            | 4,5  | ---                            | 4,5          | 4,5          |
| 250                 | 10               | 273                      | ---  | ---                            | 5,0  | ---                            | 5,0          | 5,0          |
| 300                 | 12               | 323,9                    | ---  | ---                            | 5,6  | ---                            | 5,6          | 5,6          |
| 350                 | 14               | 355,6                    | ---  | ---                            | 5,6  | ---                            | 5,6          | 5,6          |
| 400                 | 16               | 406,4                    | ---  | ---                            | 6,3  | ---                            | 6,3          | 6,3          |
| 450                 | 18               | 457                      | ---  | ---                            | 6,3  | ---                            | 6,3          | 6,3          |

Los diámetros de tuberías han sido calculados en el punto en el punto [2.6.2] Prediseño de tuberías, siguiendo los criterios de velocidades máximas admisibles de cada tramo según la normativa. Posteriormente los cálculos se han refrendado con el software de cálculo hidráulico utilizado, EPANET, y los resultados se muestran en el punto [2.7]

Tabla 1.7.3.4-2 Especificaciones de tuberías según NFPA 15

| <b>Materiales y dimensiones</b>   | <b>Norma</b>                         |
|---|--------------------------------------|
| <b>Tuberías ferrosas (soldadas y sin costura)</b>   |                                      |
| Tubería de acero inoxidable   |                                      |
| Especificación normalizada para tuberías de acero inoxidable sin costuras y soldadura auténtica   | <b>ANSI B 36.19 M<br/>ASTM A 312</b> |
| Especificación normalizada para tubería negra y tubería de acero soldada sin costura cubierta de cinc por inmersión en caliente (galvanizada). Para uso en protección contra incendios* | <b>ASTM A 795</b>                    |
| Especificación normalizada para tubería de acero, negra y cubierta de cinc por inmersión en caliente, Soldada y sin costuras*   | <b>ASTM A 53</b>                     |
| Tubería en acero forjado soldada y sin costuras.  | <b>ANSI B36.10 M</b>                 |
| Especificación normalizada para tubería de acero soldada por resistencia eléctrica.   | <b>ASTM A 135</b>                    |
| <b>Tubo de cobre (Estirado, sin costuras)</b>   |                                      |
| Especificación normalizada para tubería forjada de cobre sin costuras*  | <b>ASTM B 88</b>                     |
| Especificación normalizada para requerimientos generales para tubería forjada de cobre sin costuras y tubo de alineación de cobre.  | <b>ASTM B 251</b>                    |
| Especificación normalizada para metales de relleno con soldadura fuerte y soldadura de bronce (Clasificación BCuP-3 o BCuP-4)   | <b>AWS A5.8</b>                      |

El tipo de tubería seleccionado será tubería de acero al carbono negro, o galvanizado en caliente específicas para instalaciones de protección contra incendios según ASTM A795 hasta tuberías de 10". Será de tipo S, tubería sin soldadura, Schedule 40. También podremos utilizar indistintamente tubería ASTM 106 Gr B, de aplicación para altas temperaturas, pero de amplio uso en industrias para instalaciones de PCI y agua cuando se especifican tuberías de acero sin soldadura.

Para las tuberías húmedas, desde la salida de la aspiración del depósito hasta el puesto de control, hasta la válvula de diluvio, serán de acero negro.

Para las tuberías secas serán de acero galvanizado en caliente.

Indicamos la tabla de dimensiones, pesos y presiones de pruebas para tuberías estándar para protección contra incendios SCH 40. Estos datos serán utilizados en los cálculos para las pérdidas de carga por fricción.

Tabla 1.7.3.4-3 Especificaciones y dimensiones tubería ASTM A795 SCH 40

| NPS<br>(Nominal<br>Pipe Size) | Diámetro exterior |       | Espesor de<br>pared nominal |      | Peso tubería<br>extremos lisos |       | Peso tubería<br>roscada y uniones <sup>a</sup> |       | Presión de prueba |      |   |      |
|-------------------------------|-------------------|-------|-----------------------------|------|--------------------------------|-------|--|-------|-------------------|------|---|------|
|                               |                   |       |                             |      |                                |       |  |       | Soldada en horno  |      | Sin soldadura o<br>Soldada por resistencia<br>eléctrica |      |
|                               | in.               | mm    | in.                         | mm   | lb/ft                          | kg/m  | lb/ft  | kg/m  | psi               | Mpa  | psi   | Mpa  |
| 1"                            | 1,315             | 33,4  | 0,133                       | 3,88 | 1,68                           | 2,50  | 1,68   | 2,50  | 700               | 4,83 | 700   | 4,83 |
| 1 1/4"                        | 1,660             | 42,2  | 0,140                       | 3,56 | 2,27                           | 3,39  | 2,28   | 3,40  | 1000              | 6,89 | 1000  | 6,89 |
| 1 1/2"                        | 1,900             | 48,3  | 0,145                       | 3,68 | 2,72                           | 4,05  | 2,73   | 4,07  | 1000              | 6,89 | 1000  | 6,89 |
| 2"                            | 2,375             | 60,3  | 0,154                       | 3,91 | 3,66                           | 5,45  | 3,69   | 5,50  | 1000              | 6,89 | 1000  | 6,89 |
| 2 1/2"                        | 2,875             | 73,0  | 0,203                       | 5,16 | 5,80                           | 8,64  | 5,83   | 8,68  | 1000              | 6,89 | 1000  | 6,89 |
| 3"                            | 3,500             | 88,9  | 0,216                       | 5,49 | 7,58                           | 11,29 | 7,62   | 11,35 | 1200              | 8,27 | 1000  | 6,89 |
| 4"                            | 4,500             | 114,3 | 0,237                       | 6,02 | 10,80                          | 16,09 | 10,91  | 16,25 | 1200              | 8,27 | 1200  | 8,27 |
| 5"                            | 5,563             | 141,3 | 0,258                       | 6,55 | 14,63                          | 21,79 | 14,82  | 22,07 | B                 | B    | 1200  | 8,27 |
| 6"                            | 6,625             | 168,3 | 0,280                       | 7,11 | 18,99                          | 28,29 | 19,20  | 28,60 | B                 | B    | 1200  | 8,27 |
| 8"                            | 8,625             | 219,1 | 0,277                       | 7,04 | 24,72                          | 38,62 | 25,57  | 38,09 | B                 | B    | 1200  | 8,27 |
| 10"                           | 10,750            | 273,1 | 0,307                       | 7,80 | 34,27                          | 51,05 | 35,78  | 53,29 | B                 | B    | 1000  | 6,89 |

Para las tuberías enterradas que cruzan por debajo del vial hasta llegar a la ubicación de los transformadores utilizaremos tuberías de Polietileno de alta densidad (PEAD p HDPE), PE100, PN-16, con accesorios, valonas, bridas de conexión y soportes, soldados a tope.

Las uniones entre tuberías del tramo aéreo de los anillos serán ranuradas, las de distribución de agua, colector y acometidas serán soldadas y se utilizarán bridas para la instalación de accesorios.

Los diámetros y tipos de tuberías por cada tramo son los siguientes:

| TRAMO   | MONTAJE   | SISTEMA | TUBERÍA       | SCH  | TIPO           | CONEXIONES   | DN (mm) |
|---|-----------|---------|---------------|------|----------------|--------------|---------|
| ASPIRACIÓN BOMBA                              | AEREO     | HÚMEDO  | ASTM 106 Gr B | 40   | AC NEGRO       | BRIDAS/SOLDA | 300     |
| IMPULSIÓN BOMBA                               | AEREO     | HÚMEDO  | ASTM 106 Gr B | 40   | AC NEGRO       | BRIDAS/SOLDA | 250     |
| COLECTOR COMÚN                                | AEREO     | HÚMEDO  | ASTM 106 Gr B | 40   | AC NEGRO       | BRIDAS/SOLDA | 200     |
| PUESTOS DE CONTROL-HASTA VALV<br>DILUVIO      | AEREO     | HÚMEDO  | ASTM 106 Gr B | 40   | AC NEGRO       | BRIDAS       | 150     |
| PUESTOS DE CONTROL-DESPUÉS<br>VALVULA DILUVIO | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 150     |
| RAMALES ALIMENTACIÓN AP                       | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 125     |
| RAMALES ALIMENTACIÓN AP                       | ENTERRADO | SECO    | PEAD          | PN16 | POLIETILENO AD | VITAULIC     | 140     |
| ANILLO SUPERIOR                               | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 65      |
| RAMAL DEPOSITO ACEITE                         | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 50      |
| ANILLO INFERIOR                               | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 65      |
| RAMALES INFERIORES                            | AEREO     | SECO    | ASTM 106 Gr B | 40   | GALVANIZADO    | RANURADA     | 25      |

#### 1.7.3.4.1 SOPORTACION, VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Todos los soportes de tuberías usados en exteriores tienen que estar galvanizados interior y exteriormente para protegerlos de la corrosión. En los sistemas de agua pulverizada deben utilizarse accesorios roscados de fundición maleable para evitar el daño producido por el agua al golpear los accesorios vacíos y el movimiento del sistema al accionarse.







#### *1.7.3.4.1.2 VÁLVULAS COMPUERTA HUSILLO ASCENDENTE*

Todas las válvulas de compuerta serán de husillo ascendente, de acero inoxidable, ranurado para la instalación de un final de carrera. Las válvulas serán bridadas a partir de 4”.

Seleccionamos el modelo OF300F del fabricante Viking.

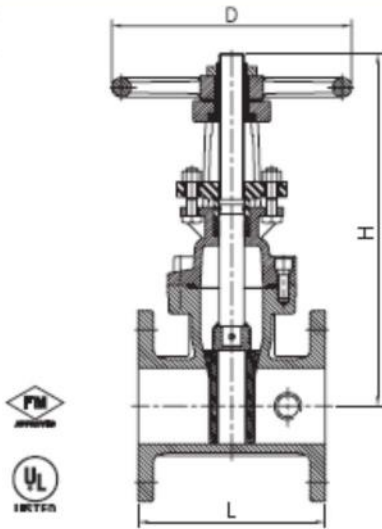
Las válvulas se actúan mediante un volante y cierran en el sentido de las agujas del reloj.

Se instalarán estas válvulas a la salida del depósito de abastecimiento, en las aspiraciones e impulsiones de los grupos de bombeo, en el colector y en los puestos de control, para realización del by-pass de la válvula de diluvio. Se instalarán de los diámetros según el tramo de tubería donde vayan instalados.

Las características técnicas de estas válvulas las indicamos a continuación.

Tabla 1.7.3.4-5 Válvulas compuerta

| Características técnicas  |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diámetros nominales:</b> 2 1/2"/DN65, 3"/DN80, 4"/DN100, 5"/DN125, 6"/DN150, 8"/DN200, 10"/DN250 y 12"/DN300.</li> <li>• <b>Datos de presión:</b><br/>Presión de trabajo: 300 psi (21 bar)</li> <li>• <b>Tipo de asiento:</b> Cuña elástica.</li> <li>• <b>Acabado:</b> Revestimiento epoxídico interior y exterior aplicado por fusión.</li> <li>• <b>Conexiones:</b> Diámetro y espesor de las bridas según norma ANSI B16.1 Clase 125. La disposición de los orificios de las bridas varía en función del número de referencia. Consulte la tabla de características físicas que sigue.</li> <li>• <b>Especificaciones:</b> Diseño y dimensiones según norma AWWA C509.</li> <li>• <b>Características:</b> Husillo de acero inoxidable ranurado en fábrica para facilitar la instalación de un interruptor de fin de carrera.</li> </ul> |  |




Válvulas de control

| Válvula de compuerta de husillo ascendente - OF300F |         |                         |              |              |             |             | Características físicas |                 |              |                  |
|---|---------|-------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------------------|-----------------|--------------|------------------|
| Diámetro nominal                                    |         | Dimensiones (mm / inch) |              |              |             | Referencia* |                         |                 |              | Masa (lbs / kgs) |
| pulg.   | Metrica | L                       | H (abierto)  | H (cerrado)  | D           | ANSI        | PN10                    | PN16            | Table E      |                  |
| 2 1/2"  | DN65    | 190.5 / 7.50            | 415 / 16.33  | 350 / 13.75  | 184 / 7.25  | OF300F-0250 | OF300F-0250PN           |                 | OF300F-0250E | 49 / 22.0        |
| 3"  | DN80    | 203 / 8                 | 480 / 18.90  | 400 / 15.75  | 254 / 10    | OF300F-0300 | OF300F-0300PN           |                 | OF300F-0300E | 66 / 30.0        |
| 4"  | DN100   | 229 / 9                 | 550 / 21.66  | 450 / 17.75  | 254 / 10    | OF300F-0400 | OF300F-0400PN           |                 |              | 69.6 / 31.6      |
| 5"  | DN125   | 254 / 10                | 655 / 25.80  | 530 / 20.90  | 305 / 12    | OF300F-0500 | OF300F-0500PN           |                 |              | 99.0 / 45.0      |
| 6"  | DN150   | 268 / 10.50             | 740 / 29.10  | 590 / 23.25  | 305 / 12    |             | OF300F-0600             |                 | OF300F-0600E | 104.3 / 47.3     |
| 8"  | DN200   | 292 / 11.50             | 930 / 36.60  | 730 / 28.75  | 356 / 14    | OF300F-0800 | OF300F-0800PN10         | OF300F-0800PN16 | OF300F-0800E | 193.6 / 87.8     |
| 10"   | DN250   | 330 / 13                | 1130 / 44.50 | 880 / 34.75  | 445 / 17.50 | OF300F-1000 | OF300F-1000PN10         | OF300F-1000PN16 | OF300F-1000E | 292.3 / 132.6    |
| 12"   | DN300   | 356 / 14                | 1320 / 52.0  | 1020 / 40.16 | 445 / 17.50 | OF300F-1200 | OF300F-1200PN10         | OF300F-1200PN16 | OF300F-1200E | 410.7 / 186.3    |

\* La disposición de los orificios para los tornillos de las bridas (medida, posición y diámetro de perforación) permite la adaptación a los siguientes tipos de brida:  
ANSI - ANSI B16.1 Clase 125      PN10 - DIN 2501, BS 4504, EN 1092 - PN10      PN16 - DIN 2501, BS 4504, EN 1092 - PN16      Table E - BS 10 1962 Table E

| OF300F                             |                                   | Materiales     |  |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|--|
| Descripción                        | Material                          | Especificación |  |
| Cuerpo                             | Hierro dúctil                     | A536 65-45-12  |  |
| Cuña                               | Hierro dúctil encapsulado en EPDM |                |  |
| Tuerca de disco                    | Acero inox                        | AISI 304       |  |
| Husillo                            | Acero inox                        | AISI 420       |  |
| Tapa                               | Hierro dúctil                     | A536 65-45-12  |  |
| Junta                              | EPDM                              | Comercial      |  |
| Empaquetadura                      | Grafito                           | Comercial      |  |
| Prensaestopas                      | Hierro dúctil                     | A536 65-45-12  |  |
| Tuerca                             | Bronce                            | ASTM B62       |  |
| Volante                            | Hierro dúctil                     | A536 65-45-12  |  |
| Tuerca de volante                  | Hierro dúctil                     | A536 65-45-12  |  |
| Tapón NPT                          | Latón                             | B16, C36000    |  |
| Tornillo y tuerca en prensaestopas | Acero inox                        | AISI 316       |  |
| Tornillo en tapa                   | Acero al carbono                  | A307 B         |  |




Las válvulas de cierre, seccionamiento o compuerta deben ser accionadas mediante volante con al menos dos vueltas completas al mismo para pasar de su apertura total al cierre total, al objeto de evitar golpes de ariete por cambios bruscos de flujo.

Si existen señales de supervisión eléctrica éstas deben ser recogidas en la central de incendios.

### 1.7.3.4.1.3 VÁLVULAS DE RETENCIÓN.

Se instalarán válvulas de retención en la impulsión de las bombas contra incendios, serán de clapeta partida doble DDC para instalación entre bridas. Seleccionamos Válvulas de PN16, para una presión máxima de trabajo de 21 bar.

Tabla 1.7.3.4-6 Válvula retención

| Válvula de retención de clapeta partida doble DDW – Entre bridas                  |         |                         |                                |         |              |  |
|---|---------|-------------------------|--------------------------------|---------|--------------|--|
|  |         | Presión de trabajo máx. | 16 bar (232 psi)               |         |              |  |
|   |         | Material (cuerpo)       | Fundición dúctil               |         |              |  |
|   |         | Tamaños                 | 2" (DN50) - 12" (DN300)        |         |              |  |
|   |         | Conexión                | Con bridas (tipo entre bridas) |         |              |  |
|   |         | Características         | Revestimiento epoxy            |         |              |  |
| Tamaño  | Tipo    | Referencia              | Tamaño                         | Tipo    | Referencia   |  |
| 2"/DN50   | PN10/16 | DDW-0200PN              | 6"/DN150                       | PN10/16 | DDW-0600     |  |
| 2-1/2"/DN65   | PN10/16 | DDW-0250PN              | 8"/DN200                       | PN10    | DDW-0800PN16 |  |
| 3"/DN80   | PN10/16 | DDW-0300PN              | 10"/DN250                      | PN10    | DDW-1000PN16 |  |
| 4"/DN100  | PN10/16 | DDW-0400PN              | 12"/DN300                      | PN10    | DDW-1200PN16 |  |
| 5"/DN125  | PN10/16 | DDW-0500PN              |                                |         |              |  |

El material del cuerpo será de fundición dúctil con revestimiento epoxy.

#### 1.7.3.4.1.4 FILTRO EN Y

Para el correcto funcionamiento de la instalación de extinción, debemos evitar la suciedad en la red de tuberías, para ello hay dos opciones fundamentalmente, o instalar filtros en las impulsiones de las bombas o a la entrada del puesto de control, o bien se puede instalar filtros en las boquillas pulverizadoras.

Optamos en esta ocasión por instalar un filtro de 8" a la entrada del puesto de control, su conexión se realizará mediante bridas.

El filtro está realizado de una fundición férrica.

Tabla 1.7.3.4-7 Filtro en Y

| Filtro en «Y» SFY- Con bridas   UL/FM   |         |                         |                         |                |              |  |
|---|---------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--|
|  |         | Aprobaciones            | UL, FM                  |                |              |  |
|   |         | Presión de trabajo máx. | 21 bar (300 psi)        |                |              |  |
|   |         | Material (cuerpo)       | Fundición férrica       |                |              |  |
|   |         | Tamaños                 | 2" (DN50) - 12" (DN300) |                |              |  |
|   |         | Conexión                | Con bridas              |                |              |  |
| Tamaño  | Tipo    | Referencia              | Tamaño                  | Tipo           | Referencia   |  |
| 2"/DN50   | ANSI    | YSF-0200                | 6"/DN150                | ANSI/PN10/PN16 | YSF-0600     |  |
| 2"/DN50   | PN10/16 | YSF-0200PN              | 8"/DN200                | ANSI           | YSF-0800     |  |
| 2-1/2"/DN65   | ANSI    | YSF-0250                | 8"/DN200                | PN16           | YSF-0800PN16 |  |
| 2-1/2"/DN65   | PN10/16 | YSF-0250PN              | 10"/DN250               | ANSI           | YSF-1000     |  |
| 3"/DN80   | ANSI    | YSF-0300                | 10"/DN250               | PN16           | YSF-1000PN16 |  |
| 3"/DN80   | PN10/16 | YSF-0300PN              | 12"/DN300               | ANSI           | YSF-1200     |  |
| 4"/DN100  | ANSI    | YSF-0400                | 12"/DN300               | PN16           | YSF-1200PN16 |  |
| 4"/DN100  | PN10/16 | YSF-0400PN              |                         |                |              |  |

El resto de los accesorios instalados se describirán en los detalles de los planos de la red de tuberías.

#### 1.7.3.4.1.5 SOPORTACIÓN.

Para el diseño de la soportación de las tuberías de PCI, nos basaremos en lo establecido en la norma UNE-EN 12845, y lo recomendado en la hoja técnica 2.0 de Factory Mutual que nos da los valores de los estándares de aprobación de FM para las cargas que deben soportar los anclajes y conjuntos de soportación.

En la norma UNE-EN 12845 solo se establecen generalidades en cuanto a la especificación de soportes, las referencias más notables en el documento al respecto son las siguientes:

- Los soportes se anclarán a estructuras del edificio o elementos estructurales

- Serán de uso exclusivo para las instalaciones de PCI
- Deben ser ajustables
- Deben rodear totalmente al tubo.
- Para tuberías verticales, deben tener el número de soportes adecuado para absorber los esfuerzos axiales.
- No deben utilizarse elementos con componentes combustibles, por ejemplo, no podrían utilizarse abrazaderas isofónicas si permitidas para tuberías de otro tipo de instalaciones hidráulicas.
- No se permiten distancias entre soportes mayores a 4 metros salvo situaciones especiales.
- Las siguientes tablas de la UNE 12845 muestran, las distancias y los requisitos mínimos de varillas y tacos a utilizar en los soportes en función del diámetro del tubo y de la carga soportada.

Tabla 1.7.3.4-8 Tabla requerimientos soportes

| Diámetro nominal de tubo ( $d$ )<br>mm | Capacidad mínima de carga a 20 °C<br>(véase la nota 1)<br>kg | Sección transversal mínima<br>(véase la nota 2)<br>mm <sup>2</sup> | Longitud mínima de tornillo del anclaje<br>(véase la nota 3)<br>mm |
|--|--|--|--|
| $d \leq 50$                            | 200  | 30 (M8)  | 30   |
| $50 < d \leq 100$                      | 350  | 50 (M10)   | 40   |
| $100 < d \leq 150$                     | 500  | 70 (M12)   | 40   |
| $150 < d \leq 200$                     | 850  | 125 (M16)  | 50   |

NOTA 1 Cuando el material se calienta a 200 °C, la capacidad portante no se debería deteriorar más del 25%.

NOTA 2 La sección transversal nominal de varillas roscadas se debería aumentar tal que la sección transversal mínima todavía se consiga.

NOTA 3 La longitud de los tornillos de anclaje depende del tipo usado y de la calidad y tipo de material en el que se han de fijar. Los valores dados son para hormigón.

Tabla 1.7.3.4-9 Dimensión mínima de varillas planas y abrazaderas de hierro

| Diámetro nominal de tubo ( $d$ )<br>mm | Varillas planas de hierro |                       | Abrazaderas de hierro |                       |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | galvanizadas<br>mm        | no galvanizadas<br>mm | galvanizadas<br>mm    | no galvanizadas<br>mm |
| $d \leq 50$                            | 2,5                       | 3,0                   | 25 × 1,5              | 25 × 3,0              |
| $50 < d \leq 200$                      | 2,5                       | 3,0                   | 25 × 2,5              | 25 × 3,0              |

Para la soportación se utilizarán materiales compatibles con las condiciones ambientales del entorno, en este caso serán perfiles de acero galvanizado en caliente, y serán tanto perfiles comerciales comprados a fabricantes, o prefabricados y tratados en taller y modificados en obra.

Si vamos a la nota técnica 2.0 de FM relativa a la soportación de tuberías nos encontramos con las siguientes indicaciones.

Para el diseño de la soportación hay que tener en cuenta las cargas que debe aguantar el soporte, para ello hay que hacer dos tipos de comprobaciones. Cálculo de la carga de lo que es el conjunto, y carga permitida del anclaje a la estructura, estos datos deberán ser tomados de las especificaciones del fabricante y tendrán que cumplir con lo especificado en la norma:

- El cálculo de la carga para el conjunto del soporte y del elemento estructural se basa en 2 veces el peso de la tubería llena de agua, usando un factor de seguridad igual o superior a 1 para el límite elástico y de igual o mayor a 1,25 para el límite de resistencia.
- En ningún caso la carga puntual será inferior a 170 kg



En la siguiente tabla se muestran las cargas de ensayo del estándar de aprobación de FM para los soportes de tuberías. Están basadas en una tubería de SCH 40, con una distancia entre soportes de 3,6 metros para tuberías hasta 11/4” y de 4,6 metros para tuberías de mayor diámetro.

Tabla 1.7.3.4-10 Cargas de ensayo S/FM Clase 1951-1952-1953

| Nominal Pipe Size |           | Pre-Load |        | Test Load |         |
|-------------------|-----------|----------|--------|-----------|---------|
| NPS (in.)         | (DN [mm]) | Lbf      | (N)    | Lbf       | (N)     |
| ¼                 | (20)      | 20       | (89)   | 340       | (1512)  |
| 1                 | (25)      | 30       | (133)  | 410       | (1824)  |
| 1 ¼               | (32)      | 45       | (200)  | 430       | (1913)  |
| 1 ½               | (40)      | 55       | (245)  | 520       | (2313)  |
| 2                 | (50)      | 80       | (356)  | 635       | (2825)  |
| 2 ½               | (65)      | 120      | (534)  | 940       | (4181)  |
| 3                 | (80)      | 175      | (778)  | 1060      | (4715)  |
| 3 ½               | (90)      | 200      | (890)  | 1255      | (5583)  |
| 4                 | (100)     | 250      | (1112) | 1475      | (6561)  |
| 5                 | (125)     | 350      | (1557) | 2000      | (8896)  |
| 6                 | (150)     | 475      | (2113) | 2615      | (11632) |
| 8                 | (200)     | 750      | (3336) | 3800      | (16903) |
| 10                | (250)     | 1120     | (4982) | 5855      | (26044) |
| 12                | (300)     | 1530     | (6808) | 7900      | (35141) |

Para las cargas mínimas del anclaje al elemento estructural se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para los medios de conexión y/o anclaje de los soportes se usará una carga puntual de 5 veces el peso de la tubería llena de agua, usando un factor de seguridad mayor o igual a 1 para la resistencia del elemento de anclaje
- En ningún caso la carga puntual será inferior a 340 kg

Para los distintos diámetros de tuberías tenemos los siguientes datos de ensayo de puntos de anclaje de las tuberías.

Tabla 1.7.3.4-11 Ensayos de carga para puntos de anclaje a estructura

| Nominal Pipe Size |                 | Minimum Rod Size |          | Pre-Load |        | Test Load |         |
|-------------------|-----------------|------------------|----------|----------|--------|-----------|---------|
| NPS (in.)         | (DN [mm])       | In.              | (Metric) | Lbf      | (N)    | Lbf       | (N)     |
| ¼ - 4             | (20 - 100)      | 3/8              | (M10)    | 250      | (1112) | 1475      | (6561)  |
| 5, 6, 8           | (125, 150, 200) | 1/2              | (M12)    | 750      | (3336) | 3800      | (16903) |
| 10, 12            | (250, 300)      | 5/8              | (M16)    | 1530     | (6808) | 7900      | (35141) |

Si el anclaje a la estructura se realiza mediante tacos, de pólvora o químico, se usará una carga puntual de 10 veces el peso de la tubería llena de agua.

- Para la soportación de los ramales de acometida a los de los transformadores, anclaremos directamente los soportes a los muros de hormigón cortafuegos. Utilizaremos perfiles de acero galvanizado en caliente directamente anclados a la pared mediante tacos M10. Se utilizarán abrazaderas para sujeción del tubo de 4”.

Calculamos una aproximación de la resistencia por soporte para los siguientes datos:

- Diámetro nominal: 100 mm
- Tubería llena de agua con carga aprox  $G' = 0,23 \text{ kN/m}$
- L = Distancia entre soportes de 2,5 metros para este tramo.

- $S = \text{coef seguridad} = 1,25$

$G_{teorica} = G \cdot L \cdot S = 0,72 \text{ KN por soporte.}$

- b) Para la soportación de los anillos se instalarán unos perfiles metálicos anclados a la solera de hormigón, sobre los que fijarán los perfiles metálicos en ménsula.  
Como los anillos están a distintos niveles de altura, se pondrá en cada barra, 3 perfiles metálicos en ménsula para el lado donde está el anillo superior, inferior y la protección del depósito, y 2 perfiles metálicos a distinto nivel para el resto de lados.  
Los soportes verticales se realizarán con barras de acero galvanizado de 4", ancladas al suelo mediante placa base 250x250x10 con 4 pernos de M12 x 120 mm de longitud.  
En los laterales donde existen los muros cortafuegos, esta barra soporte se unirá mediante perfil metálico a la estructura de hormigón para proporcionar mayor rigidez al conjunto.

Para las ménsulas utilizaremos perfiles angulares de 80 con tornillos M10 para su fijación a la pared de hormigón, o al tubo de 4", en este caso se utilizará una unión abarconada con tornillería M10.

Los perfiles en ménsula podrán reforzarse haciendo configuraciones en escuadra.

Las tuberías igualmente se fijarán a los soportes mediante abarcones de 3 y 4" en cada caso

Los detalles de soportación de los distintos tramos de tuberías y detectores se podrá ver en los planos correspondientes.

#### 1.7.3.4.2 PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES

El RD 337/2014 por el que se modifica El Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y sus instrucciones técnicas complementarias, especifica en la ITC MIE-RAT-13 la necesidad de poner a tierra los elementos metálicos que discurren cerca de los transformadores de potencia. En concreto se especifica, que se deberá incluir en la red de tierras de protección, las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pudiendo estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas o sobretensiones.

La red de tuberías y soportes utilizados para los anillos deberán por tanto estar puestos a las tierras de servicio. Debe prestarse especial atención a que se asegure la continuidad eléctrica, ya que ésta, al existir en la red de tuberías uniones con juntas de estanqueidad de goma, puede verse interrumpida.

Adicionalmente, si los elementos, como sucede con las tuberías, salen del recinto de los transformadores, éstas deben conectarse a la red de tierras de protección en varios puntos.

Se deberá comprobar si estos elementos pueden transferir al exterior tensiones peligrosas, en cuyo caso, deberán tomarse las medidas necesarias para evitarlo mediante la utilización por ejemplo de juntas aislantes u otras medidas si fuera necesario.

### 1.7.3.5 SISTEMA DETECCIÓN AUTOMÁTICA Y ALARMA

#### 1.7.3.5.1 GENERALIDADES

La norma UNE 23007-14:2014 proporciona los criterios para planificación, diseño, instalación y puesta en marcha, uso y mantenimiento de sistemas de detección y alarma de incendio.

La norma UNE-EN 54-1, describe los componentes de los sistemas de detección y alarma de incendio, sujetos al cumplimiento de este reglamento.

La compatibilidad de los componentes del sistema se verificará según lo establecido en la norma UNE-EN 54-13. UNE 23007-14 y UNE-EN 54-13 (Sistemas de detección y alarma de incendio).



Por otra parte, con respecto a los productos que integren estas instalaciones, deberán cumplir con los requisitos que les apliquen en cada caso (Los requisitos específicos de cada producto pueden aparecer detallados en el presente Reglamento, y/o en otros lugares como, por ejemplo, en Directivas o Reglamentos Europeos relativos al mercado CE).

El sistema está compuesto por:

- El equipo de suministro de alimentación (e.s.a.) deberá llevar el marcado CE, de conformidad con la norma EN 54-4, adoptada como UNE 23007-4.
- Dispositivos para la activación automática de alarma de incendio, esto es, detectores de calor puntuales, detectores de humo puntuales, detectores de llama puntuales, detectores de humo lineales y detectores de humos por aspiración, de que se dispongan, deberán llevar el marcado CE, de conformidad con las normas UNE-EN 54-5, UNE-EN 54-7, UNE-EN 54-10, UNE-EN 54-12 y UNE-EN 54-20, respectivamente.
- Dispositivos para la activación manual de alarma de incendio, es decir, los pulsadores de alarma, deberán llevar el marcado CE, de conformidad con la norma EN 54-11.
  - Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 m. Los pulsadores se situarán de manera que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm. y 120 cm.
  - Los pulsadores de alarma estarán señalizados conforme indica el anexo I, sección 2ª del presente reglamento.
- Los equipos de control e indicación (e.c.i.) deberán llevar el marcado CE, de conformidad con la norma EN 54-2, adoptada como UNE 23007-2. El e.c.i. estará diseñado de manera que sea fácilmente identificable la zona donde se haya activado un pulsador de alarma o un detector de incendios.

Tanto el nivel sonoro, como el óptico de los dispositivos acústicos de alarma de incendio y de los dispositivos visuales (incorporados cuando así lo exija otra legislación aplicable o cuando el nivel de ruido donde deba ser percibida supere los 60 dB(A), o cuando los ocupantes habituales del edificio/establecimiento sean personas sordas o sea probable que lleven protección auditiva), serán tales que permitirán que sean percibidos en el ámbito de cada sector de detección de incendio donde estén instalados.

Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 m. Los pulsadores se situarán de manera que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm. y 120 cm.

El sistema de comunicación de la alarma permitirá transmitir señales diferenciadas, que serán generadas, bien manualmente desde un puesto de control, o bien de forma automática, y su gestión será controlada, en cualquier caso, por el e.c.i.

Cuando las señales sean transmitidas a un sistema integrado, los sistemas de protección contra incendios tendrán un nivel de prioridad máximo.

#### 1.7.3.5.2 SOLUCION ADOPTADA

Detallamos el sistema de detección y alarma para el conjunto de transformadores, establecido en base a la norma UNE-EN 23007, y teniendo en consideración lo indicado en el RSCIEI.

La norma NFPA 72 complementa la norma UNE-EN 230007, ya que cubre ciertos aspectos no incluidos en la norma, y que pueden ser considerados en el diseño.

Cada habitáculo de cada transformador será considerado como una zona de detección, de esta forma se puede identificar y determinar de forma rápida el origen de la alarma. Cada habitáculo tiene un área de aproximadamente 182 m<sup>2</sup>

- Detectores térmicos compensados IP 65
- Armarios de poliéster con puerta opaca y p/p de bornas, canalizaciones y prensaestopas.
- Módulos para recogida de señales de finales de carrera de válvulas y de bypass, supervisión fuentes de alimentación y pulsadores de disparo diluvio, presostato, activación de electroválvula de puesto de diluvio, activación de carteles de extinción disparada junto a transformador...
- Tubo de acero electro galvanizado sin soldaduras con uniones roscadas y/o canalización de bandeja para conducciones eléctricas, incluida p/p de accesorios, cajas de conexión, material eléctrico necesario y soportación. Tubo de PVC enterrado entre puestos de diluvio y salida junto a transformador.
- Cable LH, RF, trenzado, apantallado y bajo tubo para conexión de nuevos módulos y detectores analógicos, señales del nuevo puesto de diluvio y pulsador de extinción, además de la línea de 24V de alimentación de carteles de extinción disparada.
- Pulsadores de disparo para activación de extinción junto a puestos de diluvio.
- Pulsador de disparo para activación de extinción junto a central ID-3000.
- Paneles de extinción disparada, luminoso y sonoro.
- Fuentes de alimentación
- Cajas de conexiones de aluminio anodizado.

Según la norma NFPA 72 podemos clasificar la instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación según la siguiente tabla:

| Grupo   | Subgrupo | Condición  | Tipo de detector                     | Ubicación   |
|---------|----------|--|--------------------------------------|---|
| R       | R-2      | Para edificios de mas de 7 pisos   | Automáticos de humo y alarma sonora  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasillos, escaleras y espacios comunes de circulación.</li> <li>• Espacios residenciales para la cocina.</li> <li>• Zonas de almacenamiento cuya superficie total sea mayor de 50 m<sup>2</sup></li> <li>• Zonas comunes tales como salas de reunión, de juegos, de deportes etc.</li> </ul> |
|         | R-3      | Para edificios de mas de 5 pisos   |                                      |   |
| I       | I-2      | En cualquier caso  | Automáticos de humo y alarma sonora  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ubicará pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, zonas de circulación y en las diferentes dependencias del hospital.</li> <li>• En las zonas de hospitalización</li> </ul>  |
| C, I, A | C-1      | Zonas de alto riesgo   | Térmicos y/o de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendios y repartidos adecuadamente.</li> </ul>  |
|         | C-2      |  |                                      |   |
|         | I-4      |  |                                      |   |
|         | I-5      |  |                                      |   |
|         | A-1      |  |                                      |   |
|         | A-2      |  |                                      |   |
| I, L    | I-3      | Si la superficie total construida es mayor de 5.000 m <sup>2</sup> ó más de tres (3) pisos | Térmicos y/o de humo y alarma sonora | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dispondrán pulsadores manuales en el interior de los locales de edificaciones clasificadas en las categorías de riesgo I y II.</li> <li>• No será necesario la utilización de detectores térmicos o de humo cuando exista una instalación de rociadores automáticos de agua.</li> </ul>   |
|         | L-1      |  |                                      |   |
|         | L-2      |  |                                      |   |
|         | L-3      |  |                                      |   |
|         | L-4      |  |                                      |   |
|         | L-5      |  |                                      |   |

Tabla 1.7.3.5-1 Requerimientos sistema Detección según NFPA 72

El grupo que más se asimila a nuestro caso sería el grupo C, I, A el cual permite la colocación de detectores térmicos y obliga a la ubicación de pulsadores manuales de alarma de incendios, adecuadamente repartidos.

### 1.7.3.5.3 PARTES DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA

- a) INICIADORES. Son los dispositivos que se encargan de enviar al panel la señal de alarma para activar el sistema de notificación, es decir, si se detecta una emergencia de incendio estos dispositivos serán quienes indique al panel que se deben iniciar las alarmas y el sistema de notificación auditivo y/o visual. Dentro de este grupo de dispositivos se encuentran todos los tipos de detectores y los pulsadores o estaciones manuales de alarma activadas por los usuarios, también están los módulos de monitoreo programados en modo alarma



Ilustración 1.7.3.5-1 Elementos Sistema. Iniciadores

- b) Notificación. Son todos los dispositivos que anuncian la emergencia a los ocupantes por medio visual o sonoro, mediante sirenas, cornetas, campanas, timbres, audios de voz...



Ilustración 1.7.3.5-2 Elementos Sistema. Notificación

El sonido de estos elementos se atenúa a medida que aumenta la distancia desde la fuente.

- c) Panel de control de Alarmas de incendios. Son los equipos que reciben todas las señales de los dispositivos anteriores y controlan la activación de alarmas, apertura/cierre de válvulas. Recogen todas las señales informativas de los elementos del sistema



Ilustración 1.7.3.5-3 Elementos Sistema. Panel de control

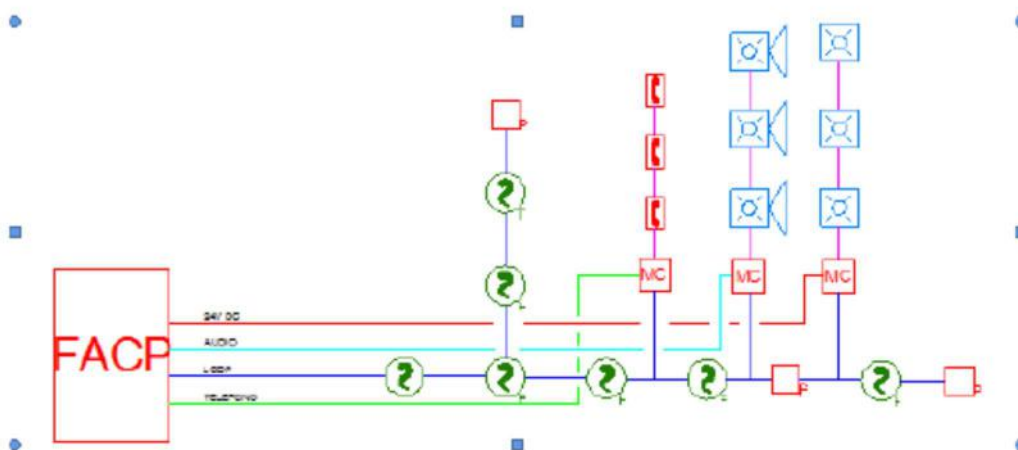


Ilustración 1.7.3.5-4 Esquema tipo sistema detección y alarma

#### 1.7.3.5.4 DISEÑO INSTALACIÓN DETECCIÓN Y ALARMA

##### 1.7.3.5.4.1 DETECTORES. UBICACIÓN Y SELECCIÓN.

Para la activación del sistema de extinción utilizamos detectores térmicos compensados, fabricados a prueba de explosión, y para ubicación en exteriores, con grado de protección IP 65. Además, se instalarán con placas de retención de calor, para atrapar el calor producido por un fuego y acelerar la activación de la extinción.

Este tipo de detectores DAF (Detec-A-Fire) detectan la temperatura del aire circundante independientemente de la velocidad de expansión del incendio y mediante la tecnología de compensación del gradiente térmico, el sistema activa la alarma precisamente en el punto de peligro predeterminado.

El fabricante seleccionado es FENWAL, y los detectores presentan las siguientes características:

- La vaina externa está compuesta por un revestimiento de una aleación especial que facilita una rápida expansión del elemento permitiendo de esta forma supervisar continuamente la variación de temperatura ambiental que le rodea.

- El núcleo interno está formado por unos tirantes (compuestos de una aleación que se expande con mayor lentitud diseñados para resistir la absorción de energía térmica, están sellados en el interior de la vaina, estos tirantes (travesaños) internos siguen los cambios de temperatura más lentamente.
- Una expansión lenta del incendio hace que se caliente la vaina externa y los tirantes (travesaños) internos conjuntamente, es decir todos los sensores que componen el elemento, de esta forma la unidad disparará la alarma a un determinado nivel de calor (temperatura predefinida en el sensor).
- Una corriente de aire con temperatura transitoria de 40°F (4,4°C) por minuto puede expandir la vaina, pero no es lo suficiente para activar la alarma. Al ignorar estos límites de variaciones de aire caliente transitorios, la unidad DAF elimina virtualmente gran parte de las falsas alarmas prevalecientes en los detectores de gradiente térmico.
- En el caso de un rápido aumento de la temperatura, dará como resultado la rápida expansión de la vaina exterior que provocará que los tirantes (travesaños) que forman el núcleo interno se cierren, activando así el contacto de alarma. Cuanto mayor sea la tasa de aumento de calor (fuego), más rápidamente reaccionará el sensor.



Ilustración 1.7.3.5-5 Detector Fenwal

Para la colocación de los detectores se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El fuego generado por este tipo de combustible (aceite) es un fuego con una fuerte generación de calor y desarrollo rápido. Los detectores se colocarán perimetralmente alrededor del transformador para detectar el calor producido en el mismo con una temperatura de alcance de 107 °C.
- Se han colocado dos detectores encima del depósito de aceite del transformador de potencia para detección por su incremento de calor por anomalía de funcionamiento del transformador de potencia.
- El resto de los detectores, para cubrir toda la zona, están colocados alrededor del transformador, quedando dos delante de la aspiración del transformador, y los cuatro restantes repartidos de forma equidistante para cubrir todo el área.
- Si bien los detectores térmicos colocados frente a la extracción podrían producir un retraso en la detección para un fuego bajo el extractor, también hemos colocado unidades en el lado de expulsión de aire del extractor, que si detectaría el calor antes, al expulsar el aire caliente hacia los detectores. Además, al pasar el aire por radiador lo detectaría antes que si no lo estuviese.

Los situaremos de forma que respondan rápidamente a un incendio, liberación de gases inflamables o cualquier otra condición de diseño.



El sistema de detección tiene que ser capaz de detectar un incendio hasta la altura del más alto nivel del equipo protegido.

En el caso de que tengamos dos o más sistemas de agua pulverizada adyacentes en un área controlada por sistemas de detección separados, los detectores de cada sistema deben separarse independientemente como si la línea divisoria entre los sistemas fuera una pared o similar.

Utilizaremos 8 detectores FENWAL por cada transformador, colocados según el siguiente esquema, y repartidos en dos lazos distintos, de forma que se necesitaría la activación de un detector de cada lazo para la confirmación de la orden de apertura de la válvula de diluvio, detección cruzada.

La instalación de estos se realiza mediante emplazamiento en una caja de aluminio inyectado con grado de protección IP-65, el conexionado de los mismos se realiza a través de esa caja de derivación y por medio de canalización metálica de acero galvanizado de diámetro M-20, con accesorios para su montaje que garantizan el grado de protección indicado. Para su situación dentro de los transformadores se utilizan soportes de perfil L45x5 mm y una caja metálica de 250x250x2 mm realizados en acero laminado y galvanizado de 1,5 mm de espesor. Aprovecharemos los propios soportes de los anillos o incluso la propia tubería para su instalación.

La inclinación de los soportes está comprendida entre los 5 y 30°.

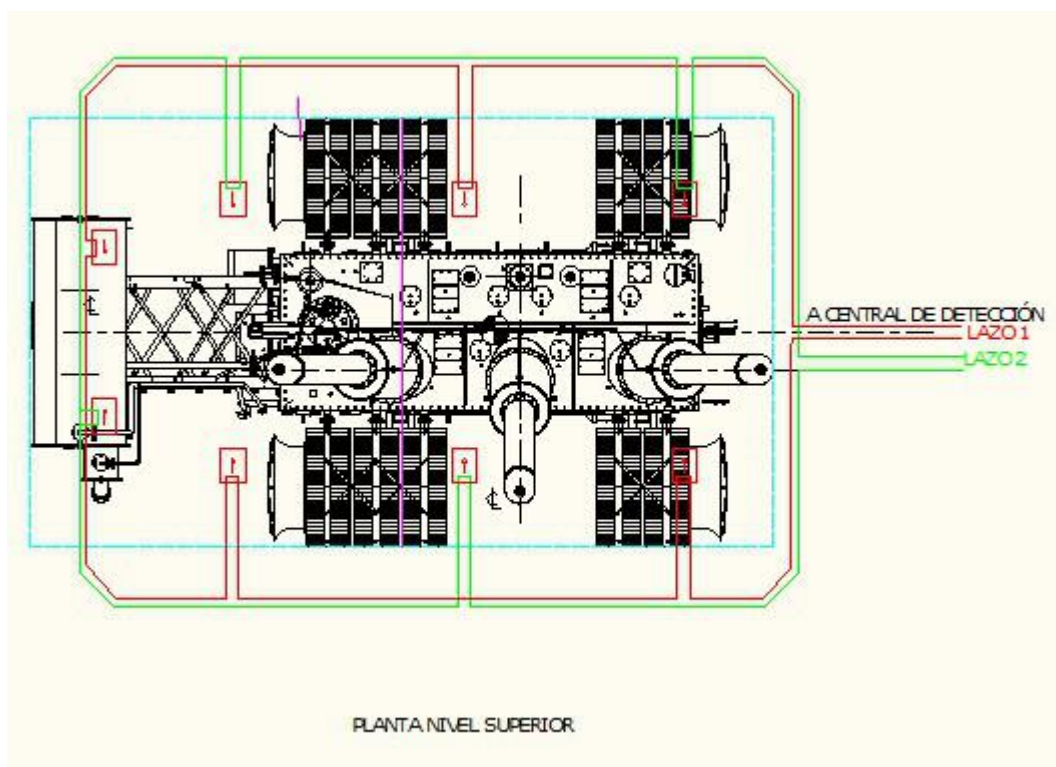


Ilustración 1.7.3.5-6 Implantación detectores en transformador

#### 1.7.3.5.5 CENTRALITA

Según lo establecido en el punto 6.7 de la UNE EN 23007-14, el equipo de control e indicación se ubicará preferiblemente en zona donde haya personal permanentemente, como esto no es posible, se colocará una centralita en la caseta del grupo contra incendios y se utilizarán paneles repetidores para el aviso a los bomberos.



La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias de la norma, existiendo un sistema de baterías debidamente dimensionado, para que, en caso de fallo del suministro de red, el sistema puede mantenerse en funcionamiento durante un periodo de 72 horas como mínimo, tras el cual debe quedar capacidad para alimentar la carga de alarmas durante 30 minutos como mínimo.

Para el sistema de control y gestión de la detección de incendios y activación de los sistemas de extinción se utilizará una centralita que recoja todas las señales necesarias para el correcto funcionamiento del Sistema, incluyendo:

- Estados de diferentes elementos (nivel deposito, estados alarmas equipos, estados abierto/cerrado válvulas, estados on/off bombas...
- Señales actuación Sistema, ya sea en automático por orden del Sistema de detección o en manual, mediante la activación de la válvula diluvio, activación de los pulsadores manuales, arranque en manual de los grupos de bombeo...
- Recogida de todas las señales de los cuadros de control de bombas y del TRIM del Sistema de Diluvio

La centralita recogerá todas las señales de entrada y salida tanto analógicas como digitales del Sistema de extinción y detección y estará ubicada en la sala del grupo de bombeo. A su vez estará interconectada mediante fibra con la centralita de incendios general de la planta.

Seleccionamos una centralita del fabricante NOTIFIER modelo ID 3000 que presenta las siguientes características.

- Central modular microprocesada analógica y algorítmica para la detección y alarma de incendio que monitoriza y controla individualmente los elementos del sistema.
- Dispone de 2 lazos ampliables, cada lazo puede controlar un máximo de 99 detectores analógicos inteligentes, más 99 módulos monitores (entrada) o de control (salida), individualmente por lazo
- Pantalla gráfica de cristal líquido LCD de 240 x 64 pixeles.
- Fabricación bajo los requerimientos de la norma EN54/14 en cuanto a capacidad y autonomía del sistema.
- Alimentación 230 Vac
- Tensión de salida 26...28 Vcc
- Corriente en alarma 3 A
- Salida del lazo analógico 22,5...26,4 Vcc
- IP 30
- 

#### 1.7.3.5.6 PULSADORES, SIRENAS Y OTROS ELEMENTOS

El Sistema necesita además de los detectores para la activación automática de la extinción, otros elementos para activación manual del Sistema y avisar de la existencia del incendio.

Para cada puesto de control tendremos los siguientes elementos

- Módulo de 10 entradas direccionables supervisadas de Notifier modelo NFXI-MM10
  - Se han previsto las siguientes Entradas: Presostatos, pulsadores, entradas Finales de Carrera Válvulas, entradas Detectores y Fuente de Alimentación
- Módulo de 6 salidas direccionables modelo SC-6 para electroválvulas activación diluvio y sirena.
- Pulsadores. Se instalará por cada sistema de diluvio 1 pulsador para la activación de la extinción y otro al lado de la central. Se ha previsto un pulsador de alarma IP 67 modelo W5A-RP02SG-N026-

41 de Notifier, y el modelo W3A-Y000SG-K013-65 para los pulsadores de extinción IP 65 con caja Amarilla.

- Panel de Extinción Disparada, Luminoso y Sonoro. Se instalará un panel de extinción óptico – acústico a situar en el colector de las válvulas de diluvio. Se adoptará un Letrero luminoso y sonoro con leds IP65 modelo de Notifier.
- Sirena convencional

### 1.7.3.5.7 SEÑALES A DISTANCIA

#### 1.7.3.5.7.1 CUADROS DE ARRANQUE Y CONTROL DE LAS BOMBAS.

Se debe disponer de contactos, conmutados libres de tensión en bornas, indicativos de los siguientes estados de forma independiente:

- Falta de tensión
- No automático
- Fallo de arranque/no hay presión
- Alarma agrupada por avería del sistema de bombeo, fallo en el controlador
- Orden de arranque
- Bomba en marcha con presión
- Las señales acústicas deben tener nivel sonoro no inferior a 75 Db

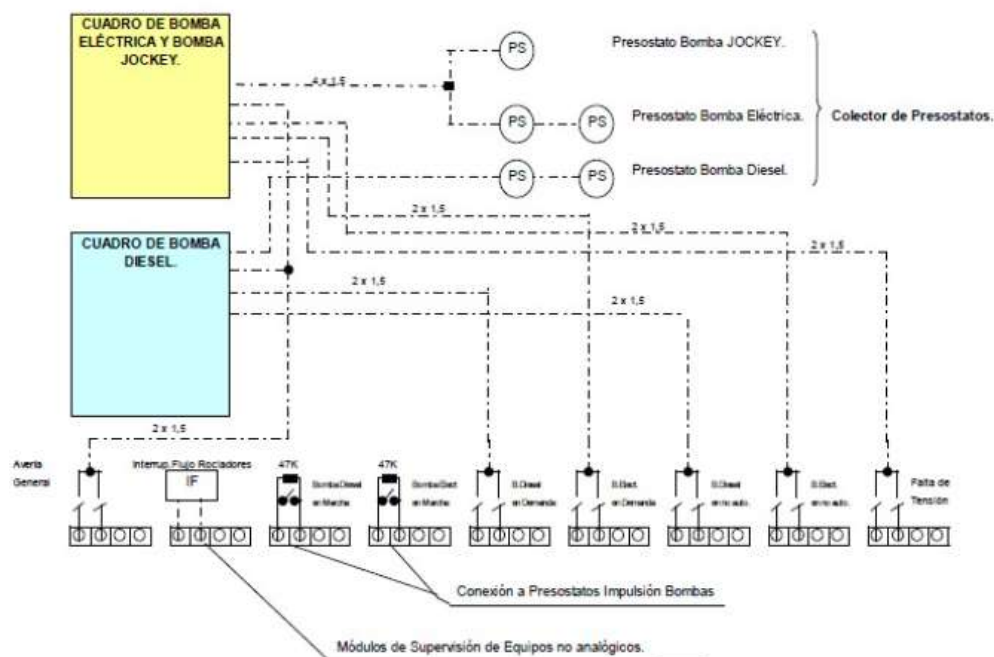


Ilustración 1.7.3.5-7 Supervisión de señales sala de bombas S/ UNE 23500

#### 1.7.3.5.7.2 SEÑALES DEL PUESTO DE CONTROL

De los puestos de control se recogerán las siguientes señales:

- Finales de carrera de las válvulas de compuerta.
- Presostato confirmación disparo válvulas diluvio
- Electroválvula activación válvulas diluvio

### 1.7.3.5.7.3 SEÑALES SISTEMA DETECCIÓN

Del sistema de detección y alarma se integrarán las señales de

- Cartel de extinción disparada
- Pulsador central alarma manual
- Pulsadores disparo manual
- Detectores Fenwal
- Sirena

## 1.8 NORMATIVA DE APLICACION

El proyecto se ha realizado en base al cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo), en su revisión 02 de febrero de 2018, y al Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, aprobado por Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, y teniendo en cuenta, dado que nos encontramos con instalaciones en tensión, lo establecido en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

En general, el criterio seguido para el diseño de las instalaciones ha sido la utilización de las Normas españolas vigentes de obligatorio cumplimiento, utilizando otras Normas internacionales de uso extendido como consulta o de aplicación cuando la Norma española no exista, sea incompleta o no sea adecuada para el caso particular que se esté tratando.

Los sistemas y equipos del proyecto se diseñan y fabrican de acuerdo con los códigos y normativa aquí indicados, cumpliendo con la edición más reciente en el momento de la realización del proyecto.

En cualquier caso, se cumplirá con toda la normativa legal y de obligado cumplimiento en España. Se describen a continuación las principales normativas y recomendaciones que son de obligado cumplimiento y aquellas utilizadas para el cálculo y diseño de las instalaciones.

### a) NORMATIVA INSTALACIONES PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- UNE 23007/1 a 14 de 2009 Sistemas de detección y de alarma de incendios.
- UNE/EN 12485 Sistemas fijo de lucha contra incendios.
- UNE 23-501-88. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Generalidades.
- UNE 23-502-86. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Componentes del Sistema.
- UNE 23-503-89. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Diseño e Instalaciones.
- UNE 23-504-86. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Ensayos a Recepción.
- UNE 23-505-86. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Ensayos periódicos y mantenimiento.
- UNE 23-506-89. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Planos, Especificaciones y Cálculos Hidráulicos.
- UNE 23-507-89. Sistemas Fijos de Agua pulverizada. Equipos de detección automática.
- UNE 23500:2012. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios
- UNE 23010. Clases de fuego
- UNE 23600. Agentes extintores de incendios. Clasificación
- NFPA 13. Norma para la instalación de sistemas de rociadores. Edición de 2013
- NFPA 15. Norma para Sistemas Fijos. Aspersores de Agua para Protección contra incendios. Edición 2012
- NFPA 20. Installation of centrifugal pumps.
- NFPA 25. Norma para la inspección, prueba, y mantenimiento de Sistemas Hidráulicos de Protección contra incendios. Edición de 2008

- NFPA 72. Código Nacional de Alarmas de Incendio y señalización.

