

# CAPÍTULO XVI. INSTALACIONES ELECTRICAS – AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

## ÍNDICE

---

<b>1. INSTALACIONES ELECTRICAS.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETO .....	1
1.2. ALCANCE .....	1
1.3. DISEÑO .....	1
1.3.1. <i>Ingeniería Básica</i> .....	1
1.3.2. <i>Ingeniería de Detalle</i> .....	2
<b>2. CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSION .....</b>	<b>3</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	3
2.2. AMBITO DE LA INSTALACIÓN .....	3
2.3. ELECCIÓN DE APARATOS.....	4
2.4. FUNCIONES DE UNA SALIDA .....	4
2.4.1. <i>La Función Interrupción</i> .....	4
2.4.2. <i>La Función Protección</i> .....	5
2.4.3. <i>La Función Conmutación</i> .....	6
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LA RED .....	6
2.5.1. <i>Tensión</i> .....	6
2.5.2. <i>Frecuencia</i> .....	6
2.5.3. <i>Cantidad de Polos</i> .....	6
2.5.4. <i>Potencia de Cortocircuito de la Red</i> .....	6
2.6. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO .....	7
2.7. SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES .....	7
2.7.1. <i>Concepto de Selectividad</i> .....	7
2.7.2. <i>Técnicas de Selectividad</i> .....	7
2.8. CARACTERÍSTICA DEL LUGAR DE INSTALACIÓN .....	9

2.8.1. <i>La Polución Ambiental</i> .....	9
2.8.2. <i>La Temperatura Ambiente</i> .....	9
2.8.3. <i>La Altura</i> .....	9
<b>3. CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL COMANDO Y PROTECCIÓN DE POTENCIA</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2. FUNCIONES DE UNA SALIDA MOTOR</b> .....	<b>10</b>
3.2.1. <i>Seccionamiento</i> .....	10
3.2.2. <i>Protección Contra Cortocircuitos</i> .....	10
3.2.3. <i>Protección Contra Sobrecargas</i> .....	11
3.2.4. <i>Conmutación</i> .....	11
<b>3.3. ELECCIÓN DE CONTACTORES</b> .....	<b>12</b>
3.3.1. <i>Circuito de Iluminación con Lámparas Incandescentes</i> .....	13
3.3.2. <i>Circuito de Iluminación con Lámparas de Descarga</i> .....	13
3.3.3. <i>Primario de un Transformador</i> .....	13
3.3.4. <i>Motor Asíncrono de Jaula. Parada a Rueda Libre</i> .....	13
<b>3.4. ASOCIACIÓN DE APARATOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.5. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES</b> .....	<b>14</b>
3.5.1. <i>Asociaciones Típicas</i> .....	14
3.5.2. <i>Esquemas Eléctricos Típicos</i> .....	15
<b>4. EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS</b> .....	<b>17</b>
<b>4.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES</b> .....	<b>17</b>
<b>4.3. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TABLEROS – EQUIPOS DE MANIOBRA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN</b> .....	<b>18</b>
4.3.1. <i>Normas de Aplicación</i> .....	18
4.3.2. <i>Características Generales</i> .....	18
4.3.3. <i>Tratamiento Superficial y Terminación</i> .....	20
4.3.4. <i>Tableros en Ambientes Muy Agresivos</i> .....	22
4.3.5. <i>Protección Mecánica</i> .....	22
4.3.6. <i>Disposición de Elementos</i> .....	23
4.3.7. <i>Identificación de Elementos</i> .....	23
4.3.8. <i>Cableado</i> .....	24
4.3.9. <i>Equipamiento Eléctrico</i> .....	24
4.3.10. <i>Características Particulares de los Tableros</i> .....	32
4.3.11. <i>Ensayos y Recepción</i> .....	33
<b>4.4. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PUPITRES</b> .....	<b>34</b>
4.4.1. <i>Características Generales</i> .....	34
4.4.2. <i>Equipamiento Eléctrico de Operación</i> .....	35
<b>4.5. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTORES</b> .....	<b>36</b>
4.5.1. <i>Características Generales</i> .....	36
4.5.2. <i>Características Mecánicas</i> .....	37
4.5.3. <i>Características Eléctricas</i> .....	38
4.5.4. <i>Clase de Protección y Refrigeración</i> .....	39
4.5.5. <i>Ensayos</i> .....	39
<b>4.6. SISTEMAS DE ARRANQUE DE MOTORES</b> .....	<b>40</b>

4.6.1. Consideraciones Generales .....	40
4.6.2. Arrancadores Directos.....	41
4.6.3. Arrancadores Estrella - Triángulo .....	41
4.6.4. Arrancadores por Autotransformador .....	42
4.6.5. Arrancadores Suaves .....	43
<b>4.7. VARIADORES DE VELOCIDAD.....</b>	<b>46</b>
4.7.1. El Motor .....	46
4.7.2. El Convertidor de Frecuencia .....	46
4.7.3. Selección de un Variador de Velocidad .....	46
4.7.4. Circuito Recomendado.....	47
<b>4.8. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....</b>	<b>49</b>
4.8.1. Tipos de Compensación.....	49
4.8.2. Compensación Fija o Automática .....	50
4.8.3. Selección de Elementos de Protección, Maniobra y Alimentación .....	51
<b>4.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE CABLES .....</b>	<b>52</b>
4.9.1. Características Particulares.....	52
4.9.2. Normas de Aplicación.....	53
4.9.3. Dimensionamiento .....	53
4.9.4. Tendido, Conexionado e Identificación .....	53
4.9.5. Ensayos.....	53
<b>4.10. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>4.11. INSTALACIÓN DE PARARRAYOS .....</b>	<b>55</b>
<b>4.12. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS CON CAÑOS .....</b>	<b>57</b>
4.12.1. Dimensionamiento .....	57
4.12.2. Características Particulares del Tendido de Caños Enterrados .....	57
4.12.3. Características Particulares de las Canalizaciones a la Vista.....	58
<b>4.13. CANALIZACIONES CON BANDEJAS .....</b>	<b>58</b>
4.13.1. Dimensionamiento .....	58
4.13.2. Características Particulares.....	59
<b>4.14. ILUMINACIÓN INTERIOR .....</b>	<b>59</b>
<b>4.15. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA .....</b>	<b>60</b>
<b>4.16. ILUMINACIÓN EXTERIOR .....</b>	<b>60</b>
<b>5. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>61</b>
5.1.1. Definiciones .....	61
5.1.2. ¿Para Qué Automatizar? .....	63
5.1.3. ¿Para Qué Controlar Automáticamente un Proceso?.....	63
5.1.4. Los Aspectos Económicos de un Sistema de Control.....	64
<b>5.2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO .....</b>	<b>65</b>
5.2.1. Conceptos Preliminares .....	65
5.2.2. Recolección Histórica de Datos. Monitoreo de Variables Operativas y de Calidad .....	65
5.2.3. Archivo Fechado de Eventos y Alarmas.....	66
5.2.4. Autorizaciones.....	66
5.2.5. Variables a Controlar en Lazo Cerrado.....	66

5.2.6. Variables a Automatizar .....	67
5.2.7. Interfase con el Operador .....	68
5.2.8. Informes .....	68
5.2.9. La Arquitectura de los Sistemas de Control .....	69
5.2.9.1. Elementos Básicos .....	69
5.2.9.2. Arquitecturas Básicas .....	69
<b>5.3. CONTENIDOS MÍNIMOS PARA UN PLIEGO DE PEDIDO DE PROVISIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO .....</b>	<b>73</b>
5.3.1. Alcance .....	73
5.3.2. Equipos .....	73
5.3.2.1. Elementos Primarios .....	73
5.3.2.2. Elementos Secundarios (Transmisores) .....	74
5.3.2.3. Elementos Finales de Control .....	74
5.3.2.4. Gabinetes y Paneles .....	74
5.3.2.5. Clasificación de Áreas .....	74
5.3.2.6. Alimentación Eléctrica .....	74
5.3.3. Requerimientos Funcionales .....	75
5.3.3.1. Variables Continuas (Analógicas) a Medir .....	75
5.3.3.2. Variables Discretas (Lógicas) a Monitorear .....	75
5.3.3.3. Variables Medidas a Controlar Automáticamente .....	75
5.3.3.4. Control Lógico y Secuencial .....	76
5.3.3.5. Alarmas Sobre Variables Analógicas .....	76
5.3.3.6. Alarmas Sobre Variables Lógicas .....	76
5.3.3.7. Eventos a Registrar .....	77
5.3.3.8. Variables a Registrar .....	77
5.3.3.9. Variables a Calcular .....	77
5.3.3.10. Variables a Incluir en la Recolección Histórica de Datos .....	77
5.3.3.11. Informes .....	78
5.3.3.12. Interfase con el Operador .....	78
5.3.3.13. Comunicación con Otros Equipos .....	79
5.3.4. Arquitectura del Sistema .....	79
5.3.5. Seguridad .....	79
5.3.6. Servicios .....	79
5.3.6.1. Notas Generales .....	79
5.3.6.2. Administración y Coordinación del Proyecto .....	80
5.3.6.3. Ingeniería de Control .....	80
5.3.6.4. Gráficos .....	80
5.3.6.5. Otras Funciones (Informes, Recolección Histórica, etc.) .....	81
5.3.6.6. Instrumentación de Campo .....	81
5.3.6.7. Sala de Control .....	81
5.3.6.8. Electricidad .....	81
5.3.6.9. Gabinetes y Paneles .....	81
5.3.6.10. Ingeniería de Instalación .....	81
5.3.6.11. Verificaciones en el Local del Vendedor (FAT: Factory Acceptance Test) .....	82
5.3.6.12. Supervisión de Instalación y Chequeos en la Planta del Usuario (SAT: Site Acceptance Test) .....	82
5.3.6.13. Puesta en Marcha .....	82
5.3.6.14. Entrenamiento .....	82
5.3.6.15. Mantenimiento del Hardware y del Software .....	83

5.3.6.16. Documentación Exigible.....	83
<b>5.4. EL MONITOREO Y AUTOMATIZACIÓN DE INSTALACIONES DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>83</b>
5.4.1. <i>Conceptos Preliminares .....</i>	<i>83</i>
5.4.2. <i>El Tipo de Variables a Monitorear y de Acciones a Telecomandar .....</i>	<i>84</i>
5.4.3. <i>El Tipo de Arquitectura a Emplear .....</i>	<i>85</i>
5.4.4. <i>Las Instalaciones de Transmisión/Recepción .....</i>	<i>86</i>
5.4.5. <i>Consideraciones Finales .....</i>	<i>86</i>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Esquema eléctrico típico .....	<b>15</b>
<b>Figura 2.</b> Esquema eléctrico típico .....	<b>16</b>
<b>Figura 3.</b> Sistema de control .....	<b>63</b>
<b>Figura 4.</b> Configuración de un sistema de control .....	<b>70</b>
<b>Figura 5.</b> Sistema de control distribuido.....	<b>71</b>
<b>Figura 6.</b> Configuración del sistema de control con bus de campo .....	<b>72</b>
<b>Figura 7.</b> Diagrama de un sistema de monitoreo y automatización.....	<b>85</b>

## 1. INSTALACIONES ELECTRICAS

### 1.1. OBJETO

El objeto de este documento es indicar los criterios básicos para la Ejecución de un Proyecto de Instalación Eléctrica, los elementos de juicio, y los comentarios y especificaciones técnicas típicas de apoyo, para un adecuado desarrollo de diseños de sistemas de agua potable.

Las especificaciones técnicas establecen los requisitos técnicos, que normalmente son exigibles para la fabricación, provisión, inspección y ensayo de los principales componentes de las instalaciones eléctricas.

### 1.2. ALCANCE

El alcance de estas especificaciones es para instalaciones eléctricas de plantas potabilizadoras, estaciones de bombeo y obras auxiliares de sistemas de agua potable.

Se considera que la alimentación en Baja Tensión es en 3 x 380/220 V – 50Hz.

No se incluyen dentro de estas especificaciones las instalaciones internas telefónicas o radioeléctricas.

### 1.3. DISEÑO

Para la realización del diseño de instalaciones eléctricas, es necesario y conveniente desarrollar primero la ingeniería básica y luego la ingeniería en detalle.

#### 1.3.1. Ingeniería Básica

La ingeniería básica define los lineamientos generales o ideas básicas de las instalaciones, siendo los pilares en los que se basará la ingeniería en detalle, para la ejecución de los planos constructivos.

La ingeniería básica no es una ingeniería constructiva. Con la documentación elaborada en esta etapa no se puede construir y montar la instalación eléctrica con un adecuado nivel de ejecutividad. Para ello se realiza la ingeniería de detalle.

La ejecución de una obra sin ingeniería de detalle, solo con la ingeniería básica, lleva a la mala ejecución de la misma, atrasos en la obra, pago de adicionales e imprevistos, los que eleva el costo de la obra.

Con la ingeniería básica, sin embargo las empresas contratistas pueden cotizar la provisión y montaje de la obra con suficiente aproximación.

### **1.3.2. Ingeniería de Detalle**

La ejecución de la ingeniería en detalle, ajusta los valores y especificaciones técnicas de la ingeniería básica, conforme a normas de reconocida autoridad y de acuerdo a las reglas del arte y de la seguridad.

La ingeniería de detalle consiste en convertir la información ejecutada en la ingeniería básica en un diseño detallado de las estaciones de bombeo y de las plantas de potabilización, de tal manera que permita la compra y/o construcción de sus elementos constitutivos y su montaje en forma lógica, cumpliendo los requerimientos técnicos de la instalación.

La ingeniería de detalle tiene como nueva variable la definición precisa de los equipos a montar y las características y particularidades del montaje de los mismos. Es decir que se cuenta con los planos conforme a la fabricación de los equipos, a saber:

- Tableros.
- Pupitres.
- Motores.

Con estos datos ciertos, se reelaboran todos los planos, definiendo con precisión la información volcada en los mismos para el fácil montaje y conexionado para el ejecutante de la obra.



## **2. CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSION**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

Se indican a continuación los criterios básicos para el diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión.

Estos criterios abarcan el ámbito de la instalación, la elección del equipamiento, sus exigencias y las diversas funciones que deben contemplar las salidas de un tablero.

Las funciones y características de los aparatos de maniobras y protección de baja tensión se definen de acuerdo a las recomendaciones de la Comisión Eléctrica Internacional / International Electrical Commission 947 (IEC 947). Siendo el detalle de esta recomendación internacional el siguiente:

- IEC 947 – 1: Reglas generales.
- IEC 947 – 2: Interruptores automáticos.
- IEC 947 – 3: Interruptores en carga, seccionadores.
- IEC 947 – 4.1: Contactores y arrancadores de motores.
- IEC 947 – 5.1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando, componentes de automatismos.

### **2.2. AMBITO DE LA INSTALACIÓN**

Los sistemas de agua potable corresponden a instalaciones de infraestructura. Las características de los aparatos son fijadas por la Norma IEC 947. La operación de los sistemas debe ser realizada por personal especializado e idóneo.

Los consumos de energía son importantes, y puede haber suministro en alta y/o media tensión.

En el sistema de baja tensión, la instalación comienza en el tablero general de distribución, que contiene los aparatos de corte y seccionamiento que alimentan a los tableros secundarios.

En este ámbito, los aparatos involucrados abarcan desde los interruptores termomagnéticos y diferenciales, hasta los interruptores automáticos de potencia.

## 2.3. ELECCIÓN DE APARATOS

Existen reglamentos de instalación y exigencias para la elección de aparatos que son necesarios conocer:

- Funciones de la salida.
- Características de la red.
- Características de la carga.
  - Corriente nominal del consumo.
  - Factor de potencia.
- Continuidad de servicio deseada.
- Característica del lugar de la instalación.

## 2.4. FUNCIONES DE UNA SALIDA

En una salida (o entrada) alojada en un tablero o cuadro de distribución de baja tensión se deben contemplar diversas funciones según la elección de los aparatos a instalar.

Las funciones a cumplir según la necesidad pueden ser:

- Interrupción.
- Protección.
- Conmutación.

### 2.4.1. La Función Interrupción

El seccionamiento de un aparato de corte es una condición de seguridad. Un aparato es apto para el seccionamiento cuando le garantiza al operador que en la posición abierto todos los polos están correctamente aislados.

Un aparato de corte sin aptitud para el seccionamiento pone en riesgo la seguridad de las personas.

Esta aptitud, indicada en los aparatos, forma parte de la garantía de los mismos en cuanto a sus prestaciones.

La Norma IEC 947-1 define claramente las características de los aparatos según sus posibilidades de corte.

#### **Seccionador**

Cierra y corta sin carga, puede soportar un cortocircuito estando cerrado.

Es apto para el seccionamiento en posición abierta.

### ***Interruptor***

Se lo denomina vulgarmente interruptor manual o seccionador bajo carga.

Cierra y corta en carga y sobrecarga hasta 8 veces la intensidad nominal ( $I_n$ ).

Soporta la corriente de cortocircuito y cierra sobre cortocircuito, pero no tiene la capacidad de cortar la corriente de cortocircuito.

### ***Interruptor seccionador***

Interruptor que en posición abierto satisface las condiciones especificadas de seccionamiento.

### ***Interruptor automático***

Interruptor que satisface las condiciones de un interruptor seccionador e interrumpe un cortocircuito. Incluye a los dispositivos de protección por sobrecarga y por cortocircuito.

## **2.4.2. La Función Protección**

Una elevación de la corriente normal de carga es un síntoma de anomalía en el circuito. De acuerdo a su magnitud y a la rapidez de su crecimiento, se puede tratar de sobrecargas o cortocircuitos. Esta corriente de falla abajo del aparato de maniobra, si no es cortada rápidamente, puede ocasionar daños irreparables en personas y bienes.

Por ello es indispensable considerar ambos aspectos:

- Protección de personas.
- Protección de bienes.

El elemento de protección tradicional, tanto para circuitos de distribución de cargas mixtas o circuitos de cargas específicas (motores, capacitores, etc.), es el fusible. Su utilización, en la práctica, presenta desventajas operativas y funcionales:

- Envejecimiento del elemento fusible por el uso (descalibración).
- Diversidad de formas, tamaños y calibres.
- Ante la fusión de un fusible hay que cambiar el juego completo de la salida.
- Disponibilidad del calibre adecuado para el reemplazo. Frecuentemente los siniestros de origen eléctrico se producen por la falta de coordinación del elemento fusible con los aparatos y cables situados aguas abajo; al ser superado su límite térmico, se dañan de forma permanente y crean focos de incendio.
- Invariabilidad de sus tiempos y forma de actuación para adaptarlo a nuevas configuraciones.

Los interruptores automáticos evitan todos estos inconvenientes aportando una protección de mejor performance, invariable con el tiempo, flexible por su capacidad de adaptación a nuevas cargas y que asegura la continuidad de servicio.

El elemento de protección clásico para detectar fallas a tierra es el interruptor diferencial (protección de personas). Para la correcta elección de un aparato que proteja sobrecargas y cortocircuitos es necesario contemplar dos aspectos:

- 1). El aporte al cortocircuito en el punto de su instalación, lo que determinará el poder de corte del interruptor automático.
- 2). Características que asuma la corriente de falla en función del tiempo, lo que determinará el tipo de curvas de disparo del interruptor automático.

### **2.4.3. La Función Conmutación**

La conmutación consiste en establecer, cortar, o regular la corriente de carga.

