



Universidad Nacional de La Pampa



PRÁCTICA PROFESIONAL
SUPERVISADA
Ingeniería Industrial (Plan 2010)

Diseño de Instalaciones Industriales
y del Plan de Seguridad e Higiene

Autor: Dielschneider Del Bono, María Juliana

Tutor de la Facultad: Ing. Cuello, Luis Félix

Tutor de la Empresa: Ing. Mangione, Mariano

Año 2016

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA..... | 5 |
| Proyecto: Descripción..... | 6 |
| DISTRIBUCIÓN DE..... | 13 |
| AIRE COMPRIMIDO..... | 13 |
| Memoria Descriptiva | 14 |
| Memoria Técnica..... | 16 |
| Compresor y Tanque Pulmón | 19 |
| Secador | 19 |
| Unidad FRL | 20 |
| Memoria de Cálculo | 21 |
| Cálculo de Consumos | 21 |
| Cálculo y selección del compresor | 21 |
| Cálculo y selección del tanque pulmón | 22 |
| Cálculo del condensado en el tanque pulmón | 24 |
| Selección del Secador de Aire | 26 |
| Selección de la unidad FRL..... | 26 |
| Cálculo de cañerías..... | 28 |
| Cálculo Schedule de la cañería..... | 33 |
| Verificación por código ASME..... | 34 |
| Verificación de la de velocidad del fluido en cada tramo de la cañería | 35 |
| DISEÑO DE CAÑERÍA CONTRA INCENDIOS - SISTEMA DE HIDRANTES..... | 36 |
| Memoria Descriptiva | 37 |
| Materiales de las cañerías | 37 |
| Forma de unir las cañerías | 38 |
| Memoria Técnica..... | 39 |
| Hidrantes..... | 39 |
| Elementos que componen un sistema de hidrantes | 39 |
| Volumen de agua de reserva necesario- Selección de tanques..... | 46 |
| Dimensiones de las cañerías | 47 |
| Boca de impulsión | 50 |
| Equipo de presurización | 50 |
| Selección de bombas | 53 |
| Bomba principal y de reserva | 53 |
| Alimentación eléctrica de las bombas contra incendio | 53 |
| Memoria de cálculo | 58 |

| | |
|---|-----------|
| Cálculo del número de hidrantes | 58 |
| Tanque de reserva de agua..... | 59 |
| Clasificación del sistema de hidrantes | 60 |
| Reserva de agua para incendio | 61 |
| Cálculo volumen de agua de reserva necesario | 62 |
| Cálculo de cañerías y equipo de presurización..... | 63 |
| Selección de equipo de presurización..... | 73 |
| Bomba principal y de reserva | 73 |
| Cálculos Eléctricos | 75 |
| Corrección del factor de potencia..... | 78 |
| SEGURIDAD E HIGIENE Y BUENAS PRÁCTICAS | 81 |
| Cálculo de extintores portátiles | 82 |
| Características generales..... | 82 |
| Tipos de fuego | 82 |
| Selección de matafuegos | 86 |
| Tipos de extintores | 86 |
| Distribución y ubicación de matafuegos | 88 |
| Elementos de Protección Personal (EPP) | 91 |
| Ropa de trabajo | 92 |
| Cascos..... | 94 |
| Protección auditiva | 97 |
| Calzado de seguridad..... | 99 |
| Guantes | 100 |
| Protección visual | 103 |
| Arneses y cinturones..... | 106 |
| Riesgos comunes a todos los bloques del proceso | 108 |
| Riesgo Físico del Ambiente de Trabajo: Ruido y vibraciones | 108 |
| Riesgos Físicos del Ambiente de Trabajo: Iluminación..... | 110 |
| Riesgos de accidentes: Mecánicos..... | 111 |
| Riesgos de Accidentes: Electricidad..... | 114 |
| Subestación transformadora interior..... | 117 |
| Requisitos de los locales para instalaciones de interior..... | 117 |
| Dimensiones de los pasillos..... | 118 |
| Condiciones de salidas de emergencia | 118 |
| Acceso e instalación de celdas y transformador | 119 |
| Tratamiento del neutro y puestas a tierra..... | 122 |
| Medidas recomendadas para controlar tensiones de paso y contacto..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| Equipamiento y materiales | 124 |
| Seguridad del personal..... | 125 |
| Protecciones del equipamiento eléctrico | 125 |
| Señalización preventiva para personal de operación y terceros | 126 |
| Impacto ambiental | 127 |
| Buenas prácticas globales del proceso: Medidas Generales..... | 128 |
| Orden y Limpieza | 129 |
| Medios de escape..... | 130 |
| Dimensionamiento de los medios de escape | 130 |
| Ancho mínimo total de los medios de escape | 132 |
| Situación de los medios de escape..... | 134 |
| Pasillos de circulación / Salidas de emergencia | 135 |
| Codificación de colores | 136 |
| Código de Colores: Peligro..... | 136 |
| Código de Colores: Identificación de sistemas/ máquinas | 138 |
| Código de Colores: Precaución | 143 |
| Código de Colores: Circulación | 145 |
| Código de Colores: Seguridad..... | 146 |
| Código de Colores: Cañerías | 146 |
| Señales de seguridad..... | 149 |
| Señales de prohibición..... | 150 |
| Señales de advertencia..... | 150 |
| Señales de obligatoriedad | 151 |
| Señales informativas..... | 151 |
| Señalización de equipos extintores..... | 152 |
| Señalización de nichos o hidrantes | 152 |

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Proyecto: Descripción

El proyecto sobre la cual se realizaron los cálculos para la Práctica Profesional Supervisada (PPS) consiste en el montaje e instalación de una fábrica que se dedicará a la producción de bolas de acero para molienda, de diferentes diámetros, para abastecer fundamentalmente la industria minera de Argentina, en una primera instancia.

Forestal Pico S.A. es la empresa que lo lleva a cabo. Se comenzó a trabajar en él a mediados de enero de 2014, a partir de una iniciativa inconclusa que tenía la empresa Acindar-Grupo ArcelorMittal, aunque la idea estaba en espera desde el año 1997 pero por cambios en la sociedad no se había concretado. Como todo proyecto, se analizó la viabilidad desde lo económico y financiero, las posibilidades industriales básicas y se debieron evaluar las condiciones locales para poder desarrollar el plan.

Luego de gestionar favorablemente un crédito por parte de la provincia, se comenzó a trabajar a pleno en el proyecto. Se decidió que las instalaciones para el mismo serían las de la planta ubicada en el Parque Industrial de General Pico, en la calle Jose Viscardi N°85, sede de la ex Maracó, la cual cuenta con las dimensiones suficientes para el montaje del mismo. (Ver plano N°1 - Anexo Planos).

Industria minera

Los principales clientes del producto serán las industrias mineras que cuentan con molinos de bolas para el proceso de molienda, donde se tritura la ganga (material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento). Hay posibles industrias de uso en Catamarca, Santa Cruz y San Juan.

El molino de bolas está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. Éstas, se mueven haciendo el efecto “de cascada”, rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión.

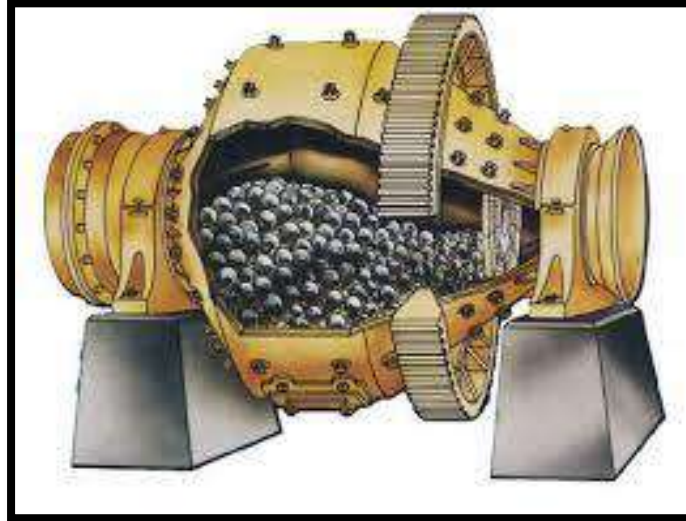


Fig.1: Esquema típico de un molino de bolas.

En la Argentina hay más de 145 empresa dedicadas al sector minero y debido a que su demanda de bolas para molienda no puede ser abastecida por el mercado interno, deben importar de otros países como Chile y China. Esta ineficiencia se debe a que se producen bolas por forjado, lo cual demora más tiempo y no se alcanzan a producir las toneladas necesarias para cubrir todo el mercado.

Proceso de producción

Las bolas de acero tienen como materia prima barras de acero, cuyo proveedor es Acindar, y serán transportadas hasta el Parque Industrial en transporte ferroviario. Tales barras deben tener especificado la colada para poder identificar propiedades del producto final, así como también, deben estar enderezadas para que ingresen a los laminadores sin problemas.



Fig.2: Barras de acero. Materia prima.

Las barras serán trasladadas mediante un puente grúa hasta las mesas de aprovisionamiento ubicadas detrás de cada horno de inducción de alta frecuencia, donde se las calentará hasta los 1000°C aproximadamente, para luego pasar a un laminador que le da la forma propia de una bola. Luego, las bolas continúan por cintas transportadoras que las conducen a una pileta, donde sufren un enfriamiento brusco (proceso de temple) para lograr dureza en la superficie de la bola. Paso seguido, ingresan a un horno a gas para volver a calentarlas y luego, se dejan enfriar hasta temperatura ambiente, en tambores de metal.



Fig.3: Puente grúa del sector depósito de producto terminado.



Fig.4: Laminador de bolas.



Fig.5: Reductor del laminador.



Fig.6: Cintas transportadoras.

En cuanto al almacenaje y la comercialización del producto, se puede hacer a granel, en bolsas big-bags o en tambores de metal sobre pallets. Para almacenarlas a granel, se planea construir piletones de hormigón para separarlas por tamaño.

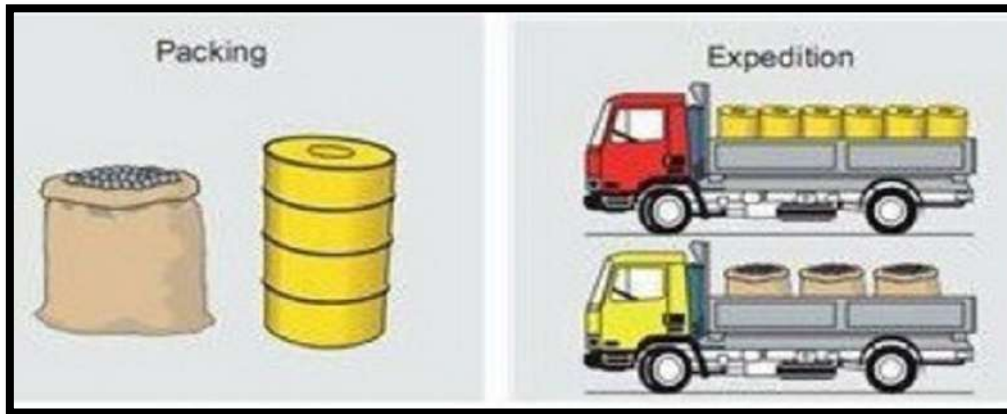


Fig.7: Comercialización y almacenaje de las bolas de acero.

Instalaciones necesarias

Las instalaciones en el Parque Industrial deberán estar acondicionadas para un buen suministro de energía, ya que así se pondrá en funcionamiento el proceso de calentamiento del acero. Por ello, se incorporará una subestación transformadora de 8 MW de potencia para alimentar la planta.

Además, se instalaron cuatro puentes grúa que se utilizarán para el traslado y descarga de las barras en los laminadores o en el sector de almacenaje de las mismas, y para sostener un electroimán que se empleará para trasladar las bolas desde los tambores de metal al sector de depósito y carga de camiones.



Fig.8: Puentes grúa instalados.

Se han de mencionar además las piletas de hormigón, como base para ocho torres de enfriamiento (tres de circuito abierto y cinco de circuito cerrado), que se utilizarán para el circuito de agua de la piletta donde se realiza el temple y para la refrigeración de los laminadores. También se realizarán piletones para llevar a cabo un proceso de ósmosis, para la recirculación del agua de las torres y para el enfriamiento del aceite de temple.

También, fue necesario realizar una obra civil para la instalación de una báscula en el exterior de la planta, a la entrada/salida del sector de carga de bolas. Así como también las bases de hormigón para cada máquina y las trincheras necesarias para el tendido de las cañerías de agua y de los conductores eléctricos.



Fig.9: obra civil de la báscula.

Por otra parte, debido a que el edificio sufrió actos de vandalismo, se cambiaron 900 vidrios, se reacondicionaron portones, se arreglaron paredes y se pintó toda la planta.

Instalaciones industriales

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, fue necesario diseñar y calcular diferentes tipos de instalaciones para el funcionamiento de la planta. En lo que sigue a este informe, se presentan los cálculos y selección de equipamiento para la instalación de aire comprimido, el sistema de hidrantes y la cañería de gas para el horno de revenido. Además, a lo que en Seguridad e Higiene respecta, se presenta el cálculo y ubicación de extintores, medios de escape, elementos de protección personal, buenas prácticas, colores y señalizaciones de seguridad.

DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Memoria Descriptiva

Se da inicio al presente proyecto con el cálculo y diseño de la red de distribución de aire comprimido de la planta fabril.

La distribución se diseñará en forma ramificada, de manera de abastecer a los puntos de utilización. Se adoptó el tipo ramificada y no en anillo ya que se analizó la disposición de los puntos de consumo, tratando que las distancias recorridas sean las más cortas, disminuyendo cantidades de caño, accesorios y por lo tanto, reducción de costos y pérdida de carga.

El tendido está diseñado con una inclinación del 0.3% con el objetivo de almacenar en puntos estratégicamente ubicados el condensado producto de la humedad contenida en el aire y de esta manera extraerlo de la instalación por medio de colectores de agua.

A fin del cálculo de las tuberías, el trazado de la misma se dividió en tres tipos:

1. Tubería principal: es aquella que sale del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido, limitando la velocidad máxima en ella en 8 m/s.
2. Tubería secundaria: son aquellas que se derivan de la principal y distribuyen por las áreas de trabajo y de la cuales se desprenden las tuberías de servicio, limitando la velocidad del aire en ellas en 10-15 m/s.
3. Tubería de servicio (bajada de máquina): se desprenden de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos, limitando la velocidad en ellas en 15-20 m/s.

En el exterior de las instalaciones de la planta, cerca de una de las paredes laterales, se determinó la ubicación de un compresor a tornillo y un tanque pulmón de especificaciones técnicas que serán detalladas posteriormente. Desde allí partimos con una cañería principal portadora de la totalidad del caudal.

Una vez en el interior, la cañería principal llega a su primer punto de bifurcación, dando lugar a dos cañerías secundarias: una es un tramo de 50 m que abastece los distintos puntos de consumo del proceso de fabricación de bolas de acero y la otra conduce a dos puntos de consumo más: una mesa de alimentación y una enderezadora de barras.

Se debe tener en cuenta que no se conocen exactamente los consumos de cada punto y que los mismos fueron indicados en distintos planos por los fabricantes de las máquinas. El único dato ofrecido es que el consumo de la máquina china es de 0,5 a 1 m³/min, a lo que falta agregarle el consumo de la enderezadora de barras.

La cañería será en su totalidad de acero al carbono según norma ASTM A. 53 Gr A, los espesores se estimaron por el método Schedule, y se verificaron mediante el método ASME para recipientes a presión. La misma será de color azul en toda su extensión y soportada por ménsulas cuando el recorrido este próximo a las paredes y columnas, y mediante una sujeción desde el techo cuando no sea posible el uso de ménsulas. La instalación se ubicará a una altura de 4 metros respecto del piso de la planta.

Las bajadas hacia los distintos consumos se realizaron “pinchando” la cañería que aporta el caudal total, tomándola desde arriba para evitar que se introduzca condensado a las mismas. Esta bajada que alimenta las máquinas tienen como accesorios unidades FRL, válvulas esféricas, colectores de condensado, codos, Tees, etc.

Toda la instalación está diseñada para que la caída de presión desde el tanque pulmón hasta cualquier unidad FRL dentro de la planta no tome valores que pudieran perjudicar el funcionamiento normal de los equipos (menor al 3%).

La cañería se proyectará para soportar una presión de trabajo de 6 [bar] y transportar un caudal máximo de 1,5 [Nm³/min].

Para el cálculo de las cañerías se tuvo en cuenta, la presión de servicio, el caudal normal de aire transportado y las pérdidas de carga. Éstas se originan de dos maneras:

1. Pérdida de carga en tramos rectos producida por el rozamiento del aire comprimido contra las paredes del tubo.
2. Pérdida de carga en accesorios producida en curvas, T, válvulas, de la tubería.

La disposición de la instalación de aire comprimido se detalla en los planos, en el anexo planos.

Memoria Técnica

A partir del único dato ofrecido por el fabricante chino, el consumo de aire de su máquina va desde 0,5 a 1 m^3/min , y considerando un consumo para la enderezadora de barras, se procedió al cálculo de los diámetros de las cañerías. Se conocía la presión de trabajo $P = 6 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$.

Se tuvo en cuenta una caída de presión con valores pre-establecidos con criterio tal de cumplir que la suma en todo el recorrido no supere el 3% y aplicando más caída a tramos en los que una reducción en su sección nos determina una considerable reducción de costos.

En la siguiente tabla se indican los diámetros y características de cada tramo de caño:

| CAÑERÍA | TRAMO | ∅ [pulg] | LONGITUD [m] | SCHEDULE | MATERIAL | DENOMINACIÓN |
|------------|-------|-------------|-----------------|----------|------------------|---------------------|
| Principal | A-B | 1 | 22 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | B-C | 1 | 3 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | C-D | 3/4 | 30 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | D-E | 3/4 | 12 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | E-F | 3/4 | 8 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | C-G | 3/4 | 14 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | G-H | 3/4 | 32 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | B | 1/2 | 4 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | D | 1/2 | 10 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | E1 | 1/2 | 6 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | E2 | 1/2 | 12 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | F | 1/2 | 6 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | G | 1/2 | 4 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | H | 1/2 | 10 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |

Tabla 1: Cañerías con sus principales características.

A partir de los caños considerados, se procede a la selección de sus respectivos accesorios, presentados en la siguiente tabla:

| Línea | Tramo | Accesorio | Cantidad | Material | Descripción |
|------------|-------|--------------------------|----------|----------------------|--------------------|
| Principal | A-B | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90º (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| Secundaria | B-C | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | C-D | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | D-E | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E-F | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90º (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | C-G | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | G-H | Válvula esférica(3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |

Tabla 2: Accesorios y sus características más importantes.

| Línea | Tramo | Accesorio | Cantidad | Material | Descripción |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Servicio | B | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | D | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 3 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Cruz (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E1 | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E2 | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | F | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | G | Te por derivación de 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| H | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | Te por derivación de 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 | |
| | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |

Tabla 2: Accesorios y sus características más importantes (continuación).

Una vez concluida la selección de todas las cañerías de la instalación y sus accesorios se procede a la selección del compresor y su respectivo tanque pulmón mediante cálculos que serán presentados en la memoria respectiva. Además, se seleccionó el secador para lograr el acondicionamiento de aire y las unidades FRL.

Compresor y Tanque Pulmón:

| COMPRESOR Y TANQUE PULMÓN | |
|--------------------------------|----------------------|
| MODELO | ELT 1510 |
| PRESIÓN [bar] | 10 |
| CAUDAL [m3/min] | 1,5 |
| POTENCIA NOMINAL MOTOR [hp-kW] | 15-11,25 |
| CAPACIDAD TANQUE [L] | 300 |
| ANEXO | PLC CONTROL INTEGRAL |




Fig.10: Compresor CONDOR.

Tabla 3: Características Compresor.

Secador:

| SECADOR CONDOR | |
|---------------------------------|-------|
| MODELO | AMD18 |
| PARA COMPRESORES DE HASTA 15 hp | |
| TEMPERATURA MÁX. [°C] | 45 |
| PRESIÓN MÁX. [bar] | 16 |
| CAUDAL[m3/min] | 1800 |
| PESO[kg] | 34 |




Fig.11: Secador para el sector de pintura

Tabla 4: Datos técnicos del secador seleccionado.

Unidad FRL:

| UNIDAD FRL SMC | | |
|--------------------------------------|-------------|------|
| MODELO | AC40A | |
| COMPONENTE | LUBRICADOR | AW40 |
| | REGULADOR | AL40 |
| FLUIDO | aire | |
| TEMP. AMBIENTE Y DE FLUIDO [°C] | -5 a 60 | |
| PRESIÓN DE PRUEBA [Mpa] | 1,5 | |
| PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO [Mpa] | 1 | |
| RANGO DE PRESIÓN DE REGULACIÓN [Mpa] | 0,05 A 0,85 | |
| PESO [kg] | 1,41 | |



Fig.12: Unidad FRL.

Tabla 5: Datos técnicos de la unidad FRL seleccionada.

El condensado producido por los equipamientos será de $C = 0,98 \left[\frac{l}{h} \right]$.

Memoria de Cálculo

Cálculo de Consumos

Cuando se comenzó con el cálculo de la instalación de aire comprimido, se procedió en primera instancia a relevar los consumos de los equipos pero los mismos no contaban con placas o referencias que lo indicaran. El único dato ofrecido era que las máquinas del fabricante chino consumían de $0,5$ a $1 \text{ m}^3/\text{min}$ y además, la enderezadora de barras consumía menos que $1 \text{ m}^3/\text{min}$.

Cálculo y selección del compresor

Teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q_c = \frac{Q_d}{C} \quad (1)$$

Dónde:

- Q_c : Caudal del compresor.
- Q_d : Caudal demandado por la instalación.
- C : Coeficiente de consumo para parada del compresor.

Y adoptando un coeficiente de utilización del 0,9, por la ecuación (1) tenemos:

$$Q_c = 1,5 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \right]$$

Se seleccionó un compresor a tornillo, modelo ELT1510 que satisface los requerimientos de caudal y presión de la instalación ($P = 6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$). Además, estos compresores a tornillo se caracterizan por ser del tipo encapsulado para mayor rendimiento y mantenimiento mínimo.

Cálculo y selección del tanque pulmón

Para el cálculo y selección del tanque pulmón debemos utilizar:

$$\frac{V_D}{Q_C} = \frac{t}{t_0} \quad (2)$$

Dónde:

- t_0 : tiempo de operación [min].
- t : tiempo de operación por hora [min].
- Q_C : Capacidad del compresor [Nm^3/min].
- V_D : Volumen del depósito [m^3].

Como el compresor seleccionado es a tornillo, la cantidad de operaciones por hora son de 40 como máximo. Por lo que $t = \frac{60}{40} = 1,5 \text{ min}$

La capacidad del compresor quedo determinada de la siguiente manera:

Tomando un factor de utilización para el compresor de $\phi = 0,9$ nos queda

$$Q_{comp} = \frac{Q}{\phi} = \frac{1,35}{0,9} = 1,5 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Para hallar el valor de t_0 , utilizamos el coeficiente de uso del compresor y entramos en el gráfico que sigue:

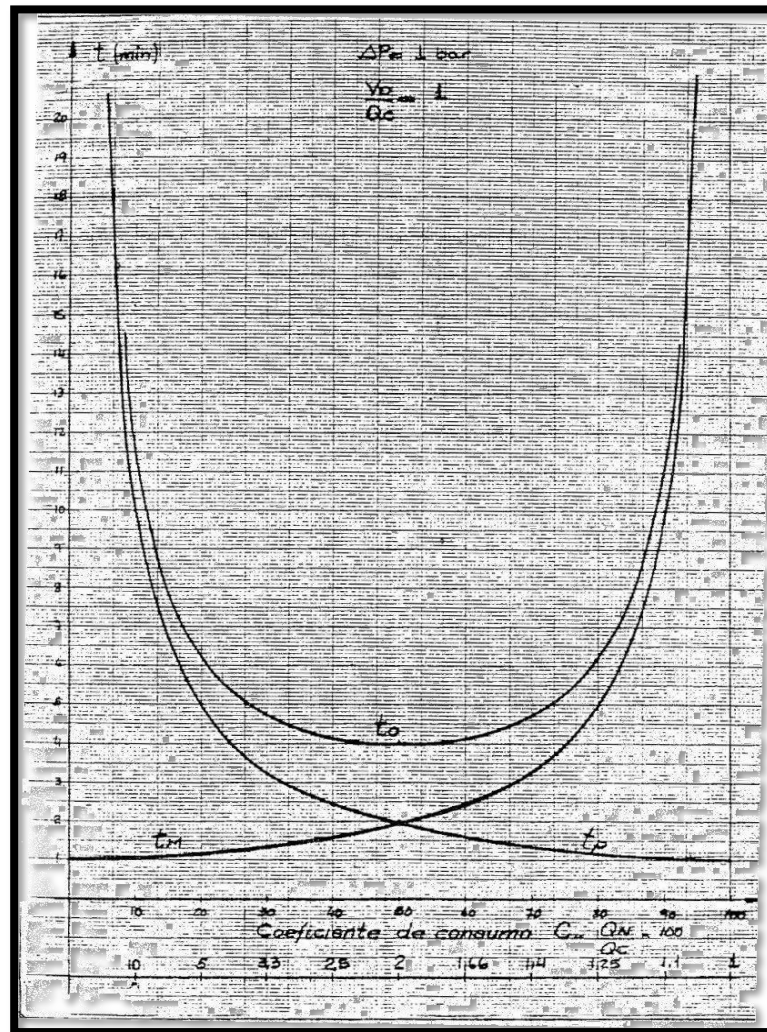


Gráfico 1: Tiempos de Marcha y Parada en Función de C para $\Delta P = 1$.

Para el cual, con 90% nos da $t_0 = 11 \text{ min}$

Por lo tanto,

$$V_D = \frac{t}{t_0} Q_C = \frac{1,5}{11} * 1,5 = 0,205 \text{ m}^3 = 205 \text{ l}$$

Se adoptó un compresor CONDOR con tanque pulmón incluido:

| COMPRESOR Y TANQUE PULMÓN | |
|-----------------------------------|----------------------|
| MODELO | ELT 1510 |
| PRESIÓN [bar] | 10 |
| CAUDAL [m ³ /min] | 1,5 |
| POTENCIA NOMINAL MOTOR [hp-kW] | 15-11,25 |
| CAPACIDAD TANQUE [L] | 300 |
| ANEXO | PLC CONTROL INTEGRAL |

Tabla 6: Compresor y tanque pulmón seleccionados.

Cálculo del condensado en el tanque pulmón

Para el siguiente cálculo se considera la ecuación:

$$C = 7,2 \times 10^{-4} \cdot G \cdot \varphi \cdot (X_{si} - X_{sf}) \quad (3)$$

Dónde:

- C : Condensado [l/h].
- G : Caudal nominal aspirado por el compresor [Nm³/min].
- φ : Porcentaje de servicio en carga del compresor [%].
- X_{si} : Humedad absoluta del aire aspirado [gr/kg de aire seco].
- X_{sf} : Humedad absoluta del aire comprimido [gr/kg de aire seco].

$$\varphi = 0,9$$

$$G = 1,5 \frac{Nm^3}{min}$$

La temperatura del aire aspirado es ambiente, por lo que se adoptan 20°C, y la humedad relativa para la región de General Pico es del 77%.

Para hallar los valores de humedad absoluta inicial y final se deberá utilizar la siguiente gráfica, en donde la recta azul muestra el valor de humedad inicial, que deberá ser afectado por la humedad relativa, y donde la recta verde dará lugar a la humedad final.

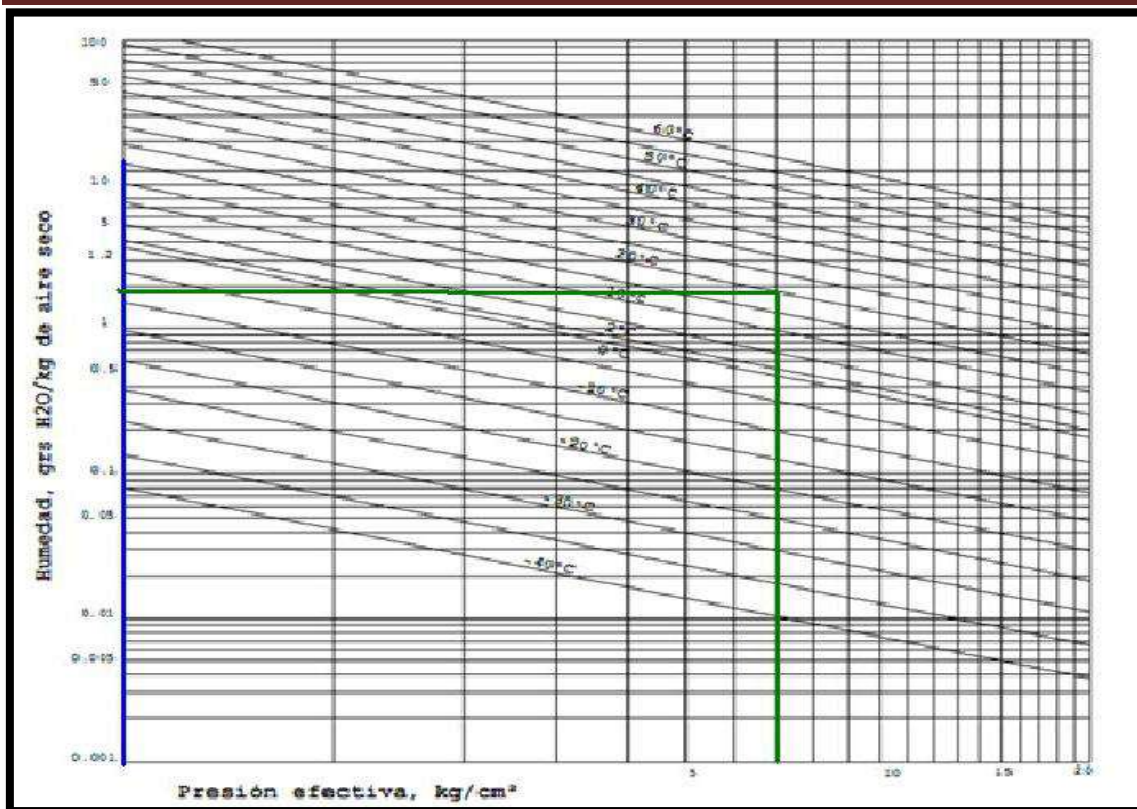


Gráfico 2: Humedad Absoluta vs Presión Efectiva.

$$X_{S_i} = 0,77 \cdot 15 = 11,55 \frac{gr}{kg \text{ aire seco}}$$

$$X_{S_f} = 1,5 \frac{gr}{kg \text{ aire seco}}$$

Aplicando (3)

$$C = 7,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 90 \cdot (11,55 - 1,5) = 0,98 \text{ lts/h}$$

Para un turno laboral de 16 h, el condensado total en el tanque pulmón será de 15,63 l.

Selección del Secador de Aire

A partir de los datos del compresor y de los requerimientos de la instalación, se procedió a seleccionar el secador de aire de la empresa CONDOR GROUP.

Por lo tanto:

| SECADOR CONDOR | |
|---------------------------------|-------|
| MODELO | AMD18 |
| PARA COMPRESORES DE HASTA 15 hp | |
| TEMPERATURA MÁX. [°C] | 45 |
| PRESIÓN MÁX. [bar] | 16 |
| CAUDAL[m ³ /min] | 1800 |
| PESO[kg] | 34 |

Tabla 7: Datos del secador seleccionado.