#### NORMATIVA INSTALACIONES ELÉCTRICAS:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias según RD 842/2002
- RD 337/2014 por el que se modifica El Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- UNE-EN 61936-1:2012/A1. “Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1 KV en corriente alterna”
- UNE-EN 60296 “Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión”

#### OTRA NORMATIVA RELACIONADA

- ITC MIE-APQ 1: «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio ( DBU-SI ) del Código Técnico de la Edificación ( CTE ).
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueban modificaciones sobre el Documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación.

#### OTRAS RECOMENDACIONES CONSULTADAS

- RT1-ROC. Regla Técnica para las instalaciones de rociadores automáticos de agua.
- RT2-DET. Regla Técnica para las instalaciones de detección automática de incendios.
- RT2-ABA. Abastecimiento de Agua Contra Incendios 2006.

## 2 DISEÑO INSTALACIÓN. CÁLCULOS

### 2.1 DISTANCIAS MÍNIMAS A TRANSFORMADOR

Para la construcción de los anillos de extinción de protección de los transformadores, incluyendo la colocación de la soportación, los detectores fenwal, las canalizaciones eléctricas y las boquillas de extinción, así como cualquier otro elemento necesario para el correcto funcionamiento de la instalación, se respetarán las distancias mínimas de seguridad con respecto a las tensiones asignadas en los transformadores de potencia. Para ello nos ceñiremos al cumplimiento de la norma UNE 23501-88 apartado 5.3 tabla 1 que se indica a continuación.

Tabla 1.7.3.5-1 Distancia mínima entre el equipo de agua pulverizada y los componentes eléctricos no aislados, bajo tensión.

| Tensión nominal de la línea<br>kV                       | Tensión nominal a tierra<br>kV                    | Nivel de aislamiento de diseño cresta<br>kV          | Distancia mínima<br>m  |
|---|---|--|--|
| Hasta 15<br>23<br>34,5<br>46<br>69<br>115<br>138<br>161 | Hasta 9<br>13<br>20<br>27<br>40<br>66<br>80<br>93 | 110<br>150<br>200<br>250<br>350<br>550<br>650<br>750 | 0,15<br>0,20<br>0,30<br>0,38<br>0,58<br>0,94<br>1,11<br>1,32 |
| 196-230   | 114-132   | 900<br>1 050   | 1,60<br>1,93   |
| 287-380   | 166-220   | 1 175<br>1 300<br>1 425<br>1 550                     | 2,21<br>2,48<br>2,76<br>3,04                                 |
| 500   | 290   | 1 675<br>1 800                                       | 3,32<br>3,60   |
| 500-700   | 290-400   | 1 925<br>2 100<br>2 300                              | 3,88<br>4,26<br>4,67   |

Debido al nivel de tensión que tenemos en nuestro parque de transformadores nos encontramos con el hecho de que cualquier elemento del Sistema de extinción no puede estar a menos de 1,93 metros de los elementos en tensión del transformador

### 2.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD INSTALACIONES EN PROXIMIDAD CON ELEMENTOS EN TENSIÓN

Para la realización de los trabajos se obligará a que tanto el transformador donde se ejecuta la instalación como el/los transformadores colindantes estén sin tensión ya que debe garantizarse la seguridad mínima para trabajos en zonas próximas a elementos en tensión.

En cualquier caso, se cumplirá con el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y en concreto se respetarán las distancias indicadas en la tabla siguiente

Tabla 1.7.3.5-1 Distancias límites de las zonas de trabajo

| $U_n$    | $D_{PEL-1}$ | $D_{PEL-2}$ | $D_{PROX-1}$ | $D_{PROX-2}$ |
|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| $\leq 1$ | 50          | 50          | 70           | 300          |
| 3        | 62          | 52          | 112          | 300          |
| 6        | 62          | 53          | 112          | 300          |
| 10       | 65          | 55          | 115          | 300          |
| 15       | 66          | 57          | 116          | 300          |
| 20       | 72          | 60          | 122          | 300          |
| 30       | 82          | 66          | 132          | 300          |
| 45       | 98          | 73          | 148          | 300          |
| 66       | 120         | 85          | 170          | 300          |
| 110      | 160         | 100         | 210          | 500          |
| 132      | 180         | 110         | 330          | 500          |
| 220      | 260         | 160         | 410          | 500          |
| 380      | 390         | 250         | 540          | 700          |

Donde:

- $U_n$ : Tensión nominal en KV
- $D_{PEL-1}$ : distancia en centímetros hasta el límite exterior de la zona de peligro, (zona con tensión), cuando exista riesgo de sobretensión por rayo.
- $D_{PEL-2}$ : distancia en centímetros hasta el límite exterior de la zona de peligro, (zona con tensión), cuando no exista riesgo de sobretensión por rayo.
- $D_{PROX-1}$ : distancia en centímetros hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.
- $D_{PROX-2}$ : distancia en centímetros hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización de este.

## 2.3 CÁLCULO CAUDAL NECESARIO

En primer lugar, necesitamos conocer la superficie total a proteger, en este caso, al ser los 4 transformadores iguales, haremos el cálculo solo para uno de ellos.

El caudal teórico viene definido por la fórmula:

$Q_t = A \cdot d$  donde:

- A = área a proteger
- D = densidad

Para un transformador definimos el prisma envolvente considerando las siguientes dimensiones:



- Largo (L): 8,88 m
- Alto (H): 8,05 m
- Ancho (A): 5,13 m

La distancia entre las aletas del transformador es inferior a 30 cm por lo tanto no tenemos que considerar pulverización individualizada entre aletas.

Para el cálculo del caudal necesario tomamos como criterio lo especificado en la NFPA 15 para protección de los transformadores en el punto 7.4.4.3.1.

En este punto nos indica que el agua debe aplicarse a una tasa neta no inferior a 10,2 l/min por m<sup>2</sup> del área proyectada del prisma rectangular que envuelve el transformador y sus accesorios y no inferior a 6,1 l/min por m<sup>2</sup> sobre la superficie del suelo supuestamente no absorbente del área expuesta.

Hemos considerado, que, dentro de las medidas de protección pasiva, existe foso de recogida de aceite dimensionado correctamente, y por tanto consideramos el terreno como absorbente, al estar construido con grava para permitir la filtración del aceite. No habría que calcular, por tanto, de forma separada la extinción en el suelo del transformador ya que no hay riesgo de formación de charcos de aceite. Dicho lo anterior instalaremos boquillas en esta zona para enfriamiento de la parte inferior del transformador y del suelo.

La superficie del prisma considerado viene determinada por:

- Laterales y tapa superior:  $LxA+2*L*H+2*H*A = 271,12 \text{ m}^2$
- Derrames o parte inferior:  $LxA = 45,55 \text{ m}^2$

Vamos a considerar como riesgo especial el depósito de aceite del transformador, por el contenido de material combustible en su interior. Al volumen del prisma que envuelve este depósito vamos a aplicarle una tasa de 20 l/min por m<sup>2</sup>. Este área lo restaremos del principal para no duplicar el resultado del caudal necesario.

Podemos englobar el depósito de aceite en un prisma de dimensiones 3,5x1,75x1,5

- Área depósito aceite:  $AxH + 2xAxL + 2xHxL = 22,75 \text{ m}^2$

El caudal mínimo teórico necesario para la protección de un transformador sería:

Prisma total depósito =  $22,75*20 + (271,12-22,75)x10,2+45,55x6,1 = 3.266,21 \text{ l/min} = 195,97 \text{ m}^3/\text{h}$

## 2.4 SELECCIÓN BOQUILLAS

### 2.4.1 SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BOQUILLAS

La separación máxima entre las Boquillas pulverizadoras, y la distancia máxima de ubicación de estas respecto a los transformadores, vendrá dada por el ángulo de disparo de las Boquillas seleccionadas

Para la protección integral del transformador vamos a considerar:

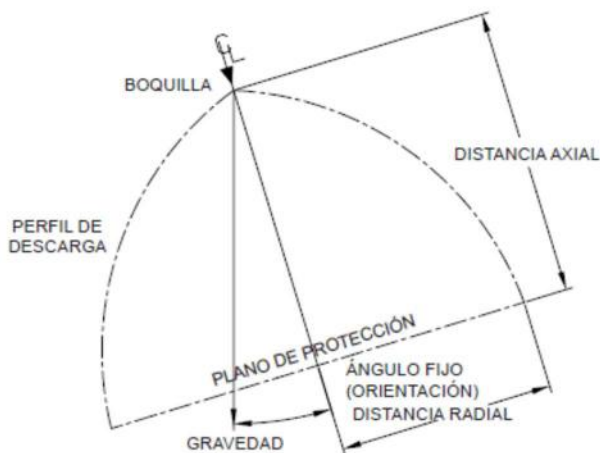
- 2 anillos, uno superior y otro inferior para protección del transformador y aletas.
- 1 anillo o ramal para protección del tanque de aceite superior.
- 1 anillo o derivaciones para protección de la zona inferior del transformador.

La separación recomendada entre boquillas de pulverización no debería ser de más de 3 metros en exteriores. Tomando este dato, podemos calcular la distancia máxima de las boquillas en función de su ángulo de pulverización para que no se produzcan zonas sin proteger, con el objetivo de conseguir una cobertura total de protección de la superficie del transformador.

Para la posición de los anillos se tendrá en cuenta que ningún equipo, deberá estar a menos de 1,93 metros de distancia de cualquier elemento en tensión del transformador, según hemos calculado antes. Esto limitará la altura y acercamiento de las tuberías y boquillas al transformador.

El número de boquillas vendrá determinado a su vez por los datos técnicos y caudal unitario del modelo de boquilla utilizado.

El perfil de descarga de la boquilla viene determinado según la siguiente figura:



Sabemos que la distancia máxima recomendada entre boquillas es de 3 metros al aire libre. Teniendo en cuenta las características en cuanto al viento en la zona, deberíamos ser más conservadores al considerar esta distancia de forma que exista un porcentaje de solape mínimo del 10%.

Para la protección de superficies, por acción directa sobre los equipos, como, por ejemplo, depósitos de combustibles, la normativa aconseja una distancia de 0,6 metros a la superficie para la realización de los cálculos.

Vamos a considerar que los anillos van a estar situados a una distancia axial, sobre el prisma que hemos considerado y que envuelve al transformador de 0,8 metros

Calculamos a continuación el ángulo máximo de pulverización de la boquilla. Para ello vamos a calcular, para una distancia axial de 0,8 metros, y para una distancia radial de 1,5 metros, que sería la equivalente a una distancia entre boquillas de 3 metros, el ángulo de pulverización que obtendríamos y que nos sirve para definir los modelos de boquilla.

Para ello aplicaríamos la siguiente fórmula

$$\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{D_{radial}}{D_{axial}}$$

El ángulo máximo de pulverización vendría dado por  $\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = 1,5/0,8$  obteniendo un ángulo máximo de pulverización  $\beta_{max} = 130^\circ$  para una separación entre boquillas de 3 metros.

Cuanto mayor es la distancia entre la boquilla y el plano que hay que proteger mayor es la probabilidad de que, por error de montaje, el eje longitudinal perpendicular al plano esté desplazado respecto al centro de éste. En estos casos debemos procurar que las descargas de las boquillas se superpongan para mayor seguridad

Los datos de distancia axial máxima de las boquillas están calculados para presiones de trabajo entre 1,4 y 4,1 bar, y este rango es el que debemos contemplar para que no haya problemas con el funcionamiento de la instalación.

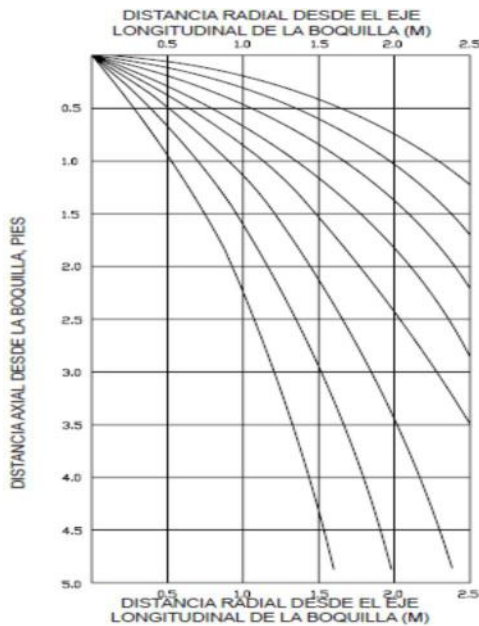


Ilustración 1.7.3.5-1 Perfiles de descarga en m de boquillas con distinto ángulo

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 90° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|--|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO  | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|  | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°   | 4.9      | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9   |
| 30°  | 2.4      | 2.5  | 2.7  | 2.9  | 3.2  | 3.4  | 3.5   |
| 45°  | 2.1      | 2.1  | 2.2  | 2.3  | 2.4  | 2.7  | 2.9   |
| 60°  | 1.5      | 1.6  | 1.7  | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.4   |
| 90°  | 1.4      | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 2.0  | 2.1   |
| 120°   | 1.2      | 1.3  | 1.4  | 1.6  | 1.7  | 1.7  | 1.8   |
| 135°   | 1.1      | 1.1  | 1.3  | 1.4  | 1.5  | 1.6  | 1.7   |
| 150°   | 1.0      | 1.1  | 1.1  | 1.4  | 1.4  | 1.5  | 1.5   |
| 180°   | 0.9      | 1.0  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.4  | 1.4   |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 86° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|--|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO  | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|  | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°   | 4.9      | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9   |
| 30°  | 3.0      | 3.0  | 3.1  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7   |
| 45°  | 2.4      | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.7  | 2.9  | 3.0   |
| 60°  | 2.1      | 2.1  | 2.3  | 2.5  | 2.6  | 2.7  | 2.7   |
| 90°  | 2.0      | 2.1  | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.4  | 2.6   |
| 120°   | 1.9      | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.3  | 2.4   |
| 135°   | 1.8      | 1.8  | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.1  | 2.3   |
| 150°   | 1.8      | 1.8  | 1.8  | 1.8  | 2.0  | 2.1  | 2.1   |
| 180°   | 1.5      | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 2.0  | 2.1   |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 125° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|---|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO   | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|   | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°  | 2.7      | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.7   |
| 30°   | 1.4      | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.1  | 2.2  | 2.4   |
| 45°   | 1.4      | 1.4  | 1.4  | 1.5  | 1.8  | 2.0  | 2.1   |
| 60°   | 1.1      | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.5  | 1.7  | 1.8   |
| 90°   | 0.9      | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 1.4  | 1.4  | 1.7   |
| 120°  | 0.6      | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.2   |
| 135°  | 0.5      | 0.5  | 0.7  | 0.9  | 1.1  | 1.1  | 1.1   |
| 150°  | 0.5      | 0.5  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.1   |
| 180°  | 0.4      | 0.5  | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 1.0   |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 110° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|---|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO   | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|   | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°  | 3.4      | 3.4  | 3.4  | 3.4  | 3.4  | 3.4  | 3.4   |
| 30°   | 2.0      | 2.0  | 2.2  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.0   |
| 45°   | 1.7      | 1.8  | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.4  | 2.6   |
| 60°   | 1.4      | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 2.1  | 2.2   |
| 90°   | 1.2      | 1.2  | 1.4  | 1.5  | 1.7  | 1.8  | 2.0   |
| 120°  | 0.9      | 1.0  | 1.1  | 1.2  | 1.4  | 1.4  | 1.5   |
| 135°  | 0.8      | 0.8  | 1.0  | 1.1  | 1.3  | 1.4  | 1.4   |
| 150°  | 0.8      | 0.8  | 0.9  | 1.1  | 1.1  | 1.3  | 1.4   |
| 180°  | 0.7      | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.2  | 1.3   |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 80° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|--|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO  | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|  | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°   | 4.9      | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.9   |
| 30°  | 3.0      | 3.0  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.4  | 3.5   |
| 45°  | 2.3      | 2.3  | 2.4  | 2.5  | 2.6  | 2.7  | 3.0   |
| 60°  | 1.8      | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.1  | 2.4  | 2.6   |
| 90°  | 1.7      | 1.8  | 1.9  | 2.0  | 2.1  | 2.3  | 2.4   |
| 120°   | 1.5      | 1.6  | 1.8  | 1.8  | 2.0  | 2.0  | 2.1   |
| 135°   | 1.4      | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 1.8  | 1.9  | 2.0   |
| 150°   | 1.3      | 1.4  | 1.4  | 1.7  | 1.8  | 1.8  | 1.8   |
| 180°   | 1.2      | 1.3  | 1.4  | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 1.8   |

| DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 140° EN PIES Y PULGADAS |          |      |      |      |      |      |       |
|---|----------|------|------|------|------|------|-------|
| ÁNGULO FIJO   | FACTOR K |      |      |      |      |      |       |
|   | 17.3     | 25.9 | 33.1 | 46.1 | 59.0 | 80.6 | 103.7 |
| 0°  | 2.1      | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1   |
| 30°   | 1.1      | 1.2  | 1.4  | 1.5  | 1.7  | 1.7  | 1.8   |
| 45°   | 1.0      | 1.1  | 1.1  | 1.3  | 1.4  | 1.5  | 1.6   |
| 60°   | 0.7      | 0.7  | 0.8  | 1.1  | 1.2  | 1.3  | 1.4   |
| 90°   | 0.6      | 0.6  | 0.8  | 0.9  | 1.1  | 1.1  | 1.2   |
| 120°  | 0.5      | 0.5  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.1   |
| 135°  | 0.5      | 0.5  | 0.5  | 0.7  | 0.8  | 0.8  | 0.9   |
| 150°  | 0.4      | 0.4  | 0.5  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8   |
| 180°  | 0.3      | 0.3  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.6  | 0.7   |

Tabla 1.7.3.5-1 Distancia máxima axial para boquillas con un determinado ángulo de pulverización

Para un ángulo fijo de posicionamiento de las boquillas con respecto a la superficie a proteger, y considerando este ángulo de 90°, boquillas perpendiculares a las superficies, hemos señalado las distintas opciones que tenemos para seleccionar los modelos de boquillas.

## 2.4.2 CÁLCULO K EQUIVALENTE ANILLOS

La disposición elegida para la protección del transformador, según hemos descrito en otros apartados de la memoria es:

- 1 malla superior rodeando todo el transformador situado ligeramente por encima +0,4 aprox de la altura de la tapa del transformador. El “anillo” es rectangular de dimensiones 8,6x6,4 m y tiene una longitud de 30 mts
- 1 malla inferior rodeando todo el transformador situado entre 1,5 y 2,5 mts sobre el suelo. El “anillo” es rectangular de dimensiones 7,6x6,4 y tiene una longitud de 28 mts
- 1 ramal protección depósito con 3 lados de longitud 3+3+5,7 mts =11,7 mts

Hacemos una aproximación del número de Boquillas a instalar teniendo en cuenta que debemos hacer configuraciones lo más simétricas posibles y establecemos el siguiente criterio

- Para el anillo superior, suponemos 9 boquillas en lado largo y 6 boquillas en el lado corto, separadas entre 0,8 y 1 metro
- Para el anillo inferior, suponemos 7 boquillas en el lado largo y 7 boquillas en el lado corto separadas entre 0,8 y un 1 metro
- Para la protección del depósito (solo laterales y superior, la cara inferior quedará protegida por las Boquillas situadas en el anillo superior que pasa justo por debajo del depósito de aceite)
- Para la zona inferior situamos ramales verticales que nacen en las esquinas de la malla inferior y en el punto medio de los 4 lados (8 ramales) y situamos 1 boquilla en cada extremo de cada ramal.

$Q_{boq} \text{ (l/min)} = Q \text{ extinción zona} / n^{\circ} \text{ Boquillas}$

$$Q_{boq} \text{ (l/min)} = K * P^{0,5} \quad (1) \quad K_{boq} = Q_{boq} / P^{0,5}$$

Las Boquillas deben trabajar en un rango de 1,4 a 4 bar para que el chorro de agua pulverizada no presente pérdidas y la velocidad de salida sea la adecuada para conseguir la extinción.

Calculamos el K estimado de las boquillas que vamos a instalar en cada tramo, en función del número de boquillas que hemos previsto y del Q necesario en cada zona según los cálculos. Para ello suponemos una presión de descarga de 2 bar

Para diferenciar el Q que circula por el anillo superior e inferior, debemos tener en cuenta, por una parte, que el anillo superior tiene más boquillas, por lo que circulará más caudal. Sin embargo, por la diferencia de cota, las boquillas del anillo inferior estarán a mayor presión y por lo tanto por ellas saldrá más caudal. Por tanto, hacemos la siguiente consideración, por el anillo superior circula el 55% del caudal y por el inferior el 45%.

El anillo superior con un  $Q = 1.383,33 \text{ l/min}$  (55% Q trafo) y un número de boquillas igual a 30, tendría un Q por boquillas de 46,44 l/min, y aplicando la formula (1) obtenemos un  $K = 32,84$

El anillo inferior con un  $Q = 1.140 \text{ l/min}$  (45% Q trafo) y un número de boquillas igual a 26, tendría un Q por boquillas de 43,85 l/min, y aplicando la formula (1) obtenemos un  $K = 31$

El anillo del depósito de aceite con un  $Q = 455 \text{ l/min}$  y un número de boquillas igual a 6, tendría un Q por boquillas de 75,83 l/min, y aplicando la formula (1) obtenemos un  $K = 53,62$

Para la refrigeración de la zona inferior hemos supuesto 8 ramales con un  $Q = 277,88 \text{ l/min}$  y un número de boquillas igual a 8, tendría un Q por boquillas de 75,83 l/min, y aplicando la formula (1) obtenemos un  $K = 24,56$

| DISPOSICIÓN:                            | L (m) | nº boq | Qzona (l/min) | Qboq(l/min) | Kestimada boq (P=2 bar) |
|---|-------|--------|---------------|-------------|-------------------------|
| a.1) anillo superior L = 2*8,6 + 2*6,54 | 30,28 | 30,00  | 1.393,33      | 46,44       | 32,84                   |
| a.2) anillo inferior L = 2*7,6+2*6,54   | 28,28 | 26,00  | 1.140,00      | 43,85       | 31,00                   |
| b) anillo deposito L = 2*3+5,7          | 11,7  | 6,00   | 455,00        | 75,83       | 53,62                   |
| c) ramal inferior L = 1                 | 1     | 8,00   | 277,88        | 34,74       | 24,56                   |

### 2.4.3 SELECCIÓN TIPO DE BOQUILLAS

En base a las tablas anteriores seleccionamos las siguientes modelos de boquillas del fabricante VIKING. Para seleccionar la boquilla correcta, debemos tener en cuenta:

1. El K necesario según el número de boquillas en cada tramo para proporcionar el Q suficiente.
  2. La posición de la boquilla con respecto a la vertical hacia abajo (0°C). Es decir, la inclinación con la que instalaremos la boquilla en la tubería.
  3. El ángulo de pulverización de la boquillas para cubrir con todo el área de protección.
- Para protección del transformador y radiador, y considerando un ángulo fijo de 90° utilizamos el modelo VK813 con ángulo de pulverización 110° y K 33,1 pudiendo situarse hasta 1,4 metros como máximo de la superficie a proteger.
  - Para protección superior del depósito de aceite, utilizamos Boquillas con un ángulo de pulverización de 95°, modelo VK812 y K 59. Las boquillas laterales se posicionarán a 90°, pudiendo ser situadas hasta un máximo de 1,8 metros de distancia del equipo, y las superiores tendrán un ángulo fijo de 0° por lo que podrían situarse incluso a más de 3 metros del área a proteger.
  - Para protección de la zona bajo el transformador, y considerando una distancia de 0,5 metros desde el suelo, utilizamos boquillas con un ángulo de pulverización 110°, y colocadas con un ángulo fijo 180° (orientadas hacia arriba), modelo VK813 y K 25,9

### 2.4.4 COMPROBACIÓN NÚMERO BOQUILLAS CALCULADO

Para comprobar si el número de boquillas que hemos considerado es correcto, y una vez seleccionados los modelos, tendremos que comprobar que el total de las Boquillas son capaces de suministrar el caudal total necesario anteriormente calculado.



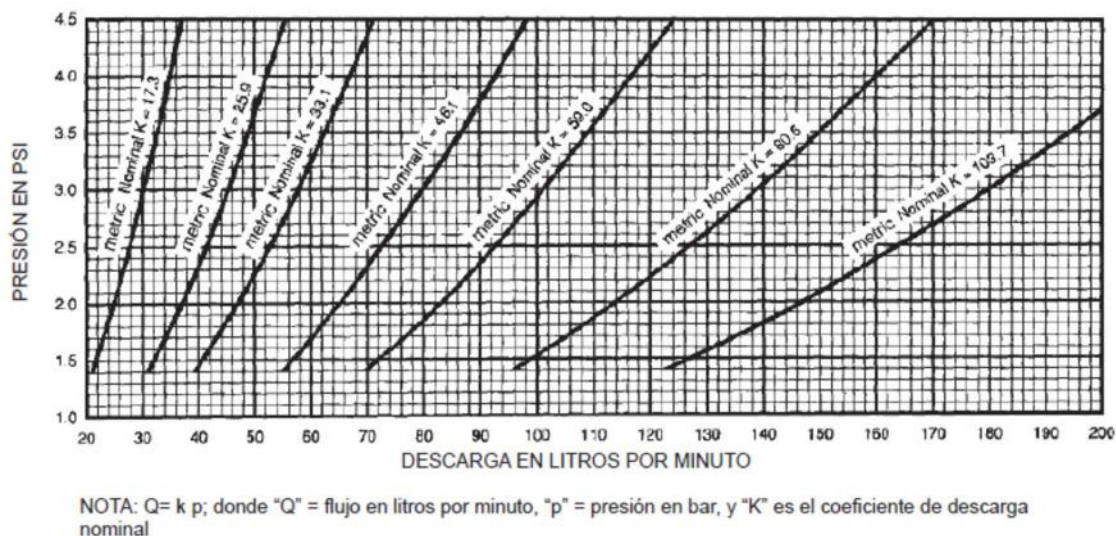


Figure 1.7.3.5-1 Curvas de descarga nominal (para presiones entre 1 y 4,1 bar)

Calcularemos si la solución planteada es óptima en cuanto al número de Boquillas previsto, teniendo en cuenta los modelos seleccionados y que la presión de descarga mínima, en la boquilla hidráulicamente más desfavorable, sea de 2 bar. Debemos conseguir que la solución adoptada cumpla con el Q requerido y que las Boquillas trabajen en el rango de presiones recomendado por el fabricante.

Para el diseño y ejecución de la instalación se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Las Boquillas se instalarán a una distancia axial de 0,8 metros sobre las superficies del transformador.
- La presión mínima en la boquilla más desfavorable será de 2 bar
- Para la cobertura de la tapa del transformador debemos tener en cuenta que no deben cruzarse tuberías por encima, para ello el anillo superior quedará ligeramente por encima de la superficie superior del transformador de forma que colocando Boquillas con un ángulo fijo de 45 ° podamos proteger esta zona de forma adecuada.
- La distancia entre el anillo superior e inferior será menor de 3 metros.
- No debemos dirigir el agua hacia los aisladores de forma directa.
- Para la protección del depósito de aceite utilizaremos un ramal por encima del mismo, cumpliendo con las distancias mínimas de seguridad y con ángulos de posición de 0°, Boquillas orientadas hacia abajo para protección de la zona superior, y con Boquillas situadas a 90° para la protección de las superficies laterales.
- Para la protección de la zona inferior del transformador y suelo y aunque no es necesario por normativa utilizaremos 12 boquillas situadas en 6 ramales en las esquinas del transformador.

Consideraremos también un 10% de aumento del caudal respecto al teórico necesarios como medida de seguridad adicional.

$$Q = N^{\circ} * Q_b = N^{\circ} * K \sqrt{P_{min}}$$

Q = Caudal total boquillas

N° = Número de Boquillas

Pmin = presión mínima de descarga en la boquilla

Q<sub>b</sub> = Caudal en cada boquilla (en función de la presión de descarga)

Indicamos a continuación los valores de Caudales suministrados por los modelos de las Boquillas que hemos seleccionado para valores de presión de 2 bar y 4,1 bar



| Qb (l/min)                        | P = 2 bar | P = 4,1 bar |
|-----------------------------------|-----------|-------------|
| K = 25,9                          | 36,62     | 51,8        |
| K = 33,1                          | 46,81     | 66,2        |
| K = 59                            | 83,44     | 118         |
| K (l/(min*(bar <sup>0,5</sup> ))) |           |             |

Estos valores también podrían haberse obtenido de la gráfica 1.7.3.5-2

#### Configuración adoptada

- Anillo superior. Tiene una longitud total de 30,28 metros, con dos lados de 8,6 metros y otros dos de 6,54 metros. Situamos las Boquillas de la siguiente forma, separándolas entre 0,7 y 1 metro entre sí.
  - 6 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes en cada lado corto del anillo
  - 9 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes en cada lado largo del anillo
- Anillo inferior. Tiene una longitud total de 28,28 metros, con dos lados de 7,6 metros y otros dos de 6,54 metros. Situamos las Boquillas de la siguiente forma, separándolas entre 0,7 y 1 metro entre sí.
  - 6 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes en cada lado corto del anillo
  - 7 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes en cada lado largo del anillo
- Depósito aceite. Tiene 2 tramos verticales de 3 metros de altura y uno horizontal de 5,7 metros. No está totalmente centrado respecto al depósito. Tiene una longitud total de 11,7 metros. La solución que adoptamos es situar 4 boquillas VK 812 en el tramo horizontal separadas 1 metro entre sí, centradas con el depósito y con un ángulo fijo de 0°. Se instalarán también 1 boquillas en cada tramo vertical en la mitad del tramo, a 1,5 metros de la parte superior, serán también del modelo VK 812 pero con un ángulo fijo de 90°
- Los ramales inferiores son 8 tramos de tuberías verticales que salen del anillo inferior, situados en los extremos y en el punto medio de cada lado. En cada tubería instalamos 1 boquilla VK313 con ángulo de pulverización 110° y K 25,9

En resumen, tendremos el siguiente número de Boquillas:

- 56 VK813 con K 33,1
- 6 VK812 con K 59
- 8 VK813 con K 25,9

Realizamos el cálculo de Caudales para una presión de 2 bar, con el objetivo de comprobar que es superior al teórico necesario.

| TRAMO              | TIPO  | Nº | POSICIÓN | ANGULO PULVERIZA | K ( L / min*bar <sup>0,5</sup> ) | Q tot a p=2 bar (l/min) |
|--------------------|-------|----|----------|------------------|----------------------------------|-------------------------|
| ANILLO SUPERIOR    | VK813 | 30 | 90°      | 110°             | 33,10                            | 1.404,31                |
| ANILLO INFERIOR    | VK813 | 26 | 90°      | 110°             | 33,10                            | 1.217,07                |
| RAMAL DEPOSITO     | VK812 | 6  | 0° y 90° | 95°              | 59,00                            | 500,63                  |
| RAMALES INFERIORES | VK813 | 8  | 180°     | 110°             | 25,90                            | 293,03                  |

El Caudal total suministrado por el tipo y número de Boquillas seleccionadas es de 3.415,04 l/min y por lo tanto es superior al Caudal de diseño calculado como resultado de aplicar las dotaciones marcadas por la NFPA 15 para los distintas partes del transformador.

### 2.4.4.1 RESUMEN CÁLCULOS REALIZADOS SELECCIÓN BOQUILLAS

| PASOS REALIZADOS PARA LA SELECCIÓN DEL NÚMERO Y TIPO DE BOQUILLAS   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
|---|--|------------------|---------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|--------------|-------|--------|---------------|------------------|------------------------------|---|-----------------|-------|----------|--------|-------|---------------------------------------|----------|-----------------|----------|-------|--------|--------------------------------|-------|----------|----------------|-------|-------|-------------------------|-----|-------|--------|--------------------|-------|--|--------|------|-------|--------|-------------------------------|--|--|--|--|--|-----------------|
| <b>1. CÁLCULO CAUDAL NECESARIO PROTECCION TRANSFORMADOR</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>1.1 CÁLCULO ÁREAS A PROTEGER</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>A) VOLUMEN PRISMA TRANSFORMADOR (incluyendo depósitos y bomas)</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| L (largo) (m)   | 8,88                                       | ÁREA A PROTEGER: | A (m <sup>2</sup> ) |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| H (alto) (m)  | 8,05                                       | LxA+2xLxH+2xHxA  | 248,37              |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| A (ancho) (m)   | 5,13                                       |                  | (descontado B))     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>B) VOLUMEN DEPÓSITO ACEITE</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| L (largo) (m)   | 3,50                                       | ÁREA A PROTEGER: | A (m <sup>2</sup> ) |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| H (alto) (m)  | 1,75                                       | LxA+2xLxH+2xHxA  | 22,75               |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| A (ancho) (m)   | 1,50                                       |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>C) ÁREA BAJO TRANSFORMADOR</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| L (largo) (m)   | 8,88                                       | ÁREA A PROTEGER: | A (m <sup>2</sup> ) |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| A (ancho) (m)   | 5,13                                       | LxH              | 45,55               |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>1.2 TASAS DE APLICACIÓN DE AGUA POR M2</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
|   |  |                  |                     | l/min            | m3/h                         |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>A)</b>   | 10,2 l/min para Transformador              | Qa =             | 2.533,33            |                  | 152,00                       |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>B)</b>   | 20 l/min para depósito aceite              | Qb =             | 455,00              |                  | 27,30                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>C)</b>   | 6,1 l/min para refrigeración zona inferior | Qc =             | 277,88              |                  | 16,67                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>TOTAL CAUDAL NECESARIO</b>   |  |                  |                     | <b>3.266,21</b>  | <b>195,97</b>                |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>2. CÁLCULO K EQUIVALENTE ANILLOS</b>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>K = Q/P<sup>0,5</sup>      Q (l/min) P(bar)</b>  |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>DISPOSICIÓN:</th> <th>L (m)</th> <th>nº boq</th> <th>Qzona (l/min)</th> <th>Qboq(l/mi)</th> <th>Kestimada boq (P=2 bar)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a.1) anillo superior L = 2*8,6 + 2*6,54</td> <td>30,28</td> <td>30,00</td> <td>1.393,33</td> <td>46,44</td> <td>32,84</td> </tr> <tr> <td>a.2) anillo inferior L = 2*7,6+2*6,54</td> <td>28,28</td> <td>26,00</td> <td>1.140,00</td> <td>43,85</td> <td>31,00</td> </tr> <tr> <td>b) anillo deposito L = 2*3+5,7</td> <td>11,7</td> <td>6,00</td> <td>455,00</td> <td>75,83</td> <td>53,62</td> </tr> <tr> <td>c) ramal inferior L = 1</td> <td>1</td> <td>8,00</td> <td>277,88</td> <td>34,74</td> <td>24,56</td> </tr> </tbody> </table>   |  |                  |                     |                  |                              |                         | DISPOSICIÓN: | L (m) | nº boq | Qzona (l/min) | Qboq(l/mi)       | Kestimada boq (P=2 bar)      | a.1) anillo superior L = 2*8,6 + 2*6,54 | 30,28           | 30,00 | 1.393,33 | 46,44  | 32,84 | a.2) anillo inferior L = 2*7,6+2*6,54 | 28,28    | 26,00           | 1.140,00 | 43,85 | 31,00  | b) anillo deposito L = 2*3+5,7 | 11,7  | 6,00     | 455,00         | 75,83 | 53,62 | c) ramal inferior L = 1 | 1   | 8,00  | 277,88 | 34,74              | 24,56 |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| DISPOSICIÓN:  | L (m)                                      | nº boq           | Qzona (l/min)       | Qboq(l/mi)       | Kestimada boq (P=2 bar)      |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| a.1) anillo superior L = 2*8,6 + 2*6,54   | 30,28                                      | 30,00            | 1.393,33            | 46,44            | 32,84                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| a.2) anillo inferior L = 2*7,6+2*6,54   | 28,28                                      | 26,00            | 1.140,00            | 43,85            | 31,00                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| b) anillo deposito L = 2*3+5,7  | 11,7                                       | 6,00             | 455,00              | 75,83            | 53,62                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| c) ramal inferior L = 1   | 1  | 8,00             | 277,88              | 34,74            | 24,56                        |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>3. SELECCIÓN TIPO BOQUILLAS Y COMPROBACIÓN CAUDAL</b>  |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>TRAMO</th> <th>TIPO</th> <th>Nº</th> <th>POSICIÓN</th> <th>ANGULO PULVERIZA</th> <th>K ( L / min*bar<sup>0</sup></th> <th>Q tot a p=2 bar (l/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANILLO SUPERIOR</td> <td>VK813</td> <td></td> <td>30 90°</td> <td>110°</td> <td>33,10</td> <td>1.404,31</td> </tr> <tr> <td>ANILLO INFERIOR</td> <td>VK813</td> <td></td> <td>26 90°</td> <td>110°</td> <td>33,10</td> <td>1.217,07</td> </tr> <tr> <td>RAMAL DEPOSITO</td> <td>VK812</td> <td></td> <td>6 0° y 90°</td> <td>95°</td> <td>59,00</td> <td>500,63</td> </tr> <tr> <td>RAMALES INFERIORES</td> <td>VK813</td> <td></td> <td>8 180°</td> <td>110°</td> <td>25,90</td> <td>293,03</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>TOTAL CAUDAL BOQUILLAS</b></td> <td><b>3.415,04</b></td> </tr> </tbody> </table> |  |                  |                     |                  |                              |                         | TRAMO        | TIPO  | Nº     | POSICIÓN      | ANGULO PULVERIZA | K ( L / min*bar <sup>0</sup> | Q tot a p=2 bar (l/min)                 | ANILLO SUPERIOR | VK813 |          | 30 90° | 110°  | 33,10                                 | 1.404,31 | ANILLO INFERIOR | VK813    |       | 26 90° | 110°                           | 33,10 | 1.217,07 | RAMAL DEPOSITO | VK812 |       | 6 0° y 90°              | 95° | 59,00 | 500,63 | RAMALES INFERIORES | VK813 |  | 8 180° | 110° | 25,90 | 293,03 | <b>TOTAL CAUDAL BOQUILLAS</b> |  |  |  |  |  | <b>3.415,04</b> |
| TRAMO   | TIPO                                       | Nº               | POSICIÓN            | ANGULO PULVERIZA | K ( L / min*bar <sup>0</sup> | Q tot a p=2 bar (l/min) |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| ANILLO SUPERIOR   | VK813                                      |                  | 30 90°              | 110°             | 33,10                        | 1.404,31                |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| ANILLO INFERIOR   | VK813                                      |                  | 26 90°              | 110°             | 33,10                        | 1.217,07                |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| RAMAL DEPOSITO  | VK812                                      |                  | 6 0° y 90°          | 95°              | 59,00                        | 500,63                  |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| RAMALES INFERIORES  | VK813                                      |                  | 8 180°              | 110°             | 25,90                        | 293,03                  |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <b>TOTAL CAUDAL BOQUILLAS</b>   |  |                  |                     |                  |                              | <b>3.415,04</b>         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |
| <i>Q suministrado por las boquillas &gt; Q necesario para protección del transformador según cálculos</i>   |  |                  |                     |                  |                              |                         |              |       |        |               |                  |                              |   |                 |       |          |        |       |                                       |          |                 |          |       |        |                                |       |          |                |       |       |                         |     |       |        |                    |       |  |        |      |       |        |                               |  |  |  |  |  |                 |

## 2.5 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

### 2.5.1 CALCULO NECESIDADES ACUMULACIÓN

Al ser un sistema aislado del resto de la red contra incendios, consideraremos para el cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua para asegurar el abastecimiento, el necesario para cumplir con el caudal suministrado por las Boquillas pulverizadoras, según lo calculado anteriormente.

La necesidad de agua para el diseño del Sistema de abastecimiento se determina multiplicando el caudal necesario para el funcionamiento por el tiempo de autonomía exigido para que el Sistema actúe de forma correcta y cumpla con las funciones de extinción y refrigeración exigidas.

Consideramos el siguiente supuesto, de los cuatro sistemas individuales de agua pulverizada, solo dos sistemas funcionarán de forma simultánea. Este supuesto lo consideramos porque los transformadores son reserve uno de otro, y por lo tanto solo dos de ellos estarán funcionando de forma simultánea. La probabilidad de que se produzca un incendio en ellos solo es posible en dos de los cuatro transformadores.

Para el cálculo del Q necesario de acumulación de agua para el abastecimiento del Sistema, suponemos el Q total suministrado por las boquillas de 2 sistemas de diluvio.

El caudal necesario por tanto es  $2 \times Q_{\text{sist AP}} = 2 \times 3.415,04 \text{ l/min} = 6.830,08 \text{ l/min}$ .

Consideramos un tiempo necesario para el correcto funcionamiento del Sistema de Agua pulverizada de 60 minutos, para conseguir el caudal suficiente para la extinción del incendio y refrigeración de la zona.

Por tanto, el caudal de almacenamiento de agua necesario será de  $6.830,08 \times 60 = 409,80 \text{ m}^3$ .

Sabiendo que por la fábrica discurre una tubería de 6" para el suministro de agua destinada a uso de sistemas de extinción contra incendios, y que esta tubería ha sido calculada para que el agua circule con una velocidad media de aproximadamente 1,5 m/s tendremos una capacidad de llenado del depósito de

$$Q_{\text{llenado}} = v \left( \frac{m}{s} \right) * A(m^2) = v * \pi r^2 = 0,0140062 \frac{m^3}{s} = 50,422 \frac{m^3}{h} = 840,371 \text{ l/min}$$

Con este caudal de llenado tendríamos una reposición del agua del depósito calculado de unas 8,3 horas aproximadamente.

Seleccionamos un depósito comercial de Capacidad total útil de 428 m<sup>3</sup> y de dimensiones totales, diámetro 9,906 m y Altura 6,002 metros.

La capacidad efectiva del depósito se calcula mediante la fórmula

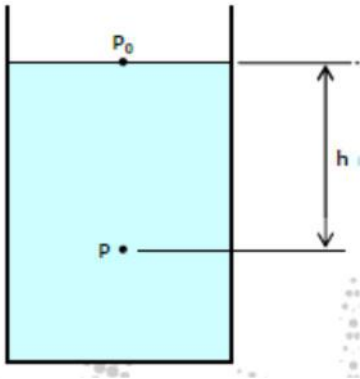
$$C \text{ efectiva (m}^3) = V(m^3) - (0,001 * Q_{\text{llenado}} * t_{\text{autonomia}}) = 428 - 0,001 * 840 * 60 = 377,6 \text{ m}^3$$

## 2.6 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

### 2.6.1 FÓRMULACIÓN TEÓRICA

#### 2.6.1.1 ESTUDIO DE PRESIONES.

- a) Variación de presión en un fluido en reposo.



$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h = P_0 + w \cdot h$$

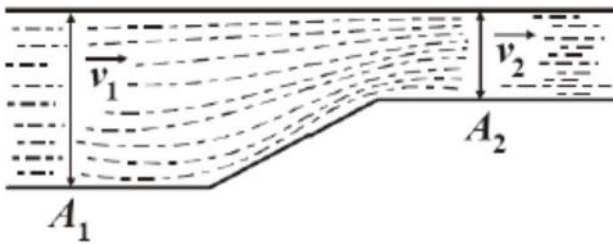
$\rho$  = densidad del fluido (1000 kg/cm<sup>3</sup> para el agua)

$g$  = aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$w$  = peso específico del fluido (9,81 KPa/m para el agua)

$h$  = diferencia de altura entre el punto P y el punto P<sub>0</sub> situado a presión atmosférica

b) Ley de continuidad



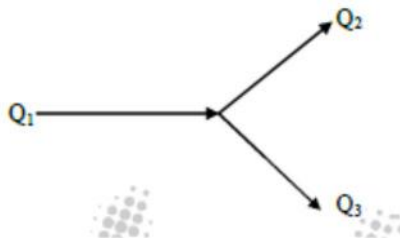
$$Q_1 = A_1 \times V_1 = Q_2 = A_2 \times V_2$$

$A$  = área de flujo (m<sup>2</sup>)

$V$  = velocidad del fluido (m/s)

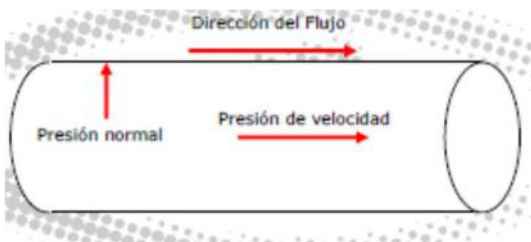
$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

En nodos o puntos donde convergen varias tuberías tendremos



$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

c) Variación de la presión de un fluido en movimiento (ecuaciones para el agua)



$$P_T = P_N + P_V$$

- $P_N = \rho \times g \times h$
- $P_V [\text{KPa}] = 9,81 \frac{v^2}{2g} = 9,81 \frac{Q^2}{2gA^2}$

$P_T$  = Presión total en el interior de la tubería

$P_N$  = Presión Normal

$P_T$  = Presión de velocidad o dinámica

d) Altura total

$$H = h_n + h_v$$

$$P_T = 9,81 \times (h_n + v^2/2g)$$

e) Ecuación de Bernoulli

Expresa la ley física de conservación de la energía aplicada a los problemas de fluidos no compresibles.

“En un fluido estacionario sin rozamiento, la suma de la altura de la velocidad, altura de presión y altura geométrica es constante en todas las partículas del fluido a lo largo de todo su recorrido”

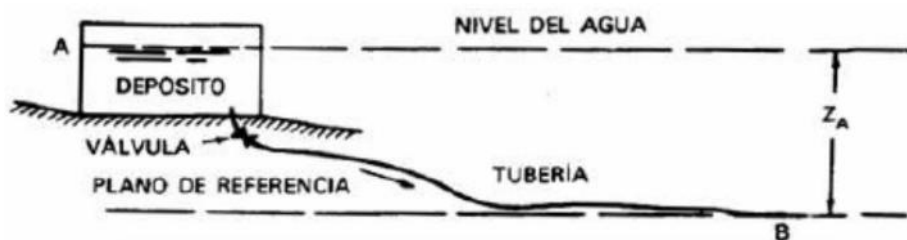


Ilustración 2.6.1.1-1 Representación gráfica teorema Bernoulli

$$P_T = Cte = P_A = P_B = P_{VA} + P_{NA} + P_{HA} = P_{VB} + P_{NB} + P_{HB}$$

$P_{VA}$  = Presión de velocidad en el punto A

$P_{NA}$  = Presión normal en el punto A

$P_{HA}$  = Presión de altura en el punto A

Igualmente, para el punto B

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} + Z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{w} + h_{AB}$$

v = velocidad (m/s)

g = aceleración de la gravedad

p = presión (KPa)

w = peso específico del agua (9,81 KN/m<sup>3</sup>)

$h_{AB}$  = pérdida de altura total entre los puntos “A” y “B”

Si tenemos un grupo de presión debemos reescribir la ecuación de la siguiente forma para un punto x:

$$P_{Tx} = \frac{v_x^2}{2g} + \frac{P_{Nx}}{w} + Z_x + P_{Bomb} + h_{Ax}$$

f) Pérdidas de presión.

a. Pérdidas por fricción y rozamiento en la tubería. Fórmula de Hazen-Williams

$$\Delta P = 6,05 \times 10^7 * Q^{1,85} \frac{L_t}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

- $\Delta P$  es la pérdida de carga en *KPa*

- $Q$  es el caudal en  $l/min$
- $Lt$  es la longitud de la tubería en  $m$
- $C$  es el coeficiente de rugosidad (adimensional)
- $D$  es el diámetro interno de la tubería en  $mm$ .

### 2.6.1.2 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA INSTALACIÓN

La curva característica de la instalación nos muestra la necesidad de presión en la instalación, conforme aumento o disminuye el caudal que circula por la misma.

La altura manométrica de la instalación resulta de la suma de la altura geométrica y las pérdidas de carga. Este parámetro es fundamental para seleccionar el tipo de bomba necesario para que la instalación funcione de forma correcta.

Cuando la instalación está definida, y se conocen los datos geométricos, diámetros de tuberías, codos, tes, válvulas, longitudes, etc..., se puede calcular la altura manométrica en un punto, y esta sería la presión que necesita generar el grupo de bombeo para los distintos caudales necesarios.

A la representación gráfica que represente la variación de la altura manométrica en cualquier punto de la instalación en función del caudal que circula por la misma se le conoce como “curva de la instalación”

Para seleccionar el grupo de presión adecuado hay que tener en cuenta el valor de NSPH (Net Positive Suction Head), es el parámetro que permite determinar si existe riesgo de cavitación en una instalación, mediante la comparación del NSPH requerido y el NSPH disponible.

El NPSHr es el valor mínimo que se necesita para evitar la cavitación. Depende de las características de la bomba.

El NPSHd depende de las características del circuito e indica el riesgo de cavitación. Depende de la altura de aspiración, de las pérdidas de carga y de la presión de vapor del líquido

Para el correcto funcionamiento de una bomba centrífuga es condición indispensable que no surja formación de vapor en su interior.

NPSH disponible de la instalación. Se calcula en el centro de la tubuladura de aspiración de la bomba de la forma siguiente:

$$NPSH_{inst} = (P_c + P_{atm} - P_v) / \rho g + v_c^2 / 2g - H_{asp} - \xi_{asp}$$

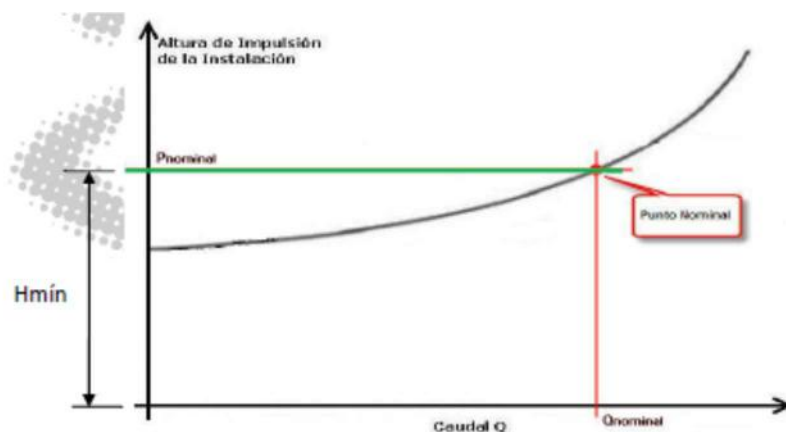


Ilustración 2.6.1.2-1 Curva característica de la instalación

### 2.6.1.3 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA

El gráfico de la curva Caudal-Presión es una curva de valores x-y, donde los valores de x corresponden al caudal y los valores de y corresponden a la altura o presión. La curva nos indicará a que altura debe funcionar una bomba para entregar un caudal determinado.

Existen otras curvas significativas de un grupo de bombeo.



- Curva Caudal-potencia. Nos determina la potencia requerida por el motor para lograr un valor de presión y caudal en la bomba.
- Curva Caudal-Rendimiento. Relaciona lo que proporciona el equipo (caudal y presión) frente a la potencia que necesita para hacerlo. Cuanto menos potencia necesite para un determinado de Q-P mayor rendimiento tendrá la bomba.

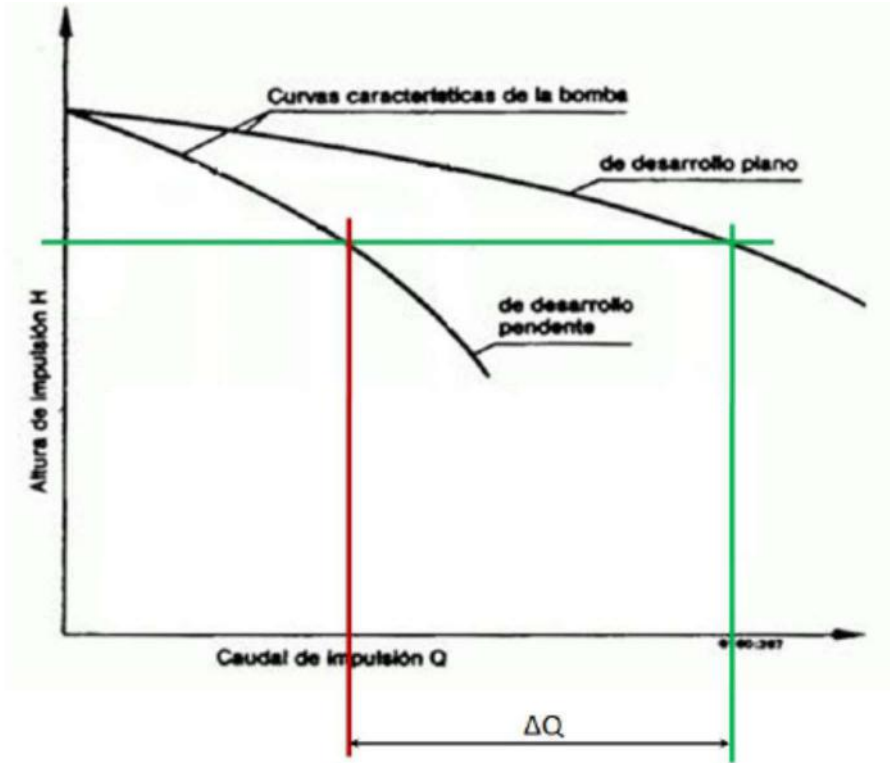


Ilustración 2.6.1.3-1 Curva típica H-Q de una bomba

La bomba de incendio debe tener una curva de Q-H suave o de desarrollo “plano”. Una vez seleccionada la bomba deben verificarse una serie de puntos:

- Caudal cero: la presión a  $Q = 0$  no debe exceder del 120% de la presión nominal al 100% de capacidad. El punto de  $Q = 0$  representa la máxima presión total admisible.
- Sobrecarga: al 150% de la capacidad nominal la presión total no debe ser inferior al 65% de

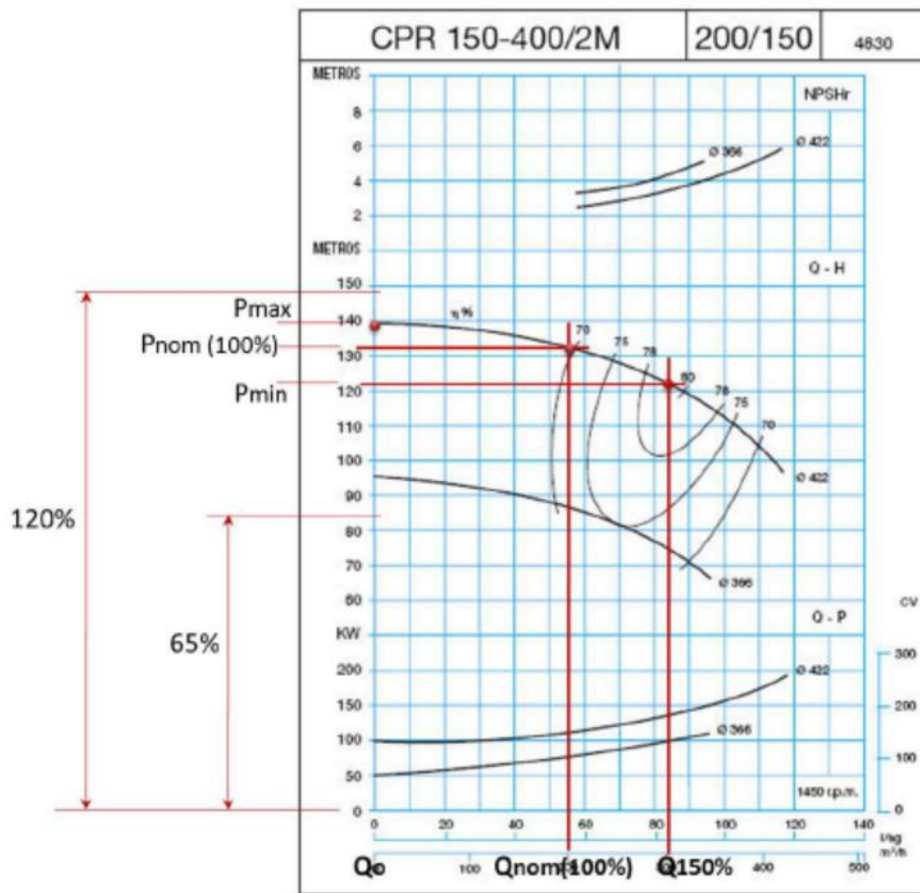


Ilustración 2.6.1.3-2 Curvas de una bomba

### 2.6.1.3.1 MOTOR DE LA BOMBA

Conocidos los datos necesarios, como la altura de impulsión, el caudal necesario y la frecuencia de la red, la potencia absorbida por la bomba viene determinada por:

$$W = \rho g x Q x H / 1000 x \eta \text{ (KW)}$$

Q = Caudal de impulsión

H = altura de impulsión

$\rho$  = Densidad

$\eta$  = rendimiento de la bomba

Ante la posibilidad de variaciones importantes de volumen, ha de elegirse la potencia del motor con arreglo al caudal máximo posible de la curva. En caso de bombas contra incendios un criterio admitido es calcular la potencia del motor para un caudal que sea del 150% del Q o para la máxima capacidad de bombeo de la bomba seleccionada.