Se utiliza cuando se requiere un comando automático y gran cadencia de maniobra. Es una exigencia típica de los accionamientos de máquinas.

Según las necesidades, esta función está asegurada por productos electromecánicos (contactores, arrancadores combinados) ó electrónicos (arrancadores progresivos, variadores de velocidad).

## **2.5. CARACTERÍSTICAS DE LA RED**

### **2.5.1. Tensión**

La tensión nominal del equipamiento debe ser superior o igual a la tensión entre fases de red.

### **2.5.2. Frecuencia**

La frecuencia nominal del equipamiento debe corresponder a la frecuencia de red.

### **2.5.3. Cantidad de Polos**

El número de polos de un aparato de corte se define por las características de la aplicación (receptor mono o trifásico) y el tipo de puesta a tierra (corte del neutro con o sin protección).

### **2.5.4. Potencia de Cortocircuito de la Red**

Es el aporte de todas las fuentes de generación de la red en el punto de suministro si allí se produjera un cortocircuito. Se expresa en MVA. Es un dato a ser aportado por la compañía prestataria.

El poder de corte del interruptor debe ser al menos igual a la corriente de cortocircuito susceptible de ser producida en el lugar donde él está instalado.

## 2.6. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Conocer el aporte al cortocircuito en un punto de la instalación es una condición excluyente para elegir un interruptor automático.

La magnitud de la intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) es independiente de la carga, y sólo responde a las características del sistema de alimentación y distribución. El valor de corriente nominal ( $I_n$ ) está determinado por el consumo que experimenta la instalación o máquina conectada aguas abajo de la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ):

- Por cálculo
- Por tabla

En ambos casos, por lo general, las hipótesis sobre las cuales se basan los cálculos son maximalistas, es decir que la corriente de cortocircuito real, debe estar normalmente por debajo de la corriente de cortocircuito calculada.

## 2.7. SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación moderna. La falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultánea de más de un elemento de protección situado arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial a tener en cuenta desde su concepción.

### 2.7.1. Concepto de Selectividad

Es la coordinación de los dispositivos de corte para que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la red sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente arriba del defecto, y sólo por ella. Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la coordinación es totalmente selectiva si es respetada la condición anterior. Si la condición anterior no es respetada la selectividad es parcial, o es nula.

### 2.7.2. Técnicas de Selectividad

Las técnicas de selectividad están basadas en la utilización de dos parámetros de funcionamiento de los aparatos:

- El valor de la corriente de disparo,  $I_m$  (selectividad amperométrica).
- El tiempo de disparo,  $t_d$  (selectividad cronométrica).

Sin embargo, el avance de las técnicas de disparo y la tecnología de los materiales posibilitan realizar otros tipos de selectividad.

#### **a) Selectividad amperométrica**

Es el resultado de la separación entre los umbrales de los relés instantáneos (o de corto retardo) de los interruptores automáticos sucesivos.

La zona de selectividad es tanto más importante cuanto mayor es la separación entre los umbrales de los relés instantáneos y cuanto mayor sea la distancia entre el punto de defecto y el interruptor que despejará la falla.

En aplicaciones de selectividad comprometida en distribución terminal se puede obtener una selectividad total, mediante la utilización de interruptores limitadores.

#### **b) Selectividad cronométrica**

Para garantizar una selectividad total, las curvas de disparo de los dos interruptores automáticos no deben superponerse en ningún punto, cualquiera que sea el valor de la corriente presunta.

Esto se obtiene por el escalonamiento de tiempos de funcionamiento de los interruptores equipados con relés de disparo de corto retardo.

Esta temporización puede ser:

- A tiempo inverso.
- A tiempo constante.
- A una o varias etapas selectivas entre ellas.

#### **c) Selectividad energética**

La selectividad es total si, para cualquier valor de la corriente presunta de cortocircuito, la energía que deja pasar el interruptor situado aguas abajo es inferior a la energía necesaria para hacer entrar en acción al relé del interruptor situado aguas arriba.

#### **d) Selectividad lógica**

Este sistema necesita de una transferencia de información entre los relés de los interruptores automáticos de los diferentes niveles de la distribución radial.

Su principio es simple:

- Todos los relés que detectan una corriente superior a su umbral de funcionamiento, envían una orden de espera lógica al que está justamente arriba.
- El relé del interruptor situado arriba, que normalmente es instantáneo, recibe una orden de espera que le significa: prepararse para intervenir.

## **2.8. CARACTERÍSTICA DEL LUGAR DE INSTALACIÓN**

Un aparato de maniobra y/o protección (interruptor, contactor, relé de protección, etc.), está concebido, fabricado y ensayado de acuerdo a la norma de producto que corresponde, la cual enmarca su performance según ciertos patrones eléctricos, dieléctricos y de entorno. En estos dos últimos casos, las condiciones de la instalación pueden influir en la sobre o sub-clasificación de ciertas características de los aparatos, que se reflejan en la capacidad nominal (In) de los mismos.

### **2.8.1. La Polución Ambiental**

Determina el grado de protección de la envoltura en la cual se instalarán los aparatos.

El grado de protección define las condiciones de seguridad de funcionamiento en función de la agresividad del ambiente y la seguridad de las personas en cuanto a la posibilidad de acceder a dicho aparataje poniendo en riesgo su vida.

La publicación IEC 529 indica mediante el código IP los grados de protección proporcionados por la envoltura del material eléctrico contra el acceso a partes peligrosas y contra la penetración de cuerpos sólidos extraños a agua.

### **2.8.2. La Temperatura Ambiente**

La corriente nominal (In) de los interruptores está determinada por ensayos para una temperatura, generalmente 40°C (según la norma que corresponda), y posee límites de funcionamiento por temperaturas extremas que pueden impedir el normal funcionamiento de ciertos mecanismos. Dentro de sus rangos de temperaturas límites, cuando ésta es superior a los 40°C, se aplica una desclasificación de la In del interruptor, según los valores dados por el fabricante.

En ciertos casos, para obtener funcionamientos correctos deberá ser calefaccionado o ventilado el recinto donde se alojan los aparatos.

### **2.8.3. La Altura**

Generalmente los aparatos no sufren desclasificación en instalaciones de hasta 1000 metros de altura. Más allá de ésta, es necesario acudir a tablas de corrección de la corriente nominal (In) que contemplan la variación de densidad del aire.

### 3. CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL COMANDO Y PROTECCIÓN DE POTENCIA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En general, cuando las cargas son motores que accionan máquinas u otros tipos de receptores que requieren un funcionamiento automático o semiautomático, o cuando la orden de funcionamiento se les debe impartir desde un lugar distinto al de su instalación, se está fuera del ámbito estricto de la Distribución de Baja Tensión. Una salida motor o arrancador es la que asume la mayor cantidad de funciones.

Se indican a continuación los criterios básicos para la elección y asociación de aparatos, con el objeto de cumplir con las funciones requeridas de la salida motor.

Los lineamientos se definen por las Recomendaciones de la Comisión Eléctrica Internacional (IEC).

#### 3.2. FUNCIONES DE UNA SALIDA MOTOR

La Norma IEC 947 define cuatro funciones:

- Seccionamiento.
- Protección contra cortocircuito.
- Protección contra sobrecargas.
- Conmutación.

##### 3.2.1. Seccionamiento

Es una función de seguridad, que contempla los elementos para aislar eléctricamente los circuitos de potencia y comando con respecto a la alimentación general. Sus características fueron indicadas en la distribución en baja tensión.

##### 3.2.2. Protección Contra Cortocircuitos

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo. Suponiendo un conductor de una resistencia de  $1\text{M}\Omega$  atravesado por una corriente eficaz de  $50\text{kA}$  durante  $10\text{ms}$ . La energía disipada de  $2500\text{ Joules}$  corresponde a una potencia de  $250\text{kW}$ . Los efectos térmicos sobre los constituyentes de la salida provocan las siguientes consecuencias:



- Fusión de contactos del contactor, de los arrollamientos del relé térmico, de las conexiones y de los cables.
- Calcinación de materiales aislantes.

Los dispositivos de protección detectan el defecto e interrumpen el circuito muy rápidamente. Si es posible, antes de que la corriente llegue a su valor máximo, como es el caso de los interruptores automáticos limitadores y los guardamotores magnéticos. La elección de los aparatos tiene los mismos requisitos que se indicaron para la distribución en baja tensión.

### **3.2.3. Protección Contra Sobrecargas**

La sobrecarga es el defecto más frecuente sobre las máquinas. Se manifiesta por un aumento de la corriente absorbida por el motor y sus efectos térmicos. Por ejemplo, la vida de un motor es reducida en un 50% si su temperatura de funcionamiento (definida por su clase de aislación) se sobrepasa en 10°C de manera permanente.

Según el nivel de protección deseado y la categoría de empleo del receptor, la protección contra sobrecargas se puede realizar por:

- Relés térmicos con bimetálico, que son los aparatos más utilizados.
- Poseen funciones tales como:
  - Insensibilidad a las variaciones de temperatura ambiente (compensados).
  - Sensibilidad a la pérdida de una fase (evitan la marcha en monofásico del motor).
  - Protección por rotor bloqueado o arranque prolongado, definido por la clase de la protección térmica (clase 10, 20 ó 30).
- Relés a sondas por termistancia (PTC), que controlan en forma directa la temperatura del bobinado estático.
- Relés electrónicos multifunción, que proveen por lo general la protección considerando las curvas de calentamiento del hierro y del cobre, además de disponer de entradas para sondas por termistancia y funciones adicionales.

### **3.2.4. Conmutación**

La conmutación consiste en establecer, cortar, y en el caso de variación de velocidad, regular la corriente absorbida por un motor.

Según las necesidades, esta función está asegurada por productos:

- Electromecánicos: contactores, arrancadores combinados.
- Electrónicos: arrancadores progresivos, variadores de velocidad.

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión comandado por un electroimán. Cuando la bobina del electroimán está alimentada el contactor se cierra, estableciendo por intermedio de los polos el circuito entre la red de alimentación y el receptor.

Los contactores son aparatos robustos que pueden ser sometidos a exigentes cadencias de maniobras con distintos tipos de cargas. La Norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores.

Se citan aquí solamente las categorías para circuitos de potencia con cargas en corriente alterna CA. Existen categorías similares para corriente continua CC y circuitos de control en CA y CC.

#### **Categoría AC1**

Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ( $\cos \varphi \geq 0,95$ ).

#### **Categoría AC2**

Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura del contactor se interrumpe la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

#### **Categoría AC3**

Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

#### **Categoría AC4**

Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos. El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor. La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.

### **3.3. ELECCIÓN DE CONTACTORES**

Cada carga tiene sus propias características, y en la elección del aparato de conmutación (contactor) deberán ser consideradas.

Es importante no confundir la corriente de empleo ( $I_e$ ) con la corriente térmica ( $I_{th}$ ).

$I_e$ : es la corriente que un contactor puede operar y está definida para la tensión nominal, la categoría de empleo (AC1, AC3) y la temperatura ambiente.

Ith: es la corriente que el contactor puede soportar en condición cerrado por un mínimo de 8 horas, sin que su temperatura exceda los límites dados por las normas.

La vida eléctrica, expresada en ciclos de maniobra, es una condición adicional para la elección de un contactor y permite prever su mantenimiento. En los catálogos de contactores se incluyen curvas de vida eléctrica en función de la categoría de utilización.

### **3.3.1. Circuito de Iluminación con Lámparas Incandescentes**

Esta utilización es de pocos ciclos de maniobra. Sólo se considera la corriente térmica porque el  $\cos \varphi$  es cercano a 1 (categoría de empleo AC1).

En el momento de conexión se produce un pico de corriente que puede variar entre 15 a 20 la corriente nominal  $I_n$ , en función de la repartición de las lámparas sobre la línea.

### **3.3.2. Circuito de Iluminación con Lámparas de Descarga**

Ellas funcionan con un balasto, un arrancador (en algunos casos) y un condensador de compensación. El valor del condensador no pasa generalmente de  $120\mu F$ , pero es necesario considerarlo en la elección del contactor.

Para elegir el contactor es necesario también definir la corriente absorbida (conjunto lámpara + balasto compensado).

### **3.3.3. Primario de un Transformador**

Independientemente de la carga conectada al secundario, el pico de corriente magnetizante (valor de cresta) durante la puesta en tensión del primario del transformador puede ser, durante el primer semiciclo, de 25 a 30 veces el valor de la corriente nominal. Es necesario tener en cuenta este fenómeno para elegir los aparatos de protección y comando.

### **3.3.4. Motor Asíncrono de Jaula. Parada a Rueda Libre**

Esta es la aplicación más frecuente para los contactores y corresponde a la categoría de empleo AC3. Esta utilización puede requerir del contactor un número importante de ciclos de maniobras. El pico de corriente en el arranque es siempre inferior al poder de corte asignado del contactor.

## **3.4. ASOCIACIÓN DE APARATOS**

Las cuatro funciones de base que cumple una salida motor (seccionamiento, protección contra cortocircuito, protección contra sobrecarga y conmutación), deberán asegurarse de tal manera que en el o los aparatos a asociar se tengan en cuenta la potencia del

receptor a comandar, la coordinación de protecciones (en caso de cortocircuito) y la categoría de empleo.

### 3.5. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga. Tiene por objetivo interrumpir a tiempo y sin peligro para las personas e instalaciones una corriente de sobrecarga (1 a 10 veces la  $I_n$  del motor) o una corriente de cortocircuito.

Tres tipos de coordinación son definidos por la Norma IEC 947, dependiendo del grado de deterioro para los aparatos después de un cortocircuito.

Las diferentes coordinaciones se establecen para una tensión nominal dada y una corriente de cortocircuito  $I_q$ , elegida por cada fabricante.

El concepto de coordinación de protecciones es aplicado para la protección de todos los elementos situados en una salida motor: aparatos de maniobra y protección, cables de salida y receptores.

**Coordinación tipo 1:** En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

Son aceptados daños en el conductor y el relé de sobrecarga; el arrancador puede quedar inoperativo. El relé de cortocircuito del interruptor deberá ser reseteado o, en caso de protección por fusibles, todos ellos deberán ser reemplazados.

**Coordinación tipo 2:** En caso de cortocircuito el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. El relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño. Los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazan componentes, salvo fusibles. El reseteado del interruptor o cambio de fusibles es similar al caso anterior.

**Coordinación total:** En caso de cortocircuito el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. Según la Norma IEC 947-6-2, en caso de cortocircuito ningún daño ni riesgo de soldadura es aceptado sobre todos los aparatos que componen la salida. Esta norma valida el concepto de “continuidad del servicio”, minimizando los tiempos de mantenimiento.

#### 3.5.1. Asociaciones Típicas

La asociación de varios productos para realizar una coordinación tipo 1,2 o total es informada por cada fabricante, puesto que las características eléctricas propias de cada producto deben ser validadas en la asociación mediante ensayos.

El contactor - interruptor Integral reúne todas las funciones en un solo aparato y provee coordinación total, cumpliendo con la certificación IEC 947-6-2. Es utilizado en industrias de proceso en donde la continuidad de servicio es un imperativo.

3.5.2. Esquemas Eléctricos Típicos

En la **Figura 1** y **Figura 2** se muestran, en forma simplificada, distintos ejemplos de salidas típicas de motores y de distribución