Selección de la unidad FRL

Las unidades FRL están compuestas por un filtro, un regulador de presión con o sin manómetro, y un lubricador, y constituyen una unidad indispensable para el correcto funcionamiento de un circuito neumático. Se instalan en el circuito y suministran aire seco, limpio, lubricado y regulado a la presión requerida. Los grupos FRL poseen todas las características funcionales y constructivas de los elementos que los constituyen.

A continuación se muestra una tabla de SMC de la serie AC10A a AC60A.

| Modelo | | AC10A | AC20A | AC30A | AC40A | AC40A-06 | AC50A | AC60A |
|---|------------------|---|-----------------|----------|---------------|----------|--------|-------|
| Componente | Filtro regulador | AW10 | AW20 | AW30 | AW40 | AW40-06 | AW60 | AW60 |
| | Lubricador | AL10 | AL20 | AL30 | AL40 | AL40-06 | AL50 | AL60 |
| Conexión | | M5 | 1/8, 1/4 | 1/4, 3/8 | 1/4, 3/8, 1/2 | 3/4 | 3/4, 1 | 1 |
| Conexión manómetro ^{Nota 1)} | | 1/16 | 1/8 | | 1/4 | | | |
| Fluido | | Aire | | | | | | |
| Temperatura ambiente y de fluido ^{Nota 2)} | | -5 a 60°C (sin congelación) | | | | | | |
| Presión de prueba | | 1.5 MPa | | | | | | |
| Presión máx. de trabajo | | 1.0 MPa | | | | | | |
| Rango de presión de regulación | | 0.05 a 0.7 MPa | 0.05 a 0.85 MPa | | | | | |
| Presión de alivio | | Presión de regulación + 0.05 MPa ^{Nota 3)} [caudal nominal de alivio de 0.1 l/min (ANR)] | | | | | | |
| Grado de filtración nominal | | 5 µm | | | | | | |
| Lubricante recomendado | | Aceite de turbina de clase 1 (ISO VG32) | | | | | | |
| Material del vaso | | Policarbonato | | | | | | |
| Protector del vaso | | — | opción | Estándar | | | | |
| Construcción del regulador | | Modelo de alivio | | | | | | |
| Peso (kg) | | 0.20 | 0.59 | 0.75 | 1.41 | 1.46 | 3.33 | 3.40 |

Nota 1) Las roscas de conexión del manómetro no están disponibles para la unidad F.R.L. con manómetro cuadrado integrado o con presostato digital (AC20A a AC60A).
Nota 2) De -5 a 50°C para los productos con presostato digital
Nota 3) Incompatible con AC10A.

Tabla 8: Características de unidades FRL.

| UNIDAD FRL SMC | |
|--------------------------------------|-------------|
| MODELO | AC40A |
| COMPONENTE | LUBRICADOR |
| | REGULADOR |
| FLUIDO | aire |
| TEMP. AMBIENTE Y DE FLUIDO [°C] | -5 a 60 |
| PRESIÓN DE PRUEBA [Mpa] | 1,5 |
| PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO [Mpa] | 1 |
| RANGO DE PRESIÓN DE REGULACIÓN [Mpa] | 0,05 A 0,85 |
| PESO [kg] | 1,41 |

Tabla 9: Unidad FRL seleccionada para la fábrica.

Cálculo de cañerías

Para realizar el cálculo de cañerías sin accesorios, se consideró la presión de trabajo y el caudal que circularía por dicho tramo. Además, se tuvo en cuenta un porcentaje de caída de presión, atribuidos arbitrariamente por tramo, pero respetando la caída máxima del 3% entre el tanque pulmón y la última boca de salida, tal lo describe la normativa vigente.

Para todos los casos la metodología de cálculo es idéntica. Con el caudal, se entra al gráfico mostrado debajo, se traza una recta hasta intersectar con la presión de trabajo y luego, se baja con una recta inclinada hasta el punto de intersección con el valor de caída de presión por unidad de longitud de cañería. Finalmente, se traza una recta horizontal hasta el eje vertical izquierdo, el cual dará el valor del diámetro nominal que se deberá utilizar.

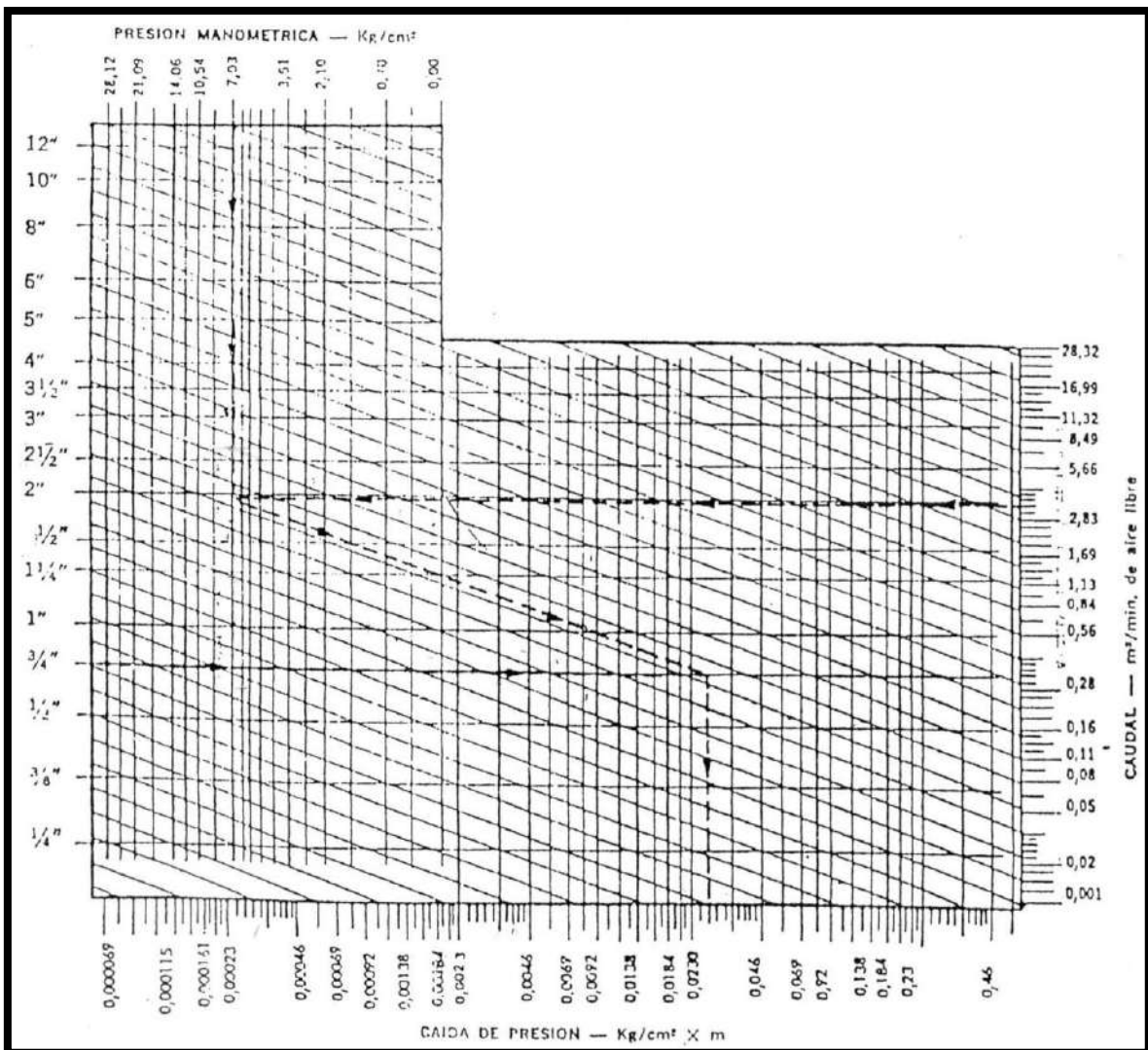


Gráfico 3: Utilizado para la selección del diámetro de la cañería.

Debido a la falta de datos que se explicó anteriormente, se consideró solamente el cálculo de los diámetros de la cañería principal y de la del tramo C-F que distribuye aire comprimido en las máquinas de fabricantes chinos. Para esta última se consideró el total del caudal ($1 \text{ m}^3/\text{min}$) en el final de la misma, con lo cual las cañerías quedarían dimensionadas en exceso y no habría riesgos. De la misma forma, con el dato de que la enderezadora de barras consume mucho menos que las máquinas chinas, directamente el tramo de cañerías C-H se dimensiona con el mismo diámetro que el tramo C-F quedando sobredimensionadas pero conviene desde el punto de vista de costos, con lo cual no hay problemas.

Las cañerías de servicio se dimensionaron de media pulgada ($1/2''$) porque el fabricante dio el dato y además, se considera que el dato es correcto.

| TRAMO | CAUDAL N[m ³ /min] | LONGITUD [m] | Presión [bar] | ΔP [%] | ΔP [kg/cm ²] | $\Delta P/L$ [kg*m/cm ²] | ϕ [pulgadas] |
|-------|----------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|---|----------------------|
| A-C | 1,5 | 25 | 6 | 1 | 0,06 | 0,0024 | 1 |
| C-F | 1 | 50 | 6 | 1,9 | 0,114 | 0,00228 | 3/4 |

Tabla 10: Datos necesarios para el cálculo del diámetro de cada cañería.

Por otro lado, deben considerarse las longitudes equivalentes de los accesorios para realizar un cálculo más completo y recalcular, si es necesario, el diámetro de la cañería. Los mismos, se presentan en la siguiente tabla:

| Línea | Tramo | Accesorio | Cantidad | Le(unitaria) [m] | Le(total- parcial) [m] | Le(total) [m] |
|------------|-------|-------------------------|----------|---------------------|------------------------------|------------------|
| Principal | A-C | Curva 90º (3/4") | 2 | 0,64 | 1,28 | 1,74 |
| | | Válvula esférica (3/4") | 2 | 0,065 | 0,13 | |
| | | Te normal (3/4") | 1 | 0,33 | 0,33 | |
| Secundaria | C-F | Válvula esférica (3/4") | 3 | 0,065 | 0,195 | 3,315 |
| | | Te normal (3/4") | 3 | 0,33 | 0,99 | |
| | | Te por derivación(3/4") | 1 | 2,13 | 2,13 | |

Tabla 11: Accesorios de cada tramo y sus longitudes equivalentes.

Las condiciones de las cañerías podrían cambiar en cuanto a la longitud, con lo que habrá que repetir la metodología de cálculo de diámetro de cañería, según gráfico 2:

| TRAMO | CAUDAL N[m³/min] | LONGITUD TOTAL[m] | Presión [bar] | ΔP [kg/cm²] | $\Delta P/L$ TOTAL[kg* m/cm²] | ΔP [%] | ϕ FINAL [pulg] | ϕ TOTAL [mm] |
|-------|---------------------|----------------------|------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| A-C | 1,5 | 4,88 | 6 | 0,06 | 1,15 | 1 | 1 | 25,4 |
| C-F | 1 | 3,87 | 6 | 0,114 | 1,56 | 1,9 | 3/4 | 19,05 |

Tabla 12: Cañerías con sus diámetros finales en pulgadas y en milímetros.

Por lo tanto, extendiendo lo anterior a todos los tramos:

| CAÑERÍA | TRAMO | Ø [pulg] | LONGITUD [m] | SCHEDULE | MATERIAL | DENOMINACIÓN |
|------------|-------|-------------|-----------------|----------|------------------|---------------------|
| Principal | A-B | 1 | 22 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | B-C | 1 | 3 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | C-D | 3/4 | 30 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | D-E | 3/4 | 12 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | E-F | 3/4 | 8 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | C-G | 3/4 | 14 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Secundaria | G-H | 3/4 | 32 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | B | 1/2 | 4 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | D | 1/2 | 10 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | E1 | 1/2 | 6 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | E2 | 1/2 | 12 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | F | 1/2 | 6 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | G | 1/2 | 4 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |
| Servicio | H | 1/2 | 10 | 40 | Acero al carbono | IRAM IAD U 500-2502 |

Tabla 13: Características de cada tramo.

Por lo tanto, las características de los accesorios para cada tramo son:

| Línea | Tramo | Accesorio | Cantidad | Material | Descripción |
|------------|-------|--------------------------|----------|----------------------|--------------------|
| Principal | A-B | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| Secundaria | B-C | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | C-D | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | D-E | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E-F | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación(3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | C-G | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | G-H | Válvula esférica(3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te normal (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (3/4") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |

Tabla 14: Accesorios y sus características más importantes.

| Línea | Tramo | Accesorio | Cantidad | Material | Descripción |
|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Servicio | B | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | D | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 3 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Cruz (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E1 | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | E2 | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación a 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | F | Te por derivación de 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | G | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (1/2") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |
| | | Curva 90° (1/2") | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | H | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Te por derivación de 3/4" | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| Válvula esférica (1/2") | | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 | |
| Reducción concéntrica 3/4" a 1/2" | | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| Curva 90° (1/2") | | 2 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 | |
| | | Te por derivación (1/2") | 1 | ASTM A 105 Gr I y II | Roscada-Serie 3000 |
| | | Válvula esférica (3/4") | 1 | Bronce | Roscada-Serie 3000 |

Tabla 14: Accesorios y sus características más importantes (continuación).

Cálculo Schedule de la cañería

Lo siguiente fue determinar el espesor de la cañería, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$Sh = 1000 \cdot \frac{P_i}{\sigma_{adm(t)}} \quad (4)$$

Dónde:

- P_i : Presión de trabajo admisible [kg/cm^2].
- $\sigma_{adm(t)}$: Tensión admisible del material a la temperatura de trabajo [kg/cm^2].
- Sh : Número de Schedule.

Todos los tramos de cañería serán del mismo material normalizado bajo el código ASTM 53 Grado A.

Este material, a una temperatura inferior a 340°C , tiene $\sigma_{adm(t)} = 860 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

La presión de trabajo es $P_i = 6 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Aplicando (4)

$$Sh = 1000 \cdot \frac{6}{860} = 7$$

El Schedule mínimo que se comercializa es de 40, por lo cual va a ser el que se utilizara en nuestro caso.

Verificación por código ASME

Para comprobar si dicha cañería soportara la presión de trabajo, se utiliza la verificación predispuesta por el código ASME de recipientes a presión.

$$p = \frac{2 \cdot \sigma_{adm} \cdot E \cdot (t - C)}{D_e - 2 \cdot Y \cdot (t - C)} \quad (5)$$

Dónde:

- p : Presión de trabajo admisible [kg/cm^2].
- σ_{adm} : Tensión admisible del material a la temperatura de trabajo [kg/cm^2].
- E : Eficiencia de la soldadura.
- t : Espesor mínimo del caño [mm].
- C : Constante por corrosión [mm].
- D_e : Diámetro exterior del caño [mm].
- Y : Constante en función del material y la temperatura.

De tablas, los coeficientes y datos para el cálculo son:

| TRAMO | ϕ [pulg.] | E | C | Y | SCH | ϕ exterior [mm] | Espesor [mm] | ϕ interior [mm] | σ_{max} [kg/cm^2] | Pmax [kg/cm^2] |
|-------|-------------------|------|------|------|-----|----------------------------|-----------------|----------------------------|--|------------------------------|
| A-C | 1 | 0.70 | 1.65 | 0.40 | 40 | 33.4 | 3.38 | 26.64 | 860.00 | 65.06 |
| C-F | 3/4 | 0.70 | 1.65 | 0.40 | 40 | 26.7 | 2.87 | 20.96 | 860.00 | 57.10 |

Tabla 15: Presiones máximas según código ASME.

Queda corroborado entonces, que se trabaja en un margen de presión mucho menor que la máxima.

Verificación de la de velocidad del fluido en cada tramo de la cañería

En la siguiente tabla se presenta la velocidad máxima de cada cañería, en cada tramo:

| CAÑERÍA | TRAMO | Ø FINAL [pulgadas] | Ø TOTAL [mm] | velocidad [m/s] |
|------------|-------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| Principal | A-C | 1 | 25,4 | 5,61 |
| Secundaria | C-F | 3/4 | 19,05 | 6,04 |

Tabla 16: Verificación de la velocidad máxima de cada tramo.

Como se observa, verifican todos los tramos. La velocidad máxima de la cañería principal debe ser menor a 8 m/s y de la cañería secundaria entre 10-15 m/s..

DISEÑO DE CAÑERÍA CONTRA INCENDIOS - SISTEMA DE HIDRANTES

Memoria Descriptiva

La lucha contra el fuego por medio de un sistema de hidrantes, consiste en la proyección de agua a presión, en muchos casos en forma de niebla, mediante mangueras, generalmente denominadas mangas, provistas de lanzas que son alimentadas por medio de cañerías.

Debido a que la planta en la que se realizará el proceso de fabricación de bolas de acero para molinos de molienda cuenta con varios metros cuadrados y en el sector de depósitos se cuenta con una carga de fuego considerable, se considera apropiado diseñar y dimensionar una red contra incendios.

Las instalaciones de hidrantes son fundamentales para la seguridad de un edificio, pues el fuego suele propagarse en forma muy veloz y en caso de que los ocupantes del mismo se encuentren capacitados en su empleo, ellos mismos podrán comenzar la lucha contra el incendio. Asimismo, a la llegada de los bomberos al lugar del siniestro, éstos podrán utilizar las instalaciones lográndose una significativa y esencial reducción del tiempo para efectivizar la extinción.

El tipo de sistema que se instalará será de columna húmeda y de clase II ya que se utilizará un equipo de presurización y bocas de 44,5 mm.

Se emplearán cañerías de acero al carbono pintadas de color rojo según norma.

Los gabinetes que no sean de acero inoxidable o de aleación de cobre, se pintarán de rojo. Independientemente de eso, se les colocará un cartel con el símbolo hidrante según la norma IRAM 10005 (colores y señales de seguridad). Es muy conveniente que la luz de emergencias provea iluminación a este cartel, de manera que sea fácilmente identificable en caso de corte de energía eléctrica.

Materiales de las cañerías

Las cañerías de las instalaciones de hidrantes son mayoritariamente de acero, aunque suelen utilizarse cañerías plásticas cuando las mismas se encuentran enterradas.

Acero: en este material las cañerías más utilizadas son:

- Tubos negros o galvanizados según norma IRAM 2502.
- Tubos ASTM a 53 SH40.
- Tubos ASTM a 53 SH80.

- Si se utilizan métodos de unión que no disminuyan el espesor de pared, como por ejemplo, ranurado por deformación mecánica, se pueden utilizar cañerías de “Schedule” menores, pero no inferiores a 10.

Si las cañerías se encuentran enterradas pueden ser de:

- Policloruro de vinilo (PVC)
- Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
- Polipropileno (PPN)- aptas si la unión es por termofusión o electrofusión.
- Polietileno de Alta Densidad (PP)- aptas si la unión es por termofusión o electrofusión.

Todos los ramales a nivel aéreo deben ser de acero.

Todas las cañerías, piezas y accesorios de los materiales utilizados, deben ser de clase, grado o categoría tal que su presión de prueba supere en al menos el 50 % a la máxima presión de trabajo prevista y en ningún caso resulte inferior a 9,8 bar.

Forma de unir las cañerías

Las cañerías metálicas se pueden unir por medio de soldadura, rosca (en este caso se debe tener en cuenta que el caño pierde parte de su pared por la rosca) o por unión ranurada. Es recomendable que la ranura se realice por deformación mecánica y no por arranque de viruta.

Las cañerías plásticas pueden unirse dependiendo de su material:

- PVC: por junta elástica o por pegado.
- PPN: por termofusión o electrofusión.
- PP: por electrofusión.
- PRFV: unión con resina o junta elástica.

No es recomendable la utilización de roscas en cañerías plásticas.

Memoria Técnica

Hidrantes

De acuerdo a lo calculado en la Memoria de Cálculo, es necesario colocar un total de 10 hidrantes en el interior de la planta y, además, por precaución se deciden colocar 3 hidrantes en el exterior. La ubicación de cada hidrante se puede ver en el Anexo Planos-Plano N° 7.

Elementos que componen un sistema de hidrantes

- Fuente de agua (en general un tanque): es la reserva de agua para incendio que puede ser exclusiva o compartida con el servicio sanitario.
- Equipo de presurización, en general bombas, pero también podría ser el mismo tanque elevado: es el equipo que permite lograr la presión necesaria en el sistema.

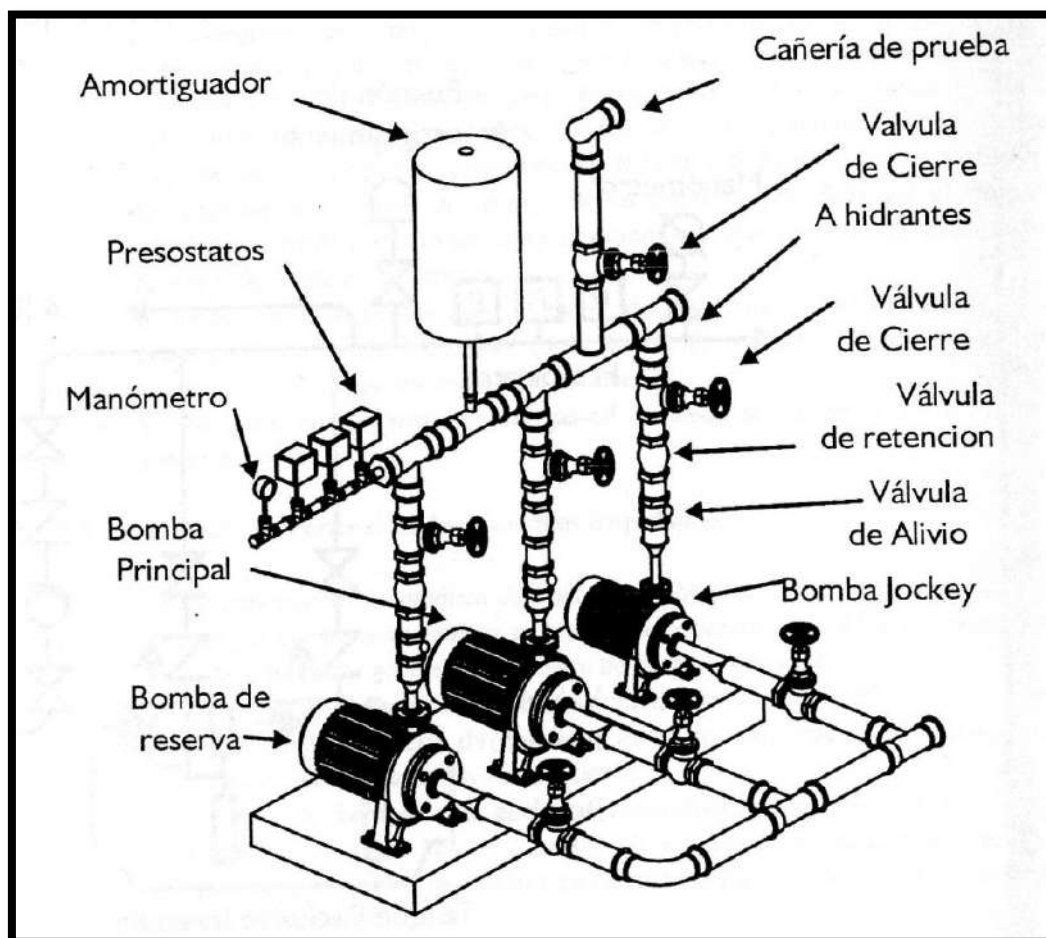


Fig.13: Equipo de presurización general.

- Cañerías de distribución: son los tubos que permiten circular el agua desde la boca de impulsión y del tanque a los hidrantes.



Fig.14: Cañería para sistema de hidrantes.

- Gabinete: caja metálica con frente de vidrio o chapa que contiene:
 - 1 válvula de incendio o válvula teatro: es el elemento de cierre que permite conectar la unión de la manguera o manga con la fuente de alimentación.

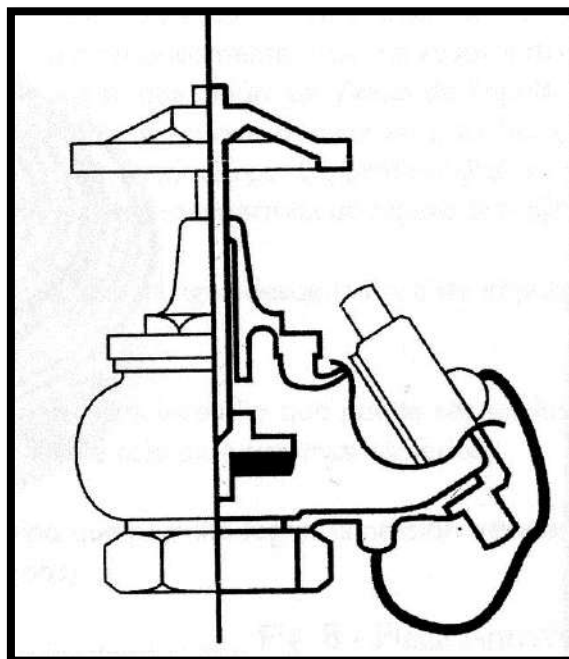


Fig.15: Válvula teatro.

- 1 manguera o manga: tubo de tela sin costura, elaborado con hilado de fibras sintéticas de poliéster, poliamidas o sus mezclas, recubierto tanto interna como externamente con una capa de material plástico, flexible o de un elastómero. La manga soportará la llama especificada en la norma IRAM 3549, sin sufrir pérdidas por 10 segundos.



Fig.16: Manguera para incendios.

- 1 lanza: es el elemento que se ubica en el extremo de la línea de manguera y que permite al que la utilice, direccionar el flujo del agente extintor hacia el punto deseado. Es

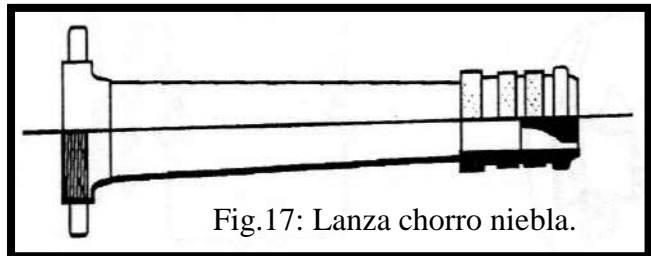


Fig.17: Lanza chorro niebla.

- Es importante que la lanza posea una boquilla de chorro/niebla ajustable, capaz de producir chorros o niebla para lograr más eficacia en el combate de los incendios y poder así cerrar el flujo de agua.
- 2 llaves de ajuste: es el elemento que permite apretar la unión de la lanza y de la válvula de incendio con la manguera.
- 1 soporte: Es importante que el soporte mantenga la manga armada, enrollada o en zigzag, de modo que no toque con ninguna cara interior del gabinete.

Los gabinetes se deben construir según la norma IRAM 3539 gabinetes para mangas de incendio (Septiembre de 1988).

| Diámetro en mm | Según IRAM 3539 | | | Mas Utilizados Actualmente | | |
|--------------------------------|-----------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|
| | A | B | C | A | B | C |
| Hasta 44,5 | 470 | 520 | 120 | 550 | 500 | 170 |
| Mayor a 44,5 | 620 | 570 | 180 | 650 | 600 | 200 |
| Mayor a 44,5 con Recubrimiento | 700 | 600 | 180 | | | |

Tabla 17: Dimensiones de gabinetes.



Fig.18: Gabinete para sistema de hidrantes.

Boca de impulsión: consiste en una válvula del tipo globo que se instala en la cañería en algún lugar accesible. Debe estar contenida en un nicho de 0,4x0,6 m y se deben instalar en pared y si eso fuera imposible se puede montar en piso siempre y cuando exista una cavidad de por lo menos 70 centímetros de profundidad, llena de piedra, por debajo del nivel de la válvula, de manera que permita un rápido drenaje.



Fig.19: Boca de impulsión para bomberos.

Sirve para que los bomberos puedan conectar la autobomba y combatir un incendio vecino o para un siniestro en la misma planta.

- Placas anti-vórtice: cuando las bombas entran en funcionamiento, en la mayoría de los casos forman un vórtice que puede provocar la entrada de aire en la instalación y con ello reducir la eficiencia de las bombas. La placa consiste en una chapa de hierro de un espesor que generalmente varía entre 9,5 mm y 12,7 mm y el tamaño de la misma es principalmente función del diámetro de la cañería de succión. Es imprescindible aplicar un tratamiento anticorrosivo a este elemento.

- Válvulas:

- Válvulas de control: se utilizan para sectorizar la instalación. Deben estar permanentemente en posición abierta, precintadas y aseguradas con un candado. Es muy conveniente que contengan un contacto que envíe una señal que pueda ser recibida por un módulo de monitoreo y ser enviada.



Fig. 20: Válvula esclusa de vástago ascendente.

Se pueden utilizar distintos tipos de válvulas, siendo las más convenientes las esclusas de vástago ascendente.

Son también muy utilizadas las válvulas esféricas (necesitan mayor mantenimiento) y las válvulas mariposas (pérdida de carga muy considerable).

- Válvula esclusa: está compuesta por un disco que sube y baja verticalmente por una guía, que a su vez actúa como junta selladora. La válvula de vástago ascendente permite visualizar fácil y rápidamente la condición actual de la misma y además, es una válvula de cierre lento, muy robusta y capaz de soportar un tratamiento poco cuidadoso por parte del operador. Las pérdidas de carga son bajas cuando la apertura es al cien por ciento.

- Válvula mariposa: posee un disco que al girar obtura o libera el paso del fluido. Es de cierre rápido, puede originar un golpe de ariete y no debe utilizarse en la aspiración de las bombas.
- Válvula esférica: consiste en una esfera con un orificio que la atraviesa de lado a lado, con un diámetro de orificio igual o menor que el de la cañería. Es de cierre rápido, la apertura/cierre se logra con un cuarto de giro y su cierre violento podría originar un golpe de ariete. Se la utiliza en diámetros pequeños.



Fig. 21: Válvula esférica.

- Válvulas de retención: permiten el paso de fluido en una sola dirección. Son elementos fundamentales en una instalación contra incendio y básicamente impiden que cuando los bomberos se conectan a la instalación de hidrantes, el agua salga por el tanque en vez de por las válvulas de incendio. La misma función cumplen a la salida de cada bomba.
- Elementos reductores de presión: se utilizan cuando la presión residual en una llave de incendio de 45 mm de diámetro sea mayor a 700kPa.
 - Válvulas reductoras de presión: Es muy recomendable su utilización. Deben tener indicado: nombre o logotipo del fabricante, diámetro nominal, flecha que indique dirección del flujo y la presión de salida.
 - Placas orificio: Pueden reemplazar a las válvulas reductoras de presión. Son permitidas en llaves de incendio de 45 mm de diámetro en las que la presión estática no supere los 1200 kPa.
 - Válvulas de alivio: Se colocan a la salida de las bombas centrífugas principal y de reserva. La función de esta válvula es que en caso de que accidentalmente estas bombas entren en funcionamiento, circule una muy pequeña cantidad de agua y evitar que las mismas se recalienten. Las bombas centrífugas que funcionan a caudal cero pueden alcanzar

temperaturas elevadas, que incluso pueden lograr hervir el agua que se encuentra en la carcasa. Las válvulas de alivio deben estar conectadas a mangueras transparentes que evacuen a una rejilla.



Fig.22: Válvula de alivio.

- Válvula de seguridad: sirve para que la presión de la instalación no sobrepase la presión de diseño. Son importantes cuando se utilizan motobombas en las cuales el motor diesel no posea inyección electrónica, para evitar que en caso de falla, se alcancen presiones para las cuales no está diseñada la instalación contra incendios.