## 2.6.2 PREDISEÑO CONDUCCIONES TUBERÍAS

Para poder realizar un prediseño de las tuberías de cada tramo, necesitamos especificar el caudal que circula por las tuberías y debemos establecer unos criterios en cuanto a las velocidades de circulación del agua limitando los valores en función del tipo de tramo. Las velocidades de circulación permitidas en función del tramo de las tuberías se definen en la UNE-EN 12845 y UNE 23500:2012.

Como hipótesis adoptamos que en cada tramo de aspiración circula el caudal equivalente a la activación de uno de los sistemas de extinción.

- Tubería aspiración grupo bombeo

Consideramos una velocidad de aspiración de 1,8 m/s

El caudal en la aspiración vendrá determinado por el caudal de dos de los sistemas de AP  $Q_{asp} = 416 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D_{asp} = 2\sqrt{Q/(v * \pi)} = 286,45 \text{ mm.}$$

Elegiremos por tanto una tubería de Acero negro de 12" o DN 300 que además cumple con el diámetro mínimo para este caudal que debe tener la aspiración según la UNE 23500:2012

| Aspiración positiva (en carga)               |             |                          |                         | Diámetro mínimo    |
|--|-------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Caudal nominal que pasa ( $Q_n$ o $Q_{nb}$ ) |             |                          |                         |                    |
| Más de l/min                                 | Hasta l/min | Más de m <sup>3</sup> /h | Hasta m <sup>3</sup> /h | Tubería aspiración |
| 0  | 366         | 13,0                     | 22,0                    | DN-65              |
| 366  | 550         | 22,0                     | 33,0                    | DN-80              |
| 550  | 867         | 33,0                     | 52,0                    | DN-100             |
| 867  | 1 950       | 52,0                     | 117,0                   | DN-150             |
| 1 950  | 3 450       | 117,0                    | 207,0                   | DN-200             |
| 3 450  | 5 400       | 207,0                    | 324,0                   | DN-250             |
| 5 400  | 8 000       | 324,0                    | 480,0                   | DN-300             |
| 8 000  | 10 500      | 480,0                    | 630,0                   | DN-350             |
| 10 500                                       | 13 500      | 630,0                    | 810,0                   | DN-400             |
| 13 500                                       | 17 000      | 810,0                    | 1 020,0                 | DN-450             |
| 17 000                                       | 21 000      | 1 020,0                  | 1 260,0                 | DN-500             |

Tabla 2.6.1.3-1 Diámetros mínimos en aspiración UNE 23500:12

- Tubería impulsión bomba principal

Para la impulsión de las bombas principales actuamos de la misma forma, pero considerando que la velocidad en la impulsión puede llegar a los 3 m/s

Utilizando la misma fórmula obtenemos un  $D_{imp} = 221,882 \text{ mm.}$

Elegiremos para la impulsión una tubería de acero negro de 10" o DN 250

- Colector para los puestos de control del Sistema de agua pulverizada.

Consideramos una velocidad de circulación del agua de 6 m/s

Aplicando la misma ecuación anterior obtenemos un diámetro de la tubería del colector  $D_{colector} = 192,167 \text{ mm}$

Seleccionamos un colector con un diámetro de 8" o DN 200

- Puestos de control, consideramos una velocidad de 6 m/s para el paso del agua por las válvulas de diluvio. Las válvulas de diluvio tienen dimensiones estándar en 2, 4 y 6". En este caso aplicando la fórmula para esta velocidad obtendríamos un  $D_{int} = 110,94 \text{ mm.}$  Seleccionamos por tanto para esta tubería un DN 150 o 6"
- Ramales alimentación transformadores.

Para el diseño de estos ramales se utilizará el Caudal suministrado por todas las Boquillas y se considerará una velocidad de 8 m/s para la circulación del agua por estos tramos de tuberías.

Igualmente, que en los casos anteriores de la aplicación de la fórmula obtenemos el valor del diámetro de la tubería para los ramales.

En este caso la tubería será de acero galvanizado para el tramo aéreo y de polietileno para el tramo enterrado.  $D_{ramal} = 96,08 \text{ mm}$ .

Seleccionaremos tuberías de acero galvanizado de 5" para la ejecución de estos tramos de tuberías debido a que son los tramos de tubería de mayor longitud. En este tramo además pasamos de tubería aérea en acero galvanizado a tubería enterrada del mismo diámetro en polietileno.

- Anillos agua pulverizada

El diámetro de cada anillo y caudal estará determinado por el caudal que pasa por cada uno de ellos y esto a su vez dependerá del número y tipo de Boquillas que exista en cada ramal.

Por cuestiones constructivas dimensionaremos cada anillo con el mismo diámetro que no se irá reduciendo a pesar de que se irá perdiendo el caudal al paso de cada una de las Boquillas.

Utilizaremos para los cálculos el número de Boquillas y tipo que hemos dimensionado para cada tramo en puntos anteriores de este documento

Tendremos en cuenta el caudal suministrado por cada Boquilla según la presión de descarga en la misma y que ya indicamos en una tabla en puntos anteriores.

| Qb (l/min)                        | P = 2 bar | P = 3 bar | P = 4 bar |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| K = 25,9                          | 36,62     | 44,86     | 51,8      |
| K = 33,1                          | 46,81     | 57,33     | 66,2      |
| K = 59                            | 83,44     | 102,19    | 118       |
| K (l/(min*(bar <sup>0,5</sup> ))) |           |           |           |

Para los cálculos consideraremos el caudal expulsado por las boquillas a la presión de 3 bar

Para el prediseño de los diámetros de tuberías de todos los ramales consideramos una velocidad de 8 m/s.

La configuración en anillo con simetría permite dividir el caudal a la mitad a la hora de realizar los cálculos. Mostramos una aproximación del anillo previsto para los anillos de protección de cada uno de los transformadores.

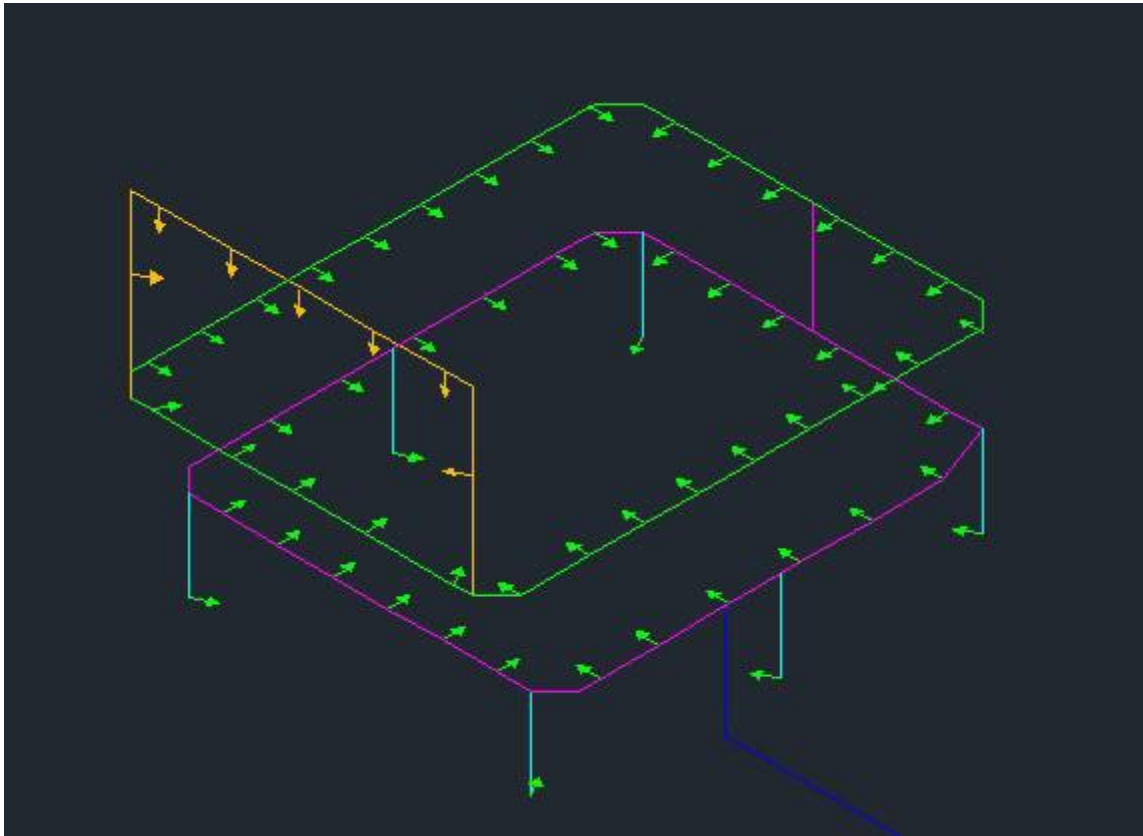


Figure 2.6.1.3-1 Isométrico diseño previsto para protección transformador

- Anillo superior. Consta de 30 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes entre sí, 9 situadas en cada lado de mayor longitud y 6 en los lados de menor longitud. Hay que sumarle el Q que sale por las Boquillas del ramal de protección del depósito de aceite

$$Q_{\text{anillo sup}} = 0,6 \cdot (30 \cdot 33,1 + 6 \cdot 59) \cdot 3^{0,5} = 1.399,84$$

$$D_{\text{int}} = 60,93 \text{ mm}$$

En base a lo anterior seleccionamos para este tramo una tubería de acero galvanizado de diámetro nominal 2 1/2".

- Ramal protección Depósito de aceite. Consta de 6 boquillas VK812 K 59

$$Q_{\text{deposito}} = (6 \cdot 59) \cdot 3^{0,5} = 613,15 \text{ l/min}$$

$$D_{\text{deposito}} = 40,33 \text{ mm}$$

Seleccionamos una tubería de acero galvanizado de 2"

- Anillo inferior. Consta de 26 boquillas VK813 y K 33,1 distribuidas equidistantes entre sí, 7 situadas en cada lado de mayor longitud y 6 en los lados de menor longitud.

$$Q_{\text{anillo inf}} = 60\% \cdot (26 \cdot 57,33 + 8 \cdot Q_{\text{inf traf}}) = 1.109,69 \text{ l/min}$$

$$D_{\text{anillo inf}} = 62,68 \text{ mm}$$

Para este tramo seleccionamos una tubería de acero galvanizado de 2 1/2"

- Ramal protección Inferior. Cada tramo tiene 1 boquilla VK817 K 59

$$Q_{\text{inf traf}} = 1 \cdot 44,86 = 44,86 \text{ l/min}$$

$$D_{\text{inf traf}} = 10,91 \text{ mm}$$

Para estos ramales seleccionamos una tubería de acero galvanizado de 1"

| PREDIMENSIONADO DIÁMETROS TUBERÍAS                             |          |                  |                 |                          |                                     |                              |                                |                                  |  |
|--|----------|------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| VELOCIDADES SEGÚN NORMA UNE 12485, UNE 23506 Y UNE 23500:2012  |          |                  |                 |                          |                                     |                              |                                |                                  |  |
| La fórmula utilizada es: $D_{int} = 2 * (Q / (v * \Pi))^{0.5}$ |          |                  |                 |                          |                                     |                              |                                |                                  |  |
| TRAMO  | Vd (m/s) | Qd tramo (l/min) | Qd tramo (m3/s) | Dinterior calculado (mm) | Dinterior tubería seleccionada (mm) | DN tubería seleccionada (mm) | DN tubería seleccionada (pulg) | Veloc tubería seleccionada (m/s) |  |
| ASPIRACIÓN BOMBA   | 1,8      | 6.830,086        | 0,114           | 283,763                  | 303,180                             | DN 300                       | 12"                            | 1,577                            |  |
| IMPULSIÓN BOMBA  | 3,0      | 6.830,086        | 0,114           | 219,802                  | 254,460                             | DN 250                       | 10"                            | 2,238                            |  |
| COLECTOR COMÚN   | 4,0      | 6.830,086        | 0,114           | 190,354                  | 202,740                             | DN 200                       | 8"                             | 3,526                            |  |
| PUESTOS DE CONTROL   | 6,0      | 3.415,043        | 0,057           | 109,901                  | 154,080                             | DN 150                       | 6"                             | 3,053                            |  |
| RAMALES ALIMENTACIÓN AP ANILLO SUPERIOR + RAMAL DEP. (60% Q)   | 8,0      | 3.415,043        | 0,057           | 95,177                   | 128,200                             | DN 125                       | 5"                             | 4,409                            |  |
| RAMAL DEPOSITO ACEITE  | 8,0      | 1.399,843        | 0,023           | 60,936                   | 62,680                              | DN 65                        | 2 1/2"                         | 7,561                            |  |
| ANILLO INFERIOR + RAMALES INFERIORES                           | 8,0      | 613,146          | 0,010           | 40,329                   | 52,480                              | DN 50                        | 2"                             | 4,724                            |  |
| RAMALES INFERIORES   | 8,0      | 1.109,690        | 0,018           | 54,254                   | 62,680                              | DN 65                        | 2 1/2"                         | 5,994                            |  |
|  | 8,0      | 44,860           | 0,001           | 10,908                   | 26,640                              | DN 25                        | 1"                             | 1,341                            |  |

NOTA: Q anillos superior e inferior calculados para una presión en las boquillas de 3 bar. El Q en anillos simétricos se bifurca y podemos considerar que por un lado pueda pasar como máximo el 60% del Q

Ilustración 2.6.1.3-1 Tabla resumen diámetros tuberías

### 2.6.3 PÉRDIDAS DE CARGA.

Para poder dimensionar el grupo de presión, necesitamos conocer el NSPH requerido de la instalación, para ello debemos calcular las pérdidas de carga en la instalación.

Para ello teóricamente podríamos calcular las pérdidas de carga desde la boquilla en situación más desfavorable (a mayor altura y recorrido) desde la impulsión del grupo de presión, con esto obtenemos el requerimiento más restrictivo, en cuanto a necesidades de presión, que debe ser capaz de suministrar el equipo de bombeo.

- Conocida la presión de descarga de la boquilla, se puede calcular el Q suministrado por la boquilla.
- Se calcula el caudal acumulado
- Se calculan las pérdidas de carga del tramo entre 2 boquillas con la ecuación de Hazen-William, siendo conocidos el diámetro, el caudal, el coeficiente del tipo de tubería y la longitud entre las Boquillas.

$$\Delta_H = 12,10^9 * Q^{1,85} \frac{L_t}{C_H^{1,85} D^{4,87}}$$

- $\Delta_h$  es la pérdida de carga en *m.c.a*
- $Q$  es el caudal en *l/s*
- $L_t$  es la longitud de la tubería en *m*
- $C$  es el coeficiente de rugosidad (adimensional)
- $D$  es el diámetro interno de la tubería en *mm*.

El coeficiente de rugosidad C viene determinado según el tipo de material utilizado, para el caso de tuberías de acero negro, y acero galvanizado utilizamos un coeficiente C = 120



Tabla 2.6.1.3-1 Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

| Material                        | C       | Material           | C       |
|---------------------------------|---------|--------------------|---------|
| Asbesto cemento                 | 140     | Hierro galvanizado | 120     |
| Latón                           | 130-140 | Vidrio             | 140     |
| Ladrillo de saneamiento         | 100     | Plomo              | 130-140 |
| Hierro fundido nuevo            | 130     | Plástico (PE, PVC) | 140-150 |
| Hierro fundido, 10 años de edad | 107-113 | Tubería lisa nueva | 140     |
| Hierro fundido, 20 años de edad | 89-100  | Acero nuevo        | 140-150 |
| Hierro fundido, 30 años de edad | 75-90   | Acero              | 130     |
| Hierro fundido, 40 años de edad | 64-83   | Acero rolado       | 110     |
| Concreto                        | 120-140 | Lata               | 130     |
| Cobre                           | 130-140 | Madera             | 120     |
| Hierro dúctil                   | 120     | Hormigón           | 120-140 |

Para calcular la pérdida de carga de los accesorios se considera la longitud equivalente de estos en función del diámetro de la tubería considerada. La norma UNE 12485 proporciona la siguiente tabla.

| Accesorios y válvulas   | Longitud equivalente de tubo recto de acero (C = 120) <sup>a</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|   | m  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|   | Diámetro nominal (mm)  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|   | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   | 65   | 80   | 100  | 150  | 200  | 250  |  |
| Codo roscado 90° (normalizado)                                | 0,76   | 0,77 | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,9  | 2,4  | 3,0  | 4,3  | 5,7  | 7,4  |  |
| 90° Codo soldado<br>(r/d = 1,5)                               | 0,30   | 0,36 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,88 | 1,1  | 1,4  | 2,0  | 2,6  | 3,4  |  |
| Codo roscado 45° (normalizado)                                | 0,34   | 0,40 | 0,55 | 0,66 | 0,76 | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 2,3  | 3,1  | 3,9  |  |
| Te roscada normal o cruz<br>(con cambio de sentido del flujo) | 1,3  | 1,5  | 2,1  | 2,44 | 2,9  | 3,8  | 4,8  | 6,1  | 8,6  | 11,0 | 14,0 |  |
| Válvula de compuerta - inmediata-<br>mente                    | -  | -    | -    | -    | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,81 | 1,1  | 1,5  | 2,0  |  |
| Válvula de alarma o retención<br>(con clapeta)                | -  | -    | -    | -    | 2,4  | 3,2  | 3,9  | 5,1  | 7,2  | 9,4  | 12,0 |  |
| Válvula de alarma o retención<br>(con seta)                   | -  | -    | -    | -    | 12,0 | 19,0 | 19,7 | 25,0 | 35,0 | 47,0 | 62,0 |  |
| Válvula de mariposa   | -  | -    | -    | -    | 2,2  | 2,9  | 3,6  | 4,6  | 6,4  | 8,60 | 9,9  |  |
| Válvula de esfera   | -  | -    | -    | -    | 16,0 | 21,0 | 26,0 | 34,0 | 48,0 | 64,0 | 84,0 |  |

<sup>a</sup> Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tubos con diferentes valores C multiplicando por los siguientes factores:

|        |       |      |      |      |      |
|--------|-------|------|------|------|------|
| C      | 100   | 110  | 120  | 130  | 140  |
| Factor | 0,714 | 0,85 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |

Tabla 2.6.1.3-2 Longitudes equivalentes accesorios UNE 12485

La norma UNE 23500 proporciona la siguiente tabla.

| Accesorios<br>y<br>Válvulas   | Longitud equivalente de tubería recta de acero en m (C = 120) (*) |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |
|---|---|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
|   | Diámetro nominal del accesorio en mm                              |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |
|   | 65  | 80   | 100  | 150  | 200  | 250 | 300 | 350 | 400  | 450  | 500  |
| Codo roscado 90° (normalizado)  | 1,9   | 2,4  | 3,0  | 4,3  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Codo roscado 45° (normalizado)  | 1,0   | 1,3  | 1,6  | 2,3  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Codo soldado o con bridas 90°<br>(r/d = 1,5)  | 0,9   | 1,1  | 1,4  | 2,0  | 2,6  | 3,4 | 4,3 | 5,3 | 6,5  | 8,0  | 10,0 |
| Codo soldado o con bridas 45°<br>(r/d = 1,5)  | 0,6   | 0,7  | 0,9  | 1,3  | 1,8  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5  | 4,5  | 6,0  |
| Te roscada normal   | 3,8   | 4,8  | 6,1  | 8,6  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Te soldada o con bridas   | 1,8   | 2,2  | 2,8  | 4,0  | 5,0  | 6,4 | 8,0 | 9,8 | 12,0 | 14,5 | 17,5 |
| Reducción excéntrica roscada  | 0,9   | 1,1  | 1,4  | 2,0  | 2,6  | 3,4 | 4,3 | 5,3 | 6,5  | 8,0  | 10,0 |
| Reducción excéntrica soldada o<br>con bridas  | 0,6   | 0,7  | 0,9  | 1,3  | 1,8  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5  | 4,5  | 6,0  |
| Válvula de compuerta roscada  | 1,1   | 1,3  | 1,7  | 2,4  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Válvula de compuerta soldada o<br>con bridas  | 0,5   | 0,6  | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 2,0 | 2,8 | 4,0 | 5,5  | 7,5  | 10,0 |
| Válvula de mariposa entre<br>bridas   | 0,3   | 0,4  | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 1,3 | 1,7 | 2,2 | 2,9  | 4,0  | 5,5  |
| Válvula de retención roscada  | 1,3   | 1,6  | 2,0  | 2,9  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Válvula de retención soldada o<br>con bridas  | 0,6   | 0,7  | 1,0  | 1,3  | 1,8  | 2,4 | 3,4 | 4,8 | 6,6  | 9,0  | 12,0 |
| Válvula de pie roscada  | 1,6   | 1,9  | 2,4  | 3,5  | —    | —   | —   | —   | —    | —    | —    |
| Válvula de pie soldada o con<br>bridas  | 0,7   | 0,8  | 1,2  | 1,6  | 2,2  | 2,9 | 4,1 | 5,8 | 8,0  | 11,0 | 15,0 |
| (*) Para otros materiales de tubería se debe multiplicar la longitud equivalente de la tabla por el factor indicado debajo, en función del coeficiente C: |   |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |
| C   | 100   | 110  | 120  | 130  | 140  |     |     |     |      |      |      |
| Factor  | 0,714   | 0,83 | 1,00 | 1,16 | 1,33 |     |     |     |      |      |      |

Ilustración 2.6.1.3-1 Longitudes equivalentes de los accesorios UNE 23500-2012

- Se suma la pérdida calculada a la presión inicial y se comienza con el mismo proceso.
- Una vez calculados las presiones y caudales del anillo, se procede a calcular hasta la unión de los 2 anillos.
- Debe considerarse el hecho de que el anillo inferior está a una cota más baja que el superior por lo que habrá que compensar esta diferencia de presiones.

$$Q_{anillo\ inf} = Q_{anillo\ sup} \sqrt{(P_{sup}/P_{inf})}$$

- Para los cálculos de pérdida de carga hay que tener en cuenta las longitudes equivalentes de los distintos elementos de la red de distribución, como codos, reducciones, válvulas, filtros...

| DN (pulg) | DN (mm) | Dext (mm) | esp (mm) | Dint (mm) |
|-----------|---------|-----------|----------|-----------|
| 1"        | 25      | 33,40     | 3,38     | 26,64     |
| 1 1/2"    | 40      | 48,30     | 3,68     | 40,94     |
| 2"        | 50      | 60,30     | 3,91     | 52,48     |
| 2 1/2"    | 65      | 73,00     | 5,16     | 62,68     |
| 3"        | 80      | 88,90     | 5,49     | 77,92     |
| 4"        | 100     | 114,30    | 6,02     | 102,26    |
| 5"        | 125     | 141,30    | 6,55     | 128,20    |
| 6"        | 150     | 168,30    | 7,11     | 154,08    |
| 8"        | 200     | 219,10    | 8,18     | 202,74    |
| 10"       | 250     | 273,00    | 9,27     | 254,46    |
| 12"       | 300     | 323,80    | 10,31    | 303,18    |

Ilustración 2.6.1.3-2 Diámetros tuberías acero STD 40

### 2.6.3.1 CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA REALIZADOS

Realizamos los cálculos aplicando las formas y la metodología que aparece en las normas UNE 23503 “Sistemas fijos de agua pulverizada. Diseño” y UNE 23506 “Sistemas fijos de agua pulverizada. Planos y cálculos”

La hipótesis de partida es considerar una presión mínima dentro del rango de funcionamiento idóneo de las Boquillas, según el fabricante y seleccionando aquella boquilla que está un punto más desfavorable desde el punto de vista hidráulico y que se corresponderá normalmente con la más alejada al grupo de bombeo.

En este caso será el transformador 4, que es el situado más a la izquierda del grupo de bombeo.

La presión en las Boquillas debe estar entre 2 y 4,1 bar que es el rango de presiones recomendado por fabricantes, aunque podrían trabajar a presiones hasta 10 bar.

$$AH_{bomb} = AH_{geome} + AH_{fricción} + P_{minboq}$$

Las pérdidas por fricción las calculamos utilizando las fórmulas anteriormente reseñadas, teniendo en cuenta al tramo de tubería desde la boquilla más desfavorable hasta la impulsión de la bomba, incluyendo las longitudes equivalentes de los accesorios.

Como hipótesis adoptaremos, al ser los anillos simétricos, que el caudal se bifurca al 50% a cada lado. Por tanto, estudiaremos la pérdida de carga desde la boquilla más desfavorable hasta la aspiración de la bomba como si se tratara de un ramal abierto, no considerándolo por tanto como un Sistema mallado. Esto lo hacemos como una primera aproximación para poder estimar la altura requerida por la bomba y poder seleccionar un modelo.

Tablas de resultados obtenidos en los distintos tramos estudiados. El nodo A es el que consideramos como más desfavorable hidráulicamente al ser el más alejado y estar situado a mayor altura.

#### 2.6.3.1.1 RESULTADOS CÁLCULOS APROXIMADOS

Analizamos el circuito más desfavorable hidráulicamente por estar más alejado del grupo de bombeo, y dentro de ese tramo nos vamos al punto más alejado. Solo analizamos el circuito necesario para el cálculo de la pérdida de carga de la red hasta la bomba.

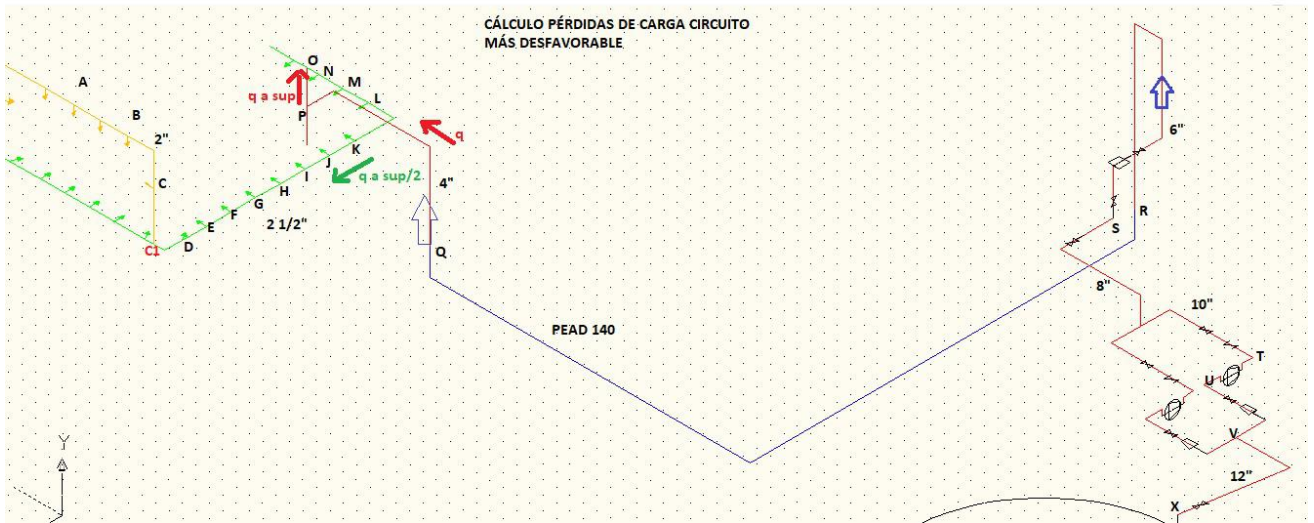


Ilustración 2.6.3.1-1 Cálculo pérdidas instalación

Presentamos los resultados obtenidos en las siguientes tablas. En los puntos donde hay bifurcación de caudales calculamos las presiones por varios caminos e igualamos las presiones. Igualmente en estos puntos aplicamos la ecuación de continuidad.

Los diámetros interiores utilizados para los cálculos son los mostrados en la tabla 2.1.6.3-2

2.6.3.1.1.1 TRAMO A-Q

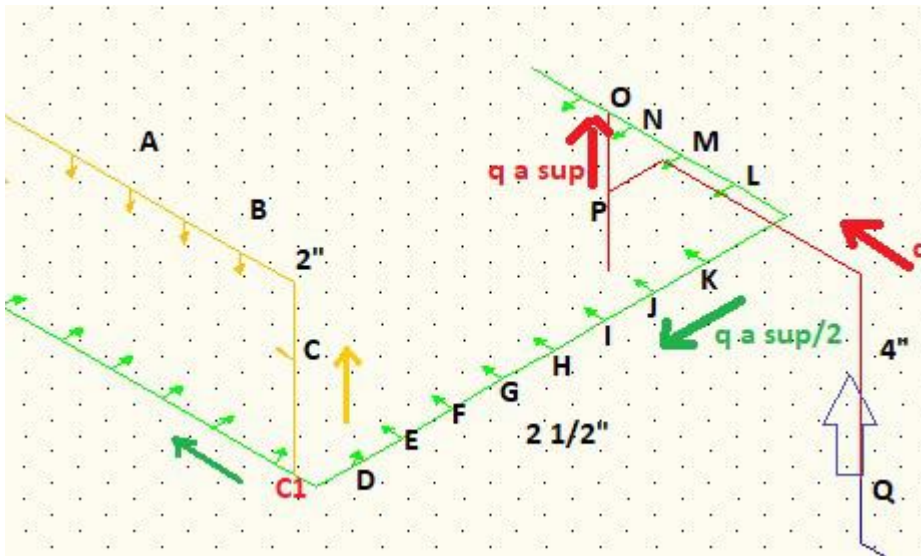


Ilustración 2.6.3.1-2 Tramo A-Q



| TRAMO |   | Q (l/min) | Qr (l/min)        | DN | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |  |
|-------|---|-----------|-------------------|----|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|--|
| De    | A |           |                   |    |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |  |
| EN A  |   | 93,287    | HIPOTESIS INICIAL |    |           |              |         |                                     | 59                   |             |       |        |           | 2,5000        |                     |              |               |  |
| B     | A | 93,287    | 93,317            | 2" | 52,48     | 120          | 1       | 59                                  |                      |             |       | 1,000  | 2,5016    | 0,0016        |                     |              | 2,5016        |  |
| C     | B | 186,634   | 96,461            | 2" | 52,48     | 120          | 2,5     | 59                                  | codo 90°             | 1 1/2"      | 1     | 1,22   | 3,720     | 2,6730        | 0,0214              | 0,150        | 2,6730        |  |
| C1    | C | 283,065   |                   | 2" | 52,48     | 120          | 1,5     | 59                                  |                      |             |       |        | 1,500     |               | 0,0187              | 0,150        | 2,8417        |  |

En el nodo C1 tenemos:

$$Qc1-c = 283,065$$

$$Qd-c1 = Qc1-c + Qc1-anillo$$

SI HACEMOS LO MISMO PARA EL RAMAL TRAMO C1-ANILLO (HASTA LA 3ª BOQUILLA DEL ANILLO POR SIMETRÍA)

| TRAMO |    | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN     | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|----|-----------|------------|--------|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A  |           |            |        |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| EN C4 |    | 52,336    |            |        |           |              |         | 33,1                                |                      |             |       |        | 2,5000    |               |                     |              |               |
| C3    | C4 | 52,336    | 52,338     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,5002    | 0,0002        |                     |              | 2,5002        |
| C2    | C3 | 104,674   | 52,346     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,5010    | 0,0008        |                     |              | 2,5010        |
| C1    | C2 | 157,020   | 157,020    | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,53    | 33,1                                |                      |             |       | 0,530  |           | 0,0009        |                     |              | 2,5019        |

NO SE IGUALAN LAS PRESIONES EN EL NODO D. DEBEMOS SEGUIR HACIENDO CORRECCIONES

Hacemos la siguiente corrección para igualar presiones. ITERACIÓN 2

| TRAMO |    | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN     | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|----|-----------|------------|--------|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A  |           |            |        |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| EN C4 |    | 54,116    |            |        |           |              |         |                                     |                      |             |       |        | 2,6730    |               |                     |              |               |
| C3    | C4 | 54,116    | 54,119     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,6732    | 0,0002        |                     |              | 2,6732        |
| C2    | C3 | 108,235   | 54,127     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,6741    | 0,0008        |                     |              | 2,6741        |
| C1    | C2 | 162,362   | 162,362    | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,53    | 33,1                                |                      |             |       | 0,530  |           | 0,0010        |                     |              | 2,6751        |

NO SE IGUALAN LAS PRESIONES EN EL NODO D

Hacemos la siguiente corrección para igualar presiones. ITERACIÓN 3

| TRAMO |    | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN     | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|----|-----------|------------|--------|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A  |           |            |        |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| EN C4 |    | 55,777    |            |        |           |              |         |                                     |                      |             |       |        | 2,8396    |               |                     |              |               |
| C3    | C4 | 55,777    | 55,780     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,8399    | 0,0002        |                     |              | 2,8399        |
| C2    | C3 | 111,559   | 55,788     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,95    | 33,1                                |                      |             |       | 0,950  | 2,8407    | 0,0009        |                     |              | 2,8407        |
| C1    | C2 | 167,345   | 167,345    | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,53    | 33,1                                |                      |             |       | 0,530  |           | 0,0011        |                     |              | 2,8418        |

PODEMOS DAR POR VÁLIDOS LOS VALORES OBTENIDOS EN ESTA ITERACIÓN

El Caudal que sale por Qc1-anillo = 167,345 l/min

$$Qc1-c = 283,065$$

$$Qd-c1 = Qc1-c + Qc1-anillo = 167,345 + 283,065 = 450,41 \text{ l/min}$$

Para el tramo E-D por tanto el Caudal será = 152,02 + 97,78 = 250,8 l/min

| TRAMO |    | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN     | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|----|-----------|------------|--------|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A  |           |            |        |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| EN C1 |    | 450,410   |            | 2 1/2" | 62,68     |              |         | 33,1                                |                      |             |       |        |           |               |                     |              | 2,8418        |
| D     | C1 | 450,410   | 56,128     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,82    | 33,1                                | Codo 90°             | 2 1/2"      | 1     | 1,9    | 2,720     | 2,8754        | 0,0337              |              | 2,8754        |
| E     | D  | 506,538   | 56,302     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 1,16    | 33,1                                |                      |             |       |        | 1,160     | 2,8933        | 0,0178              |              | 2,8933        |
| F     | E  | 562,840   | 56,471     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 2,9107        | 0,0174              |              | 2,9107        |
| G     | F  | 619,311   | 56,672     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 2,9314        | 0,0207              |              | 2,9314        |
| H     | G  | 675,982   | 56,907     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 2,9558        | 0,0244              |              | 2,9558        |
| I     | H  | 732,889   | 57,179     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 2,9841        | 0,0283              |              | 2,9841        |
| J     | I  | 790,068   | 57,490     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 3,0166        | 0,0325              |              | 3,0166        |
| K     | J  | 847,557   | 57,842     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 3,0537        | 0,0371              |              | 3,0537        |
| L     | K  | 905,399   | 59,099     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 1,08    | 33,1                                | Codo 90°             | 2 1/2"      | 1     | 1,9    | 2,980     | 3,1879        | 0,1342              |              | 3,1879        |
| M     | L  | 964,498   | 59,719     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 1,33    | 33,1                                |                      |             |       |        | 1,330     | 3,2552        | 0,0673              |              | 3,2552        |
| N     | M  | 1.024,217 | 60,200     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 3,3078        | 0,0526              |              | 3,3078        |
| O     | N  | 1.084,417 | 60,729     | 2 1/2" | 62,68     | 120          | 0,93    | 33,1                                |                      |             |       |        | 0,930     | 3,3662        | 0,0585              |              | 3,3662        |

En el punto O, tenemos un Caudal Q = 1.084,417 l/min que fluye por el anillo en sentido de las agujas del reloj. Además en este punto hemos calculado una presión de 3,3662

En este punto nos encontramos con el ramal de alimentación que une el anillo superior e inferior y que además viene del puesto de control.

Hemos supuesto que hay simetría en la circulación de Caudales, por lo que en el tramo P-O circularía con esta hipótesis 2\*1.084,417 l/min

| TRAMO |   | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|---|-----------|------------|----|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A |           |            |    |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| P     | O | 2.168,833 | 2.168,833  | 4" | 102,26    | 120          | 1,25    |                                     | Codo 90°             | 4"          | 1     | 3      | 4,250     |               | 0,0888              | 0,125        | 3,5800        |

A partir del Nodo P tendremos en cuenta el Q total de diseño para el sistema completo de AP de un transformador Q = 3.415,043 l/min hasta llegar al Colector de los puestos de control

| TRAMO |   | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquilla<br>k (l / min*ba<br>r^0.5) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|---|-----------|------------|----|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A |           |            |    |           |              |         |                                     | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| Q     | P | 3.415,043 |            | 4" | 102,26    | 120          | 1       |                                     | Codo 90°             | 4"          | 1     | 3      | 4,000     |               | 0,1936              |              | 3,7736        |
|       |   | 3.415,043 |            | 4" | 102,26    | 120          | 6       |                                     | Codo 90°             | 4"          | 1     | 3      | 9,000     |               | 0,4355              |              | 4,2091        |
|       |   | 3.415,043 |            | 4" | 102,26    | 120          | 4,5     |                                     | T                    | 4"          | 1     | 6,1    | 10,600    |               | 0,5130              | 0,450        | 5,1721        |

Ilustración 2.6.3.1-3 Resultados A-Q

A partir del punto Q pasamos a tubería de polietileno de Alta densidad subterránea para cruzar el vial que separa a los transformadores de la zona donde se han ubicado los puestos de control.

2.6.3.1.1.2 TRAMO Q-S1

El tramo Q-S1 comprende desde la tubería enterrada, hasta el colector de los puestos de control



Ilustración 2.6.3.1-4 Tramo Q-S1

| TRAMO |   | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN     | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l / min*bar <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|-------|---|-----------|------------|--------|-----------|--------------|---------|--|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De    | A |           |            |        |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| R     | Q | 3.415,043 |            | 160 mm | 130,8     | 150          | 1,2     |  | Codo 90°             | 6"          | 3     | 3,99   | 13,170    |               | 0,1272              | 0,120        | 5,4193        |
|       |   | 3.415,043 |            | 160 mm | 130,8     | 150          | 24      |  |                      |             |       |        | 24,000    |               | 0,2318              |              | 5,6511        |
|       |   | 3.415,043 |            | 160 mm | 130,8     | 150          | 1       |  |                      |             |       |        | 1,000     |               | 0,0097              | -0,100       | 5,5607        |

VOLVEMOS A TRAMO AÉREO CON TUBERÍA ACERO GALVANIZADO 6"

| TRAMO  |   | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l / min*bar <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|--|---|-----------|------------|----|-----------|--------------|---------|--|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| De   | A |           |            |    |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| S  | R | 3.415,043 |            | 6" | 154,08    | 120          | 11      |  | Codo 90°             | 6"          | 4     | 4,3    | 49,100    |               | 0,3227              |              | 5,8835        |
| EL PUNTO S CORRESPONDE A LA INTERSECCIÓN DEL PUESTO DE CONTROL DE UN SISTEMA DE AP CON EL COLECTOR COMÚN DE IMPULSIÓN DE LOS 4 SISTEMAS DE DILUVIO DE LOS TRAFOS |   |           |            |    |           |              |         |  | Válvula Compuerta    | 6"          | 2     | 1,1    |           |               |                     |              |               |
|  |   |           |            |    |           |              |         |  | Válvula Diluvio      | 6"          | 1     | 10,1   |           |               |                     |              |               |
|  |   |           |            |    |           |              |         |  | T                    | 6-8"        | 1     | 8,6    |           |               |                     |              |               |
|  |   |           |            |    |           |              |         |  |                      |             |       |        |           |               |                     |              |               |

Analizamos ahora el colector de los 4 puestos de control, hasta la conexión con el colector de impulsión del grupo de bombeo. Por aquí circulará todo el caudal calculado en anteriores apartados Q = 6.961,76 l/min

| TRAMO    |       | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l / min*bar <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|----------|-------|-----------|------------|----|-----------|--------------|---------|--|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| Dede     | Hasta |           |            |    |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| S1       | S     | 6.830,086 |            | 8" | 202,74    | 120          | 12      |  | Codo 90°             | 8"          | 1     | 2,6    | 42,600    | -             | 0,2652              |              | 6,1487        |
| COLECTOR |       |           |            |    |           |              |         |  | Válvula compuerta    | 8"          | 2     | 1,5    |           |               |                     |              |               |
|          |       |           |            |    |           |              |         |  | T                    | 8"          | 5     | 5      |           |               |                     |              |               |

Ilustración 2.6.3.1-5 Resultados Q-S1



2.6.3.1.1.3 TRAMO S1-X

Este tramo va desde la aspiración en el depósito hasta la conexión de la impulsión de las bombas al colector

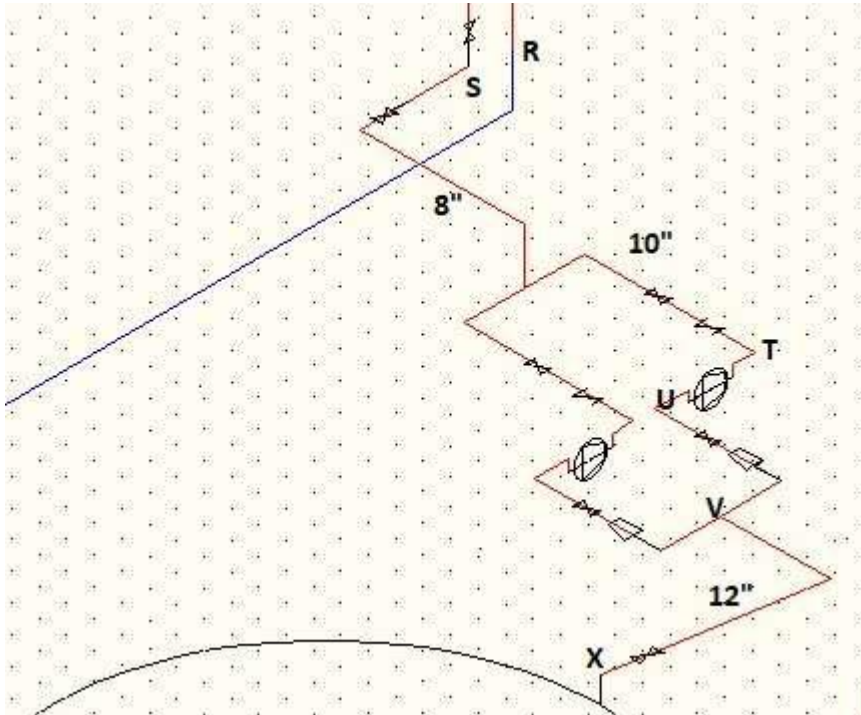


Ilustración 2.6.3.1-6 Tramo S1-X

| TRAMO              |       | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN  | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l/min <sup>0.5</sup> ba r <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
|--------------------|-------|-----------|------------|-----|-----------|--------------|---------|--|----------------------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| Dede               | Hasta |           |            |     |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| S1                 | S     | 6.830,086 |            | 8"  | 202,74    | 120          | 12      |  | Codo 90°             | 8"          | 1     | 2,6    | 42,600    | -             | 0,2652              |              | 6,1487        |
| COLECTOR           |       |           |            |     |           |              |         |  | Válvula compuerta    | 8"          | 2     | 1,5    |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | T                    | 8"          | 5     | 5      |           |               |                     |              |               |
| TRAMO              |       | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN  | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l/min <sup>0.5</sup> ba r <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
| Dede               | Hasta |           |            |     |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| T                  | S1    | 6.830,086 |            | 10" | 254,46    | 120          | 6       |  | Codo 90°             | 10"         | 2     | 3,4    | 25,200    | -             | 0,0519              |              | 6,2005        |
| IMPULSIÓN BOMBA 1  |       |           |            |     |           |              |         |  | Válvula compuerta    | 10"         | 1     | 2      |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | Válvula Retención    | 10"         | 1     | 2,4    |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | T                    | 8"          | 1     | 8      |           |               |                     |              |               |
| TRAMO              |       | Q (l/min) | Qr (l/min) | DN  | Dint (mm) | C (coef H-W) | L (mts) | boquillas<br>k (l/min <sup>0.5</sup> ba r <sup>0.5</sup> ) | Tubería y Accesorios |             |       |        | L+Leq (m) | Presión (bar) |                     |              |               |
| De                 | A     |           |            |     |           |              |         |  | Tipo                 | Dim. (pulg) | Cant. | Le (m) |           | Pboq (bar)    | Perd fricción (bar) | H geom (bar) | Pt nodo (bar) |
| X                  | U     | 6.830,086 |            | 12" | 303,18    | 120          | 10      |  | Codo 90°             | 12"         | 3     | 4,3    | 36,400    | -             | 0,0319              | 0,100        | 6,3325        |
| ASPIRACIÓN BOMBA 1 |       |           |            |     |           |              |         |  | Válvula compuerta    | 12"         | 2     | 2      |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | Reducción excéntrica | 12"         | 1     | 2,5    |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | Filtro en Y          | 12"         | 1     | 2      |           |               |                     |              |               |
|                    |       |           |            |     |           |              |         |  | T                    | 12"         | 1     | 5      |           |               |                     |              |               |

Con los datos obtenidos podemos hacer una preselección del grupo de presión de agua contra incendio. Una vez definidos todos los equipos del Sistema con estas aproximaciones, se calculará la red completa mediante un software informático y en función de los resultados obtenidos se harán los ajustes correspondientes en la red de PCI.

Los cálculos hidráulicos se realizarán con el programa informático de cálculo de redes hidráulicas, EPANET.

## 2.6.4 SELECCIÓN GRUPO DE BOMBEO

Los datos obtenidos y calculados, así como los requerimientos necesarios para el dimensionamiento del grupo de presión son los siguientes:

- La Fuente de abastecimiento es un depósito situado sobre la superficie construido mediante chapa de acero y de dimensiones 9,906 mts de diámetro interior y altura 6,002 m.
- La aspiración del grupo de presión está en carga
- Seleccionamos un grupo con bombas horizontales.
- Seleccionamos un grupo doble con dos bombas principales con motor eléctrico y diésel, ambos de forma individual deben ser capaces de suministrar todo el caudal requerido en las condiciones de presión necesarias. Llevará incorporado también el grupo una bomba jockey, aunque esta no sería necesaria puesto que está enfocada a equilibrar las presiones en la red debido a fugas en el circuito.
- El Q de refrigeración para el grupo diésel será del 2% del Qn
- Dado que el Sistema es único, deberá dimensionarse para suministrar el caudal necesario calculado para la hipótesis de descarga de 2 de los sistemas de diluvio.
- Hay que tener en cuenta cuál será la máxima presión demandada en el Sistema en la zona más desfavorable
- Suponemos que los sistemas van a actuar de la misma forma por lo que conocido el dato de presión podemos calcular un K equivalente de la instalación de la siguiente forma:

$$K_{equivalentei} = Demanda_i / \sqrt{P_{maxnecesaria}}$$

- El Sistema más desfavorable, el que se encuentre más lejos de la zona de bombas reciba la presión mínima necesaria para actuar.
- A caudal cero la presión no será superior al 130% de la presión nominal
- A caudal 140% del nominal la presión no será inferior al 70% de la presión nominal
- El motor de la bomba deberá dimensionarse, al menos, para cumplir el puno del 140% del caudal nominal, y en todo caso, se dimensionará para la potencia máxima absorbida por la bomba al final de su curva.
- En la línea de aspiración la velocidad del agua no será superior a 1,8 m/s
- Sistema de abastecimiento Superior tipo C1: Depósito A + Grupo de bombeo Doble
- Q nominal grupo principal bombeo: 6.960,76 l/min
- Pérdidas de carga + P geométrica en la aspiración de la bomba: 5,97 bar
- NPSHd para Qn debe ser > 5 mca
- NPSHd para 1,4 Qn > NPSRr + 1
- Reducción del NPSHd por aumento de temperatura:
  - Hasta 20 °C : 0.24 m
  - Hasta 25 °C: 0.32 m
  - Hasta 30 °C: 0.43 m
  - Hasta 35 °C: 0.57 m
  - Hasta 40 °C: 0.75 m

### 2.6.4.1.1 CURVA H-Q INSTALACIÓN

$$NPSH_d = P_e + P_b - P_v + V^2_e - H_g - H_{perd}$$

$P_e$  = P estática en mca de agua a la entrada de la brida de aspiración de la bomba

$P_b$  = P atmosférica en mca. Tomamos como valor 10 mca a nivel del mar

$P_v$  = P vapor en mca a una temperatura determinada

$V_e^2$  = Velocidad en el tubo de aspiración en m/s

$g$  = aceleración de la gravedad con valor 9,81 m/s<sup>2</sup>

$H_g$  = diferencia de cotas entre el punto de aspiración y bomba en mca

$H_{perd}$  = pérdidas por fricción en el circuito de aspiración.

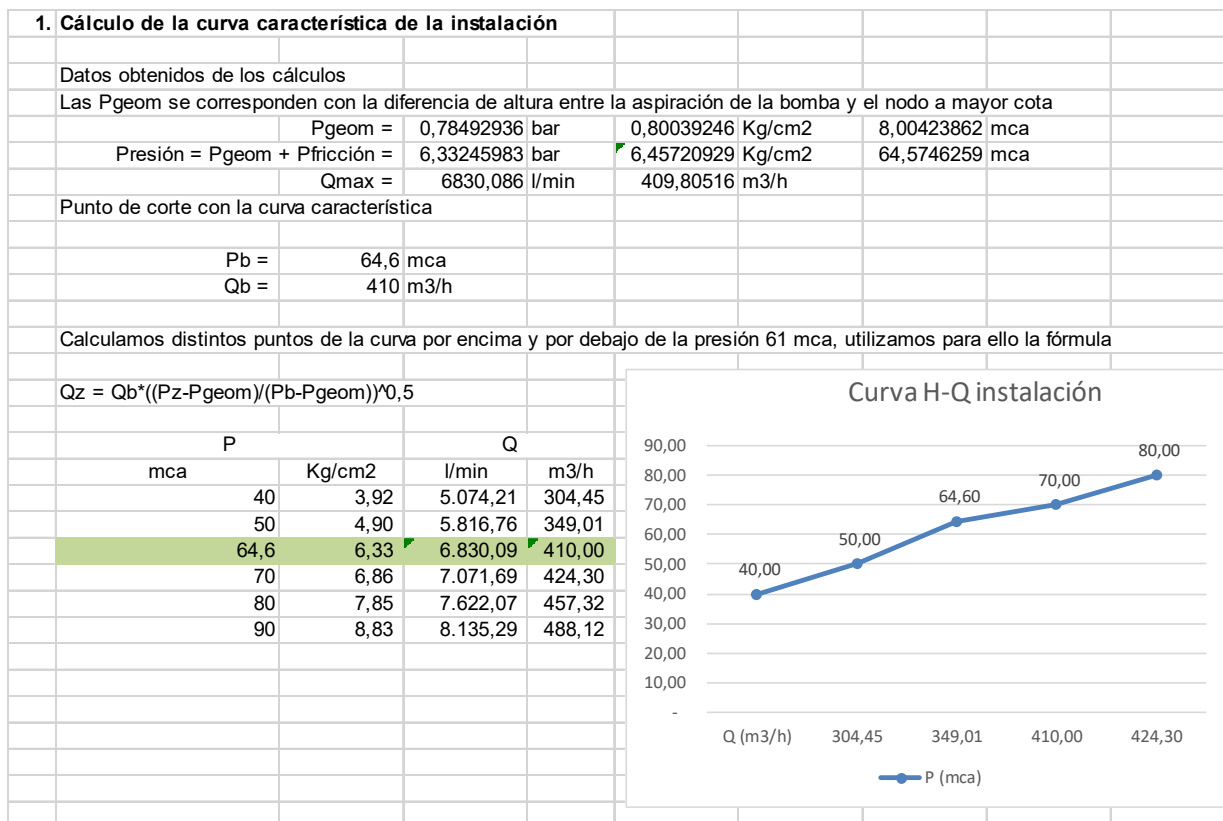
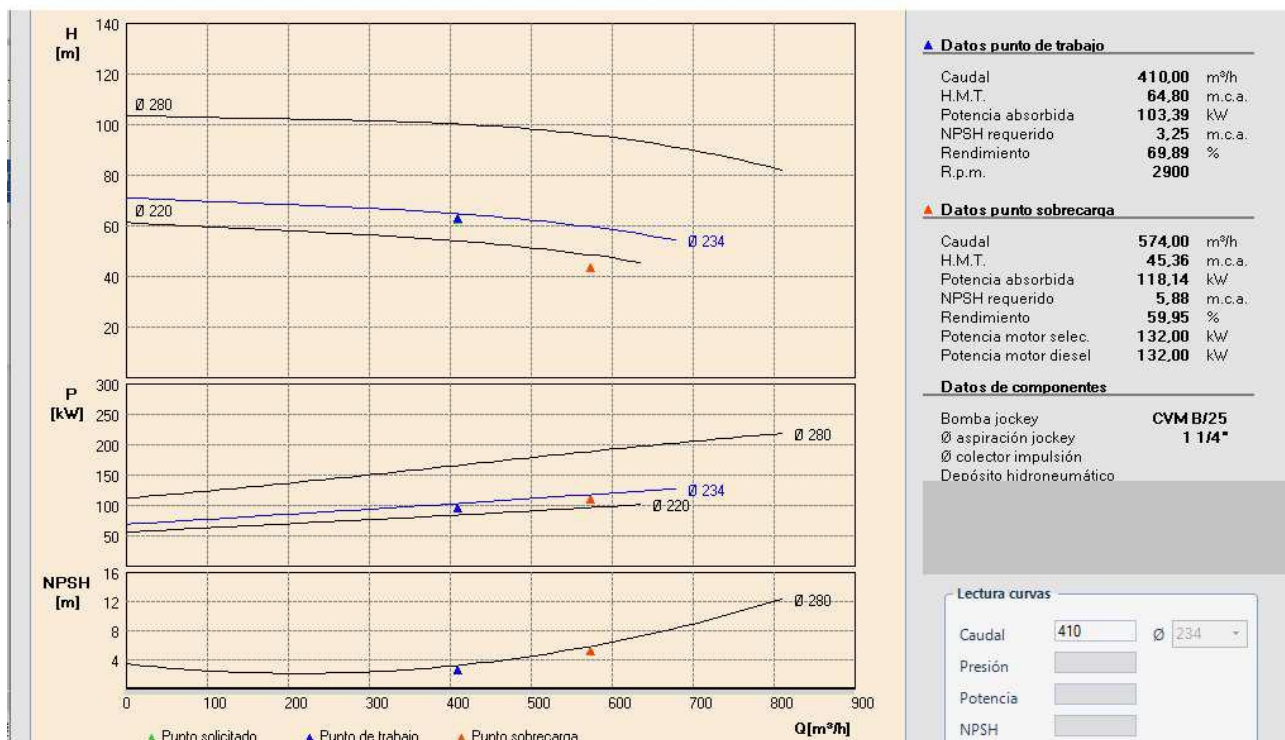


Ilustración 2.6.3.1-1 Curva H-Q instalación

### 2.6.4.1.2 SELECCIÓN EQUIPO

Para los puntos de trabajo anteriores seleccionamos un grupo de bombeo de configuración comercial con bomba eléctrica + diésel + jockey. Realmente no sería necesaria la instalación de la jockey porque al ser un Sistema aislado entendemos que es lo suficientemente pequeño para que la bomba jockey no tenga que actuar ante pérdidas puntuales de presión en la red, por fugas, apertura de bies o hidrantes etc. En este caso la consideramos al haber seleccionado un equipo estándar fabricado según norma UNE 23500:12

El fabricante del grupo de PCI es Ebara y el modelo seleccionado es el AFU 12-SPLT-150-250/132EDJ. Sus características están descritas en el punto



### 2.6.4.1.3 COMPROBACIONES

Mostramos, según la curva H-Q del grupo CI seleccionado varios puntos de funcionamiento.