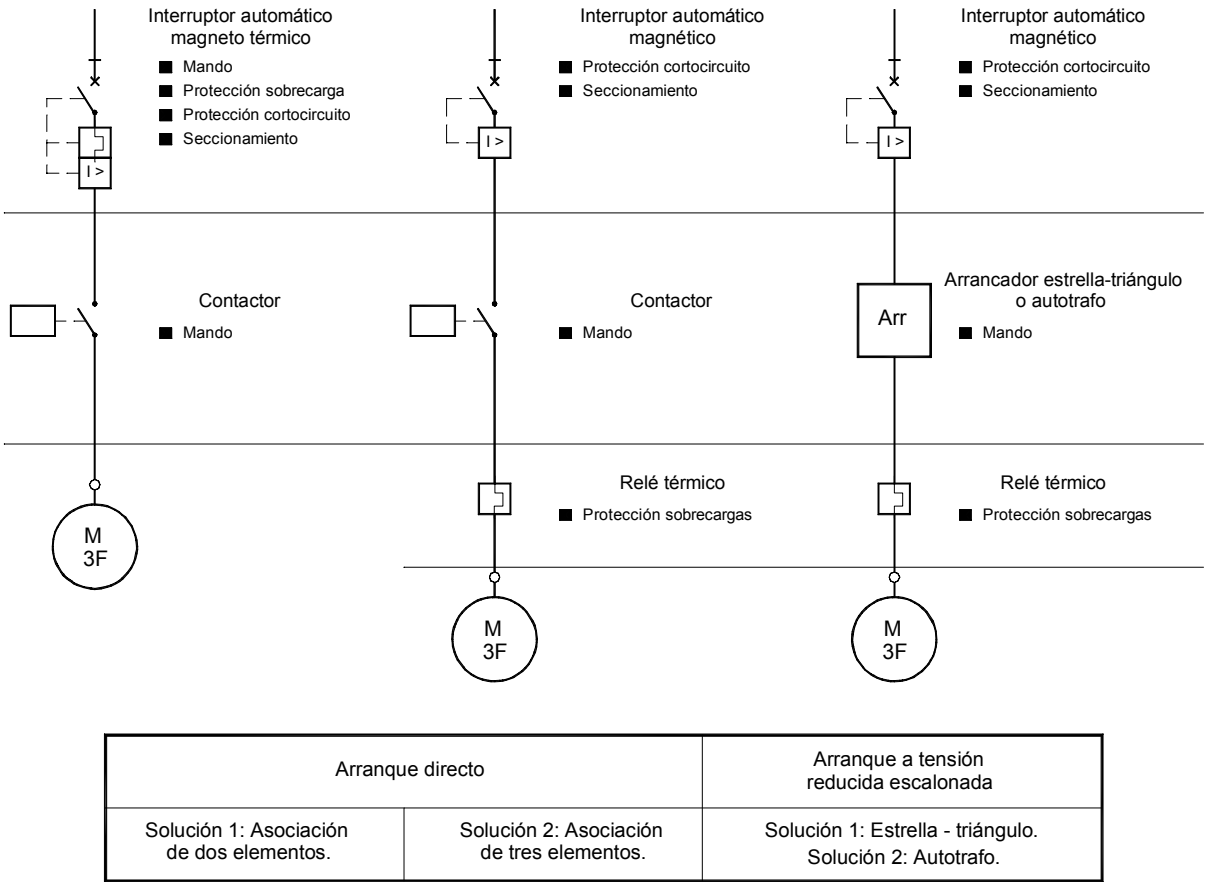


Figura 1. Esquema eléctrico típico

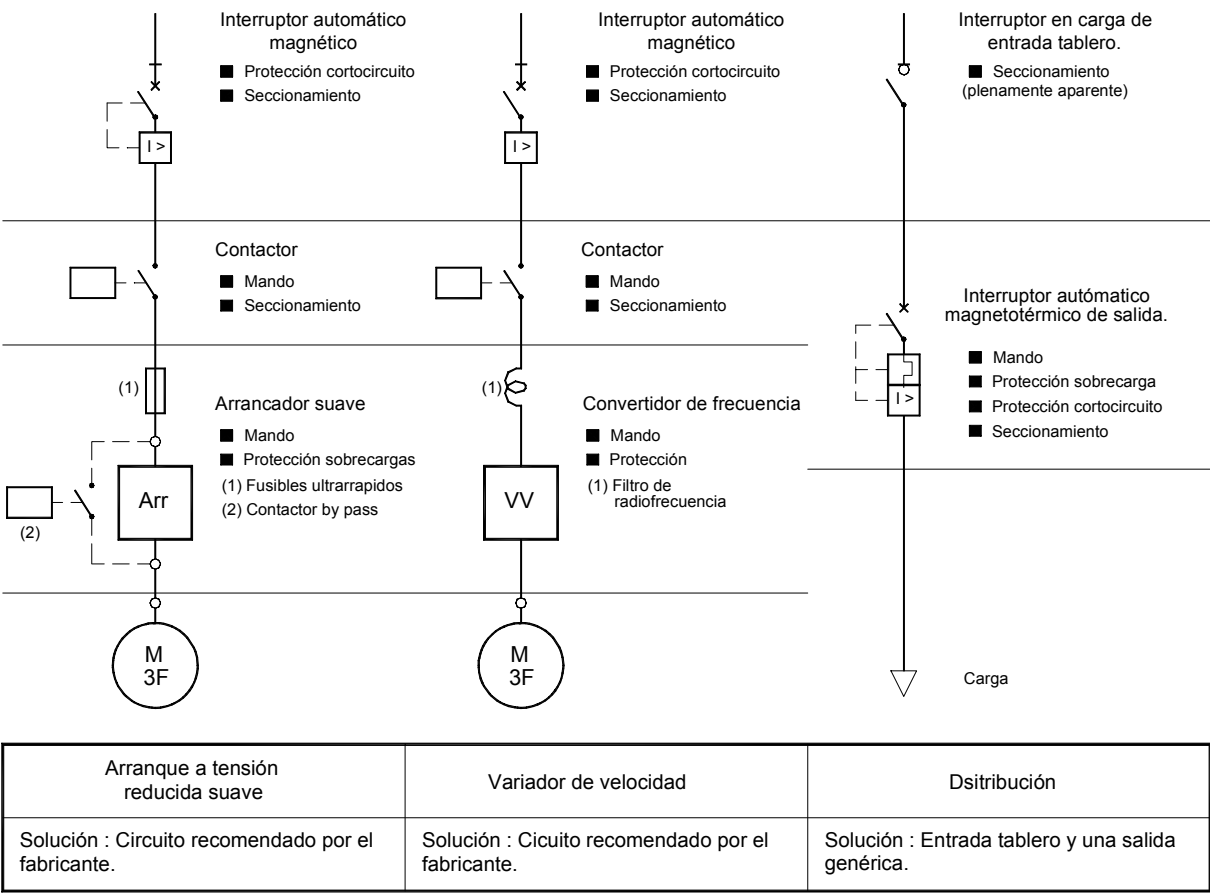


Figura 2. Esquema eléctrico típico

## 4. EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS

### 4.1. INTRODUCCIÓN

Se indican a continuación los criterios de aplicación y las especificaciones técnicas típicas a que deben responder, según las reglas del arte, los equipos eléctricos, la provisión de los componentes eléctricos y las condiciones de montaje y de la instalación eléctrica.

Con los presentes criterios y especificaciones se definen los objetivos propuestos y no la forma de implementarlos, que es responsabilidad exclusiva del fabricante.

Las características de construcción deben responder a alguna de las siguientes normas, complementándose con los requerimientos del presente.

IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales)

IEC (International Electrical Commission)

NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

ANSI (American National Standard Institute)

VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)

CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)

Las mismas pueden ajustarse en función de la envergadura de la obra y las condiciones particulares de cada emplazamiento.

El proyectista puede variar o alterar los requerimientos de estas especificaciones básicas, pero sustentadas por justificaciones técnicas que avalen las decisiones tomadas.

Se indican a continuación los criterios básicos de diseño y especificaciones técnicas de equipos que normalmente son exigibles.

Se aclara que también deben integrar la provisión, todos aquellos elementos que no se especifican expresamente y sean necesarios para la correcta operación de los equipos.

### 4.2. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES

En función del grado de confiabilidad de las redes de alimentación disponibles y el factor de indisponibilidad tolerable de las estaciones de bombeo y de las plantas de potabilización, se deberán plantear las distintas alternativas de alimentación eléctrica de las instalaciones.

Si las necesidades de compatibilidad de alimentación no pueden ser cubiertas por una única alimentación se plantean habitualmente dos soluciones:

- a) De disponerse de más de una línea de alimentación, siempre y cuando estén alimentadas de fuentes independientes, se debe definir una doble entrada de alimentación con conmutación automática. La conmutación incluye enclavamiento para no producir el paralelo de ambas líneas independientes
- b) De disponerse de una única línea de alimentación, debe incluirse un grupo de alimentación de emergencia.

La potencia nominal del equipo es por lo general un 50% superior al total de los consumos esenciales de la instalación.

Si el tiempo de restablecimiento de la instalación debe ser breve, el grupo de emergencia será del tipo precalentado, de arranque y conmutación de cargas automáticos.

### **4.3. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TABLEROS – EQUIPOS DE MANIOBRA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN**

#### **4.3.1. Normas de Aplicación**

En lo que no fuera establecido expresamente en la presente especificación los tableros deben responder a las normas:

IRAM 2200    Tableros eléctricos de maniobra y comando bajo cubierta metálica.

IRAM 2195    Idem 2200 – Ensayos dieléctricos.

#### **4.3.2. Características Generales**

Los tableros deben ser contruidos en chapa plegable doble decapada de espesor mínimo de 2,10 mm (BWG 14), SAE 1010, cerrados en seis o cinco lados según el tipo.

La estructura soporte o esqueleto de paneles o armarios, y los bastidores deben ser una unidad de chapa doblada rígida autoportante de 3 mm de espesor que no pueda sufrir deformaciones, ya sea por transporte o por esfuerzos dinámicos de cortocircuito.

El armado puede ser por soldadura o abulonado.

Todos los paneles abulonados, en caso de pertenecer a armarios cerrados en sus seis lados, deben llevar burletes de espuma de poliuretano o goma sintética al igual que las puertas.

Todos los tableros deben tener cáncamos para izaje en la parte superior. Serán robustos y de diseño adecuado.

Si los cáncamos sobresalen por la parte superior deber ser desmontables. En su lugar los orificios deben quedar sellados con tornillos adecuados.



En bandejas rebatibles y puertas se deben utilizar bisagras interiores o exteriores. Las mismas serán lo suficientemente robustas para o permitir que se produzcan desajustes.

Cada puerta y bandeja rebatible, debe constituir una estructura dotada de los refuerzos correspondientes, a fin de garantizar que se conserve siempre plana, sin presentar alabeo, para las condiciones de uso a que se destinen.

La manija para los cierres de puertas debe ser del tipo empuñadura y falleba con cerradura a tambor. Cada tablero debe llevar cerraduras iguales para todas las puertas de modo que puedan ser abiertas por una misma llave. Se debe entregar un juego de cuatro (4) llaves en un llavero rotulado por cada tablero.

Las puertas de los tableros debe estar equipadas con una traba que en su posición de máxima apertura y en la posición de 90 grados, impida el cierre o apertura intempestiva.

Cada armario, en el reverso de su puerta posterior, debe poseer un bolsillo portaplanos de chapa de dimensiones adecuadas.

En aquellos lugares donde por razones de diseño resulte conveniente la utilización de aberturas de ventilación (ventanillados), se debe colocar malla metálica fina para evitar el ingreso de insectos y filtros adecuados para prevenir la entrada de polvo al tablero.

Todas las superficies deben ser lisas. Las costuras producidas por soldaduras deben ser pulidas.

Todas las partes metálicas que forman parte de la estructura de la bandeja, como también la chapa de separación y bulonería, deben ser cadmiados.

Toda la bulonería de tableros para interior debe ser cadmiada. La calidad y espesor del cadmiado deben responder a la Norma IRAM 676, utilizándose únicamente rosca de paso métrico. Para tableros intemperie se usará bulonería galvanizada en caliente según VDE 0210-569 Anexo IV.

Se deben prever agujeros para anclaje, en la base de los tableros.

Para todos los suministros en chapa de acero se debe utilizar la Norma IRAM o ASTM.

Se deben prever travesaños u otros elementos de fijación para sujetar los cables mediante grapas o prensacables adecuados.

Todos los dispositivos y elementos se deben montar de modo que no interfieran el montaje de elementos en paneles, celdas o compartimentos contiguos. Tampoco deben ser visibles desde el frente de puertas y paneles los elementos de fijación.

A fin de cumplir con lo dicho anteriormente el fabricante debe disponer todos los elementos sobre bandejas desmontables o rebatibles. En caso de puertas se tomarán otros recaudos.

Todos los equipos primarios deben ubicarse en compartimentos separados.

Aquellos elementos que pueden conservar cargas electrostáticas, deberán contar con adecuados dispositivos que los conecten a tierra.

El tamaño general del tablero debe ser el mínimo necesario para que pueda realizarse el montaje de los elementos y equipos integrantes del mismo y tal que se asegure una correcta ventilación, disipación, aislación y facilidades de acceso para mantenimiento.

Para la distribución de cubicles y paneles, debe tenerse en cuenta entre otros los siguientes factores:

- Agrupamiento por funciones.
- Posibilidades operativas del sistema.
- Reservas vacías.
- Facilidad de acceso y mantenimiento.
- Facilidad de ampliación.

Se debe diseñar el tablero y sus elementos constitutivos para resistir los esfuerzos térmicos y mecánicos originados por las corrientes de cortocircuitos especificadas.

El calentamiento de las partes constitutivas no debe superar los estándares establecidos por normas de construcción.

Los tableros se deben diseñar de modo que permitan su ampliación, mediante la adición de futuros paneles o compartimentos.

Para el montaje del tablero sobre el piso debe prever una base sólida, que permita su fijación mediante bulones de anclaje u otros dispositivos.

Cada tablero debe llevar una placa identificatoria en la que debe figurar la denominación del fabricante, el tipo constructivo, número y año de fabricación, tipo de ambiente para el que ha sido previsto, tensión nominal, frecuencia nominal, corriente nominal de las barras.

La placa de identificación debe ser de material resistente a la corrosión, marcada en forma indeleble y fijada a la estructura con tornillos.

Se debe identificar cada compartimento o cubicle, mediante leyendas identificatorias, fijadas al frente de los mismos.

#### **4.3.3. Tratamiento Superficial y Terminación**

Las partes metálicas de los tableros deben recibir los siguientes tratamientos:

##### **Tableros de uso interior**

###### **1. Desengrasado**

Según el tipo de pieza se debe poder efectuar manualmente, mediante solventes industriales o con vapores de tricloroetileno.

**2. Desoxidado**

Por arenado o fosfatizado en caliente por inmersión y remoción con cepillo. Este último método hace necesario el tratamiento alternativo de baño y cepillado hasta librar la chapa de todo óxido. Para tableros intemperie solamente se debe usar el arenado.

**3. Lavado y secado de piezas**

Luego de fosfatizado se debe enjuagar por inmersión de agua, con manguera, etc. Y se debe secar por aire caliente o estufas infrarrojas complementándose con sopletes de aire a presión.

Las chapas tratadas se debe cubrir con antióxido antes de transcurridas cuatro horas desde el proceso de desoxidado, enjuague y secado o arenado.

**4. Aplicación de 10 micrones de imprimación (wash-Primer)**

**5. Pintura de fondo**

Pintado de fondo epoxi de 30 micrones y horneado (o bien aplicación de 2 a 4 manos de antióxido al cromado de zinc hasta obtener 30 micrones de espesor).

**6. Pintura de terminación**

Aplicación de 40 micrones de esmalte horneable (o bien 60 micrones de esmalte sintético).

**7. Galvanizado**

Los perfiles de montaje y otros accesorios menores no visibles desde el exterior deben ser galvanizados en caliente.

**8. Colores**

Se debe definir de acuerdo a los requerimientos particulares de cada proyecto.

**9. Terminación**

No se debe aceptar masillado de la estructura, puertas, laterales, etc. a fin de tapar abolladuras, oxidaciones, fisuras y otros defectos. La superficie final será uniforme, no se permitirán acumulaciones de pintura ni texturados.

***Tableros de uso intemperie***

El tratamiento debe ser galvanizado en caliente o pintado.

Se debe optar por una o ambas terminaciones, las cuales deben responder a las especificaciones que se dan a continuación.

### 1. *Galvanizado*

Se debe realizar de acuerdo con las exigencias de la Norma VDE 0210.5.69 – Anexo IV.

Se debe tener especial cuidado de evitar deformaciones estructurales en puertas, paneles, etc. que puedan aparecer debido al baño. Para ello se debe aplicar las técnicas correctas para el galvanizado en caliente.

Durante cada baño se debe garantizar la temperatura óptima de galvanizado y se debe retirar todo el óxido metálico e impurezas que floten en la superficie.

### 2. *Pintura*

Se debe cumplir todos los pasos detallados en 1, 2, 3 y 4 mencionados para los tableros de uso interno.

#### *Pintura de fondo*

Pintado de fondo epoxi o poliuretánico tipo II según Norma IRAM 1240 en manos cruzadas hasta obtener 40 micrones de espesor.

#### *Pintura de terminación*

Aplicación de manos cruzadas de pintura tipo II (poliuretánica para intemperie) según el esquema de Norma IRAM 1240, hasta obtener 60 micrones de espesor.

Se debe prever, donde corresponda, la terminación de superficies interiores con recubrimiento antigoteo. Este recubrimiento no debe desprenderse al ser cepillado con cepillo de limpieza de paja de uso doméstico.

### **4.3.4. Tableros en Ambientes Muy Agresivos**

Los tableros deben ser bajo cubierta de material sintético, policarbonato o poliester reforzado con fibra de vidrio autoextinguible (Norma ASTM D635 – IRAM 2378) con aditivos UV (protección contra los rayos ultravioletas), de alta resistencia a los golpes e impacto (20J)

Para las restantes características constructivas generales son válidas las enunciadas para la versión metálica.

### **4.3.5. Protección Mecánica**

Los tableros eléctricos deben cumplir con los siguientes grados de protección, según la Norma IEC 144 (IRAM 2244):

- Tableros de uso interno: IP 41
- Tableros de uso exterior o expuestos o salpicaduras de agua: IP54

#### **4.3.6. Disposición de Elementos**

Todos los elementos se deben montar teniendo en cuenta la función, frecuencia de operación, mantenimiento, etc. Deben ser accesibles para su manejo y mantenimiento, sin posibilidad de contactos accidentales que puedan poner en peligro a las personas, producir deterioro de elementos o salida de servicio de equipos.

Todos los elementos en general deben poder ser desmontados con simples operaciones. En caso de circuitos auxiliares estas tareas deben poder realizarse aún bajo tensión (cambio de ojos de buey, botoneras, relés, etc.).

Se debe evitar colocar dispositivos de protección embutidos en puertas o bandejas rebatibles. Los mismos deben instalarse a resguardo de vibraciones a fin de impedir actuaciones intempestivas.

Todos los elementos tales como voltímetros, amperímetros, relés con indicadores ópticos, medidores de energía, etc., deben disponerse de modo tal que el acceso para su mantenimiento resulte sencillo y que sean cómodamente visibles.

Todos los elementos tales como temporizadores, relés o instrumentos de medición que no sean de ejecución extraíble, deben tener prevista una bornera próxima de modo tal que al extraer el elemento pueda levantarse la conexión desde dicha bornera.

Todos los instrumentos, pulsadores, ojos de buey (señalización) y llaves conmutadoras se deben colocar sobre las puertas de los tableros a una altura superior a 1 m y a una altura inferior a 2 m.

En cada tablero, los elementos que cumplan igual función deben ser intercambiables entre sí.

#### **4.3.7. Identificación de Elementos**

Todos los componentes tales como interruptores, seccionadores, fusibles, relés, contactores y pulsadores deben estar identificados con chapas de lucite.

Los conductores deben estar individualizados en sus extremos por medio de numeración en correspondencia con el esquema eléctrico de conexionado interno. Las marcas deben asegurar su inalterabilidad y no permitir desprendimientos involuntarios.

Todos los demás elementos del tablero se deben identificar con chapas fotoquímicas u otro método que asegure la fácil distinción de la letra y número con que se representa el elemento en el esquema eléctrico funcional o de conexionado interno.

Cuando sea requerido un esquema mímico en el frente del tablero, el mismo se debe realizar con planchuela de aluminio o bronce atornillada desde el interior.

Cada compartimento debe poseer un esquema topográfico y un esquema eléctrico adosado al interior y a resguardo del deterioro mediante una cubierta de acetato transparente o acrílico.

Todos los bornes deben estar convenientemente numerados.

Todas las borneras deben estar identificadas con un código respectivo.

#### **4.3.8. Cableado**

Todo el cableado se debe realizar de acuerdo con las reglas del arte. No debe permitirse empalmes de los cables en su recorrido y solamente debe admitirse cables unipolares. Los mismos deben ser del tipo anti-incendio y deben responder a las Normas IEEE Std. 383-1974-Sección 2.5. (IRAM 2183).

La sección mínima de los cables debe ser de  $1\text{mm}^2$  para los de comando, señalización y alarmas, y para los circuitos de medición de tensión  $2,5\text{ mm}^2$  y de corriente de  $4\text{mm}^2$ .

Los cables serán flexibles (no se permitirá conductor de alambre), la aislación debe ser de PVC para 1kV, según la Norma IRAM 2183. Para conexiones sometidas a flexiones alternativas (puertas, paneles rebatibles, etc.) se debe utilizar cable de tipo extraflexible.

Todos los extremos deben llevar terminales o serán estañados.

Para la protección de los cables en el interior de los tableros se debe emplear canales plásticos.

Para los circuitos amperométricos de medición y protección se debe ubicar borneras de contraste con puentes seccionables según se describe.

La puesta a tierra de los circuitos secundarios se debe realizar con cable individual desde cada transformador a la barra general de tierra, así como también desde los instrumentos y relevadores.

En los circuitos de potencia todo el cableado debe estar dimensionado para la corriente nominal y verificando el circuito de acuerdo con la potencia de cortocircuito de diseño del tablero.

No se debe aceptar, bajo ningún concepto, la conexión de más de un cable por borne, ni las conexiones en guirnalda entre aparatos que no sean de ejecución extraíble.

#### **4.3.9. Equipamiento Eléctrico**

##### ***Barras colectoras***

Las barras debe ser de cobre electrolítico según la Norma IRAM 2202.

Deben soportar sin deformaciones los esfuerzos electrodinámicos y las sollicitaciones térmicas producidas por la corriente simétrica de cortocircuito, calculadas según VDE 0103.

Para la elección de la sección de las barras de cobre se debe respetar lo establecido por las Normas IRAM o DIN 43671.

Las barras de cobre de potencia de corriente alterna se debe identificar por medio de los siguientes colores:

Fase R: Naranja

Fase S: Verde

Fase T: Violeta

Neutro: Gris

Tierra: Negro

Las barras de cobre de corriente continua se deben identificar por medio de los siguientes colores:

Barra P: Rojo

Barra N: Azul

Barra Tierra: Negro

La bulonería a utilizar será completamente cadmiada, debiéndose respetar lo establecido.

La cantidad de los agujeros y diámetro de los mismos, para la realización de las uniones y empalmes de barras, se debe determinar de acuerdo con lo establecido por la Norma DIN 43673.