Deben contar con las siguientes especificaciones: identificación del fabricante, tamaños nominales de entrada y salida y dirección del flujo, coeficientes de descarga y sección neta correspondiente de flujo y presión de tarado.

- Válvulas para evacuación de aire: esta válvula consta de una bola que flota en el agua y permite la evacuación de aire de la cañería. Al aumentar la presión, la bola obtura la salida.

Volumen de agua de reserva necesario- Selección de tanques

En base a los tanques disponibles en el mercado, se seleccionan 2 tanques de 2 metros de diámetro y 4 metros de altura.



Fig.23: Tanques seleccionados.

Dimensiones de las cañerías

A continuación se muestra la tabla con las dimensiones de cada tramo de cañería, tanto principal como secundaria y las bajadas de servicio:

| Tramo | | L | Diámetro | SCHEDULE | MATERIAL | DENOMINACIÓN |
|------------|------|-----|----------|------------------|------------------|-----------------|
| | | [m] | [pulg] | | | |
| Principal | A-B | 54 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| Secundaria | B-C | 10 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | C-F | 10 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | F-J | 25 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | J-K | 35 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | K-L | 55 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | L-1 | 20 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 1-M | 20 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | C-D | 44 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | D-E | 40 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | E-3 | 10 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 3.-4 | 20 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 3-G | 30 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | G-H | 40 | 3 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | E-2 | 20 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| Servicio | B | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | F | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 2 | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | D | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | E | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 4 | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | G | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | H | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | J | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | K | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | L | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| | 1 | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A |
| M | 4 | 2 | 40 | Acero al carbono | ASTM A. 53 Gr A | |

Tabla 18: Dimensiones de cada tramo de cañería.

Y en cuanto a los accesorios, tenemos las siguientes tablas:

| Tramo | | Accesorio | Cantidad | Material/modelo | Observaciones |
|-------------------|-----|------------------------|------------------|----------------------|---------------|
| Principal | A-B | Válvula retención (3") | 1 | Acero-ASTM A 216-WCB | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Curva a 90º(3") | 6 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| Secundaria | B-C | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | C-F | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | F-J | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Curva a 90º(3") | 2 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | J-K | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | K-L | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Curva a 90º(3") | 2 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | L-1 | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | 1-M | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Curva a 90º(2") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| Reducción 3" a 2" | | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado | |

Tabla 19: Características de los accesorios.

| Tramo | Accesorio | Cantidad | Material/modelo | Observaciones | |
|------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|
| Secundaria | C-D | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | D-E | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | E-3 | Curva a 90º(3") | 2 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | 3-G | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | G-H | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Tee derivación(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | F-2 | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Curva a 90º(2") | 3 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Reducción 3" a 2" | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | 3.-4 | Tee recta(3") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Curva a 90º(2") | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Reducción 3" a 2" | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| Servicio | B-D-E- F-G-H- | Válvula esférica (2") | 1 | Acero forjado, ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Reducción 3" a 2" | 1 | ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | K-L-1 | Válvula reductora de presión (2") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Válvula teatro (2") | 1 | Bronce | IRAM 3508-Roscada |
| | 2-4-J-M | Válvula esférica (2") | 1 | Acero forjado, ASTM A. 105 Gr I | Bridado |
| | | Válvula reductora de presión (2") | 1 | Acero inoxidable | Bridado |
| | | Válvula teatro (2") | 1 | Bronce | IRAM 3508-Roscada |

Tabla 19: Características de los accesorios-Continuación.

Boca de impulsión

En el plano N° 8 se encuentra indicado dónde se colocará la boca de impulsión. Se colocará en un nicho contra la pared, de las dimensiones correspondientes según norma.



Fig. 24: Boca de impulsión resguardada en un nicho accesible por los bomberos.

Equipo de presurización

El equipo de presurización es el encargado de proveer un flujo de agua a adecuada presión para una protección contra incendio. Básicamente está constituido por:

Bomba principal: es la encargada de proveer el agua necesaria para la lucha contra el fuego.

Bomba de reserva: entra en funcionamiento cuando falla la principal o cuando ésta no da abasto.

Tanto la bomba principal como la de reserva entrarán en funcionamiento en forma automática por medio de presostatos que actuarán ante una bajada de presión en la red, aunque también podrán ser activadas en forma manual, pero su parada sólo podrá realizarse en forma manual, desde el tablero. Estas bombas no deben ser utilizadas como bombas de mantenimiento de la presión.

Bomba compensadora: también denominada bomba “jockey”. Ésta tendrá parada y arranque automáticos por medio de un presostato que actuará ante la bajada de presión en la red, aunque también podrá ser activada o parada en forma manual.

La presión de tarado del presostato de esta bomba será igual a la presión nominal de la bomba principal más 0,7 bar y, la presión de parada será la de mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios.

Colector de entrada (de aspiración): será lo más corto y recto posible, no formará espacios donde se pueda alojar el aire. Sin embargo, a la entrada de la bomba se deberá mantener un tramo recto de 10 diámetros. Las válvulas en la aspiración de cada bomba no deben ser del tipo mariposa.

La cañería de succión debe dimensionarse de tal forma que, con todas las bombas operando al 150% de su caudal nominal, la velocidad del agua en la cañería de succión no debe exceder 4,5 m/s.

En caso que la bomba y su suministro de succión se encuentren en cimentaciones separadas con tubería rígida de interconexión, debe equiparse la tubería con una junta antivibratoria.

Colector de salida (de impulsión o descarga): debe dimensionarse de tal forma que, con la bomba operando al 150% de su caudal nominal, la velocidad del agua en la cañería de descarga no debe exceder 6,5 m/s. No se deben utilizar juntas antivibratorias a la salida.

Las válvulas de corte a la entrada y salida de cada bomba deben encontrarse en posición abierta precintadas y con candado.

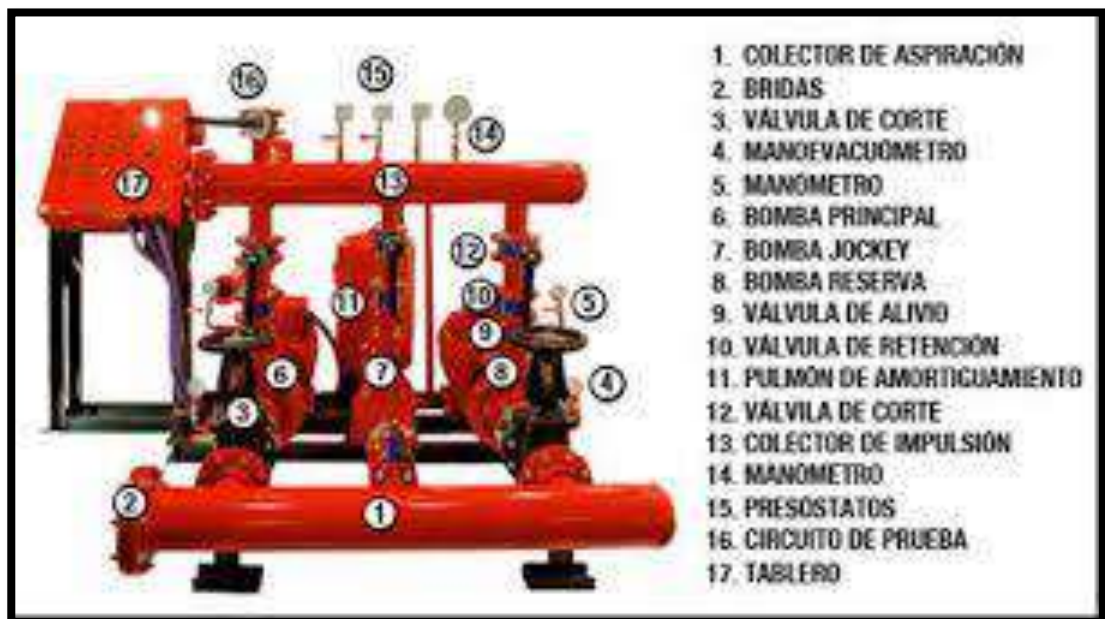


Fig.25: Equipo de presurización.

Pulmón de amortiguamiento: está constituido por una esfera o cilindro generalmente con membrana elástica a la que en su parte superior se le inyecta en general aire

comprimido, aunque también se le podría inyectar nitrógeno, y sirve para amortiguar el golpe de ariete.

En todos los casos, sobre todo al trabajar con presiones elevadas, se utiliza un caño de un diámetro importante cerrado que en su parte superior contiene aire.

Presostatos: sirven para automatizar la entrada en funcionamiento de todas las bombas. Se montarán en el colector de descarga y diámetro de su conexión será de ½". No se deberán instalar válvulas de corte entre el colector y el presostato, en cambio si se pueden utilizar válvulas de retención perforadas.

La norma NFPA 20 solicita que el presostato se encuentre conectado a la salida de cada bomba, después de la válvula de retención y antes de la de cierre; la existencia de un monovacuómetro a la entrada y manómetros a la salida de cada bomba.

Manómetro: se instala uno en el colector de impulsión de no menos de 85 mm de diámetro y un fondo de escala de al menos dos veces la presión de trabajo nominal de la bomba, pero no menos de 13 bar.

Válvula de cierre: deben instalarse a la entrada y salida de cada bomba, en la impulsión ni se deben colocar válvulas mariposas y la NFPA 20 indica que las mismas deben ser esclusas de vástago ascendente.

Válvula de retención: se colocan a la salida de cada bomba, permite la circulación del flujo en un solo sentido.

Válvula de alivio de circulación: debe instalarse del lado de la descarga de la bomba, antes de la válvula de retención de descarga.

La descarga de esta válvula debe conducir a un drenaje, por medio de una manguera transparente y no debe conducir al tanque de reserva y no estar junto a la caja de empaque o a los drenajes de borde para goteo. El diámetro mínimo de esta válvula de alivio debe ser de 19 mm para bombas que no excedan un caudal nominal de 9,4 m³/min y 25 mm para bombas de mayor caudal.

Válvula de seguridad: se aplica para las motobombas o para las electrobombas, si la presión de éstas supera la presión de trabajo admisible de algún componente de la instalación.

Válvula para prueba de bombas: se utiliza para poder realizarle pruebas al equipo de bombeo. Si el tanque es de uso exclusivo para incendios, la cañería de prueba puede descargar en el mismo, pero si el tanque es mixto no puede descargar en él.

Junta de expansión: es conveniente instalarla en la cañería que va desde el tanque de reserva hasta la entrada de las bombas, particularmente cuando el tanque posee dimensiones importantes y no se encuentra sobre la misma base de las bombas.

Tablero eléctrico: (manual-automático), con alarma sonoro-lumínica por entrada en funcionamiento de la bomba principal. El tablero contará con protección magnética que actuará por cortocircuito y no se utilizarán protecciones térmicas.

Selección de bombas

Bomba principal y de reserva:

| Bomba GRUNDFOS NB/NK40-315/318 | |
|--------------------------------|---------------|
| Caudal [m ³ /h] | 50 |
| Polos | 2 |
| Frecuencia [Hz] | 50 |
| Potencia [kW] | 37 |
| Presión [bar] | 16 |
| Tipo de motor | Siemens 200 L |
| Rendimiento[%] | 44 |



Fig.26: Bomba para sistema de hidrantes.

Tabla 20: Bomba seleccionada como principal y de reserva.

Alimentación eléctrica de las bombas contra incendio

En una instalación contra incendios es fundamental la instalación eléctrica del equipo de presurización para que este pueda funcionar durante un siniestro.

Es por ello imprescindible que las bombas del mismo posean alimentación eléctrica independiente, de manera que se pueda efectuar un corte de la alimentación del establecimiento sin afectarla y además que los conductores cuenten con protección para soportar la temperatura de las llamas.

En la alimentación eléctrica de las bombas contra incendio existen cuatro aspectos sumamente importantes:

- Ubicación del tablero de corte.
- Identificación.
- Protección de los cables.
- Dimensionamiento de los cables.

1. Tablero de corte

El tablero de corte general se ubicará en el nivel de acceso, en el interior del edificio, a no más de 5 m de la entrada, en un lugar visible y de acceso libre y directo. Se instalará sobre la línea de alimentación principal, después de la toma o protección primaria.

El tablero de corte debe contener un seccionador que posibilite la interrupción del suministro eléctrico a todo el edificio con excepción de la alimentación a los sistemas de bombeo de agua de reserva contra incendios y de presurización de escaleras, que dispondrán de un circuito especial con tablero separado.

Esquema de conexión

Se utilizan dos medidores interconectados entre sí de forma que integren los consumos de energía, de esta forma formalmente se trata de un solo medidor con dos elementos de censado. Por seguridad, la alimentación de emergencia también se conectará a un generador propio.

El esquema de conexión se muestra en la siguiente figura:

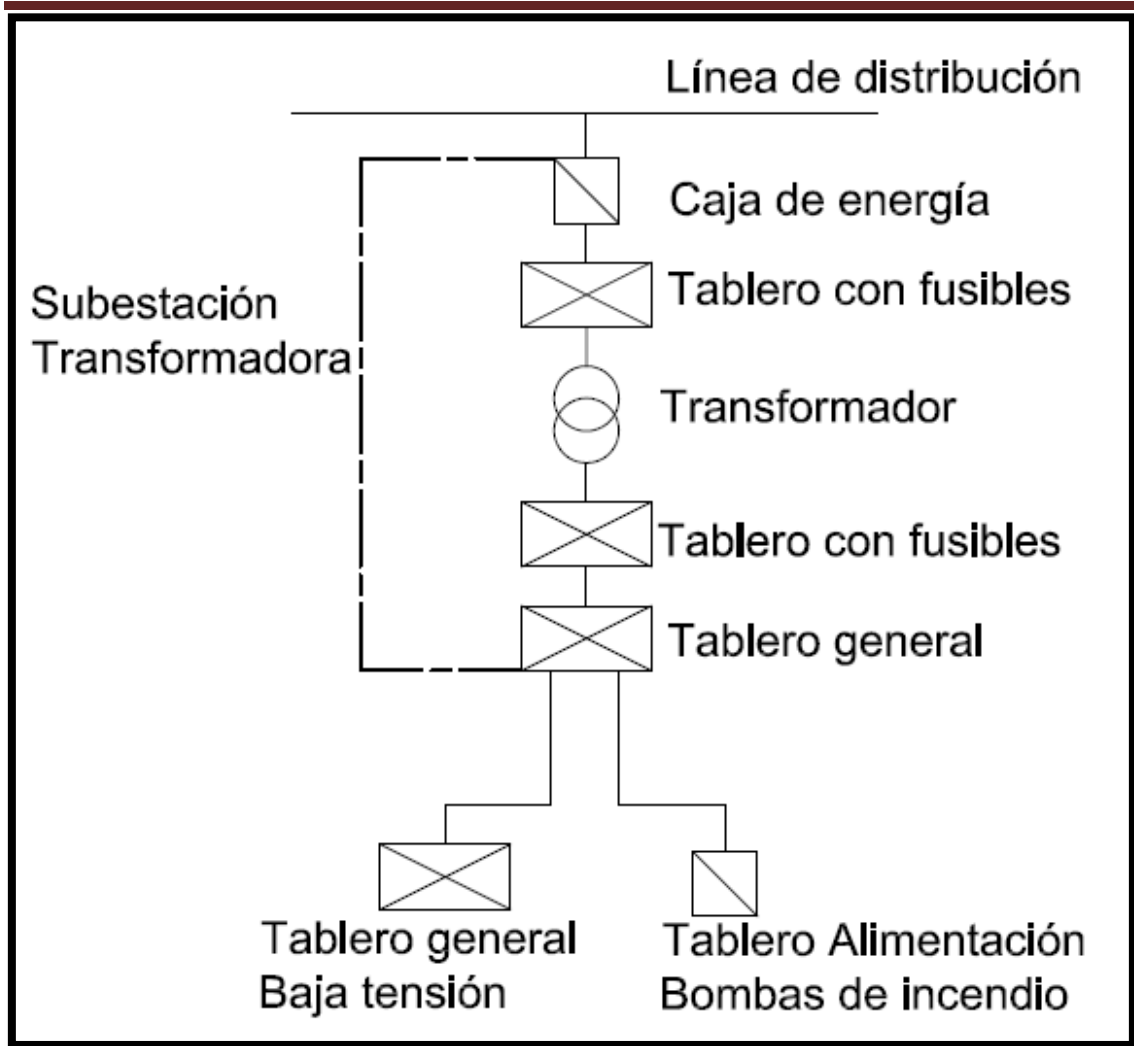


Fig. 27: Conexión con subestación transformadora

2. Identificación

El tablero se identificará en forma clara y legible con letras grandes en el frente, con la leyenda: “USO EXCLUSIVO DE BOMBEROS” “BOMBAS CONTRA INCENDIO”.

Además deben estar claramente identificadas las posiciones abierto y cerrado, en relación a la posición de la palanca del seccionador.

En cuanto a la caja para tablero, el grado de protección mecánica será IP 439.

La alimentación se realizará por medio de cables tetrapolares PVC/PVC de 25 mm² de sección.

La potencia de la bomba se considera lo suficientemente alta como para descartar un arranque directo, por lo que el sistema de arranque será Estrella-Triángulo, cuyo diagrama de conexión se muestra a continuación:

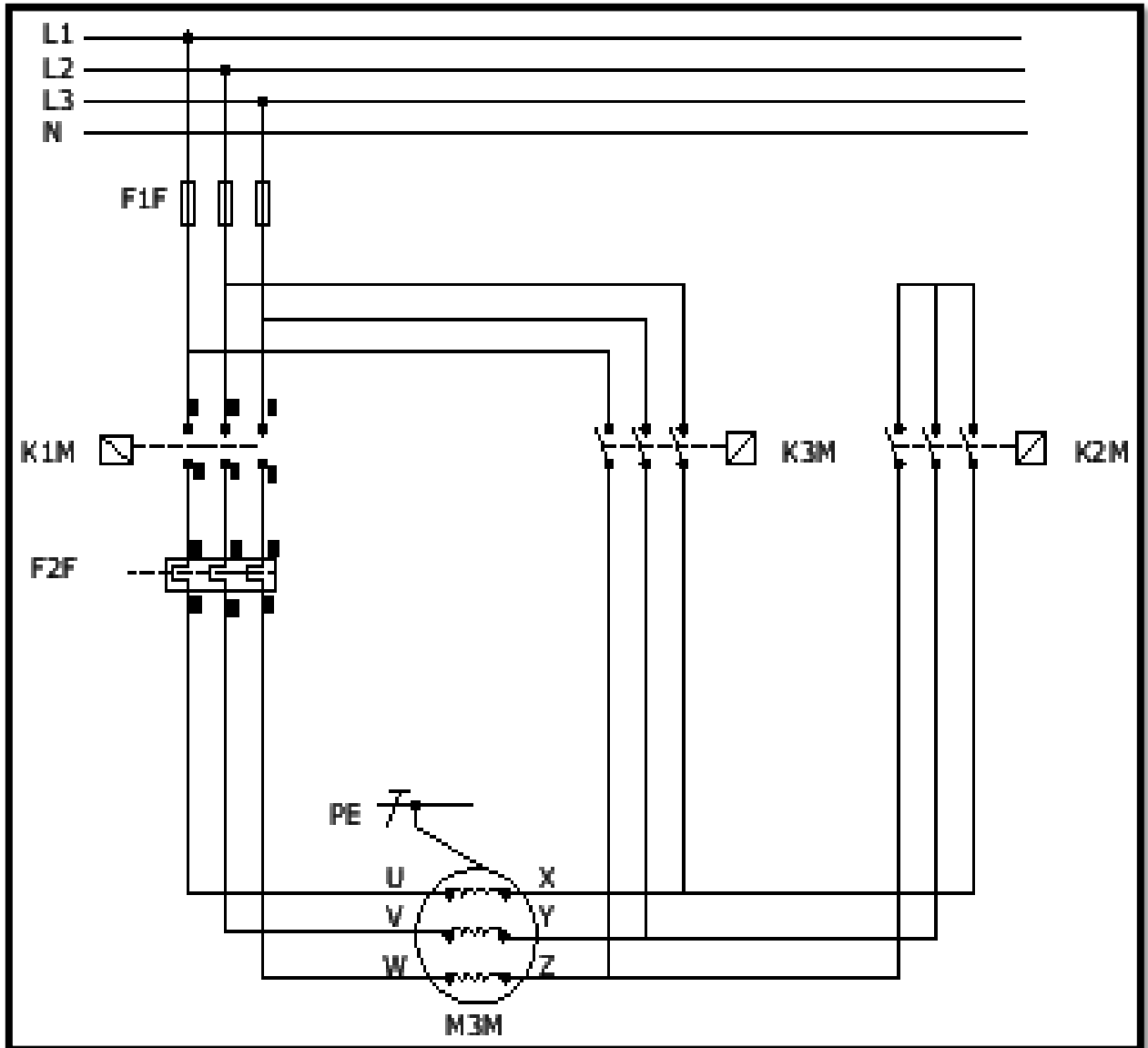


Fig.28: Esquema de fuerza.

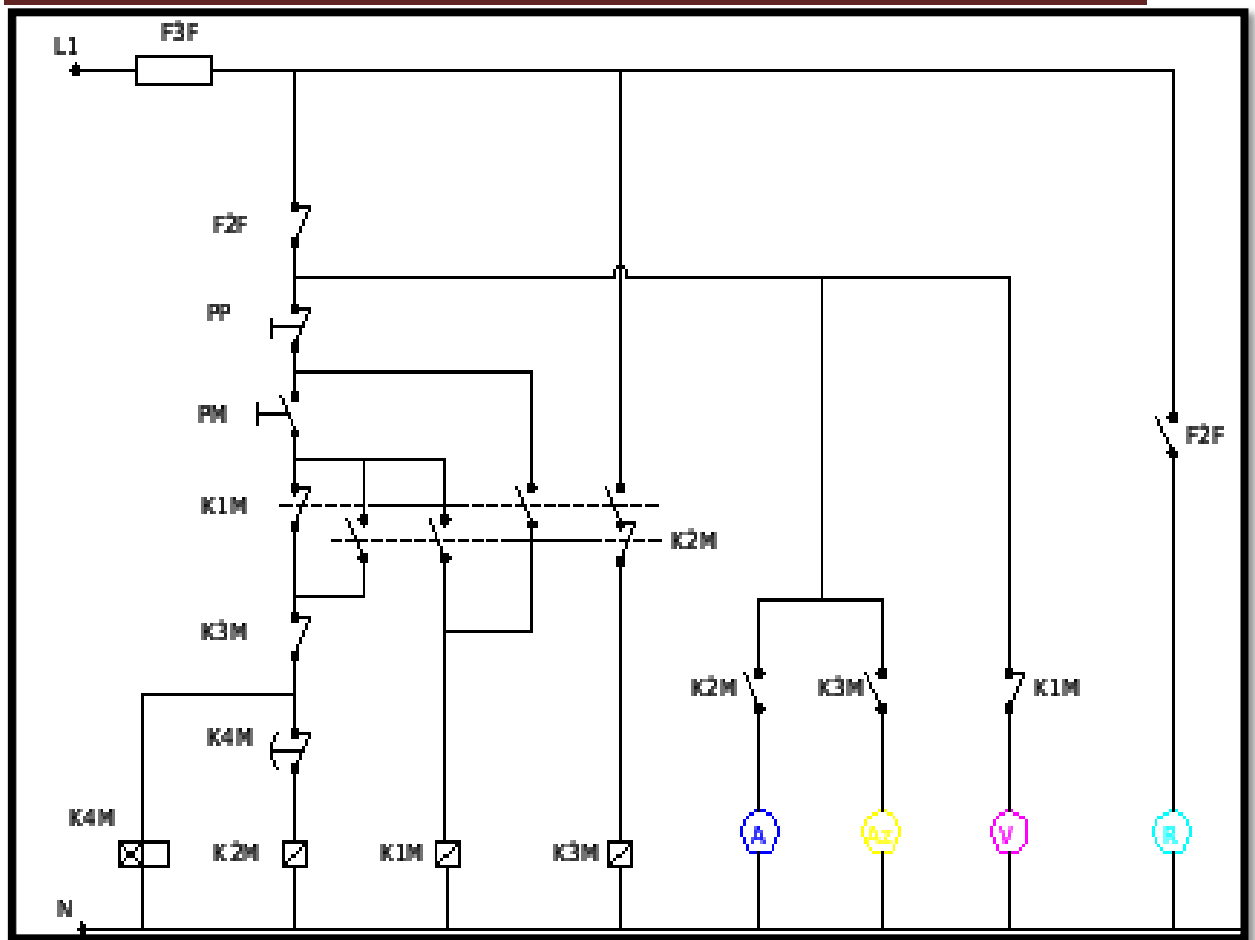


Fig.29: Plano de comando

Las protecciones deben ser tales que cumplan las siguientes condiciones:

| <i>Protecciones</i> | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------|-----|
| Denominación | Nombre | Corriente Máxima | [A] |
| K1M | Contactador de Línea | 58 % In | 51 |
| K2M | Contactador Estrella | 33 % In | 29 |
| K3M | Contactador Triángulo | 58 % In | 51 |
| F1F | Fusible | In | 88 |
| F2F | Relevo Térmico | 58 % In | 51 |

Tabla 21: Cálculo de las protecciones.

Además se corrigió el factor de potencia, para evitar multas por parte de la empresa proveedora, acoplando a la línea de alimentación de las bombas un banco de capacitores que aporten aproximadamente 13 kVAr de potencia.

Memoria de cálculo

Cálculo del número de hidrantes

Para calcular el número de hidrantes que se deben poner en cada zona, se utiliza la siguiente relación:

$$N^{\circ} \text{ hidrantes} = \frac{\text{Perímetro}}{45} \quad (6), \text{ tomándose enteras las fracciones mayores a } 0,5.$$

El perímetro de la planta es aproximadamente de 450,6 m, por lo tanto:

$$N^{\circ} \text{ hidrantes} = \frac{450,6}{45} = 10 \text{ hidrantes}$$

En el plano N° 7 puede observarse dónde se encuentra cada hidrante. Se ubicaron con el siguiente criterio:

1. La distancia entre dos hidrantes debe ser menor o igual a 40 m y se debe verificar la siguiente regla: si se traza un círculo de 22 m de radio sobre cada hidrante, toda la superficie de la planta debe estar cubierta.
2. Todos los puntos del sector de incendio protegido, deben ser alcanzados como mínimo, por el desarrollo de una manga de incendio estando ésta conectada a una de las bocas de extinción instaladas. Cuando la manga llega a la habitación más alejada, el punto más alejado de la lanza puede estar hasta 2 metros de distancia de esta, siempre y cuando no haya nada que se interponga en el camino, el desarrollo de la manga debe tener en cuenta la forma real en que esta puede desplegarse, considerando las aberturas y obstáculos del edificio.
3. Para instalaciones de hidrantes de 63.5 mm, (uso exclusivo de bomberos), valen las consideraciones anteriores a excepción del perímetro/45 y además se deberá tener en cuenta que en este caso, la distancia máxima entre dos hidrantes no superará los 50 m.

Tanque de reserva de agua

Se pueden clasificar en tanques mixtos y exclusivos para incendios, estos últimos a su vez, se pueden dividir en:

- tanques elevados;
- tanques cisterna (pudiendo estar a nivel, sobrenivel o bajo nivel del piso); y,
- tanques a presión.

Tanques exclusivos para incendio: la reserva de agua puede estar contenida en varios tanques.

- Los tanques estarán provistos de un caño de rebase cuya boca de toma estará a la altura del nivel normal de servicio. Podrá optarse por un caño que llegue al fondo del tanque y cuya boca de salida se encuentre a la altura del nivel normal de agua.
- Poseerán válvula de purga de un mínimo de 0,05 m.
- Podrán utilizarse tanques de hormigón, metálicos o plásticos. Si los tanques no son de hormigón, deben estar contenidos en un cuarto resistente al fuego. Si se encuentran en un último piso, deberán estar al menos contenidos por muros que sobrepasen 0,5 m la altura del tanque.
- Cuando la parte superior del tanque sea esencialmente hermética, tendrá un adecuado venteo por encima del nivel superior del agua.
- Para evitar la entrada de animales o pájaros, la entrada del caño de venteo tendrá una reja de alambre o de chapa perforada.
- La reja se podrá retirar fácilmente para efectuar su limpieza, eliminando la suciedad.
- La sección del tubo de rebase no se considerará como área de venteo.

Clasificación del sistema de hidrantes

Los sistemas de hidrantes se pueden clasificar de distintas formas. La NFPA los divide en cuatro tipos:

- Sistemas húmedos: disponen de una válvula de alimentación abierta, donde la presión del agua se mantiene constante. Este es el sistema óptimo. A su vez, la NFPA clasifica a éstos en tres:
 - Clase I: está constituido por mangueras 2 ½” (en nuestro país el equivalente es 63,5 mm) y está diseñado para ser utilizado por los bomberos.
 - Clase II: está constituido por mangueras 1 ½” (en nuestro país el equivalente es 1 ¾”, 44,5 mm) y está diseñado para ser utilizado por los ocupantes del edificio, los cuales deben estar capacitados para realizar la tarea.
 - Clase III: está constituido por mangueras 1 ½” y 2 ½”(en nuestro país 44,5 y 63,5 mm respectivamente) y está diseñado para ser utilizado por los bomberos y los ocupantes del edificio (las de 44,5 mm).
- Sistemas de toma seca: el agua entra mediante la operación manual de dispositivos aprobados, de control a distancia, situado en cada una de las estaciones de mangueras. El mecanismo de control del suministro de agua introduce un factor de exactitud que debe tenerse en cuenta.
- Sistemas de toma secos en edificios carentes de calefacción: son utilizados en climas fríos, el sistema debe adaptarse para que admita automáticamente agua mediante una válvula de tubería seca u otro elemento aprobado. La expulsión del aire del interior del sistema en el momento de su utilización supone una demora en la aplicación del agua contra el fuego y hace necesaria una especialización para manipular los conjuntos de mangueras y lanzas presurizadas, durante el período en que se cargan de agua.
- Sistema de toma secos carentes de suministro permanente de agua: este tipo de hidrantes puede usarse para reducir el tiempo necesario en que los bomberos ponen en funcionamiento sus líneas de mangueras en las

plantas superiores de los edificios altos. Este sistema es utilizado en obras de construcción y para estacionamientos con guarda mecánica de menos de 500 m² sin subsuelo.

El sistema que se diseñará es denominado “de columna húmeda”, ya que contará con un tanque de agua y un equipo de bombas para presurizar.

Reserva de agua para incendio

La reserva de agua para una instalación depende del criterio que se utilice:

- Según norma NFPA 14:
 - Para Sistemas Clase I y Clase III: el flujo para los hidrantes hidráulicamente más alejados será de 1900 dm³/min para un solo montante, cuando se necesite más de uno, el flujo será de 950 dm³/min por cada adicional hasta un tope de 4735 dm³/min. El suministro será suficiente para proveer la demanda del sistema por un período de 30 minutos.
 - Para sistemas clase II: el flujo para los hidrantes hidráulicamente más alejados será de 400 dm³/min. El suministro será suficiente para proveer la demanda del sistema por un período de 30 minutos.
- Según Norma IRAM 3597 Instalaciones Fijas Contra Incendio-Sistema de Hidrantes de diciembre de 1989: en los establecimientos con una superficie por proteger no mayor a 10000 m², los tanques elevados tendrán una capacidad mínima de 20000 dm³ en todos los casos, con lo cual se podrán cubrir hasta 3335 m² en las actividades de riesgo leve y moderado y hasta 2500 m² en las actividades de alto riesgo. A partir de este límite, la capacidad del tanque se aumentará en las actividades a razón de dm³/m² de superficie total a proteger en las actividades de riesgo leve y moderado y a razón de 8 dm³/m² en las actividades de alto riesgo.