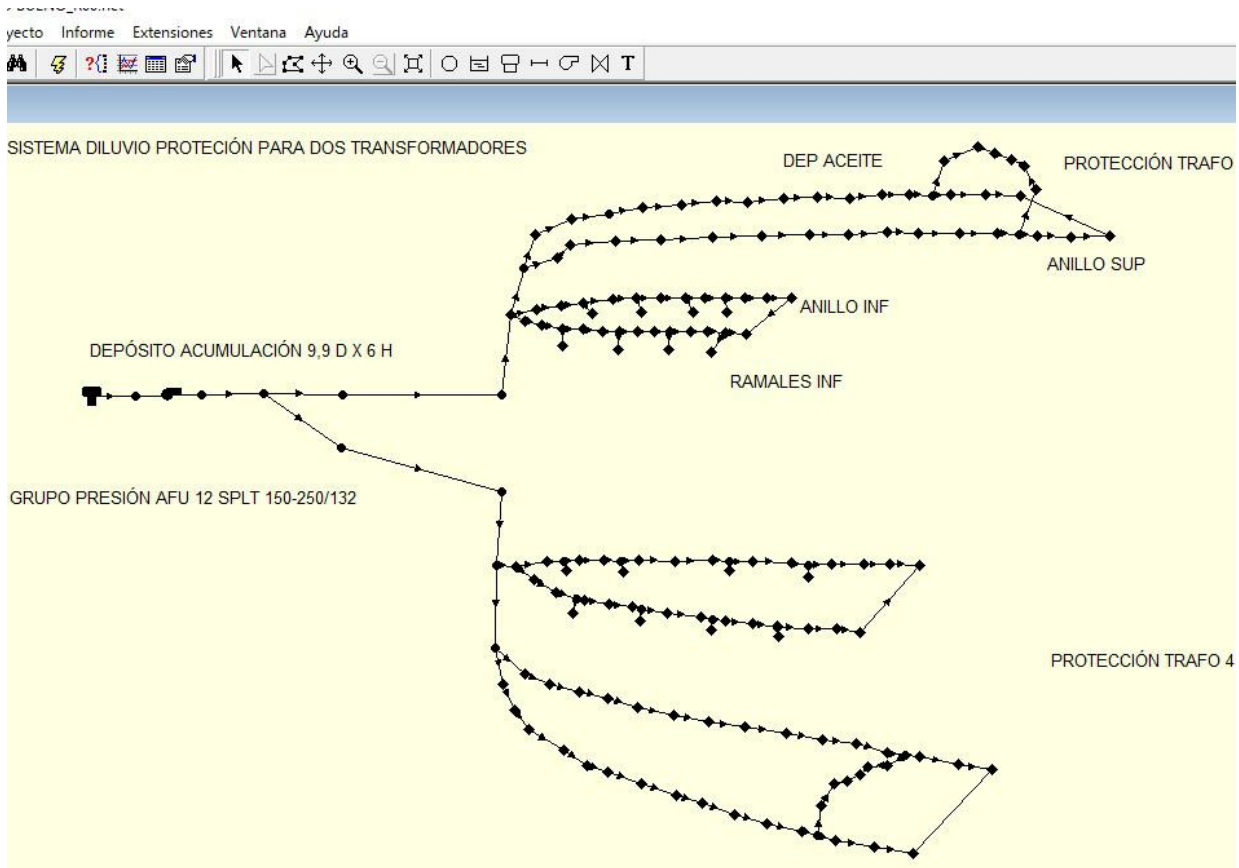
| 2. Puntos Curva característica de la bomba |         |                       |        |           |          |  |
|--|---------|-----------------------|--------|-----------|----------|--|
| PUNTOS TRABAJO                             | P (mca) | Q (m <sup>3</sup> /h) | W (KW) | NPSHr (m) | Rend (%) |  |
| PTO NOMINAL                                | 64,8    | 410                   | 103,39 | 3,25      | 69,89    |  |
| SOBRECARGA (1,4Qn)                         | 45,36   | 574                   | 118,14 | 5,88      | 59,95    |  |
| Q = 0                                      | 71,17   | 0                     | 69,21  | 3,44      |          |  |

Observamos que se trata de una Curva no sobrecargable, aunque en el punto de trabajo nominal el rendimiento no es excesivamente Bueno. Sin embargo, recordemos que se ha supuesto para el Qn la activación de 2 de los sistemas de AP, lo cual no debe ser una situación probable.

Con el equipo seleccionado evitamos en cualquier caso el riesgo de cavitación, esto es debido a que los valores de NPSHd son siempre mayores que los valores de NPSHr por la bomba en los distintos puntos de funcionamiento.

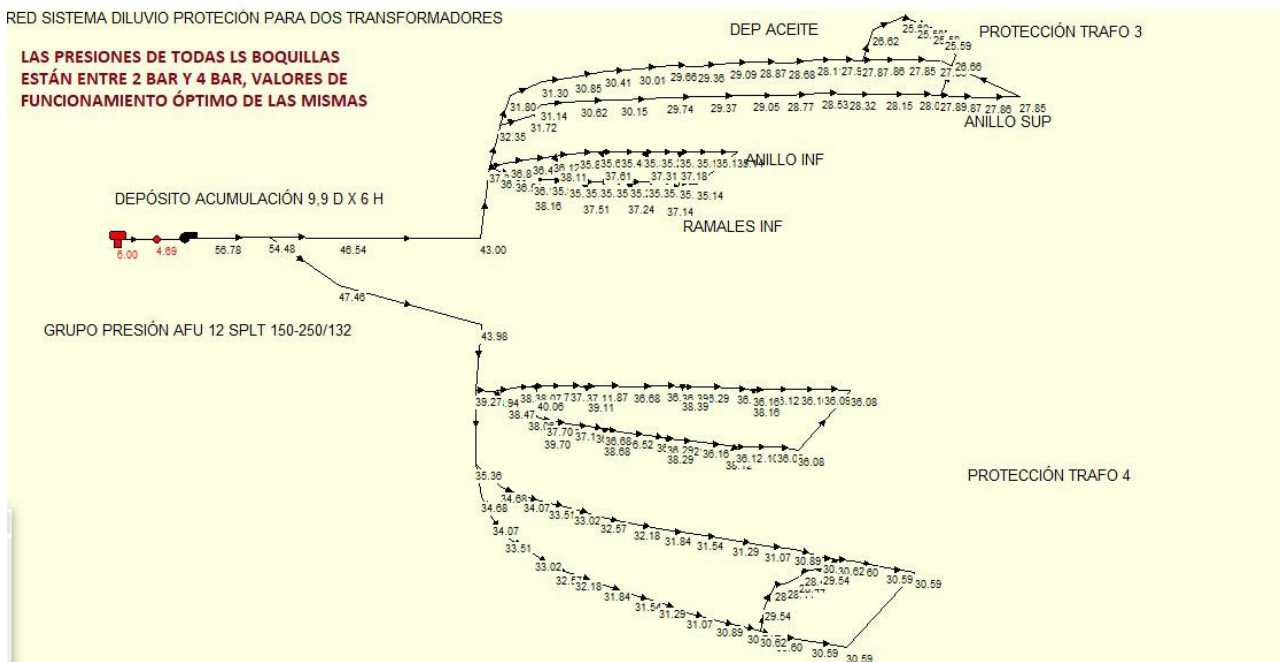
## 2.7 RESULTADOS OBTENIDOS CON SOFTWARE CÁLCULO HIDRÁULICO

### 2.7.1 SIMULACIÓN RED EPANET



### 2.7.1.1 RESULTADOS PRESIONES EN BOQUILLAS

Todas las Boquillas tienen presión mayor a 2 bar, que es la presión mínima que hemos considerado para que el Q en la misma sea adecuado para la extinción del transformador.



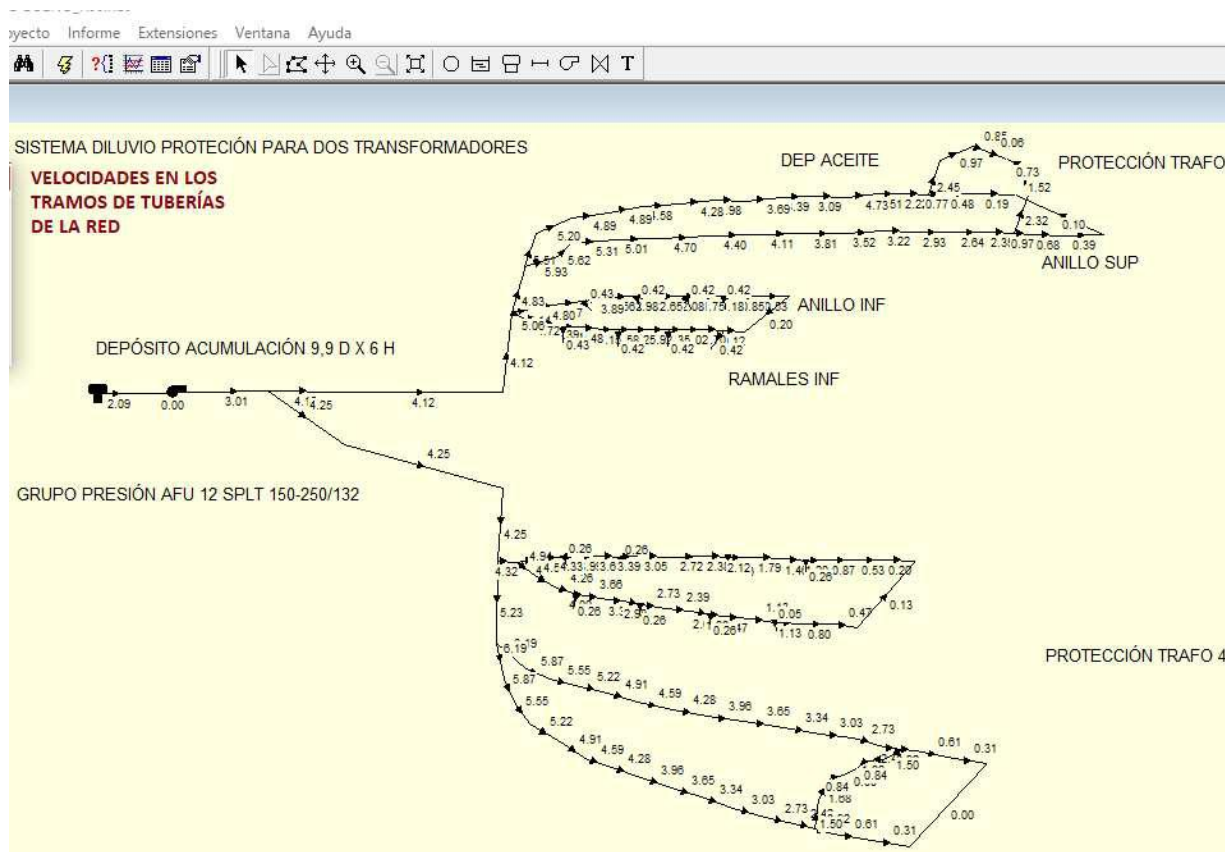


### 2.7.1.2 VELOCIDADES EN LOS TRAMOS DE TUBERÍAS

Debido a la complejidad de la red la hemos modelizado simplificando algunos tramos, e incluyendo las longitudes equivalentes correspondientes. Se ha sido conservador en cuanto a longitudes y pérdidas de carga en los tramos.

Las velocidades obtenidas son admisibles en todos los tramos, salvo para la aspiración y la impulsión de la bomba, en los que excede un poco lo permitido en la normativa.

Sin embargo, cabe resaltar, que esto sucede para caudales superiores a los 8.800 l/min. Nuestros valores de cálculo de consumo de la red debido al número y tipo de Boquillas seleccionadas, eran para un Q máximo de unos 6.800 l/min, valor con el que sobradamente cumplíamos con los requisitos de tasa de aplicación de agua por m<sup>2</sup> de superficie a proteger y con los cuales las velocidades si estuviesen dentro de los márgenes permitidos por la norma.

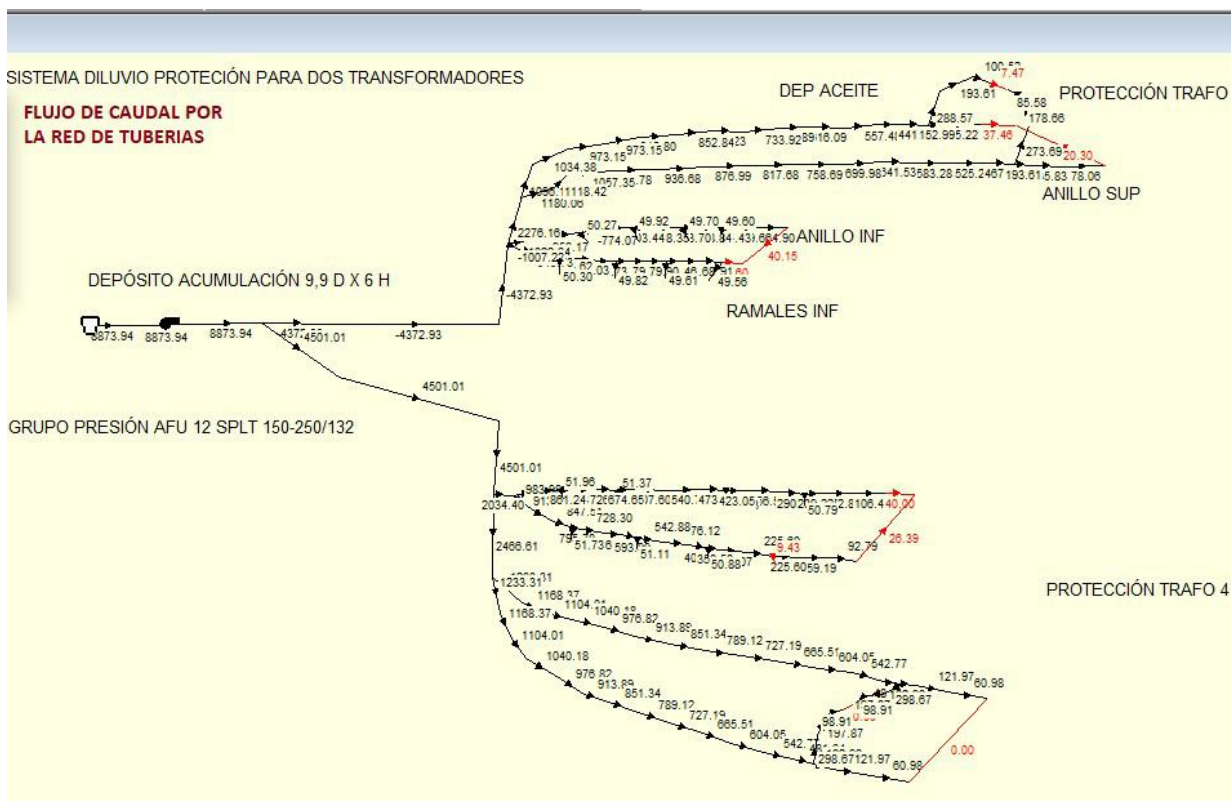


### 2.7.1.3 CAUDALES EN LA RED

Mostramos un gráfico con los caudales y sentidos del flujo en los distintos tramos de la red. Aquí es importante comprobar que por todas las Boquillas salga el mínimo caudal que hemos contemplado para que exista una protección del transformador con cobertura total.

Teniendo en cuenta que las Boquillas con menor K son las de 33 l/min\*bar<sup>0,5</sup>, y considerando una presión mínima de 2 bar en las Boquillas, por todos los nodos de la red debería salir un Q > 46 l/min aproximadamente. Si buscamos en la red vemos que todos los puntos cumplen y que solo hay caudales inferiores en ramales de cierre de anillo, caudales de compensación de la red. Mostramos el gráfico de caudales a continuación.





### 2.7.1.1 RESULTADOS CÁLCULOS EPANET

Página 1

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión             *
*                               Versión 2.0 Ve                             *
*****
    