Las barras principales o de derivación deben estar ubicadas en compartimentos separados de los interruptores y dispositivos de maniobra, medición y auxiliares.

Se debe tomar en cuenta la última revisión de ANSI C37-230 y NEMA ICS.

Las derivaciones que acometen a los dispositivos y aparatos se debe realizar con cable o barra aislada para evitar contactos accidentales del personal de operación o mantenimiento.

En todos los casos se debe poder realizar la conexión de acometida a una salida sin que por ello se deba sacar de servicio cualquiera de los restantes y sin ningún riesgo para el personal. Para ello, el diseño del tablero debe ser tal que el personal tenga acceso únicamente a los tramos terminales de las distintas salidas que deben quedar sin tensión mediante la operación del interruptor del circuito.

Las barras principales deben estar en la parte superior del tablero. Deben ser fácilmente accesibles, previo desmontaje de un panel de protección de chapa de acero.

Todos los puntos de conexión deben ser plateados. Se debe prever dispositivos flexibles para la compensación por dilatación.

### **Barra general de tierra y puesta a tierra de elementos**

A lo largo de todo el tablero se debe colocar una barra de cobre eléctricamente conectada a la estructura, con un mínimo de 100 mm<sup>2</sup> de sección para tableros y 5 mm de espesor como mínimo.

La sección y fijación de la misma debe ser suficientes para soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos eventuales de la corriente de cortocircuito.

Todas las partes metálicas de elementos y aparatos instalados en el tablero se deben poner a tierra, cada uno en forma independiente, no se deben efectuar guirnaldas entre elementos.

Todas las puertas se deben poner a tierra mediante malla extra-flexible de cobre.

Cuando se trate de puertas sin ningún aparato eléctrico montado en ellas, la sección no debe ser inferior a 6 mm<sup>2</sup>.

No se debe permitir utilizar la estructura del tablero como elemento conductor de puesta a tierra de otro elemento.

La conexión a tierra de todos los elementos que lo requieran, se debe realizar individualmente. Si se debe desmontar cualquier dispositivo conectado a tierra, en ningún caso debe ser necesario dejar otro sin puesta a tierra.

En los tableros soldados, cada celda se debe unir en un punto a la barra de tierra.

En los tableros abulonados y pintados, además se debe cumplir que todos los paneles que forman la estructura estén eléctricamente conectados entre sí con una malla igual a la usada en puertas. No debe considerarse buena conexión eléctrica la unión de partes pintadas abulonadas entre sí.

Los tableros totalmente galvanizados se deben considerar como si fueran soldados a los efectos de su puesta a tierra, siempre que no exista un elemento intermedio entre las partes abulonadas.

### **Aisladores, soportes de barras**

Los mismos deben ser compuestos de materiales en base a resinas, epoxi o poliéster y fibra de vidrio, y deben ser autoextinguibles.

No se debe permitir baquelita ni pertinax.

Deben soportarán sin deformaciones los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito producido en las barras colectoras y se debe presentar la memoria de cálculo correspondiente que avale el diseño.

Se debe tener en cuenta que todo conductor de acometida debe estar soportado por aisladores o grapas, dimensionados para absorber todos los esfuerzos necesarios originados en el conductor y no transmitirlos al punto de conexión eléctrica.



### **Canales para cableado**

Todo el cableado interno de los tableros de baja tensión se deben alojar en canales de material plástico que posean ranuras de ambas caras laterales hasta el borde superior de las mismas, para salida de los conductores a las borneras y a los aparatos eléctricos.

Los canales deben ir cerrados con una tapa del mismo material, que calce a presión con firmeza y que no se desprenda fácilmente por vibraciones o en forma accidental.

Los canales serán autoextinguibles.

Podrán ir a la vista los conductores que salgan del conducto a la bornera o a aparatos en tramos cortos. Los canales se deben fijar en su base a la estructura de los tableros, mediante remaches o tornillos de material plástico, de modo que por ninguna razón puedan dañar a los conductores.

La cantidad de conductores a colocar en los canales debe ser tal que no ocupen más del 50% de la sección interna útil en los recorridos terminales y el 75% de la misma en los recorridos troncales.

### **Borneras**

Todos los circuitos auxiliares de los tableros y/o aparatos, deben terminar en borneras convenientemente numeradas y dispuestas en cada panel. El acceso a ésta debe ser posible y seguro aún con los equipos en servicio.

En caso de existir en un mismo panel o aparato, circuitos de diferente tensión o de distintas clase de corriente (220V y 48V –corriente continua-, 380/220 y 110/V3 –corriente alterna) debe existir una clara separación entre los grupos de bornes correspondientes, con tope y extremos de cada bornera, así como también separadores entre + y -.

Además, dentro de cada grupo se debe buscar un ordenamiento por función, por ejemplo: medición de corriente, medición de tensión, comando, señalización, alarma, etc.

Los circuitos de medición de corriente deben tener bornes que permitan la realización de contraste, inyección de corriente y cortocircuitado de secundarios, aún en servicio, en forma sencilla, mediante el uso de puentes fijos y seccionables.

En cada panel donde estén presentes tensiones de medición debe existir un borne adicional a los necesarios, para la conexión de un aparato externo de medición.

### **Bornes**

Se deben emplear dos tipos de bornes según la sección de cable de acometida:

Tipo A: secciones hasta 25 mm<sup>2</sup> de cable flexible o extraflexible.

Tipo B: secciones hasta 125 mm<sup>2</sup> de cable flexible o extraflexible.

Los bornes a instalarse en tableros o aparatos deben ser del tipo componible, montados individualmente sobre guías de fijación en forma tal que puedan desmontarse separadamente sin necesidad de abrir toda la línea de bornes. La fijación del borne a la guía se debe hacer por medio de un mecanismo a resorte metálico.

El cuerpo aislante debe ser de material irrompible, no debe aceptarse material cerámico ni baquelita. Puede usarse material cerámico termoplástico, en cuyo caso debe ser autoextinguible.

De usarse melamina, el diseño debe ser tal que no se rompa fácilmente.

En los bornes Tipo A el ajuste de un conductor al borne se debe efectuar de tal modo que el tornillo no actúe directamente sobre aquel sino a través de una placa de cobre que permita aprisionar el conductor con la presión de contacto adecuada sin dañarlo.

La pieza de amarre (“morsa”), debe ser suficientemente rígida como para que al apretar el tornillo la misma no se deforme ni abra.

Los tornillos deben ser de rosca milimétrica, cabeza cilíndrica grande y ranura profunda del tipo imperdible.

Los bornes Tipo B deben tener una barra pasante a través del cuerpo aislante, el cual debe estar firmemente adherido a la misma sin posibilidad de deslizamientos.

En cada extremo la barra debe poseer un agujero con su correspondiente tornillo, tuerca y arandelas.

El conductor de entrada tanto como el de salida se debe conectar mediante el uso de terminales con ojal cerrado.

Las características de los materiales de las partes metálicas del borne debe cumplir con lo dicho para el borne del Tipo A.

### ***Interruptores automáticos***

Los interruptores debe ser de capacidad nominal y de cortocircuito adecuados al sistema que están conectados y a los consumos que alimentan.

Los interruptores generales con protección termomagnética se deben elegir de acuerdo a:

- La corriente nominal requerida (A).
- Tensión nominal (500 V, 50Hz).
- Tipo (compacto, capsulado).
- Tensión de prueba un minuto de 3kV, 50Hz.
- Capacidad de cierre (kA).
- Capacidad de interrupción simétrica (kA).
- Relés térmicos regulables, de retardo dependiente y rango según corriente de máxima simultaneidad prevista.
- Relés electromagnéticos: instantáneos, con actuación por desenganche directo.

Deben responder a la Norma IEC 947.

Todos los interruptores termomagnéticos tendrán contactos auxiliares para desarrollar circuitos de alarma por desconexión, ya sea manual voluntaria o por funcionamiento de sus protecciones.

Los interruptores termomagnéticos deben ser de ejecución fija, sin posibilidad de acceso a sus bornes desde el frente del panel, con accionamiento manual desde ese frente.

Deben poseer característica limitadora de la corriente de cortocircuito en corriente alterna y corriente continua según corresponda de acuerdo a planos unifilares y planillas de datos característicos garantizados.

La selectividad entre interruptores y/o seccionadores fusibles debe cumplir con los valores de corriente nominal y de cortocircuitos especificados en los respectivos planos unifilares de servicios auxiliares que corresponda.

### **Contadores, relés térmicos**

El dimensionamiento de los contactores y de los demás componentes eléctricos se debe realizar teniendo en cuenta:

- La corriente de arranque de los motores.
- El número de maniobras por hora.
- La corriente de desconexión.
- La vida útil.
- Potencia de los motores.
- Diseño compacto.
- Categoría de empleo.

Deben responder a la Norma VDE 0660 (Prescripciones para Aparatos de Maniobra de Baja Tensión) a IEC 947.

Los relés térmicos deben ser de la misma marca que el contactor correspondiente, configurando una sola unidad.

Los relés térmicos deben tener tendrán un campo de regulación adecuado y deben estar provistos de un contacto auxiliar conmutador. La reposición debe ser manual.

Cuando la protección del contactor se realice con fusibles, en sistema trifásicos el relé térmico debe tener la posibilidad de disparar a corriente nominal por ausencia de una fase. En este caso se debe hacer por intermedio de un contacto independiente al del relé térmico.

Los contactores de potencia de corriente alterna deben estar dimensionados según la Categoría de empleo para los dos millones de maniobras.

## **Fusibles**

Los fusibles deben ser de la capacidad adecuada a la corriente nominal y potencia de corto circuito debiéndose verificar su coordinación con el resto del sistema.

- *Fusibles para circuitos de potencia*

Deben ser de alta capacidad de ruptura (NH) del tipo de cuchilla.

Se deben ajustar a lo indicado en la Norma VDE 0636.

Deben tener una capacidad de ruptura mayor de 100 kA eficaces en tensiones de hasta 500V, 50Hz,  $\cos \phi = 0,4$ .

Los tamaños según rango de corriente nominal y subdivisión dentro de cada tamaño deben estar en un todo de acuerdo a lo especificado en dicha norma.

- *Fusibles para circuitos auxiliares*

Para comando, señalización y servicios auxiliares en general se deben utilizar fusibles a rosca con tapa de acuerdo con las características del tipo D (D/DO System) descrito en la Norma VDE 0636.

## **Relés auxiliares**

Deben responder a las Normas VDE 0660 y 0435.

Deben ser de alta confiabilidad, por lo tanto aptos para desarrollar con eficacia un funcionamiento continuo. Sus bobinas deben estar dimensionadas y construidas para trabajar permanentemente energizadas.

Deben ser de tipo extraíble con bornes a tornillo en la base fija, deben tener una cubierta de material incombustible transparente, para evitar la acumulación de polvo en su interior.

Deben tener contactos de tipo autolimpiante, inversores o normalmente abiertos y normalmente cerrados, convertibles, o no, de un tipo al otro, según se requiera en caso. Deben contar con un dispositivo apropiado, para asegurar la fijación y conexión del relé a la base fija.

## **Transformadores de corriente de baja tensión**

Los transformadores de corriente deben ser de aislación seca encapsulados en resina, para uso interior.

Deben responder a las Normas IRAM 2275 e IEC 185.

Se deben utilizar en instalaciones con conexión del neutro rígido a tierra.

Los núcleos de medición deben ser de clase 1 y valores nominales de secundarios de 5 A.

Los núcleos de protección deben ser de clase 5P10 y valores nominales de secundarios de 5 A.

La prestación de los mismos se debe definir de acuerdo a la aplicación particular.

### ***Instrumentos Indicadores***

Los instrumentos indicadores serán aptos para montaje, embutido en tableros y posición de funcionamiento vertical.

Los instrumentos indicadores deben responder a las Normas IRAM 2023 y 2162 y el conjunto “escala-aguja” será del tipo antiparalaje.

Deben tener un ajuste de puesta a cero accesible desde el frente, sin necesidad de desmontaje alguno.

Las mediciones de tensión y corriente alternas deben contar con conmutadores para la selección de fases.

Los instrumentos indicadores de medición, deben ser de 96 x 96 mm, clase de precisión 1,5 y apertura de escala de 90 grados.

Deben ser del tipo de hierro móvil para magnitudes de corriente alterna y del tipo de bobina móvil para magnitudes de corriente continua.

Para mediciones de potencia se debe usar del tipo electrodinámico.

### ***Instrumentos registradores***

Los instrumentos registradores deben ser de escritura directa, con deslizamiento del papel producido por el accionamiento de cuerda mecánica, tensada por motor eléctrico de 220 V – 50 Hz. De este modo la reserva de marcha no debe ser menor de 36 hs, y reposición automática.

La velocidad del papel debe ser conmutable a 20 mm/h, 60 mm/h ó 120 mm/h y el ancho del papel de aproximadamente 120 mm.

El depósito para la tinta debe alcanzar para varios meses de servicio continuo.

La cantidad de plumas debe resultar de la aplicación particular de estos instrumentos.

Deben ser del tipo de bobina móvil, deben tener una clase de precisión 1,5 y soportar las mismas sollicitaciones que los instrumentos indicadores.

Los instrumentos registradores deben estar encerrados en cajas herméticas para protegerlos contra la humedad y el polvo y deben permitir un montaje embutido vertical en los tableros.

Se debe proveer el suministro de papel registrador, plumas y tinta para un período de 2 años de operación normal para cada instrumento registrador.

### ***Medidores para energía activa***

Los medidores para energía activa deben ser trifásicos de simple o tarifa, según la aplicación y responderán a la Norma IEC 521.

Deben poseer tres sistemas de medición para redes trifilares y aptos para cargas equilibradas o desequilibradas.

Deben ser del tipo electromecánico de inducción, para conexión a secundarios de transformadores de corriente, clase de precisión 1 y con una capacidad de sobrecarga del 400% de la corriente nominal.

Cada integrador debe poseer 6 rodillos numeradores.

El disco del rotor debe tener un borde fresado (400 dientes) para el ajuste estroboscópico.

### ***Calefacción***

Los tableros deben llevar en su interior calefactores eléctricos blindados de 220 Vca, a fin de mantener una sobre temperatura interior de modo de evitar condensación.

Los calefactores deben estar comandados por termostatos con regulación entre 5 y 25 grados convenientemente ubicados.

Se debe colocar un contactor de maniobra de los calefactoras cuando el número y potencia de los mismos así lo demande.

### ***Iluminación***

En cada uno de los tableros y armarios, se debe instalar uno o más artefactos tipo tortuga con lámpara incandescente de 220 Vca 60W. Esta iluminación debe tener por finalidad fundamentalmente permitir la correcta visualización de los componentes y las bornas y sus conexiones.

Los portalámparas deben contar con rosca E27 según IEC-61 y serán de material cerámico o porcelana. La iluminación debe ser controlada por una llave de un punto a ubicarse en lugar visible en el interior de cada armario, respetando siempre, en lo posible, la misma posición física de la misma.

### ***Protecciones eléctricas***

Las protecciones eléctricas del tablero deben ser perfectamente coordinables entre sí y el resto del sistema.

A tal efecto, se debe realizar el estudio de coordinación de protecciones.

## **4.3.10. Características Particulares de los Tableros**

Las características particulares de los tableros se deben indicar precisando:

- Función principal (Distribución, CCM, Iluminación).
- Tensiones nominales.
- Nivel de cortocircuito, simétrico trifásico en kA.

- Instalación (Interior – Intemperie).
- Lugar de instalación.
  - Ubicación geográfica.
  - Temperatura ambiente.
    - ❖ Máxima.
    - ❖ Mínima.
    - ❖ Media diaria.
- Altura sobre el nivel del mar (m)
- Cerramiento
  - IP 41 (interior) (s/Norma IEC)
  - IP 54 (exterior) (s/Norma IEC)
  - Otros
- Dimensiones.
- Montaje.
  - Sobre piso (para CCM y distribución).
  - Sobre pared (para iluminación).
- Acceso para operación y mantenimiento.
  - Anterior.
- Tipo de ejecución.
  - Fija.
  - Extraíble.
- Posibilidad de ampliación.
- Forma de alimentación del tablero.
- Con cables.
- Con conductos de barras (sólo para grandes corrientes, mayores de 800 A).

Los tableros deben ser provistos completos por el Proveedor, con todas sus partes montadas, su cableado interno ejecutado, pintado, ensayado y puesto a punto.

#### **4.3.11. Ensayos y Recepción**

Los tableros y equipos se deben someter a ensayos y verificaciones de recepción, que debe realizar el fabricante con la presencia de un representante del comprador y el inspector.

Los ensayos de recepción mínimos requeridos deben ser los siguientes:

- Control dimensional y visual.
- Medición de espesor y adhesividad de pintura o galvanizado.
- Funcionamiento de instrumentos y dispositivos de control, medida y protección (con inyección secundaria de corriente y tensión de barras).
- Comportamiento a la corriente máxima admisible.
- Calentamiento para la intensidad de corriente nominal (a convenir).
- Rigidez dieléctrica de acuerdo con la Norma IRAM 2195.
- Funcionamiento mecánico (intercambiabilidad, enclavamientos, etc.)
- Verificación de las características dependientes de la instalación (al exterior o en ambientes especiales).
- Secuencia de maniobras (funcionalidad eléctrica).

Las pruebas de recepción deben ser realizadas sobre todas las unidades entregadas.

Se debe verificar si los equipos cumplen con los requisitos que corresponden al tipo especificado.

Los ensayos de recepción se debe realizar en fábrica y en el lugar de montaje.

## **4.4. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PUPITRES**

### **4.4.1. Características Generales**

La función de los pupitres debe ser el comando de los motores y demás equipos de las estaciones de bombeo y las plantas potabilizadoras, desde un solo puesto de mando.

Se recomienda su utilización para instalaciones importantes.

Deben tendrán puerta frontal, con cierre hermético mediante apoyo sobre burlete de goma sintética y llevarán orejas para su fijación.

Los pupitres deben pertenecer a la clase de protección IP41 (s/Norma IEC).

Para la identificación de elementos y sus funciones, se debe utilizar carteles de acrílico que se fijan al frente del pupitre.

Toda la estructura del pupitre debe presentará características de robustez, durabilidad y firmeza.



Los pupitres deben respetar con los requerimientos generales constructivos y las características técnicas de los equipamientos eléctricos enunciados en la Especificación Técnica de los Tableros.

#### **4.4.2. Equipamiento Eléctrico de Operación**

##### **Esquemas mímicos**

Cuando sea requerido un esquema mímico del tipo convencional, el mismo se debe realizar con planchuela de aluminio o bronce atornillada desde el interior. La simbología debe ser fácilmente entendible y armoniosa.

Cuando sean requeridos esquemas mínimos del tipo denominado “mosaico” debe estar conformado por mosaicos componibles grabados de 24x24mm. Deben adoptarse instrumentos indicadores a aguja de 72x72mm y los de indicación digital de 24x48mm.

No debe aceptarse otras dimensiones para los instrumentos ni tampoco que el resto de los elementos del pupitre resulten desproporcionados con respecto a los mismos por ser muy pequeños.

##### **Señalizaciones luminosas**

Las señalizaciones luminosas se deben elegir para indicar con colores la función referida, siendo recomendable rojo para paradas y emergencias, verde para marchas, amarillo para funciones neutras o parciales.