Cuando la superficie protegida sea mayor que 10000 m² y menor que 25000 m², se tendrán en cuenta las capacidades máximas indicadas en tablas, aumentándose a razón de 3 dm³/m² cubierta mayor que 10000 m² en las actividades de riesgo leve y moderado y a razón de 5 dm³/m² de superficie mayor que 10000 m² en las actividades de alto riesgo.

Las capacidades son las indicadas en la tabla correspondiente.

Cuando la superficie protegida sea mayor que 25000 m², se tendrá en cuenta las capacidades máximas indicadas en tabla, aumentándose a razón de 0,5 dm³/m² de superficie mayor a 25000 m² en las actividades de riesgo moderado y a razón de 2 dm³/m² de superficie mayor que 25000 m² en las actividades de alto riesgo.

Cálculo volumen de agua de reserva necesario

De acuerdo a lo que se describió anteriormente, el sistema que se instalará es de Clase II, con lo cual la reserva de agua para incendio vendrá dada por:

$$2 \text{ hidrantes} \times 400 \frac{\text{dm}^3}{\text{minutos}} \times 30 \text{ minutos} = 24000 \text{ dm}^3 = 24000 \text{ l}$$

Si se analiza el criterio de la norma IRAM 3597, se considera que se tiene una superficie apenas superior a 10000 m² y se observa la siguiente tabla:

| Riesgo | Capacidad Mínima (dm ³) | Coefficiente de aumento (dm ³ /m ²) | Capacidad Máxima Hasta 10.000 m ² (dm ³) |
|--------------------|-------------------------------------|--|---|
| Leve | 20.000 | 6 | 35.000 |
| Moderado, Grupo I | 20.000 | 6 | 45.000 |
| Moderado, Grupo II | 20.000 | 6 | 50.000 |
| Alto | 20.000 | 8 | 65.000 |

Tabla 22: Capacidad para superficies menores a 10000 m².

Entonces se puede concluir que para un riesgo moderado, verifica.

En base a los tanques disponibles en el mercado, se seleccionan 2 tanques de 2 metros de diámetro y 4 metros de altura, que como se observa a continuación cumplen con la capacidad:

$$V = \frac{\pi x d^2}{4} x 4 = 12,6 \text{ m}^3 \times 2 \text{ tanques} = 25 \text{ m}^3$$

Cálculo de cañerías y equipo de presurización

Admitiendo 3,5 m/s como velocidad máxima del fluido, se dimensionan las cañerías de cada ramal para que no excedan dicho valor. Además, como la presión que se quiere a la salida de cada boca de hidrantes debe rondar los 5,5 kg/cm², se selecciona un equipo presurizador que sea capaz de abastecer el sistema cumpliendo los requisitos de caudal y presión.

1. Determinación de la sección interna de cada tubería

$$D_i = D_e - 2 * e \quad (7)$$

Donde:

D_i: Diámetro interno [mm].

D_e: Diámetro externo [mm].

e: Espesor.

Donde cada uno de esos valores se sacan de la siguiente tabla, según norma IRAM 2502:

| IRAM (mm) | Comercial (plg.) | Diámetro Exterior (mm) | Espesor (mm) | Peso por metro (kg) |
|-----------|------------------|------------------------|--------------|---------------------|
| 15 | ½" | 21,30 | 2,30 | 1,15 |
| 20 | ¾" | 26,90 | 2,30 | 1,48 |
| 25 | 1" | 33,70 | 2,90 | 2,31 |
| 32 | 1 ¼" | 42,20 | 2,90 | 2,96 |
| 40 | 1 ½" | 48,30 | 2,90 | 3,40 |
| 50 | 2" | 60,30 | 3,20 | 4,69 |
| 65 | 2 ½" | 76,10 | 3,20 | 5,98 |
| 80 | 3" | 88,90 | 3,60 | 7,84 |
| 100 | 4" | 114,90 | 4,00 | 11,2 |
| 160 | 6" | 168,83 | 4,70 | 19,5 |

Tabla 23: Dimensiones de cañerías IRAM 2502.

Luego,

$$A_i = \frac{\pi * D_i^2}{4} \quad (8)$$

Donde:

A_i = Sección interna de la tubería [mm²].

D_i: Diámetro interno [mm].

2. Determinación de velocidades en cada sección

$$V = \frac{Q}{A_i} \quad (9)$$

Donde:

V: Velocidad del fluido [m/s].

Q: Caudal del fluido [m³/s].

3. Determinar el N° de Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (10)$$

Donde:

V= velocidad media [m/s].

D=Diámetro [m].

ν = viscosidad cinemática del agua a 20 °C: 1,06e⁻⁶ [m²/s].

4. Longitud equivalente

Se emplearon las siguientes tablas, donde la longitud equivalente está dada en metros equivalentes de cañería:

| Medida (plg.) | Denominación IRAM (mm) | Codo 45° | Codo 90° | Curva 90° | Te 90° |
|---------------|------------------------|----------|----------|-----------|--------|
| ½" | 13 | - | 0,305 | 0,15 | 0,91 |
| ¾" | 19 | 0,30 | 0,61 | 0,30 | 1,22 |
| 1" | 25 | 0,30 | 0,61 | 0,61 | 1,52 |
| 1¼" | 32 | 0,30 | 0,91 | 0,61 | 1,83 |
| 1½" | 40 | 0,61 | 1,22 | 0,61 | 2,44 |
| 2" | 50 | 0,61 | 1,52 | 0,91 | 3,05 |
| 2½" | 63 | 0,91 | 1,83 | 1,22 | 3,66 |
| 3" | 80 | 0,91 | 2,13 | 1,52 | 4,57 |
| 4" | 100 | 1,22 | 3,05 | 1,83 | 6,1 |
| 6" | 160 | 2,13 | 4,27 | 2,74 | 9,15 |

Tabla 24: Pérdida de carga en accesorios.

| Comercial (plg.) | IRAM (mm) | Válvula Mariposa | Válvula Esclusa | Válvula de Retención |
|------------------|-----------|------------------|-----------------|----------------------|
| ½" | 13 | - | - | - |
| ¾" | 1 | - | - | - |
| 1" | 25 | - | - | 1,52 |
| 1¼" | 32 | - | - | 2,13 |
| 1½" | 40 | - | - | 2,75 |
| 2" | 50 | 1,83 | 0,30 | 3,35 |
| 2½" | 63 | 2,13 | 0,30 | 4,27 |
| 3" | 80 | 3,05 | 0,3 | 4,88 |
| 4" | 100 | 3,66 | 0,61 | 6,71 |
| 6" | 160 | 3,05 | 0,91 | 9,76 |
| 8" | 200 | 3,66 | 1,22 | 13,72 |

Tabla 25: Pérdida de carga en válvulas.

Para las reducciones se utiliza la fórmula:

$$l_{eq} = \frac{k * V^2}{2 * g} \quad (11)$$

Donde:

L_{eq} = longitud equivalente en metros equivalentes de cañería.

V=velocidad [m/s].

g= aceleración de la gravedad [m/s^2].

k= coeficiente que se extrae de la siguiente tabla:

| Contracción Brusca | | Ensanchamiento Gradual para un Ángulo Total del Cono | | | | | | |
|--------------------|------|--|------|------|------|------|------|------|
| d1/d2 | K | 4° | 10° | 15° | 20° | 30° | 50° | 60° |
| 1,2 | 0,08 | 0,02 | 0,02 | 0,09 | 0,16 | 0,25 | 0,35 | 0,37 |
| 1,4 | 0,17 | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,23 | 0,36 | 0,50 | 0,53 |
| 1,6 | 0,26 | 0,03 | 0,03 | 0,14 | 0,26 | 0,42 | 0,57 | 0,61 |
| 1,8 | 0,34 | 0,04 | 0,04 | 0,15 | 0,28 | 0,44 | 0,61 | 0,65 |
| 2,0 | 0,37 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | 0,29 | 0,46 | 0,63 | 0,68 |
| 2,5 | 0,41 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | 0,30 | 0,48 | 0,65 | 0,70 |
| 3,0 | 0,43 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | 0,31 | 0,48 | 0,66 | 0,71 |
| 4,0 | 0,45 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | 0,31 | 0,49 | 0,67 | 0,72 |
| 5,0 | 0,46 | 0,04 | 0,04 | 0,16 | 0,31 | 0,50 | 0,67 | 0,72 |

Tabla 26: Pérdida de carga en reducciones- coeficiente k.

5. Determinación del factor de fricción

Se utiliza el diagrama de Moody: gráfico de doble entrada en el cual las variables son el N° de Reynolds y la rugosidad relativa d/k . Generalmente el valor de k para cañerías de agua debe encontrarse entre 0,4 y 0,8. Se toma 0,6.

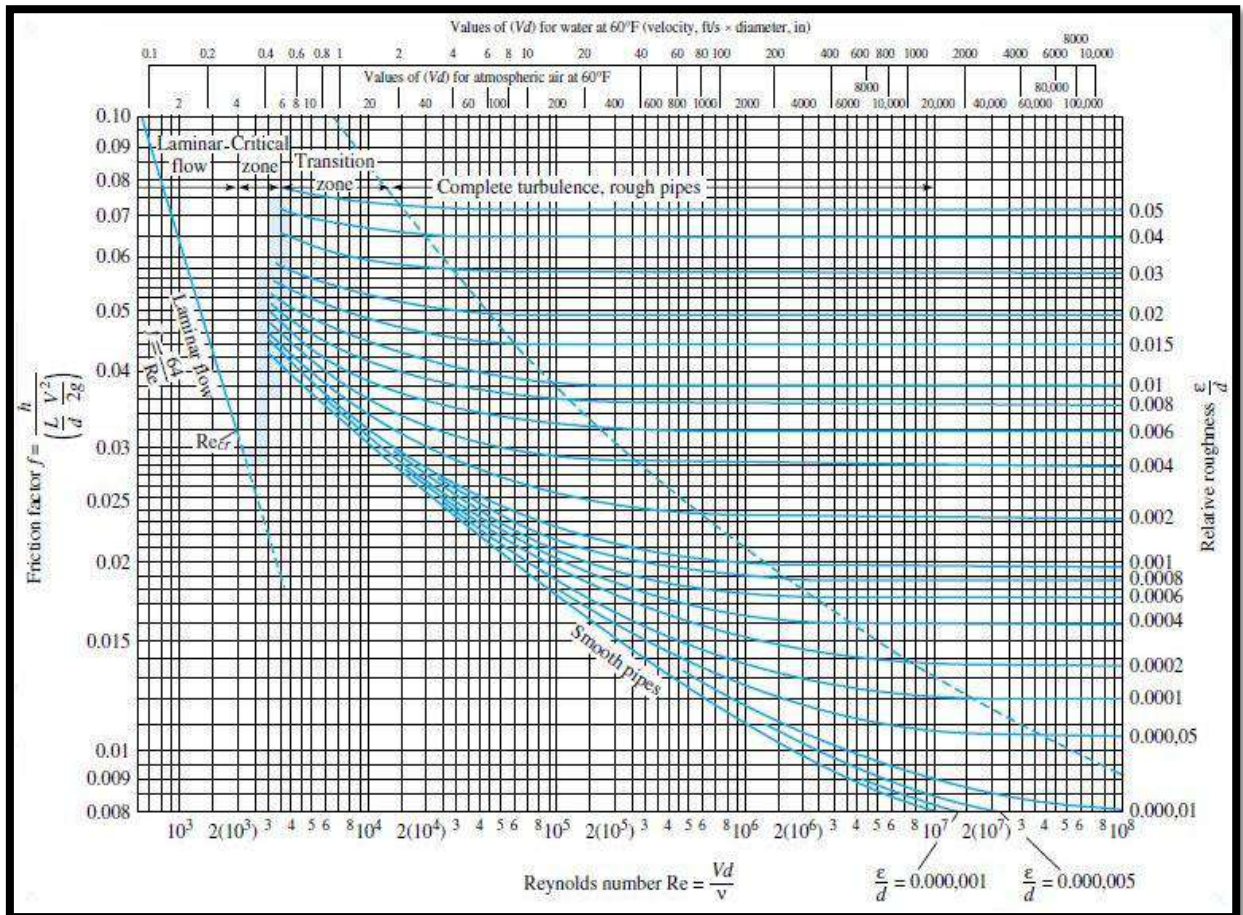


Gráfico 4: Diagrama de Moody.

6. Determinación de la pérdida de carga en cada tramo

$$H_L = \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g} * f \quad (12)$$

Donde:

L= Suma de longitud real y equivalente del tramo [m].

D= Diámetro interno de la cañería [m].

V= Velocidad media del fluido [m/s].

g= Aceleración de la gravedad: 9,81 [m/s²].

f= Coeficiente de fricción de Darcy.

El procedimiento que se siguió fue considerar el punto más alejado con respecto a la ubicación de la bomba, para de esta manera poder determinar la presión que debe suministrar la bomba. Una vez hecho esto, se verifica con los demás hidrantes.

Los resultados obtenidos para el punto más alejado se muestran en las siguientes tablas, donde en el Plano N° 8 se puede observar cada tramo.

| Tramo | | Caudal | L | Velocidad | Sección | Φ calculado | ϕ Adoptado | ϕ exterior | Espesor | ϕ interior |
|------------|-----|---------------------|-----|-----------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|
| | | [m ³ /s] | [m] | [m/s] | [m ²] | [mm] | [pulg] | [mm] | [mm] | [mm] |
| Principal | A-B | 0,0134 | 54 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| Secundaria | B-C | 0,0134 | 10 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | C-F | 0,0134 | 10 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | F-J | 0,0134 | 25 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | J-K | 0,0134 | 35 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | K-L | 0,0134 | 55 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | L-1 | 0,0134 | 20 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | 1-M | 0,0067 | 20 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |

Tabla 27: Cálculo de diámetros de cañerías sin accesorios.

Luego, considerando los accesorios:

| TRAMO MÁS ALEJADO-LONGITUD EQUIVALENTE ACCESORIOS | | | | | | |
|---|-----|------------------------|----------|------------------|---------------|---------|
| Tramo | | Accesorio | Cantidad | Leq unitaria [m] | leq total [m] | Ltotal |
| Principal | A-B | Válvula retención (3") | 1 | 4,88 | 4,88 | 18,87 |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | | Curva a 90º(3") | 6 | 1,52 | 9,12 | |
| Secundaria | B-C | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | 4,8709 |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | C-F | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | 4,5709 |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | F-J | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | 7,9109 |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | | Curva a 90º(3") | 2 | 1,52 | 3,04 | |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | J-K | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | 4,8709 |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | K-L | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | 7,9109 |
| | | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | | Curva a 90º(3") | 2 | 1,52 | 3,04 | |
| | L-1 | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | 4,87087 |
| | | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3 | 0,3 | |
| | 1-M | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | 1,2209 |
| | | Curva a 90º(2") | 1 | 0,9100 | 0,9100 | |
| Reducción 3" a 2" | | 1 | 0,31 | 0,31 | | |

Tabla 28: Longitudes equivalentes de los accesorios de cada tramo.

Finalmente, las pérdidas en cada tramo serán:

| Tramo | Diámetro Adoptado | Diámetro interior | Velocidad Real | N° de Reynolds | Rugosidad K | D/K | Factor de fricción | leq total accesorios | Ltotal | hL | |
|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------|-----|--------------------|----------------------|--------|------|-------------|
| | | | | | | | | | | | [pulg] |
| Principal | A-B | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 18,9 | 72,9 | 10,5 |
| Secundaria | B-C | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 14,9 | 2,2 |
| | C-F | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,6 | 14,6 | 2,1 |
| | F-J | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 7,9 | 32,9 | 4,8 |
| | J-K | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 39,9 | 5,8 |
| | K-L | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 7,9 | 62,9 | 9,1 |
| | L-1 | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 24,9 | 3,6 |
| | 1-M | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 1,2 | 21,2 | 6,3 |
| TOTAL hL | | | | | | | | | | | 44,3 |

Tabla 29: Pérdidas en cada tramo.

Por lo tanto considerando que para sistemas clase II la presión en los hidrantes varía entre $4,5 \text{ kg/cm}^2$ y 7 kg/cm^2 , si tomamos la mínima presión que deseamos en el hidrante más alejado, entonces:

| | |
|---|--|
| <i>Presión en boca del hidrante</i> | $4,5 \text{ kg/cm}^2$ |
| <i>Altura geodésica</i> | $0,5 \text{ kg/cm}^2$ |
| <i>Pérdidas en cañerías</i> | $4,5 \text{ kg/cm}^2$ |
| <i>Pérdidas en cañerías de servicio</i> | $0,8 \text{ kg/cm}^2$ |
| TOTAL | $10,3 \text{ kg/cm}^2$ |

Tabla 30: Cálculo de la presión de la bomba.

Ahora verificamos los demás tramos:

| Tramo | Caudal | L | Velocidad | Sección | Φ calculado | ϕ Adoptado | ϕ exterior | Espesor | ϕ interior | |
|------------|---------------------|--------|-----------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-------|
| | [m ³ /s] | [m] | [m/s] | [m ²] | [mm] | [pulg] | [mm] | [mm] | [mm] | |
| Secundaria | C-D | 0,0134 | 44 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | D-E | 0,0134 | 40 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | E-3 | 0,0134 | 10 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | 3.-4 | 0,0067 | 20 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | 3-G | 0,0134 | 30 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | G-H | 0,0134 | 40 | 3,5 | 0,0038 | 69,82 | 3 | 88,9 | 5,48 | 77,94 |
| | F-2 | 0,0067 | 20 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| Servicio | B | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | F | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | 2 | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | D | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | E | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | 4 | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | G | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | H | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | J | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | K | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | L | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | 1 | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |
| | M | 0,0067 | 4 | 3,5 | 0,0019 | 49,37 | 2 | 60,3 | 3,91 | 52,48 |

Tabla 31: Cálculo de diámetros de cañerías restantes sin accesorios.

Teniendo en cuenta las longitudes de los accesorios:

| Tramo | Accesorio | Cantidad | Leq unitaria [m] | leq total [m] | Ltotal | |
|------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|--------|-------|
| Secundaria | C-D | Tee derivación(3") | 1 | 4,6 | 4,6 | 4,87 |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,30 | 0,30 | |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | D-E | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | 4,87 |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,30 | 0,30 | |
| | E-3 | Curva a 90º(3") | 2 | 1,5 | 3,0 | 7,61 |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | | Tee derivación(3") | 1 | 4,6 | 4,6 | |
| | 3-G | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,30 | 0,30 | 4,87 |
| | | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | |
| | | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | |
| | G-H | Tee recta(3") | 1 | 0,0009 | 0,0009 | 4,87 |
| | | Tee derivación(3") | 1 | 4,57 | 4,57 | |
| | | Válvula exclusiva(3") | 1 | 0,3000 | 0,3000 | |
| | F-2 | Tee recta(3") | 1 | 0,00 | 0,00 | 3,04 |
| | | Curva a 90º(2") | 3 | 0,9100 | 2,7300 | |
| | | Reducción 3" a 2" | 1 | 0,31 | 0,31 | |
| 3.-4 | Tee recta(3") | 1 | 0,0007 | 0,0007 | 1,22 | |
| | Curva a 90º(2") | 1 | 0,91 | 0,91 | | |
| | Reducción 3" a 2" | 1 | 0,3100 | 0,3100 | | |
| Servicio | B-D-E- F-G-H- K-L-1 | Válvula esférica (2") | 1 | 0,15 | 0,15 | 22,76 |
| | | Reducción 3" a 2" | 1 | 0,31 | 0,31 | |
| | | Válvula reductora de presión (2") | 1 | 3,90 | 3,90 | |
| | | Válvula teatro (2") | 1 | 18,40 | 18,40 | |
| | 2-4-J-M | Válvula esférica (2") | 1 | 0,15 | 0,15 | 22,45 |
| | | Válvula reductora de presión (2") | 1 | 3,90 | 3,90 | |
| | | Válvula teatro (2") | 1 | 18,40 | 18,40 | |

Tabla 32: Longitudes equivalentes de los accesorios de cada tramo.

Finalmente, las pérdidas en cada tramo son:

| Tramo | Díámetro Adoptado | Díámetro interior | Velocidad Real | N° de Reynolds | Rugosidad K | D/K | Factor de fricción | leq total accesorios | Ltotal | hL | |
|------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------|-----|--------------------|----------------------|--------|-------|------|
| | [pulg] | [mm] | [m/s] | | [mm] | | | | | | [m] |
| Secundaria | C-D | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 48,9 | 7,07 |
| | D-E | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 44,9 | 6,49 |
| | E-2 | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 7,6 | 17,6 | 2,54 |
| | 3-4 | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,028 | 1,22 | 21,22 | 5,54 |
| | 3-G | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,032 | 4,9 | 34,9 | 5,77 |
| | G-H | 3 | 77,94 | 2,81 | 217466 | 0,3 | 259,8 | 0,028 | 4,9 | 44,9 | 6,49 |
| | F-2 | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 3,04 | 23,04 | 6,88 |
| Servicio | B | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | F | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | 2 | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,45 | 26,45 | 7,89 |
| | D | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | E | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | 4 | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,45 | 26,45 | 7,89 |
| | G | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | H | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | J | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,45 | 26,45 | 7,89 |
| | K | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | L | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | 1 | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,76 | 26,76 | 7,99 |
| | M | 2 | 52,48 | 3,10 | 161484 | 0,3 | 174,9 | 0,032 | 22,45 | 26,45 | 7,89 |

Tabla 33: Pérdidas en cada tramo restante.

A continuación se calculará la presión en cada boca de los hidrantes:

$$\text{Hidrante B: } 10,3 - 0,8 - 1,05 = 8,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante F: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 = 8,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante 2: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,7 = 7,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante J: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,48 = 7,54 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante K: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,48 - 0,36 - 0,28 = 6,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante L: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,48 - 0,36 - 0,28 - 0,91 = 5,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante 1: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,48 - 0,36 - 0,28 - 0,91 - 0,36 = 5,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante M: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,21 - 0,48 - 0,36 - 0,28 - 0,91 - 0,36 - 0,63 = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante D: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,71 = 7,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante E: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,71 - 0,65 = 6,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante 4: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,71 - 0,65 - 0,25 - 0,55 = 6,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante G: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,71 - 0,65 - 0,25 - 0,6 = 6,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Hidrante H: } 10,3 - 0,8 - 1,05 - 0,22 - 0,71 - 0,65 - 0,25 - 0,6 - 0,65 = 5,37 \text{ kg/cm}^2$$

Selección de equipo de presurización

Para respetar los requisitos expuestos de la presión a la salida de cada hidrante, cumplir con el caudal necesario y respetar las velocidades máximas del fluido permitidas (leer Nota 1), se seleccionaron las bombas del sistema de presurización, compuesto por una bomba principal y una de reserva, puestas en paralelo a modo de no interrumpir el suministro en caso de falla de alguna de ellas.

Nota 1: En una instalación de agua para uso común o industrial la velocidad del fluido no debe exceder los 2 m/s, pero en un sistema contra incendio se permite hasta 3.5 m/s debido a que su uso no es continuo y se da solo en casos de emergencia.

Bomba principal y de reserva

Una vez que verificamos todos los valores de presión en cada uno de los hidrantes, además de cumplir con las especificaciones de velocidad del fluido, aceptamos los valores calculados para la selección de la bomba:

$$Q = 800 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} * \frac{60'}{1\text{h}} * \frac{0,001\text{m}^3}{1\text{dm}^3} = 48 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$P = 10,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 103 \text{ m. c. a}$$

En el Anexo II encuentra el gráfica del cual se seleccionó según presión y caudal, la bomba que necesitábamos.

Bomba de 2 polos-50 Hz, NB/NK 40/315:

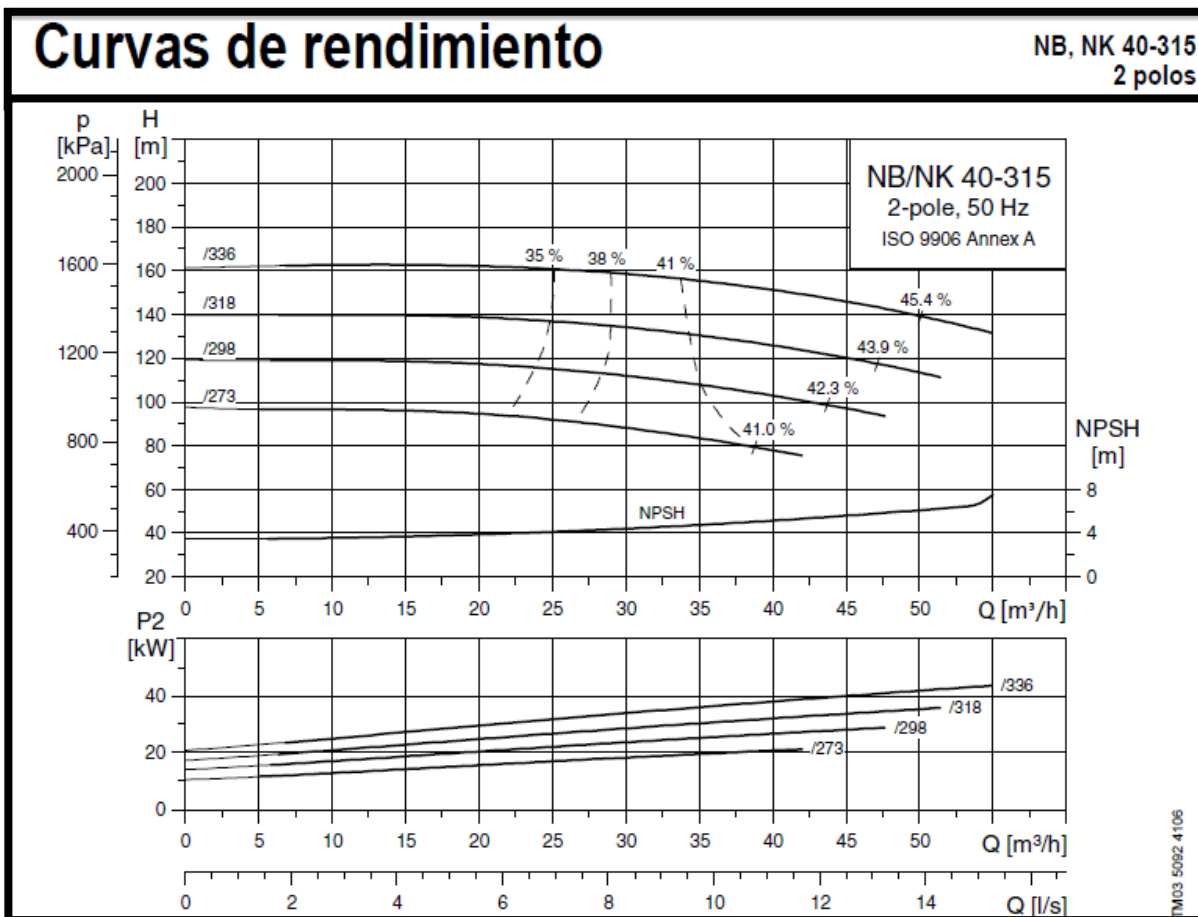


Gráfico 5: Curva de rendimiento de la bomba seleccionada.

Datos técnicos

NB, NK 40-315
2 polos

| Tipo de bomba | 40-315/273 40-315/298 40-315/318 40-315/336 | | | | | |
|-----------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Tipo de motor | Motor de gama alta | Siemens 180M | Siemens 200L | Siemens 200L | Siemens 225M | |
| | Motor eléctrico | MMGE 180M | - | - | - | |
| Datos generales NB/NK | P ₂ | [kW] | 22 | 30 | 37 | 45 |
| | PN | [bar] | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | DN _s | [mm] | 65 | 65 | 65 | 65 |
| | DN _d | [mm] | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | a | [mm] | 125 | 125 | 125 | 125 |
| | h ₂ | [mm] | 250 | 250 | 250 | 250 |
| | S _s | | 4x19 | 4x19 | 4x19 | 4x19 |
| | S _d | | 4x19 | 4x19 | 4x19 | 4x19 |

Tabla 34: Datos técnicos de la bomba seleccionada.

| Bomba GRUNDFOS NB/NK40-315/318 | |
|--------------------------------|---------------|
| Caudal [m3/h] | 50 |
| Polos | 2 |
| Frecuencia [Hz] | 50 |
| Potencia [kW] | 37 |
| Presión [bar] | 16 |
| Tipo de motor | Siemens 200 L |
| Rendimiento[%] | 44 |

Tabla 35: Bomba seleccionada como principal y de reserva.

Como complemento de las anteriores, se coloca una bomba compensadora, también denominada bomba “jockey”, que tendrá arranque y parada automáticos por medio de un presostato que actuará ante la bajada de presión en la red, aunque también podrá ser activada o parada en forma manual. La potencia de ésta no excede de 5.5 hp. Además, de acuerdo a lo mencionado en la memoria técnica, esta bomba tendrá una presión de tarado del presostato igual a la presión nominal de la bomba principal más 0,7 bar (es decir 16,7 bar) y la presión de tarado del presostato de parada será la de mantenimiento del sistema contra incendios.

Cálculos Eléctricos

Para motores trifásicos, las ecuaciones son las siguientes:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi) \quad (13)$$

Donde:

ΔU : Caída de tensión de línea [V].

I: Corriente que pasa por el conductor [A].

L: Longitud del cable [km].

R: Resistencia efectiva por Km. del conductor a la temperatura de trabajo y la frecuencia de la red [Ω /km].

X: Reactancia inductiva por Km. de cable a la frecuencia de la red [Ω /km].

φ : Ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente determinado por la carga.

Como se ve en el diagrama de la bomba seleccionada, la potencia de la misma es de 37 [KW], por lo tanto:

$$P_{abs} = \frac{P_{\acute{u}til}}{\eta} (14)$$

Donde:

P_{abs} : Potencia absorbida por el motor eléctrico [W].

$P_{\acute{u}til}$: Potencia útil del motor.[W]

η : rendimiento.

Entonces:

$$P_{abs} = \frac{37000}{0,8} = 46250[W]$$

Como en un motor eléctrico con arranque estrella-triángulo la corriente de arranque se puede estimar en 3 veces la corriente nominal, tenemos:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi (15)$$

Donde:

P: Potencia absorbida por el motor [W].

U: tensión de la línea [V].

I: Corriente nominal [A].

$\cos\phi$: Factor de potencia.