```

PCI TRANSFORMADORES

Tabla Línea - Nudo:

| ID Línea | Nudo Inicial | Nudo Final | Longitud m | Diámetro mm |
|----------|--------------|------------|------------|-------------|
| T1       | N14          | N15        | 1          | 65          |
| T2       | N13          | N14        | 1          | 65          |
| T4       | N11          | N12        | 1          | 65          |
| T5       | N10          | N11        | 1          | 65          |
| T6       | N9           | N10        | 1          | 65          |
| T7       | N8           | N9         | 1          | 65          |
| T8       | N7           | N8         | 1          | 65          |
| T9       | N6           | N7         | 1          | 65          |
| T10      | N5           | N6         | 1          | 65          |
| T11      | N4           | N5         | 1          | 65          |
| T12      | N3           | N4         | 1          | 65          |
| T13      | N2           | N3         | 1          | 65          |

|     |     |     |   |    |
|-----|-----|-----|---|----|
| T15 | N29 | N30 | 1 | 65 |
| T16 | N28 | N29 | 1 | 65 |
| T18 | N26 | N27 | 1 | 65 |
| T20 | N24 | N25 | 1 | 65 |
| T21 | N23 | N24 | 1 | 65 |
| T22 | N22 | N23 | 1 | 65 |
| T23 | N21 | N22 | 1 | 65 |
| T24 | N20 | N21 | 1 | 65 |
| T25 | N19 | N20 | 1 | 65 |
| T26 | N18 | N19 | 1 | 65 |
| T27 | N17 | N18 | 1 | 65 |
| T28 | N16 | N17 | 1 | 65 |
| T36 | N49 | N48 | 1 | 65 |
| T37 | N48 | N47 | 1 | 65 |
| T38 | N47 | N46 | 1 | 65 |
| T39 | N46 | N45 | 1 | 65 |
| T40 | N45 | N44 | 1 | 65 |
| T41 | N44 | N43 | 1 | 65 |
| T42 | N43 | N42 | 1 | 65 |
| T43 | N42 | N41 | 1 | 65 |
| T44 | N41 | N40 | 1 | 65 |

Página 2

PCI TRANSFORMADORES

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

| ID<br>Línea | Nudo    |       | Longitud<br>m | Diámetro<br>mm |
|-------------|---------|-------|---------------|----------------|
|             | Inicial | Final |               |                |
| T45         | N40     | N39   | 1             | 65             |
| T46         | N39     | N38   | 1             | 65             |
| T47         | N38     | N37   | 1             | 65             |
| T48         | N62     | N61   | 1             | 65             |
| T49         | N61     | N60   | 1             | 65             |
| T50         | N60     | N59   | 1             | 65             |
| T51         | N59     | N58   | 1             | 65             |
| T52         | N58     | N57   | 1             | 65             |
| T53         | N57     | N56   | 1             | 65             |
| T54         | N56     | N55   | 1             | 65             |
| T55         | N55     | N54   | 1             | 65             |
| T56         | N54     | N53   | 1             | 65             |
| T57         | N53     | N52   | 1             | 65             |
| T58         | N52     | N51   | 1             | 65             |
| T59         | N51     | N50   | 1             | 65             |
| T60         | N50     | N37   | 1             | 65             |
| T62         | N40     | N67   | 1             | 50             |
| T63         | N42     | N68   | 1             | 50             |
| T64         | N44     | N69   | 1             | 50             |
| T65         | N46     | N70   | 1             | 50             |
| T66         | N52     | N63   | 1             | 50             |
| T67         | N55     | N64   | 1             | 50             |
| T68         | N58     | N65   | 1             | 50             |
| T69         | N61     | N66   | 1             | 50             |
| T70         | N37     | N71   | 8             | 150            |
| T71         | N71     | N72   | 30            | 150            |
| T72         | N72     | N73   | 12            | 150            |
| T76         | N25     | N26   | 1             | 50             |
| T77         | N73     | N77   | 12            | 150            |
| T78         | N77     | N78   | 26            | 150            |
| T81         | N79     | N81   | 1             | 65             |
| T83         | N82     | N83   | 1             | 65             |
| T85         | N84     | N85   | 1             | 65             |
| T86         | N85     | N86   | 1             | 65             |
| T88         | N87     | N88   | 1             | 65             |
| T90         | N89     | N90   | 1             | 65             |
| T91         | N90     | N91   | 1             | 65             |
| T92         | N79     | N93   | 1             | 65             |
| T93         | N93     | N94   | 1             | 65             |
| T96         | N96     | N97   | 1             | 65             |
| T98         | N98     | N99   | 1             | 65             |
| T100        | N100    | N101  | 1             | 65             |
| T103        | N103    | N104  | 1             | 65             |
| T104        | N104    | N105  | 1             | 65             |
| T105        | N101    | N112  | 1             | 65             |
| T106        | N112    | N103  | 1             | 65             |
| T107        | N102    | N113  | 1             | 65             |

Página 3

PCI TRANSFORMADORES

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

| ID<br>Línea | Nudo    |       | Longitud<br>m | Diámetro<br>mm |
|-------------|---------|-------|---------------|----------------|
|             | Inicial | Final |               |                |
| T108        | N99     | N110  | 1             | 65             |
| T109        | N110    | N100  | 1             | 65             |
| T110        | N110    | N111  | 1             | 65             |
| T111        | N97     | N108  | 1             | 65             |
| T112        | N108    | N98   | 1             | 65             |
| T113        | N108    | N109  | 1             | 65             |
| T114        | N94     | N106  | 1             | 65             |
| T115        | N106    | N95   | 1             | 65             |
| T116        | N95     | N96   | 1             | 65             |
| T117        | N106    | N107  | 1             | 65             |
| T118        | N81     | N114  | 1             | 65             |
| T119        | N114    | N82   | 1             | 65             |
| T120        | N114    | N118  | 1             | 65             |
| T121        | N83     | N115  | 1             | 65             |
| T122        | N115    | N119  | 1             | 65             |
| T123        | N115    | N84   | 1             | 65             |
| T124        | N86     | N116  | 1             | 65             |
| T125        | N116    | N120  | 1             | 65             |
| T126        | N116    | N87   | 1             | 65             |
| T127        | N88     | N117  | 1             | 65             |
| T128        | N117    | N89   | 1             | 65             |
| T129        | N117    | N121  | 1             | 65             |
| T130        | N78     | N122  | 6             | 150            |
| T131        | N122    | N123  | 3             | 100            |
| T133        | N122    | N79   | 1.5           | 100            |
| T134        | N91     | N92   | 1             | 65             |
| T135        | N123    | N146  | 1             | 65             |
| T136        | N146    | N147  | 1             | 65             |
| T137        | N147    | N148  | 1             | 65             |
| T138        | N148    | N149  | 1             | 65             |
| T139        | N149    | N150  | 1             | 65             |
| T140        | N150    | N151  | 1             | 65             |
| T141        | N151    | N152  | 1             | 65             |
| T144        | N155    | N156  | 1             | 65             |
| T145        | N156    | N157  | 1             | 65             |
| T146        | N157    | N158  | 1             | 65             |
| T147        | N158    | N177  | 1             | 65             |
| T148        | N177    | N159  | 1             | 65             |
| T149        | N159    | N160  | 1             | 65             |
| T150        | N160    | N161  | 1             | 65             |
| T157        | N123    | N162  | 1             | 65             |
| T158        | N162    | N163  | 1             | 65             |
| T159        | N163    | N164  | 1             | 65             |
| T160        | N164    | N165  | 1             | 65             |
| T161        | N165    | N166  | 1             | 65             |
| T162        | N166    | N167  | 1             | 65             |
| T163        | N167    | N168  | 1             | 65             |

Página 4

PCI TRANSFORMADORES

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

| ID Línea | Nudo Inicial | Nudo Final | Longitud m    | Diámetro mm         |
|----------|--------------|------------|---------------|---------------------|
| T164     | N168         | N169       | 1             | 65                  |
| T165     | N169         | N170       | 1             | 65                  |
| T166     | N170         | N171       | 1             | 65                  |
| T167     | N171         | N172       | 1             | 65                  |
| T168     | N172         | N173       | 1             | 65                  |
| T169     | N173         | N178       | 1             | 65                  |
| T170     | N178         | N174       | 1             | 65                  |
| T171     | N174         | N175       | 1             | 65                  |
| T172     | N175         | N176       | 1             | 65                  |
| T173     | N152         | N153       | 1             | 65                  |
| T174     | N153         | N155       | 1             | 65                  |
| T175     | 1            | N75        | 20            | 300                 |
| T176     | N74          | N73        | 61.6          | 250                 |
| T177     | N49          | N62        | 1             | 65                  |
| T178     | N15          | N30        | 1             | 65                  |
| T180     | N105         | N92        | 1             | 65                  |
| T181     | N176         | N161       | 1             | 65                  |
| T14      | N37          | N31        | 3             | 100                 |
| T19      | N31          | N16        | 1             | 65                  |
| T29      | N31          | N1         | 1             | 65                  |
| T30      | N1           | N2         | 1             | 65                  |
| T31      | N12          | N33        | 1             | 65                  |
| T32      | N33          | N13        | 1             | 65                  |
| T33      | N33          | N35        | 1.5           | 50                  |
| T34      | N35          | N124       | 1             | 50                  |
| T35      | N124         | N80        | 1             | 50                  |
| T61      | N27          | N32        | 1             | 65                  |
| T73      | N32          | N28        | 1             | 65                  |
| T74      | N32          | N34        | 1.5           | 50                  |
| T75      | N34          | N36        | 1             | 65                  |
| T79      | N36          | N76        | 1             | 50                  |
| T80      | N76          | N80        | 1             | 50                  |
| T82      | N178         | N125       | 1.5           | 65                  |
| T84      | N125         | N126       | 1             | 50                  |
| T87      | N126         | N127       | 1             | 50                  |
| T89      | N127         | N128       | 1             | 50                  |
| T94      | N177         | N130       | 1.5           | 65                  |
| T95      | N130         | N129       | 1             | 50                  |
| T97      | N129         | N128       | 1             | 50                  |
| 1        | N75          | N74        | No Disponible | No Disponible Bomba |

Página 5

PCI TRANSFORMADORES

Consumo Energético:

| Bomba        | Factor Utiliz. | Avg. Rend. | Kw-hr /m3 | Avg. Kw | Máx. /día | Coste |
|--------------|----------------|------------|-----------|---------|-----------|-------|
| 1            | 100.00         | 75.00      | 0.19      | 102.53  | 102.53    | 0.00  |
| Demanda:     |                |            |           |         |           | 0.00  |
| Coste Total: |                |            |           |         |           | 0.00  |

Resultados de Nudo:

| ID Nudo | Demanda LPM | Altura m | Presión | Calidad |
|---------|-------------|----------|---------|---------|
| N2      | 61.08       | 36.83    | 30.83   | 0.00    |
| N3      | 60.56       | 36.31    | 30.31   | 0.00    |
| N4      | 60.10       | 35.85    | 29.85   | 0.00    |
| N5      | 59.69       | 35.44    | 29.44   | 0.00    |
| N6      | 59.32       | 35.08    | 29.08   | 0.00    |
| N7      | 58.99       | 34.76    | 28.76   | 0.00    |
| N8      | 58.70       | 34.48    | 28.48   | 0.00    |
| N9      | 58.46       | 34.24    | 28.24   | 0.00    |
| N10     | 58.24       | 34.04    | 28.04   | 0.00    |
| N11     | 58.07       | 33.87    | 27.87   | 0.00    |
| N12     | 57.92       | 33.72    | 27.72   | 0.00    |
| N13     | 57.78       | 33.59    | 27.59   | 0.00    |
| N14     | 57.77       | 33.58    | 27.58   | 0.00    |
| N15     | 57.76       | 33.57    | 27.57   | 0.00    |
| N16     | 61.72       | 37.48    | 31.48   | 0.00    |
| N17     | 61.23       | 36.99    | 30.99   | 0.00    |
| N18     | 0.00        | 36.55    | 30.55   | 0.00    |
| N19     | 60.35       | 36.10    | 30.10   | 0.00    |
| N20     | 59.96       | 35.71    | 29.71   | 0.00    |
| N21     | 59.61       | 35.37    | 29.37   | 0.00    |
| N22     | 59.30       | 35.06    | 29.06   | 0.00    |
| N23     | 59.03       | 34.80    | 28.80   | 0.00    |
| N24     | 58.80       | 34.58    | 28.58   | 0.00    |
| N25     | 58.61       | 34.39    | 28.39   | 0.00    |
| N26     | 58.02       | 33.82    | 27.82   | 0.00    |
| N27     | 57.89       | 33.70    | 27.70   | 0.00    |
| N28     | 57.77       | 33.58    | 27.58   | 0.00    |
| N29     | 57.76       | 33.57    | 27.57   | 0.00    |
| N30     | 57.76       | 33.57    | 27.57   | 0.00    |
| N37     | 66.91       | 40.00    | 37.00   | 0.00    |
| N38     | 66.47       | 39.52    | 36.52   | 0.00    |
| N39     | 66.08       | 39.09    | 36.09   | 0.00    |
| N40     | 65.74       | 38.72    | 35.72   | 0.00    |
| N41     | 65.47       | 38.43    | 35.43   | 0.00    |
| N42     | 65.25       | 38.18    | 35.18   | 0.00    |
| N43     | 65.08       | 38.01    | 35.01   | 0.00    |
| N44     | 64.95       | 37.86    | 34.86   | 0.00    |



Página 6

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Nudo: (continuación)

| ID Nudo | Demanda LPM | Altura m | Presión | Calidad |
|---------|-------------|----------|---------|---------|
| N45     | 64.87       | 37.77    | 34.77   | 0.00    |
| N46     | 64.80       | 37.71    | 34.71   | 0.00    |
| N47     | 64.78       | 37.68    | 34.68   | 0.00    |
| N48     | 64.76       | 37.66    | 34.66   | 0.00    |
| N49     | 64.75       | 37.65    | 34.65   | 0.00    |
| N50     | 66.49       | 39.53    | 36.53   | 0.00    |
| N51     | 66.11       | 39.12    | 36.12   | 0.00    |
| N52     | 65.78       | 38.76    | 35.76   | 0.00    |
| N53     | 65.52       | 38.48    | 35.48   | 0.00    |
| N54     | 65.30       | 38.24    | 35.24   | 0.00    |
| N55     | 65.12       | 38.05    | 35.05   | 0.00    |
| N56     | 64.99       | 37.91    | 34.91   | 0.00    |
| N57     | 64.90       | 37.81    | 34.81   | 0.00    |
| N58     | 64.82       | 37.73    | 34.73   | 0.00    |
| N59     | 64.79       | 37.69    | 34.69   | 0.00    |
| N60     | 64.76       | 37.66    | 34.66   | 0.00    |
| N61     | 64.75       | 37.65    | 34.65   | 0.00    |
| N62     | 64.75       | 37.65    | 34.65   | 0.00    |
| N63     | 50.30       | 38.75    | 37.75   | 0.00    |
| N64     | 49.82       | 38.04    | 37.04   | 0.00    |
| N65     | 49.61       | 37.72    | 36.72   | 0.00    |
| N66     | 49.56       | 37.64    | 36.64   | 0.00    |
| N67     | 50.27       | 38.71    | 37.71   | 0.00    |
| N68     | 49.92       | 38.18    | 37.18   | 0.00    |
| N69     | 49.70       | 37.86    | 36.86   | 0.00    |
| N70     | 49.60       | 37.70    | 36.70   | 0.00    |
| N71     | 0.00        | 42.71    | 42.71   | 0.00    |
| N72     | 0.00        | 46.31    | 46.31   | 0.00    |
| N73     | 0.00        | 56.43    | 54.43   | 0.00    |
| N74     | 0.00        | 58.74    | 56.74   | 0.00    |
| N75     | 0.00        | 5.69     | 4.69    | 0.00    |
| N77     | 0.00        | 47.55    | 47.55   | 0.00    |
| N78     | 0.00        | 44.13    | 44.13   | 0.00    |
| N79     | 68.81       | 42.13    | 39.13   | 0.00    |
| N81     | 68.41       | 41.68    | 38.68   | 0.00    |
| N82     | 67.75       | 40.93    | 37.93   | 0.00    |
| N83     | 67.48       | 40.63    | 37.63   | 0.00    |
| N84     | 67.05       | 40.15    | 37.15   | 0.00    |
| N85     | 66.88       | 39.97    | 36.97   | 0.00    |
| N86     | 66.75       | 39.82    | 36.82   | 0.00    |
| N87     | 66.55       | 39.61    | 36.61   | 0.00    |
| N88     | 66.49       | 39.54    | 36.54   | 0.00    |
| N89     | 66.42       | 39.46    | 36.46   | 0.00    |
| N90     | 66.40       | 39.44    | 36.44   | 0.00    |
| N91     | 66.40       | 39.43    | 36.43   | 0.00    |
| N92     | 66.39       | 39.43    | 36.43   | 0.00    |
| N93     | 68.41       | 41.68    | 38.68   | 0.00    |

Página 7

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Nudo: (continuación)

| ID Nudo | Demanda LPM | Altura m | Presión | Calidad |
|---------|-------------|----------|---------|---------|
| N94     | 68.06       | 41.28    | 38.28   | 0.00    |
| N95     | 67.48       | 40.64    | 37.64   | 0.00    |
| N96     | 67.25       | 40.38    | 37.38   | 0.00    |
| N97     | 67.06       | 40.16    | 37.16   | 0.00    |
| N98     | 66.76       | 39.84    | 36.84   | 0.00    |
| N99     | 66.66       | 39.72    | 36.72   | 0.00    |
| N100    | 66.51       | 39.56    | 36.56   | 0.00    |
| N101    | 66.47       | 39.51    | 36.51   | 0.00    |
| N102    | 00.00       | 36.12    | 39.12   | 0.00    |
| N103    | 66.41       | 39.45    | 36.45   | 0.00    |
| N104    | 66.40       | 39.44    | 36.44   | 0.00    |
| N105    | 66.40       | 39.43    | 36.43   | 0.00    |
| N106    | 0.00        | 40.94    | 37.94   | 0.00    |
| N107    | 51.73       | 40.94    | 39.94   | 0.00    |
| N108    | 0.00        | 39.99    | 36.99   | 0.00    |
| N109    | 51.11       | 39.98    | 38.98   | 0.00    |
| N110    | 0.00        | 39.63    | 36.63   | 0.00    |
| N111    | 50.88       | 39.63    | 38.63   | 0.00    |
| N112    | 0.00        | 39.48    | 36.48   | 0.00    |
| N113    | 50.54       | 39.12    | 38.12   | 0.00    |
| N114    | 0.00        | 41.29    | 38.29   | 0.00    |
| N115    | 0.00        | 40.37    | 37.37   | 0.00    |
| N116    | 0.00        | 39.70    | 36.70   | 0.00    |
| N117    | 0.00        | 39.49    | 36.49   | 0.00    |
| N118    | 51.96       | 41.28    | 40.28   | 0.00    |
| N119    | 51.37       | 40.37    | 39.37   | 0.00    |
| N120    | 50.93       | 39.70    | 38.70   | 0.00    |
| N121    | 50.79       | 39.49    | 38.49   | 0.00    |
| N122    | 0.00        | 42.44    | 39.44   | 0.00    |
| N123    | 0.00        | 41.53    | 35.53   | 0.00    |
| N146    | 64.94       | 40.85    | 34.85   | 0.00    |
| N147    | 64.36       | 40.23    | 34.23   | 0.00    |
| N148    | 63.83       | 39.67    | 33.67   | 0.00    |
| N149    | 63.36       | 39.18    | 33.18   | 0.00    |
| N150    | 62.93       | 38.73    | 32.73   | 0.00    |
| N151    | 62.55       | 38.34    | 32.34   | 0.00    |
| N152    | 62.22       | 37.99    | 31.99   | 0.00    |
| N153    | 61.93       | 37.69    | 31.69   | 0.00    |
| N155    | 61.68       | 37.44    | 31.44   | 0.00    |
| N156    | 61.46       | 37.22    | 31.22   | 0.00    |
| N157    | 61.28       | 37.04    | 31.04   | 0.00    |
| N158    | 61.13       | 36.89    | 30.89   | 0.00    |
| N159    | 60.99       | 36.75    | 30.75   | 0.00    |
| N160    | 60.99       | 36.74    | 30.74   | 0.00    |
| N161    | 60.98       | 36.73    | 30.73   | 0.00    |
| N162    | 64.94       | 40.85    | 34.85   | 0.00    |
| N163    | 64.36       | 40.23    | 34.23   | 0.00    |

Página 8

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Nudo: (continuación)

| ID Nudo | Demanda LPM | Altura m | Presión | Calidad       |
|---------|-------------|----------|---------|---------------|
| N164    | 63.83       | 39.67    | 33.67   | 0.00          |
| N165    | 63.36       | 39.18    | 33.18   | 0.00          |
| N166    | 62.93       | 38.73    | 32.73   | 0.00          |
| N167    | 62.55       | 38.34    | 32.34   | 0.00          |
| N168    | 62.22       | 37.99    | 31.99   | 0.00          |
| N169    | 61.93       | 37.69    | 31.69   | 0.00          |
| N170    | 61.68       | 37.44    | 31.44   | 0.00          |
| N171    | 61.46       | 37.22    | 31.22   | 0.00          |
| N172    | 61.28       | 37.04    | 31.04   | 0.00          |
| N173    | 61.13       | 36.89    | 30.89   | 0.00          |
| N174    | 60.99       | 36.75    | 30.75   | 0.00          |
| N175    | 60.99       | 36.74    | 30.74   | 0.00          |
| N176    | 60.98       | 36.73    | 30.73   | 0.00          |
| N177    | 0.00        | 36.77    | 30.77   | 0.00          |
| N178    | 0.00        | 36.77    | 30.77   | 0.00          |
| N1      | 61.64       | 37.40    | 31.40   | 0.00          |
| N31     | 0.00        | 38.03    | 32.03   | 0.00          |
| N32     | 0.00        | 33.59    | 27.59   | 0.00          |
| N33     | 0.00        | 33.61    | 27.61   | 0.00          |
| N34     | 94.95       | 33.34    | 26.34   | 0.00          |
| N35     | 95.03       | 33.38    | 26.38   | 0.00          |
| N36     | 93.09       | 33.32    | 25.32   | 0.00          |
| N76     | 93.05       | 33.30    | 25.30   | 0.00          |
| N80     | 93.05       | 33.30    | 25.30   | 0.00          |
| N124    | 93.08       | 33.32    | 25.32   | 0.00          |
| N125    | 100.81      | 36.69    | 29.69   | 0.00          |
| N126    | 98.95       | 36.61    | 28.61   | 0.00          |
| N127    | 98.91       | 36.59    | 28.59   | 0.00          |
| N128    | 98.91       | 36.59    | 28.59   | 0.00          |
| N129    | 98.95       | 36.61    | 28.61   | 0.00          |
| N130    | 100.81      | 36.69    | 29.69   | 0.00          |
| 1       | -8873.94    | 6.00     | 6.00    | 0.00 Depósito |

Resultados de Línea:

| ID Línea | Caudal LPM | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km | Estado  |
|----------|------------|---------------|------------------|---------|
| T1       | 78.06      | 0.39          | 4.13             | Abierto |
| T2       | 135.83     | 0.68          | 11.50            | Abierto |
| T4       | 525.22     | 2.64          | 140.81           | Abierto |
| T5       | 583.28     | 2.93          | 170.99           | Abierto |
| T6       | 641.53     | 3.22          | 203.95           | Abierto |
| T7       | 699.98     | 3.52          | 239.70           | Abierto |
| T8       | 758.69     | 3.81          | 278.25           | Abierto |
| T9       | 817.68     | 4.11          | 319.64           | Abierto |
| T10      | 876.99     | 4.40          | 363.91           | Abierto |

Página 9

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Línea: (continuación)

| ID Línea | Caudal LPM | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km | Estado  |
|----------|------------|---------------|------------------|---------|
| T11      | 936.68     | 4.70          | 411.10           | Abierto |
| T12      | 996.78     | 5.01          | 461.28           | Abierto |
| T13      | 1057.35    | 5.31          | 514.53           | Abierto |
| T15      | 37.46      | 0.19          | 1.06             | Abierto |
| T16      | 95.22      | 0.48          | 5.96             | Abierto |
| T18      | 499.45     | 2.51          | 128.28           | Abierto |
| T20      | 616.09     | 3.09          | 189.22           | Abierto |
| T21      | 674.89     | 3.39          | 224.03           | Abierto |
| T22      | 733.92     | 3.69          | 261.67           | Abierto |
| T23      | 793.23     | 3.98          | 302.17           | Abierto |
| T24      | 852.84     | 4.28          | 345.56           | Abierto |
| T25      | 912.80     | 4.58          | 391.90           | Abierto |
| T26      | 973.15     | 4.89          | 441.23           | Abierto |
| T27      | 973.15     | 4.89          | 441.23           | Abierto |
| T28      | 1034.38    | 5.20          | 494.02           | Abierto |
| T36      | -104.90    | 0.53          | 7.13             | Abierto |
| T37      | -169.66    | 0.85          | 17.37            | Abierto |
| T38      | -234.43    | 1.18          | 31.61            | Abierto |
| T39      | -348.84    | 1.75          | 65.99            | Abierto |
| T40      | -413.70    | 2.08          | 90.50            | Abierto |
| T41      | -528.35    | 2.65          | 142.37           | Abierto |
| T42      | -593.44    | 2.98          | 176.54           | Abierto |
| T43      | -708.60    | 3.56          | 245.19           | Abierto |
| T44      | -774.07    | 3.89          | 288.79           | Abierto |
| T45      | -890.09    | 4.47          | 374.03           | Abierto |
| T46      | -956.17    | 4.80          | 427.08           | Abierto |
| T47      | -1022.64   | 5.14          | 483.69           | Abierto |
| T48      | -24.60     | 0.12          | 0.49             | Abierto |
| T49      | -138.91    | 0.70          | 11.99            | Abierto |
| T50      | -203.68    | 1.02          | 24.36            | Abierto |
| T51      | -268.46    | 1.35          | 40.63            | Abierto |
| T52      | -382.90    | 1.92          | 78.42            | Abierto |
| T53      | -447.79    | 2.25          | 104.80           | Abierto |
| T54      | -512.79    | 2.58          | 134.70           | Abierto |
| T55      | -627.73    | 3.15          | 195.90           | Abierto |
| T56      | -693.03    | 3.48          | 235.31           | Abierto |
| T57      | -758.55    | 3.81          | 278.16           | Abierto |
| T58      | -874.62    | 4.39          | 362.08           | Abierto |
| T59      | -940.73    | 4.72          | 414.40           | Abierto |
| T60      | -1007.22   | 5.06          | 470.26           | Abierto |
| T62      | 50.27      | 0.43          | 6.55             | Abierto |
| T63      | 49.92      | 0.42          | 6.47             | Abierto |
| T64      | 49.70      | 0.42          | 6.41             | Abierto |
| T65      | 49.60      | 0.42          | 6.39             | Abierto |
| T66      | 50.30      | 0.43          | 6.56             | Abierto |
| T67      | 49.82      | 0.42          | 6.44             | Abierto |
| T68      | 49.61      | 0.42          | 6.39             | Abierto |

Página 10

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Línea: (continuación)

| ID Línea | Caudal LPM | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km | Estado  |
|----------|------------|---------------|------------------|---------|
| T69      | 49.56      | 0.42          | 6.38             | Abierto |
| T70      | -4372.93   | 4.12          | 338.02           | Abierto |
| T71      | -4372.93   | 4.12          | 120.13           | Abierto |
| T72      | -4372.93   | 4.12          | 843.46           | Abierto |
| T76      | 557.48     | 4.73          | 564.40           | Abierto |
| T77      | 4501.01    | 4.25          | 740.05           | Abierto |
| T78      | 4501.01    | 4.25          | 131.57           | Abierto |
| T81      | 981.61     | 4.93          | 448.36           | Abierto |
| T83      | 793.49     | 3.99          | 302.35           | Abierto |
| T85      | 607.60     | 3.05          | 184.43           | Abierto |
| T86      | 540.72     | 2.72          | 148.60           | Abierto |
| T88      | 356.50     | 1.79          | 68.70            | Abierto |
| T90      | 172.80     | 0.87          | 17.97            | Abierto |
| T91      | 106.40     | 0.53          | 7.32             | Abierto |
| T92      | 983.98     | 4.94          | 450.37           | Abierto |
| T93      | 915.57     | 4.60          | 394.11           | Abierto |
| T96      | 661.05     | 3.32          | 215.59           | Abierto |
| T98      | 476.12     | 2.39          | 117.41           | Abierto |
| T100     | 292.07     | 1.47          | 47.49            | Abierto |
| T103     | 159.19     | 0.80          | 15.43            | Abierto |
| T104     | 92.79      | 0.47          | 5.68             | Abierto |
| T105     | 225.60     | 1.13          | 29.44            | Abierto |
| T106     | 225.60     | 1.13          | 29.44            | Abierto |
| T107     | 9.43       | 0.05          | 0.08             | Abierto |
| T108     | 409.46     | 2.06          | 88.79            | Abierto |
| T109     | 358.58     | 1.80          | 69.45            | Abierto |
| T110     | 50.88      | 0.26          | 1.87             | Abierto |
| T111     | 593.99     | 2.98          | 176.85           | Abierto |
| T112     | 542.88     | 2.73          | 149.70           | Abierto |
| T113     | 51.11      | 0.26          | 1.88             | Abierto |
| T114     | 847.51     | 4.26          | 341.57           | Abierto |
| T115     | 795.78     | 4.00          | 303.97           | Abierto |
| T116     | 728.30     | 3.66          | 257.96           | Abierto |
| T117     | 51.73      | 0.26          | 1.93             | Abierto |
| T118     | 913.20     | 4.59          | 392.21           | Abierto |
| T119     | 861.24     | 4.33          | 351.89           | Abierto |
| T120     | 51.96      | 0.26          | 1.94             | Abierto |
| T121     | 726.01     | 3.65          | 256.46           | Abierto |
| T122     | 51.37      | 0.26          | 1.90             | Abierto |
| T123     | 674.65     | 3.39          | 223.88           | Abierto |
| T124     | 473.98     | 2.38          | 116.43           | Abierto |
| T125     | 50.93      | 0.26          | 1.87             | Abierto |
| T126     | 423.05     | 2.12          | 94.32            | Abierto |
| T127     | 290.01     | 1.46          | 46.88            | Abierto |
| T128     | 239.22     | 1.20          | 32.82            | Abierto |
| T129     | 50.79      | 0.26          | 1.86             | Abierto |
| T130     | 4501.01    | 4.25          | 281.07           | Abierto |

Página 11

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Línea: (continuación)

| ID<br>Línea | Caudal<br>LPM | Velocidad<br>m/s | Pérd. Unit.<br>m/km | Estado  |
|-------------|---------------|------------------|---------------------|---------|
| T131        | 2466.61       | 5.23             | 302.99              | Abierto |
| T133        | 2034.40       | 4.32             | 212.07              | Abierto |
| T134        | 40.00         | 0.20             | 1.20                | Abierto |
| T135        | 1233.31       | 6.19             | 684.27              | Abierto |
| T136        | 1168.37       | 5.87             | 619.04              | Abierto |
| T137        | 1104.01       | 5.55             | 557.37              | Abierto |
| T138        | 1040.18       | 5.22             | 499.16              | Abierto |
| T139        | 976.82        | 4.91             | 444.32              | Abierto |
| T140        | 913.89        | 4.59             | 392.76              | Abierto |
| T141        | 851.34        | 4.28             | 344.43              | Abierto |
| T144        | 665.51        | 3.34             | 218.30              | Abierto |
| T145        | 604.05        | 3.03             | 182.44              | Abierto |
| T146        | 542.77        | 2.73             | 149.65              | Abierto |
| T147        | 481.64        | 2.42             | 119.94              | Abierto |
| T148        | 182.96        | 0.92             | 19.97               | Abierto |
| T149        | 121.97        | 0.61             | 9.43                | Abierto |
| T150        | 60.98         | 0.31             | 2.61                | Abierto |
| T157        | 1233.31       | 6.19             | 684.27              | Abierto |
| T158        | 1168.37       | 5.87             | 619.04              | Abierto |
| T159        | 1104.01       | 5.55             | 557.37              | Abierto |
| T160        | 1040.18       | 5.22             | 499.16              | Abierto |
| T161        | 976.82        | 4.91             | 444.32              | Abierto |
| T162        | 913.89        | 4.59             | 392.76              | Abierto |
| T163        | 851.34        | 4.28             | 344.43              | Abierto |
| T164        | 789.12        | 3.96             | 299.27              | Abierto |
| T165        | 727.19        | 3.65             | 257.23              | Abierto |
| T166        | 665.51        | 3.34             | 218.30              | Abierto |
| T167        | 604.05        | 3.03             | 182.44              | Abierto |
| T168        | 542.77        | 2.73             | 149.65              | Abierto |
| T169        | 481.64        | 2.42             | 119.94              | Abierto |
| T170        | 182.96        | 0.92             | 19.97               | Abierto |
| T171        | 121.97        | 0.61             | 9.43                | Abierto |
| T172        | 60.98         | 0.31             | 2.61                | Abierto |
| T173        | 789.12        | 3.96             | 299.27              | Abierto |
| T174        | 727.19        | 3.65             | 257.23              | Abierto |
| T175        | 8873.94       | 2.09             | 15.39               | Abierto |
| T176        | 8873.94       | 3.01             | 37.39               | Abierto |
| T177        | 40.15         | 0.20             | 1.20                | Abierto |
| T178        | 20.30         | 0.10             | 0.34                | Abierto |
| T180        | 26.39         | 0.13             | 0.55                | Abierto |
| T181        | 0.00          | 0.00             | 0.00                | Abierto |
| T14         | 2276.16       | 4.83             | 657.24              | Abierto |
| T19         | 1096.10       | 5.51             | 550.00              | Abierto |
| T29         | 1180.06       | 5.93             | 630.56              | Abierto |
| T30         | 1118.42       | 5.62             | 570.92              | Abierto |
| T31         | 467.30        | 2.35             | 113.41              | Abierto |
| T32         | 193.61        | 0.97             | 22.18               | Abierto |



Página 12

PCI TRANSFORMADORES

Resultados de Línea: (continuación)

| ID<br>Línea | Caudal<br>LPM | Velocidad<br>m/s | Pérd. Unit.<br>m/km | Estado  |
|-------------|---------------|------------------|---------------------|---------|
| T33         | 273.69        | 2.32             | 151.14              | Abierto |
| T34         | 178.66        | 1.52             | 68.61               | Abierto |
| T35         | 85.58         | 0.73             | 17.55               | Abierto |
| T61         | 441.56        | 2.22             | 102.11              | Abierto |
| T73         | 152.99        | 0.77             | 14.34               | Abierto |
| T74         | 288.57        | 2.45             | 166.71              | Abierto |
| T75         | 193.61        | 0.97             | 22.18               | Abierto |
| T79         | 100.52        | 0.85             | 23.65               | Abierto |
| T80         | 7.47          | 0.06             | 0.19                | Abierto |
| T82         | 298.67        | 1.50             | 49.50               | Abierto |
| T84         | 197.87        | 1.68             | 82.88               | Abierto |
| T87         | 98.91         | 0.84             | 22.95               | Abierto |
| T89         | 0.00          | 0.00             | 0.00                | Abierto |
| T94         | 298.67        | 1.50             | 49.50               | Abierto |
| T95         | 197.87        | 1.68             | 82.88               | Abierto |
| T97         | 98.91         | 0.84             | 22.95               | Abierto |

### 3 BIBLIOGRAFÍA

- Guía para protección de transformadores y máquinas eléctricas. GA\_108 elaborado por la empresa Tecnología Avanzada en seguridad y control S.L.
- Guía Técnica de Seguridad Contra Incendio editado en 2014, en formato electrónico, por la Consejería de Economía, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/77671.html>
- **09.14 CIRCULAR RIESGOS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA. Leza, Escriña & Asociados S.A. Consultores en Ingeniería de Riesgos y Valuaciones**
- Sistemas de protección contra incendios en Transformadores de Subestación. Imse ingenieria.blogspot.com.es Autor Andrés Granero
- Manual de Incendios - Formación para Bomberos. Parte 1. Teoría del Fuego cuyo autor es D. Pablo Andres Hitado Escudero. Documento elaborado y editado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara
- [http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1\\_Incendios\\_v6\\_00\\_completo/mobile/index.html#p=1](http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_00_completo/mobile/index.html#p=1)
- Artículo de Blanca Espada en OK Diario de fecha 24-04-2021. <https://okdiario.com/curiosidades/como-descubrio-fuego-403683>.
- Diccionario de la Lengua Española- Real Academia Española. Edición electrónica 2020. <https://dle.rae.es/fuego>
- <https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/disenodeinstalacionesdeproteccioncontraincendios-pci-i/>
- <https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/disenodeinstalacionesdeproteccioncontraincendios-pci-ii/>
- <https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/disenodeinstalacionesdeproteccioncontraincendios-pci-iii/>
- <https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/disenodeinstalacionesdeproteccioncontraincendios-pci-iv/>
- Fernando Vigar. enero 2019. la evolución de los sistemas de protección contra incendios artículo web. <http://ideadebombero.org/?p=157>.
- <http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-1.0.0/SCI-1.1.2.0.html>
- Los equipos contra incendio en la Historia. <https://www.iacolingenieros.com/los-equipos-contra-incendio-en-la-historia/>
- Neira Rodríguez, José Antonio, *INSTALACIONES PROTECCION CONTRA INCENDIOS*, Ed. Fundacion Confemetal, España, Madrid, 2008.
- Sistemas fijos de protección en base a rociadores. Autor. Nestor Adolfo Botta. 1ª Edición Julio 2011. [https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio/37\\_Sistemas\\_Fijos\\_Proteccion\\_Rociadores\\_1a\\_edicion\\_Julio2011.pdf](https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio/37_Sistemas_Fijos_Proteccion_Rociadores_1a_edicion_Julio2011.pdf).
- <https://www.siex2001.com/sites/default/files/aplicaciones/documentacion/folleto-siexaplicaciones-aceriasindustriasiderurgica-esp-web.pdf>
- <https://www.siex2001.com/sites/default/files/aplicaciones/documentacion/folleto-siexaplicaciones-transformadores-esp-web.pdf>
- <https://tecnologiaparalaindustria.com/muro-cortafuego-para-subestaciones-electricas/>.
- Especificaciones Particulares Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. Subestaciones AT/MT. Revisión: L.C.O.E. Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia. Junio 2019. <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/endesa/SRZ001-.pdf>
- <https://firepiping.com/tuberias/tuberia-contraincendio/>. Normativa de tuberías contra incendios
- <https://www.youtube.com/watch?v=biOBronPuJU>. EFP-WEBINAR#01. Soportación de tuberías en sistemas contra incendios.
- Sistema de abastecimiento de agua contra incendios. Principales novedades UNE 23500. Autor José Pérez García. Departamento de ingeniería térmica y de fluidos. Universidad politécnica de Cartagena.
- Guía técnica de aplicación del RIPCI. Reglamento de instalaciones contra incendios. Editado por Tecnifuego AESPI.
- NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios
- NTP 185: Detección automática de incendios. Detectores térmicos.

- NTP 44: Sistemas fijos de extinción (I)
- NTP 36: Riesgo intrínseco de incendio (I)
- NTP 37: Riesgo intrínseco de incendio (II)
- Documento básico. Seguridad en caso de incendio. Con comentarios del Ministerio de fomento. SI 1 a SI 6
- Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de Sistemas Hidráulicos de protección contra incendios. Edición 2008. NFPA 25
- FM GLOBAL. Ficha técnica de prevención de siniestros 2-0. Directrices para la instalación de rociadores automáticos. Marzo de 2010
- FM GLOBAL. Ficha técnica de prevención de siniestros FM Global 3-7. Bombas de protección contra incendios
- FM GLOBAL. Property loss prevention Data sheets 5.4. Transformers
- Manual de protección contra incendios. Quinta edición en español de marzo de 2009. Volumen I. Editado por Ing. Jaime Moncada Pérez, CEPI e Ing. Jaime Andrés Moncada, PE
- Sistemas contra incendio. Autor Carrillo Salinas Raúl
- Guía de diseño sistemas de protección activa contra incendios.
- Colección Fichas seguridad contra incendios. Protección Activa. 2.5. Abastecimiento de agua contra incendios. Autor. José Casquet Pérez.
- [http://ditasa.es/wp-content/uploads/2015/10/CATALOGO\\_RANURADO.pdf](http://ditasa.es/wp-content/uploads/2015/10/CATALOGO_RANURADO.pdf). Manual Técnico de acoplamientos y accesorios ranurados
- [https://www.enginyersbcn.cat/manual-de-seguretat-contra-incendis/es\\_manualstecnic.html](https://www.enginyersbcn.cat/manual-de-seguretat-contra-incendis/es_manualstecnic.html)
- Cálculos Hidráulicos. Mantenimiento pci.com. Morgado 2011
- Artículo CEPREVEN. Evolución de la seguridad contra incendio. Autor Miguel Viduera
- Especificaciones técnicas de cada normativa y selección de grupos. PYD SYSTEM.
- Manual técnico de Viking. Boquilla pulverizadoras MODELO E. Datos técnicos
- TASC. Hoja de producto. PHD (FENWALL). [www.tasc.es](http://www.tasc.es)
- Sistemas de Diluvio UL/FM. Manual de usuario. OM-LU-E-250499. VIKING
- Sistemas de Diluvio. Manual técnico de funcionamiento, mantenimiento y resolución de problemas. Junio 2009. VIKING
- Sistemas de Diluvio. Trimpac modelos B-1 y B-1B. Sistema de diluvio disparo eléctrico. Trimpac 224a. 10 de septiembre de 2013. VIKING