Las lámparas de indicación y los zócalos de las mismas deben estar dispuestos de tal modo que el reemplazo de las lámparas y la limpieza de las ventanillas y reflectores pueda efectuarse fácilmente. Las lámparas deben ser trabadas en posición en los zócalos de manera que éstos no giren por la acción de la extracción de las mismas para su recambio.

Las lámparas deben ser de consumo mínimo para reducir el calentamiento, pero con buena visibilidad de su indicación en salas o recintos muy bien iluminados.

Es recomendable que las lámparas de indicación tengan transformador incorporado.

En el caso de lámparas indicadoras con inscripciones, éstas se deben grabar del lado interno del vidrio o acrílico.

El color de los vidrios de las ventanillas se debe definir en cada oportunidad de acuerdo al tipo de indicación particular.

##### **Llaves para maniobras de circuitos auxiliares**

Las llaves para maniobras de circuitos auxiliares deben tener contactos que admitan una intensidad permanente no inferior a 10 A. Las llaves deben ser aptas para montaje vertical y horizontal sobre chapa de acero.

El accionamiento de las llaves debe ser por medio de “muletilla” o “palanca a mano”, reservándose el uso de las primeras para aquellos lugares en que el espacio sea reducido.

Los elementos de accionamiento deben estar conformados de tal modo que no se cubran las indicaciones, sirviendo el extremo de los accionamientos de indicadores de posición.

Cuando las llaves tengan retorno a resorte, éste debe ser de una característica tal que impida cualquier accionamiento inadvertido.

Los modelos de pulsadores a emplearse deben ser, según su utilización con botón embutido, con botón saliente o con tapa protectora. Podrán utilizarse pulsadores con llaves para circuitos de desenganche o de reposición.

Los elementos descriptos deben ser del tipo protegido contra contactos con herramientas o contra cuerpos sólidos extraños pequeños.

Esta definición encuadra dentro de la denominación IP41 de la Norma IRAM 2244 o IEC 144.

### **Alarmas**

Las alarmas deben ser de indicación audible y visual.

Las alarmas audibles deben ser del tipo de bocina de doble tono, con control de volumen.

Los anunciadores de alarma deben disponer de lámparas que iluminarán con ventana traslúcida con una leyenda, la que deben resaltar clara y nítidamente.

Según su prioridad y/o importancia se debe prever dos colores de alarmas, amarillo y rojo.

Los anunciadores de alarmas, en lo posible, se deben ubicar ordenada y agrupadamente en un mismo campo o en campos contiguos para razones de espacios u otros motivos.

En cada campo de alarmas se debe disponer tres pulsadores para las siguientes funciones:

- Cancelación de alarma audible (aceptación).
- Cancelación de alarma visual (anulación).
- Prueba de lámparas

Si se procede a anular una alarma, estando activado el elemento iniciador, el sistema debe reiniciar el ciclo de funcionamiento excitando la indicación audible.

## **4.5. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTORES**

### **4.5.1. Características Generales**

Los motores eléctricos destinados al accionamiento de los equipos deben ser diseñados, fabricados y ensayados conforme a los requerimientos de alguna de las siguientes normas:

- IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales).
- NEMA (National Electric Manufacturers Association).

- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)
- IEC (International Electrotechnical Commission)

Se debe aplicar una de las normas citadas anteriormente.

En la oferta para la venta de motores, el proveedor deberá indicar expresamente a qué norma se ajustarán los motores ofrecidos.

Los requerimientos de esa norma deben ser respetados en su totalidad, no admitiéndose la aplicación parcial de una u otra norma para distintas partes de la provisión y/o ensayos.

#### **4.5.2. Características Mecánicas**

Los motores se deben ajustar a tamaños constructivos normalizados, conforme a la norma de aplicación.

El tamaño constructivo de cada motor debe ser indicado por el proveedor en su oferta, haciendo mención a la norma a la que pertenece, salvo que se requiera expresamente un tamaño determinado.

La elección del tipo de cojinete (a fricción o rodamiento) debe quedar a criterio y responsabilidad del fabricante o indicación del proyectista. En caso de usarse cojinete a fricción debe ser competencia del fabricante proveer el suministro de los eventuales equipos de lubricación, los cuales deben poseer características similares a los motores en cuanto a su cerramiento.

Los rodamientos de empuje de los motores verticales, utilizados fundamentalmente en las estaciones de bombeo, deben ser diseñados para soportar el máximo de empuje axial (hacia arriba y/o abajo) impuesto por el equipo conducido como carga permanente, con la velocidad de régimen y con la duración necesaria de acuerdo a la vida útil prevista de equipo.

Se debe tener muy en cuenta el sellado de los cojinetes, en particular cuando el motor esté afectado al servicio en una atmósfera polvorienta.

Todos los receptáculos para aceite deben poder vaciarse totalmente. Las unidades lubricadas con grasa deben tener tapones de purga, además de los de engrase, para permitir enjuagues.

El rotor debe ser estático y dinámicamente balanceado, siendo el valor de cualquier vibración, medida en la caja de los cojinetes, no superior a los valores establecidos por las normas según el tamaño y la velocidad del motor.

Los elementos de unión y fijación deben ser de cabeza hexagonal y de material resistente a la corrosión o protegido adecuadamente contra ella.

El motor debe llevar en la parte inferior un sistema para desagote de condensaciones.

Para la definición de la protección mecánica se debe tener en cuenta el tipo de ambiente en el cual será instalado el motor (intemperie, interior, corrosivo, etc.).

Cada motor debe ser provisto con un o más cáncamos aros u orejas para soportar el peso del motor en posiciones de traslado y montaje.

La caja terminal de alimentación debe ser metálica, de amplias dimensiones, con cerramiento al agua y al polvo acorde con el tipo de protección del motor y ambiente especificado. Debe tener conexiones roscadas para conductos de acometida con las roscas que se indique y se debe poder rotar en cuatro posiciones ortogonales para su conexionado.

La posición de montaje de la caja debe ser sobre el costado derecho de la carcasa visto desde el lado de accionamiento, salvo que en las aplicaciones particulares se indique otra posición (izquierda o superior).

Los motores verticales con eje hacia abajo, con patas o con bridas, que deben ser instaladas a la intemperie, se deben proveer con cubierta protectora.

#### **4.5.3. Características Eléctricas**

- Los motores deben ser en general, hasta 0,6 kW de 220V, monofásicos, a 50Hz.
- Para potencia mayores a 0,6kW y hasta 185 kW deben ser trifásicos, 380V, 50Hz.
- Todos los motores que operen válvulas deben ser trifásicos, de 380V, 50Hz.
- Los motores deben ser asíncronos con rotor a jaula de ardilla (en cortocircuito).

Deben admitir en condiciones de carga nominal y en régimen permanente, sin que se vea afectada su vida útil, las siguientes variaciones de tensión y frecuencia con respecto a sus valores nominales:

- Tensión  $\pm 10\%$  a frecuencia nominal
- Frecuencia  $\pm 2\%$  a tensión nominal
- Combinadas variaciones de tensión de  $\pm 5\%$ , con variación de frecuencia de  $\pm 1\%$

Dentro de las variaciones especificadas, las características operativas de los motores no deben responder necesariamente a los valores de tensión y frecuencia nominales.

Los motores deberán ser adecuados para operar en servicio continuo y/o intermitente, bajo condiciones de carga y servicio nominal y soportarán las sobrecargas estipuladas por las normas de fabricación.

El calentamiento de los motores, no debe sobrepasar los valores límites establecidos en la norma de aplicación de acuerdo al material aislante usado, a efectos de no alcanzar los valores de temperatura límite de los devanados.

Se entiende por sobrecalentamiento la diferencia de temperatura existente en la parte del motor considerada y el medio refrigerante.

La aislación de los motores debe ser clase "B" de la Norma IRAM, como mínimo.

La vida útil de los motores se debe considerar de 10 años como término razonable.

Los valores de cupla de arranque y cupla máxima, referidos a la cupla nominal, se deben seleccionar de acuerdo a las características de la cupla resistente y del momento de aceleración requerido.

Los motores deben ser aptos para arrancar a plena tensión, en condiciones de carga nominal.

Todos los motores deben llevar en la caja de borneras un borne de puesta a tierra.

#### **4.5.4. Clase de Protección y Refrigeración**

La clase de protección del motor indica el grado de protección mecánica a que se encuentran sometidas las partes eléctricas del motor contra contactos involuntarios, cuerpos sólidos, polvo y agua.

La refrigeración tiene por objeto evacuar la potencia de pérdidas del motor, a los efectos de que el calentamiento de los devanados no alcance valores perjudiciales, según su clase de aislación.

Los tipos de refrigeración a emplear se diferencian, según se trate, a motores “abiertos” o “cerrados”.

En los motores “abiertos” el aire de refrigeración es tomado del medio ambiente exterior, circula por el interior y es expulsado nuevamente al exterior del motor.

En los motores “cerrados”, no existe libre intercambio entre el interior y el exterior de la carcasa.

Para motores “abiertos” se debe utilizar el tipo de refrigeración con ventilador interior incorporado.

Para motores “cerrados” se debe preferir el tipo con ventilador externo incorporado, cubierto con un capuchón. El ventilador impulsa el aire, independientemente del sentido del giro del motor.

Para motores “abiertos”, no se debe utilizar protecciones inferiores a la IP 23 de las Normas IEC 144.

Para motores “cerrados”, con refrigeración de superficie, se debe utilizar normalmente la protección IP 44 de las Normas IEC 144.

Cada motor debe ser identificado con una placa de características, fijadas a su carcasa en lugar fácilmente visible, en la que figurarán, con caracteres indelebles, todos los datos requeridos por la norma de fabricación. Debe ser construida de acero inoxidable, latón o bronce y fijada con elementos del mismo material.

#### **4.5.5. Ensayos**

Los motores a proveer debe ser sometidos a los ensayos de rutina indicados a continuación, que deben ser los mínimos a realizar según la Norma IRAM 2125:

- Medición de la resistencia de aislación.
- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Medición de la resistencia óhmica de los devanados, en frío y de la temperatura ambiente.
- Medición de vibración en los cojinetes.
- Ensayo en vacío a tensión y frecuencia nominal: determinación de potencia, cupla, tensión, corriente y cos  $\phi$ .
- Ensayos a rotor bloqueado: determinado de la potencia, cupla, tensión, corriente, y cos  $\phi$ .

Los instrumentos de medida a emplear deben ser de clase 0,25 salvo para el wattímetro utilizado en los ensayos de bajo cos  $\phi$ , que debe ser de clase 0,5.

## **4.6. SISTEMAS DE ARRANQUE DE MOTORES**

### **4.6.1. Consideraciones Generales**

Un motor asincrónico, con rotor en cortocircuito, el motor más generalizado en la industria, produce perturbaciones en la red en el momento de ser conectado.

Estas perturbaciones que varían según la relación entre la potencia del motor y la capacidad de la red en el punto de la instalación, se traduce en caídas de tensión, visibles en el alumbrado, y en la dificultad del motor por arrancar.

La corriente de arranque del motor, que es del orden del 600% de la corriente nominal, produce la caída de tensión antes descripta, pero permite el libre desarrollo del máximo par de arranque del motor, por ello siempre que la red lo permita, debe elegirse para arrancar a un motor, un arrancador del tipo directo o a plena tensión, éste puede ser por medio de un guardamotor o de una combinación contactor-térmico.

En el caso que se desee reducir la cupla de arranque para evitar aceleraciones violentas en la máquina accionada, o en las transmisiones, o que la capacidad de la red no sea suficiente se debe utilizar uno de los denominados arrancadores a tensión reducida.

Al reducir la tensión en bornes del motor, se reduce proporcionalmente la corriente que circula por el motor y el estátor, pero como el par de la máquina depende además del flujo magnético, y éste es también dependiente del flujo magnético, así como también depende de la tensión, el par de arranque varía con el cuadrado de la tensión aplicada en bornes.

Si el arranque debe ser progresivo, puede optarse por los siguientes sistemas:

- Arrancador estrella-triángulo.
- Arrancador por autotransformador.
- Arrancador electrónico suave.

En todos los casos, el equipamiento eléctrico deberá ser apto para la potencia del equipo a accionar y contar con las protecciones adecuadas para sobrecargas y cortocircuitos.

En la tabla siguiente se resumen los distintos tipos de arrancadores, con sus rangos representativos:

	Reducción de Tensión	Corriente de Arranque	Cupla de Arranque
Arrancadores a plena tensión		100%	100%
Arrancadores a tensión reducida			
Estrella-triángulo	58%	33%	33%
Autotransformador	80%	64%	64%
	65%	42%	42%
	50%	25%	25%
Electrónico suave	Rampa programable	Rampa programable	Rampa programable

#### 4.6.2. Arrancadores Directos

Los arrancadores directos (a plena tensión) se utilizan para conectar motores asincrónicos trifásicos o monofásico, a plena tensión y protegerlos contra sobrecargas inadmisibles.

La utilización de estos arrancadores es ventajosa cuando es necesario solucionar sencillos problemas de arranque.

Un punto muy importante a tener en cuenta es el de la protección contra reconexión indeseada de motores en el caso de falta de tensión; y la posibilidad de mando a distancia, que además ofrecen.

Cubren la gama aproximada de potencia de 0,5kW a 11kW, 380V, 50Hz.

El arrancador debe contar con un relé de sobreintensidad de regulación acorde.

#### 4.6.3. Arrancadores Estrella - Triángulo

Los arrancadores estrella - triángulo están destinados al arranque de motores con rotor en cortocircuito, de hasta aproximadamente 540 kW, 380V, 50Hz.

Este arranque puede adoptarse solamente en aquellos casos, en los que el motor en condiciones de servicio esté conectado en triángulo.

Con el arranque estrella - triángulo se reduce la corriente de arranque en un tercio es decir a valores que van de 1,3 a 2,7 veces el valor de la intensidad nominal del motor.

La conmutación de estrella a triángulo debe realizarse cuando el motor haya llegado a su velocidad nominal. Un accionamiento donde se deba conmutar antes de este tiempo no es apto para el arranque estrella - triángulo.

El intervalo entre dos arranques no debe ser inferior a dos minutos cuando se emplea el arrancados sin relé térmico.

En caso contrario, debe aumentarse el intervalo a cuatro minutos.

El arrancador debe contar con relé térmico de acción retardada, con compensación de temperatura. Al adosar el relé térmico al contactor de línea se obtiene una protección efectiva desde la puesta en marcha; en cambio si se adosa al triángulo se protege la máquina únicamente durante su marcha en triángulo.

Para potencias importantes es recomendable instalar un relé electrónico contra sobre temperatura aprovechando los termistores colocados en el motor. También puede utilizarse una protección electrónica integral de motores.

#### **4.6.4. Arrancadores por Autotransformador**

Son aptos para el arranque automático local y a distancia, con tensión reducida de motores con rotor en cortocircuito hasta aproximadamente 320 KW, 380 V, 50 HZ.

Para el arranque por medio de autotransformador, el motor puede conectarse en estrella o triángulo, indistintamente.

Los autotransformadores pueden efectuar tres arranques por hora, espaciados indefinidamente.

Se deben admitir dos arranques consecutivos por hora, ocasionalmente.

El arranque se efectúa en tres etapas (1° etapa, arranque con tensión reducida según selección de tensión; 2° etapa, breve conexión a impedancias en serie; 3° etapa, conmutación a tensión de línea).

La selección de la tensión reducida se realiza en forma manual en bornes al 50%, 65% u 80% de  $U_n$ .

La conmutación de la etapa de arranque a la tensión de línea debe realizarse cuando el motor haya llegado a la velocidad nominal. Debe elegirse la tensión inmediata superior, en caso de producirse antes de la entrada en régimen.

Para proteger los motores accionados contra sobrecargas, los arrancadores deben contar con un relé térmico tripolar de acción retardada, con compensación de temperatura ambiente.

Para la protección de motores de potencias importantes valen las consideraciones indicadas para los arrancadores estrella - triángulo.



#### **4.6.5. Arrancadores Suaves**

En general se presenta, durante el arranque del motor asincrónico trifásico, elevados valores de corriente y una evolución desfavorable del par motor en función de la velocidad.

Para compensar estas desventajas es que se recomiendan los arrancadores electrónicos suaves.

##### ***Empleo***

La principal función de los arrancadores suaves es la descargar al sistema accionado del elevador, y muchas veces innecesario, par de aceleración que presentan los motores asincrónicos, y de proteger a la red de alimentación frente a las elevadas corrientes de arranque.

Con la limitación del par de aceleración se reducen los desgastes en partes mecánicas de la instalación, tales como acoplamientos; con ello se logran mayores intervalos de mantenimiento, mayor seguridad en el servicio y menores tiempos de parada.

Al evitarse los picos de corrientes durante el arranque se obtiene una considerable reducción del consumo eléctrico.

La disminución de tensión en bornes del motor evita arranques bruscos y picos de corriente elevados.

El arrancador electrónico suave realiza esta tarea controlando el ángulo de disparo de los tiristores conectados a la red trifásica, lo que produce una onda de tensión de menor valor eficaz. Este control de ángulo de disparo es totalmente controlado por microprocesador, en sincronismo con la red de alimentación. Otras funciones permiten ser implementadas, gracias a este control microprocesado, tales como arranque y parada suaves, parada suave especial para bombas, frenado por inyección de corriente continua y ahorro de energía a carga parcial.

##### ***Arrancadores convencionales vs. Arrancadores suaves***

Es común a todos los métodos de arranque convencional, el no adaptarse exactamente a los requerimientos propios de la carga.

En otras palabras, si bien es cierto que se reducen el par de arranque y la corriente inicial, no se pueden sin embargo cumplimentar otras exigencias como arrancar con un par de aceleración definido o constante, o bien una corriente inicial limitada o constante.

Los picos de corriente o “golpes” del par motor que se producen en la conmutación de la etapa estrella o triángulos, o entre el primer y segundo escalón con impedancia, no se pueden evitar.

En los arrancadores suaves, los parámetros de arranque se pueden adaptar a cada aplicación, además proveen funciones adicionales que los arrancadores convencionales no poseen, tales como parametrización por PC, varios juegos de parámetros para distintos tipos de arranques, software de supervisión y control para asistencia de puesta en marcha, etc.

### **Especificación típica del arrancador electrónico suave**

El arrancador debe ser del tipo electrónico constituido exclusivamente por elementos de estado sólido y cumplirá con los siguientes requisitos.

Debe ser del tipo a tensión reducida, con protecciones para el motor aptos para ser conectados a una línea de 3 x 380V, 50Hz.

Debe ser de capacidad adecuada para el arranque y protección de un motor normalizado.

En la etapa de potencia, debe llevar incorporados tres packs de dos tiristores cada uno, en configuración puente, para el control de onda completa, con circuito de disparo digital.

Debe permitir los siguientes modos de arranque.

- Por rampa de corriente.
- Por rampa de tensión.

Debe poseer un dispositivo de regulación de máxima corriente de arranque, ajustable continuamente entre el 200% y el 500% de la  $I_n$  (corriente nominal del motor).

Debe poseer sistema electrónico de economía de energía, el que funcionará reduciendo el nivel de tensión sobre el motor si este se encuentra subcargado.

Debe soportar normalmente sobrecargas permanentes y/o transitorias requiriéndose los siguientes valores:

$I = 120\%$  de  $I_n$  en forma permanente

$I = 350\%$  de  $I_n$  durante 30 segundos

$I = 500\%$  de  $I_n$  durante 20 segundos

Debe poseer sistema amortiguador electrónico para prevenir el falso disparo de los tiristores por acción de cambios rápidos de la tensión ( $dv/dt$ ).