Entonces:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\phi} = \frac{46250}{\sqrt{3} * 380 * 0,8} = 87,84[A] \approx 88[A]$$

De la siguiente tabla, seleccionamos el conductor:

| Sección Nominal (mm) | Resistencia Eléctrica 20°C (ohm/km) | Cables PVC / PVC | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|---------|
| | | Reactancia Inductiva | | Intensidad Admisible* | | |
| | | Unipolares (ohm/km) | Multipolares (ohm/km) | 1 x A | 2 x A | 3 x A** |
| 1,5 | 12,1 | 0,2 | 0,103 | 22 | 19 | 16 |
| 2,5 | 7,41 | 0,191 | 0,096 | 30 | 26 | 22 |
| 4 | 4,61 | 0,189 | 0,086 | 39 | 35 | 30 |
| 6 | 3,08 | 0,181 | 0,091 | 50 | 44 | 37 |
| 10 | 1,83 | 0,172 | 0,085 | 68 | 61 | 52 |
| 16 | 1,15 | 0,163 | 0,080 | 90 | 82 | 70 |
| 25 | 0,727 | 0,107 | 0,080 | 128 | 104 | 88 |
| 35 | 0,524 | 0,152 | 0,076 | 158 | 129 | 110 |
| 50 | 0,387 | 0,150 | 0,073 | 191 | 157 | 133 |
| 70 | 0,268 | 0,146 | 0,073 | 245 | 202 | 171 |
| 95 | 0,193 | 0,145 | - | 297 | 246 | 207 |
| 120 | 0,153 | 0,143 | - | 342 | - | - |
| 150 | 0,124 | 0,141 | - | 397 | - | - |
| 185 | 0,0991 | 0,141 | - | 454 | - | - |
| 240 | 0,0754 | 0,140 | - | 536 | - | - |
| 300 | 0,061 | 0,139 | - | 617 | - | - |

Tabla 36: Características de los cables PVC/PVC.

$$I = 88[A]$$

$$R = 0,727[\Omega/km]$$

$$X = 0,107[\Omega/km]$$

Verificamos la caída de tensión, tanto en régimen como en el arranque:

- En régimen aceptamos un 5% de caída de tensión, por lo tanto:

$$\Delta U = 0,05 * 380 = 19[V]$$

Si la calculamos a partir de la ecuación 13, obtenemos:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 88 * 0,1 * (0,727 * 0,8 + 0,107 * 0,6) = 9,84 [V] < 19[V]$$

- En el arranque aceptamos un 15% de caída de tensión, por lo tanto:

$$\Delta U = 0,15 * 380 = 57 [V]$$

Si la calculamos, obtenemos: (con $\cos\varphi = 0,3$ y $I_{arr} = 3 * I_N$)

$$\Delta U = \sqrt{3} * 88 * 3 * 0,1 * (0,727 * 0,3 + 0,107 * 0,954) = 14,62 [V] < 57[V]$$

Por lo tanto el cable seleccionado cumple con los requisitos.

Corrección del factor de potencia

Se desea subir el factor de potencia, tal que $\cos\varphi_1 = 0,8$ y $\cos\varphi_2 = 0,93$.

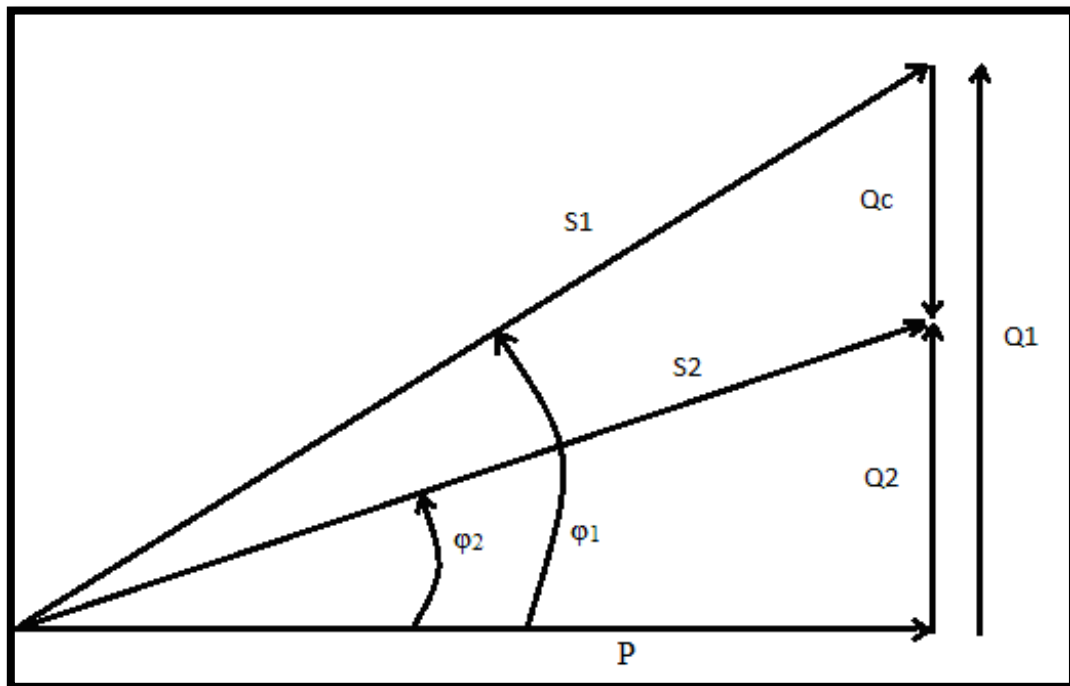


Fig. 30: Triángulo de potencias.

Calcularemos la potencia que debe entregar el capacitor, sacando de la siguiente tabla los valores de $tg \varphi$:

| Factor para determinar la potencia capacitiva necesaria para una compensación | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valor actual | | Valor Objetivo (cos Phi) | | | | | | | | | | |
| tg Phi | cos Phi | 0.80 | 0.82 | 0.85 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.98 | 1.00 |
| 3.18 | 0.30 | 2.43 | 2.48 | 2.56 | 2.64 | 2.70 | 2.75 | 2.82 | 2.85 | 2.89 | 2.98 | 3.18 |
| 2.96 | 0.32 | 2.21 | 2.26 | 2.34 | 2.42 | 2.48 | 2.53 | 2.60 | 2.63 | 2.67 | 2.76 | 2.96 |
| 2.77 | 0.34 | 2.02 | 2.07 | 2.15 | 2.23 | 2.28 | 2.34 | 2.41 | 2.44 | 2.48 | 2.56 | 2.77 |
| 2.59 | 0.36 | 1.84 | 1.89 | 1.97 | 2.05 | 2.10 | 2.17 | 2.23 | 2.26 | 2.30 | 2.39 | 2.59 |
| 2.43 | 0.38 | 1.68 | 1.73 | 1.81 | 1.89 | 1.95 | 2.01 | 2.07 | 2.11 | 2.14 | 2.23 | 2.43 |
| 2.29 | 0.40 | 1.54 | 1.59 | 1.67 | 1.75 | 1.81 | 1.87 | 1.93 | 1.96 | 2.00 | 2.09 | 2.29 |
| 2.16 | 0.42 | 1.41 | 1.46 | 1.54 | 1.62 | 1.68 | 1.73 | 1.80 | 1.84 | 1.87 | 1.96 | 2.16 |
| 2.04 | 0.44 | 1.29 | 1.34 | 1.42 | 1.50 | 1.56 | 1.61 | 1.68 | 1.71 | 1.75 | 1.84 | 2.04 |
| 1.93 | 0.46 | 1.18 | 1.23 | 1.31 | 1.39 | 1.45 | 1.50 | 1.57 | 1.60 | 1.64 | 1.73 | 1.93 |
| 1.83 | 0.48 | 1.08 | 1.13 | 1.21 | 1.29 | 1.34 | 1.40 | 1.47 | 1.50 | 1.54 | 1.62 | 1.83 |
| 1.73 | 0.50 | 0.98 | 1.03 | 1.11 | 1.19 | 1.25 | 1.31 | 1.37 | 1.40 | 1.45 | 1.63 | 1.73 |
| 1.64 | 0.52 | 0.89 | 0.94 | 1.02 | 1.10 | 1.16 | 1.22 | 1.28 | 1.32 | 1.35 | 1.44 | 1.64 |
| 1.56 | 0.54 | 0.81 | 0.86 | 0.94 | 1.02 | 1.07 | 1.13 | 1.20 | 1.23 | 1.27 | 1.36 | 1.56 |
| 1.48 | 0.56 | 0.73 | 0.78 | 0.86 | 0.94 | 1.00 | 1.05 | 1.12 | 1.15 | 1.19 | 1.28 | 1.48 |
| 1.40 | 0.58 | 0.65 | 0.70 | 0.78 | 0.86 | 0.92 | 0.98 | 1.04 | 1.08 | 1.11 | 1.20 | 1.40 |
| 1.33 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.71 | 0.79 | 0.85 | 0.91 | 0.97 | 1.01 | 1.04 | 1.13 | 1.33 |
| 1.30 | 0.61 | 0.55 | 0.60 | 0.68 | 0.76 | 0.81 | 0.87 | 0.94 | 0.97 | 1.01 | 1.10 | 1.30 |
| 1.27 | 0.62 | 0.52 | 0.57 | 0.65 | 0.73 | 0.78 | 0.84 | 0.91 | 0.94 | 0.99 | 1.06 | 1.27 |
| 1.23 | 0.63 | 0.48 | 0.53 | 0.61 | 0.69 | 0.75 | 0.81 | 0.87 | 0.90 | 0.94 | 1.03 | 1.23 |
| 1.20 | 0.64 | 0.45 | 0.50 | 0.58 | 0.66 | 0.72 | 0.77 | 0.84 | 0.87 | 0.91 | 1.00 | 1.20 |
| 1.17 | 0.65 | 0.42 | 0.47 | 0.55 | 0.63 | 0.68 | 0.74 | 0.81 | 0.84 | 0.88 | 0.97 | 1.17 |
| 1.14 | 0.66 | 0.39 | 0.44 | 0.52 | 0.60 | 0.65 | 0.71 | 0.78 | 0.81 | 0.85 | 0.94 | 1.14 |
| 1.11 | 0.67 | 0.36 | 0.41 | 0.49 | 0.57 | 0.63 | 0.68 | 0.75 | 0.78 | 0.82 | 0.90 | 1.11 |
| 1.08 | 0.68 | 0.33 | 0.38 | 0.46 | 0.54 | 0.59 | 0.65 | 0.72 | 0.75 | 0.79 | 0.88 | 1.08 |
| 1.05 | 0.69 | 0.30 | 0.35 | 0.43 | 0.51 | 0.56 | 0.62 | 0.69 | 0.72 | 0.76 | 0.85 | 1.05 |
| 1.02 | 0.70 | 0.27 | 0.32 | 0.40 | 0.48 | 0.54 | 0.59 | 0.66 | 0.69 | 0.73 | 0.82 | 1.02 |
| 0.99 | 0.71 | 0.24 | 0.29 | 0.37 | 0.45 | 0.51 | 0.57 | 0.63 | 0.70 | 0.70 | 0.79 | 0.99 |
| 0.96 | 0.72 | 0.21 | 0.26 | 0.34 | 0.42 | 0.48 | 0.54 | 0.60 | 0.63 | 0.67 | 0.76 | 0.96 |
| 0.94 | 0.73 | 0.19 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.45 | 0.51 | 0.58 | 0.61 | 0.65 | 0.73 | 0.94 |
| 0.91 | 0.74 | 0.16 | 0.21 | 0.29 | 0.37 | 0.42 | 0.48 | 0.55 | 0.58 | 0.62 | 0.71 | 0.91 |
| 0.88 | 0.75 | 0.13 | 0.18 | 0.26 | 0.34 | 0.40 | 0.46 | 0.52 | 0.55 | 0.59 | 0.68 | 0.88 |
| 0.86 | 0.76 | 0.11 | 0.16 | 0.24 | 0.32 | 0.37 | 0.43 | 0.50 | 0.53 | 0.57 | 0.65 | 0.86 |
| 0.83 | 0.77 | 0.08 | 0.13 | 0.21 | 0.29 | 0.34 | 0.40 | 0.47 | 0.50 | 0.54 | 0.63 | 0.83 |
| 0.80 | 0.78 | 0.05 | 0.10 | 0.18 | 0.26 | 0.32 | 0.38 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.60 | 0.80 |
| 0.78 | 0.79 | 0.03 | 0.08 | 0.16 | 0.24 | 0.29 | 0.35 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.57 | 0.78 |
| 0.75 | 0.80 | | 0.05 | 0.13 | 0.21 | 0.27 | 0.32 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.55 | 0.75 |
| 0.72 | 0.81 | | | 0.10 | 0.18 | 0.24 | 0.30 | 0.36 | 0.39 | 0.43 | 0.52 | 0.72 |
| 0.70 | 0.82 | | | 0.08 | 0.16 | 0.21 | 0.27 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.49 | 0.70 |
| 0.67 | 0.83 | | | 0.05 | 0.13 | 0.19 | 0.25 | 0.31 | 0.34 | 0.38 | 0.47 | 0.67 |
| 0.65 | 0.84 | | | 0.03 | 0.11 | 0.16 | 0.22 | 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.44 | 0.65 |
| 0.62 | 0.85 | | | | 0.08 | 0.14 | 0.19 | 0.26 | 0.29 | 0.33 | 0.42 | 0.62 |
| 0.59 | 0.86 | | | | 0.05 | 0.11 | 0.17 | 0.23 | 0.26 | 0.30 | 0.39 | 0.59 |
| 0.57 | 0.87 | | | | | 0.08 | 0.14 | 0.21 | 0.24 | 0.28 | 0.36 | 0.57 |
| 0.54 | 0.88 | | | | | 0.06 | 0.11 | 0.18 | 0.21 | 0.25 | 0.34 | 0.54 |
| 0.51 | 0.89 | | | | | 0.03 | 0.09 | 0.15 | 0.18 | 0.22 | 0.31 | 0.51 |
| 0.48 | 0.90 | | | | | | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.19 | 0.28 | 0.48 |
| 0.46 | 0.91 | | | | | | | 0.03 | 0.10 | 0.13 | 0.25 | 0.46 |
| 0.43 | 0.92 | | | | | | | | 0.07 | 0.10 | 0.22 | 0.43 |
| 0.40 | 0.93 | | | | | | | | 0.04 | 0.07 | 0.19 | 0.40 |
| 0.36 | 0.94 | | | | | | | | | 0.03 | 0.16 | 0.36 |
| 0.33 | 0.95 | | | | | | | | | | 0.13 | 0.33 |

Tabla 37: Factores para determinar la potencia capacitiva.

Para $\cos\varphi_1 = 0,8 \rightarrow \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,75$

Para $\cos\varphi_2 = 0,93 \rightarrow \operatorname{tg}\varphi_2 = 0,4$

Como podemos observar en la figura 30:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (16)$$

Donde :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{Q_1}{P} \rightarrow Q_1 = P * \operatorname{tg} \varphi_1 \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2 = P * \operatorname{tg} \varphi_2 \quad (18)$$

Por lo tanto si reemplazamos (17) y (18) en (16), tenemos:

$$Q_c = P * (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

Sustituyendo por los valores correspondientes:

$$Q_c = 37 * (0,75 - 0,4) = 12,95 \text{ kVar}$$

Por otro lado:

$$Q_c = U^2 * w * C \rightarrow C = \frac{Q_c}{2\pi * f * U^2} \quad (19)$$

Finalmente, aplicando la ecuación (19):

$$C = \frac{12950}{2\pi * 50 * 380^2} = 285,46 \mu F$$

SEGURIDAD E HIGIENE Y

BUENAS PRÁCTICAS

Cálculo de extintores portátiles

Características generales

Los equipos de extinción portátiles denominados matafuegos se caracterizan por su accionamiento y transporte manual.

Su aplicación está destinada al foco del incendio, permitiendo su aproximación al mismo, de acuerdo al tipo de fuego, debiendo estar diseñado para esa circunstancia.

Se pueden utilizar los matafuegos portátiles sobre ruedas de mayor capacidad, para aplicaciones en edificios industriales.

Tipos de fuego

Se pueden considerar cuatro clases de fuego, en virtud de la característica del material que arde, de acuerdo a lo siguiente:

- Fuego de clase A.
- Fuego de clase B.
- Fuego de clase C.
- Fuego de clase D.
- Fuego de clase K.



Fig. 31: Símbolo de cada clase de fuego.

Fuego clase A: son aquellos que se producen en materias combustibles comunes sólidas, como madera, papeles, cartones, textiles, plásticos, etc. Cuando estos materiales se queman, dejan residuos en forma de brasas o cenizas.

Esta clase de fuegos se combaten mediante enfriamiento, ya sea con agua o con soluciones que la contengan en gran proporción.

Fuegos de clase B: comprende los líquidos inflamables tales como nafta, aceite, grasas, pinturas, solventes, etc., en los cuales se produce la inflamación sobre la superficie del líquido.

Se extingue por sofocación, restringiendo la presencia de oxígeno. Se utilizan espumas formadas por pequeñas burbujas que flotan libremente sobre la superficie del líquido, creando una barrera que reduce la llegada de oxígeno a la reacción química de la combustión. Otra forma es la utilización de polvo químico seco o gases como anhídrido carbónico o halón 1211 o 1301.

Fuego de clase C: Se trata de fuego de materiales eléctricos o instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica, que se encuentran bajo tensión. Deben emplearse elementos de extinción que actúen por sofocación o enfriamiento, pero además no deben ser conductores de electricidad. Por ello se emplean gases como el anhídrido carbónico o el halón 1211 ó 1301.

Fuego de clase D: Se refiere al fuego sobre metales combustibles como el magnesio, circonio, titanio, litio, sodio, etc.

Para controlar el fuego de este tipo se utilizan polvos especiales para cada uno de ellos, no pudiendo emplearse ninguno de los agentes convencionales descriptos precedentemente. Como técnica de extinción se recurre a cubrirlos o asfixiarlos con arena o escorias.

Fuegos clase K: La clase K (kitchen) es indicada principalmente para fuegos en cocinas, se refiere a los incendios que implican grandes cantidades de lubricantes o aceites. Aunque, por definición, es una subclase de la clase B, las características especiales de estos tipos de incendios se consideran lo suficientemente importantes para ser reconocidos en una clase aparte.

El agente extintor para esta clase es conocido como extintor de químico húmedo, compuesto de agua y acetato de potasio, carbonato de potasio, citrato de potasio o la combinación de éstos (son conductores eléctricos). El agente extintor forma una capa de espuma que impide la reignición. El contenido de agua ayuda a enfriar y reducir la temperatura de las grasas y de Los aceites calientes por debajo de su temperatura de auto ignición.

Pueden ser de distintas características de acuerdo a su aplicación:

- *Agua pura*: Este tipo de extintor es adecuado para fuegos clase A, actuando por efecto refrigerante. Funciona por la presión suministrada por un tubo de gas carbónico ubicado en el exterior del aparato. El agua contenida en el cuerpo del matafuego es expelida al liberarse el gas a gran presión, utilizando una manguera que lleva un pico de bronce para orientarla hacia el foco de fuego.
- *Espuma*: basan primordialmente su acción por ahogamiento o sofocación, actuando sobre el oxígeno o comburente del proceso de la combustión, siendo adecuado para fuegos clase B. La extinción es provocada por los siguientes motivos:
 - Sofocamiento del fuego, al reducir el contacto del oxígeno del aire con los vapores emitidos por el líquido inflamable.
 - Impedir la fuga de los vapores emitidos por el combustible.
 - Lograr cierto enfriamiento del líquido inflamable.

Existen dos tipos básicos de espuma para la extinción del fuego que son:

- Espuma química: compuesta de burbujas de anhídrido carbónico, formadas por la mezcla de un ácido (sulfato de aluminio) y un álcali (bicarbonato de sodio), incluyéndose en la mezcla un agente generador de espuma y estabilizador. El gas generado en la reacción química provoca la presión suficiente para la expulsión.
 - Espuma mecánica: en este caso, las burbujas contienen aire. El agente que produce la espuma es un líquido inerte denominado emulsor, que es introducido en una corriente de agua y obligado a expandirse en forma de espuma.
- *Polvo químico seco*: consisten en un recipiente principal en cuyo interior va contenida la carga, llevando adosado un tubo de anhídrido carbónico para la expulsión del polvo a gran presión. Los polvos químicos pueden ser de base sódica o potásica, combinados con distintos componentes. Se arroja al fuego una combinación finamente pulverizada que ahoga la parte recubierta por el mismo, generando en la descomposición, anhídrido carbónico, que reduce el tenor del oxígeno.

Son aptos para fuegos tipo B y C, aunque también existen polvos denominados triclase que pueden aplicarse a fuegos tipo A. Debe tenerse en cuenta que estos elementos dejan residuos.

- *Anhidrido carbónico*: es un gas inerte y de limpia actuación, no dejando residuos. Estos extintores actúan fundamentalmente por desplazamiento del oxígeno del aire, provocando la sofocación del incendio.

El considerable efecto extintor de este gas, no solo estriba en la baja temperatura que alcanza a transmitir a la substancia en combustión, sino que la nube de gas y nieve carbónica penetra en todo intersticio, permitiendo desalojar el oxígeno del aire, ahogando de esa forma el fuego.

Se aplican para fuegos clase B o C. Algunos de los riesgos y equipos más importantes que se protegen son:

- Riesgos eléctricos tales como transformadores, equipos rotatorios, interruptores en general, motores, conductores, artefactos.
- Máquinas que utilizan nafta u otros inflamables.

No debe usarse para:

- Riego clase A.
- Compuestos químicos que son capaces de liberar oxígeno como nitrato de celulosa.
- Metales como sodio, potasio, magnesio, titanio, zirconio, etc.
- Halón: constituidos por compuestos químicos derivados del flúor, cloro, bromo y del metano (carbono e hidrógeno). El número característico de los halones representa de izquierda a derecha la cantidad de átomos de carbono, flúor, cloro y bromo.

Para incendio se emplean dos tipos:

- Halón 1211: en locales con poco personal o bien ventilados. Es el más empleado en matafuegos, constituyendo equipos livianos, de buen alcance, con alta penetración en caso de fuegos con muchas obstrucciones para el acceso, no dejando residuos. Sin embargo. No debe emplearse en concentraciones mayores del 5% en 1 minuto, cuando se descarguen en espacios cerrados, debido a que tiene cierto grado de efecto tóxico sobre las personas.
- Halón 1301: en locales con mucho personal y en sistemas de inundación para extinción automática de incendio.

Son para fuegos tipo B ó C dado que no son conductores eléctricos.

- Otros tipos: Extintores de soda-ácido que pueden ser utilizados en fuegos de clase A, granadas, baldes de arena o agua, frazadas de amianto.

Selección de matafuegos

Los matafuegos se clasifican e identifican asignándose una notación consistente en un número seguido por una letra, los que deben estar inscriptos en el cuerpo con carácter indeleble. De esta manera:

- Número: indica la capacidad relativa de extinción o potencial extintor.
- Letra: indica la clase de fuego a extinguir.

En la siguiente tabla se muestran los valores que se consignan:

| Agente extintor | Capacidad | Potencial extintor |
|---|-----------|--------------------|
| Agua | 10 l | 2 A |
| Anhidrido carbónico | 3,5 kg | 2 BC |
| | 5 kg | 3 BC |
| | 7 kg | 4 BC |
| | 10 kg | 5 BC |
| Espuma | 10 l | 2 A - 4 B |
| Espuma productora de películas acuosas (EPPA) | 10 l | 2 A - 6 B |
| Soda ácido | 10 l | 2 A |
| Halón 1211 o 1301 | 1 kg | 1,5 BC |
| | 2,5 kg | 3 BC |
| | 5 kg | 4 BC |
| | 10 kg | 1 A - 12 BC |
| | 13 kg | 1 A - 15 BC |
| Baldes con agua o arena | 10 l | 0,5 A |

| Poivo | Triclase (base fosfato de amonio) | Sódico | Potásico | Bicarbonato potásico Urea |
|--------|---|--------|----------|---------------------------------|
| 1,5 kg | 0,5 A 2 BC | 2 BC | 2,5 BC | 5 BC |
| 2,5 kg | 1 A 4 BC | 4 BC | 5 BC | 10 BC |
| 5 kg | 1,5 A 6 BC | 6 BC | 7,5 BC | 15 BC |
| 7 kg | 2 A 8 BC | 8 BC | 10 BC | 20 BC |
| 10 kg | 3 A 12 BC | 12 BC | 15 BC | 30 BC |
| 13 kg | 4 A 16 BC | 16 BC | 20 BC | 40 BC |

Tabla 38: Potencial extintor de matafuegos.

Tipos de extintores

La Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo establece el potencial extintor mínimo que deben tener los matafuegos, en función del tipo y carga de fuego y el riesgo de incendio. En la siguiente tabla se observa lo mencionado:

| Fuegos clase A | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Carga de Fuego | Riesgo | | | | |
| | Riesgo 1 Explos. | Riesgo 2 Inflam. | Riesgo 3 Muy comb. | Riesgo 4 Comb. | Riesgo 5 Poco comb. |
| Hasta 15 kg/m ² | — | — | 1 A | 1 A | 1 A |
| 16 a 30 kg/m ² | — | — | 2 A | 1 A | 1 A |
| 31 a 60 kg/m ² | — | — | 3 A | 2 A | 1 A |
| 61 a 100 kg/m ² | — | — | 6 A | 4 A | 3 A |
| > 100 kg/m ² | A determinar en cada caso. | | | | |

| Fuegos clase B | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Carga de Fuego | Riesgo | | | | |
| | Riesgo 1 Explos. | Riesgo 2 Inflam. | Riesgo 3 Muy comb. | Riesgo 4 Comb. | Riesgo 5 Poco comb. |
| Hasta 15 kg/m ² | — | 6 B | 4 B | — | — |
| 16 a 30 kg/m ² | — | 8 B | 6 B | — | — |
| 31 a 60 kg/m ² | — | 10 B | 8 B | — | — |
| 61 a 100 kg/m ² | — | 20 B | 10 B | — | — |
| > 100 kg/m ² | A determinar en cada caso. | | | | |

Se exceptúan fuegos de líquidos inflamables que presenten una superficie mayor de 1 m².

Tabla 39: Poder extintor mínimo de matafuegos.

Todo edificio debe poseer matafuegos con un potencial mínimo de extinción equivalentes a 1A y 5BC en cada piso, lugares accesibles y prácticos distribuidos a razón de:

- Un matafuego cada 200 m².
- Distancia máxima a recorrer:
 - 20 m para fuegos clase A.
 - 15 m para fuegos clase B.

Las capacidades mínimas admitidas para los matafuegos son las siguientes:

- Agua, soda ácida, espuma.....10 l
- Anhidrido carbónico.....3,5 kg
- Polvo.....1,5 kg
- Halón.....1 kg

El alcance en general depende del modelo y características particulares, pudiéndose consignar los siguientes valores promedios establecidos en forma referencial:

| | |
|---------------------------|---------|
| Agua | 7 a 9 m |
| Soda ácido | 5 m |
| Espuma | 6 m |
| Anhidrido carbónico | 3 a 6 m |
| Halón 1211 | 6 m |
| Polvo | 3 a 6 m |

Distribución y ubicación de matafuegos

Los matafuegos se deben colocar en lugares de acceso directo, sin interposición de obstáculos que impidan la rápida individualización en el momento de inicio del incendio.

Se debe analizar la característica del riesgo, emplazarlos en zonas cercanas y aún fuera del local que se desea proteger.

La altura conveniente para su colocación es a 1,5 m con respecto al nivel de piso del local.

A los fines de selección de los matafuegos a emplear, se tiene la siguiente tabla:

| Usos (Ver Cuadro 1) | Tipo | | | | Distancia a Recorrer | Observaciones |
|-------------------------------|-------------------------------|------|--------|-----------------|----------------------------|----------------|
| | Riesgo | Agua | Polvo | CO ₂ | | |
| Vivienda residencia colectiva | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 | |
| Comercio | Banco, Hotel | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Actividades administrativas | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Locales comerciales | 2 | — | 10 kg | 10 kg | 10 |
| | | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | | 4 | — | 2,5 kg | 5 kg | 15 |
| | Galería comercial | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| Sanidad y salubridad | 4 | — | 5 kg | 10 kg | 15 | |
| Industria | 2 | — | | | 10 | Ver dep. infl. |
| | 3 | | 10 kg | | 15 | |
| | 4 | | 5 kg | 10 kg | 15 | |
| Depósito de garrafas | 1 | | | | | |
| Depósitos | 2 | | | | 10 | Ver dep. infl. |
| | 3 | — | 10 kg | — | 15 | |
| | 4 | 10 l | 5 kg | 10 kg | 15 | |
| Educación | 4 | 10 l | 2,5 kg | 5 kg | 20 | |
| Espectáculos y Diversiones | Cine Teatro (200 localid.) | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Televisión | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Estadio | 4 | 10 l | 2,5 kg | 5 kg | 20 |
| | Otros rubros | 4 | 10 l | 2,5 kg | 5 kg | 20 |
| Actividades religiosas | 4 | 10 l | 2,5 kg | 10 kg | 20 | |
| Actividades culturales | 4 | 10 l | 5 kg | 10 kg | | |
| Auto- motores | Estación de servicio | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Industria-T. mecánico-Pintura | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| | Comercio-Depósito | 4 | 10 l | 2,5 kg | 5 kg | 20 |
| | Guarda mecanizada | 3 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |
| Aire libre | Depósitos | 2 | | | 10 | Ver dep. infl. |
| | e | 3 | — | 10 kg | — | 15 |
| | industrias | 4 | — | 5 kg | 10 kg | 15 |

Notas: Debe colocarse como mínimo 1 matafuego cada 200 m².
El CO₂ (anhídrido carbónico) se considera poco efectivo para extinción de fuegos de combustibles sólidos como maderas, papeles, telas, gomas, plásticos, etc.

- No debe utilizarse matafuegos de agua donde existe riesgo de incendio de origen eléctrico.
- Los matafuegos manuales pueden reemplazarse hasta el 50% de su cantidad por equipos sobre rueda (carros) según las siguientes equivalencias:
Un carro de 50 kg o litro equivale a 10 matafuegos de 10 kg o litro.

Tabla 40: Selección de matafuegos.

De acuerdo a lo planteado anteriormente y considerando que la planta posee 10000 m², deberían colocarse 50 extintores de 10 kg. Sin embargo, se analizaron más en detalle los riesgos y se decide colocar:

| Zona | | Sup. [m ²] | Carga de fuego | Cant. extintores | Tipo | Potencial extintor | Kg/l |
|---|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|---------|-----------------------|------|
| Planta | Descarga barras | 400 | - | 1 | Polvo | ABC | 50 |
| | Enderezadora de barras | 400 | - | 1 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | | | | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | Laminador chico | 200 | - | 1 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | | | | 1 | Polvo | 3A12BC | 10 |
| | Subestación | 400 | - | 2 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | Laminador grande | 700 | - | 2 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | | | | 2 | Polvo | 3A12BC | 10 |
| | Depósito | 400 | 35 | 2 | Polvo | 3A12BC | 10 |
| Despacho de bolas | 400 | - | 1 | Polvo | ABC | 50 | |
| Planta alta- sector administrativo | Sala de informática | 12 | - | 1 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | Oficinas-baño- pasillos | 308,4 | - | 2 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | | 5 | | | | | |
| | Laboratorio | 54 | - | 1 | Halón | 1A12BC | 10 |
| | Archivo | 25 | 35,9 | 1 | Polvo | 3A8BC | 5 |
| Cocina | 4,8 | - | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 | |
| Planta baja- sector administrativo | Recepción | 31 | 12,2 | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | Sala de Conferencias | 188 | - | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | Cocina | 24 | 5,9 | 1 | K | 2AK | 6 |
| | Vestuarios-Baños | 52 | - | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | Comedor y sala de capacitación | 43 | - | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |
| | Sala de control de balanza | 14 | - | 1 | Polvo | 1,5A6BC | 5 |

Tabla 41: Selección de extintores por sectores. Características.

En el plano N°13 del Anexo Planos se encuentran señaladas las ubicaciones de los extintores que se indicaron en la tabla anterior.

Elementos de Protección Personal (EPP)

Se entenderá por Elemento de Protección Personal (EPP) a cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Serán de uso individual y no intercambiables cuando razones de higiene y practicidad así lo aconsejen. Queda prohibida la comercialización de equipos y elementos recuperados o usados, los que deberán ser destruidos al término de su vida útil.