- Sistemas de diluvio y preacción. Guía de referencia rápida. EMEA. VIKING
- Technical Article. Spray Nozzles selection for wáter spray systems. Scott Martorano, CFPS, Senior Manager Technical Service. March 2007
- Rociadores automáticos contra incendios. Cálculos. Ejercicios resueltos 1,2 y 3. Autor: Kenneth Suárez Hernández.
- Nuevas normas EN de tubería y su uso en sistemas de protección contra incendios de agua o espuma. Comité Sectorial de Instalación, Mantenimiento e Ingeniería de Sistemas y Equipos de TECNIFUEGO-AESPI
- Manual de instrucciones y mantenimiento. Grupos contra incendios. EBARA
- EPANET 2. Manual de Usuario. Versión 2.0 vE. Traducido por el grupo multidisciplinar de modelación de fluidos de la UPV.
- Ejercicios básicos de mecánica de fluidos e hidráulica aplicados a través del software de distribución gratuita EPANET 2.0. Autor Juan Sebastián De Plaza Solórzano.
- Proyecto final de carrera. Técnicas de investigación de incendios. Incendios de origen eléctrico. Autor. Marion Anero Cárcamo. Septiembre 2007
- Proyecto Fin de Master. Master Ingeniería de protección contra incendios. Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) . Estudio, diseño y aplicación del P.B.D. en una subestación eléctrica. AUTORES **Christian Sjogren Sánchez y David A. Quevedo Llorente. Año 2011.**
- Proyecto Fin de Carrera. “Evaluación del riesgo de incendio de un transformador”. Ingeniería Técnica Industrial, rama Electricidad. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid. Autor Valentín Martín Suárez. Año 2009.
- Proyecto Fin de Carrera. “Guía para la protección contra incendios de subestaciones según el estándar IEEE 979”. Escuela politécnica Nacional. Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica. Autora Nora Tatiana Ortiz Hidalgo. Quito, Agosto 2011.

- Proyecto Fin de Carrera. “Sistema de protección contra incendios de una terminal de almacenamiento de hidrocarburos”. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Sevilla. Autor Pedro Manuel Fernández Daza. 2015.
- Tesis. “sistema de protección y prevención contra explosión e incendio para transformadores tipo subestación”. Autores Miguel Angel Robles González y Edgar Alan Salas Arriaga. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica ESIME ZACATENCO. México Junio 2011.
- PFC. Instalaciones de protección contra incendios de biomasa. Autor. Rocio Pozo Bonillo. Sevilla 2018
- TFM. Diseño y dimensionamiento de una red contra incendios y sistema de bombeo para campo de depósitos de refinería localizada en la costa mediterránea. Autor Mario Muñoz Barbero. Universidad Jaume I. Julio 2019
  
- Instalación contra incendios. Trabajo 2. Asignatura de instalaciones de fluidos. Autores Ángel Castillo cuevas. Claudio Tedde. Inmaculada Martínez Vidal y Felipe Segura Gutierrez. Curso 2010-2011
- TFG. Diseño, cálculo y simulación de las instalaciones de protección contra incendios de una planta de ciclo combinado de producción de energía. Autor: José Miguel Alará Maiquez. Cartagena, junio 2017

Debe considerarse también toda la normativa consultada para la realización de este proyecto y que se relaciona en el apartado [1.8] de la Memoria.

# 4 PLANOS

---

## 4.1 PL-01-PLANO SITUACIÓN





PROVINCIA DE HUELVA

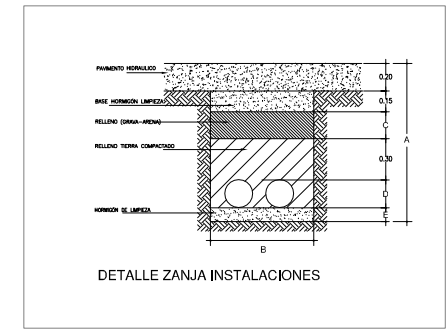
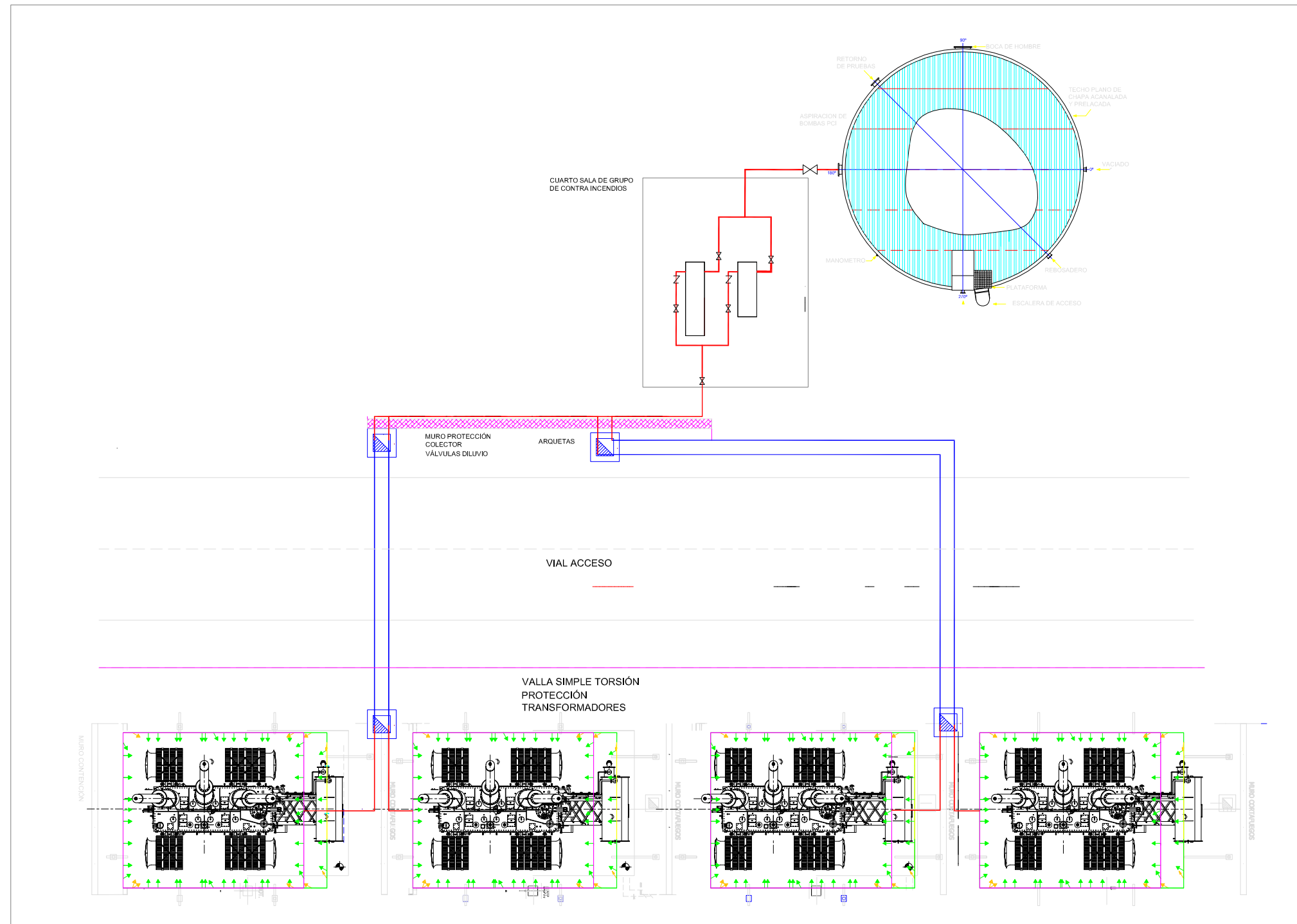
EMPLAZAMIENTO



| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN | JLJV                                      | JLJV               | JLJV  | JLJV             |
|--|-------|-------------|---|--------------------|---|------------------|
|  |       |             | DIBUJADO                                  | APROBADO INGENIERO | APROBADO OBRA   | APROBADO CLIENTE |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |             | 01  |                    | ESCALA: VARIAS<br>FECHA: JUNIO 2021   |                  |
|   |       |             | <b>PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b> |                    | TÉCNICO REDACTOR:<br>José Luis Jiménez Vergara<br><br>TUTOR DEL PROYECTO:<br>D. Manuel Valentín Villalba García |                  |
| <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA</b>   |       |             |   |                    |   |                  |



## 4.2 PL-02-PLANTA GENERAL

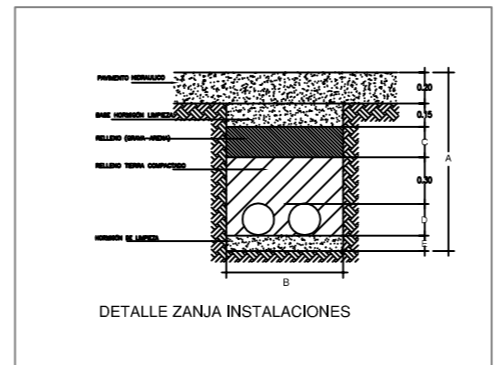
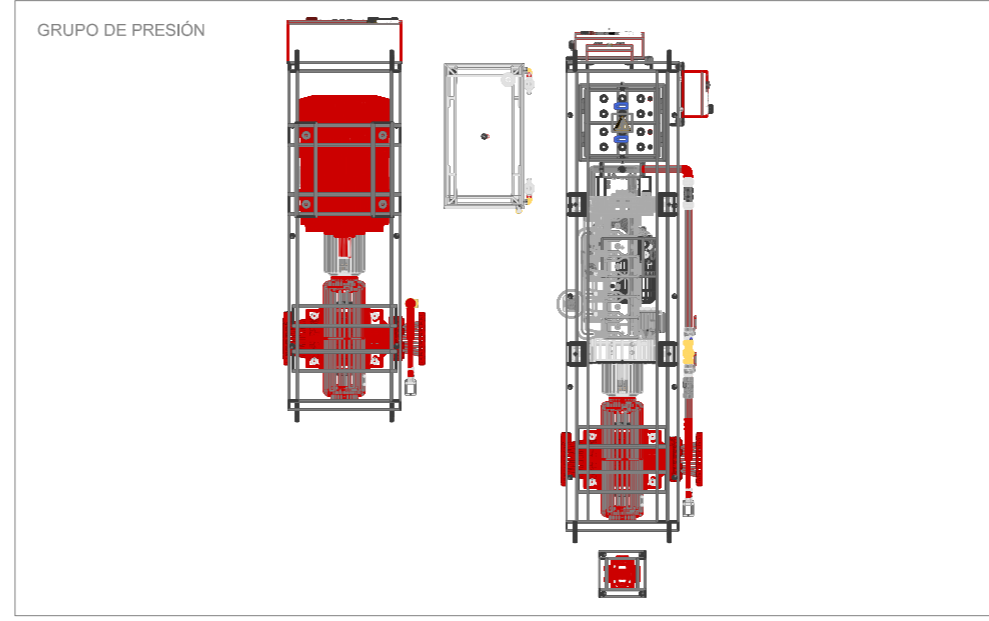
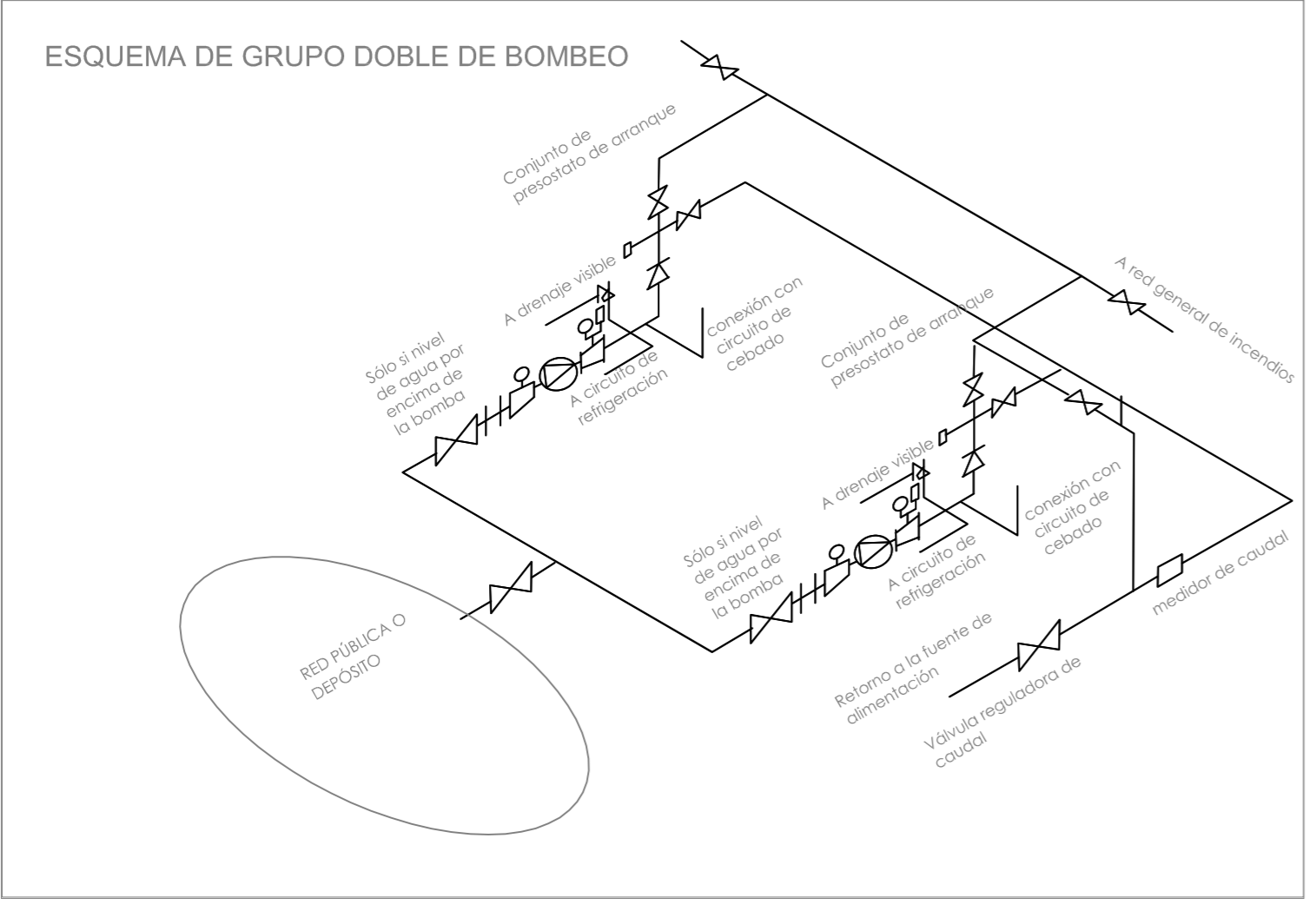
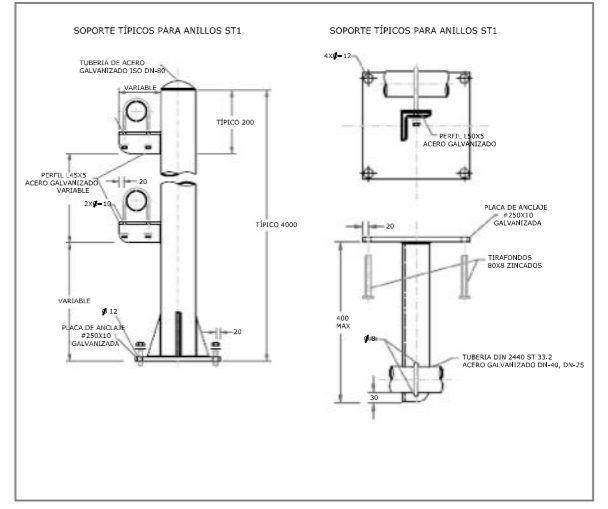
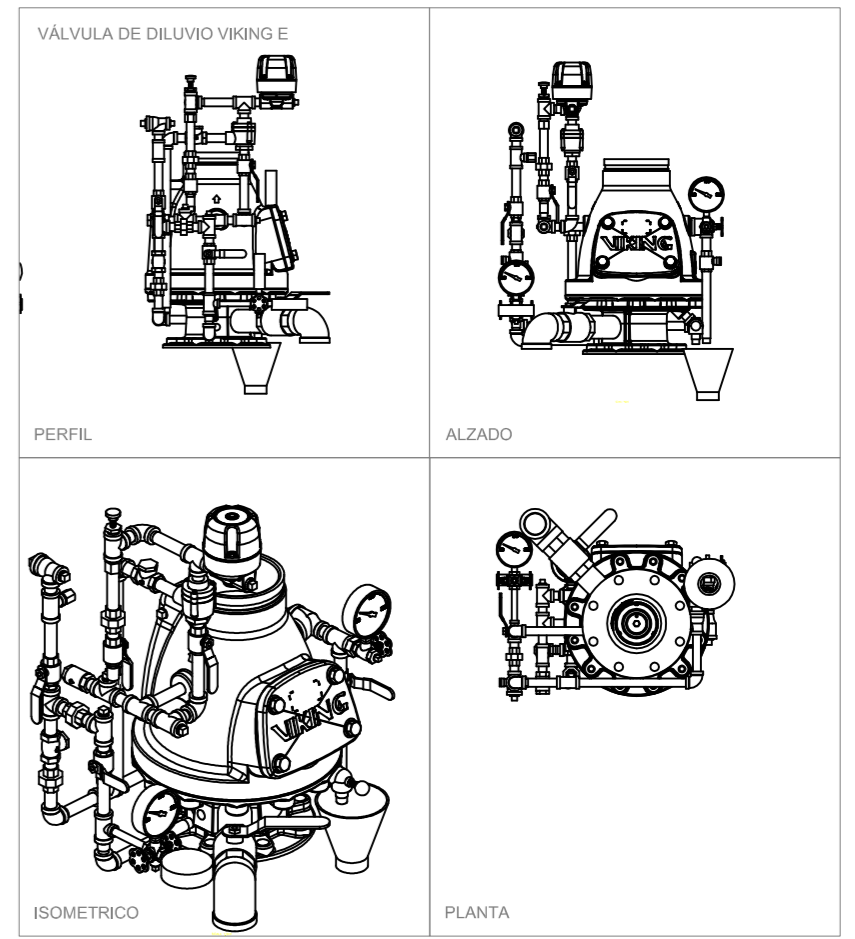
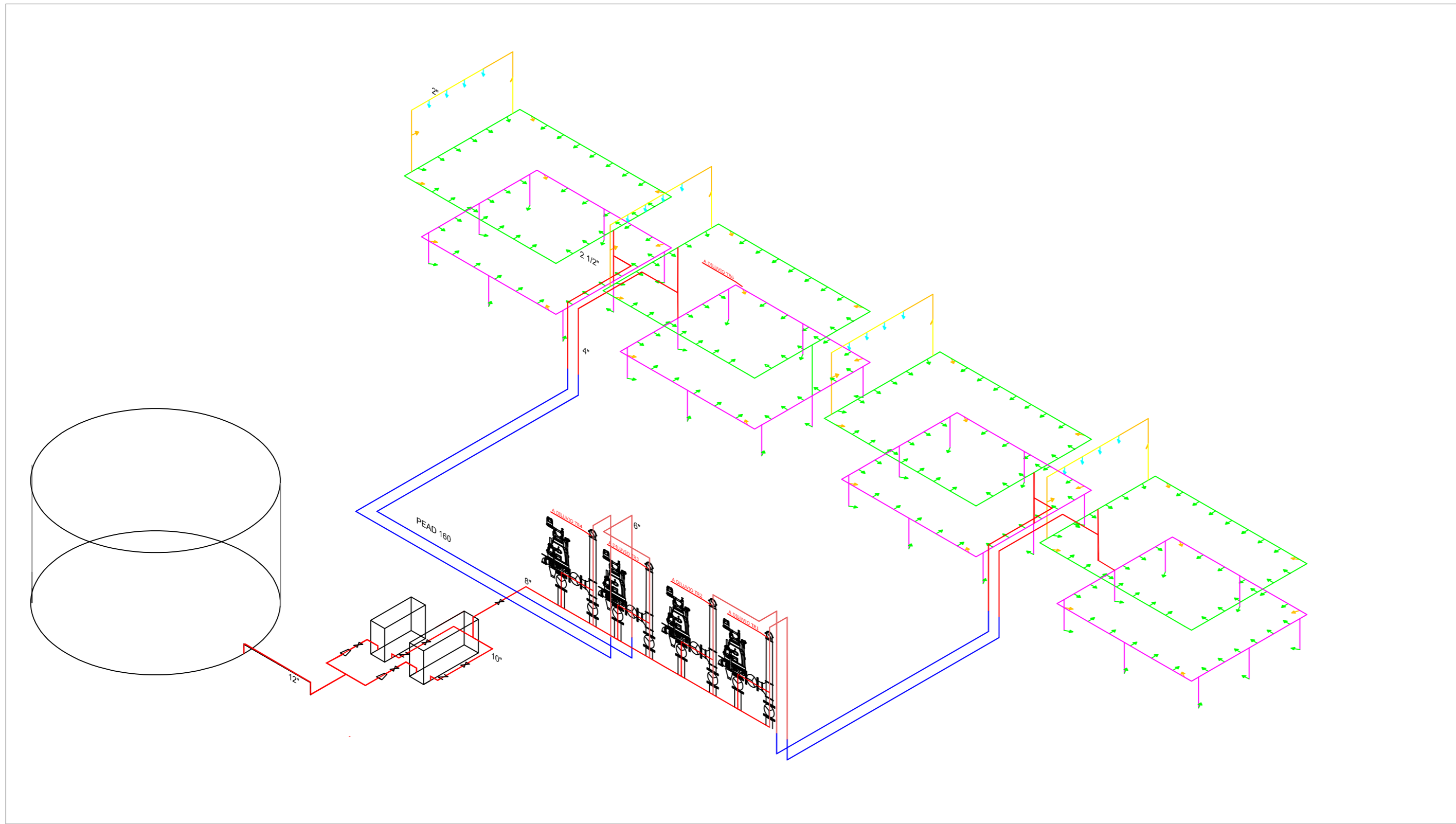


**LEYENDA**

|  |  |
|--|--|
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 812 95° K 59 l/mInbar           |
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 33,1 l/mInbar        |
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 25,9 l/mInbar        |
|  | ANILLO INFERIOR TRANSFORMADOR ACERO GALVANIZADO RANURADO 2 1/2"        |
|  | ANILLO SUPERIOR TRANSFORMADOR ACERO GALVANIZADO RANURADO 2 1/2"        |
|  | RAMAL DEPOSITO ACEITE ACERO GALVANIZADO RANURADO 2"                    |
|  | TUBERIA POLIETILENO ENTERRADA HD 160                                   |
|  | TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA ASTM A795 PARA SOLDAR (Ø/12,10 Y 8") |
|  | TUBERIA ACERO NEGRO Ø 6" SIN SOLDADURA ASTM A795 PARA SOLDAR           |

|  |       |             |  |                    |               |                  |
|--|-------|-------------|--|--------------------|---------------|------------------|
| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN | JLJV   | JLJV               |               |                  |
|  |       |             | DIBUJADO   | APROBADO INGENIERO | APROBADO OBRA | APROBADO CLIENTE |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |             | <h1>02</h1>  |                    |               |                  |
|  |       |             |  |                    |               | ESCALA: 1:50     |
| <b>PLANTAS GENERALES</b>   |       |             | <b>TÉCNICO REDACTOR:</b><br>José Luis Jiménez Vergara            |                    |               |                  |
| <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA</b>   |       |             | <b>TUTOR DEL PROYECTO:</b><br>D. Manuel Valentín Villalba García |                    |               |                  |
|  |       |             | FECHA: JUNIO 2021  |                    |               |                  |

### **4.3 PL-03-ISOMÉTRICO TUBERÍAS**

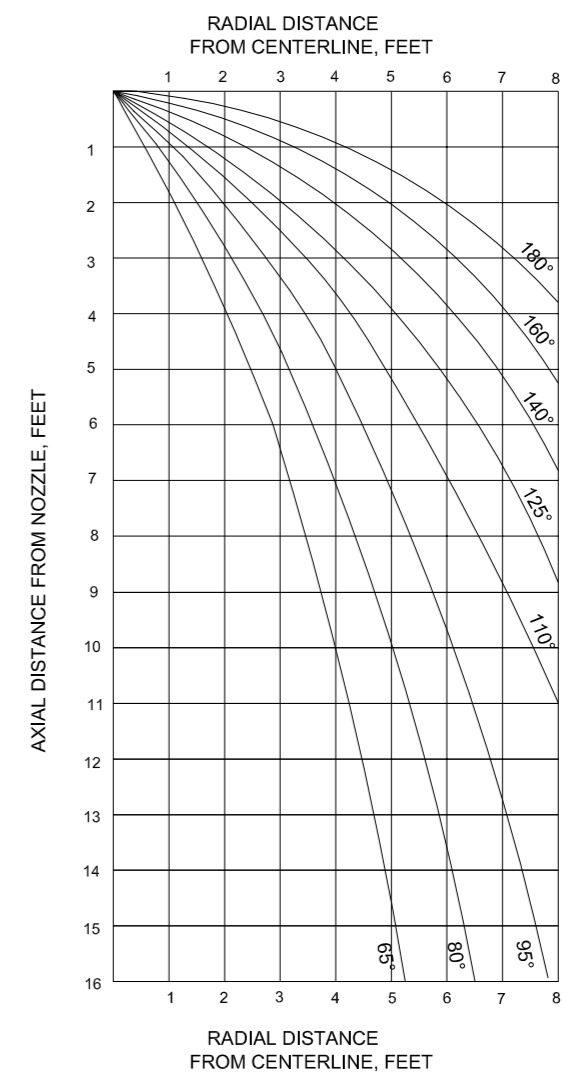
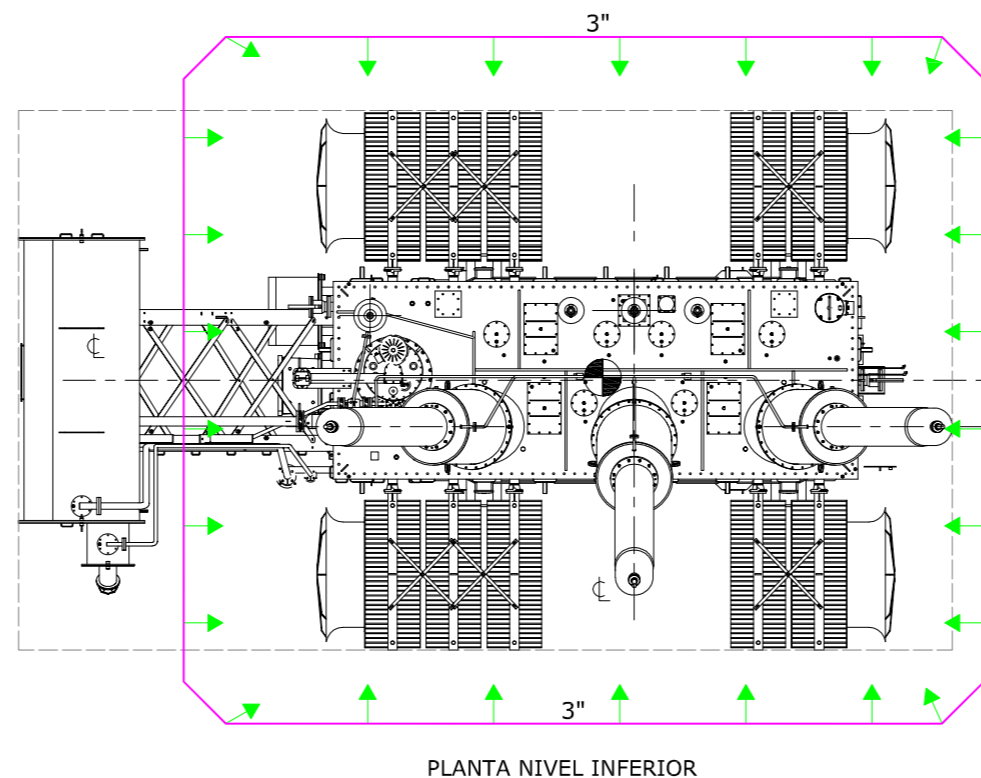
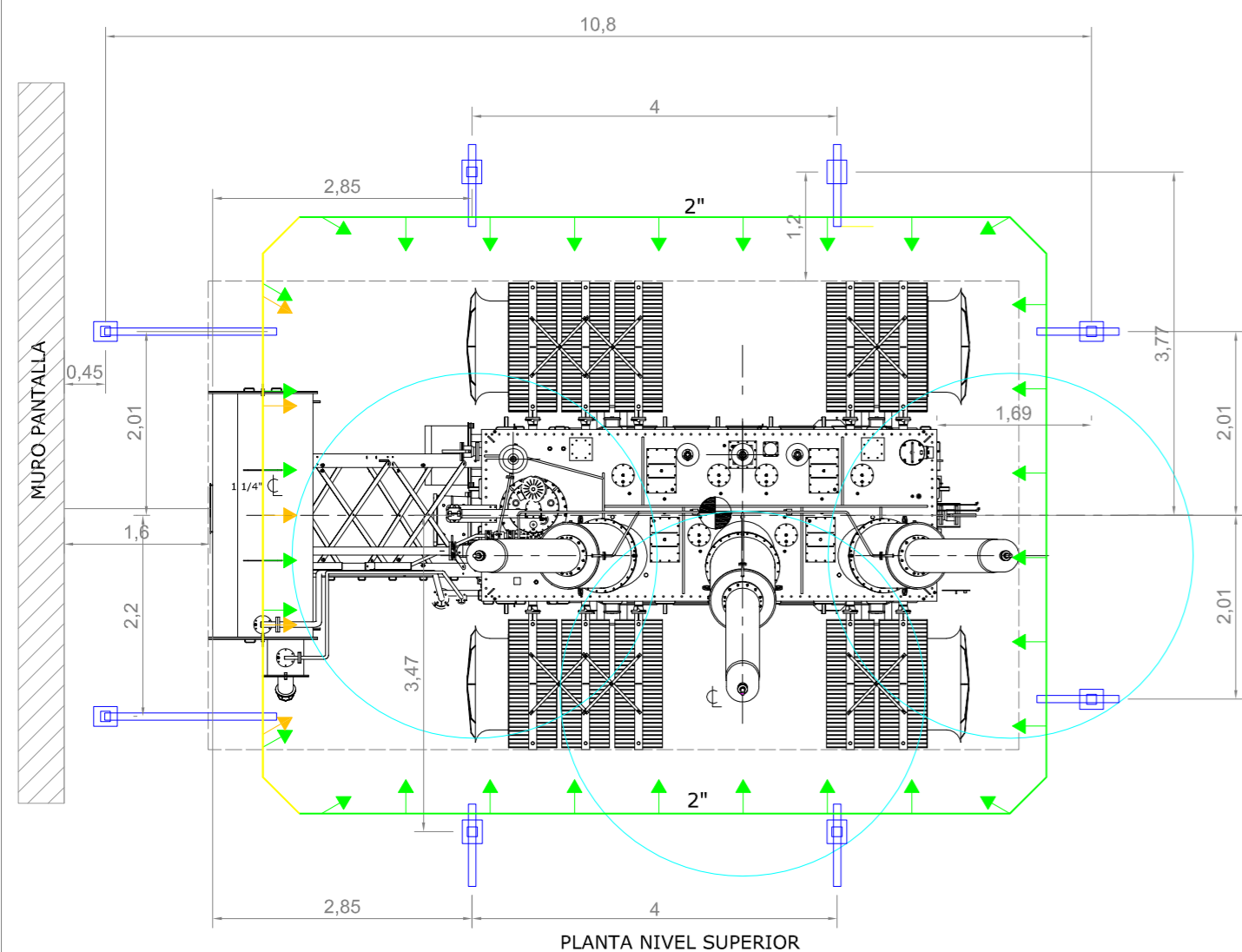
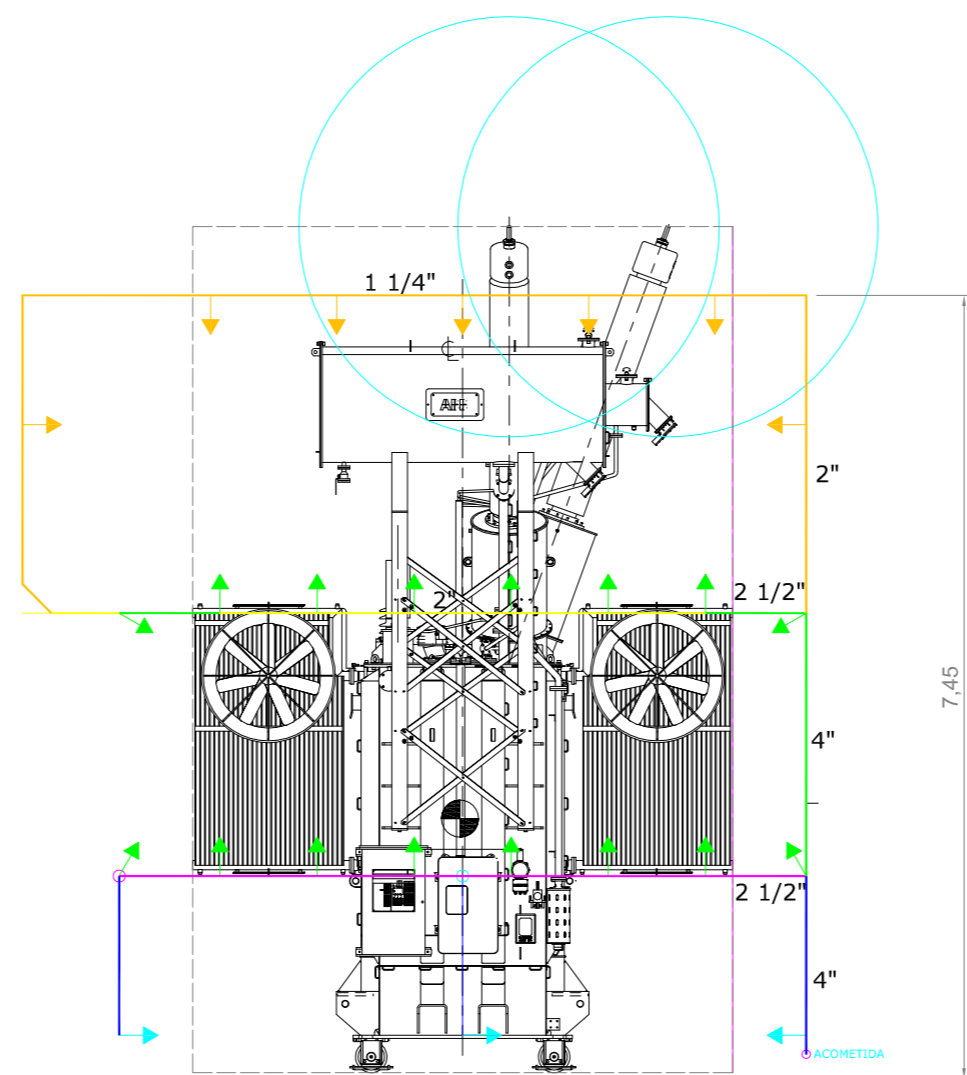
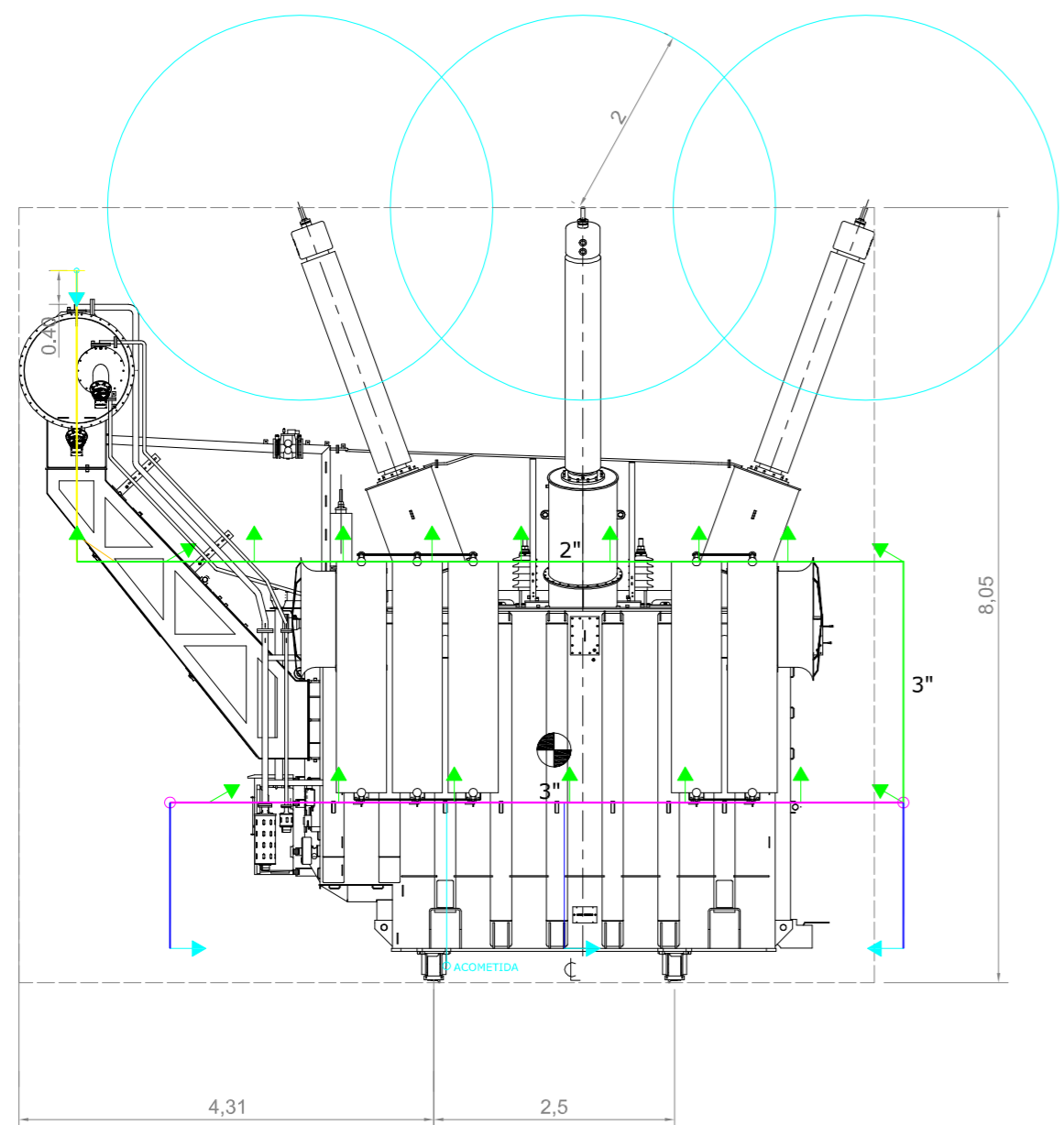


**LEYENDA**

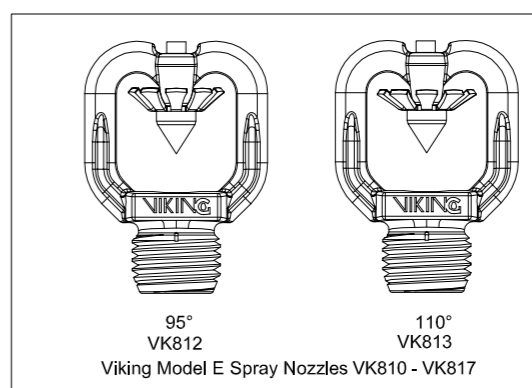
|  |  |
|--|--|
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 812 95° K 59 l/minbar           |
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 33,1 l/minbar        |
|  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 25,9 l/minbar        |
|  | ANILLO INFERIOR TRANSFORMADOR ACERO GALVANIZADO RANURADO 2 1/2"        |
|  | ANILLO SUPERIOR TRANSFORMADOR ACERO GALVANIZADO RANURADO 2 1/2"        |
|  | RAMAL DEPOSITO ACEITE ACERO GALVANIZADO RANURADO 2"                    |
|  | TUBERIA POLIETILENO ENTERRADA HD 160                                   |
|  | TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA ASTM A795 PARA SOLDAR (Ø 12,10 Y 8") |
|  | TUBERIA ACERO NEGRO Ø 6" SIN SOLDADURA ASTM A795 PARA SOLDAR           |

| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN | JLJV  | JLJV               |               |                  |
|--|-------|-------------|---|--------------------|---------------|------------------|
|  |       |             | DIBUJADO  | APROBADO INGENIERO | APROBADO OBRA | APROBADO CLIENTE |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |             | <b>03</b>   |                    |               |                  |
| ISOMÉTRICOS DE TUBERIAS  |       |             |   |                    |               |                  |
| ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA  |       |             | TÉCNICO REDACTOR:<br>José Luis Jiménez Vergara            |                    |               |                  |
|  |       |             | TUTOR DEL PROYECTO:<br>D. Manuel Valentín Villalba García |                    |               |                  |
|  |       |             | ESCALA: 1:100<br>FECHA: JUNIO 2021                        |                    |               |                  |

#### **4.4 PL-04-SISTEMA EXTINCIÓN TRANSFORMADORES**



Viking Model E Spray Nozzles VK810 - VK817, September 27, 2004, data page 32 a-f.



95° VK812  
110° VK813  
Viking Model E Spray Nozzles VK810 - VK817

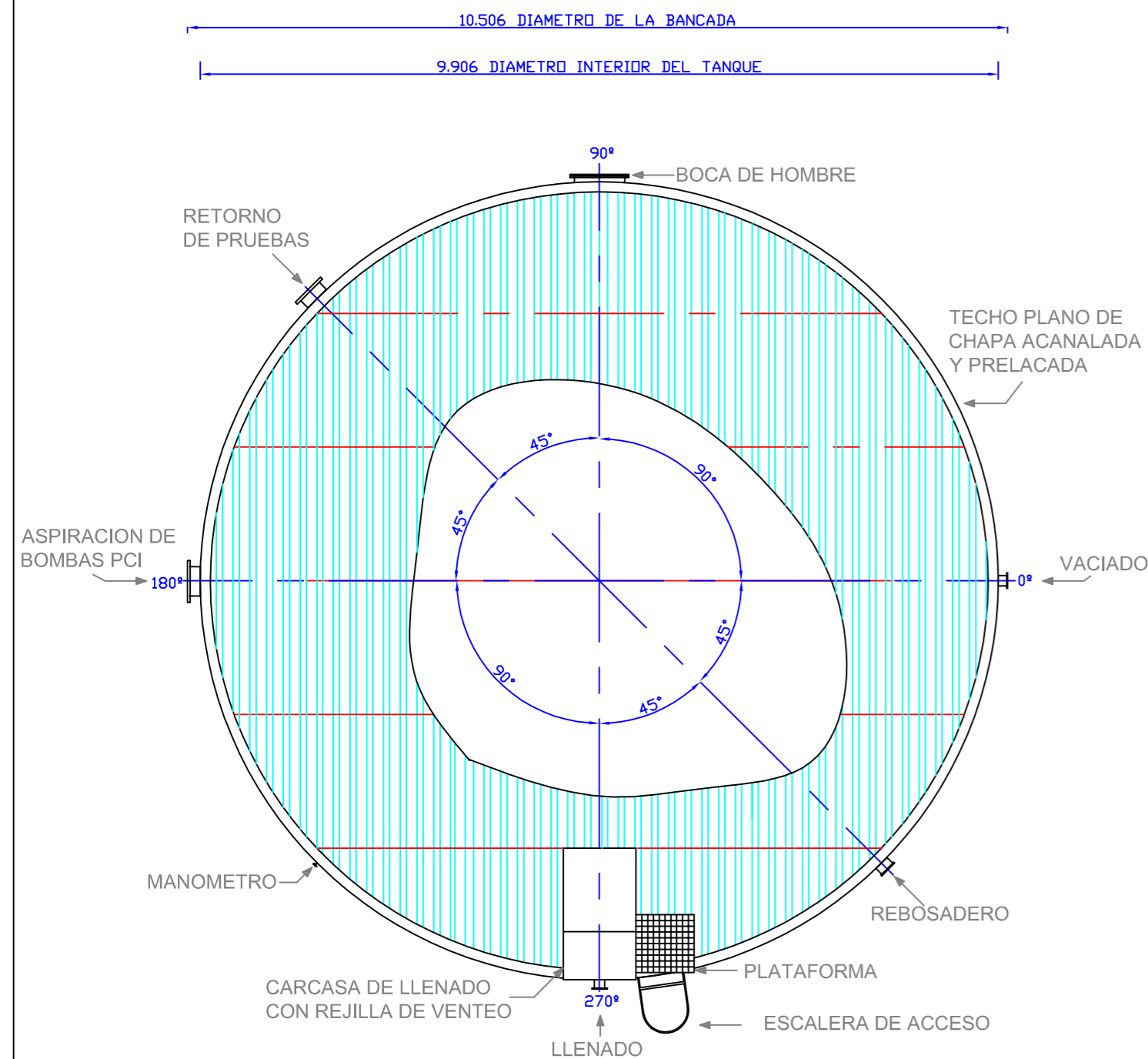
**LEYENDA**

|  |       |  |
|--|-------|--|
|  | 6 ud  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 812 95° K 59 l/minbar     |
|  | 56 ud | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 33,1 l/minbar  |
|  | 8 ud  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA VIKING VK 813 110° K 25,9 l/minbar  |
|  |       | ANILLO INFERIOR TRANSFORMADOR                                    |
|  |       | ANILLO SUPERIOR TRANSFORMADOR                                    |
|  |       | RAMAL DEPOSITO ACEITE  |
|  |       | RAMAL ENFRIAMIENTO INFERIOR                                      |
|  | 3 ud  | BOQUILLA DE AGUA PULVERIZADA TYCO Nº 28 Ø 0,375" K 59,0 l/minbar |

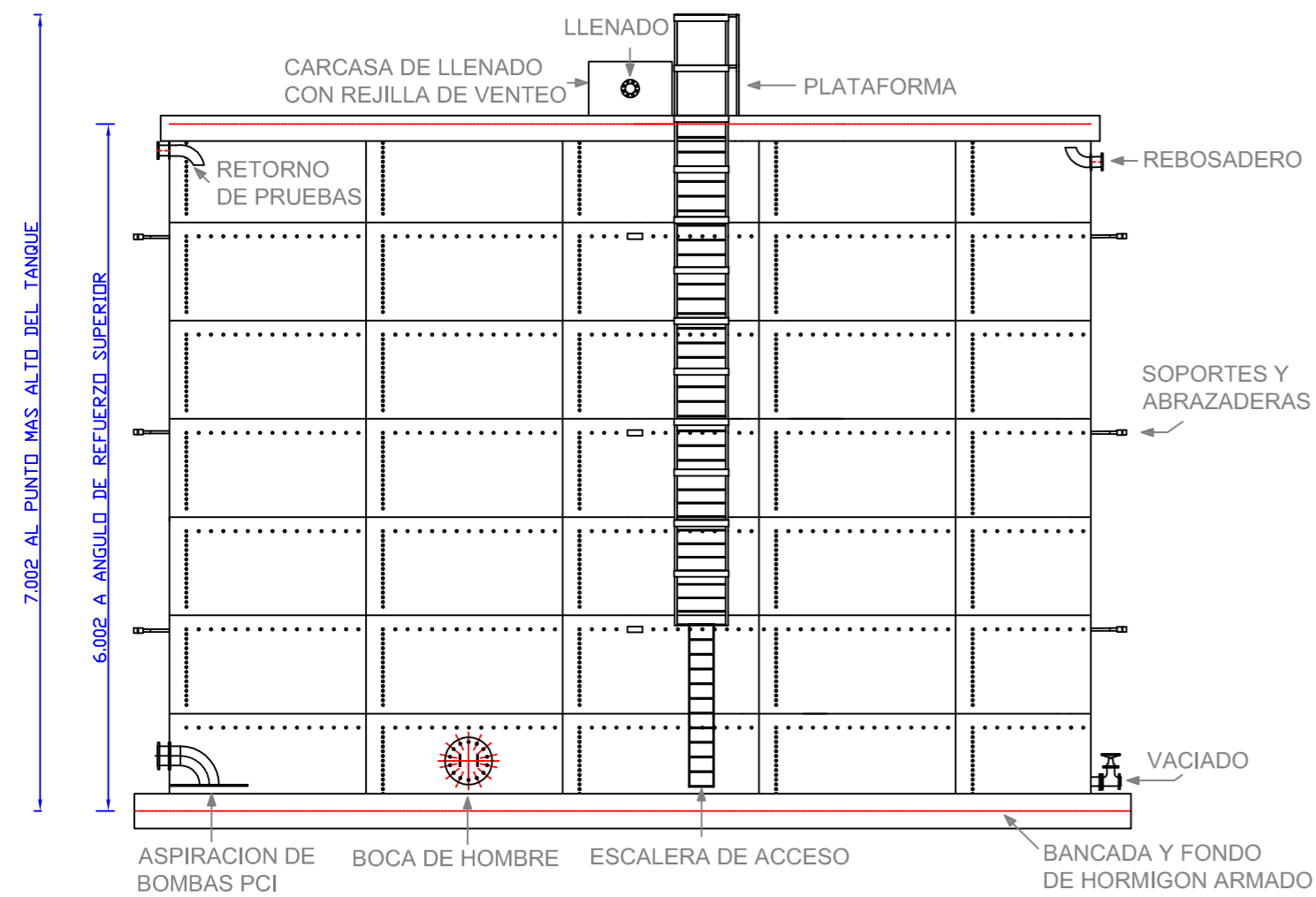
|  |       |  |   |                            |               |                  |
|--|-------|--|---|----------------------------|---------------|------------------|
| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN  | JLJV<br>DIBUJADO  | JLJV<br>APROBADO INGENIERO | APROBADO OBRA | APROBADO CLIENTE |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |  | <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">04</span>  |                            |               |                  |
| <b>SISTEMA EXTINCIÓN TRNASFORMADOR</b>   |       |  |   |                            |               |                  |
|  |       | <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA</b> | <b>TÉCNICO REDACTOR:</b><br>José Luis Jiménez Vergara<br><b>TUTOR DEL PROYECTO:</b><br>D. Manuel Valentín Villalba García |                            |               |                  |
| <b>ESCALA:</b> 1:100<br><b>FECHA:</b> JUNIO 2021   |       |  |   |                            |               |                  |



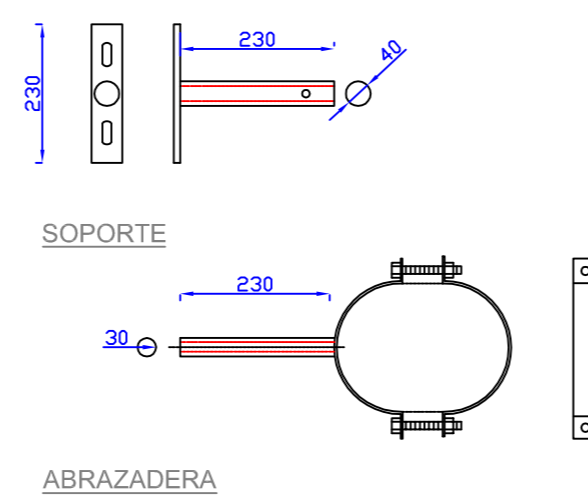
## 4.5 PL-05-DEPOSITO ABASTECIMIENTO



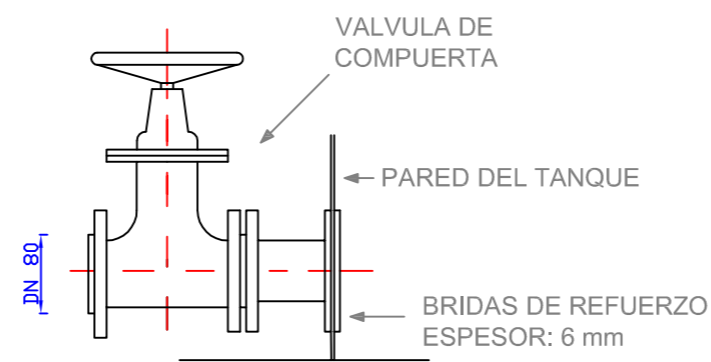
PLANTA



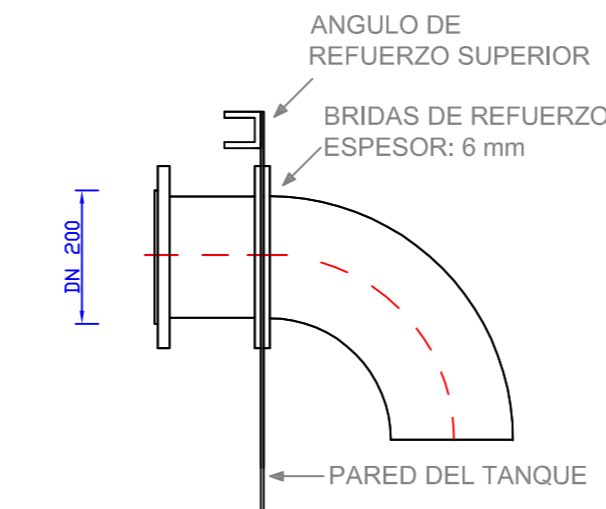
ALZADO



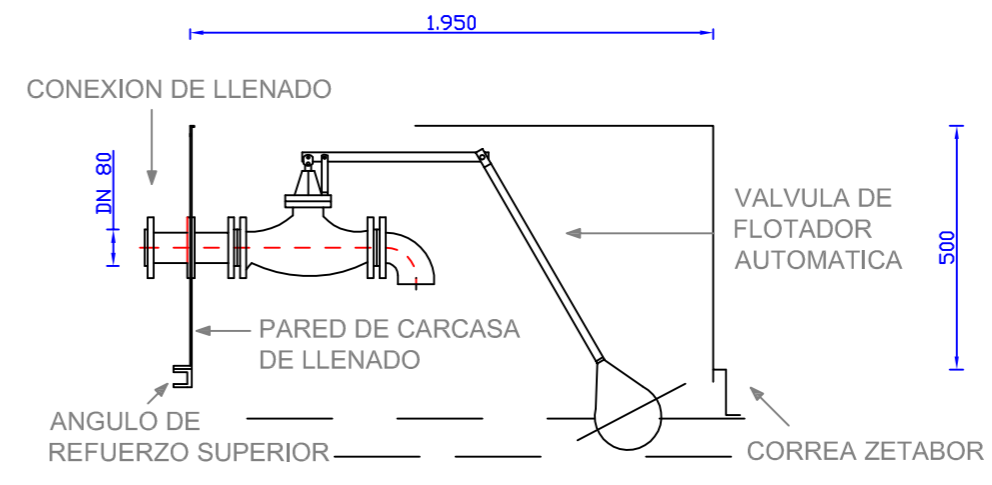
DETALLE 1  
DETALLE SOPORTES EXTERIORES



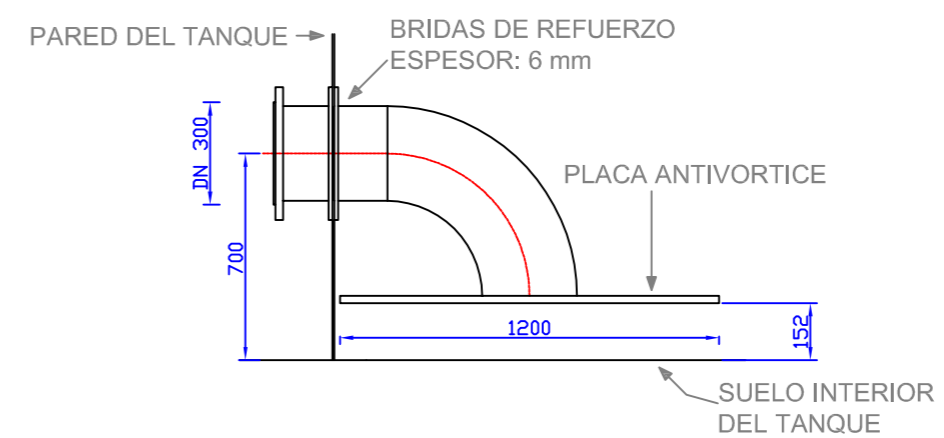
DETALLE 3  
DETALLE CONEXION DE VACIADO



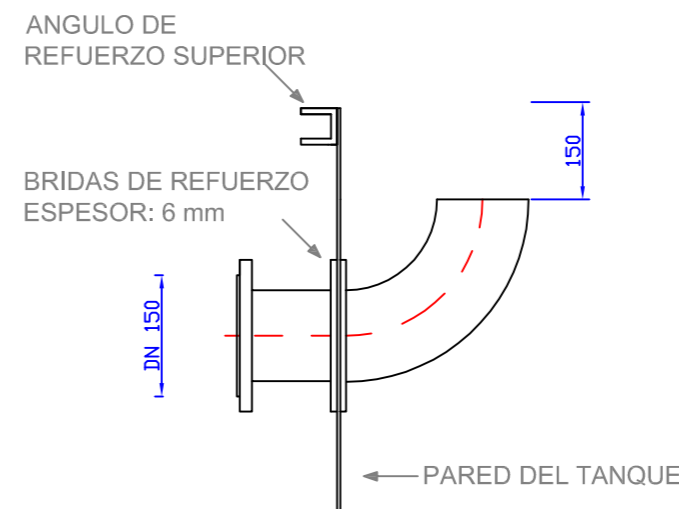
DETALLE 5  
DETALLE CONEXION DE RETORNO



DETALLE 2  
CARCASA DE CONEXION DE LLENADO



DETALLE 4  
DETALLE CONEXION DE ASPIRACION



DETALLE 6  
DETALLE CONEXION DE REBOSADERO

| LISTA DE CONEXIONES |          |            |        |      |             |           |                          |                            |  |
|---------------------|----------|------------|--------|------|-------------|-----------|--------------------------|----------------------------|--|
| MARCA               | CANTIDAD | D. NOMINAL | RATING | CARA | ORIENTACION | ELEVACION | SERVICIO                 | NOTAS                      |  |
|                     | 2        | DN 80      | PN 16  | FF   | 270°        | 6.792     | LLENADO DEPOSITO         | BRIDA PLANA DIN 2502 PN 16 |  |
|                     | 3        | DN 80      | PN 16  | FF   | 0°          | 410       | VACIADO DEPOSITO         | BRIDA PLANA DIN 2502 PN 16 |  |
|                     | 4        | DN 250     | PN 16  | FF   | 180°        | 682       | ASPIRACION DE BOMBAS PCI | BRIDA PLANA DIN 2502 PN 16 |  |
|                     | 5        | DN 200     | PN 16  | FF   | 135°        | 6.272     | RETORNO DE PRUEBAS       | BRIDA PLANA DIN 2502 PN 16 |  |
|                     | 6        | DN 150     | PN 16  | FF   | 315°        | 6.162     | REBOSADERO               | BRIDA PLANA DIN 2502 PN 16 |  |
|                     | 1        | 1/2"       | B. R.  |      | 225°        | 1.220     | MANOMETRO                | BRIDA ROSCADA              |  |
|                     | 1        | DN 600     | PLN.   |      | 90°         | 735       | BOCA DE HOMBRE           | BRIDA PLANA                |  |
|                     |          |            |        |      |             |           | CONEXION DE RESERVA      |                            |  |
|                     |          |            |        |      |             |           | INDICADOR DE BAJO NIVEL  |                            |  |
|                     |          |            |        |      |             |           | INDICADOR DE ALTO NIVEL  |                            |  |
|                     |          |            |        |      |             |           | RESISTENCIA DE CALDEO    |                            |  |

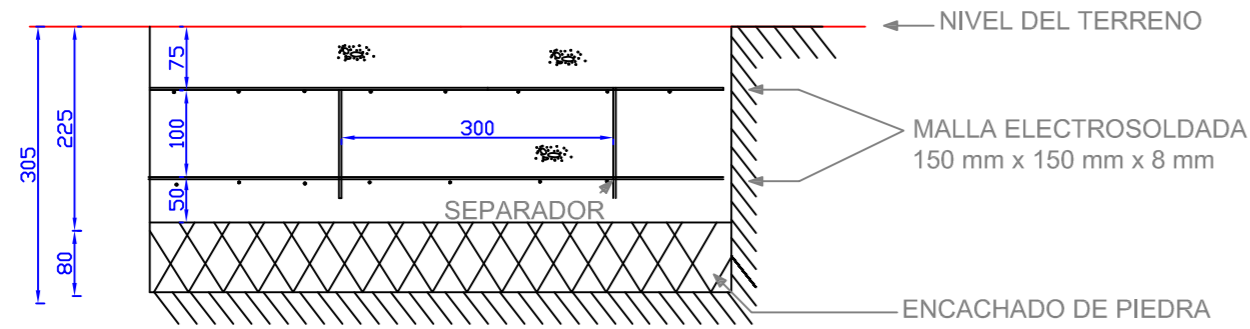
ELEVACION: TODAS LAS MEDIDAS EN MILIMETROS DESDE COTA FASE 1

| DATOS DE DISEÑO   |   |  |                                    |
|---|---|--|------------------------------------|
| CODIGOS DE DISEÑO   |   | EN 13445 / UNE23.500   |                                    |
| PRESION DE DISEÑO   | INTERIOR                                  | Atmosférica  |                                    |
| TEMPER. DE DISEÑO   | Maxima                                    | 50° C  |                                    |
|   | Minima                                    | 0° C   |                                    |
| PRESION DE OPERACION  |   | Atmosférica  |                                    |
| TEMPERATURA DE OPERACION  |   | Ambiente   |                                    |
| PRESION PRUEBA HIDROSTATICA   |   | Lleno de agua  |                                    |
| PRESION DE VIENTO   |   | 120 Kg/m <sup>2</sup>  |                                    |
| RESISTENCIA PESO NIEVE (TECHO)  |   | 70 Kg/m <sup>2</sup>   |                                    |
| FACTOR SISMICO  |   | -  |                                    |
|   |   | ENVOLVENTE   | FONDOS                             |
| RADIOGRAFIADO   |   | -  | -                                  |
| EFICIENCIA JUNTA  |   | -  | -                                  |
| CORROSION   |   | -  | -                                  |
| ACABADO SUPERFICIAL   |   | Acero Galvanizado  |                                    |
| FLUIDO  |   | Agua   |                                    |
| DENSIDAD DEL LIQUIDO  |   | 1,000 Kg/m <sup>3</sup>  |                                    |
| AISLAMIENTO   |   | TIPO   | N/A                                |
| SERPENTIN DE CALENTAMIENTO  |   | ESPESOR  | N/A                                |
| RESISTENCIA DE CALDEO   |   | N/A  |                                    |
| TIPO DE TECHO: Plano de chapa acanalada, galvanizada y prelacada color gris perla |   |  |                                    |
| ESPECIFICACION DE MATERIALES  |   |  |                                    |
| Modelo Estructural: 1305 (MC-PCI)   |   |  |                                    |
| ENVOLVENTE  | MATERIAL                                  | S355; S275 y S235 JR G1 AC. Galva. (600 gr/m <sup>2</sup> de Zn) |                                    |
|   | ESPESOR                                   | 1° V. 2 mm (S355); 2° V. 2 mm (S275); 3° - 5° V. 2 mm (S235)     |                                    |
| FONDO   | RESISTENCIA MINIMA DEL TERRENO:           | 1,5 Kg. Cm <sup>2</sup>  |                                    |
|   | MATERIAL                                  | Hormigón H-35  |                                    |
|   |   | ESPESOR  | 225 mm (1° Fase), 150 mm (2° Fase) |
| EXTERIOR  | SOPORTES                                  | S-235 JR   |                                    |
|   | BRIDAS                                    | DIN 2502 PN 16   |                                    |
|   | CUELLOS TUBO                              | AC. Galvanizado  |                                    |
|   | CUELLOS CHAPA                             | AC. Galvanizado  |                                    |
|   | REFUERZOS                                 | AC. Galvanizado  |                                    |
|   | CODOS / TES                               | AC. Galvanizado  |                                    |
|   | TORNILLERIA                               | C/R 4 estr. M12X25 T Gr. 8,8 (Dacrometizados)                    |                                    |
|   | JUNTAS DE SELLADO                         | Masilla de poliuretano   |                                    |
|   | CLIPS                                     | AC. Galvanizado  |                                    |
|   | ACABADO SUPERFICIAL                       | AC. Galvanizado (600 gr/m <sup>2</sup> de Zn)                    |                                    |
|   | ESCALERA                                  | Aluminio   |                                    |
|   | TORNILLERIA                               | C/R 4 estr. M12X25 T Gr. 8,8 (Dacrometizados)                    |                                    |
| INTERIOR  | SOPORTES                                  | -  |                                    |
|   | BRIDAS                                    | -  |                                    |
|   | CODOS / TES                               | -  |                                    |
|   | ANILLO DESGASTE                           | -  |                                    |
| JUNTAS DE SELLADO   | Masilla de poliuretano                    |  |                                    |
| JUNTA DE SELLADO PERIMETRAL   | Perfil elastomero que expande con el agua |  |                                    |
| PESOS   |   |  |                                    |
| PESO EN VACIO   |   | 6.151 Kg.  |                                    |
| PESO EN OPERACION   |   | -  |                                    |
| PESO EQUIPO LLENO DE AGUA   |   | 445.151 Kg.  |                                    |
| TRANSPORTE  |   | 6.151 Kg.  |                                    |
| CAPACIDAD   |   |  |                                    |
| CAPACIDAD NETA (UTIL)   |   | 428 m <sup>3</sup>   |                                    |
| CAPACIDAD BRUTA (TOTAL)   |   | 439 m <sup>3</sup>   |                                    |
| DIMENSIONES   |   |  |                                    |
| RADIO DEL DEPOSITO  |   | 4.953 m  |                                    |
| DIAMETRO DEL DEPOSITO   |   | 9.906 m  |                                    |
| PERIMETRO DEL DEPOSITO  |   | 31.206 m   |                                    |
| AREA  |   | 77.070 m <sup>2</sup>  |                                    |
| ALTURA DEL CILINDRO   |   | 6.002 m  |                                    |
| ALTURA HASTA EL ULTIMO PUNTO  |   | 7.002 m  |                                    |
| RADIO DE LA BANCADA   |   | 5.253 m  |                                    |
| DIAMETRO DE LA BANCADA  |   | 10.506 m   |                                    |
| PERIMETRO DE LA BANCADA   |   | 33.005 m   |                                    |
| AREA DE LA BANCADA  |   | 86.689 m <sup>2</sup>  |                                    |

| REVISION   | FECHA    | DESCRIPCION | JLJV  | JLJV  | JLJV  |
|--|----------|-------------|---|-------|-------|
| ELABORADO  | REVISADO | PROYECTADO  | APROBADO  | FECHA | FECHA |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |          |             |   |       |       |
| <b>DEPÓSITO DE ABASTECIMIENTO</b>  |          |             | <b>05</b>   |       |       |
| ESCALA: VARIAS   |          |             | FECHA: JUNIO 2021   |       |       |
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA  |          |             | TÉCNICO REDACTOR: José Luis Jiménez Vergara<br>TUTOR DEL PROYECTO: D. Manuel Valentin Villaiba Garcia |       |       |

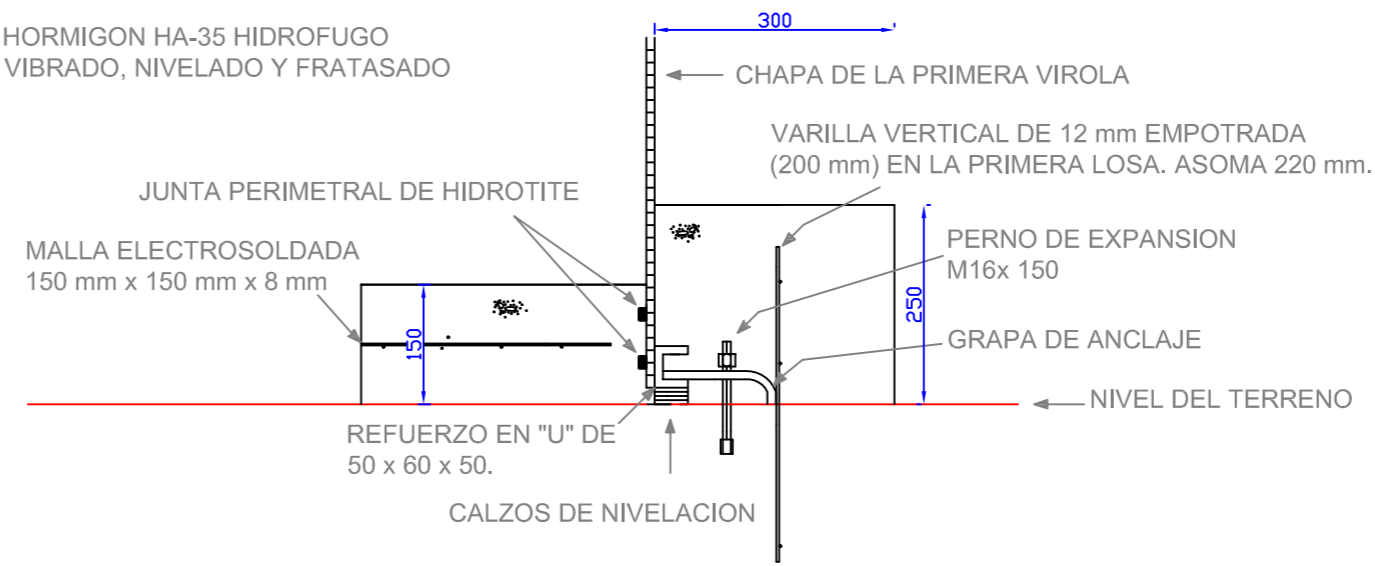
## 4.6 PL-06-DETALLE CIMENTACION DEPOSITO

HORMIGON HA-35  
NIVELACION: +/- 10 mm  
ACABADO: RUGOSO



DETALLE 2: SECCION DE LA FASE 1 DE LA BANCADA

HORMIGON HA-35 HIDROFUGO  
VIBRADO, NIVELADO Y FRATASADO



DETALLE 3: SECCION DE LA FASE 2 DE LA BANCADA

ESPECIFICACIONES SOBRE LA BASE DEL DEPOSITO

| DIMENSIONES                  |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| MODELO ESTRUCTURAL           | 1300 MC-PCI           |
| RADIO DEL DEPOSITO           | 4,953 m               |
| DIAMETRO DEL DEPOSITO        | 9,906 m               |
| PERIMETRO DEL DEPOSITO       | 31,206 m              |
| AREA                         | 77,070 m <sup>2</sup> |
| ALTURA DEL CILINDRO          | -                     |
| ALTURA HASTA EL ULTIMO PUNTO | -                     |
| RADIO DE LA BANCADA          | 5,253 m               |
| DIAMETRO DE LA BANCADA       | 10,506 m              |
| PERIMETRO DE LA BANCADA      | 33,005 m              |
| AREA DE LA BANCADA           | 86,689 m <sup>2</sup> |

Para toda construcción el terreno debe tener una resistencia mínima de 1,5 Kg./Cm.<sup>2</sup>

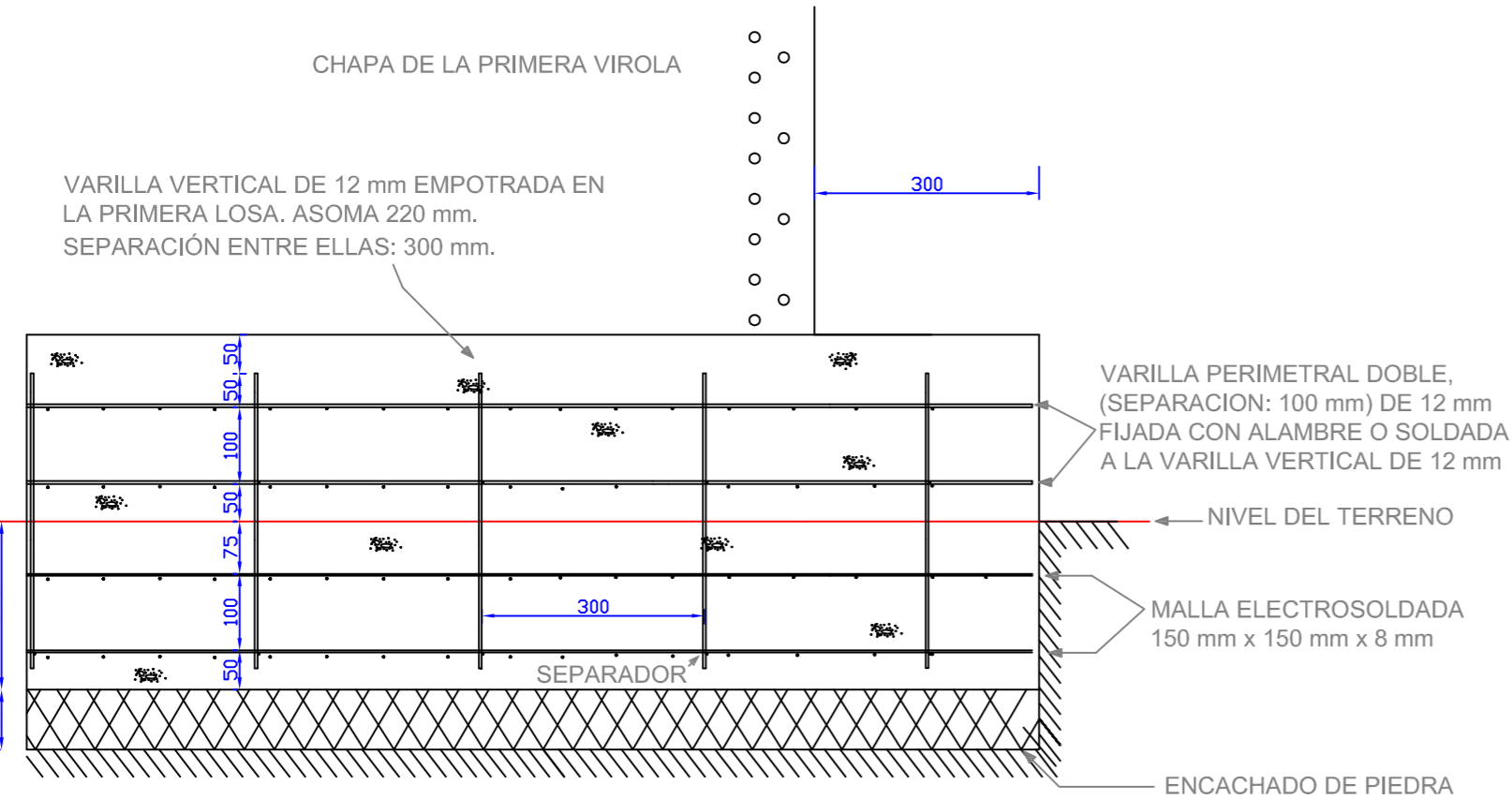
La base del depósito es de hormigón armado HA-35 (350 Kg. de cemento por metro cúbico de hormigón) y su ejecución se realizará en dos fases. El resultado es una unidad de carga muerta que permite el equilibrio del conjunto (depósito + bancada) frente a la acción del viento cuando el tanque está vacío y que soporta las tensiones en plena carga.

CHAPA DE LA PRIMERA VIOLA

VARILLA VERTICAL DE 12 mm EMPOTRADA EN LA PRIMERA LOSA. ASOMA 220 mm. SEPARACIÓN ENTRE ELLAS: 300 mm.

FASE 2  
HORMIGON HA-35  
HIDROFUGO  
VIBRADO, NIVELADO  
Y FRATASADO

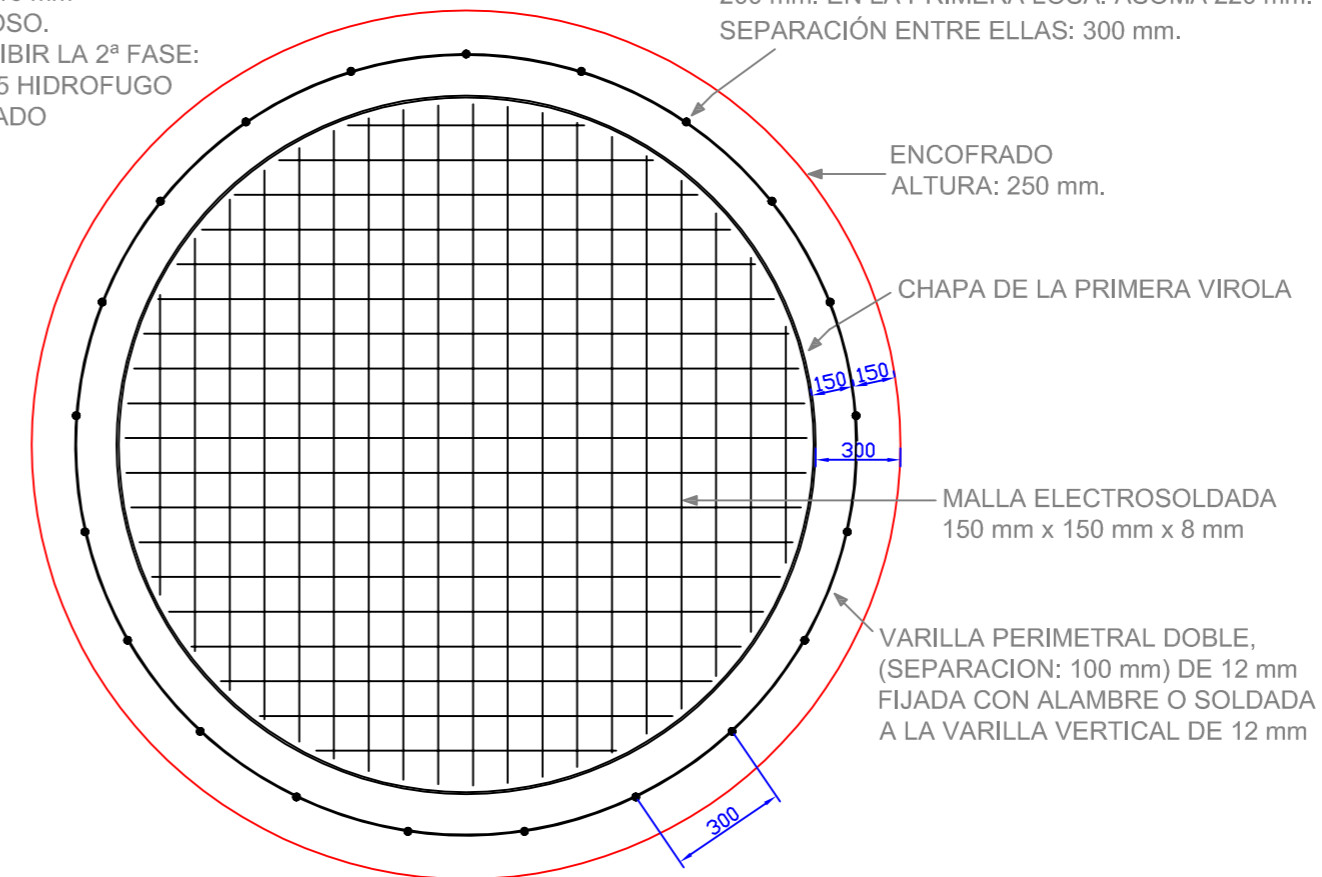
FASE 1  
HORMIGON HA-35  
NIVELACION:  
+/- 10 mm  
ACABADO: RUGOSO



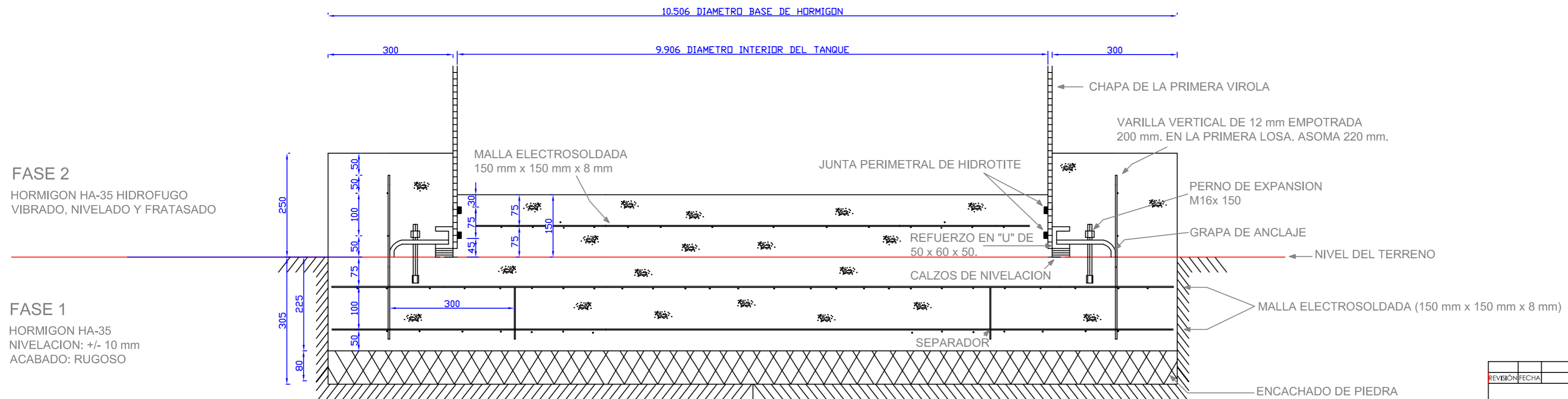
DETALLE 4: ESCALON EXTERIOR, FASE 1 Y FASE 2

HORMIGON HA-35  
NIVELACION: +/- 10 mm  
ACABADO: RUGOSO.  
LISTO PARA RECIBIR LA 2ª FASE:  
HORMIGON HA-35 HIDROFUGO  
VIBRADO, NIVELADO  
Y FRATASADO

VARILLA VERTICAL DE 12 mm EMPOTRADA  
200 mm. EN LA PRIMERA LOSA. ASOMA 220 mm.  
SEPARACIÓN ENTRE ELLAS: 300 mm.



DETALLE 5: COLOCACION DE LA MALLA EN PLANTA PARA ECHAR EL HORMIGON DE LA FASE 2



DETALLE 1: SECCION GENERAL DE LA BANCADA COMPLETA FASE 1 Y FASE 2

| REVISION | FECHA | DESCRIPCION | JLJV | JLJV | JLJV |
|----------|-------|-------------|------|------|------|
|          |       |             |      |      |      |

**DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES**

**06**

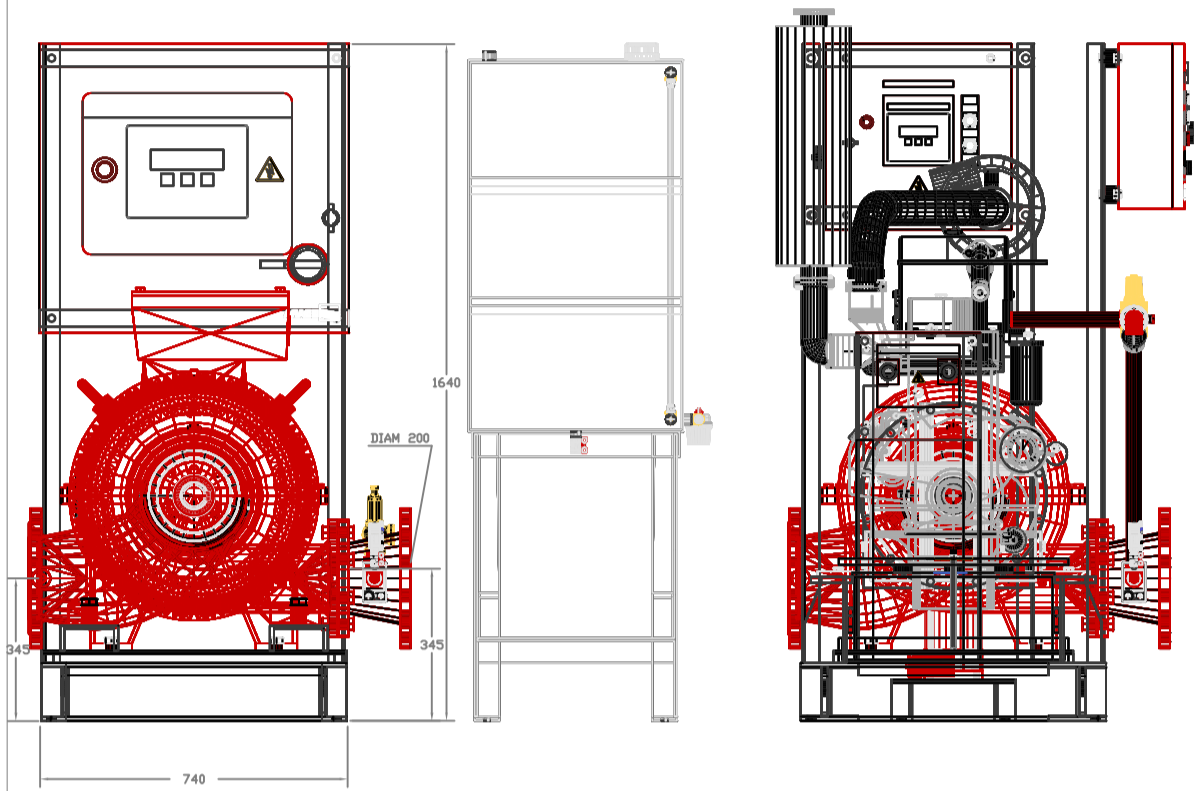
ESCALA: VARIAS  
 FECHA: JUNIO 2021

TÉCNICO REDACTOR:  
 José Luis Jiménez Vergara  
 TUTOR DEL PROYECTO:  
 D. Manuel Valentín Villaiba García

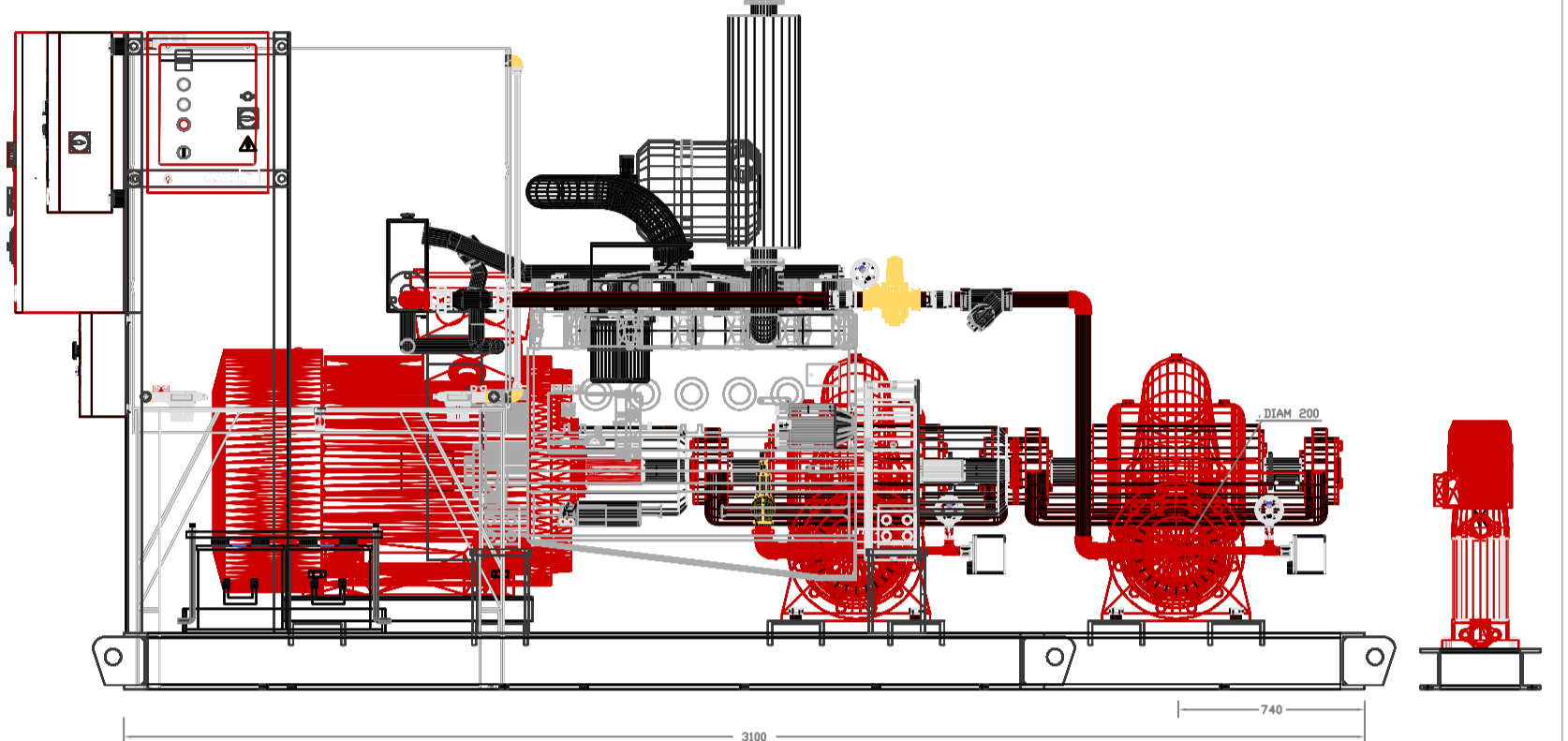
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA DE SEVILLA

## **4.7 PL-07- GRUPO DE PRESIÓN.**

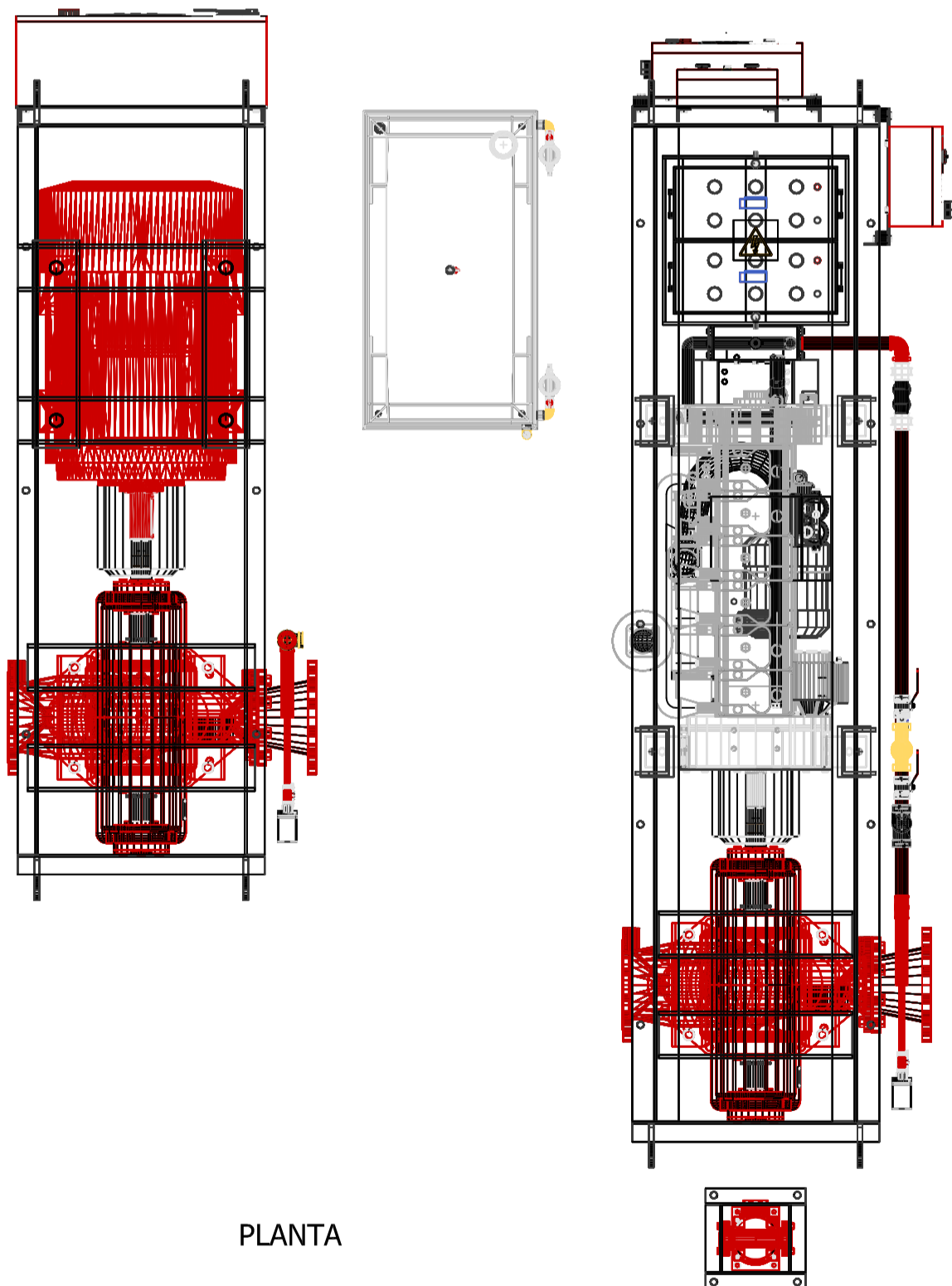




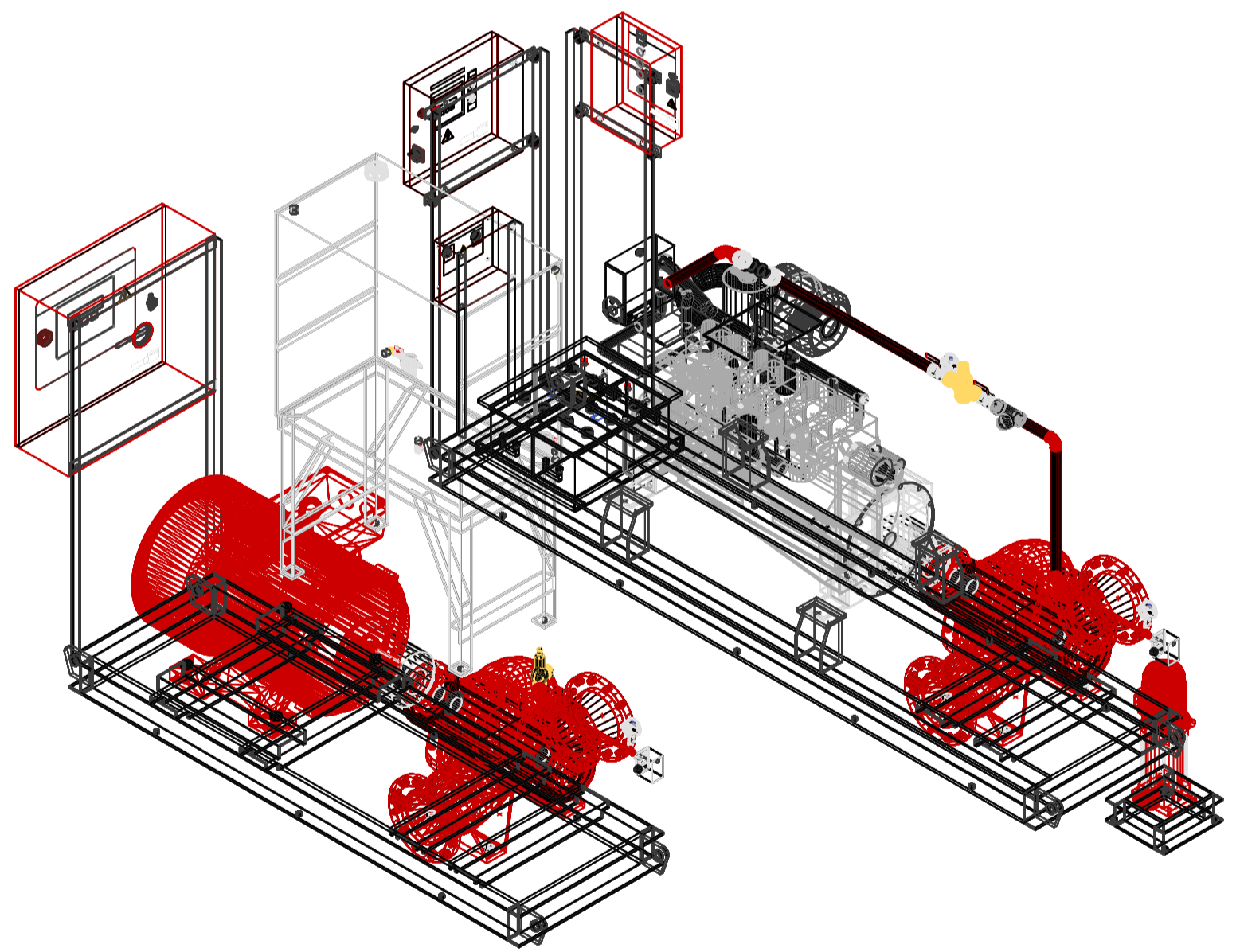
ALZADO



PERFIL



PLANTA



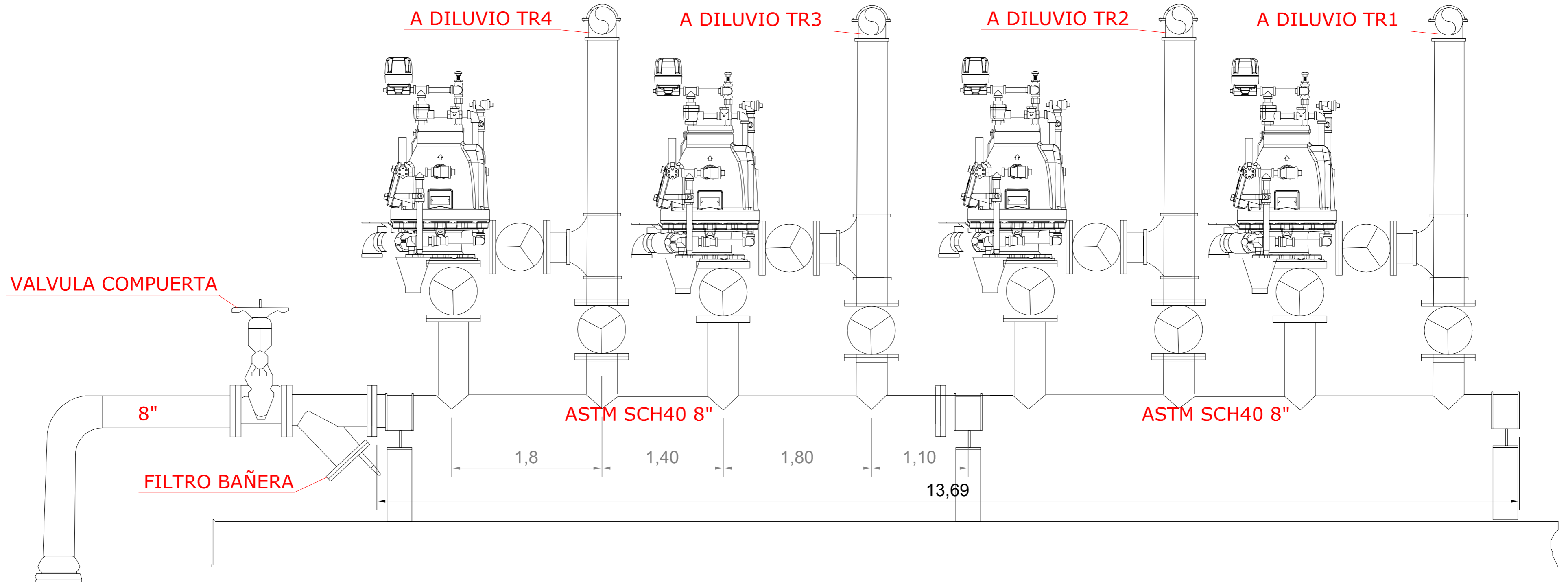
PERSPECTIVA

| REVISIÓN | FECHA | DESCRIPCIÓN  | JLJV<br>DIBUJADO  | JLJV<br>INGENIERO | PROCESADO<br>COSA            | PROCESADO<br>CLIENTE |
|----------|-------|--|---|-------------------|------------------------------|----------------------|
|          |       | <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |   |                   |                              |                      |
|          |       | <b>GRUPO DE PRESIÓN</b>  | <b>07</b>   |                   |                              |                      |
|          |       | ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA  |   |                   |                              |                      |
|          |       |  | TÉCNICO REDACTOR:<br>José Luis Jiménez Vergara            |                   | ESCALA:<br>FECHA: JUNIO 2021 |                      |
|          |       |  | TUTOR DEL PROYECTO:<br>D. Manuel Valentín Villalba García |                   |                              |                      |

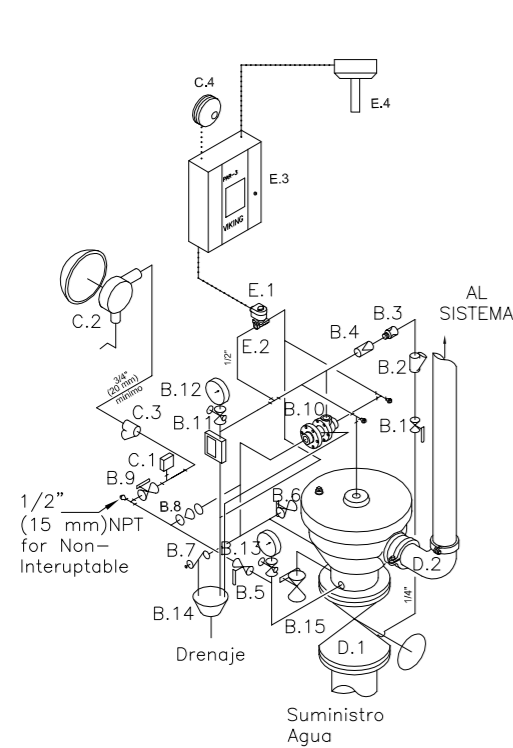


## 4.8 PL-08- COLECTOR PUESTOS DE CONTROL

# DETALLE PUESTOS DE CONTROL



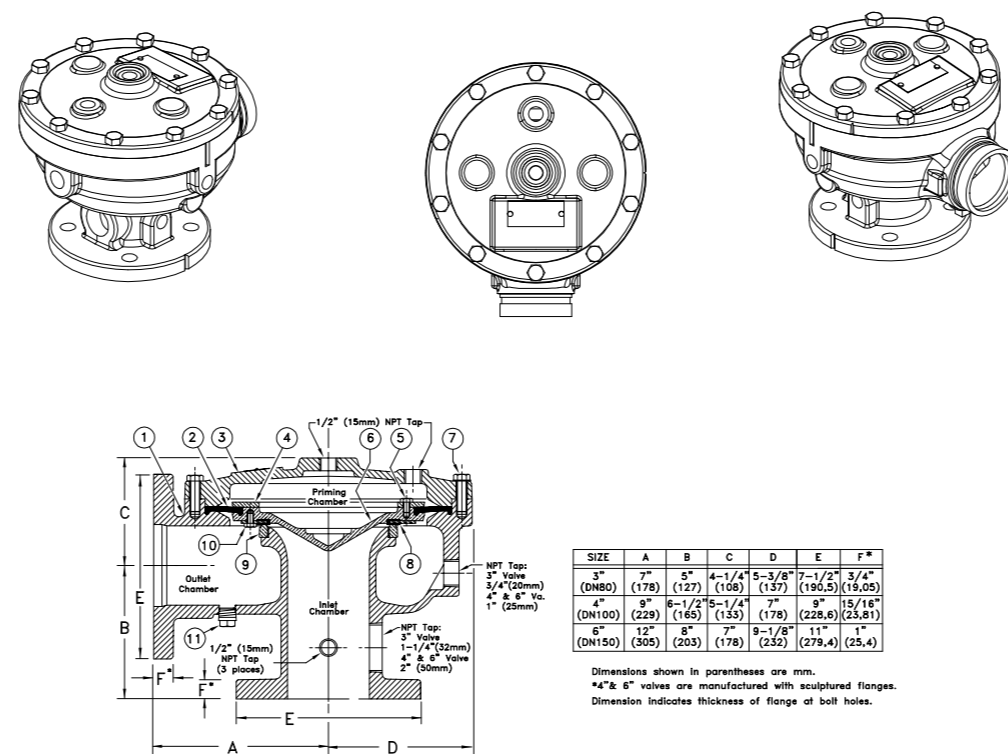
## ESQUEMA VÁLVULA DILUVIO: COMPONENTES DEL SISTEMA



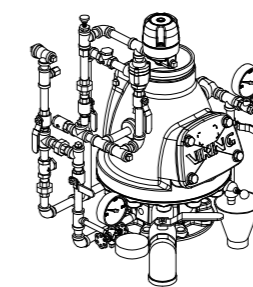
ESQUEMA VÁLVULA DILUVIO COMPONENTES SISTEMA

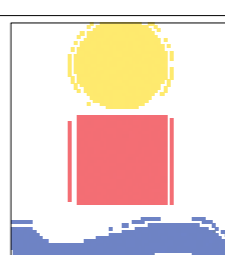
- A. Válvula
- A.1 Válvula
- B. Trim
  - B.1 Válvula de cebado
  - B.2 Filtro en Y
  - B.3 Orificio restricción 1/16"
  - B.4 Válvula de retención
  - B.5 Válvula de prueba
  - B.6 Válvula auxiliar de drenaje
  - B.7 Válvula de alivio automático
  - B.8 Válvula de retención de drenaje
  - B.9 Válvula de paro de alarma
  - B.10 Válvula de corte de cebado
  - B.11 Disparo de emergencia
  - B.12 Manómetro y válvula
  - B.13 Manómetro y válvula
  - B.14 Embudo de drenaje
  - B.15 Válvula de prueba de flujo
- C. Equipo de alarma de flujo de agua
  - C.1 Presostato
  - C.2 Motor de agua y gong
  - C.3 Filtro
  - C.4 Campana eléctrica
- D. Riser
  - D.1 Válvula de corte
  - D.2 Codo a 90°
- E. Sistema de liberación
  - E.1 Válvula de solenoide
  - E.2 Trim del módulo de disparo eléctrico
  - E.3 Central de incendios
  - E.4 Sistema de detección eléctrico

## VÁLVULA E

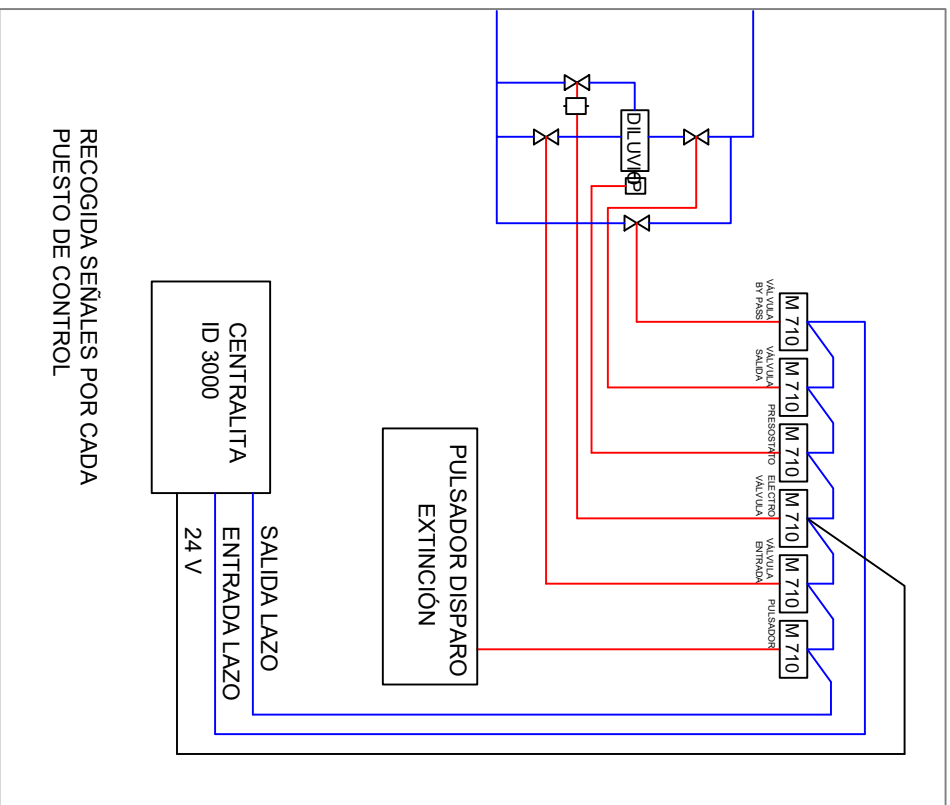


## VALVULA DILUVIO VIKING E

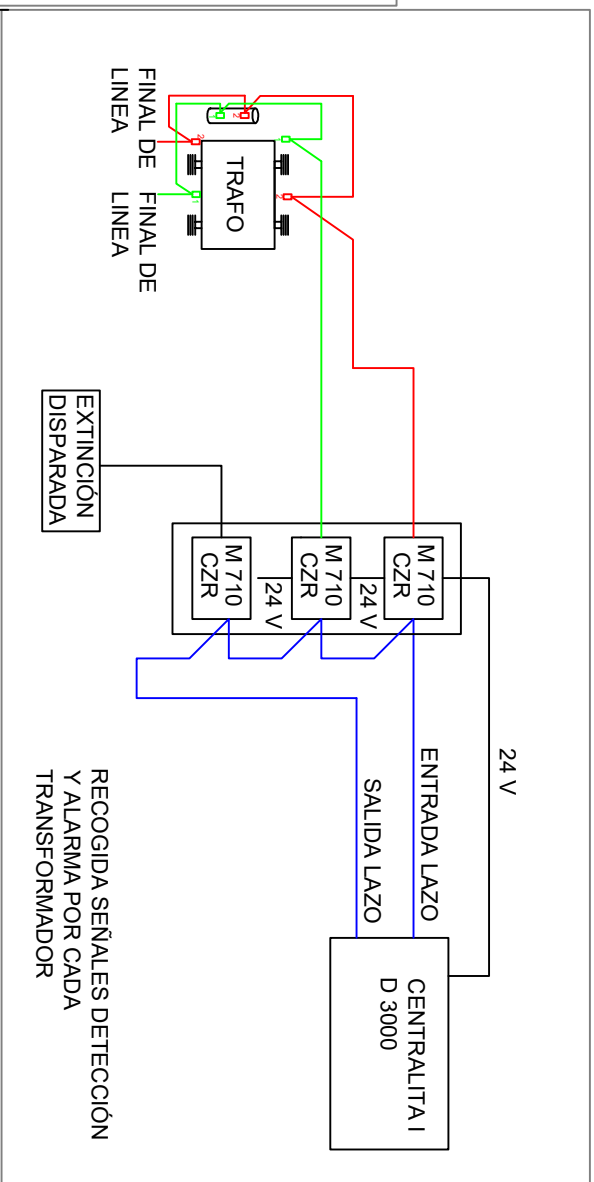


|  |       |             |   |          |
|--|-------|-------------|---|----------|
| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN | JLJV  | JLJV     |
|  |       |             | DIBUJADO  | APROBADO |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |             | 08  |          |
|  |       |             | ESCALA: 1:300<br>FECHA: junio 2021  |          |
|  <b>COLECTOR PUESTO DE CONTROL</b>        |       |             | TÉCNICO REDACTOR:<br>José Luis Jiménez Vergara<br>TUTOR DEL PROYECTO:<br>D. Manuel Valentín Villalba García |          |
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE<br>INGENIERÍA DE SEVILLA   |       |             |   |          |

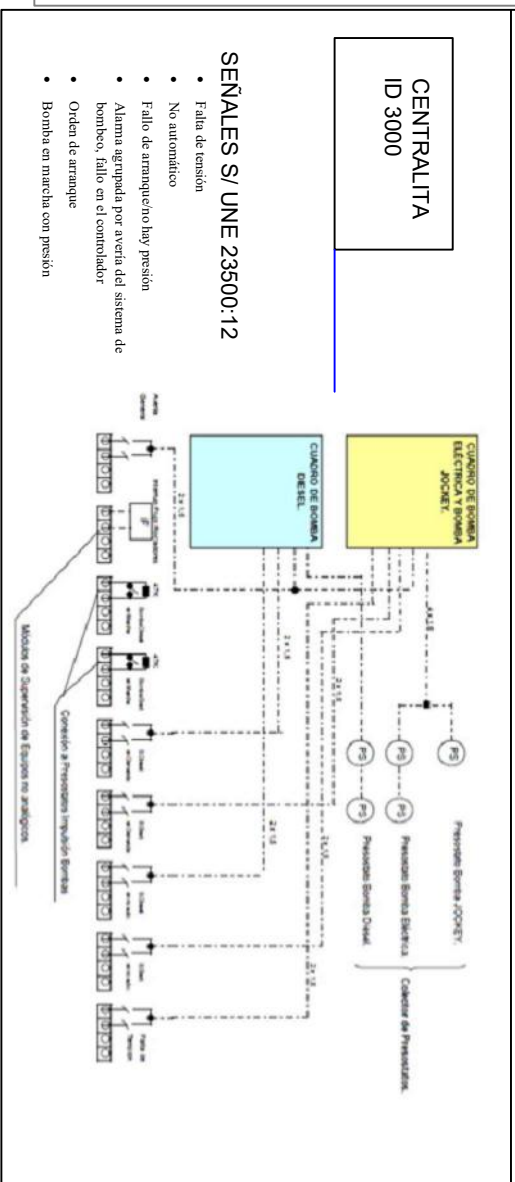
## **4.9 PL-09-SISTEMA DETECCION Y ALARMA-SEÑALES**



RECOGIDA SEÑALES POR CADA PUESTO DE CONTROL



RECOGIDA SEÑALES DE DETECCIÓN Y ALARMA POR CADA TRANSFORMADOR



CENTRALITA ID 3000

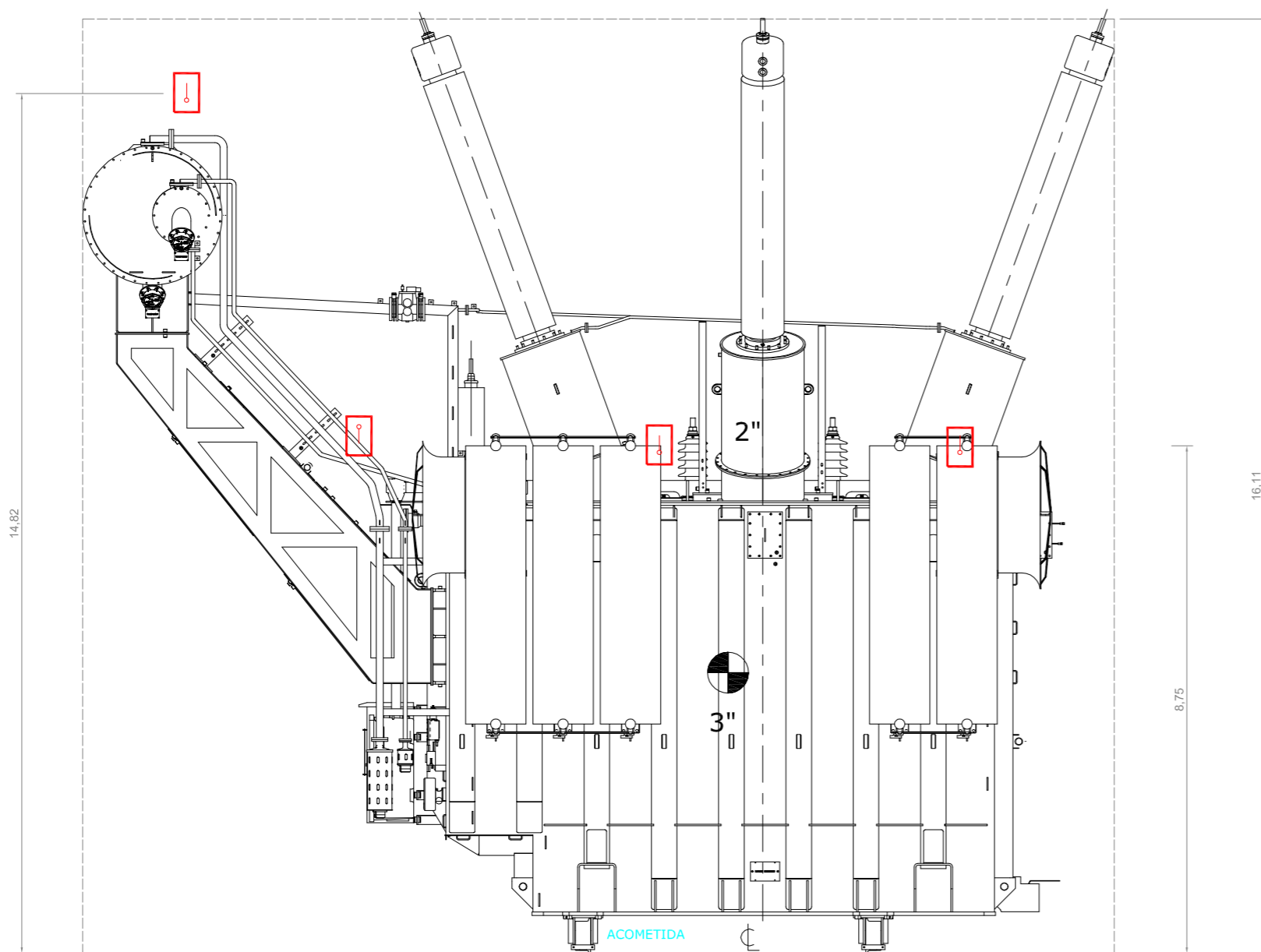
SEÑALES S/ UNE 23500:12

- Falta de tensión
- No automático
- Fallo de arranque/no hay presión
- Alarma agrupada por avería del sistema de bombeo, fallo en el controlador
- Orden de arranque
- Bomba en marcha con presión

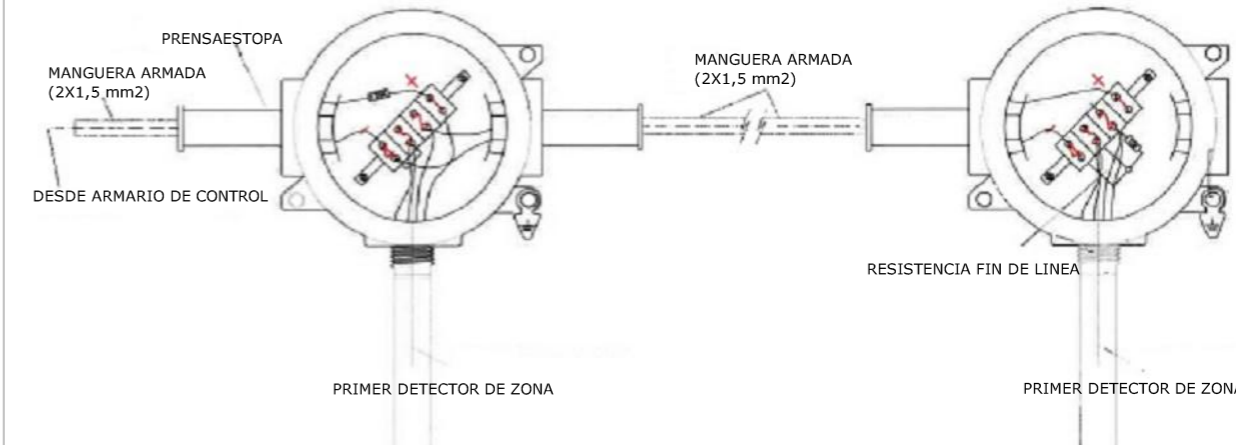
| REVISION | FECHA | DESCRIPCION | JLV | JLV | JLV | JLV |
|----------|-------|-------------|-----|-----|-----|-----|
|          |       |             |     |     |     |     |

**DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FABRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES**  
 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA-SEÑALES  
 TÉCNICO REDACTOR: José Luis Jiménez Vergara  
 TUTOR OBI. PROYECTO: D. Manuel Valentín Vilalba García  
 ESCALA: 1:100  
 FECHA: JUNIO 2021  
**09**

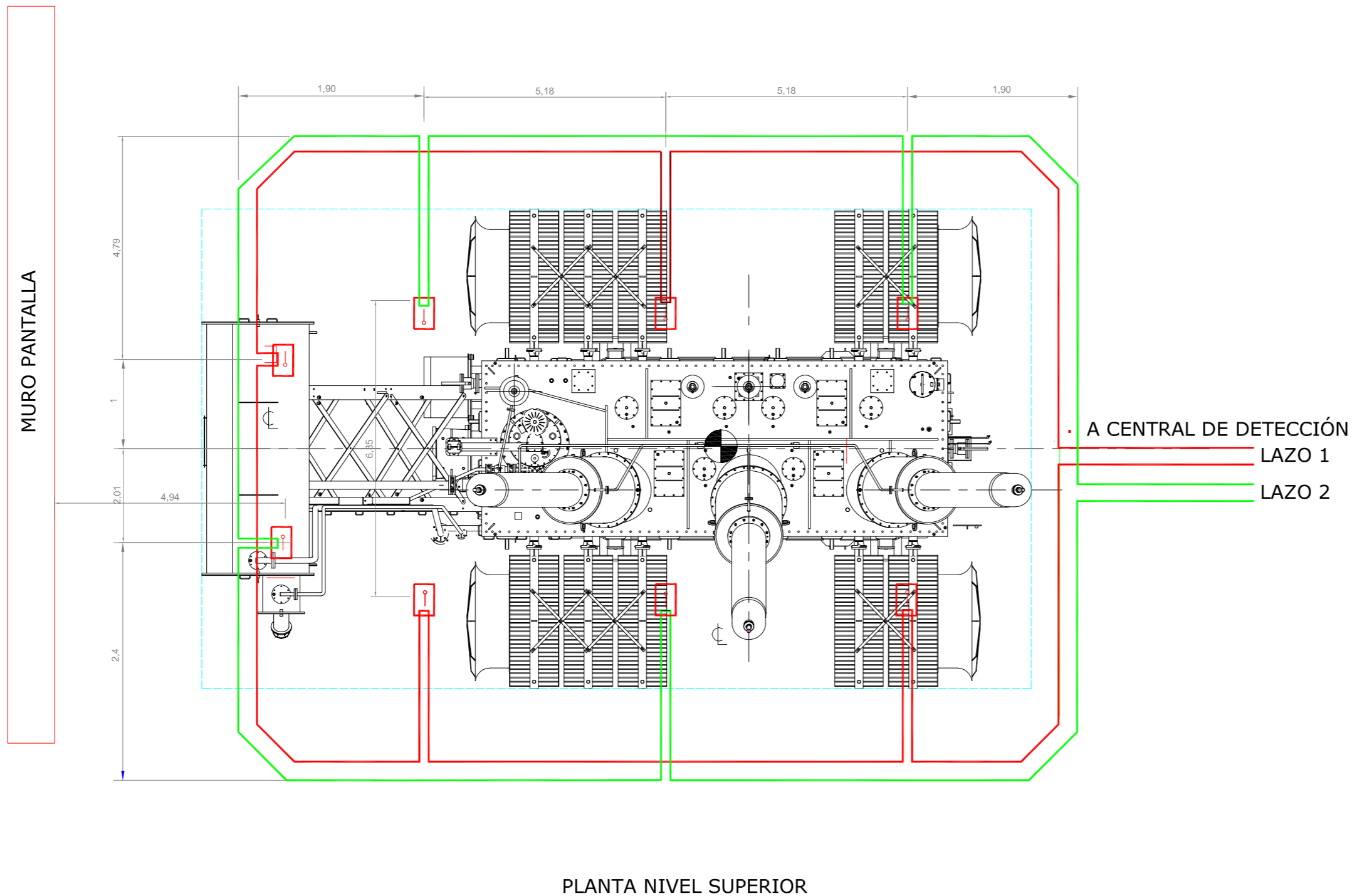
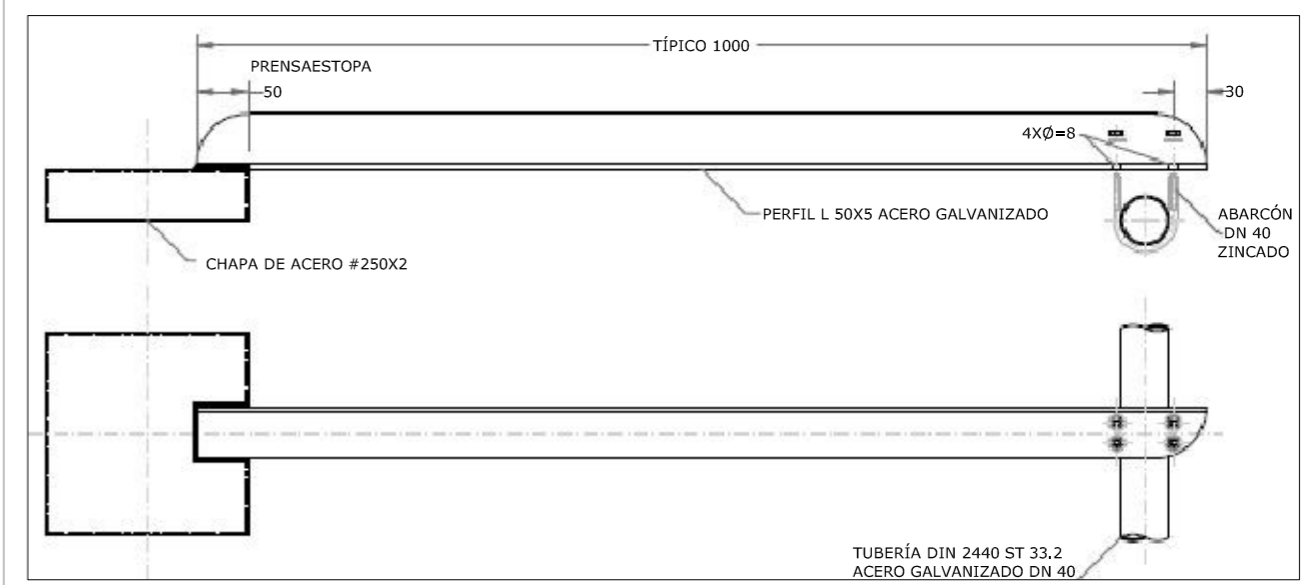
## **4.10 PL-10-DETECCIÓN TRANSFORMADORES**



DETALLE DE CONEXIÓN FENWAL EN CAJA DE DERIVACIÓN



DETALLE DE CONEXIÓN FENWAL EN CAJA DE DERIVACIÓN



LEYENDA

|  |   |
|--|---|
|  | DETECTOR TÉRMICO                                |
|  | LAZO 1. CABLE TRENZADO APANTALLADO 2X1,5 MM2 LH |
|  | LAZO 2. CABLE TRENZADO APANTALLADO 2X1,5 MM2 LH |

|  |       |   |   |                            |                       |                          |
|--|-------|---|---|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| REVISIÓN   | FECHA | DESCRIPCIÓN                                       | JLJV<br>DIBUJADO  | JLJV<br>APROBADO INGENIERO | JLJV<br>APROBADO OBRA | JLJV<br>APROBADO CLIENTE |
| <b>DISEÑO DE INSTALACIÓN DE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 4 TRANSFORMADORES 65 MVA EN FÁBRICA DE PRODUCCIÓN DE METALES</b> |       |   | 10  |                            |                       |                          |
| <b>SISTEMA DE DETECCIÓN TRANSFORMADOR</b>  |       |   | ESCALA: 1:100<br>FECHA: JUNIO 2021  |                            |                       |                          |
|  |       | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE SEVILLA | TÉCNICO REDACTOR:<br>José Luis Jiménez Vergara<br>TUTOR DEL PROYECTO:<br>D. Manuel Valentín Villalba García |                            |                       |                          |



# 5 PRESUPUESTO

## 5.1 RELACIÓN VALORADA

| PART          | CO<br>D           | UD | DESCRIPCION   | MED   | PU          | TOTAL               |
|---------------|-------------------|----|---|-------|-------------|---------------------|
| <b>CAP</b>    | <b>01</b>         |    | <b>CAPITULO 1.- SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA</b>   |       |             | <b>112.361,97 €</b> |
| <b>SUBCAP</b> | <b>01.0<br/>1</b> |    | <b>SUBCAPITULO 1.- DEPOSITO</b>   |       |             | <b>26.477,50 €</b>  |
| PARTIDA       | 01.0<br>1.01      | m3 | Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HAF-35/P-1,8-3,0/F/12/IIa fabricado en central, con un contenido de fibras con función estructural Sikafiber M-48 "SIKA" de 3 kg/m <sup>3</sup> , con aditivo hidrófugo y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m <sup>3</sup> ; acabado superficial liso mediante regla vibrante y posterior pulido mediante fratasadora mecánica. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra, incluso el encofrado.  | 12,50 | 135,80 €    | 1.697,50 €          |
| PARTIDA       | 01.0<br>1.02      | ud | Depósito de chapa de acero según norma UNE EN 10346, de dimensiones 9.906 metros de diámetro y altura 6 metros para una capacidad neta total 428 m <sup>3</sup> y con las siguientes características. Cuerpo: Construido con paneles prefabricados de acero según norma española UNE-EN-10346.- Planchas con recubrimiento anticorrosión magnelis, acero revestido recomendable para corrosividad tipo C5 según la EN ISO 12944-2.- Las uniones se realizan mediante tornillos especiales de acero galvanizado (grado 8,8).- Todas las juntas se sellan con masilla de poliuretano tipo Sikaflex Pro-3. El depósito está realizado con perfiles en U en el perímetro superior e inferior y virolas intermedias cuando sea necesario<br>Cubierta: Techo plano en chapas de acero galvanizado y prelacado. El soporte del Techo se hace por medio de correas "zetabor". El perímetro se cubre con un embellecedor tipo "L" que sirve de remate. Diseño para soportar 70 Kg/m <sup>2</sup> . Accesorios incluidos: (Acero galvanizado en caliente. Bridas DIN – PN - 16).<br>Aspiración: Compuesta de codo interior con placa anti-vórtice y carrete exterior 1 ud DN 300 Retorno: Compuesto de codo interior y carrete exterior 1 ud DN 200 Llenado: Compuesto de carrete interior, carrete exterior y válvula de flotador 1 ud DN 150 Vaciado: Compuesto de carrete exterior y válvula de compuerta 1 ud DN 80 Rebosadero: Compuesto de codo interior invertido carrete exterior 1 ud DN 150 Boca de hombre vertical (600 mm.) en la primera virola. Caseta de Llenado con rejilla de venteo en la parte posterior. Indicador de nivel manométrico. Escalera vertical de aluminio en el exterior con protección y tramo de salida. Plataforma con barandilla en techo. Soportes exteriores regulables con abarcón para retorno, llenado y rebosadero. Incluidos todos los medios auxiliares necesarios para la descarga en obra y montaje del depósito como grúas y plataformas elevadoras, incluso todo el material y herramientas necesarias para el correcto montaje. | 1,00  | 24.780,00 € | 24.780,00 €         |

| PART          | CO<br>D           | UD | DESCRIPCION   | MED  | PU          | TOTAL              |
|---------------|-------------------|----|---|------|-------------|--------------------|
| <b>SUBCAP</b> | <b>01.0<br/>2</b> |    | <b>SUBCAPITULO 2.- GRUPO CI</b>   |      |             | <b>67.464,81 €</b> |
| PARTIDA       | 01.0<br>2.01      | ud | Grupo contra incendios. EBARA o similar AFC SPLT 150-250/132 EDJ según norma UNE 23500:2012. Bomba principal ELÉCTRICA SPLT 150-2,5 0 en ejecución de cámara partida de doble flujo, eje apoyado en sus dos extremos, rodete radial cerrado DE BRONCE fundido en una sola pieza, soporte con rodamientos en ambos extremos, estanqueidad del eje acorde a la normativa, eje de acero inoxidable; accionada mediante motor eléctrico asíncrono, trifásico de 2 polos, aislamiento clase F, protección IP-55, de una POTENCIA DE 132 kW, para alimentación trifásica a 400 V III,50 Hz, acoplamiento. Bomba principal DIESEL SPLT 150-250 de una POTENCIA DE 132 kW, doble juego de baterías, DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE 440 litros de capacidad equipado con válvula de vaciado, filtro y visor de nivel. Una bomba auxiliar jockey CVM B/25 , de 1,85 kW, cuerpo de bomba en hierro fundido, camisa exterior de acero inoxidable AISI 304, eje de acero inoxidable AISI 416,cuerpos de aspiración e impulsión y contra bridas de hierro fundido, impulsores y difusores de policarbonato con fibra de vidrio, cierre mecánico Carbón/Cerámica/NBR motor asíncrono de 2 polos, aislamiento clase F, protección IP 44 ; Cuadros eléctricos de fuerza y control para la operación totalmente automática del grupo; soporte metálico para cuadro eléctrico. Montado en bancada de perfiles laminados de acero con imprimación anticorrosión, montado y conexionado en fábrica. | 1,00 | 61.912,00 € | 61.912,00 €        |
| PARTIDA       | 01.0<br>2.02      | ud | Suministro e instalación de línea de pruebas desde el grupo contra incendios hasta el aljibe, compuesta por:<br>- Tubo de acero negro, con soldadura longitudinal, de 8" DN 200 mm de diámetro nominal, unión soldada, calorifugado si es necesario. Con parte proporcional de codos, tes, etc. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, sellado de pasos, accesorios y piezas especiales, raspado y limpieza de óxidos, mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.<br>- Válvula de mariposa de fundición de accionamiento por palanca, de 200 mm. de diámetro interior, cierre elástico, colocada en tubería de abastecimiento de agua, incluso uniones y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.<br>- Línea de vaciado del circuito de pruebas con válvula de corte y tubería de acero de 1 " hasta punto de drenaje. Incluso parte proporcional de codos, tes, tuberías, conexiones, accesorios, anclajes y sujeciones para su correcta instalación. Así como formación de pasos y sellado a través de los muros de la nueva caseta y de la caseta existente.<br>Totalmente montadas, conexionadas y probadas por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Toda la instalación cumplirá con lo establecido en la norma UNE 23500:2012.               | 1,00 | 4.089,81 €  | 4.089,81 €         |
| PARTIDA       | 01.0<br>2.03      | ud | Suministro e instalación de líneas de vaciados desde los distintos sistemas hasta la red de drenaje, compuesto por tubería de acero negro con soldadura longitudinal, de 1" DN 25 mm de diámetro. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales, sellado de pasos, raspado y limpieza de óxidos, mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una. Incluye válvula de esfera DN25<br>Incluso parte proporcional de codos, tes, tuberías,   | 1,00 | 1.025,00 €  | 1.025,00 €         |

| PART          | CO<br>D           | UD | DESCRIPCION   | MED  | PU         | TOTAL              |
|---------------|-------------------|----|---|------|------------|--------------------|
|               |                   |    | conexiones, accesorios, anclajes y sujeciones para su correcta instalación. Toda la instalación cumplirá con lo establecido en la norma UNE 23500:2012.   |      |            |                    |
| PARTIDA       | 01.0<br>2.04      | ud | Instalación de tubería escape gases motor diésel grupo contra incendios con tubería doble capa de 3 metros de altura. Incluso soportación y apertura de hueco en sala de bombas.  | 1,00 | 438,00 €   | 438,00 €           |
| <b>SUBCAP</b> | <b>01.0<br/>3</b> |    | <b>SUBCAPITULO 3.- TUBERÍAS Y VÁLVULAS</b>  |      |            | <b>18.419,66 €</b> |
| PARTIDA       | 01.0<br>3.01      | m  | Red aérea distribución de agua para abastecimiento de los equipos de extinción de incendios, formada por tubería de acero negro estirado sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 12" DN 300 mm de diámetro, unión soldada, sin calorifugar, que arranca desde la fuente de abastecimiento de agua hasta cada equipo de extinción de incendios. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales, mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una. Incluye perfiles UPN 80 para soportación y abrazaderas con tornillería M10 de diámetro según tamaño tubería. Todas las piezas galvanizadas en caliente según detalles especificados en los planos. | 6,00 | 213,46 €   | 1.280,74 €         |
| PARTIDA       | 01.0<br>3.02      | m  | Línea aspiración individual bombas contra incendio formada por Tubería de acero negro sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 12" DN 300 mm de diámetro, unión soldada, desde el colector de aspiración hasta la brida de entrada a la bomba. Incluido en la misma reducción excéntrica de 12" a 10", manguitos anti vibratorios, manómetros y red de drenaje de tubería. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales, mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una. incluye   | 6,00 | 231,24 €   | 1.387,46 €         |
| PARTIDA       | 01.0<br>3.03      | m  | Línea impulsión individual bombas contra incendio formada por Tubería de acero negro sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 10" DN 250 mm de diámetro, unión con brida, desde la brida de salida de la bomba hasta el colector de impulsión. Incluido en la misma reducción concéntrica de 10" a 8", manguitos anti vibratorios, manómetros y red de drenaje de tubería. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales, mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una. incluye material necesario para realización de soportes   | 6,00 | 177,88 €   | 1.067,28 €         |
| PARTIDA       | 01.0<br>3.04      | ud | Válvula de compuerta de husillo ascendente y cierre elástico, unión con bridas, de 12" de diámetro, PN=16 bar, formada por cuerpo, disco en cuña y volante de fundición dúctil y husillo de acero inoxidable.   | 3,00 | 2.844,00 € | 8.532,00 €         |
| PARTIDA       | 01.0<br>3.05      | ud | Válvula de compuerta de husillo ascendente y cierre elástico, unión con bridas, de 10" de diámetro, PN=16 bar, formada por cuerpo, disco en cuña y volante de fundición dúctil y husillo de acero inoxidable.   | 2,00 | 2.101,20 € | 4.202,40 €         |

| PART       | CO<br>D      | UD | DESCRIPCION   | MED  | PU         | TOTAL              |
|------------|--------------|----|---|------|------------|--------------------|
| PARTIDA    | 01.0<br>3.06 | ud | Juego de Presostatos de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar, para una presión máxima de trabajo de 17,2 bar. Tubo rígido de PVC, enchufable, curvable en caliente, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización fija en superficie. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto 2 julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP547 según UNE 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles). Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | 2,00 | 154,29 €   | 308,58 €           |
| PARTIDA    | 01.0<br>3.07 | ud | Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 250 mm, PN 16 atm.   | 2,00 | 820,60 €   | 1.641,20 €         |
| <b>CAP</b> | <b>02</b>    |    | <b>CAPITULO 2.- PUESTOS DE CONTROL</b>  |      |            | <b>29.926,64 €</b> |
| PARTIDA    | 02.0<br>1    | ud | Colector puestos de control, formado por tubería de acero negro estirado sin soldadura, ASTM A 106 Gr B de 8" DN 200 mm de diámetro, preparado para 4 salidas con brida DN150 para alimentación ramales agua pulverizada, y 4 salidas para by pass válvulas de diluvio. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales, unión con bridas entre colector y tuberías de impulsión. Incluido mano de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una de 16 metros de longitud. Incluye red de drenajes y punto para realización de pruebas   | 1,00 | 2.404,94 € | 2.404,94 €         |
| PARTIDA    | 02.0<br>2    | ud | Válvulas de compuerta de husillo 8" ascendente con supervisión eléctrica por final de carrera. Conexiones bridadas. Presión de trabajo: 300 psi (21 bar). Tipo de asiento: Cuña elástico. Acabado: Revestimiento epoxídico interior y exterior aplicado por fusión. Conexiones: Diámetro y espesor de las bridas según norma ANSI B16.1 Clase 125. La disposición de los orificios de las bridas varía en función del número. Diseño y dimensiones según norma AWWA C509. Husillo de acero inoxidable ranurado en fábrica para facilitar la instalación de un interruptor de fin de carrera.  | 1,00 | 1.298,40 € | 1.298,40 €         |
| PARTIDA    | 02.0<br>3    | ud | Válvula de diluvio 6" Viking tipo E-1 con disparo eléctrico con válvula de control, trim de maniobra y accionamiento eléctrico a 24 Vcc y manual, anillos de drenaje, válvula solenoide 24Vcc, presostato de alarma, conexiones de entrada y salida bridadas y gong de alarma. Conexiones bridadas. Presión máxima de trabajo: 250 PSI (17,2 bar)<br>Válvula en ángulo de 90° (entrada-salida)<br>Presión de prueba en fábrica: 500 psi (34,5 bar)<br>Diferencial superior a 2:1 (cámara de cebado con cámara de entrada).<br>Restricción necesaria en la línea de cebado: 0,0625" (1,6 mm)<br>Color: Rojo  | 4,00 | 3.278,50 € | 13.114,00 €        |

| PART       | CO<br>D   | UD | DESCRIPCION  | MED        | PU       | TOTAL              |
|------------|-----------|----|--|------------|----------|--------------------|