La extinción de los tiristores se debe producir con retardo, luego del apagado del equipo con la señal de parada. Este retardo, no debe superar los 6 ciclos de la corriente de línea. Ante corte de energía de muy corta duración, debe mantener el control del motor (no menos de 5 ciclos).

La tensión de comando debe ser la de red o en su defecto debe proveerse un transformador de la relación y potencia adecuados.

Debe poseer un conjunto de dispositivos y/o circuitos electrónicos que garanticen la protección del motor y el arrancador, por lo menos ante los siguientes eventos:

- Pérdida de fase con desenganche en menos de 1 segundo.
- Bajo voltaje con desenganche en aproximadamente el 75% de  $U_n$  en no más de 3 segundos.

- Desbalance de corrientes de fase con desenganche por variaciones de  $I_f$  de aproximadamente el 20% respecto de la corriente promedio ( $I_p$ ).
- Inhibición de arranque por inversión de la secuencia de fases.
- Sobre temperatura del arrancador, con desenganche producido por sensores adecuadamente ubicados.
- Sobrecarga del motor con desenganche según características de corriente - tiempo del tipo inverso.
- Sobre intensidad elevada en la carga, con desenganche del tipo instantáneo para una corriente comprendida en 8 y 10  $I_n$ .

Además, el arrancador debe contar con un display para la señalización de la actuación de las distintas protecciones.

Debe poseer por lo menos un contacto de aviso de marcha y uno de aviso de fallas. Ambos deben ser libres de potencial o vinculados a la tensión de comando.

El equipo debe estar preparado para ser equipado opcionalmente con placas y/o dispositivos que permitan controlar otros eventos como:

- Parada lenta (rampa) regulable desde 1 segundo hasta no menos de 20 segundos.
- Extensión del tiempo de arranque, hasta no menos de 10 minutos.
- Protección contra rotor libre.
- Protección contra rotor bloqueado.

Las condiciones ambientales de trabajo nominal debe ser,

- Temperatura de  $-20$  a  $+45^{\circ}$  C.
- Humedad hasta el 95% sin condensados ni agentes corrosivos.
- Altitud hasta 1000 mts.

### ***Selección del arrancador***

Se debe seleccionar en función de la potencia del motor y del tipo de servicio (normal o severo). Se entiende por servicio severo a aquellas aplicaciones donde los arranques son muy pesados y largos o muy frecuentes.

### ***Circuito recomendado***

La coordinación tipo 2 se debe lograr anteponiendo un interruptor manual, fusibles ultrarrápidos para proteger los tiristores y un contactor, garantizando de esta forma todas las condiciones de seguridad para el operador y los aparatos involucrados, ya que la protección térmica está integrada en el arrancador.

## 4.7. VARIADORES DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad.
- Regulación sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.
- Mecánica delicada.

### 4.7.1. *El Motor*

Los variadores de velocidad deben estar preparados para trabajar con motores trifásicos asincrónicos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no puede ser mayor que la tensión de red.

El dimensionamiento del motor deberá ser tal que la cupla resistente de la carga no supere la cupla nominal del motor, y que la diferencia entre una y otra prevea la cupla acelerante y desacelerante suficiente para cumplir los tiempos de arranque y parada.

### 4.7.2. *El Convertidor de Frecuencia*

Se denominan así a los variadores de velocidad que rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de seis transistores trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable. Un transistor más, llamado de frenado, permite direccionar la energía que devuelve el motor (durante el frenado regenerativo) hacia una resistencia exterior.

La estrategia de disparo de los transistores del ondulator es realizada por un microprocesador que para lograr el máximo desempeño del motor dentro de todo el rango de velocidad, utiliza un algoritmo de control vectorial de flujo.

Este algoritmo por medio del conocimiento de los parámetros del motor y las variables de funcionamiento (tensión, corriente, frecuencia, etc.) realiza un control preciso del flujo magnético en el motor manteniéndolo constante independientemente de la frecuencia de trabajo.

Al ser el flujo constante, el par provisto por el motor también lo será.

### 4.7.3. *Selección de un Variador de Velocidad*

Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de carga: Por constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.
- Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar la necesidad de ventilación forzada del motor.
- Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar el variador.
- Freno regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación mono o multimotor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.
- Consideraciones de la red: Microinterrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.
- Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobretemperatura y/o sobrecarga, contactor de aislación, bypass, rearmado automático, control automático de la velocidad.
- Aplicaciones especiales: Compatibilidad electromagnética, ruido audible del motor, bombeo, ventiladores y sopladores, izaje, motores en paralelo, etc.

#### **4.7.4. Circuito Recomendado**

El circuito para utilizar un variador debe constar con algunos de los siguientes elementos:

##### ***Interruptor automático***

La corriente de línea debe corresponder a la corriente absorbida por el variador a la potencia nominal de utilización, en una red impedante que limite la corriente de cortocircuito a: 22kA para una tensión de alimentación de 400V-50Hz.

##### ***Contactor de línea***

Este elemento garantiza un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por fallas. Su uso junto con el interruptor automático garantiza la coordinación tipo 2 de la salida y facilita las tareas de puesta en marcha, explotación y mantenimiento. La selección es en función de la potencia nominal y de la corriente nominal del motor en servicio S1 y categoría de empleo AC1.

##### ***Inductancia de línea***

Estas inductancias permiten garantizar una mejor protección contra las sobretensiones de red, y reducir el índice de armónicos de corriente que produce el variador, mejorando a la vez la distorsión de la tensión en el punto de conexión.

Esta reducción de armónicos determina una disminución del valor rms de corriente tomado de la fuente de alimentación, y una reducción del valor rms de corriente tomado por los componentes de la etapa de entrada del inverter (rectificador, contactor de precarga, capacitores).

La utilización de inductancias de línea está especialmente recomendada en los siguientes casos:

- Red muy perturbada por otros receptores (parásitos, sobretensiones).
- Red de alimentación con desequilibrio de tensión entre fases  $> 1,8\%$  de la tensión nominal.
- Variador alimentado por una línea muy poco impedante (cerca de transformadores de potencia superior a 10 veces el calibre del variador).
- Instalación de un número elevado de convertidores de frecuencia en la misma línea.
- Reducción de la sobrecarga de los condensadores de mejora del  $\cos \varphi$ , si la instalación incluye una batería de compensación de factor de potencia.

La selección es de acuerdo a la corriente nominal del variador y su frecuencia de conmutación. Existen inductancias estándar para cada tipo de variador.

### ***Filtro de radio perturbaciones***

Estos filtros permiten limitar la propagación de los parásitos que generan los variadores por conducción, y que podrían perturbar a determinados receptores situados en las proximidades del aparato (radio, televisión, sistemas de audio, etc.).

Estos filtros sólo pueden utilizarse en redes de tipo TN (Puesta al neutro) y TT (neutro a tierra).

Existen filtros estándar para cada tipo de variador. Algunos variadores los traen incorporados de origen.

### ***Resistencia de frenado***

Su función es disipar la energía de frenado, permitiendo el uso del variador en los cuadrantes 2 y 4 del diagrama par-velocidad. De este modo se logra el máximo aprovechamiento del par del motor, durante el momento de frenado y se conoce como frenado dinámico.

Normalmente es un opcional ya que sólo es necesaria en aplicaciones donde se necesitan altos pares de frenado.

La instalación de esta resistencia es muy sencilla: se ubicará fuera del gabinete para permitir su correcta disipación, y el variador posee una bornera donde se conecta directamente. De acuerdo al factor de marcha del motor se determina la potencia que disipará la resistencia.

Existen tablas para realizar esta selección.

El valor óhmico de la resistencia es característico del variador y no debe ser modificado.

## **4.8. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

### **4.8.1. Tipos de Compensación**

Las instalaciones de equipos para la corrección del factor de potencia pueden ser de tres tipos (según el nivel de conexión de los condensadores):

- Compensación centralizada.
- Compensación por grupos.
- Compensación individual.

La elección del lugar de la planta para conectar los capacitores debe establecerse en función de una observación de cada instalación en particular, pero hay algo que siempre debe tenerse en cuenta y es que la corrección se efectúa desde el capacitor hacia la fuente de energía, dicho de otro modo, el capacitor debería estar generando la potencia reactiva que necesita cada consumo en particular, de modo que visto desde el punto puramente técnico, cada motor o artefacto debería llevar su capacitor así los conductores que los alimentan sólo deberán conducir la corriente en fase, mientras que la corriente en desfasaje se generaría localmente en cada consumo.

Sin embargo no siempre es posible hacer esto, fundamentalmente por las siguientes razones:

- Si los consumos individuales a compensar son demasiado pequeños, los capacitores que se empleen, también resultarían de pequeño valor y por lo tanto el costo total de la compensación resulta elevado.
- Si los artefactos o motores a compensar tienen un factor de simultaneidad bajo, la compensación sólo actuará en los momentos de marcha en las máquinas.
- Los equipos de compensación se encuentran diseminados y por lo tanto se hace difícil su control.
- La instalación de un equipo por consumo se hace onerosa en una planta que ha ya sido construida y se encuentra en operación.

Es por lo tanto, necesario establecer distintas formas de efectuar la corrección del factor de potencia.

#### ***Compensación centralizada para el total del consumo***

En este caso el factor de potencia visto desde la acometida de la empresa distribuidora de electricidad está mejorado, por lo tanto desde este punto de vista, la misma no facturará multas por bajo  $\cos \phi$ . Pero, por otro lado, al no efectuarse ninguna compensación en los alimentadores, estos no se verán aliviados en lo que respecta a caídas de tensión y pérdidas pues estará llevando tanto la potencia activa como la reactiva.

Sin embargo, si estos tópicos no tienen mucho peso, esta compensación resulta económica y además tiene la ventaja de encontrarse en un sólo punto que hace fácil su inspección y maniobra.

El capacitor o banco de capacitores puede conectarse manualmente por medio de una llave para potencias moderadas.

Para instalaciones de mayor envergadura, en la cual la subestación se encuentra dentro de la planta, se recurre a sistemas más elaborados, en los cuales el banco se conecta ante la aparición de cierta potencia base, o este banco se subdivide en varios que se conectan en forma automática comandados por un relé varimétrico.

En este caso resulta liberada una cierta cantidad de kVA de la subestación transformadora.

### ***Compensación por grupos***

Este método consiste en corregir el factor de potencia en cada uno de los alimentadores, muy especialmente cuando estos alimentan un gran número de cargas relativamente pequeñas y/o factores de simultaneidad bajos, de este modo se logra liberar potencia en los tableros de subdistribución y alimentadores.

### ***Compensación individual***

Esta disposición brinda la máxima posibilidad en cuanto a compensación ya que la energía reactiva se genera en el lugar que se consume; su aplicación se centra en grandes motores asíncronos, muy especialmente si son lentos (con un gran número de polos) y en artefactos de iluminación.

## **4.8.2. Compensación Fija o Automática**

Cuando tenemos calculada la potencia reactiva necesaria para realizar la compensación, se nos presenta la posibilidad de elegir entre una compensación fija y una compensación automática.

### ***Compensación fija***

Se utiliza cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante.

Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador ( $S_n$ ).

### ***Compensación variable***

Se utiliza cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda de reactiva sea variable.

Es recomendable en las instalaciones donde la potencia reactiva a compensar supere el 15% de la potencia nominal del transformador ( $S_n$ ).



#### **4.8.3. Selección de Elementos de Protección, Maniobra y Alimentación**

En el caso de cargas capacitivas se debe tener en cuenta ciertos aspectos que normalmente no cuentan para otros tipos de carga.

De acuerdo con la Norma IEC Publicación N° 70, si bien los capacitores están diseñados para una cierta tensión nominal de frecuencia determinada y perfectamente sinusoidal, estos deben poder soportar algunas condiciones anormales en cuanto a:

- **Sobretensiones:** En todo momento la tensión en bornes del aparato no puede ser superior a un 10%.
- **Sobrecorrientes:** El capacitor puede soportar como máximo una corriente un 30% mayor que la que circula cuando se le aplica una tensión sinusoidal de valor eficaz igual al nominal y frecuencia nominal, contabilizando este exceso como superposición de efectos de corrientes armónicas, sobretensiones y diferencias en la frecuencia.

A esto se le debe agregar la tolerancia propia del capacitor (10% en exceso) para poder calcular la máxima corriente que podría circular en un capacitor de determinadas características respecto de su corriente nominal.

##### ***Elementos de maniobra***

Se deben seleccionar en función de datos suministrados por el fabricante en cuanto a cargas capacitivas se refiere.

Cuando no se disponga de esta información puede seguirse el siguiente camino:

- Asegurarse que el elemento de maniobra sea de corte y cierre rápidos, o sea, que la velocidad de separación o cierre de los contactos sea independiente de la forma en que éste se opere. Esto se logra por accionamientos electromagnéticos (contactores) o por carga de resortes en interruptores.
- Su corriente nominal, en ningún caso, debe ser inferior a  $I_{max}$ .
- La selección hecha en el punto anterior sólo tiene en cuenta la corriente térmica circulante en forma permanente, pero en el caso de contar con repetidas maniobras del aparato, éste debe afectarse de un factor que considere número de ciclos, en unidad de tiempo.

##### ***Elementos de protección***

Para su selección se debe tomar como máxima corriente que puede circular permanentemente por el mismo sin dispararlo, el valor  $I_{max}$ .

Para protección de capacitores se pueden adoptar fusibles o interruptores automáticos. Para los primeros, en el caso del fusible ACR, estos pueden soportar en forma permanente una corriente 1,15 veces la corriente nominal del fusible.

En el caso de fusibles Diazed se toma directamente el valor  $I_{max}$ .

Si se deseara utilizar interruptores automáticos o fusibles de otros tipos se debe seleccionar la curva I-t del mismo, siempre teniendo en cuenta la corriente I<sub>max</sub> y la asíntota a la curva del elemento de protección.

En todos los casos de acuerdo a la corriente de cortocircuito que surja en el lugar de instalación, se verificará la capacidad de ruptura del elemento de protección a utilizar como así también su selectividad con respecto al elemento antepuesto.

### ***Interconexión de las baterías a los elementos de maniobra y a la red***

#### ***Conductores principales:***

Para la interconexión pueden emplearse conductores de cobre o aluminio aislados en PVC y tendidos bajo caño, o en su defecto, cables aislados y con vaina de protección, que evitan el uso de cañerías.

Para la elección de la sección del conductor se recomienda consultar las tablas que a tal efecto suministran los fabricantes, teniendo en cuenta que la corriente I<sub>max</sub> no deberá exceder la capacidad admisible del conductor.

Para los casos en los cuales las secciones que resulten sean exageradas, puede recurrirse al agrupamiento en paralelo de conductores y elementos de protección pero, en este caso, deberán tomarse las precauciones que aseguren una adecuada distribución de la corriente total entre los conductores, sin que resulte sobrecargado ninguno de ellos.

#### ***Conductores de puesta a tierra:***

Los conductores para la conexión con la toma de tierra deben ser de cobre u otro material equivalente resistente a la corrosión y estar debidamente protegidos contra deterioros mecánicos y químicos.

Su sección se calculará en función de los elementos fusibles que protegen la instalación.

## **4.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE CABLES**

### **4.9.1. Características Particulares**

Los cables destinados al suministro de potencia, comando y medición deben ser en conductores de cobre aislados con PVC, aptos para tensiones de hasta 1,1 kV.

Los cables deben tener vaina exterior de PVC.

La capa aislante, el relleno y la envoltura exterior serán del tipo antillama.

Los cables para instalaciones interiores fijas, correspondientes a las obras civiles pueden ser del tipo de vaina simple.

Cuando esté prevista la colocación del cable directamente enterrado o cuando exista el peligro de ataque de roedores se debe incluir una armadura metálica de protección debajo de la vaina exterior.

Aquellos cables que formen parte o vinculen, equipos electrónicos, especiales, por ejemplo equipos con microcomputadores, deben cumplir con las especificaciones particulares dadas por el fabricante del equipo.

#### **4.9.2. Normas de Aplicación**

El material debe cumplir con los requerimientos consignados en las Normas IRAM, en particular las N° 2178 (clase 1000 II), 2268 y 2183, según el tipo de cable de que se trate.

#### **4.9.3. Dimensionamiento**

Los cables se deben dimensionar por carga admisible, empleándose las tablas que figuran en la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina y/o los suministrados por los fabricantes reconocidos de cables, según la aplicación.

Los valores obtenidos se deben afectar por los factores de corrección por temperaturas o resistividad del terreno, y agrupamiento y tipo de tendido (aéreo o enterrado).

Se debe realizar la verificación de los cables a la caída de tensión y al cortocircuito.

La caída de tensión admisible en los cables debe ser del 2% para los alimentadores a tableros, del 5% para alimentadores a motores y otras cargas, y 3% para iluminación.

#### **4.9.4. Tendido, Conexiónado e Identificación**

Se deben respetar las recomendaciones de los fabricantes en cuanto al manipuleo, tendido, esfuerzo de tracción y radio de curvatura mínima de los cables.

Se deben utilizar terminales y conectores de compresión, no permitiéndose el uso de terminales y conectores soldados, debido a eventuales fallas de contacto por calentamiento.

No se debe aceptar la realización de empalmes. En caso de ser necesarios se deben realizar en cajas de paso o de conexión, por medio de borneras. Nunca deberá quedar un empalme dentro de un caño.

Las conexiones a las cajas de motores se deben realizar con tornillos de bronce o acero galvanizado.

Se debe identificar los conductores mediante el uso de anillos plásticos.

Los cables se identificarán en cada extremo con la numeración especificada en listas de cables y esquemas de borneras.

#### **4.9.5. Ensayos**

Con el objeto de controlar la calidad de los materiales empleados para cumplir con los valores nominales y datos garantizados, se deberán realizar los ensayos en modo y forma que lo establece la norma utilizada en la fabricación del cable.

Se debe tomar como guía de ensayos los que siguen, siendo su enunciación no limitativa:

### ***Inspección visual***

Antes de comenzar los ensayos se realizar una inspección visual sobre largo de expedición, identificaciones y aspectos generales, rechazándose en forma individual las unidades que no lo cumplieran.

### ***Ensayos de rutina***

Se realizan sobre todas las unidades de expedición:

- Tensión.
- Resistencia de aislaciones.
- Resistencia eléctrica del conductor.

### ***Ensayos por muestreo***

Las unidades que hayan cumplido lo anterior pasan a conformar los ensayos por muestreo siguientes:

- Sección, número de cables del conductor y conductores del cable.
- Diámetro, alargamiento y resistividad de los alambres.
- Espesor de las aislaciones y envoltura protectora.
- Doblado en frío.
- Resistencia a la tracción y alargamiento de rotura de la aislación y envoltura protectora antes y después de los envejecimientos en estufa y en aceite mineral.
- Choque térmico.
- Resistencia a la propagación de incendios Norma IRAM 2289 – Categoría A.

### ***Ensayos de tipo***

Aquellos ensayos de tipo que no han sido descriptos en los esquemas de los “Ensayos por muestreos”, pueden ser satisfechos por protocolos emanados de laboratorios reconocidos.

## **4.10. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES**

El tablero general debe contar con una barra de puesta a tierra, de acuerdo a la Especificación Técnica de Tableros.