Los equipos y elementos de protección personal, deberán ser proporcionados a los trabajadores y utilizados por éstos, mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes a la aislación o eliminación de los riesgos.

La distribución de los EPP debe ser personalizada, ya que deben ajustarse a las características anatómicas de cada trabajador. Cada usuario debe ser instruido sobre las características de los equipos que se le entregan, siguiendo las indicaciones que se le han dado al respecto, y debe ser responsable de su mantenimiento y conservación.

Tipos de EPP:

- ✚ Protección auditiva.
- ✚ Cascos.
- ✚ Calzado de seguridad.
- ✚ Arnese y cinturones.
- ✚ Guantes.
- ✚ Protección visual.
- ✚ Protección respiratoria.
- ✚ Ropa de trabajo.

Ropa de trabajo

Se define como aquella ropa que sustituye o cubre la ropa personal, y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros. Usualmente, la ropa de protección se clasifica en función del riesgo específico para cuya protección está destinada.

La ropa de trabajo cumplirá lo siguiente:

- 1) Será de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
- 2) Ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.
- 3) Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas serán cortas y cuando sean largas, ajustarán adecuadamente.
- 4) Se eliminarán o reducirán en lo posible, elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar enganches.
- 5) Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
- 6) En casos especiales la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo resistente a sustancias agresivas, y siempre que sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios.

De un modo genérico, se pueden considerar los siguientes tipos de ropa de protección:

- Ropa de protección frente a riesgos de tipo mecánico.
- Ropa de protección frente al calor y el fuego.
- Ropa de protección frente a riesgo químico.
- Ropa de protección frente a la intemperie.
- Ropa de protección frente a riesgos biológicos.
- Ropa de protección frente a radiaciones (ionizantes y no ionizantes).

- Ropa de protección de alta visibilidad Ropa de protección frente a riesgos eléctricos.
- Ropa de protección antiestática.

En cuanto a las clases existentes para cada tipo de ropa (en el caso de existir), éstas se determinan en función del “nivel de prestación”. Estos niveles de prestación consisten en números que indican unas categorías o rangos de prestaciones, directamente relacionados con los resultados de los ensayos contenidos en las normas técnicas destinadas a la evaluación de la conformidad de la ropa de protección, y en consecuencia constituyen unos indicadores del grado de protección ofrecido por la prenda.

A continuación se mencionan aquellas que se deberán emplear en la planta:

- Ropa frente a riesgos mecánicos: Las agresiones mecánicas contra las que está diseñada este tipo de ropa esencialmente consisten en rozaduras, pinchazos, cortes e impactos.

Este tipo de ropa es necesaria ya que se realizarán tareas como enderezado de barras, manipulación de las mismas, y en el proceso de fabricación de las bolas habrá riesgos mecánicos desde el ingreso de las barras a los hornos de inducción hasta que salen del horno de temple.

- Ropa de protección contra el calor y/o el fuego: Este tipo de prendas está diseñado para proteger frente a agresiones térmicas (calor y/o fuego) en sus diversas variantes, como pueden ser:

- Llamas.
- Transmisión de calor (convectivo, radiante y por conducción).
- Proyecciones de materiales calientes y/o en fusión.

Se necesitará este tipo de ropa ya que el operario trabajará cerca de hornos de inducción y de un horno se temple.

- *Ropa de protección frente a riesgos eléctricos y antiestática:* En baja tensión se utilizan fundamentalmente el algodón o mezclas algodón-poliéster, mientras que en alta tensión se utiliza ropa conductora. Por su parte, la ropa anti-estática se utiliza en situaciones en las que las descargas eléctricas debidas a la acumulación de electricidad estática en la ropa pueden resultar altamente peligrosas (atmósferas explosivas y deflagrantes). Para su confección se utilizan ropas conductivas, tales como tejidos de poliéster-microfibras de acero inoxidable, fibras sintéticas con núcleo de carbón, etc.

Este tipo de ropa se deberá otorgar al operario de la subestación que se colocará en la planta y a aquellos que operen los distintos tableros eléctricos del proceso de producción.

Riesgos contra los cuales protegen

En el lugar de trabajo, el cuerpo del trabajador puede hallarse expuesto a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden clasificarse en dos grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones del cuerpo por agresiones externas
- Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso de prendas de protección

Cascos

“...La protección de la cabeza, comprenderá, cráneo, cara y cuello, incluyendo en caso necesario la específica de ojos y oídos. En los lugares de trabajo, en que los cabellos sueltos puedan originar riesgos por su proximidad a máquinas o aparatos en movimiento, o cuando se produzca acumulación de sustancias peligrosas o sucias, será obligatorio la cobertura de los mismos con cofias, redes, gorros, boinas u otros medios adecuados, eliminándose los lazos, cintas y adornos salientes. Siempre que el trabajo determine exposiciones constantes al sol, lluvia o nieve, deberán proveerse cubrecabezas adecuados.

Cuando existan riesgos de golpes, caídas o de proyección violenta de objetos sobre la cabeza, será obligatoria la utilización de cascos protectores. Estos podrán ser con ala completa a su alrededor o con visera en el frente únicamente, fabricados con material resistente a los riesgos inherentes a la tarea, incombustibles o de combustión

muy lenta y deberán proteger al trabajador de las radiaciones térmicas y descargas eléctricas...”

El casco es un elemento destinado a asegurar al trabajador expuesto a la caída libre de objetos, o fragmentos que salten, como así también contra agresores químicos, térmicos y corriente eléctrica, que dañen la cabeza. Las materias primas utilizadas garantizan la resistencia a los factores ambientales tales como: sol, lluvia, frío, polvo, vibraciones, sudor, lodo, entre otros.

¿Cuándo usar el Casco?

- Existe posibilidad de caída de objetos.
- Trabajo en altura.
- Riesgo eléctrico: Existen cascos diseñados para reducir la posibilidad de choque eléctrico para aquellas personas que están expuestas por su trabajo a este tipo de riesgo.



Fig. 32: EPP-Cascos.

Clasificación de los cascos

- Clase A y B: resistentes al agua y a la combustión lenta, y a labores eléctricos.
- Clase C: resistente al agua y a la combustión lenta.
- Clase D: resistente al fuego, son de tipo auto extingüibles y no conductores de electricidad.
- Clase G: para protección de tensión eléctrica hasta 2200V.
- Clase E: Para protección de tensión eléctrica hasta 20000V.

En la planta deberán utilizarse fundamentalmente aquellos de protecciones contra tensión eléctrica. Para el operario que opera en la subestación transformadora uno clase E y para el resto de clase A, B o D.

Algunas recomendaciones de interés para el mantenimiento de los cascos son:

- Los cascos fabricados con polietileno, polipropileno o ABS tienden a perder la resistencia mecánica por efecto del calor, el frío y la exposición al sol o a fuentes intensas de radiación ultravioleta (UV). Si este tipo de cascos se utilizan con regularidad al aire libre o cerca de fuentes ultravioleta, como las estaciones de soldadura, deben sustituirse al menos una vez cada tres años.
- En todo caso, el casco debe desecharse si se decolora, se agrieta, desprende fibras o cruje al combarlo. También debe desecharse si ha sufrido un golpe fuerte, aunque no presente signos visibles de haber sufrido daños.
- La limpieza y desinfección son particularmente importantes si el usuario suda mucho o si el casco deben compartirlo varios trabajadores. La desinfección se realiza sumergiendo el casco en una solución apropiada.
- Los materiales que se adhieran al casco, tales como yeso, cemento, cola o resinas, se pueden eliminar por medios mecánicos o con un disolvente adecuado

que no ataque al material del que está hecho el armazón exterior. También se puede usar agua caliente, un detergente y un cepillo de cerda dura.

Protección auditiva

Los equipos de protección auditiva son dispositivos que sirven para reducir el nivel de presión acústica en los conductos auditivos a fin de no producir daño en el individuo expuesto.

Esencialmente, tenemos los siguientes tipos de protectores:

- Orejas: Consisten en casquetes que cubren las orejas y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido. Los casquetes se forran normalmente con un material que absorba el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés), por lo general de metal o plástico.
- Orejas acopladas a casco: Consisten en casquetes individuales unidos a unos brazos fijados a un casco de seguridad industrial, y que son regulables de manera que puedan colocarse sobre las orejas cuando se requiera.
- Tapones: Son protectores auditivos que se introducen en el canal auditivo o en la cavidad de la oreja, destinados a bloquear su entrada. A veces vienen provistos de un cordón interconector o de un arnés.
- Cascos anti ruido: Son cascos que recubren la oreja, así como una gran parte de la cabeza.

Otros tipos:

- Protectores dependientes del nivel: Están concebidos para proporcionar una protección que se incremente a medida que el nivel sonoro aumenta.
- Protectores para la reducción activa del ruido (protectores ANR): Se trata de protectores auditivos que incorporan circuitos electro-acústicos destinados a suprimir parcialmente el sonido de entrada a fin de mejorar la protección del usuario.
- Orejas de comunicación: Las orejas asociadas a equipos de comunicación necesitan el uso de un sistema aéreo o por cable a través

del cual puedan transmitirse señales, alarmas, mensajes o programas de entrenamiento.



Fig. 33: EPP-Protectores auditivos.

Recomendaciones de uso

Los protectores auditivos deben poder resistir numerosas acciones e influencias, de modo que se garantice durante toda su vida útil la función protectora requerida.

- El tipo de protector debería elegirse en función del entorno laboral para que la eficacia sea satisfactoria y las molestias mínimas. A tal efecto, se preferiría, de modo general:
 - Los tapones auditivos, para un uso continuo, en particular en ambientes calurosos y húmedos, o cuando deban llevarse junto con gafas u otros protectores.
 - Las orejeras o los tapones unidos por una banda, para usos intermitentes.
 - Los cascos anti-ruido o la combinación de tapones y orejeras en el caso de ambientes extremadamente ruidosos.
 - Usar un protector auditivo no debe mermar la percepción del habla, de señales de peligro o de cualquier otro sonido o señal necesarios para el ejercicio correcto de la actividad.
 - Los tapones auditivos son estrictamente personales. Por cuestiones de higiene, debe prohibirse su reutilización por otra persona. Los demás protectores (cascos antiruido, orejeras, casquetes adaptables) pueden ser utilizados excepcionalmente por otras personas previa desinfección. Puede resultar necesario, además, cambiar las partes que están en contacto con la piel: almohadillas o cubre-almohadillas desechables.

Se deberá entregar a cada operario la protección adecuada, acorde el sector de la planta en la que trabaje y los riesgos a los que puede estar sometido.

Calzado de seguridad

Por calzado de uso profesional se entiende cualquier tipo de calzado destinado a ofrecer una cierta protección contra los riesgos derivados de la realización de una actividad laboral.

Según el nivel de protección ofrecido, el calzado de uso profesional puede clasificarse en las siguientes categorías:

- Calzado de seguridad: Es un calzado de uso profesional que proporciona protección en la parte de los dedos. Incorpora tope o puntera de seguridad que garantiza una protección suficiente frente al impacto.
- Calzado de trabajo: Es un calzado de uso profesional que proporciona protección en la parte de los dedos.



Fig. 34: EPP-Calzado de seguridad.

Riesgos contra los cuales protege el calzado profesional

En el lugar de trabajo, los pies del trabajador - y por los pies su cuerpo entero- pueden hallarse expuestos a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden agruparse en tres grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones en los pies producidas por acciones externas.
- Riesgos para las personas por una acción sobre el pie.

- Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso del calzado.

Recomendaciones de uso

- Existen zapatos, botines y botas, pero se recomienda el uso de botines o botas ya que resultan más prácticas, ofrecen mayor protección, aseguran una mejor sujeción del pie, no permiten torceduras y por tanto disminuyen el riesgo de lesiones.
- La transpiración de los pies no está relacionada específicamente con la utilización del calzado de uso profesional, sino que aparece con todo tipo de zapatos o botas. Como medida de higiene diaria deberán lavarse los pies y cambiarse los calcetines.
- Los artículos de cuero se adaptan a la forma del pie del primer usuario. Por este motivo, al igual que por cuestiones de higiene, debe evitarse su utilización por otra persona.

Guantes

Un guante es un EPP que protege la mano o una parte de ella contra riesgos. En algunos casos puede cubrir parte del antebrazo y el brazo. Esencialmente los diferentes tipos de riesgos que se pueden presentar son los que a continuación se indican:

- Riesgos mecánicos
- Riesgos térmicos
- Riesgos químicos y biológicos
- Riesgos eléctricos
- Vibraciones
- Radiaciones ionizantes

En función de los riesgos enumerados se tienen los diferentes tipos de guantes de protección, bien sea para proteger contra un riesgo concreto o bien para una combinación de ellos.

En cuanto a las clases existentes para cada tipo de guante, éstas se determinan en función del nivel de prestación.

A continuación se enumeran aquellos que se necesitarán en este caso:

- Guantes contra riesgos mecánicos: Se fijan cuatro niveles (el 1 es el de menor protección y el 4 el de mayor protección) para cada uno de los parámetros que a continuación se indican:
 - Resistencia a la abrasión.
 - Resistencia al corte por cuchilla (en este caso existen cinco niveles).
 - Resistencia al rasgado.
 - Resistencia a la perforación.
- Guantes contra riesgos térmicos (calor y/o fuego): Se definen cuatro niveles de prestación (el 1 indica la menor protección y el 4 la máxima) para cada uno de los parámetros que a continuación se indican:
 - Comportamiento a la llama.
 - Resistencia al calor de contacto.
 - Resistencia al calor convectivo.
 - Resistencia al calor radiante.
 - Resistencia a pequeñas salpicaduras de metal fundido.
 - Resistencia a grandes masas de metal fundido.



Fig. 35: EPP-Guantes de seguridad.

Riesgos contra los cuales protegen los guantes

En el lugar de trabajo, las manos del trabajador, y por las manos su cuerpo entero, puede hallarse expuesto a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden clasificarse en tres grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones en las manos debidas a acciones externas
- Riesgos para las personas por acciones sobre las manos
- Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso de guantes de protección

Recomendaciones de uso

Para deparar una protección eficaz contra los riesgos, los guantes deben mantenerse útiles, duraderos y resistentes frente a numerosas acciones e influencias, de modo que su función protectora quede garantizada durante toda su vida útil. Algunas indicaciones prácticas de interés relativas a la elección y mantenimiento de los guantes son:

- La piel es por sí misma una buena protección contra las agresiones del exterior. Por ello hay que prestar atención a una adecuada higiene de las manos con agua y jabón y untarse con una crema protectora en caso necesario.
- A la hora de elegir unos guantes de protección hay que sopesar, por una parte, la sensibilidad al tacto y la capacidad de asir y, por otra, la necesidad de la protección más elevada posible.
- Los guantes de protección deben ser de talla correcta. La utilización de unos guantes demasiado estrechos puede, por ejemplo, mermar sus propiedades aislantes o dificultar la circulación.
- Al elegir guantes para la protección contra productos químicos hay que tener en cuenta los siguientes elementos:
 - En algunos casos ciertos materiales, que proporcionan una buena protección contra unos productos químicos, protegen muy mal contra otros.
 - Los guantes de PVA no son resistentes al agua.
 - Al utilizar guantes de protección puede producirse sudor. Este problema se resuelve utilizando guantes con forro absorbente, no

obstante, este elemento puede reducir el tacto y la flexibilidad de los dedos, así como la capacidad de asir.

- El utilizar guantes con forro reduce igualmente problemas tales como rozaduras producidas por las costuras, etc.

Protección visual

A la hora de considerar la protección ocular y facial, se suelen subdividir los protectores existentes en dos grandes grupos en función de la zona protegida, a saber:

- Si el protector sólo protege los ojos, se habla de GAFAS DE PROTECCION.
- Si además de los ojos, el protector protege parte o la totalidad de la cara u otras zonas de la cabeza, se habla de PANTALLAS DE PROTECCION.

Gafas de protección: Se tienen fundamentalmente dos tipos de gafas de protección:

- Gafas de montura universal: Son protectores de los ojos cuyos oculares están acoplados a/en una montura con patillas (con o sin protectores laterales).
- Gafas de montura integral: Son protectores de los ojos que encierran de manera estanca la región orbital y en contacto con el rostro.

Pantallas de protección: Se tienen los siguientes tipos de pantallas de protección:

- Pantalla facial: Es un protector de los ojos que cubre la totalidad o una parte del rostro.
- Pantalla de mano: Son pantallas faciales que se sostienen con la mano.
- Pantalla facial integral: Son protectores de los ojos que, además de los ojos, cubren cara, garganta y cuello, pudiendo ser llevados sobre la cabeza bien directamente mediante un arnés de cabeza o con un casco protector.
- Pantalla facial montada: Este término se acuña al considerar que los protectores de los ojos con protección facial pueden ser llevados directamente sobre la cabeza mediante un arnés de cabeza, o conjuntamente con un casco de protección.



Fig. 36: EPP-Protección visual.

Riesgos contra los cuales protegen

En el lugar de trabajo, los ojos y la cara del trabajador pueden hallarse expuestos a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden agruparse en tres grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones en los ojos y la cara por acciones externas.
- Riesgos para las personas por acción sobre los ojos y la cara.
- Riesgos para la salud o limitaciones vinculados al uso de equipos de protección ocular o facial.

Recomendaciones de uso

Para deparar una protección eficaz contra los riesgos, los protectores oculares y faciales deben mantenerse útiles, duraderos y resistentes frente a numerosas acciones e influencias de modo que su función protectora quede garantizada durante toda su vida útil. Algunas indicaciones prácticas para la selección y mantenimiento de protecciones ópticas son:

- Los protectores con oculares de calidad óptica baja sólo deben utilizarse esporádicamente.

- Si el usuario se encuentra en zona de tránsito o necesita percibir cuanto ocurre en una amplia zona, debería utilizar protectores que reduzcan poco su campo visual periférico.
- La posibilidad de movimientos de cabeza bruscos, durante la ejecución del trabajo, implicará la elección de un protector con sistema de sujeción fiable. Puede estar resuelto con un ajuste adecuado o por elementos accesorios (goma de sujeción entre las varillas de las gafas) que aseguren la posición correcta del protector y eviten desprendimientos fortuitos.
- Las condiciones ambientales de calor y humedad son favorecedoras del empañamiento de los oculares, pero no son únicas.
- Un esfuerzo continuado o posturas incómodas durante el trabajo también provocan la sudoración del operario y, por tanto, el empañamiento de las gafas. Este es un problema de muy difícil solución, aunque puede mitigarse con una adecuada elección de la montura, material de los oculares y protecciones adicionales.
- Cuando los oculares de protección contra radiaciones queden expuestos a salpicaduras de metal fundido, su vida útil se puede prolongar mediante el uso de ante-cristales.

Arneses y cinturones

Un sistema de protección individual contra caídas de altura (sistema anti-caídas) garantiza la parada segura de una caída, de forma que:

- La distancia de caída del cuerpo sea mínima.
- La fuerza de frenado no provoque lesiones corporales.
- La postura del usuario, una vez producido el frenado de la caída, sea tal que permita al usuario, dado el caso, esperar auxilio.

Un sistema anti-caídas está formado por:

- Un arnés anti-caídas.
- Una conexión para unir el arnés anti-caídas a un punto de anclaje seguro. Esta conexión puede efectuarse utilizando un dispositivo anti-caídas o un absorbedor de energía.

Hay que recalcar que un cinturón no protege contra las caídas de altura y sus efectos.

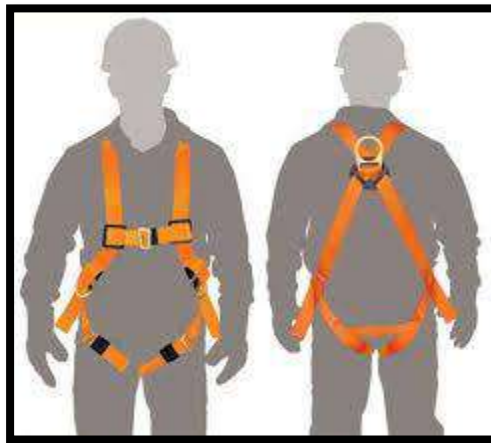


Fig. 37: EPP-arnés.

Riesgos contra los cuales protegen

En el lugar de trabajo, el cuerpo del trabajador puede hallarse expuesto a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden dividirse en dos grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones del cuerpo por caída de altura.
- Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso de EPI contra caídas de altura.

Recomendaciones de uso

La elección de un EPI contra caídas de altura requerirá, en cualquier caso, un conocimiento amplio del puesto de trabajo y de su entorno. Por ello la elección debe ser realizada por personal capacitado, y en el proceso de elección la participación y colaboración del trabajador será de capital importancia. Normalmente los equipos de protección no se deben intercambiar entre varios trabajadores, pues la protección óptima se consigue gracias a la adaptación del tamaño y ajuste individual de cada equipo. Algunas indicaciones prácticas de interés, relativas a este particular, son:

- El dispositivo de anclaje del equipo de protección individual contra caídas debe poder resistir las fuerzas que se originan al retener la caída de una persona.
- Los puntos de anclaje deben ser siempre seguros y fácilmente accesibles.
- Los elementos de amarre no se deberán pasar por cantos o aristas agudos.

Algunas recomendaciones de interés para su mantenimiento:

- Los arneses anti-caídas y las líneas de anclaje se deben:
 - Almacenar colgados, en lugar seco y fresco.
 - Almacenar lejos de fuentes de calor.
 - Proteger del contacto con sustancias agresivas (p. ej. ácidos, lejías, fluidos de soldadura, aceites).
 - Proteger de la luz solar directa durante su almacenamiento.
- El transporte de los EPI contra caídas de altura se hará, a ser posible, en su maleta correspondiente.
- Los EPI contra caídas hechos de materiales textiles se pueden lavar en lavadora, usando un detergente para tejidos delicados y envolviéndolos en una bolsa para evitar las agresiones mecánicas.
- Los componentes textiles de los equipos hechos de fibra sintética, aun cuando no se someten a sollicitaciones, sufren cierto envejecimiento, que depende de la intensidad de la radiación ultravioleta y de las acciones climáticas y medioambientales.

Riesgos comunes a todos los bloques del proceso

Riesgo Físico del Ambiente de Trabajo: Ruido y vibraciones

Se produce en todos los bloques del proceso de metalmecánica debido al uso de maquinarias y herramientas, que por el propio funcionamiento o por contacto con el metal mediante impactos, descargas eléctricas y fricción, alcanzando niveles sonoros potencialmente nocivos para la audición y perjudiciales para la salud de los trabajadores.

El riesgo de pérdida auditiva comienza a ser significativo cuando se supera el límite de 85 db para jornadas de trabajo de 8 horas por 5 días semanales. Los trabajadores suelen no percibir la pérdida auditiva hasta que son afectadas las frecuencias conversacionales, lo que perjudica su relación con los demás y para ese momento, esta pérdida es irre recuperable. Previo a esta situación, que en terminología médica se denomina hipoacusia inducida por ruido, los trabajadores pueden presentar deterioro en su salud general, con síntomas inespecíficos, tales como trastornos del sueño y digestivos, irritabilidad, cansancio y déficit de atención entre otros, para luego acentuarse con zumbidos y vértigo.

Buenas Prácticas

Al igual que con otras clases de exposición, la mejor manera de evitar el riesgo es eliminarlo. Por esta razón, combatir el ruido en su fuente es la mejor manera de lograrlo. Para reducir y/o eliminar el ruido, se pueden tomar distintas acciones, muchas de las cuales forman parte de los Elementos Protección Colectiva.

- Emplear máquinas y métodos que por su innovación tecnológica sean lo menos ruidosas posibles, es decir, sustituir el equipo productor de ruido por uno menos ruidoso.
- Colocar las máquinas que vibran sobre materiales amortiguadores.
- Aumentar la distancia entre el trabajador y la fuente sonora.
- Utilizar materiales que absorban el sonido en las paredes, suelos, y techos.
- Colocar silenciadores en las salidas de aire de las válvulas neumáticas.

- Utilizar sistemas de ventilación, como extractores de aire, que sean lo menos ruidosos posible.
- Colocar en los motores eléctricos un sistema de amortiguación y controlar su efectivo funcionamiento.
- Realizar mantenimiento y lubricación periódica de los equipos, y de ese modo sustituir las piezas gastadas o defectuosas.
- Impedir o disminuir el choque entre piezas de las maquinarias, modificando la manera en que se manipulan los materiales con medidas como las siguientes:
 - Disminuir la altura de la caída de los objetos que se recogen en cubos o tachos y cajas.
 - Dotar de amortiguadores a los recipientes contra los que chocan objetos.
 - Utilizar caucho blando o plástico para los impactos fuertes.
 - Disminuir la velocidad de las correas o bandas transportadoras.
 - Utilizar transportadoras de correa en lugar de las de rodillo.
- Colocar barreras para separar o aislar las piezas de las máquinas o las máquinas que sean particularmente ruidosas. Para ello, tener en consideración que:
 - Si se pone una barrera, ésta no debe estar en contacto con ninguna pieza de la máquina;
 - En la barrera debe haber el número mínimo posible de orificios;
 - Las puertas de acceso y los orificios de los cables y tuberías deben ser rellenados;
 - Los paneles de las barreras aislantes deben ir forrados por dentro de material que absorba el ruido;

Cuando no sea posible reducir los tiempos de exposición, recurrir a los EPP. Estos deben poseer la correspondiente certificación que garantice una atenuación adecuada y calidad de fabricación según las normas. A su vez, cada trabajador debe estar adecuadamente capacitado y concientizado en cuanto a su uso.

Existen diversos tipos de protectores auditivos, todos ellos eficaces cuando se usan. Para tales acciones recomendamos la implementación de programas de reducción

de ruido y conservación de la audición con la participación de las áreas de salud, seguridad, producción, mantenimiento y recursos humanos. Es necesario medir el ruido luego de realizar modificaciones en los puestos de trabajo como así también efectuar una nueva audiometría al trabajador después de un cambio de tarea, de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente.

Riesgos Físicos del Ambiente de Trabajo: Iluminación

Es importante considerar las fuentes lumínicas en el ambiente laboral, teniendo en cuenta que la luz está integrada por luz natural y artificial, y que se requiere mayor intensidad de esta última durante la noche.

La iluminación adecuada para cada tarea depende de varios factores, partiendo de las características visuales de cada trabajador, la precisión requerida para la tarea realizada, el detalle del trabajo, la velocidad del movimiento de los objetos, el contraste, etc. De esta manera puede resultar complejo asegurar una calidad óptima para cada puesto de trabajo, pero es igualmente necesario realizar mediciones para conocer los niveles de iluminación de los puestos y así poder realizar las adecuaciones para lograr los niveles mínimos establecidos, según el Anexo IV del Decreto No 351/79 y la Resolución SRT No 84/11.

Buenas Prácticas

Una buena práctica en cuanto al confort visual es lograr que la iluminación genere la menor molestia posible y sea efectiva a los fines de las tareas a realizar, considerando la preservación de la salud. Se debe buscar:

- Eliminar los reflejos molestos, los deslumbramientos y las sombras.
- Utilizar los colores normalizados.
- Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación de alumbrado, teniendo en cuenta:
 - La detección del envejecimiento de las luminarias,
 - la realización correcta de la limpieza de las luminarias y,
 - el funcionamiento adecuado de la iluminación de emergencia.
- Asegurar una adecuada iluminación general que tenga en cuenta las variaciones debido a las condiciones de luz natural.

- Asegurar una adecuada iluminación localizada en puntos críticos donde el operario necesita precisión en sus movimientos.

Nuestra premisa de trabajo debe ser: "TENEMOS QUE VER LO QUE ESTAMOS HACIENDO". Ya que el confort visual evita la fatiga ocular, contribuye a la concentración del trabajador durante su tarea y disminuye el riesgo de accidentes.

Riesgos de accidentes: Mecánicos

Las fuentes más comunes de riesgos mecánicos son las partes en movimiento no protegidas:

- Puntas de ejes, transmisiones por correa, engranajes, proyección de partes giratorias, transmisiones por cadena y piñón, cualquier parte componente expuesta;
- En el caso de máquinas o equipos movidos por algún tipo de energía y que giren rápidamente o tengan la fuerza suficiente para alcanzar al trabajador, atrayéndolo a la máquina antes que pueda liberarse;

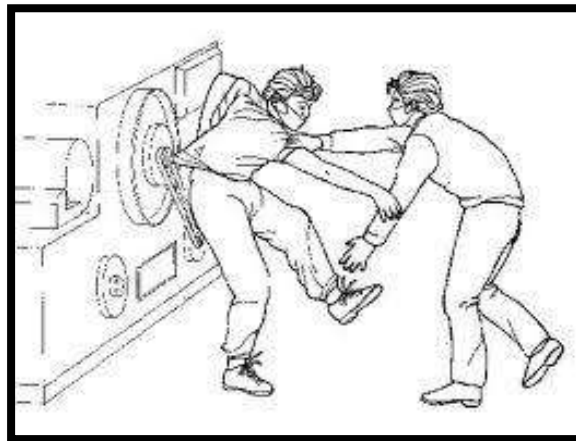


Fig. 38: Ejemplo de riesgo mecánico: atrapamiento de ropa.

- Puntos de corte, en los que una parte en movimiento pase frente a un objeto estacionario o móvil con efecto de tijera sobre cualquier elemento ubicado entre ellos;
- Cualquier componente de máquina que se mueve con rapidez y con la energía necesaria para golpear, aplastar o cualquier otra manera de producir daños al trabajador;
- Los lugares de operación, en los que la máquina realiza su trabajo sobre el producto que ha de ser creado;

- Explosión en los recipientes a presión; y riesgos en los volantes en movimiento.

Los requisitos básicos para una protección mecánica son los siguientes:

- a) Debe ser lo bastante resistente, para que no pueda sufrir daños por causas externas o causar interferencia en la operación de la máquina.
- b) Debe permitir la fácil realización de las tareas de inspección y de mantenimiento.
- c) Debe estar montada en forma adecuada. El montaje debe ser rígido para evitar vibraciones o interferencia, y resistente.
- d) Debe ser diseñada en forma que no incluya partes desmontables, con el fin de que no puedan ser retiradas algunas partes y pierda efectividad.

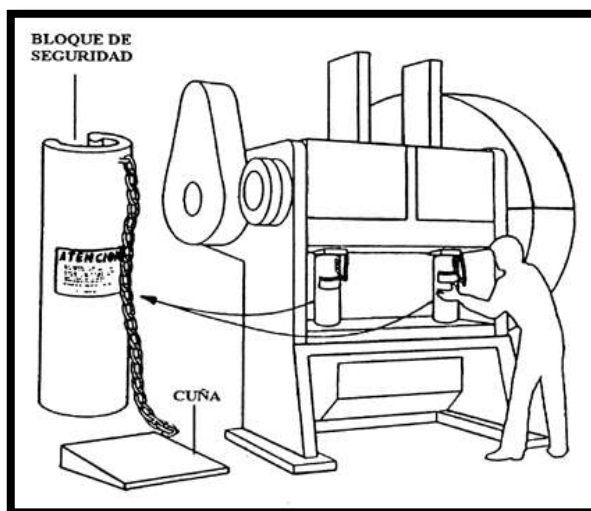


Fig. 39: Riesgo mecánico- Ejemplo.

Aún cuando las partes móviles de máquinas situadas a más de 2.1 metros sobre el piso del taller, no se consideran como dentro del alcance de los trabajadores, resulta conveniente protegerlas cuando su masa es grande.

Métodos para el control de los riesgos en el punto de operación

- a) *Protección en cerco o barrera*: Este tipo de protección es casi siempre utilizado para las operaciones en que se aplican sistemas automáticos en la alimentación de las máquinas. Se deberá emplear en las mesas de alimentación de barras.