| PARTIDA    | 02.0<br>4 | ud | Válvulas de compuerta de husillo 6" ascendente con supervisión eléctrica por final de carrera. Conexiones bridadas. Presión de trabajo: 300 psi (21 bar). Tipo de asiento: Cuña elástico. Acabado: Revestimiento epoxídico interior y exterior aplicado por fusión. Conexiones: Diámetro y espesor de las bridas según norma ANSI B16.1 Clase 125. La disposición de los orificios de las bridas varía en función del número. Diseño y dimensiones según norma AWWA C509. Husillo de acero inoxidable ranurado en fábrica para facilitar la instalación de un interruptor de fin de carrera. | 12,00      | 813,60 € | 9.763,20 €         |
| PARTIDA    | 02.0<br>5 | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 6" DN 150 mm de diámetro, unión ranurada. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales para acople ranurado, mano de wash-primer + catalizador de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.  | 46,60      | 57,02 €  | 2.657,18 €         |
| PARTIDA    | 02.0<br>6 | ud | Codo 90° de fundición dúctil, con ranura, de 6" DN 150 mm, acabado pintado color rojo, según ASTM A 536, con certificados C€, FM, UL y VdS para instalaciones contra incendios.  | 10,00      | 43,20 €  | 432,00 €           |
| PARTIDA    |           |    | Soporte para tubo de acero de 6" DN 150 mm formado por anclaje mecánico de expansión, hembra, de acero cincado, M10x40; 0,25 m de varilla roscada de acero galvanizado calidad 4.8 y abrazadera metálica.  | 4,00       | 64,23 €  | 256,92 €           |
| <b>CAP</b> | <b>03</b> |    | <b>CAPITULO 3.- INSTALACIÓN TUBERÍA ENTERRADA</b>  |            |          | <b>2.428,16 €</b>  |
| PARTIDA    | 03.0<br>1 | m3 | Excavación de zanjas en terreno de tránsito compacto, de hasta 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión, incluso reposición de firme en el tramo de cruce del vial existente.  | 31,20      | 16,80 €  | 524,16 €           |
| PARTIDA    | 03.0<br>2 | m  | Tubería de polietileno alta densidad PE160, de 150 mm. de diámetro y una presión nominales de 16 bar, unión electrosoldable, suministrada en barras, colocada en zanja sobre cama de arena, relleno lateral y superior hasta 10 cm. por encima de la generatriz con la misma arena, i/p.p. de elementos de unión y medios auxiliares, incluyendo relleno posterior de la zanja, colocada s/NTE-IFA-13. incluso parte proporcional de apertura de pasos y sellado, sujeciones, anclajes y pequeño material.   | 85,00      | 22,40 €  | 1.904,00 €         |
| PARTIDA    | 03.0<br>3 | ud | Suministro e instalación de codo 90° de polietileno, para unión por electrofusión, de 160 mm de diámetro nominal, PN=16 atm. Totalmente montado y conexionado.   | 10,00      |          | - €                |
| <b>CAP</b> | <b>04</b> |    | <b>CAPITULO 4.- ANILLOS AGUA PULVERIZADA</b>   |            |          | <b>34.985,91 €</b> |
| PARTIDA    | 04.0<br>1 | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 4" DN 100 mm de diámetro, unión ranurada. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales para acople ranurado, mano de wash-primer + catalizador de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.  | 43,60      | 72,25 €  | 3.150,19 €         |
| PARTIDA    | 04.0<br>2 | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 2 1/2" DN 65 mm de diámetro, unión ranurada. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales para acople ranurado, mano de wash-primer + catalizador de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.   | 233,6<br>0 | 52,09 €  | 12.168,69 €        |
| PARTIDA    | 04.0<br>3 | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 2" DN 50 mm de diámetro, unión ranurada. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales para acople ranurado, mano de wash-primer + catalizador de al menos 50   | 46,80      | 29,12 €  | 1.363,00 €         |

| PART       | CO<br>D   | UD | DESCRIPCION  | MED        | PU         | TOTAL              |
|------------|-----------|----|--|------------|------------|--------------------|
|            |           |    | micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.  |            |            |                    |
| PARTIDA    | 04.0<br>4 | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 1" DN 25 mm de diámetro, unión ranurada. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales para acople ranurado, mano de wash-primer + catalizador de al menos 50 micras de espesor, y dos manos de esmalte rojo de al menos 40 micras de espesor cada una.   | 48,00      | 20,12 €    | 965,95 €           |
| PARTIDA    | 04.0<br>5 | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 812 con ángulo de pulverización 95° y K 59 l/min*bar^0.5. Son boquillas abiertas diseñadas para descarga discrecional, de media velocidad incluyen una rosca externa NPT de 1/2" (15 mm). La base es de latón con recubrimiento de níquel electroless a toda la boquilla para que sea resistente a la corrosión presión de descarga máxima de las boquillas de pulverización modelo E es 12 bar (175 psi), tienen orificios maquinados.  | 24,00      | 34,98 €    | 839,52 €           |
| PARTIDA    | 04.0<br>6 | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 813 con ángulo de pulverización 110° y K 25,9 l/min*bar^0.5. Son boquillas abiertas diseñadas para descarga discrecional, de media velocidad incluyen una rosca externa NPT de 1/2" (15 mm). La base es de latón con recubrimiento de níquel electroless a toda la boquilla para que sea resistente a la corrosión presión de descarga máxima de las boquillas de pulverización modelo E es 12 bar (175 psi), tienen orificios maquinados.   | 32,00      | 34,98 €    | 1.119,36 €         |
| PARTIDA    | 04.0<br>7 | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 813 con ángulo de pulverización 110° y K 33,1 l/min*bar^0.5. Son boquillas abiertas diseñadas para descarga discrecional, de media velocidad incluyen una rosca externa NPT de 1/2" (15 mm). La base es de latón con recubrimiento de níquel electroless a toda la boquilla para que sea resistente a la corrosión presión de descarga máxima de las boquillas de pulverización modelo E es 12 bar (175 psi), tienen orificios maquinados.   | 224,0<br>0 | 34,98 €    | 7.835,52 €         |
| PARTIDA    | 04.0<br>8 | ud | Filtro de partículas 1/8" para boquillas pulverizadoras con K = 33,1 y K = 25,9  | 256,0<br>0 | 9,78 €     | 2.503,68 €         |
| PARTIDA    | 04.0<br>9 | ud | Soporte para tubos de acero de anillos, formado tubería de acero galvanizado de 4", hasta 8 metros de altura, con 2 niveles, o 3 niveles, mediante ménsula fijada con abrazadera M10 al tubo. Incluido placa de anclaje para fijación al suelo. Situados cada 2,5 metros de separación   | 32,00      | 157,50 €   | 5.040,00 €         |
| <b>CAP</b> | <b>05</b> |    | <b>CAPITULO 5.- SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA</b>  |            |            | <b>14.265,95 €</b> |
| PARTIDA    | 05.0<br>1 | ud | Central de detección automática de incendios, analógica, multiprocesada, de 2 lazos de detección, ampliable hasta 4 lazos, de 128 direcciones de capacidad máxima por lazo, con caja metálica y tapa de ABS, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador de batería, módulo de control con display retroiluminado, leds indicadores de alarma y avería, teclado de membrana de acceso a menú de control y programación, registro histórico de las últimas 1000 incidencias, hasta 480 zonas totalmente programables e interfaz USB para la comunicación de datos, la programación y el mantenimiento remoto, según UNE 23007-2 y UNE 23007-4. | 1,00       | 1.457,21 € | 1.457,21 €         |
| PARTIDA    | 05.0<br>2 | ud | Ud Detector de temperatura Marca Fenwall o similar, modelo DAF 27121.000 cabeza montada en latón, IP65, Material sensor acero, identificación de los cables 2 negros y 2 blancos. Voltaje de funcionamiento 24 Vcc- ca, capacidad de los contactos 2.0 A calibración a temperatura fija 107 °C- Incluido Placa Retención de  | 32,00      | 273,20 €   | 8.742,40 €         |



| PART  | CO<br>D   | UD | DESCRIPCION   | MED        | PU       | TOTAL               |
|---|-----------|----|---|------------|----------|---------------------|
|   |           |    | Calor: Medida Estándar: 30x30cm. Caja de conexiones de aluminio anodizado. Incluido sistema de soportación mediante perfiles galvanizados en caliente y accesorios necesarios para fijación.  |            |          |                     |
| PARTIDA                                     | 05.0<br>3 | ud | Armario de módulos de poliéster con puerta opaca, para alojamiento módulos de recogida de señales, incluidos módulos de 10 entradas direccionales supervisadas de Notifier NFXI-MM10 y módulos de 6 salidas direccionales modelo S-6 p/p de bornas, canalizaciones y prensaestopas  | 2,00       | 312,65 € | 625,30 €            |
| PARTIDA                                     | 05.0<br>4 | Ud | Pulsador de alarma IP 67 modelo W5A-RP02SG-N026-41 analógico direccionable de rearme manual con aislador de cortocircuito, de ABS color rojo, con led de activación e indicador de alarma, según UNE-EN 54-11. Incluso elementos de fijación.   | 4,00       | 107,43 € | 429,72 €            |
| PARTIDA                                     | 05.0<br>5 | ud | Pulsador de extinción IP 67 modelo Y000SG-K013-65 analógico direccionable de rearme manual con aislador de cortocircuito, de ABS color rojo, con led de activación e indicador de alarma, según UNE-EN 54-11. Incluso elementos de fijación.  | 4,00       | 107,43 € | 429,72 €            |
| PARTIDA                                     | 05.0<br>6 | m  | Cable bipolar Z1O2Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2x1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), pantalla de cinta de aluminio y poliéster (O2) con conductor de drenaje de cobre estañado y cubierta externa de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1) color rojo con franja verde, siendo su tensión asignada de 300/500 V. Según UNE 21031. Instalación bajo tubería acero M25, incluso soportación mediante abrazaderas a tuberías metálicas o pared de hormigón. | 461,0<br>0 | 5,60 €   | 2.581,60 €          |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b> |           |    |   |            |          | <b>193.968,63 €</b> |
| <b>GG Y BI (19%)</b>                        |           |    |   |            |          | <b>36.854,04 €</b>  |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN CONTRATA</b> |           |    |   |            |          | <b>230.822,67 €</b> |
| <b>IVA (21%)</b>                            |           |    |   |            |          | <b>48.472,76 €</b>  |
| <b>IMPORTE TOTAL</b>                        |           |    |   |            |          | <b>279.295,43 €</b> |

## 5.2 MEDICIONES

| PARTIDA | COD      | UD | DESCRIPCION  | CANTIDAD |
|---------|----------|----|--|----------|
| PARTIDA | 01.01.01 | m3 | Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HAF-35/P-1,8-3,0/F/12/II                        | 12,50    |
|         |          |    | Deposito   | 12,50    |
| PARTIDA | 01.01.02 | ud | Depósito de chapa de acero según norma UNE EN 10346, de dimensiones 9.906 metros de diámetro y altura 6 metros | 1,00     |
|         |          |    | Deposito   | 1,00     |
| PARTIDA | 01.02.01 | ud | Grupo contra incendios. EBARA o similar AFC SPLT 150-250/132 EDJ s   | 1,00     |

| PARTIDA       | COD          | UD | DESCRIPCION   | CANTIDAD |
|---------------|--------------|----|---|----------|
|               |              |    | Sala grupo PCI  | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.02.02     | ud | Suministro e instalación de línea de pruebas desde el grupo contra incendios hasta el aljibe, compuesta por:<br>- Tubo de acero negro, con soldadura longitudinal, de 8" DN 200 mm                            | 1,00     |
|               |              |    | Sala grupo PCI  | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.02.03     | ud | Suministro e instalación de líneas de vaciados desde los distintos sistemas hasta la red de drenaje,  | 1,00     |
|               |              |    | Sala grupo PCI  | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.02.04     | ud | Instalación de tubería escape gases motor diésel grupo contra incendios con tubería doble capa de 3 metros de altura. Incluso soportación y apertura de hueco en sala de bombas.                              | 1,00     |
|               |              |    | Sala grupo PCI  | 1,00     |
| <b>SUBCAP</b> | <b>01.03</b> |    | <b>SUBCAPITULO 3.- TUBERÍAS Y VÁLVULAS</b>  |          |
| PARTIDA       | 01.03.01     | m  | Tubería de acero negro estirado sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 12" DN 300 mm de diámetro, unión soldada,  | 6,00     |
|               |              |    | Depósito-colector común aspiración  | 6,00     |
| PARTIDA       | 01.03.02     | m  | Tubería de acero negro estirado sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 12" DN 300 mm de diámetro, unión soldada,  | 6,00     |
|               |              |    | Colector común  | 6,00     |
| PARTIDA       | 01.03.03     | m  | Tubería de acero negro sin soldadura, ASTM A 106 Gr B, de 10" DN 250 mm de diámetro, unión con brida,   | 6,00     |
|               |              |    | Alimentación bomba eléctrica  | 3,00     |
|               |              |    | alimentación bomba diésel   | 3,00     |
| PARTIDA       | 01.03.04     | ud | Válvula de compuerta de husillo ascendente y cierre elástico, unión con bridas, de 12" de diámetro, PN=16 bar, formada por cuerpo, disco en cuña y volante de fundición dúctil y husillo de acero inoxidable. | 3,00     |
|               |              |    | Salida depósito   | 1,00     |
|               |              |    | Línea aspiración bomba eléctrica  | 1,00     |
|               |              |    | Línea aspiración bomba diésel   | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.03.05     | ud | Válvula de compuerta de husillo ascendente y cierre elástico, unión con bridas, de 10" de diámetro, PN=16 bar, formada por cuerpo, disco en cuña y volante de fundición dúctil y husillo de acero inoxidable. | 2,00     |
|               |              |    | impulsión bomba eléctrica   | 1,00     |
|               |              |    | impulsión bomba diésel  | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.03.06     | ud | Juego de Presostatos de supervisión de alta y baja presión con dos contactos NA/NC, rango de regulación de 0,7 a 12,1 bar,  | 2,00     |
|               |              |    | bomba eléctrica   | 1,00     |
|               |              |    | bomba diésel  | 1,00     |
| PARTIDA       | 01.03.07     | ud | Válvula de retención de doble clapeta, con cuerpo de hierro fundido y clapeta, eje y resorte de acero inoxidable, DN 250 mm, PN 16 atm.   | 2,00     |
|               |              |    | impulsión bomba eléctrica   | 1,00     |
|               |              |    | impulsión bomba diésel  | 1,00     |
| <b>CAP</b>    | <b>02</b>    |    | <b>CAPITULO 2.- PUESTOS DE CONTROL</b>  |          |
| PARTIDA       | 02.01        | ud | Colector puestos de control, formado por tubería de acero negro estirado sin soldadura, ASTM A 106 Gr B de 8" DN 200 mm   | 1,00     |
|               |              |    | Zona exterior   | 1,00     |
| PARTIDA       | 02.02        | ud | Válvulas de compuerta de husillo 8" ascendente con supervisión eléctrica por final de carrera.  | 1,00     |

| PARTIDA    | COD       | UD | DESCRIPCION   | CANTIDAD |
|------------|-----------|----|---|----------|
|            |           |    | Colector puestos de control   | 1,00     |
| PARTIDA    | 02.03     | ud | Válvula de diluvio 6" Viking tipo E-1 con disparo eléctrico con válvula de control, trim de maniobra  | 4,00     |
|            |           |    | Colector - trafo 1  | 1,00     |
|            |           |    | Colector - trafo 2  | 1,00     |
|            |           |    | colector - trafo 3  | 1,00     |
|            |           |    | Colector - trafo 4  | 1,00     |
| PARTIDA    | 02.04     | ud | Válvulas de compuerta de husillo 6" ascendente con supervisión eléctrica por final de carrera. Conexiones bridadas  | 12,00    |
|            |           |    | Colector - trafo 1  | 3,00     |
|            |           |    | Colector - trafo 2  | 3,00     |
|            |           |    | colector - trafo 3  | 3,00     |
|            |           |    | Colector - trafo 4  | 3,00     |
| PARTIDA    | 02.05     | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 6" DN 150 mm de diámetro, unión ranurada.  | 46,60    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1  | 10,20    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2  | 12,80    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3  | 13,40    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4  | 10,20    |
| PARTIDA    | 02.06     | ud | Codo 90° de fundición dúctil, con ranura, de 6" DN 150 mm, acabado pintado color rojo, según ASTM A 536, con certificados C€, FM, UL y VdS para instalaciones contra incendios.                           | 10,00    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1  | 2,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2  | 3,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3  | 3,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4  | 2,00     |
| PARTIDA    |           | ud | Soporte para tubo de acero de 6" DN 150 mm  | 4,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1  | 1,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2  | 1,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3  | 1,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4  | 1,00     |
| <b>CAP</b> | <b>03</b> |    | <b>CAPITULO 3.- INSTALACIÓN TUBERÍA ENTERRADA</b>   |          |
| PARTIDA    | 03.01     | m3 | Excavación de zanjas en terreno de tránsito compacto, de hasta 1,25 m de profundidad máxima, con medios mecánicos, y carga a camión, incluso reposición de firme en el tramo de cruce del vial existente. | 31,20    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1 y trafo 2  | 9,60     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3 y trafo 4  | 21,60    |
| PARTIDA    | 03.02     | m  | Tubería de polietileno alta densidad PE160, de 150 mm. de diámetro y una presión nominales de 16 bar  | 85,00    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1  | 14,00    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2  | 14,00    |

| PARTIDA    | COD       | UD | DESCRIPCION  | CANTIDAD |
|------------|-----------|----|--|----------|
|            |           |    | Alimentación - trafo 3   | 28,00    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4   | 29,00    |
| PARTIDA    | 03.03     | ud | Suministro e instalación de codo 90° de polietileno, para unión por electrofusión, de 160 mm de diámetro nominal, PN=16 atm. Totalmente montado y conexionado. | 10,00    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1   | 2,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2   | 2,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3   | 3,00     |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4   | 3,00     |
| <b>CAP</b> | <b>04</b> |    | <b>CAPITULO 4.- ANILLOS AGUA PULVERIZADA</b>   |          |
| PARTIDA    | 04.01     | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 4" DN 100 mm de diámetro  | 43,60    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 1   | 10,35    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 2   | 11,45    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 3   | 10,35    |
|            |           |    | Alimentación - trafo 4   | 11,45    |
| PARTIDA    | 04.02     | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 2 1/2" DN 65 mm de diámetro   | 233,60   |
|            |           |    | Anillo superior trafo 1  | 30,20    |
|            |           |    | anillo inferior trafo 1  | 28,20    |
|            |           |    | Anillo superior trafo 2  | 30,20    |
|            |           |    | anillo inferior trafo 2  | 28,20    |
|            |           |    | Anillo superior trafo 3  | 30,20    |
|            |           |    | anillo inferior trafo 3  | 28,20    |
|            |           |    | Anillo superior trafo 4  | 30,20    |
|            |           |    | anillo inferior trafo 4  | 28,20    |
| PARTIDA    | 04.03     | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 2" DN 50 mm de diámetro   | 46,80    |
|            |           |    | Deposito aceite trafo 1  | 11,70    |
|            |           |    | Deposito aceite trafo 2  | 11,70    |
|            |           |    | Deposito aceite trafo 3  | 11,70    |
|            |           |    | Deposito aceite trafo 4  | 11,70    |
| PARTIDA    | 04.04     | m  | Tubería de acero galvanizado sin soldadura, ASTM A 795, de 1" DN 25 mm de diámetro   | 48,00    |
|            |           |    | Velas inferiores trafo 1   | 12,00    |
|            |           |    | Velas inferiores trafo 2   | 12,00    |
|            |           |    | Velas inferiores trafo 3   | 12,00    |
|            |           |    | Velas inferiores trafo 4   | 12,00    |
| PARTIDA    | 04.05     | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 812 con ángulo de pulverización 95° y K 59 l/min*bar <sup>0.5</sup> .  | 24,00    |
|            |           |    | Trafo 1  | 6,00     |

| PARTIDA    | COD       | UD | DESCRIPCION  | CANTIDAD |
|------------|-----------|----|--|----------|
|            |           |    | Trafo 2  | 6,00     |
|            |           |    | Trafo 3  | 6,00     |
|            |           |    | Trafo 4  | 6,00     |
| PARTIDA    | 04.06     | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 813 con ángulo de pulverización 110° y K 25,9 l/min*bar <sup>0.5</sup>                   | 32,00    |
|            |           |    | Trafo 1  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 2  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 3  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 4  | 8,00     |
| PARTIDA    | 04.07     | ud | Boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E, VK 813 con ángulo de pulverización 110° y K 33,1 l/min*bar <sup>0.5</sup>                   | 224,00   |
|            |           |    | Trafo 1  | 56,00    |
|            |           |    | Trafo 2  | 56,00    |
|            |           |    | Trafo 3  | 56,00    |
|            |           |    | Trafo 4  | 56,00    |
| PARTIDA    | 04.08     | ud | Filtro de partículas 1/8" para boquillas pulverizadoras con K = 33,1 y K = 25,9  | 256,00   |
|            |           |    | Trafo 1  | 64,00    |
|            |           |    | Trafo 2  | 64,00    |
|            |           |    | Trafo 3  | 64,00    |
|            |           |    | Trafo 4  | 64,00    |
| PARTIDA    | 04.09     | ud | Soporte para tubos de acero de anillos, formado tubería de acero galvanizado de 4", hasta 8 metros de altura, con 2 niveles, o 3 niveles | 32,00    |
|            |           |    | Trafo 1  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 2  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 3  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 4  | 8,00     |
| <b>CAP</b> | <b>05</b> |    | <b>CAPITULO 5.- SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA</b>  |          |
| PARTIDA    | 05.01     | ud | Central de detección automática de incendios, analógica, multiprocesada, de 2 lazos de detección<br>Sala grupo PCI                       | 1,00     |
| PARTIDA    | 05.02     | ud | Ud Detector de temperatura Marca Fenwall o similar, modelo DAF 27121.000   | 32,00    |
|            |           |    | Trafo 1  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 2  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 3  | 8,00     |
|            |           |    | Trafo 4  | 8,00     |
| PARTIDA    | 05.03     | ud | Armario de módulos de poliéster con puerta opaca, para alojamiento módulos de recogida de señales  | 2,00     |
|            |           |    | diluvio trafo 1-trafo 2  | 1,00     |
|            |           |    | diluvio trafo 3-trafo 4  | 1,00     |

| PARTIDA | COD   | UD | DESCRIPCION   | CANTIDAD |
|---------|-------|----|---|----------|
| PARTIDA | 05.04 | Ud | Pulsador de alarma IP 67 modelo W5A-RP02SG-N026-41  | 4,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 1   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 2   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 3   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 4   | 1,00     |
| PARTIDA | 05.05 | ud | Pulsador de extinción IP 67 modelo Y000SG-K013-65   | 4,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 1   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 2   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 3   | 1,00     |
|         |       |    | diluvio trafo 4   | 1,00     |
| PARTIDA | 05.06 |    | Cable bipolar Z1O2Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2x1,5 mm <sup>2</sup> | 461,00   |
|         |       |    | detectores lazo 1 y 2 trafo 1   | 50,00    |
|         |       |    | detectores lazo 1 y 2 trafo 2   | 54,00    |
|         |       |    | detectores lazo 1 y 2 trafo 3   | 65,00    |
|         |       |    | detectores lazo 1 y 2 trafo 4   | 70,00    |
|         |       |    | Cableado instrumentación puestos de control   | 192,00   |
|         |       |    | Cableado instrumentación sala de bombas y depósito  | 30,00    |



# 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

---

## 6.1 DISPOSICIONES GENERALES

El propósito de esta sección es definir el criterio y los requerimientos técnicos que serán aplicados al diseño y al suministro del sistema de PCI. En ninguna circunstancia el cumplimiento de estos requisitos eximirá al suministrador de sus obligaciones contractuales para proporcionar todos los equipos y servicios necesarios para obtener un suministro funcional, eficiente y seguro según está especificado en este documento.

Si el suministrador considera cualquier requerimiento técnico establecido en esta especificación como un detrimento del rendimiento o de la calidad del equipo especificado, este deberá indicarlo a la Dirección de Obra.

### 6.1.1 DISPOSICIONES FACULTATIVAS

Ámbito de aplicación de la Ley de Ordenación de la Edificación.

El promotor

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.
- Son obligaciones del proyectista:

Serán obligaciones del proyectista:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

Serán obligaciones del constructor.

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.

- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de control de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

Corresponde al director de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.

- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.

## 6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.

### 6.2.3 TUBERÍAS Y ACCESORIOS

#### 6.2.3.1 TUBERÍAS

La tubería será de acero al carbono ASTM A-106 Gr.b Sch.XS para diámetros menores de 2". Para diámetros de 2" y mayores será Sch. STD, que equivale a SCH 40. También se permitirá el uso de tuberías según ASTM A 795 con SCHD 40

En tuberías húmedas se utilizará clase negra y, en secas, clase galvanizada.

De forma general, las uniones de la tubería serán soldadas, salvo las de equipos como válvulas, filtro, etc., que serán bridadas, y las de los anillos del nuevo sistema contra incendios, que serán bridadas (excepto las uniones intermedias, que también serán soldadas).

#### 6.2.3.2 ACCESORIOS

##### 6.2.3.2.1 ROSCADOS

Los accesorios, cuando se requieran roscados, serán hasta 2", según ANSI 3000# A-105, de ½" en adelante serán de acero al carbono Sch.STD para soldar a tope BW A-234 WPA.

##### 6.2.3.2.2 RANURADOS

El cuerpo de los accesorios y acoplamientos será de hierro fundido dúctil según ASTM A-536 grado 65-45-12 con mínima Resistencia a la tracción de 65.000 psi (448 MPa), límite elástico mínimo 45.000 psi (310 MPa) y alargamiento porcentual mínimo del 12%

Los cuerpos se suministrarán pintados en rojo, RAL 3000, pintura antioxidante exenta de plomo, o galvanizados por inmersión en caliente según ISO 1460 /ASTM A153

Las juntas de estanqueidad, serán juntas polimérica de geometría estándar, fabricada en EPDM grado E con características según ASTM D-2000, recomendadas para transporte de fluidos como agua, aire exento de aceite. No válida para gases. Aptos para una presión de trabajo de 16 kg/cm<sup>2</sup>, con certificado C€, homologados FM y listados UL, tipo Gruvlock o similar.

### 6.2.3.3 BRIDAS

Serán todos los casos según DIN 2633 PN-16, con cuello excepto para las válvulas de mariposa, filtros y válvulas de 6", que serán Welding-Neck 150 lb.

### 6.2.3.4 SOPORTES

Los soportes tipo cuelgue serán galvanizados, con certificados C€ y homologados FM y listados UL. Los soportes fijos serán construidos con perfiles laminados de varios calibres de acuerdo con planos de construcción aprobados. Se prefabricarán en negro y se pintarán de acuerdo a la especificación de pintura.

### 6.2.3.5 VÁLVULAS DE CORTE O SECCIONAMIENTO.

Las de compuerta serán de husillo exterior ascendente (OS&Y), compuerta de hierro fundido revestido de EPDM, cuerpo de hierro fundido, husillo en bronce, bridas según PN-16, con certificado C€ y aprobada FM y listada UL.

Las de mariposa serán para montaje entre bridas ASA-150 lb Ø6" con desmultiplicador, presión de trabajo 300 psi, con certificado C€ y aprobada por FM y listada por UL.

### 6.2.3.6 BOQUILLAS

El fabricante será de primera marca (Tyco, Viking...). Listado por UL y C-UL, con certificado C€ y homologado por FM, LPCB, VdS y NYC. Factor de descarga a determinar por el suministrador. Debe instalarse de acuerdo con las siguientes instrucciones:

- Aplicar sellante de tubería a la rosca de entrada y enroscar el rociador al accesorio con tensión manual.
- Enroscar el rociador al accesorio con llave específica.
- Se aplicará el par necesario para obtener la estanqueidad necesaria en la rosca de ¾" NPT del rociador.

### 6.2.3.7 PUESTO DE DILUVIO

Los sistemas de diluvio estarán asociados a un sistema de detección y la descarga se producirá a través de boquillas abiertas, no de sprinklers, de manera que la activación del sistema se producirá a través de una señal enviada según una detección.

La válvula de diluvio se activará por el sistema de detección y control de extinción. El puesto de control tendrá certificado C€ y estará aprobado por FM y UL. Estará también equipado con todos los accesorios de control y alarma diseñados y montados por el fabricante de la válvula. Los puestos de control de diluvio, estarán compuestos por:

- Válvula de seccionamiento de mariposa ranurada, de diámetro según se especifica en los planos y mediciones, con micro switch de estado de válvula (señalización de posición), con certificado C€ aprobada FM/UL. Previa al puesto de control.
- Válvula de diluvio, con certificado C€ y aprobada FM/UL, con trim completo, incluida válvula de solenoide, presostato, incluida válvula de drenaje y drenajes conducidos.
- Manómetros.

El fabricante del puesto de control será INBAL o VIKING.

### 6.2.3.8 SIRENAS Y PULSADORES

Las sirenas serán óptico-acústicas, del tipo bocina electrónica, con una intensidad de sonido adecuada.

Las alarma visible será de tipo baliza estroboscópica con una intensidad adecuada y con domo de policarbonato rojo.

Los pulsadores o estaciones manuales de alarma consistirán de un bastidor metálico cerrado y un interruptor de acción doble para evitar el accionamiento accidental del pulsador. El interruptor de acción doble tendrá un dispositivo de resguardo que deberá ser activado antes que el pulsador de la alarma sea operado y deberán permitir accionar manualmente la alarma, sin necesidad que se haya activado un detector.

### 6.2.3.9 DETECTORES

Los detectores serán de tipo térmico, de calor puntual basado en una sonda que permite su instalación en ambientes especiales. Dependiendo de las necesidades de protección, el detector puede ser usado en:

Ambientes agresivos: Modelos IP65.

Ambientes ATEX: II2GD Exd IIC T6. A Prueba de Explosión

Elemento Detector Auto Restaurante

Modelos Disponibles tanto con Contacto Normalmente Abierto como Normalmente Cerrado en un Amplio Rango de Ajuste de Temperatura.

Ajustado en Fábrica y Sellado Herméticamente en una Caja de Acero Inoxidable

Con certificado C€ y listado por UL y Aprobado por FM como Modelo Fenwal de la Serie 27120 y 27121

|  |   |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|--|---|---|-----|--------------|-----|-----|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|
| Modelos /<br>Models  | DAF 27120-000   | DAF 27120-022   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | DAF 27121-000   | DAF 27121-020   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | Montaje de la cabeza de latón.<br>Brass mounting head | Montaje de la cabeza de acero.<br>Steel mounting head |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Modelos /<br>Models  | DAF 28021-000   | DAF 28020-003   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  |   | DAF 28121-005   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | Montaje de la cabeza de latón.<br>Brass mounting head | Montaje de la cabeza de acero.<br>Steel mounting head |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Grado de protección / Protection degree  | IP 65   |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Humedad Relativa / Relative Humidity   | 98 %  |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Peso / Weight  | 400g.   |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Componente Bimetal/Bimetal component   | Nilvia (Nilvar)                                       |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Material Sensor / Sensor Material  | Acero / Steel   |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Calibración fija a petición /<br>Fixed calibration on request  | °C  | 60  | 71  | 88           | 99  | 107 | 135           | 163 | 182 | 232           | 315 | 385 |
|  | °F  | 140   | 160 | 190          | 210 | 225 | 275           | 325 | 360 | 450           | 600 | 725 |
| Identificación de los cables /<br>Conductor colours  | 27121-000 / 27121-020 / 28021-000 / 28021-005         |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | 2 Negros y 2 Blancos / 2 Blacks y 2 Whites            |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | 27120-000 / 27121-022 / 28021-003                     |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
|  | 2 Negros y 2 Blancos / 2 Blacks y 2 Whites            |   |     |              |     |     |               |     |     |               |     |     |
| Capacidad de los contactos / Contact rating  | 1.0 A   |   |     | 2.0 A        |     |     | 0.5 A         |     |     | 5.0 A         |     |     |
| Voltaje de funcionamiento /<br>Operating voltaje<br>*27120/28020 solamente 125 Vca 5.0 A –<br>125Vcc 0.5 A | 48 Vcc – Vca  |   |     | 24 Vcc – Vca |     |     | 125 Vcc – Vca |     |     | 125 Vcc – Vca |     |     |

Tabla 6.2.3.9-1 Características Detectores térmicos

### 6.2.3.10 CENTRALITA

Se instalará centrales analógicas, de fabricantes como Notifier, Siemens o Tyco. Tendrá al menos las siguientes características técnicas.

Sistema modular configurable que está pensado y diseñado para poder adaptar el equipo según las necesidades o requerimientos de la instalación de protección de incendios.

Diferentes tipos de tarjetas para ampliar la capacidad del sistema, varios modelos de fuente de alimentación y diversos formatos y tamaños de cabina.

Central modular microprocesada analógica y algorítmica para la detección y alarma de incendio que monitoriza y controla individualmente los elementos del sistema.

Tendrá como mínimo 2 lazos, ampliables a 8 mediante tarjetas de ampliación de 2 lazos de detección analógica. Dispone de tarjetas de lazo microprocesadas que permiten trabajar en modo degradado, sobrepasando los requisitos de la norma EN54. 4 circuitos de salida configurables y programables, 2 salidas de 24 Vcc para alimentar equipos externos, 2 circuitos de entrada programables y 255 zonas. Cada lazo puede controlar un máximo de 99 detectores analógicos inteligentes, más 99 módulos monitores (entrada) o de control (salida), hasta un total de 198 puntos identificables individualmente por lazo. Incluye aisladores de lazo en la entrada y salida de cableado del lazo.

Puede alimentar sirenas y detectores de rayo a través del propio lazo SLC (según especificaciones).

Dispone de pantalla gráfica de cristal líquido LCD de 240 x 64 píxeles (6 líneas de 40 caracteres alfanuméricos), teclado de membrana protegido con llave de acceso a teclas de control y funciones y leds para la visualización del estado del sistema.

Diferentes formatos y tamaños de cabinas con fuentes de alimentación de 3 a 7 A, para poder cumplir, en todo momento, los requisitos de la norma EN54/14 en cuanto a capacidad y autonomía del sistema se refiere.

Capacidad para albergar baterías según cabina: ref. 020-472-009, 2 x 12Vcc. 12Ah. y ref. 020-474- 009, 2 x 12Vcc. 26 Ah.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Alimentación nominal          | 230 Vac   |
| Frecuencia nominal            | 50 Hz   |
| Consumo nominal               | 1,6 A   |
| Corriente en alarma           | 3   |
| Tensión de salida             | 26 ... 28 Vcc   |
| Corriente de salida           | máx. 0,15 A   |
| Salida del lazo analógico     | 22,5 ... 26,4 Vcc / 0,5 A (consulte el programa de cálculo de baterías y de lazo) |
| Temperatura de funcionamiento | -5 °C ... 45 °C   |
| Humedad relativa              | 5 ... 95 % (no condensada)  |
| Índice de protección          | IP 30   |
| Peso                          | aprox. 14 kg (sin baterías)   |
| Dimensiones                   | A: 500 mm H: 400 mm F: 163 mm   |
| Certificado                   | 0786-CPD-20878; EN 54 parte 2 y 4   |

Tabla 6.2.3.10-1 Características técnicas centralita

### 6.2.3.11 GRUPO DE PRESIÓN

El grupo contra incendios será diseñado y construido para ajustarse a las más diversas especificaciones. Deberá ser conforme a recomendaciones CEPREVEN RT2.ABA y NORMA UNE 23500:2012 con bomba Normalizada (AF GS/ENI).

Se seleccionará un modelo del fabricante EBARA de su serie industrial AF GS/ENI, especialmente diseñada para cubrir las necesidades de las medianas y grandes instalaciones de extinción provistas de redes de Bocas de Incendios Equipadas, Hidrantes, Rociadores Automáticos, etc., donde se requiera un grupo constituido por una o varias bombas principales más una auxiliar “Jockey”, accionadas por motor eléctrico o diésel y conforme a la Normativa especificada.

Construidos en base al tipo de bomba principal utilizada de las series GS / ENI, de tipo “Sobre Bancada” en hierro fundido.



### Composición de los equipos

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Bomba principal</b>    | Bombas principales Eléctricas o diésel "Sobre Bancada" serie GS / ENI normalizada EN 722/ DIN 24255 construida en Hierro fundido, impulsor en bronce, sellado por empaquetadura según disposición de la norma UNE 23500:2012 |
| <b>Bomba auxiliar</b>     | Bomba auxiliar "Jockey" eléctrica Serie CVM, MVP o EVMG según modelo, vertical multietapa.   |
| <b>Depósito</b>           | Depósito hidroneumático de 20 l. con válvula de aislamiento.   |
| <b>Presostatos</b>        | - Presostatos de arranque para cada bomba.<br>- Presostatos de confirmación de bomba en marcha.  |
| <b>Cuadro de control</b>  | Cuadro de control, en chapa de acero conforme a Norma seleccionada.  |
| <b>Colector</b>           | Colector común de impulsión.   |
| <b>Válvulas</b>           | Válvulas de corte y retención para cada bomba en impulsión.  |
| <b>Manómetro</b>          | Manómetros en caja de ACERO INOXIDABLE en Baño de Glicerina.   |
| <b>Motores</b>            | - Motores diésel equipados con depósito de combustible, tubuladuras, baterías y silenciador.<br>- Motores diésel de mediana y gran potencia refrigerados por intercambiador de calor.  |
| <b>Bancada</b>            | Bancada metálica con soporte de cuadro.  |
| <b>Cuadros eléctricos</b> | Cuadros eléctricos acorde a normativas.  |

### Datos técnicos

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Caudal</b>      | Caudal nominal máximo: 800 m <sup>3</sup> /h (mayores bajo demanda).                    |
| <b>Presión</b>     | - Presión máx. proporcionada: Hasta 15 Bar<br>- Presión máx. soportada: Hasta 10/16 Bar |
| <b>Temperatura</b> | Temperatura máxima agua: 40°C   |
| <b>Tensión</b>     | Tensión: 400V Trif+N 50 Hz (otras bajo demanda).  |



Ilustración 6.2.3.11-1 Grupo PCI. Datos técnicos y composición

### 6.2.3.12 DEPÓSITO

El material para la construcción de los depósitos de acumulación será con planchas de acero galvanizado de 2,5 m de largo por 1,25 m de ancho que solapan unas sobre otras.

Las planchas, cuyo espesor está en función del diámetro y la altura del depósito, se fabrican conforme a las normas EN 10142 y EN 10111 1998.

Las chapas tienen punzonado todo su perímetro para acoplar perfectamente en obra sin necesidad de mecanización posterior. Este ensamblaje se hace con tornillos especiales dispuestos con la cabeza redonda al interior y la tuerca al exterior.

La superficie interior (en depósitos de masilla) se cubre con una pintura bituminosa de color negro que protege la chapa del contacto directo con el agua y oscurece el interior para reducir la aparición de microorganismos. En caso de agua potable o aguas con altos índices de corrosión, el interior se recubre con un revestimiento elástico de poliuretano con gran resistencia a la abrasión.

Las planchas, cuyo espesor está en función del diámetro y la altura del depósito, se fabrican conforme a las normas UNE-EN-10130. Los perfiles están sometidos a tratamiento de galvanizado continuo que supera los 275 grs de zinc por m<sup>2</sup> según norma EN 10142.

El resto de las piezas: planchas, tornillería y bridas se galvanizan en caliente (Z600) conforme a las normas EN 1461

#### 6.2.3.12.1 CARACTERÍSTICAS Y ACCESORIOS

- Construido con paneles prefabricados de acero según norma española UNE-EN-10346.

- Planchas con recubrimiento anticorrosión magnelis, acero revestido recomendable para corrosividad tipo C5 según la EN ISO 12944-2.
- Las uniones se realizan mediante tornillos especiales de acero galvanizado (grado 8,8)
- Todas las juntas se sellan con masilla de poliuretano tipo Sikaflex Pro-3.
- El depósito está reforzado con perfiles “U” en el perímetro superior e inferior y en virolas intermedias cuando sea necesario.