Junto a los cables de potencia de BT se deben tender cables de cobre desnudo para la puesta a tierra de las carcasas de los motores y tableros seccionables.

La barra de puesta a tierra colectora principal ubicada en el tablero general se debe conectar a una toma de tierra exterior, por medio de un cable desnudo de cobre de 35 mm<sup>2</sup> (mínimo).

La toma de tierra exterior se debe realizar con jabalinas tipo cobre-acero, simplemente hincadas, instalándose la cantidad de jabalinas necesarias para asegurar una resistencia a tierra no superior a 5 ohms.

La conexión de los chicotes a las jabalinas se debe realizar mediante morseto adecuado, dentro de una cámara de inspección y medición (con tapa) de dimensión adecuada.

## **4.11. INSTALACIÓN DE PARARRAYOS**

### ***General***

En las estructuras altas, como es el caso de tanques elevados de agua, se deben instalar sistemas contra las descargas eléctricas atmosféricas.

Se deberán basar en pararrayos con puntas Franklin convencionales o del tipo radioactivo complementado con puntas convencionales, según el radio de cobertura horizontal a cubrir.

Los materiales e instalaciones se deberán ajustar en general a las especificaciones dadas por la Norma IRAM 2184 o IEC 1024.

### ***Pararrayos radioactivos***

Estos pararrayos tienen un gran radio de cobertura horizontal, y estarán contruidos en cobre, bronce o latón, siendo las puntas receptoras cromadas y pulidas brillante, o bien de acero inoxidable.

Estarán provistos de una fuente radioactiva (preferentemente Americio 241), descartándose el empleo de isótopos contaminantes o “sucios”.

El isótopo radioactivo deberá ser contenido en vehículo metálico o cerámico de modo tal que, constituya una fuente sellada que pueda ser manipulada sin riesgos.

Los pararrayos deberán incluir en su estructura un enfocador y un acelerador iónico a efectos de incrementar la eficiencia del conjunto.

Los fabricantes incluyen por lo general en la información técnica, los métodos y tablas empleadas para el cálculo del radio de cobertura horizontal de los distintos modelos de pararrayos ofrecidos.

### ***Terminales aéreos convencionales***

Son utilizados para coberturas horizontales menores, debiendo ser contruidos en bronce o latón con punta de acero inoxidable, montada a rosca sobre una base de bronce o latón.

### **Conductores principales y bajadas**

Los conductores principales y los de bajada deberán ser exclusivamente de cable o planchuela de cobre electrolítico de sección mínima de  $50 \text{ mm}^2$ .

Estos conductores principales deberán ser de un solo tramo y deberán estar conectados en sus extremos a los pararrayos y a una caja de conexión de tierra por medio de conectores de bronce estañado del tipo adecuado.

Los conductores deberán ser adosados firmemente a los muros, vigas, etc., por medio de grampas de bronce estañado, que aseguren un buen contacto eléctrico, distanciados entre sí no más de 1,50 m.

El recorrido de los conductores principales, deberá tener el menor número posible de cambio de dirección, y éstos sólo deberán admitirse cuando se compruebe la imposibilidad de un trayecto recto.

Los conductores principales deberán terminar en su extremo inferior en una caja de conexiones situada a una altura de aproximadamente 2 m sobre el nivel del piso. En esta caja se deberá establecer la conexión a tierra y la misma deberá ser fácilmente desacoplable con el objeto de permitir la medición de la resistencia a tierra de los dispersores.

### **Uniones permanentes**

Donde fuera necesario establecer una conexión permanente entre los elementos del sistema de pararrayos, se deberá utilizar exclusivamente soldadura exotérmica.

### **Tomas de tierra**

Las tomas de tierra del sistema de pararrayos deberá ser independiente del sistema de puesta a tierra de las instalaciones.

Deberán consistir en dispersores del tipo jabalina, contruidos en cobre electrolítico estañado y de sección cruciforme o similar, de una longitud no menor de 1,80 m y en la cantidad que resulte necesaria para asegurar en cada toma una resistencia a tierra no mayor de 5 ohms.

Las jabalinas deberán ser conectadas a las cajas de conexión por medio de cable de cobre electrolítico estañado de sección no inferior a  $90 \text{ mm}^2$  o bien, con planchuela de cobre de sección equivalente.

En las cajas de conexión se deberá disponer de un puente para la conexión del cable de bajada con la toma de tierra.

El conductor de conexión entre las jabalinas y la caja, deberá ser protegido en la totalidad de su recorrido por una camisa de caño de acero galvanizado.

## 4.12. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS CON CAÑOS

### 4.12.1. Dimensionamiento

El dimensionamiento se debe realizar considerando un grado de relleno del caño destinado a alejar los cables, de manera tal que sea factible su tendido, mantenimiento y remoción. El porcentaje de sección útil de los caños debe ser la siguiente:

N° de cables por caño	Sección útil del caño
1	50%
2	30%
3 o más	40%

### 4.12.2. Características Particulares del Tendido de Caños Enterrados

Las canalizaciones con caños enterrados se deberán realizar formando cañeros. Los cañeros pueden ser de hierro galvanizado tipo conduits o caños de PVC del tipo reforzado.

Los caños destinados a potencia se deben ubicar en la periferia de los cañeros, pudiendo alojar un solo cable (tripolar, tetrapolar, o su equivalente en unipolares) por cada caño. En los cañeros troncales, entre cámaras, se pueden agrupar cables.

Los caños destinados a comando o señalización pueden estar ubicados en cualquier posición, pudiéndose agrupar cables en un mismo caño, siempre que el nivel de ruido de los circuitos lo permita.

Cada cañero debe estar recorrido por un cable de cobre desnudo de puesta a tierra, de sección adecuada al nivel de cortocircuito.

Todos los caños deben estar sólidamente soportados y posesionados con espaciadores, los que permitirán el colado del hormigón. Se recomienda instalar espaciadores cada 1,5m.

Los caños deben tener una pendiente del 1% entre cámaras, o en caso de no poderse efectuar, se materializará desde el punto medio del caño hacia ambas cámaras.

El diámetro mínimo de un caño enterrado debe ser de 2,54 cm (1").

El número de curvas, entre extremos de un tendido de caños, no debe superar los siguientes valores:

Distancia	N° de veces una curva de 90°
más de 120 m	0
hasta 90 m	1
hasta 60 m	2
hasta 30 m	3

Se consideran dos curvas de 45° equivalente a una curva de 90°. En caso de requerirse más curvas que las señaladas, se debe instalar cajas de paso o cámaras de tiro.

#### **4.12.3. Características Particulares de las Canalizaciones a la Vista**

##### ***Rígidas***

Se deben utilizar caños de acero galvanizado.

En caso de instalaciones a la vista dentro de cielorrasos y para canalizaciones de iluminación, los caños pueden ser de hierro tipo pesado.

Se debe colocar cajas de paso en la cantidad necesarias, evitando el uso de cajas individuales.

Entre cajas de paso se debe permitir a lo sumo dos curvas de 90°.

Se consideran dos curvas de 45° equivalentes a una curva de 90°.

Los caños se deben fijar a la obra civil mediante soportes de perfiles y grampas.

##### ***Flexibles***

Los flexibles a instalar deben ser de primera calidad, debiendo tener malla metálica.

Se debe considerar la longitud de los mismos tal que permita la ejecución del radio mínimo de curvatura requerido para la instalación de los cables.

El curvado del flexible no debe producir secciones contraídas.

#### **4.13. CANALIZACIONES CON BANDEJAS**

##### **4.13.1. Dimensionamiento**

El dimensionamiento de las bandejas se debe efectuar considerando un tendido de cables, de manera tal de formar una sola capa uniforme.

Los cables unipolares de fuerza motriz pueden tenderse separados con un diámetro propio, o en trébol, fijados en ambos casos a las bandejas con precintos.

El tipo de tendido debe considerarse para el dimensionamiento de los cables.

Para el caso de los cables unipolares afecta tanto al coeficiente de tendido como a la reactancia.

Los cables de comando y control pueden tenderse en varias capas.

En todos los casos se debe tener en cuenta los niveles de ruido de las señales (fuerza motriz, comando y control).

Se define como nivel de ruido al tipo de señal que transporta un conductor. El tipo de señal podrá variar desde corrientes muy débiles, como las señales analógicas o lógicas, hasta altos valores de corriente, como las de fuerza motriz.



#### 4.13.2. Características Particulares

Las bandejas deben ser metálicas con galvanizado en caliente.

Los anchos normalizados de bandejas a utilizar deben ser de 150, 300, 450 y 600 mm. La profundidad debe ser de 75 mm útiles.

Los tramos de bandejas se deben ensamblar con uniones abulonadas.

La puesta a tierra de las bandejas se debe realizar mediante un cable de cobre desnudo, tendido en su interior, de sección adecuada a los niveles de cortocircuito de la instalación y conectado en cada tramo de bandeja.

Cuando se tiendan varios niveles de bandeja, la distancia mínima entre fondo de bandejas debe ser de 250 mm, de forma de permitir el uso de rodillos para el tendido de cables y lograr adicionalmente una separación entre ellas que tenga en cuenta los diferentes niveles de ruido de las señales de los cables.

Se recomienda que las bandejas se soporten en tramos no superiores a 1,5 m, con soportes fijados a estructuras metálicas mediante soldadura o bulones y brocas de expansión para estructuras de hormigón.

Se recomienda que los cables se fijen a las bandejas cada dos metros, por medio de precintos adecuados.

#### 4.14. ILUMINACIÓN INTERIOR

El cálculo de iluminación se puede realizar por el método del flujo total o de las cavidades zonales, según sea la dimensión del recinto.

En el cálculo de iluminación se debe tener en cuenta el nivel de mantenimiento esperado y/o estimado de la planta.

Los niveles de iluminación recomendados en LUX no iniciales son:

• Depósitos	100 LUX regular
• Salas de cloración, salas de motores y salas de bombas	250 LUX buena
• Salas de comando	500 LUX buena
• Oficinas	500 LUX muy buena

En la columna de la derecha se indica la calidad de reproducción de colores.

Se denomina como nivel de iluminación no inicial, aquella medida luego de un período de funcionamiento mínimo de 100 horas, hasta lograr la estabilización del flujo luminoso.

Los valores recomendados se consideran mínimos, salvo que durante el día se disponga de abundante luz natural, en cuyo caso podrá disminuirse al grado inferior. En caso que el local a iluminar sea cerrado, se debe aumentar el nivel a un grado superior.

Los tipos de artefactos recomendados son:

- |  |   |
|--|---|
| • Depósitos  | artefactos para fluorescentes, de color blanco neutro |
| • Salas de cloración, salas de motores y salas de bombas | Idem  |
| • Salas de comando                                       | Idem  |
| • Sala de oficinas                                       | Idem, de color blanco cálido                          |

#### 4.15. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

En las Salas de Comando se debe instalar un sistema de iluminación de emergencia. Si el proyecto lo requiriera se debe estudiar los locales o zonas que pudieran necesitar tal sistema.

Son adecuados los equipos integrados por tubos fluorescentes alimentados por un sistema de alta frecuencia y con batería incorporada tipo gel, que se conecte automáticamente al interrumpirse la alimentación de red.

#### 4.16. ILUMINACIÓN EXTERIOR

La iluminación exterior se debe calcular por el método de punto por punto.

El nivel de iluminación debe ser de 20 lux en las zonas de trabajo de las unidades y sus accesos verticales y horizontales.

La red de alimentación exterior debe ser trifásica, alternando la alimentación de las columnas a cada fase.

La iluminación se debe realizar preferentemente con artefactos con lámparas de vapor de mercurio o de sodio de alta presión, del tipo de alumbrado público.

Se debe prever la instalación de un interruptor fotoeléctrico, que conectará la alimentación de las luminarias al reducirse el nivel de luz ambiente.

Las columnas de acero deben ser rectas, con o sin pescante, de tubos de acero, en tramos soldados o trafilados.

Deben poseer ventana para entrada de cables subterráneos y cajas para conexiones.

Los cables de alimentación deben ser enterrados, a una profundidad de 0,80 m y acometer a través de caño de PVC.

Las columnas debe estar conectadas al sistema de puesta a tierra, a través de un conductor de cobre desnudo de sección adecuada, formando una red ligada a la puesta de control.

## 5. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### 5.1. INTRODUCCIÓN

#### 5.1.1. Definiciones

##### ***Automatización***

Se suele reservar el término “automatización” para referirse a la incorporación, a las operaciones fabriles, de instrumentos y mecanismos que sustituyen a los operadores humanos en los procesos en los cuales predominan los movimientos de piezas, el posicionamiento de herramientas, los arranques y paradas de motores, la puesta en marcha y parada de cintas transportadoras, etc.

Los equipos involucrados son, en su mayoría, de naturaleza electromecánica y las acciones automáticas del tipo “sí-no”.

Las variables típicas de la automatización son: anda-no anda, cerrado-abierto, posición, velocidad, aceleración, etc.

A este tipo de control también se lo designa como “control lógico”.

##### ***Control automático de procesos***

Cuando se habla, en cambio, de “control automático de procesos”, con esta expresión se hace referencia al sistema o conjunto de subsistemas que se emplean para operar, sin intervención humana, procesos, en general, continuos, que se caracterizan por el flujo de fluidos en conductos abiertos o cerrados, que sufren transformaciones físicas y, a veces, también químicas, en recipientes especiales tales como calderas, filtros, reactores, sedimentadores, columnas de destilación, etc.

En los sistemas de control automático de procesos, la medición correcta de las variables es una etapa de fundamental importancia.

Las variables típicas de un sistema de control automático de procesos son: nivel, caudal, presión, temperatura, pH, conductividad, turbiedad, etc.

Los sistemas de control automático de procesos son invariablemente sistemas retroalimentados, esto es, sistemas que operan en “lazo cerrado de información”, con medición continua de las variables controladas, comparación continua de su valor instantáneo con el valor deseado para cada una de ellas, y generando correcciones graduales de las variables manipuladas para lograr que las controladas permanezcan el mayor tiempo posible en las proximidades de sus valores especificados. Todo esto sin participación del ser humano, al menos en forma de atención permanente.

A este tipo de control también se lo designa como “control regulatorio”.

En cualquier instalación de abastecimiento de agua potable de cierta envergadura se pueden encontrar sistemas de ambas características. Más aún, los sistemas con los que

se llevan a cabo comparten atributos de ambas especializaciones tecnológicas y en una aplicación real siempre se encontrarán ambos e interactuando.

### **Telecomando**

A veces se usa impropriamente el término “automático” para referirse a acciones que se comandan a distancia como ser, apertura y cierre de válvulas, arranque y parada de motores desde botoneras remotas, etc. Estas operaciones son más propiamente designadas como acciones telecomandadas.

El telecomando facilita y aumenta la eficacia de la intervención del ser humano permitiéndole ahorrar esfuerzo físico, atender mayor número de tareas al mismo tiempo desde una localización geográfica única, ahorrando grandes desplazamientos y evitando la desatención de otras tareas locales.

### **Medición y registro de variables y eventos**

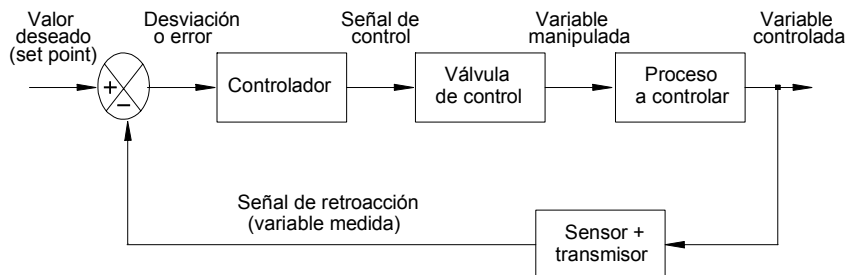
También impropriamente, se suele decir que un sistema está “totalmente automatizado” cuando en una sala única se encuentran concentradas las mediciones de las variables operativas y de calidad del proceso, mostradas en indicadores de panel o en registradores de carta de papel, o en cualquier otro dispositivo de indicación o registro. En ausencia de sistemas realimentados, como los hemos definido más arriba, la mera disponibilidad de mediciones que no participan de lazos cerrados de control, no configuran un modo operativo automático, esto es, las acciones correctivas sobre las variables que se apartan de los valores operativos normales, siguen quedando en manos del hombre. Esto no es control automático.

Sin embargo, la medición y el registro histórico de las variables operativas y de calidad y de eventos (alarmas, cambio operativos introducidos por los operadores, salida de servicio imprevista de un equipo, etc.), es una de las principales ventajas de los sistemas digitales de monitoreo de procesos ya sea acompañados o no por acciones de control automático.

Para auditar el funcionamiento de un sistema cualquiera y corregir defectos de operación y/o mantenimiento y/o de diseño de algunas de sus partes o equipos de proceso y/o de control, la disponibilidad de registros históricos es de valor inestimable. Estos registros históricos facilitan la trazabilidad de las operaciones y la búsqueda de las causas primeras de la aparición de una falla u otras contingencias.

A la conjunción en una misma instalación de automatismos (control lógico) y de acciones de control automático de procesos (control regulatorio) se denomina en forma general como sistema de control. (Ver **Figura 3** ).

El lazo cerrado de control automático



Ejemplo: en un lazo de control automático de pH las señales indicadas en la figura son:

- Valor deseado = valor deseado del pH.
- Señal de retroacción = señal de 4 a 20 mA que es proporcional al pH y que va al sumador para compararse con el valor deseado y así generar la
- Desviación o error = diferencia entre el pH deseado y el pH medido.
- Señal de control = señal de 4 a 20 mA que ordena el grado de apertura a la válvula de control, en este caso de caudal de lechada de cal, por ejemplo.
- Variable manipulada = el caudal de lechada que ingresa al proceso y determina el valor de la
- Variable controlada = en este ejemplo, el pH.

**Figura 3.** Sistema de control

### 5.1.2. ¿Para Qué Automatizar?

El primer objetivo que se persigue con la automatización es el de preservar la integridad y seguridad de los operadores, los equipos y las instalaciones. Cuando en una cadena de producción transitan materiales de un lado hacia otro, una interrupción imprevista en una parte de la cadena debe reflejarse de inmediato aguas arriba del punto donde ocurrió y detener otros equipos para evitar males mayores.

Estos sistemas, donde la automatización persigue un objetivo de prevención de contingencias mayores, reciben el nombre genérico de enclavamientos y son acciones del tipo “si-no”.

En los procesos manufactureros se automatiza, también, para alcanzar objetivos de mayor uniformidad de los productos y aumento de la productividad.

### 5.1.3. ¿Para Qué Controlar Automáticamente un Proceso?

En el caso del control automático de procesos los objetivos son algo diferentes. En general se apunta a mejorar la calidad de los productos y, simultáneamente, a bajar los costos de producción, ya sea a través de un uso más adecuado de los insumos o de un empleo más racional de la energía. El control automático de un proceso también, en forma indirecta, aumenta la seguridad de las personas y las instalaciones y aumenta la disponibilidad de la planta, esto es, el número de horas en funcionamiento normal a lo largo de su vida útil.

#### **5.1.4. Los Aspectos Económicos de un Sistema de Control**

Un sistema de control encuentra su justificación en la ponderación económica de sus beneficios valorizables.