- b) Protección por distancia: Lógicamente, un medio evidente para proteger al operador de la máquina contra exposición de partes de su cuerpo. Un ejemplo es la operación a control remoto. En la planta se puede emplear para el caso de los puentes grúa.
- c) Dispositivos para retirar las manos: Son dispositivos diseñados para que el operario retire las manos de la zona de peligro antes de la operación mecánica de la herramienta.
- d) Controles de desactivación de seguridad: Se usan en casos donde la máquina opera en forma continua, mientras el operador la alimenta o en su defecto está expuesto a sus riesgos, es frecuente el uso de un medio de control que pueda desactivar su interruptor.
- e) Herramientas especiales para alimentación: Pueden ser usadas con gran efectividad en ciertas operaciones, para mantener las manos del operador lejos de la zona peligrosa de trabajo. Por ejemplo los puentes grúa para el caso de esta planta que se analiza.

Elevadores y equipos montacargas

La caída accidental de los elevadores es rara, pero anualmente y de manera consistente no dejan de producirse accidentes a la entrada de los carros elevadores y en los túneles verticales, por lo que se deben reunir por lo menos los requisitos mínimos de protección para el túnel, la entrada al túnel y la cabina.

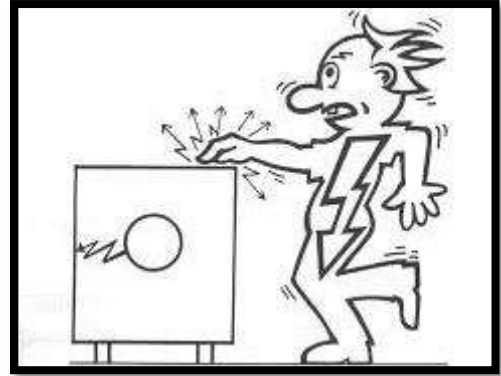
Los equipos para levantar cargas, tales como grúas, cabrias y otros similares, pueden ser motivo de accidentes debido a averías mecánicas u operación peligrosa. Es primordial hacer inspecciones periódicas y el adecuado mantenimiento a todos los componentes si es que se desea un trabajo eficaz y seguro.

Un factor de importancia al elevar cargas con cables y cadenas, es evidentemente la resistencia del medio elevador –es decir del propio cable o cadena- por lo que es recomendable usar un factor de seguridad entre cuatro y seis veces superior a la capacidad de carga del dispositivo.

Riesgos de Accidentes: Electricidad

Se debe garantizar mínimamente:

- No intervenir, reparar o inspeccionar los tableros eléctricos sin autorización y conocimiento de la tarea.
- No utilizar tomacorrientes que no estén normalizados.
- No utilizar adaptadores de toma corrientes para no recargar la línea ni eliminar la protección de la descarga a tierra.
- No tirar de los cables al desenchufar los tomacorrientes.
- Revisar periódicamente que los cables no posean defectos en la aislación ni en los tomacorrientes. Si se detectase alguna anomalía no utilizar los mismos e informar a su supervisor.
- Evitar dejar cables eléctricos de alimentación y alargues sobre el piso, y colocarlos en altura mediante tendido aéreo.
- Bloquear/ consignar de forma segura las máquinas, equipos y herramientas en operaciones de mantenimiento, reparación, ajustes, revisiones y preparación.
- No trabajar sobre superficies de piso mojadas o húmedas.
- Asegurar que las instalaciones eléctricas cuenten con eficiente sistema de puesta a tierra y continuidad de las masas conductoras, llaves termomagnéticas, interruptores diferenciales acorde a la potencia, tableros ignífugos, toma corrientes monofásicos y trifásicos normalizados.
- Mantener los tableros eléctricos cerrados para las personas no autorizadas y señalar el riesgo.
- Efectuar mediciones periódicas del valor de las puestas a tierra, de la continuidad de las masas conductoras y controlar funcionamiento de interruptores diferenciales.
- El trabajo de mantenimiento debe conservar los equipos según diseño y ser efectuado por personal calificado.



- Utilizar equipos que cumplan con normas y reglamentaciones electromecánicas.

Capacitación del personal

El personal que efectúe el mantenimiento de las instalaciones eléctricas será capacitado por la empresa para el buen desempeño de su función, informándosele sobre los riesgos a que está expuesto. También, recibirá instrucciones sobre cómo socorrer a un accidentado por descargas eléctricas, primeros auxilios, lucha contra el fuego y evacuación de locales incendiados.

Los trabajos con tensión serán ejecutados sólo por personal especialmente habilitado por la empresa para dicho fin. Esta habilitación será visada por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad de la empresa. Será otorgado cuando se certifiquen:

- a) Conocimiento de la tarea, de los riesgos a que estará expuesto y de las disposiciones de seguridad.
- b) Experiencia en trabajos de índole similar.
- c) Consentimiento del operario de trabajar con tensión.
- d) Aptitud física y mental para el trabajo.
- e) Antecedentes de baja tasa de accidentes.

Una sola persona, el responsable del trabajo, deberá velar por la seguridad del personal y la integridad de los bienes y materiales que sean utilizados en el transcurso de una maniobra, operación o reparación.

Trabajos y maniobras en instalaciones de Baja Tensión (BT)

- a) Antes de iniciar todo trabajo en BT se procederá a identificar el conductor o instalación sobre los que se debe trabajar.
- b) Toda instalación será considerada bajo tensión, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto.
- c) No se emplearán escaleras metálicas, metros, aceiteras y otros elementos de material conductor en instalaciones con tensión.

- d) Siempre que sea posible, deberá dejarse sin tensión la parte de la instalación sobre la que se va a trabajar.

Material de seguridad

Además del equipo de protección personal que debe utilizarse en cada caso particular (casco, visera, calzado y otros) se considerará material de seguridad para trabajos en instalaciones de BT, el siguiente:

- Guantes aislantes.
- Protectores faciales.
- Taburetes o alfombras aislantes y pértigas de maniobra aisladas.
- Vainas y caperuzas aislantes.
- Detectores o verificadores de tensión.
- Herramientas aisladas.
- Material de señalización (discos, vallas, cintas, banderines).
- Lámparas portátiles.
- Transformadores de seguridad para 24 V. de salida (máximo).
- Transformadores de relación 1:1 (se prohíben los autotransformadores).
- Interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

Trabajos y maniobras en instalaciones de MT y AT

- Todo trabajo o maniobra en MT o AT deberá estar expresamente autorizado por el responsable del trabajo, quien dará las instrucciones referentes a disposiciones de seguridad y formas operativas.
- Toda instalación de MT o AT será siempre considerada como estando con tensión, hasta tanto se compruebe lo contrario con detectores apropiados y se coloque a tierra.
- Cada equipo de trabajo deberá contar con el material de seguridad necesario para el tipo de tarea a efectuar, los equipos de salvataje y un botiquín de primeros auxilios para el caso de accidentes. Todo el material de seguridad deberá verificarse visualmente antes de cada trabajo, además de las inspecciones

periódicas que realice el personal del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Todo elemento que no resulte apto no podrá ser utilizado.

Subestación transformadora interior

Requisitos de los locales para instalaciones de interior

Se considera como subestación de una instalación, el sitio destinado con exclusividad a la colocación de los equipos de medida, los elementos de protección generales y el transformador o transformadores que puedan ser requeridos, siempre y cuando sean accesibles sólo a personal calificado para su operación.

En los locales de subestación ubicados en el interior de una edificación se preferirán los transformadores tipo seco. Por el ruido debido a su funcionamiento, se recomienda que su instalación no sea contigua a sitios de habitación, oficinas y en general locales con ocupación permanente de personas.

El local de la subestación deberá ser de uso exclusivo para la ubicación de los equipos eléctricos y no deberá ser empleado como cuarto de aseo, almacenamiento o depósito de materiales, ni ubicarse equipos de comunicaciones, televisión o teléfono.

Las subestaciones no deben quedar ubicadas en sótanos sin acceso vehicular, pisos elevados, terrazas, o en general, en lugares donde no sea posible el ingreso de montacargas o maquinas de alce.

El local que contenga el centro deberá estar construido de material no combustible y las paredes o cerramientos serán de resistencia al fuego suficiente con relación al equipamiento alojado. El recinto protegerá el equipamiento alojado en él contra la humedad y las filtraciones. Asimismo no debe ser atravesado por ningún canal o tubería de agua potable, aguas negras, pluviales, gas ni ductos de teléfonos o señal que no pertenezcan a la misma instalación.

Dimensiones de los pasillos

Los pasillos situados entre o frente a celdas cerradas tendrán un ancho mínimo de:

| Maniobra | Puertas de celdas | Ancho (mm) |
|-------------|-------------------|------------|
| A un lado | Extraíbles | 1000 |
| | Rebatibles | 800 (*) |
| Ambos lados | Extraíbles | 1200 |
| | Rebatibles | 1000 (*) |

Tabla 42: Dimensiones de pasillos.

(*)Ancho de paso disponible cuando la celda está con su puerta rebatible abierta. Valen también para celdas con aparatos en posición abiertos y desconectados.

Cuando se requieran pasillos para servicios posteriores a las celdas, accesibles para mantenimiento y montaje, se dejará un ancho mínimo de 700 mm de ancho. Las celdas tendrán la salida de expulsión de gases dispuesta de forma de no afectar al operador. La altura mínima de los pasillos de maniobra será de 2,20 m.

Condiciones de salidas de emergencia

Las salidas deberán estar dispuestas de forma que las rutas de salida tengan recorridos no superiores a 20 m.

Si un pasillo de maniobra no excede los 10 m bastará con una sola salida. Si la longitud es superior, deberán disponerse posibilidades de evacuación en ambos extremos.

Cuando se disponga de salida única, y las puertas de celdas sean rebatibles, se recomienda que éstas cierren en el sentido del escape. Los accesos para personal y equipamiento deberán ubicarse de modo que aún en caso de incendio no se obstaculice la salida de las personas del edificio, sobre todo en el caso de accesos únicos.

Acceso e instalación de celdas y transformador

Paso de transformador

Paso horizontal: Se deberá prever un gálibo (zona geométrica que debe estar libre de obstáculos alrededor de un sitio) para pasaje de transformador con una altura y ancho 0,2 m superior a las dimensiones de la máquina más grande prevista ingresar, incluyendo las medidas del medio de traslado cuando sea necesario.

Ingreso vertical (cámara bajo nivel): ancho y largo de la abertura superior en 0,2 m a las medidas correspondientes del transformador. El camino de transformador debe ser de resistencia mecánica adecuada para resistir el peso de la máquina y de su eventual medio de traslado.

Accesibilidad de transformadores

Todo dispositivo agregado a los transformadores, tales como ventiladores, deben ser de fácil acceso para su inspección visual con la máquina en servicio, y para su mantenimiento al menos con la máquina fuera de servicio.

Todo elemento de señalización y control debe ser visible y en lo posible accesible con la máquina en tensión de forma segura y sin dificultad, desde una posición accesible desde el piso o pasillo de inspección.

Distancia entre parte posterior de celdas y la pared

Si las celdas poseen paneles de alivio de presión en la parte posterior (flaps), deberá preverse una separación de la pared o tabique conforme indicaciones del fabricante. Si tales paneles expulsaran hacia áreas de paso de personal, debe disponerse de un tabique, respetando la separación antedicha.

Inaccesibilidad de personas no instruidas o calificadas

Las puertas o tapas que comuniquen los recintos de servicio eléctrico con otros ambientes o el exterior, deberán disponer de un cierre , que impide el acceso de las personas ajenas al servicio, o personal no instruido o calificado.



Fig. 40: Subestación en un interior.

Disposiciones constructivas y ventilación del local

La construcción debe ser apta para soportar las sollicitaciones propias del área de instalación, incluyendo movimientos sísmicos cuando corresponda.

Todas las paredes deben ser construidas de un acabado liso. Los espesores y materiales cumplirán los requisitos establecidos según el tipo de transformador empleado.

Los techos deberán presentar solidez e impermeabilidad y su pendiente deberá permitir la evacuación de las aguas pluviales.

En cuanto al piso, en cámaras a nivel se deberá elevar al menos a 10 cm del nivel del suelo exterior y deberá estar por encima de la cota de inundación, con una pendiente de 1 cm por metro en dirección a la puerta. Se deberá prever para soportar el peso del transformador más pesado que pueda instalarse a futuro.

Los canales de cables se deberán cubrir con tapas removibles de rigidez suficiente para soportar el peso de personas o equipos según corresponda. Su diseño debe evitar caídas por desplazamiento y de ser metálicas, su marco de apoyo deberá estar puesto a tierra.

Las hojas de las puertas serán de planchas de acero de por lo menos 2 mm de espesor, encuadradas en una estructura metálica u otro material de espesor que proporcione resistencia al fuego y mecánica similar. Las dimensiones de la puerta de acceso deberán permitir el montaje, el mantenimiento del centro y el ingreso y salida del transformador y equipos, si pasaran por la misma puerta. En ningún caso será menor a 0,75 m de ancho y 2,2 m de alto libres.

El local del centro deberá ser previsto de buena ventilación, procurando cuando sea posible, que sea cruzada. Se preferirá ventilación natural para locales con transformadores.

Dimensiones de las paredes de separación entre transformadores

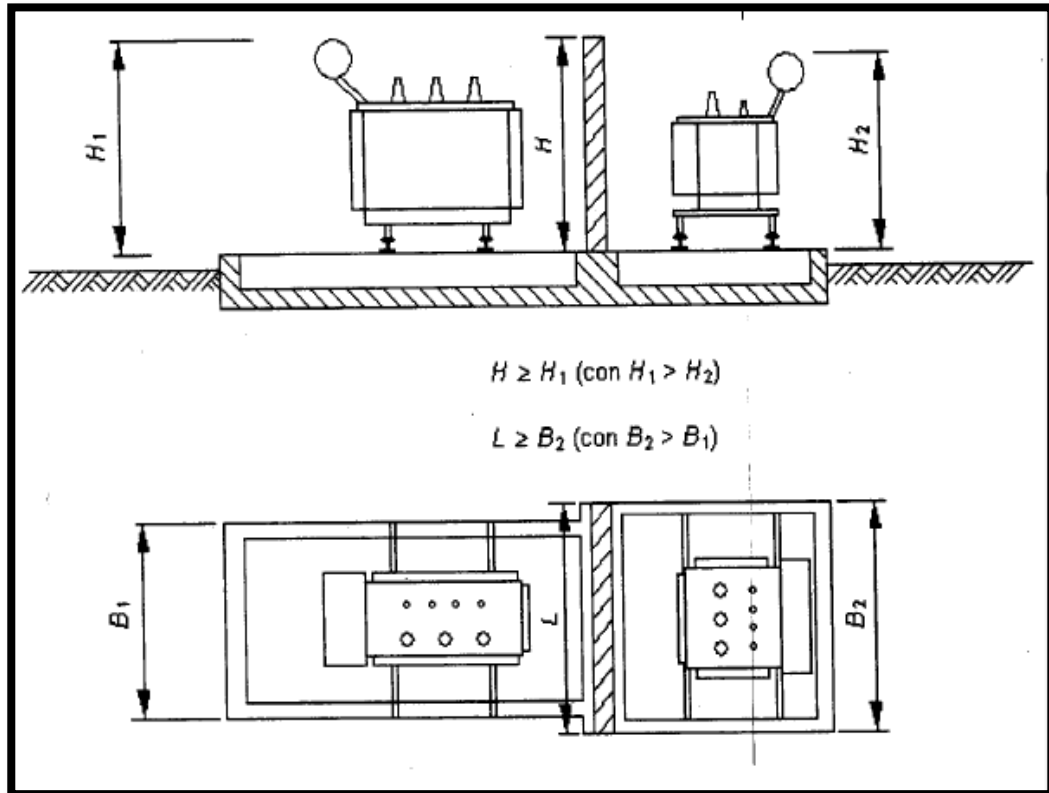


Fig. 41: Separación entre transformadores.

Instalaciones auxiliares de BT

En un centro con instalación de interior de maniobra interior, pueden incluirse las instalaciones auxiliares de BT siguientes, según las necesidades propias de la instalación:

- Iluminación artificial.
- Toma de fuerza motriz para trabajos de mantenimiento.
- Toma de fuerza motriz para ventilación forzada.
- Toma de fuerza motriz para bombas de achique.
- Servicios auxiliares de celdas u otros equipos.
- Equipamiento remoto de telecontrol.

Si se trata de instalaciones con permanencia de personal de operación y mantenimiento:

- Iluminación de emergencia.
- Sistema de alarma de incendio.

Tratamiento del neutro y puestas a tierra

Los sistemas media tensión (MT) y baja tensión (BT) asociados a los centros de transformación tendrán en general un esquema de conexión de neutro rígido a tierra.

El conductor neutro no podrá ser interrumpido, salvo que esta interrupción sea realizada por interruptores o seccionadores multipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

Se procurarán evitar uniones intermedias en el conductor neutro de la línea de vinculación entre bornes BT del transformador y bornes de entrada del tablero de BT del centro.

La conexión del neutro a tierra se hará mediante una conexión derivada hasta la barra de tierra a la que acomete el conductor de tierra.

Si la instalación de BT del inmueble del predio en que se encuentra un centro de transformación tuviese un esquema de conexión TN-S, el conductor PE de ésta se conectará a esta barra de tierra.

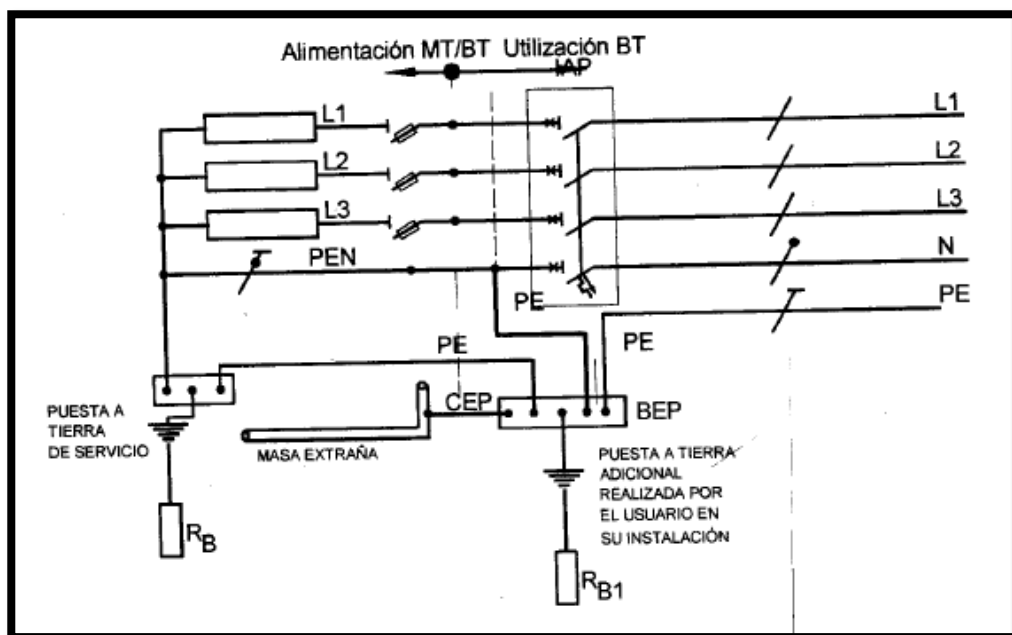


Fig. 42: Esquema de conexión del conductor PE en un sistema TN-S.

Identificación del conductor neutro y de puesta a tierra

- Conductor neutro BT: Celeste.
- Conductor de protección de instalación BT para fuerza motriz, servicios auxiliares, iluminación: debe ser aislado, con color verde y amarillo.
- Conductor de protección de masas MT: se permite cable desnudo, con protección mecánica (y aislante si corresponde) en instalaciones exteriores expuestas.

Sistemas de puesta a tierra asociados a los centros

Puesta a tierra de protección: sistema de puesta a tierra de partes conductoras que normalmente no están bajo tensión (masas eléctricas como gabinetes de celdas, tableros de BT, bastidores de aparatos, etc. y masas extrañas como estructuras, postes, cercos perimetrales), destinado a proteger las personas, animales y bienes evitando que aparezcan diferencias de potenciales peligrosos entre éstas y respecto de tierra, en caso de un incidente.

Puesta a tierra de servicio: puesta a tierra de un punto del circuito activo, que es necesaria para el normal funcionamiento de un equipo o instalación. Es aquella destinada a conectar en forma permanente a tierra el centro estrella correspondiente a el/los bobinado/s de los transformadores de distribución y el conductor neutro de la red, en MT o en BT según corresponda.

Requisitos de los sistemas de puesta a tierra

Requisitos de seguridad:

- Garantizar la seguridad de las personas en cualquier lugar al que éstas tengan acceso, evitando la circulación de una corriente inadmisibles por el cuerpo humano.

Requisitos funcionales:

- Resistir los esfuerzos térmicos y electrodinámicos.
- Asegurar la resistencia mecánica y contra la corrosión.

- Evitar el daño de los equipos debido a aumentos de potencial excesivos o a diferencias de potencial elevadas entre distintos sistemas de tierra, y a corrientes excesivas circulantes por partes no concebidas a tal efecto.

Medidas recomendadas para controlar tensiones de paso y contacto

Tensión de contacto efectiva: tensión entre partes conductoras cuando son tocadas simultáneamente por una persona o animal. Se refiere al contacto entre piso y masas ubicadas al alcance, asumiendo que la corriente fluye desde la mano a los pies, o al contacto entre masas simultáneamente accesibles.

Tensión de paso: diferencia de potencial entre dos puntos sobre la superficie de la tierra que se encuentran a una distancia de 1 m entre sí, la cual es considerada como la longitud de paso de una persona.

Dentro de las instalaciones de interior pueden aplicarse las medidas siguientes:

- Difusión del gradiente de potencial mediante electrodo tipo rejilla, empotrado en los cimientos del edificio, conectado al sistema de puesta a tierra.
- Colocación de placas o rejillas en las zonas de operación, conectadas al sistema de puesta a tierra.
- Aislación de zonas de operación, colocando material aislante de forma de impedir que las partes conductoras puestas a tierra queden al alcance de la mano fuera de la capa aislante.

Equipamiento y materiales

El equipamiento se seleccionará e instalará de forma tal de satisfacer los siguientes requisitos:

- Construcción segura luego de su correcto ensamblado y conexión a la red.
- Comportamiento confiable y seguro teniendo en cuenta las influencias externas esperables en la ubicación del sistema.
- Facilidad para las tareas de reemplazo y mantenimiento del equipamiento.

- Protección al personal durante el uso y mantenimiento del equipamiento.
- Protección y preservación del medio ambiente.

Seguridad del personal

Se debe prestar especial atención a la seguridad del personal durante la instalación, operación y mantenimiento del equipamiento. Esta condición puede incluir:

- Manuales e instrucciones para el transporte, almacenamiento, instalación, operación y mantenimiento.
- Herramientas especiales para la operación, mantenimiento y prueba.
- Procedimientos seguros de trabajo desarrollados para cada instalación específica.

Protecciones del equipamiento eléctrico

Protecciones contra sobrecorrientes

Estas protecciones deberán actuar de forma tal que las partes de la instalación que éstas recorran no sean dañadas, sea ante una falla de un elemento propio o externo (eventualmente acotando el daño sobre el elemento averiado), o ante un aumento imprevisto de la misma en condiciones de operación normal.

A su vez, todas las partes de la instalación del centro deberán estar dimensionadas para resistir, cualquiera sean las condiciones de explotación, los efectos térmicos y electrodinámicos de la corriente de cortocircuito durante el tiempo de actuación de las protecciones, sin que se produzca peligro para las personas, ni originen riesgos de incendio o deterioro inadmisibles en las instalaciones mismas.

La protección de las instalaciones contra sobrecorrientes podrá realizarse por medio de fusibles o aparatos automáticos de interrupción. Éstos deben:

- Tener un poder de ruptura apto para interrumpir la corriente de cortocircuito más intensa que pueda producirse en el lugar donde están instalados, considerando además el nivel de tensión del sistema. Los aparatos automáticos deberán ser capaces de soportar varias

desconexiones sucesivas de acuerdo con las normas de aplicación correspondientes.

- Soportar el paso de la corriente en condiciones de funcionamiento normal y ante sobrecargas previstas, sin alterar sus características.
- Tener una capacidad adecuada para detectar e interrumpir las corrientes de falla mínima.

Señalización preventiva para personal de operación y terceros

Toda instalación eléctrica debe ser correctamente señalizada, y deben disponerse las advertencias para terceros, y las advertencias e instrucciones necesarias para el personal de operación y mantenimiento de modo que se impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos de tensión.

A este fin se tendrá en cuenta:

Todas las puertas que den acceso a los recintos en los que se hallan apartados de media tensión, deben estar provistos de rótulos de advertencia con indicación de la existencia de instalaciones de media tensión.

Los carteles estarán de acuerdo a la norma IRAM 10005, y/o la Reglamentación que sea aplicable a futuro.

Todos los equipos y aparatos principales, celdas, paneles de cuadros y circuitos, deben estar diferenciados entre sí con marcas o letreros claramente establecidos, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructuras apropiadas para su fácil lectura y comprensión.

Particularmente, deben estar claramente señalizados en forma visible todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra y los propios aparatos, incluyendo la identificación de las posiciones de apertura y cierre, salvo en el caso en que su identificación se pueda hacer claramente a simple vista.

Deben colocarse carteles de advertencia de peligro en todos los puntos que por las características de la instalación o su equipo lo requieran.

En los interruptores y seccionadores manuales o automáticos, se indicarán claramente las posiciones de “cerrado” y “abierto”, por medio de rótulos en el mecanismo de maniobra, debiendo disponer de dispositivos para instalar candados que imposibiliten su operación, cuando se encuentren consignados para una tarea.

Impacto ambiental

Para centros a nivel, de operación interior, se deberán analizar los siguientes aspectos ambientales:

- Impacto visual.
- Afectación del acceso a predios o de la circulación peatonal o vehicular.
- Afectación del patrimonio cultural.
- Ruidos y radiointerferencias.
- Manipuleo, pérdidas y disposición final de los aceites aislantes.
- Producción de campos electromagnéticos.
- Mantenimiento de las condiciones ambientales del local. Evitando la generación de olores, ingreso de roedores y anidación de insectos.

Ruidos

Los niveles medios de ruido permisibles en el entorno afectado por los centros de transformación deberán cumplir con los valores establecidos en la norma aplicable en la jurisdicción en la que se encuentra la instalación. En caso de no existir una normativa específica local, se respetarán los límites fijados en la norma IRAM 4062 vigente.

Los transformadores de distribución deberán tener un nivel medio de ruido igual o inferior al indicado en la norma IRAM 2437. Los elementos estructurales del centro de transformación deben evitar amplificar el ruido producido por los transformadores.

Campos eléctricos y magnéticos

Los campos medidos en el límite perimetral del espacio ocupado por los centros de transformación, no deberán sobrepasar los valores de referencia que establezca la autoridad competente.

Al respecto, la Resolución de la Secretaría de Energía 77/98 indica que “Para atender los efectos en las personas debidos a la exposición a campos eléctricos y de inducción magnética, se adoptan valores de máximo límite

extremo tendientes a orientar la elección de los diseños de las futuras instalaciones de distribución de energía eléctrica, teniendo en cuenta valores tan bajos como razonablemente alcanzables y evitando los que puedan producir campos de inducción magnética más intensos que los típicos para las líneas existentes...”.

Los límites vigentes conforme a la citada Resolución son los siguientes:

- Campo magnético: 25 μ T.
- Campo eléctrico: 3 kV/m.

Radiointerferencia

Los valores máximos permisibles y los procedimientos de medición a emplear son los establecidos en la Resolución SE N°77/98.

Buenas prácticas globales del proceso: Medidas Generales

- No utilizar máquinas ni herramientas que no estén debidamente protegidas.
- No realizar tareas de mantenimiento si no está capacitado y autorizado.
- No transportar personas en montacargas, auto-elevadores ni en maquinaria que no esté diseñada para esa finalidad.
- Mantener los EPP y EPC en perfecto estado de conservación.
- No realizar las tareas sin los EPP o las herramientas de trabajo adecuadas.
- No realizar operaciones de reparación, ajustes, revisiones y otras similares, en las máquinas, equipos y herramientas. Las mismas deben ser realizadas por el área de mantenimiento, con procedimientos de trabajo seguro.
- No utilizar ropa suelta, mangas desabrochadas, cadenas, relojes, anillos, aros, piercings o cualquier otro elemento que pudiera ocasionar enganches de los mismos con alguna parte de la máquina. Asimismo, atarse o recogerse el cabello.
- No utilizar teléfonos celulares o equipos de reproducción musical (por ejemplo, mp3, etc.) ni ningún otro dispositivo que pudiera causar distracciones exponiendo al trabajador a situaciones riesgosas.

- No anular los sistemas de seguridad y avisar inmediatamente cuando no funcionan los mismos.
- Implementar un programa de mantenimiento periódico de los aparatos de izaje de cargas (aparejos, polipastos), con el objeto de asegurar y verificar en forma sistematizada que éstos se encuentren en adecuadas condiciones de funcionamiento y se cambien las partes desgastadas. Las actuaciones deben ser registradas y realizadas por personal especializado y capacitado para tal fin.
- Capacitar al trabajador en técnicas de trabajo seguro, riesgos de la actividad y prevención de los mismos. Mantener un registro de las actividades de capacitación.

Orden y Limpieza

Mantener los lugares de trabajo y su entorno inmediato limpios y ordenados, constituye un aporte importante para prevenir posibles riesgos y proteger la salud de los trabajadores.

- Mantener limpio y ordenado su lugar de trabajo.
- Eliminar con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo, en sitios asignados para ese fin.
- Almacenar correctamente los productos procurando no mezclarlo con otras sustancias (los materiales mal almacenados son peligrosos).
- Realizar las tareas de almacenamiento en lugares estables y seguros.
- Utilizar los archivos y/o depósitos sólo para los fines establecidos.
- Limpiar o cubrir con productos absorbentes (arena, productos minerales absorbentes, etc.) los derrames de líquidos (hidrocarburos, aceites, etc.).
- Limpiar los pisos con productos antideslizantes, señalizando el área durante su proceso.



Medios de escape

El principio básico para lograr la evacuación de las personas de un edificio en un tiempo prudencial, consiste en que cada uno de los sectores de incendio comuniquen con lugares de desplazamiento protegidos, que los vincule con una salida, denominada medio de escape. Éstos deben proveer espacios de circulación adecuados y seguros, frente a la acción del fuego, humos y gases de la combustión, identificándose perfectamente el recorrido y las salidas y contando además con iluminación de emergencia.

Los medios de escape deben proyectarse de modo que constituyen una línea natural de modo que cuando un edificio se desarrolla en uno o más niveles, está constituido por los siguientes trayectos:

- Horizontal: desde cualquier punto de un nivel, hasta la salida o escalera.
- Vertical: desde la escalera hacia abajo, hasta el pie de la misma.
- Horizontal: desde el pie de la escalera, hasta el exterior del edificio.

Los medios de escape deben reunir características constructivas de resistencia al fuego de acuerdo al riesgo de incendio de mayor importancia de los sectores que en cada plano sirven o limiten y sus accesos deben estar normalmente cerrados mediante puertas resistentes al fuego de doble contacto y cierre automático.

El recorrido de la ruta de escape no debe ser entorpecido por otros locales o lugares de uso diferenciado, vestíbulos, corredores, pasajes u otros medios de escape. Además no debe ser nunca ascendente excepto en casos de subsuelos, ni debe achicarse en el sentido del avance.