- Techo plano en chapas de acero galvanizado y prelacado.
- El soporte del techo se hace por medio de correas “zetabor”.
- El perímetro se cubre con un embellecedor tipo “L” que sirve de remate.
- Diseñado para soportar 70 Kg/m<sup>2</sup> en la cubierta
- Accesorios fabricados en acero galvanizado en caliente. Bidas DIN – PN - 16)
  - Aspiración: Compuesta de codo interior con placa anti-vórtice y carrete exterior
  - Retorno: Compuesto de codo interior y carrete exterior
  - Llenado: Compuesto de carrete interior, carrete exterior y válvula de flotador
  - Vaciado: Compuesto de carrete exterior y válvula de compuerta
  - Rebosadero: Compuesto de codo interior invertido carrete exterior
- Boca de hombre vertical (600 mm.) en la primera virola.
- Caseta de llenado con rejilla de venteo en la parte posterior.
- Indicador de nivel manométrico.
- Escalera vertical de aluminio en el exterior con protección y tramo de salida.
- Plataforma con barandilla en techo.
- Soportes exteriores regulables con abarcón para retorno, llenado y rebosadero.

### 6.3 LIMITES DE SUMINISTRO MECÁNICOS

Los puntos terminales (TP) de tubería con el suministrador se situarán siempre en la fachada del edificio y en los puntos de conexión con la tubería existente (TIE IN), lo que significa que todas las tuberías, válvulas, accesorios, soportes, etc. que están situadas entre los TP y TIE IN serán del alcance del suministrador.

### 6.4 PLACA DE CARACTERÍSTICAS

Cada equipo llevará su correspondiente placa de características, en un lugar fácilmente accesible una vez montado y aislado el equipo. El material de las placas será acero inoxidable. Los datos de la placa deberán estar en idioma español.

Las placas de los equipos mecánicos deberán someterse a la aprobación del director de obra y deberán tener como mínimo los siguientes datos grabados:

- Nombre del fabricante, tipo y tamaño.
- Número de serie y modelo. Nombre y código del equipo. Año de fabricación.
- Código y normas aplicables. Datos de pruebas.
- Principales datos de operación y producción. Materiales empleados.
- Marcado CE.
- Todos los datos requeridos por la normativa aplicable.

### 6.5 MONTAJE DE TUBERÍAS

### 6.5.1 CONTROL Y GUARDERÍA DE MATERIALES.

El suministrador será totalmente responsable de los materiales comprendidos dentro del alcance de su suministro. En todo momento, el suministrador será responsable del material suministrado, incluyendo el personal y medios necesarios para las actividades de recepción en obra, almacenamiento, conservación, manipulación y custodia hasta el montaje.

El suministrador deberá reparar satisfactoriamente, o reponer, todo el material que resulte dañado o inutilizado como consecuencia de una inadecuada o incompleta realización de tales actividades.

### 6.5.2 RECEPCIÓN DE MATERIALES.

El suministrador deberá realizar la recepción en obra o en sus talleres de todo el material, tanto del entregado por el Cliente como del adquirido por él. Deberá comprobarse que llega correctamente identificado con los colores y marcas identificativas según prescripciones ASTM o DIN y sin daños debidos a embalaje o transporte inadecuado.

- Nombre o marca del fabricante.
- Calidad o denominación del acero. Símbolo del tratamiento térmico. Dimensiones.
- Sello del inspector, si corresponde.

En caso de que dichos materiales no lleguen correctamente identificados, o con daños, o sin la autorización de expedición, el suministrador deberá notificar el hecho por escrito al cliente de forma inmediata. De lo contrario el suministrador será responsable de dichos defectos y tendrá que repararlos a su cargo.

El procedimiento administrativo para la realización de la recepción de materiales y equipos deberá establecerse en el Plan de Calidad de la Obra. Para cada elemento recepcionado deberá emitirse un documento establecido en dicho Plan de Calidad que notifique la recepción del elemento y establezca las características del mismo, su destino y los grados de almacenamiento y conservación.

### 6.5.3 ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION DE MATERIALES.

Serán responsabilidad del suministrador todas las actividades relacionadas con el adecuado almacenamiento y manipulación del material, incluida su conservación desde su recepción hasta su instalación definitiva. Esto incluye si fuera el caso la aplicación de grasas (aplicable para el mantenimiento de la tornillería).

En el Plan de Calidad de la Obra, el suministrador establecerá el correspondiente procedimiento general de almacenamiento y manipulación de materiales, en el que se contemplarán tanto los aspectos técnicos como de funcionamiento del almacén, con la definición completa del proceso a seguir, las condiciones técnicas y las responsabilidades para cada una de las actividades relacionadas con el almacenamiento y manipulación, incluidas las actividades de conservación necesarias en esta fase.

En líneas generales, el procedimiento deberá contemplar lo siguiente:

- Definición de áreas de almacenamiento para los distintos materiales, con indicación de las condiciones ambientales mínimas para aquellos cuya conservación lo requiera, así como de las correspondientes medidas de seguridad.
- Los tubos se almacenarán de forma que se impida el contacto con el suelo y, además, de forma independiente para cada una de las calidades. Para cada tubería se instalarán tapas para evitar que entre suciedad al interior de las mismas. El lugar de almacenamiento será asignado por el Director de Obra.
- Sistema de identificación de áreas de almacenamiento y códigos de ubicación de elemento.
- Movimientos de almacén. Registros de entrada y salida, control de altas, bajas y existencias en almacén.
- Control de entrega del material.
- Los materiales de aportación deberán ser almacenados en un área acondicionada libre de humedad y con temperatura adecuada.
- Responsabilidades para las distintas actividades de manipulación.

- Definición de los métodos normales de movimiento de elementos y de los medios necesarios para ello.

Comprobaciones periódicas de los medios disponibles. Precauciones especiales para las maniobras que lo requieran.

En el caso de elementos singulares de especiales características, siempre que el cliente lo considere necesario, se establecerán instrucciones escritas para su movimiento y manipulación, que deberán ser aprobadas por la Dirección de Obra previamente a su realización.

#### **6.5.4 TALLER DE PREFABRICACIÓN EN OBRA.**

Para la prefabricación de tuberías en obra se adecuará un taller, necesariamente cubierto, exento de corrientes de aire perniciosas para la soldadura y suficientemente ventilado para evitar atmósferas insalubres para el personal.

El taller deberá estar dotado de los elementos mínimos e indispensables para llevar a cabo los trabajos, para ello, además de los útiles propios de soldadura, corte, elementos de medida, etc., deberán instalarse estufas para almacenar los electrodos y demás material que requiera temperatura y humedad controlada.

En el interior del taller no podrán instalarse botellas de gas como oxígeno, acetileno o argón, reservándose un espacio en el exterior para tal fin.

#### **6.5.5 FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN OBRA**

El suministrador ejecutará las tuberías a partir de planos de implantación de tuberías, de los P&IDs, y de las circunstancias propias de la obra. Se tendrán en cuenta las consideraciones siguientes:

Todos los codos, T, válvulas, tubos, etc., deberán colocarse de forma que puedan desmontarse sin necesidad de hacer obras o desmontar otras tuberías.

En todos los puntos deberán poderse apretar y soltar los tornillos de bridas, juntas, etc., con facilidad.

El suministrador tendrá entera responsabilidad respecto de las consecuencias directas o indirectas de la presencia de cuerpos extraños de origen mineral u orgánico eventualmente abandonados en la canalización.

El corte mediante soplete solo se ejecutará previa aprobación escrita del cliente. Todos los cortes por soplete serán ejecutados mediante dispositivo de guía, se terminarán con muela o lima en todos los casos, para evitar irregularidades incompatibles con la ejecución de la pasada de fondo.

El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el del precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en su sitio durante el punteo con ayuda de dispositivos apropiados. Estos dispositivos se introducirán preferentemente en el tubo y deberá impedir la deformación por expansión. No se permitirá ninguna desviación de los bordes superior a 1,2 mm.

No se admitirá el calentamiento de la tubería para remediar defectos de alineación en obra.

El suministrador deberá realizar el control de cotas, medidas, ángulos y elevaciones de la tubería a montar, así como de su emplazamiento y situación respecto a ejes de referencia, y comprobará la ejecución realizada por terceros cuando ello afecte a alguna de las actividades contratadas, indicando por escrito la aceptación de las mismas.

El suministrador no podrá repercutir ningún extra-coste por la realización de operaciones y/o manipulaciones adicionales por no haber verificado previamente el control del replanteo de la posición de los equipos.

El suministrador será responsable de las marcas, señales topográficas y mojones que, conteniendo ejes y puntos de referencia aprobados por el Cliente, se encuentren dentro de las zonas de trabajo del suministrador.

Si en el transcurso de los trabajos son destruidas algunas de estas señales, el suministrador deberá colocar, bajo su responsabilidad y a su cargo, otras nuevas, comunicándolo por escrito al Cliente, que podrá ordenar las oportunas comprobaciones, las cuales irán a cargo del suministrador.

### 6.5.5.1 SOLDADURA

Los bordes de los tubos se biselarán de acuerdo con la norma ASME B31.1. Se requerirá la previa homologación de soldadores y procedimientos de soldadura. Todos los materiales y equipos necesarios para realizar soldaduras correrán a cargo del suministrador. La soldadura se realizará a tope (BW, butt-weld) o enchufe (SW, socket-weld) según se indique en Especificación de Tuberías y/o Estimación de materiales de tuberías y accesorios (ver anexos 9, 12, 16 y 20).

Para el cordón de raíz se utilizará soldadura TIG en todos los casos y el material de aportación será adecuado al material base y del mismo tipo y marca que el utilizado para la homologación del procedimiento de soldadura.

Si es preciso, se exigirá la limpieza interior del tubo metálico pasando una escobilla. Las extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado.

El borde de los tubos estará libre de cualquier traza de cuerpos de origen mineral, orgánico u oxidación.

Las tuberías preparadas para soldar serán ejecutadas preferentemente en el día. Si, por cualquier causa, debieran soldarse en días sucesivos, deberán protegerse mediante un encintado con tiras adhesivas.

La fusión del metal de base afectará a todo el espesor de la pared. No se tolerará ninguna gota de soldadura en el interior de las tuberías.

La penetración de la soldadura será regular, al contrario de las juntas será de débil volumen y su espesor será tal que la suma de su valor y el de la desnivelación eventual de los bordes no podrá exceder de 1,6 mm sobre la superficie interior del tubo.

Deberá tenerse especial cuidado en las soldaduras de acero inoxidable para las cuales será necesario inertizar la zona de trabajo mediante gases tipo argón o similar.

El cordón de metal depositado no tendrá huecos o surcos laterales. El sobre espesor de soldaduras no excederá los siguientes valores:

- Espesor del tubo < 8 mm: 2,5 mm
- Espesor del tubo entre 8 y 14 mm: 3 mm
- Espesor del tubo > 14 mm: 4 mm

### 6.5.5.2 CURVADO

El curvado de tubería se hará de acuerdo con el código ASME. No obstante, queda restringida la fabricación de tubos curvados en obra sin la autorización expresa de la Dirección de Obra y siempre para tuberías menores de DN50.

Para el curvado se utilizarán herramientas hidráulicas o mecánicas y la temperatura ambiente no será inferior a 16 °C.

El radio de curvatura será como mínimo de cinco veces el diámetro nominal de la tubería. No se permitirán soldaduras en las zonas de curvatura.

Todas las tuberías curvadas quedarán lisas, libres de grietas y defectos superficiales, sin discontinuidades y tendrán un arco circular. La deformación permisible, definida como la diferencia entre el diámetro mayor y menor, no será mayor que el 5 % del diámetro nominal.

### 6.5.5.3 RANURADO TUBERÍAS

Para las uniones de tuberías de acero galvanizado después del puesto de control se utilizarán tubos ranurados previamente en fábrica. En el caso de que se tengan que realizar cortes de tubo en obra por replanteos, se realizará el ranurado del tubo en obra siguiendo el proceso adecuado.

Al objeto de obtener una unión con garantía de estanqueidad, el montaje deberá realizarse siguiendo las siguientes pautas:



1. Cortar adecuadamente los tubos perpendicularmente a su eje. Revisar los tubos al objeto de asegurarse que éstos no presentan suciedad, grasa, rebabas, etc. la longitud máxima del chaflán practicado no deberá superar los 1,5 mm.  
En tubos soldados, el cordón de soldadura de los extremos debe ser eliminado para evitar saltos en la máquina ranuradora.
2. Con la máquina adecuada, se efectúan las correspondientes ranuras en los extremos de los tubos a unir. La geometría de la ranura obtenida deberá cumplir con las dimensiones especificadas en las siguientes tablas, según se realice la operación por corte o laminado. De lo contrario la unión no será segura. Las ranuras practicadas deberán mantenerse perfectamente limpias y libres de cualquier irregularidad para poder asegurar la estanqueidad.
3. Desmontar los tornillos del acoplamiento y extraer la junta de estanqueidad. Para algunos acoplamientos es suficiente con desmontar alguno de los extremos.
4. Posicionar la junta en uno de los extremos del tubo asegurándose que no se introduce en la ranura.

Para tubos de grandes diámetros puede ser aconsejable introducir totalmente la junta en el 1er tubo, embocar al 2º tubo y a continuación arrastrar la junta hacia el 2º tubo de modo que quede convenientemente repartido entre los dos tubos.

5. Posicionar los dos tubos, alinearlos y montar la junta de estanqueidad en el otro extremo del tubo.
6. Reposicionar la junta de modo que ésta quede centrada entre los dos tubos. Debe quedar asentada sobre la superficie de ambos tubos y en ningún caso ocupar, ni tan siquiera parcialmente, el espacio de las ranuras.
7. A continuación, montar los cuerpos de los acoplamientos. Para ello, situar el cuerpo inferior sobre la junta y posteriormente colocar encima el cuerpo.
8. Una vez superpuestos simétricamente, con la herramienta adecuada comenzar el apriete alternativo de las tuercas. Tener presente que si el apretado no se hace uniformemente se corre el riesgo de pinzar la junta.
9. Los pares de apriete aconsejados son los de la siguiente tabla:

- hasta 2": 40 - 60 Nm
- entre 2" y 4": 105 - 135 Nm
- entre 4" y 6": 135 - 175 Nm
- entre 6" y 8": 175 - 245 Nm
- entre 8" y 12": 245 - 325 Nm

Nota : es aconsejable lograr el contacto metal contra metal entre los cuerpos de los acoplamientos flexibles.

Ilustración 6.5.5.3-1 Pares de apriete

#### 6.5.5.3.1 TALADRO DE TUBERÍAS

Cuando sea necesario realizar una derivación en obra, para tubería ranurada, el agujero practicado deberá cumplir las tolerancias abajo especificadas y estará correctamente ubicado sobre la línea central de la tubería. En la sección L y en un área de 16 mm alrededor del agujero, la superficie debe estar perfectamente limpia y lisa para que el asiento de la junta sea perfecto. No se taladrará nunca con soplete.



| Tubería principal                  | Derivación deseada:   | Agujero a realizar               |                                 | Longitud L (mm) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
|                                    |                       | diámetro nominal (mm - pulgadas) | diámetro máximo (mm - pulgadas) |                 |
| DN32 (1 1/4")<br>(Φ ext = 42,4 mm) | DN15 (1/2" - 21,3 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN20 (3/4" - 26,9 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN25 (1" - 33,4 mm)   | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
| DN40 (1 1/2")<br>(Φ ext = 48,3 mm) | DN15 (1/2" - 21,3 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN20 (3/4" - 26,9 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN25 (1" - 33,4 mm)   | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
| DN50 (2")<br>(Φ ext = 60,3 mm)     | DN15 (1/2" - 21,3 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN20 (3/4" - 26,9 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN25 (1" - 33,4 mm)   | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
| DN65 (2 1/2")<br>(Φ ext = 76,1 mm) | DN15 (1/2" - 21,3 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN20 (3/4" - 26,9 mm) | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |
|                                    | DN25 (1" - 33,4 mm)   | 30 - 1.18                        | 31.6 - 1.24                     | 89              |

Ilustración 6.5.5.3-2 Derivación para sprinkler

| Tubería principal                       | Derivación deseada:     | Agujero a realizar               |                                 | Longitud L (mm) |
|---|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
|   |                         | diámetro nominal (mm - pulgadas) | diámetro máximo (mm - pulgadas) |                 |
| DN50 (2")<br>(Φ ext = 60,3 mm)          | DN15 (1/2" - 21,3 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN20 (3/4" - 26,9 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN25 (1" - 33,4 mm)     | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 45 - 1.75                        | 46.6 - 1.83                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 45 - 1.75                        | 46.6 - 1.83                     | 102             |
| DN65 (2 1/2")<br>(Φ ext = 76,1 mm)      | DN15 (1/2" - 21,3 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN20 (3/4" - 26,9 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN25 (1" - 33,4 mm)     | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
| DN80 (3")<br>(Φ ext = 88,9 mm)          | DN15 (1/2" - 21,3 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN20 (3/4" - 26,9 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN25 (1" - 33,4 mm)     | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
| DN100 (4")<br>(Φ ext = 114,3 mm)        | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |
|   | DN15 (1/2" - 21,3 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN20 (3/4" - 26,9 mm)   | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN25 (1" - 33,4 mm)     | 38 - 1.50                        | 39.6 - 1.56                     | 89              |
|   | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |
| DN125 (5")<br>(Φ ext = 139,7 mm)        | DN65 (2 1/2" - 76,1 mm) | 70 - 2.75                        | 71.6 - 2.82                     | 120             |
|   | DN80 (3" - 88,9 mm)     | 89 - 3.50                        | 90.6 - 3.57                     | 140             |
|   | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |
| DN150 (6 1/2" OD)<br>(Φ ext = 165,1 mm) | DN65 (2 1/2" - 76,1 mm) | 70 - 2.75                        | 71.6 - 2.82                     | 120             |
|   | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |
| DN150 (6")<br>(Φ ext = 168,3 mm)        | DN32 (1 1/4" - 42,4 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN40 (1 1/2" - 48,3 mm) | 51 - 2.00                        | 52.6 - 2.07                     | 102             |
|   | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |
|   | DN65 (2 1/2" - 76,1 mm) | 70 - 2.75                        | 71.6 - 2.82                     | 120             |
|   | DN80 (3" - 88,9 mm)     | 89 - 3.50                        | 90.6 - 3.57                     | 140             |
| DN200 (8")<br>(Φ ext = 219,1 mm)        | DN100 (4" - 114,3 mm)   | 114 - 4.50                       | 115.6 - 4.55                    | 165             |
|   | DN50 (2" - 60,3 mm)     | 64 - 2.50                        | 65.6 - 2.58                     | 114             |

Ilustración 6.5.5.3-3 Derivación simple roscada y ranurada

## 6.5.1 SOPORTES DE TUBERÍA

Los soportes de tuberías llegarán a obra pintados con la misma especificación empleada para la pintura de la estructura y sólo a falta de ser atornillados, roscados o soldados según el caso.

En caso de que un grupo de tuberías se soporte de forma común, la máxima luz permitida está determinada por el tubo más pequeño.

Previa a la fabricación del soporte se deberá replantear y verificar en obra las cotas y dimensiones indicadas en los planos. Cualquier modificación en los soportes debida a la no verificación previa en campo correrá a cargo del suministrador.

La soportación provisional necesaria para el montaje de la tubería (en la fase inicial) será a cargo del subcontratista. Esto es, aún en el caso de que estuvieran todos los soportes comerciales y estructurales en obra, si fuera necesaria la colocación de soportes provisionales para las labores de montaje de la tubería, éstos bajo ningún concepto podrán ser facturables por entenderse como necesarios para el montaje.

Las abrazaderas y abarcones no deberán abrazar en las soldaduras. No se admitirán incidencias por haber realizado el trabajo y ser necesaria su modificación.

Para el montaje de soportes de tuberías en obra, se utilizarán soportes soldados a la estructura existente.

El montador deberá comprobar siempre las medidas de los soportes comerciales antes de fijar la posición de la línea.

## **6.5.2 TRABAJOS DE PINTURA Y PROTECCIÓN ANTICORROSIVA**

El suministrador identificará todas las tuberías a través de toda la instalación, excepto cuando estén escondidas y en lugares no accesibles, por medio de flechas direccionales y bandas.

La marca de pintura elegida será normalizada y de solvencia reconocida. Sólo se admitirán los envases de origen debidamente precintados. No se permitirá el uso de disolventes.

Antes de la aplicación de la pintura deberá procederse a una cuidada limpieza y saneado de los elementos metálicos a proteger.

Los envases de pintura deberán ser removidos a menudo mientras se estén usando para mantener la pintura en buenas condiciones de homogeneidad.

No se procederá a pintar las soldaduras hasta que la correspondiente Prueba Hidrostática haya sido realizada, independientemente de si estas soldaduras han sido realizadas en taller o en obra o han sido o no radiografiadas.

### **6.5.2.1 DISTANCIAS ENTRE TUBERÍAS**

Si en los planos no se indican las distancias entre tuberías se adoptarán los valores de la siguiente table.

| DIMENSIONES EN mm |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DN                | 20  | 25  | 40  | 50  | 65  | 80  | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
| 600               | 500 | 500 | 510 | 520 | 520 | 530 | 540 | 560 | 570 | 600 | 620 | 650 | 660 | 680 | 750 | 790 |
| 500               | 430 | 430 | 440 | 450 | 460 | 460 | 470 | 480 | 500 | 530 | 550 | 580 | 600 | 620 | 670 |     |
| 400               | 370 | 370 | 380 | 380 | 390 | 400 | 410 | 420 | 440 | 460 | 490 | 520 | 550 | 560 |     |     |
| 350               | 330 | 340 | 350 | 350 | 360 | 370 | 380 | 390 | 410 | 430 | 460 | 480 | 500 |     |     |     |
| 300               | 300 | 310 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 370 | 400 | 430 | 450 |     |     |     |     |
| 250               | 260 | 270 | 280 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 340 | 350 | 390 |     |     |     |     |     |
| 200               | 220 | 230 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 320 |     |     |     |     |     |     |
| 150               | 190 | 200 | 200 | 210 | 220 | 220 | 240 | 250 | 260 |     |     |     |     |     |     |     |
| 125               | 170 | 180 | 180 | 190 | 200 | 200 | 220 | 230 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 100               | 160 | 160 | 170 | 180 | 180 | 190 | 200 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 80                | 130 | 140 | 140 | 150 | 150 | 160 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 65                | 120 | 130 | 130 | 140 | 150 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 50                | 110 | 110 | 120 | 130 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40                | 110 | 110 | 120 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 25                | 90  | 90  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 20                | 90  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

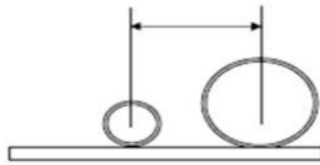


Tabla 6.5.2.1-1 Distancia entre tuberías

### 6.5.3 SOLDADURAS

Todos los procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de soldadura se calificarán de acuerdo con los requisitos del código ASME B31.1 y ASME BPVC Section IX.

Los materiales, componentes y soldaduras que requieran ser tratados térmicamente, deberán estar relevados de esfuerzos, de acuerdo con el material, especificación y diseño, y deberán apearse a lo indicado en el código ASME Sección II y Sección V.

Todas las soldaduras deberán estar de acuerdo con las especificaciones del Cliente. Todos los soldadores, inspectores de soldadura y procedimientos de soldadura deberán ser cualificados por una certificadora externa.

El suministrador será responsable de proteger todo elemento existente en la zona en la que se estén realizando los trabajos de modo que no se produzca ningún defecto.

El suministrador tiene la obligación de llevar al día un cuaderno de soldadura en el que figurará, como mínimo, lo siguiente:

- El número de soldadura (no podrá designarse un mismo número a dos soldaduras distintas).
- El número de fabricación de los tubos. La marca de la soldadura en tubo.
- El número del soldador que ha realizado la soldadura.
- Características de los electrodos o materiales de aporte. La fecha de ejecución.
- La fecha de examen o inspección. El nombre del controlador.
- La fecha y los resultados de los ensayos radiográficos, líquidos penetrantes u otros. Las longitudes exactas de los elementos tubulares derechos y acodados entre dos soldaduras.

Este cuaderno deberá mostrarse a la Dirección de Obra cada vez que lo requiera.

Los procedimientos de soldadura y sus métodos de inspección y pruebas deberán ser aprobados por un tercero y enviados al Cliente para revisión.

#### 6.5.3.1 PROCEDIMIENTOS

El trabajo estará controlado por una empresa de inspección homologada cuyo cometido será realizar las radiografías, analizarlas y presentar los informes a la Dirección de Obra.

Se elaborará un plan de soldadura indicándose los procedimientos a seguir para la aceptación de los trabajos, que deberá incluir al menos:

- Inspección visual sobre el 100 % de las soldaduras realizadas.
- Ensayos superficiales (líquidos penetrantes o partículas magnéticas) al menos al 10% de las mismas con prioridad en zonas en las que la inspección visual presente dudas.
- Radiografías o ultrasonidos al 100 % de las soldaduras a tope que trabajen a tracción y al 10 % de las restantes.

Las radiografías se admitirán en el nivel de calidad indicado en el código ASME V y con la especificación ASTM correspondiente.

Si se obtienen un 10 % de radiografías defectuosas en una jornada de inspección (radiografiado) se doblará el nivel de inspección, si se repite este hecho se realizarán radiografías en un 100 % y se rechazará a los operarios implicados. Los costes adicionales serán a cargo del suministrador.

Los injertos o partes inaccesibles a la radiografía, se ensayarán mediante líquidos penetrantes o partículas magnéticas, incluidas las tuberías iguales o inferiores a DN50.

Se comprobarán las tolerancias de diámetro exterior, espesores, peso y longitudes según pedido de compras.

Se comprobará que coincida la documentación enviada por el fabricante de los tubos comerciales, con las marcas existentes en ellos.

En caso de que un ensayo END diera negativo (soldadura defectuosa) no podrán pasar más de 5 días naturales hasta la realización del nuevo END (habiéndose realizado en ese tiempo la reparación de dicha soldadura).

En ese caso de que sea necesario descarnar una soldadura para su realineamiento, ésta deberá ser nuevamente ensayada (concretamente estas costuras deberán ser radiografiadas).

Todas las soldaduras defectuosas serán examinadas de nuevo radiográficamente después de su reparación, sin que ello suponga coste adicional.

#### 6.5.4 LIMPIEZA DE TUBERÍAS

El suministrador deberá efectuar la limpieza de las tuberías de su suministro de acuerdo con procedimientos aprobados por la Dirección de Obra, debiendo desmontar y montar a su cargo los instrumentos o aparatos susceptibles de recibir daños o deterioros en tales operaciones, así como proveerse de todos los medios materiales y humanos para su realización.

La limpieza de tuberías deberá realizarse, primeramente, mediante soplado con aire comprimido. Posteriormente se realizará un lavado mediante recirculación de agua y finalmente un vaciado, soplado con aire comprimido y posterior secado.

Los medios humanos y materiales para realizar la operación de limpieza y soplado de tuberías serán por cuenta del suministrador y aprobados sus procedimientos por la Dirección de Obra.

En caso de que alguna línea requiriera limpieza química se contemplaría por separado.

De modo general, de cara a establecer los procedimientos de limpieza aplicables a los diferentes sistemas de la planta, se tiene:

| SISTEMAS A LIMPIAR                   | ALTERNATIVA DE LIMPIEZA 1   | ALTERNATIVA DE LIMPIEZA 2 |
|--------------------------------------|---|---------------------------|
| Sistema de Vapor Saturado            | Limpieza química (excepto en equipos) + soplado con vapor con generadores de planta | Soplado con aire          |
| Sistema de Condensado de Vapor       |   |                           |
| Sistema de Gas Natural               | Soplado con aire  |                           |
| Sistema de Nitrógeno                 |   |                           |
| Sistema de Amoníaco                  |   |                           |
| Sistema de Aire Comprimido           |   |                           |
| Sistema agua Refrigeración Indirecta | Flushing con agua   |                           |
| Sistema de Purgas                    |   |                           |
| Sistema agua desmineralizada         |   |                           |
| Sistema de agua potable              |   |                           |
| Sistema de PCI                       |   |                           |
| Sistema de agua industrial           |   |                           |
| Sistema de Efluentes                 | Flushing con agua   |                           |

Tabla 6.5.3.1-1 Procedimientos de Limpieza de tuberías

El suministrador, en base a su experiencia y salvo indicación en contra de la Dirección de obra propondrá el tratamiento que considere más adecuado para los sistemas a limpiar.

La limpieza interna, soplado y conservación de la tubería serán realizadas solamente después de la instalación y realización de las pruebas de presión (hidrostáticas o neumáticas).

El suministrador deberá preparar una lista de componentes a aislar o desconectar de cada circuito, sistema o subsistema auxiliar, la cual deberá ser verificada antes de proceder a su limpieza.

De modo general, los siguientes componentes serán aislados, desconectados o instalados después del proceso de limpieza, en caso de que puedan verse afectados por las tareas desarrolladas durante la misma (agresión sustancias químicas, soplados etc.):

- Placas de orificio.
- Filtros.
- Instrumentos de todo tipo (incluyendo venturis).
- Válvulas de control y reguladoras de presión (únicamente los internos y actuadores si se dispone de kits de limpieza química y soplado).
- Válvulas de seguridad y alivio. Válvulas motorizadas. Mezcladores estáticos. Trampas de vapor.
- Juntas de expansión.
- Boquillas rociadoras.

En general cualquier material o equipo que pudiera dañarse por la presencia de cualquier partícula sólida dentro de ellos o siempre que el fabricante de los mismos lo aconseje. La lista exhaustiva de los anteriores componentes, deberá ser preparada por el suministrador previamente al comienzo de los trabajos e incluida en los Procedimientos de Limpieza, indicándose la necesidad de disponer placas ciegas, carretes provisionales, etc.

Como fase previa común a los métodos de limpieza, ésta comenzará con la limpieza mecánica de aquellas partes accesibles de los sistemas tales como depósitos, colectores de gran tamaño, etc. de cara a eliminar la suciedad de mayor tamaño.

Será responsabilidad del suministrador la determinación y suministro de los elementos de control de ruido en aquellos procesos de limpieza que así lo requieran (típicamente soplados), con el fin de ajustarse a las restricciones particulares del Proyecto a este respecto.

Deberá asegurarse que durante los procesos de limpieza no se sobrepasen las condiciones de diseño (típicamente presiones y temperatura) de los sistemas y equipos a limpiar.



Resaltar la importancia de respetar los condicionantes medioambientales existentes a la hora de la evacuación de efluentes, debiéndose asegurar que los parámetros de control de los vertidos efectuados se encuentren dentro de los límites autorizados.

Durante los diferentes procesos de limpieza y soplados, los colectores principales se limpiarán en primer lugar y, posteriormente, los ramales. Se realizará de tal modo que se evite arrastrar suciedad de un sistema a otro y se minimice el tiempo necesario para la limpieza.

Todos los componentes que sean retirados de las líneas de forma temporal serán marcados usando pintura o etiquetas para su fácil identificación, en caso de no estar identificados mediante placa de características o similar. En este contexto, no se marcará únicamente la identificación del elemento retirado, sino también la posición concreta en la que debe ser montado de nuevo posteriormente.

Los sistemas de tuberías que ya han sido limpiados e inspeccionados deberán ser etiquetados con una placa metálica para evitar contaminaciones accidentales.

Toda la tubería antes de la instalación final será verificada para garantizar que se ha alcanzado el grado de limpieza interna requerida, de acuerdo con los criterios de aceptación de la presente especificación. Si la tubería no cumple con los criterios establecidos, deberá limpiarse de nuevo.

## 6.6 ETIQUETADO

Todos los equipos deberán suministrarse convenientemente embalados y etiquetados, de forma que se permita una rápida identificación de cada equipo y sus recomendaciones de almacenamiento y manipulación.

## 6.7 TRANSPORTE Y DESCARGA

El suministrador será responsable de todos los daños, roturas y extravíos que se ocasione por imperfección del embalaje y en la descarga y posicionamiento de los equipos. Se deben tener en cuenta las siguientes protecciones para el transporte:

- Las tubuladuras se sellarán con plástico, placas o tapones resistentes fijados con cintas, para evitar la corrosión y la introducción de materiales extraños.
- Todas las conexiones bridadas serán atornilladas con tapas de plástico adecuadas. Todos los elementos expuestos a deterioro, como las preparaciones de bordes para soldadura, deberán protegerse convenientemente con cintas y tapas resistentes.
- Los equipos serán cargados sobre patines o jaulas para asegurar su entrega en óptimas condiciones, limpios y sin daños.
- Se incluirán marcas especiales en los contenedores cuando se requiera, incluyendo instrucciones especiales de manejo de los mismos, tales como modificaciones de posición, fragilidad, centro de gravedad, no utilización de ganchos, et

## 6.8 HERRAMIENTAS ESPECIALES

El suministro de cualquier herramienta especial que sea necesaria para el montaje, mantenimiento u operación de los equipos correrá a cargo del suministrador.

## 6.9 INSPECCIONES Y PRUEBAS

### 6.9.3 INSPECCIONES



Todos los equipos suministrados bajo esta especificación deberán ser inspeccionados y ensayados de acuerdo con los requerimientos establecidos en los códigos y normativa aplicable, así como cualquier otro tipo de ensayo o certificación establecido para el equipo. Las inspecciones se realizarán sobre:

- Materiales. Todos los materiales deben ser inspeccionados por el suministrador para comprobar que cumplen estrictamente con los requisitos de las normas de material especificadas y cuentan con la certificación requerida por el código de diseño aplicable a cada sistema de tuberías.
- Fabricación: Todos los elementos fabricados se inspeccionarán antes de su envío para comprobar la exactitud de sus dimensiones de acuerdo con la norma constructiva empleada en su fabricación.
- Ensayos.
- Pruebas en taller. Montaje de los equipos. Pruebas finales.

Durante la Puesta en Marcha la OCA medirá los parámetros principales requeridos en el suministro, siendo básicos los datos obtenidos por la OCA para la entrega provisional de la Planta.

El cliente o un representante suyo, tendrá libre acceso a los talleres del constructor para inspeccionar la marcha de los trabajos y materiales empleados en su fabricación. El suministrador queda obligado a dar al inspector cualquier información que éste le solicite con respecto al suministro. Esta inspección no exime al suministrador de su responsabilidad.

La Dirección de Obra podrá rechazar cualquier parte del equipo que sea defectuosa o inapropiada para su uso y propósito o que no esté de acuerdo con la intención del pedido.

El suministrador será responsable de la inspección y pruebas del suministro objeto de esta especificación, para asegurar que cumple en todos los aspectos los requisitos de la Especificación Técnica, legislación y reglamentación aplicable, así como con las buenas prácticas de diseño, ingeniería y fabricación.

El suministrador deberá preparar un Programa de Puntos de Inspección (PPI), que someterá a la aprobación del cliente. El suministrador deberá avisar, con antelación suficiente, al cliente sobre las fechas previstas para las pruebas y ensayos, para que el cliente o sus delegados puedan asistir, si lo consideran oportuno.

El Programa de Inspección será coherente con las normas y reglamentos aplicables. Todos los materiales deberán suministrarse con los certificados de calidad correspondientes según las normas aprobadas.

El suministrador también deberá presentar la inspección relativa a Pintura, Limpieza, Etiquetado y Transporte, indicando los procedimientos aplicables e incluyendo un punto para la revisión de la documentación definitiva y un punto para la notificación de la Autorización para Transporte.

El suministro no se considerará finalizado hasta que las inspecciones, ensayos y pruebas en sitio hayan sido completados satisfactoriamente para el Cliente

#### **6.9.4 PRUEBAS Y ENSAYOS**

Los ensayos y verificaciones tendrán por objeto comprobar que se cumple lo indicado en estas especificaciones y documentos asociados.

El suministrador deberá realizar todas las pruebas de taller solicitadas por las normas y los códigos aplicables y de acuerdo con dichos códigos y normas. Todos los ensayos y las pruebas a realizar deben estar descritos en planos o procedimientos sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra

El suministrador debe indicar si dispone de las instalaciones adecuadas para realizar las pruebas del equipo ofertado.

Se realizará la prueba hidrostática de los depósitos, tuberías y válvulas del sistema.

La temperatura del agua de pruebas estará por encima de 16 °C.

Si realizadas las pruebas, alguna de las partes del equipo ofertado no diera los resultados garantizados, o no funcionará satisfactoriamente, el suministrador se comprometerá a reponer las partes defectuosas hasta conseguir el correcto funcionamiento. El costo de reparaciones, modificaciones o sustituciones resultante de los ensayos de aceptación será a costo del suministrador.

Durante la prueba de funcionamiento se registrarán todos los datos incluidos en los partes de control aprobados. El análisis de estos datos permitirá establecer si se declara satisfactoria la prueba, tomando como referencia los datos de proyecto.

El suministrador enviará el Dossier de Calidad al Cliente para aprobación en el que incluirá toda la documentación exigida en la presente especificación.

### **6.9.5 REPARACIONES Y DEFECTOS**

El suministrador será responsable de notificar con la mayor brevedad posible de cualquier sustitución, desviación o defecto existente en el diseño de materiales, elementos, conjuntos, unidades completas, certificados, etc., que se encuentren fuera de las normas escritas en esta especificación.

Todas las sustituciones y reparaciones deberán ser aprobadas por escrito por el Cliente de acuerdo con los requisitos indicados en esta especificación.

El suministrador debe asegurar que todos los trabajos y pruebas a realizar están en los planos y/o procedimientos aprobados. Cuando el suministrador descubra la existencia de un trabajo o prueba no citado en un procedimiento aprobado, deberá parar inmediatamente la operación y notificarlo al Cliente. Toda acción posterior deberá realizarse de acuerdo con las instrucciones aprobadas por escrito por el Cliente.

## **6.10 DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR TRAS LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Todos los documentos se entregarán en formato electrónico editable.

Toda la documentación, manuales, planos, etc. deberán estar en español.

Todos los documentos deberán incluir al menos la identificación del proyecto, la identificación del suministrador, fecha y número de revisión, tabla de control de los cambios de estado, documentos aplicables o de referencia y firmas del autor y supervisor.

Todos los planos y documentos deberán fecharse y firmarse en las correspondientes casillas de preparado, chequeado y aprobado. Esto deberá repetirse cada vez que el plano o documento sea revisado. Las revisiones de la documentación se deberán reflejar mediante nubes y marcas de revisión.