Nunca debe preverse la evacuación de un sector de incendio a través de otro sector de incendio.

Dimensionamiento de los medios de escape

El cálculo de las dimensiones de los medios de escape, que comprenden pasillos, corredores y escaleras, se efectúa en función de la cantidad de personas a evacuar simultáneamente, provenientes de los distintos locales que desembocan en él.

Para determinar el ancho mínimo, número de medios de escape y escaleras independientes, se establece un valor denominada unidad de ancho de salida, que es un número que representa el espacio mínimo requerido para que las personas a evacuar puedan pasar en determinado tiempo por el medio de escape, en una sola fila.

El número de unidades de ancho de salida se calcula con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{cs * te} \quad (20)$$

Donde:

n= número de unidades de ancho de salida. Debe ser un número entero, por lo que las fracciones superiores a 0,5 se redondean en exceso.

N=Número total de personas a ser evacuadas.

Cs=coeficiente de salida (personas/min por unidad de ancho de salida).

Te=tiempo de escape (min).

El coeficiente de salida (cs) representa el número personas que pueden pasar por una salida o bajar por una escalera, por minuto, por cada unidad de ancho de salida. Se considera dicho valor como promedio aproximadamente igual a 40 personas por minuto por unidad de ancho de salida.

El tiempo de escape (te), es el tiempo máximo de evacuación de las personas al exterior. Se adopta en general de acuerdo a la experiencia en 2,5 minutos.

El número total de personas a ser evacuadas (N), puede determinarse a partir de un factor de ocupación (f_0), que es la superficie aproximada que cada persona ocupa por piso. De esta manera:

$$N = \frac{A}{f_0}$$

Donde:

N= Número total de personas a ser evacuadas.

A= Área del piso a evacuar.

f_0 = factor de ocupación (m^2 /persona)

Se considera la superficie del piso, la comprendida dentro de las paredes exteriores, menos la superficie ocupada por los medios del escape, locales sanitarios y otros que sean de uso común en el edificio.

El factor de ocupación depende del uso a que están destinados los locales y se presentan en la tabla 43:

| Uso | f. |
|--|----|
| • Sitios de asambleas, auditorios, salas de concierto, salas de baile | 1 |
| • Edificios educacionales, templos | 2 |
| • Lugares de trabajo, locales, patios y terrazas destinados a comercio, mercados, ferias, exposiciones, restaurantes | 3 |
| • Salones de billares, canchas de bolos y bochas, gimnasios, pistas de patinaje, refugios nocturnos de caridad | 5 |
| • Edificios de escritorios y oficinas, bancos, bibliotecas, clínicas, asilos, internados | 8 |
| • Viviendas privadas y colectivas | 12 |
| • Edificios industriales; el número de ocupantes depende de la característica del edificio. Puede adoptarse: | 16 |
| • Salas de juego | 2 |
| • Grandes tiendas, supermercados, planta baja y primer subsuelo | 3 |
| • Grandes tiendas, supermercados, pisos superiores | 8 |
| • Hoteles, planta baja y restaurantes | 3 |
| • Hoteles, pisos superiores | 20 |
| • Depósitos | 30 |

Nota: En subsuelos, excepto para el primero a partir del piso bajo, se supone un factor de ocupación de la mitad.

Tabla 43: Factor de ocupación (m²/persona).

Sabiendo que el número máximo de personas a evacuar en un turno es de 15 personas, entonces tenemos:

$$n = \frac{15}{40 * 2,5} = 0,15 \text{ unidades de ancho de salida}$$

Ancho mínimo total de los medios de escape

Por lo tanto, en la tabla 44 se observan los valores del ancho mínimo permitido de los medios de escape:

| (n) unidades de anchos de salida (N°) | Edificios nuevos | Edificios existentes |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| 2 | 1,10 m | 0,96 m |
| 3 | 1,55 m | 1,45 m |
| 4 | 2,00 m | 1,85 m |
| 5 | 2,45 m | 2,30 m |
| 6 | 2,90 m | 2,80 m |

El ancho mínimo permitido es de dos unidades de ancho de salida.
El ancho mínimo se mide entre zócalos.

Tabla 44: Ancho mínimo permitido de los medios de escape.

Seleccionamos entonces el mínimo: 2 unidades de anchos de salida.

En la siguiente figura se representan las dimensiones mínimas de los pasillos de los medios de escape, de acuerdo a lo señalado precedentemente.

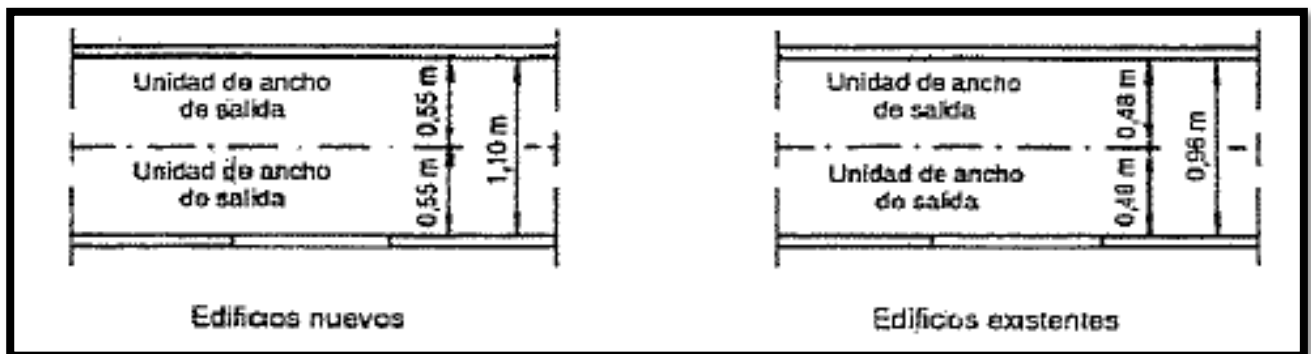


Fig. 43: Dimensiones mínimas de pasillos de medio de escape.

Número de medios de escape y escaleras independientes

La cantidad de estos elementos se determinan de la siguiente manera:

Hasta 3 unidades de ancho de salida, se adopta un medio de salida y escalera independiente como mínimo.

Situación de los medios de escape

Se consideran dos casos:

- En piso bajo
- En pisos altos, sótanos y semisótanos.

Medios de escape en piso bajo

Todo local o conjunto de locales que constituyen una unidad de uso en piso bajo, con comunicación a la vía pública, deben contar por lo menos con dos accesos cuando tengan:

- Ocupación mayor de 300 personas
- Algún punto del local diste más de 40 metros de la salida, medido a través de la línea libre de trayectoria (camino que deben efectuar las personas, libre de obstáculos y sin pasar por un eventual frente de fuego). Los 40 metros surgen de considerar la velocidad promedio de circulación en 16 m/min que es un valor pequeño para contemplar la concentración de personas y el tiempo máximo de evacuación de 2,5 minutos.

Los locales interiores que tengan una ocupación mayor de 200 personas, deben contar por lo menos con dos puertas lo más alejadas posible una de la otra, que conduzca a lugar seguro.

La distancia máxima desde un punto dentro del local a una puerta o a la abertura exigida sobre un medio de escape que conduzca a la vía pública, debe ser de 40 metros medidos en la línea de libre trayectoria.

Cuando se superpone un medio de escape con el de entrada o salida de vehículos, se acumulan los anchos requeridos. En este caso debe haber una vereda de 0,6 metros de ancho mínimo y de 0,12 a 0,18 de alto, que puede ser reemplazada por una baranda. No obstante debe existir una salida de emergencia.

Medios de escape en pisos altos

En todo edificio con superficie de piso mayor de 2500 m² por piso, excluyendo el piso bajo, cada unidad de uso independiente, debe tener a disposición de los usuarios por lo menos dos medios de escape.

Todos los edificios que se usen para comercio o industria, cuya superficie de piso exceda de 600 m², excluyendo el piso bajo, debe tener por lo menos dos medios de escape conformando caja de escalera. La distancia máxima de una caja de escalera a todo punto de un piso, no situado en piso bajo, debe ser de 40 metros a través de la línea de libre trayectoria.

En el plano N°14 del Anexo Planos, se encuentran señaladas las salidas de emergencia y las zonas de circulación de la planta.

En los planos N°15 y N°16 del Anexo Planos se encuentran señalados los medios de escape y salidas de emergencia de la planta baja y alta.

Pasillos de circulación / Salidas de emergencia

- Mantener las zonas de paso y salidas libres de obstáculos.
- No obstruir los pasillos, escaleras, puertas o salidas de emergencia.
- Utilizar las escaleras tomándose del pasamanos.
- En caso de incendios, usar las salidas de emergencia, nunca ascensores o montacargas.

Ante una evacuación:

- NO se demore para recoger objetos personales.
- NO regrese a la zona evacuada bajo ningún concepto.
- NO utilice los ascensores.
- NO corra, no grite, no empuje.

Codificación de colores

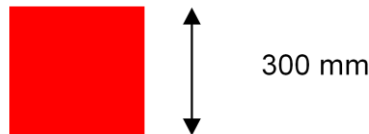
Se identificarán funciones y usos de los colores a fin de evitar la ocurrencia de accidentes e incidentes. Se tendrán en cuenta los colores de seguridad establecidos por Acindar, ya que ésta empresa es la que controla y audita en cuanto a Seguridad e Higiene.

Código de Colores: Peligro

Rojo: Denota parada o prohibición.

Usos

- En los elementos de lucha contra incendio, por ejemplo:
 - Matafuegos, baldes o recipientes para arena o polvo extintor.
 - Nichos, hidrantes o soportes de mangas.
 - Cajas de frazadas.
 - Cañerías de agua de incendio.
 - Cuadrado (Señala elementos de Protección contra incendio).



- Para indicar dispositivos de parada de emergencia o dispositivos relacionados con la seguridad cuyo uso está prohibido en circunstancias normales, por ejemplo:
 - Botones de alarma.
 - Botones, pulsador o palancas de parada de emergencia.
 - Botones o palancas que accionen sistemas de seguridad contra incendio (rociadores, inyección de gas extintor, etc.).
- Limitar la zona de seguridad alrededor de máquinas o equipos.

Se pintará en forma de franja alrededor de la máquina o equipo:

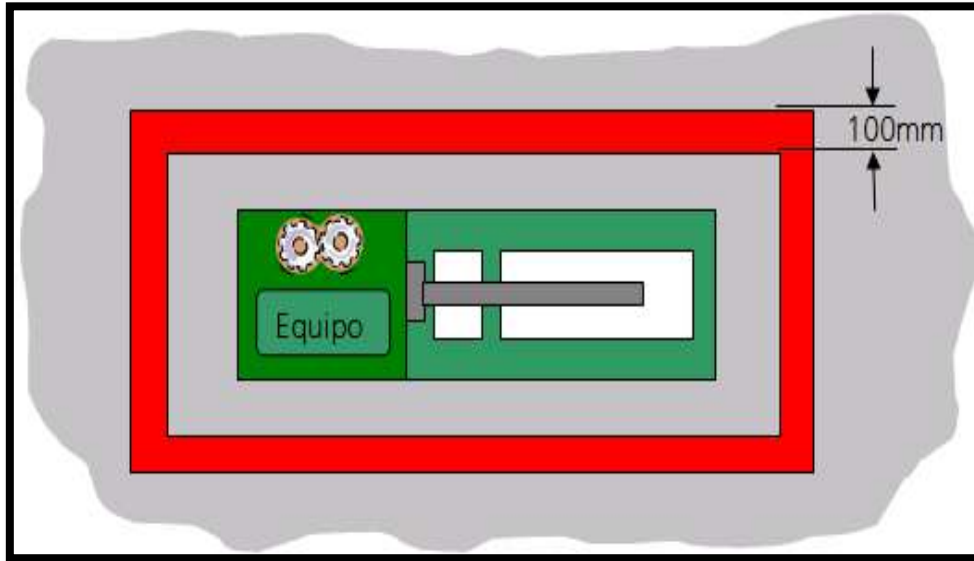


Fig.44: Forma de delimitar los equipos de trabajo.

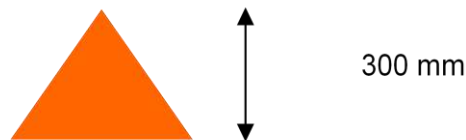


Fig.45: Ejemplo de empleo del color rojo.

Anaranjado: Señala riesgo en máquinas o instalaciones en general.

Usos:

- Interior de cajas eléctricas de comandos, de gabinetes de equipos rectificadores, de gabinetes y tableros eléctricos, de púlpitos de control eléctricos, hidráulicos, de cajas de transmisión mecánica y de puertas o cierres que deban permanecer cerrados.
- Alojamiento de cuchillas, herramientas de corte o percusión.
- Balanzas.
- Indicadores de límites de carrera de piezas móviles.
- Partes interiores de protección de órganos de maquinas, piedras esmeriles, etc.
- Rieles conductores de grúas, zapatas, elementos rozantes para toma de corriente en grúas puente.
- Tapas de cámaras eléctricas.
- Barras para distribución trifásica alterna fase R.
- Triangulo (Señala Peligro).



Código de Colores: Identificación de sistemas/ máquinas

Amarillo: Indica, entre otros:

- Barreras o vallas, barandas, pilares, postes, cercados, etc.
- Escaleras metálicas, andamios, plataformas, bicicleteros, cabinas
- Puentes grúa y cabinas de puentes grúa.
- Protecciones de partes móviles como: árboles de transmisión, poleas, cadenas, etc.
- Carros o zorras de transferencia, carros porta-equipos de soldadura oxiacetilénica.
- Defensas de máquinas, polipastos.
- Marcos y mallas protectoras de ventilación.
- Racks, trineos, ventiladores industriales.



Fig.46: Ejemplo uso del color amarillo en barandas.



Fig.47: Ejemplo empleo del color amarillo en cabina de puente grúa.

- Se usará en franjas, delimitando en los pisos las áreas de almacenamiento.

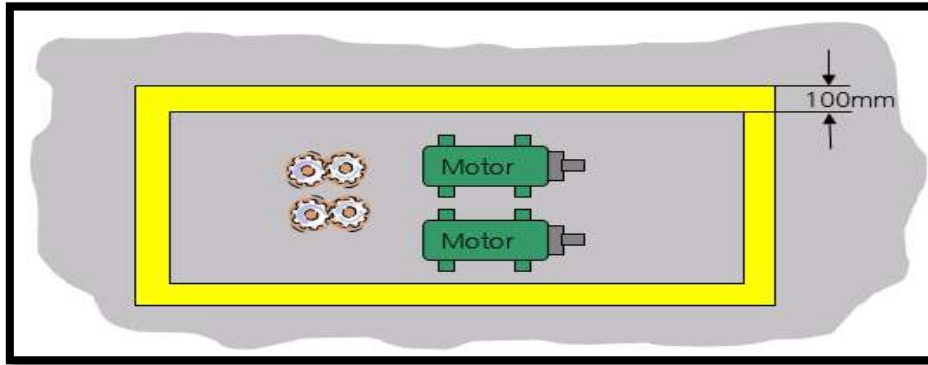


Fig.48: Ejemplo de uso del color amarillo.

Verde: este color es el adoptado para la identificación de máquinas y equipos.

Usos:

- Máquinas de producción y máquinas herramientas
- Bombas, Compresores
- Motores eléctricos y a explosión
- Sopladores
- Tolvas
- Barras para distribución trifásica alterna fase S (RAL 6016).



Fig.49: Ejemplo de uso del color verde.

Azul: Pulmones de aire comprimido (RAL 5019).



Fig.50: Empleo de color azul en un tanque pulmón.

Celeste: (RAL 5012)

Usos:

- Cajas eléctricas de comandos.
- Cajas de paso eléctricas.
- Tomacorrientes.



Fig.51: Ejemplo de uso de color celeste en tablero.



Fig.52: Ejemplo de empleo del color celeste.

Rosado: Indica sistemas hidráulicos y de lubricación (RAL 4003).



Fig.53: Ejemplo de uso del color rosado.

Violeta: Indica barras para distribución trifásica alterna fase T (RAL 4008).

Gris: (RAL 7032)

Indica:

- Gabinetes de equipos rectificadores.
- Gabinetes y tableros eléctricos.
- Púlpitos de control eléctrico, hidráulico.

Se utilizará para el pintado de pisos en general (RAL 7001).

Usos:

- Armarios guardarropa, armarios para herramientas.
- Cajas de accesorios para transformadores.

- Interior de cabinas de control, púlpitos, balanzas, pupitres y púlpitos de control (en interiores).
- Protecciones sobre transformadores, bases de mampostería y hormigón para maquinas.
- Cajas de herramientas, estanterías, estructuras, campanas y conductos de aire.

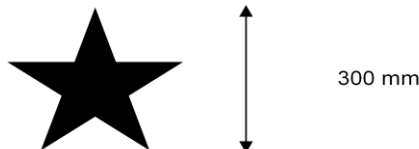


Fig.54: Ejemplo de uso del color gris.

Negro:

Indica:

- Estructura de pluma de grúas móviles.
- Sistemas eléctricos.
- Estrella de 5 puntas (señala orden y limpieza).



Código de Colores: Precaución

Amarillo/Negro: Se utiliza en bandas de igual ancho inclinadas 45° de la horizontal.

Denota precaución o advertencia en:

- Partes de máquinas que pueden golpear, cortar, electrocutar o dañar de cualquier otro modo.
- Desniveles que puedan originar caídas, por ejemplo: primer y último escalón de escaleras, bordes de plataformas, fosas, etc.
- Partes salientes de instalaciones o artefactos que se prolonguen dentro de las áreas de pasaje normales y que puedan ser chocados o golpeados, de equipos de

construcciones o movimiento de materiales, de topadoras, tractores, grúas, zorras, auto-elevadores, etc.

- Columnas o bases de estructuras hasta los 2 m de altura en zonas de circulación de vehículos.
- Defensas de vehículos industriales.
- Mochetas de puertas y portones hasta los 2 m de altura en zonas de circulación de vehículos.
- Pastecas de grúas o polipastos, perchas de grúas, pesas patrón para el control de básculas.
- Obstáculos a la altura de la cabeza.
- Trébol (Señala Radioactividad).

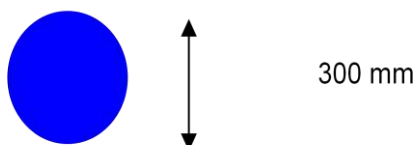


Fig.55: Ejemplo de empleo de la combinación amarillo-negro.

Azul: Denota obligación y precaución.

Usos:

- Indicar obligatoriedad de usar equipos de protección personal (EPP) (máscaras, cascos, etc.).
- Se aplica sobre barras conductoras de corriente de polo negativo en c.c.
- Circulo (señala precaución).



Código de Colores: Circulación

Verde/amarillo: Se utilizará para indicar zona de circulación peatonal segura.

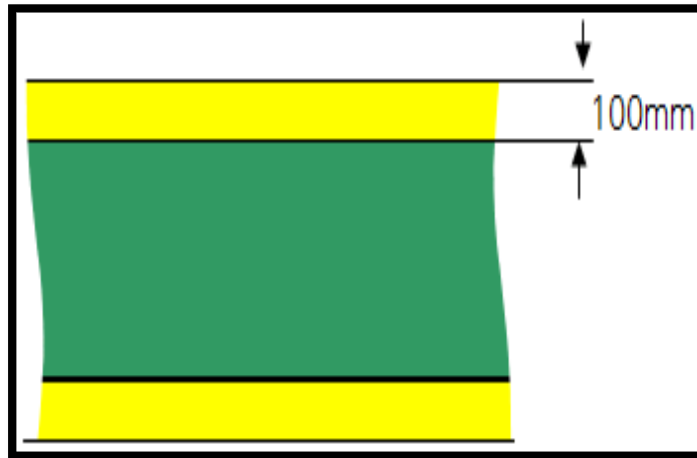


Fig. 56: Esquema de cómo se pintará la zona de circulación.



Fig.57: Ejemplo de zonas de circulación en una planta.

Blanco: Se utilizará para indicar los límites de zonas para la circulación del tránsito en general, la posición de recipientes para residuos y demás elementos de higiene y orden.

Usos:

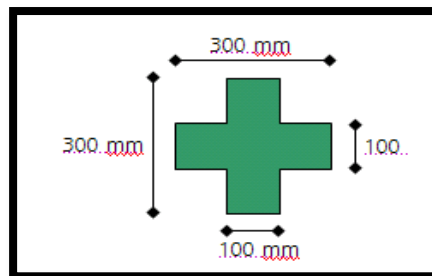
- Bebederos de agua.
- Cajas o armarios de camillas, botiquines, etc, con cruz (verde).
- Cordones de calles, flechas de circulación.
- Rincones, bajos de escaleras y lugares donde se quiere evitar que se arrojen o acumulen basuras.

Código de Colores: Seguridad

Verde: Denota condición segura. Se usará para indicar elementos de seguridad en general.

Usos:

- Rutas de escape, puertas de acceso a salas de primeros auxilios, puertas o salidas de emergencia, botiquines, armarios con elementos de seguridad.
- Vitrinas para botiquines o anuncios de seguridad.
- Cruz de 200 mm de lado por 50 mm de ancho, en botiquines y armarios para camillas.



Código de Colores: Cañerías

Las cañerías destinadas a conducir productos de servicios, se identifican pintándolas en toda su longitud con los colores fundamentales establecidos en la siguiente tabla:

| Producto | Color fundamental |
|---|---------------------------|
| Elementos para la lucha contra el fuego | Rojo |
| Vapor de agua | Naranja |
| Combustibles (líquidos y gases) | Amarillo |
| Aire comprimido | Azul |
| Electricidad | Negro |
| Vacío | Castaño |
| Agua fría | Verde |
| Agua caliente | Verde con franjas naranja |

Tabla 45: Identificación de cañerías según lo que transportan.

Colores para identificar cañerías: franjas

- Se pintarán a una distancia máxima de 6 metros entre sí, en los tramos rectos a cada lado de las válvulas, de las conexiones, de los cambios de dirección de cañerías y junto a los pisos, techos o paredes que atraviese la misma.
- Se dejará un espacio de aproximadamente 10 cm. entre la boca de las válvulas o conexiones y la franja correspondiente.

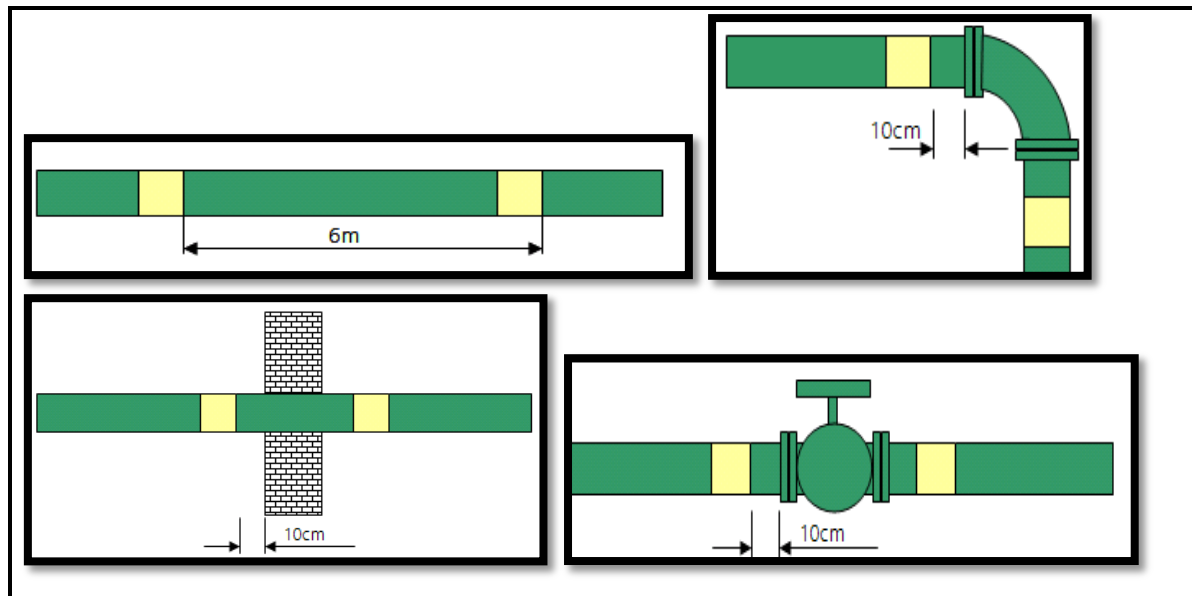


Fig.58: Ejemplos de cañerías con franjas

- El ancho de las franjas con relación al diámetro exterior de la cañería será el establecido en la siguiente tabla:

| Diámetro exterior de la cañería D [mm] | Ancho de las franjas de color (mínimo) A[mm] |
|---|---|
| $D \leq 50$ | 200 |
| $50 < D \leq 150$ | 300 |
| $D > 150$ | 600 |

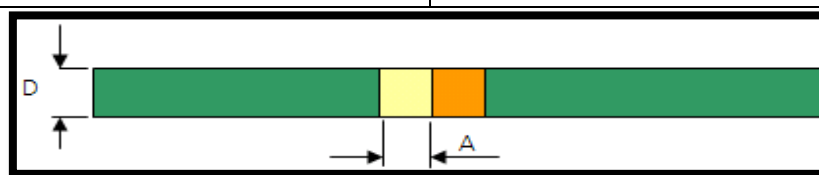


Tabla 46: Ancho de las franjas vs. Diámetro exterior de la cañería.

- Los tubos deberán ser pintados de un color base en toda su longitud y las franjas distintivas cuando corresponda.

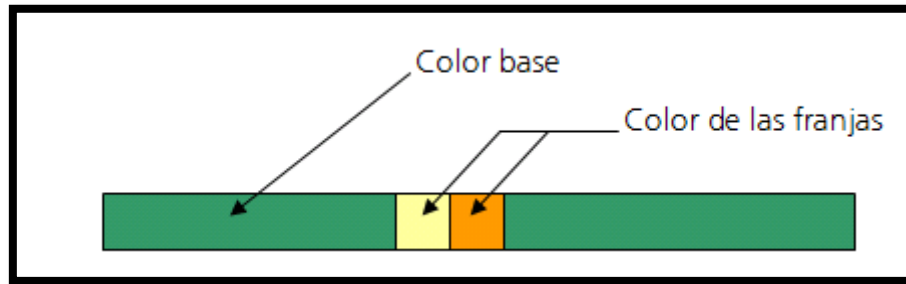


Fig.59: Esquema representativo.

- Cuando por algún motivo particular no sea conveniente pintar toda la longitud del caño del color base, se pintará solo una franja de ancho $6A$ y dentro de las mismas, las franjas correspondientes.

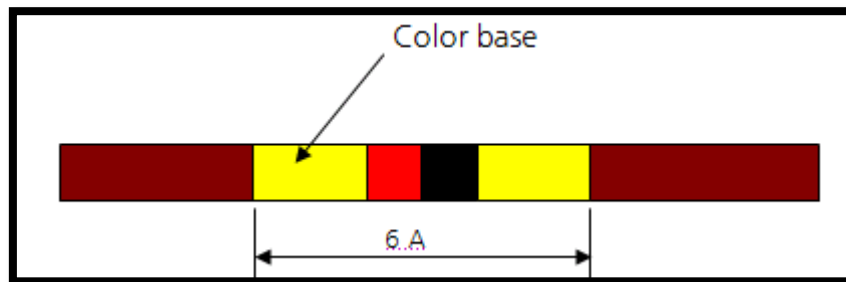


Fig.60: Esquema representativo.

Colores para identificar cañerías: leyendas

- La identificación de los productos conducidos por las cañerías, se puede completar indicando con leyendas el nombre y/o el grado de peligrosidad de los mismos.
- Se pintarán directamente sobre las franjas o sobre carteles adosados a la misma.
- El color de las letras será negro o blanco.
- Cuando la cañería esté colocada contra una pared, las leyendas se pintarán sobre el lado visible desde el lugar de trabajo; si está elevada se pintarán debajo del eje horizontal de la cañería y si está apartada de las paredes, se pintan sobre sus lados visibles.
- La altura de las letras con relación al diámetro exterior de la cañería, es la indicada en la tabla siguiente:

| Diámetro exterior de la cañería D [mm] | Altura de las letras (mínimo) B [mm] |
|---|---|
| 20 ≤ D ≤ 30 | 13 |
| 30 < D ≤ 50 | 20 |
| 50 < D ≤ 80 | 25 |
| 80 < D ≤ 100 | 30 |
| 100 < D ≤ 130 | 40 |
| 130 < D ≤ 150 | 45 |
| 1530 < D ≤ 180 | 50 |
| 180 < D ≤ 230 | 65 |
| 230 < D ≤ 280 | 75 |

Tabla 47: Altura de las letras vs. Diámetro exterior.

Colores para identificar cañerías: flechas

- El sentido de circulación del fluido dentro de las cañerías, deberá identificarse por medio de flechas que se pintarán a cada lado de las franjas o a 10 cm. de las bocas de las válvulas y conexiones.

Señales de seguridad

Las señales deben ser tan grandes como sea posible y su tamaño debe ser congruente con el lugar en que se colocan o el tamaño de los objetos, dispositivos o materiales a los cuales fija. En todos los casos, el símbolo debe ser identificado desde una distancia de seguridad.

El área mínima A de la señal debe estar relacionada a la más grande distancia L, a la cual la señal debe ser advertida, por la fórmula siguiente:

$$A \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo: A=área de la señal [m^2]

L=distancia a la señal [m]

Esta fórmula es conveniente para distancias inferiores a 50 m.

Señales de prohibición



Señales de advertencia



Señales de obligatoriedad



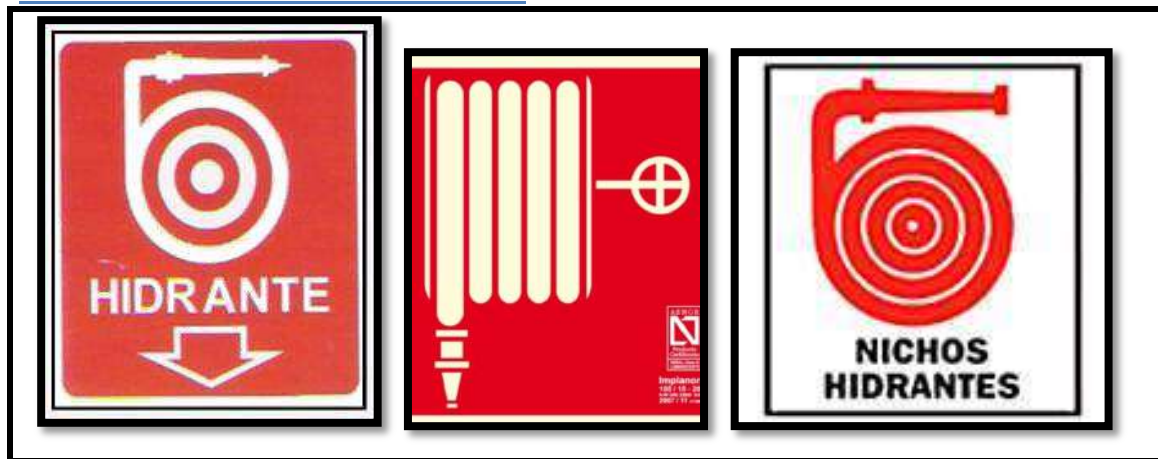
Señales informativas



Señalización de equipos extintores



Señalización de nichos o hidrantes



ANEXO I: PLANOS