Estos beneficios están asociados a:

- Mayor seguridad de personas e instalaciones.
- Menores costos de materias primas, de energía y de personal.
- Mayor calidad de los productos.
- Mayor capacidad de producción con el mismo equipamiento.
- Un aumento de la elasticidad productiva de la planta.
- La trazabilidad de las operaciones gracias a los registros históricos de variables y eventos que permiten diagnósticos correctos de problemas de producción.

Como el costo de los sistemas de control no sigue una ley de proporcionalidad con el tamaño de las instalaciones, a veces no se justifica su empleo en instalaciones relativamente pequeñas.

Este aspecto relacionado con la especificación técnica de una planta merece un análisis particular para cada proyecto.

Por un lado, para nuevas instalaciones de potabilización, el sistema de control puede llegar a representar una proporción importante de la inversión inicial. Por otro, la decisión de no automatizar puede tener consecuencias muy perjudiciales sobre el costo operativo de la planta.

Si las especificaciones del anteproyecto son dejadas abiertas en este sentido ocurrirá que las empresas que se presenten a cotizar en un concurso de precios para la construcción de las instalaciones, tratarán de no incluir un sistema de control automático (los costos operativos no son su problema!).

Si la especificación técnica lo exige podría ocurrir, en algunos casos de instalaciones pequeñas, que el precio resulte excesivamente alto y que el sobreprecio originado por esta circunstancia sea tal que los ahorros operativos a lo largo de la vida del proyecto no alcancen a compensarlo (problema del propietario de las instalaciones).

En algunos casos, por lo tanto, podrá ser conveniente separar la licitación y construcción de las instalaciones de la adquisición e instalación de un sistema de control, el que puede realizarse como etapa posterior.

A continuación, dada su importancia, se describe en primer lugar, en detalle el control automático de plantas de potabilización, incluyendo los contenidos mínimos de un pliego. Por último se indica el monitoreo y automatización de otras instalaciones.

## **5.2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO**

### **5.2.1. Conceptos Preliminares**

A los efectos de establecer una estrategia básica para la especificación del grado de automatización (automatismos y control automático de procesos) de una planta potabilizadora, se puede dividir a la operación en tres etapas conceptuales, a saber:

- 1). La ponderación cuantitativa de la calidad y cantidad del agua ingresante,
- 2). El tratamiento de potabilización y
- 3). La ponderación cuantitativa de calidad y cantidad del agua tratada.

Para la primera y la tercera etapa el anteproyecto deberá contener especificaciones relativas a la medición y el registro de variables de calidad que permitan inspeccionar el funcionamiento de la planta en cualquier momento posterior ya sea por la empresa que opera o por los organismos de contralor.

La definición de las especificaciones del sistema de control de las operaciones comprendidas en la segunda etapa, el tratamiento propiamente dicho, será el resultado de un análisis económico previo en el cual tiene fundamental importancia tener en cuenta las responsabilidades e intereses de los diferentes sectores involucrados en la prestación del servicio.

A las firmas convocadas para cotizar la planta, o para cotizar la colocación de un sistema de automatización y control en una planta existente en operación, les deberá resultar claro el grado de automatización requerido.

A quien convoca el concurso de precios y tiene la responsabilidad primaria del proyecto, le será altamente conveniente que la dispersión técnica de las ofertas sea lo más reducida posible.

Teniendo en cuenta que en plantas modernas los sistemas de control automático pueden llegar a constituir hasta un 20% de la inversión total, en la etapa de preparación de las especificaciones del pliego, se justifica incluir un exhaustivo análisis técnico del grado de automatización que se requerirá.

### **5.2.2. Recolección Histórica de Datos. Monitoreo de Variables Operativas y de Calidad**

En cada una de las tres etapas mencionadas se establecerá qué variables serán medidas en línea en forma continua y cuáles serán objeto de análisis de laboratorio.

Los valores obtenidos de una u otra forma deberán ser incluidos en archivos históricos de datos para lo cual todos los sistemas de control digitales actualmente disponibles en el mercado, grandes y pequeños, poseen facilidades específicas.

Según el régimen jurídico bajo el cual se desarrollen las actividades de la planta potabilizadora y, consecuentemente, las normas establecidas en el reglamento o en la

licencia correspondientes, será necesario fijar cuáles variables deberán ser incorporadas a archivos históricos y por cuánto tiempo deberá conservarse esa información.

Estos registros electrónicos (archivos) deberán estar a disposición de los diferentes usuarios de dicha información: los operadores mismos, los supervisores, la gerencia, el directorio, los auditores externos, los inspectores de organismos de contralor, etc.

Se deberán designar las variables a archivar y, para cada variable o grupo de variables, se deberán especificar:

- Cada cuanto tiempo se desea medirlas y guardarlas.
- Cuántos días, semanas, meses o años, deberá permanecer archivada.
- Banda muerta de resolución (típicamente un 2%), esto es, el mínimo cambio significativo para que sea guardado un nuevo valor a continuación del precedente.

### **5.2.3. Archivo Fechado de Eventos y Alarmas**

En toda planta donde se procesan materiales ocurren eventos de distinta índole, algunos que son enteramente normales (un cambio de turno, por ejemplo), otros, imprevistos e indeseables (la salida de servicio de una bomba o equipo importante) y por último, indicaciones de variables que se han salido de sus valores normales (alarmas por alto o bajo nivel en cisternas, por ejemplo) para que el operador tome los recaudos necesarios a fin de evitar que esas desviaciones den origen a inconvenientes mayores.

Nuevamente: todos los sistemas digitales disponibles en la actualidad, poseen facilidades para generar estos archivos en forma automática, los cuales deberán estar a disposición de los distintos usuarios de esta información, que podrán ser diferentes a los mencionados más arriba. En general los archivos de alarmas y eventos sirven para orientar la búsqueda del origen de una falla.

Las especificaciones deberán contener un listado de las alarmas y eventos que deberían registrarse y conservarse en un archivo electrónico y por cuanto tiempo.

### **5.2.4. Autorizaciones**

Otras especificaciones importantes a tener en cuenta son las relacionadas con los niveles de acceso a dichos archivos por parte de los operarios, los técnicos y los funcionarios del establecimiento según sus funciones y sus responsabilidades.

Estas autorizaciones se pueden implementar a través de contraseñas que vayan permitiendo el acceso a los distintos niveles que se establezcan. Normalmente las contraseñas se renuevan periódicamente según las necesidades, la rigurosidad y la importancia de los controles establecidos sobre los datos comprendidos en cada nivel.

### **5.2.5. Variables a Controlar en Lazo Cerrado**

En una planta potabilizadora se pueden poner bajo **control automático en lazo cerrado** varias variables.



A continuación, se mencionan las principales candidatas a ello, principalmente por los beneficios económicos que implica su buena regulación y sus reflejos sobre la calidad del agua tratada y los gastos de mantenimiento de la red.

- Caudal de agua ingresante al tratamiento (gobernando las rpm de las eventuales bombas de una estación de bombeo de agua cruda).
- Caudal de coagulante (gobernando las rpm de las bombas dosificadoras).
- Relación caudal de agua ingresante/caudal de coagulante; (control de relación típico).
- Turbiedad del agua decantada (gobernando el valor de la relación anterior);
- Caudal del reactivo prealcalinizante (automatizando la preparación de lechada de cal de modo de estandarizar concentración y modular el caudal).
- pH del agua decantada (gobernando el caudal de lechada).
- Caudal de reactivo de cloración (gobernando una válvula u otros dispositivos de regulación).
- Concentración de cloro residual en el agua filtrada y clorada (midiendo cloro libre mediante electrodos de potencial de óxido/reducción y gobernando el caudal de cloro).
- Caudal del reactivo alcalinizante (idem anterior).
- pH del agua a cisterna (gobernando el caudal anterior).
- Nivel de las cisternas de reserva de agua tratada (gobernando el caudal de agua ingresante).

Es posible que varias de estas variables no sean controladas en lazo cerrado sino simplemente monitoreadas (medición en línea) y controladas en un lazo cerrado por el operador (control manual). La medición en línea es una excelente ayuda para el control manual y también produce retornos sobre la inversión por ahorro de reactivos, energía, etc.

#### **5.2.6. Variables a Automatizar**

Tal como se describiera más arriba, se deberán señalar explícitamente los equipos que se protegerán mediante enclavamientos y las operaciones de tipo si-no que serán ejecutadas sin intervención humana.

Para que el proveedor potencial del sistema estime las necesidades de equipamiento y la magnitud de los servicios de ingeniería involucrados, es necesario definir la lógica de estos enclavamientos. Será suficiente hacerlo bajo la forma de una descripción estructurada que no es más que una descripción en lenguaje común pero rigurosamente redactada.

### 5.2.7. Interfase con el Operador

La interfase con el operador es probablemente la parte de los sistemas de control que más ha evolucionado en los últimos 10 años. La confiabilidad de las computadoras personales ha alcanzado niveles excelentes como para ser usadas como una eficiente interfase de operación multipropósito, esto es, indicar al operador el estado de una variable y permitirle accionar una botonera virtual desde el teclado o desde la misma pantalla (pantallas sensibles al tacto), o cambiar el grado de apertura de una válvula, o facilitar el acceso a registros gráficos de variables para ver su evolución actual o pasada, etc.

Existen y se siguen usando según las necesidades, pantallas indicadoras alfanuméricas que ofrecen al operario cifras y textos, botoneras, anunciadores de alarmas, frentes de controladores individuales, indicadores y registradores, todos elementos que pueden montarse sobre un panel y, en algunos casos, distribuirse por varios puntos de la planta, etc., aunque no es ésta una tendencia actual.

Si el anteproyecto especifica detalladamente esta interfase se tendrán propuestas más homogéneas de los proveedores pero dado que los elementos que se ofrecen evolucionan tecnológicamente con un ritmo muy alto, conviene dejar abierta la posibilidad de presentar alternativas.

La principal especificación debería ser la del número de pantallas de operación del sistema (partes del Diagrama de Procesos e Instrumentos-P & I que se desean mostrar en la pantalla de cada computadora personal), que será función del tamaño de la planta. Lo que le sigue en importancia es cuántas computadoras personales mostrarán simultáneamente esas pantallas, que es función más de la complejidad de la planta que de su tamaño.

El proveedor requerirá conocer también las condiciones ambientales de la sala de control (temperaturas y humedades relativas extremas) donde se ubicarán los equipos.

### 5.2.8. Informes

Así como las computadoras personales (abreviatura en Inglés que hace referencia a la marca registrada por IBM: PC) permiten desarrollar interfases de operación muy eficientes, también son especialmente aptas para generar informes escritos. Estos informes pueden y suelen tener el aspecto de planillas de datos tomados en forma directa (mediciones directas de variables operativas) o indirecta (ingreso manual por teclado de los resultados de análisis de laboratorio con etiquetado de hora y fecha de toma de muestra). La emisión de un informe puede dispararse o por fecha y hora del día (un informe diario todos los días a las 06:00 hs + otro semanal todos los domingos a las 24:00 hs, por ejemplo), o en forma manual a pedido del operador.

Estos informes se acomodan primero en archivos electrónicos en las computadoras que integran el sistema y, por ende, pueden ser leídos en forma remota por funcionarios de la empresa operadora a través una red si se prevé en las especificaciones del pliego.

Se debe especificar:

- Cantidad de informes a generar: horarios, por turno, diarios, semanales, mensuales, a pedido, disparados por eventos.

- Cantidad de variables a incluir en cada uno.
- Tratamiento matemático deseado: promedio de la hora, del turno, etc., máximos y mínimos del período considerado, desviación estándar, etc.
- Cuánto tiempo los informes deberán conservarse en disco.

### 5.2.9. La Arquitectura de los Sistemas de Control

#### 5.2.9.1. Elementos Básicos

Los sistemas de control, cualquiera sea su naturaleza, están compuestos por tres tipos de elementos constitutivos, a saber:

- 1). Los instrumentos de medición (mayoritariamente instalados en campo),
- 2). Los elementos finales de control tales como válvulas, variadores de velocidad de motores impulsores de bombas, etc. (algunos en campo, otros en gabinetes dentro de salas);
- 3). Los elementos de interfase con los instrumentos y elementos finales de control, la interfase con el operador para indicación, registro y control, los elementos de cálculo, impresión de informes, etc. (normalmente en una sala de control).

Las mayores diferencias tecnológicas se encuentran en el tercer grupo. Estos elementos son los que exhiben la mayor velocidad de cambio por lo cual no es muy conveniente atarse a especificaciones estrictas pues se podría desaprovechar la disponibilidad de mejores tecnologías.

#### 5.2.9.2. Arquitecturas Básicas

##### **Glosario:**

**Controladores lógicos programables** (abreviatura del Inglés: PLC): son computadores programables, especialmente aptos para el control lógico (automatización) y que poseen distintos grados de facilidades para ejecutar acciones de control regulatorio de variables continuas. Poseen su propia interfase con los elementos de campo bajo la forma de módulos para entrada y salida de señales lógicas (si-no) provenientes de relés, contactos de fin de carrera, etc., y de señales analógicas (señales continuas de medición) provenientes de sensores (termocuplas, bulbos termorresistivos, etc.), de transmisores de distintas variables (señales en corriente de 4 a 20 mA, o en tensión de 1 a 5 VCC, etc.) y también de salida a campo para abrir/cerrar, arrancar/detener, etc. O regular un caudal modulando la apertura de una válvula a través de una señal continua de 4 a 20 mA, etc. La inteligencia del PLC se encuentra concentrada en el módulo que contiene a la denominada unidad central de proceso (abreviatura del Inglés: CPU).

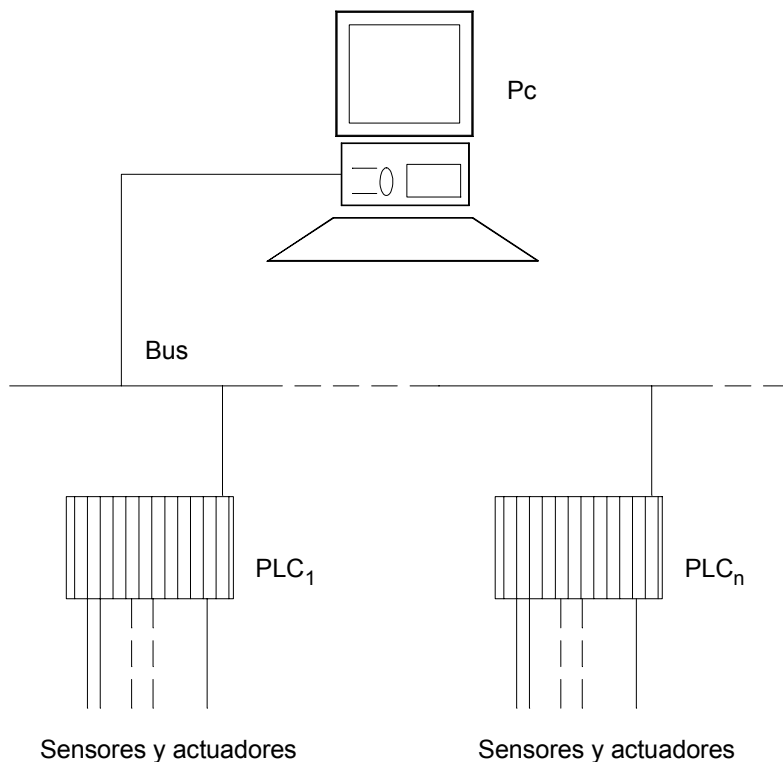
**Interfases bobas:** son interfases con un mínimo grado de incorporación de procesamiento, dirigidas a acondicionar las señales de entrada y salida y digitalizarlas:

- Las de entrada, de manera tal que estén en condiciones de ser utilizables por una computadora o incorporadas a un bus de datos que las pone a disposición de un gran número de dispositivos (computadoras, anunciadores de alarmas).

- Las de salida, para convertir los códigos de salida de los dispositivos digitales de manera de hacerlos llegar a los equipos de campo en la forma eléctrica que sea necesaria.

**Sistemas de control distribuido:** (abreviatura en Inglés: DCS): son sistemas donde las distintas funciones necesarias en un sistema de control complejo están distribuidas en distintos CPU que se comunican entre sí por estar conectados a una red. En estos sistemas el concepto básico consiste en que cada CPU esté especializada en una estrecha gama de funciones en lugar de atender todas a la vez. Estos sistemas son especialmente eficientes en plantas grandes.

**Interfases inteligentes:** son interfases que poseen habilidades muy elaboradas para el procesamiento de datos y que cumplen un sinnúmero de funciones, dejando para la PC sólo tareas que le son naturales, tales como mostrar datos en pantalla, guardar archivos, permitir el ingreso de órdenes operativas vía teclados, ratones, tracking-balls, pantallas sensibles al tacto, etc.



**Figura 4.** Configuración de un sistema de control

**Buses de campo:** son líneas de transmisión de señales digitalizadas, constituidas físicamente por cables de variada naturaleza (coaxiales, uno o dos pares de conductores enmallados, fibra óptica, etc.) que sirven como una especie de autopista para los datos que se intercambian entre sí todos los equipos conectados a ellos (muy recientemente han aparecido en el mercado sistemas e instrumentos que hacen uso del concepto de bus e inteligencia distribuida de la forma más extrema posible. El cableado que une a

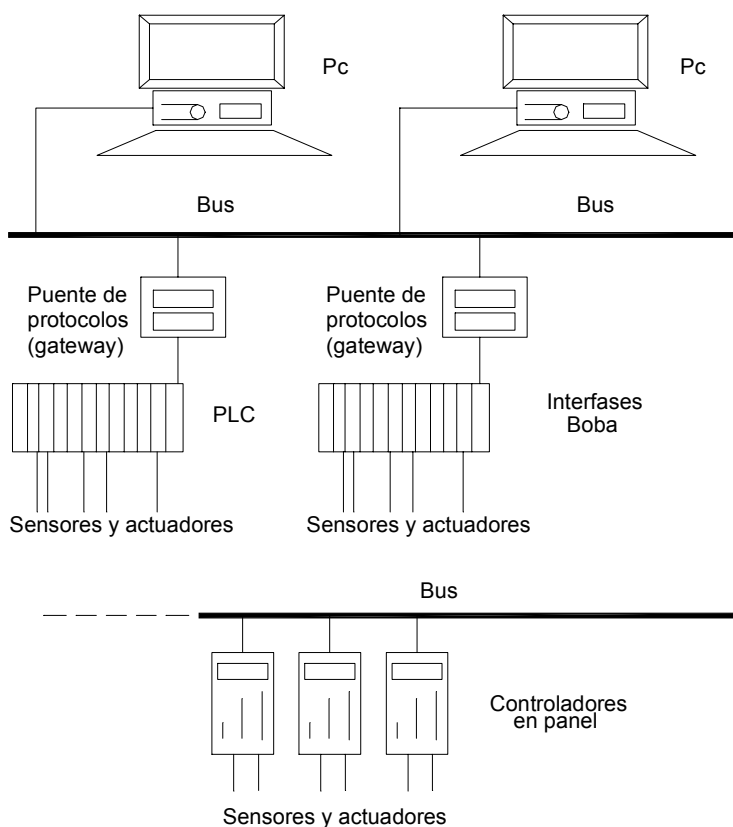
todos los instrumentos y equipos constitutivos de un sistema de control es un único bus, eventualmente redundante<sup>1</sup>, al cual y del cual entregan y toman los datos todos ellos).

### Arquitecturas:

**PLC + PC:** Esta arquitectura se presta para pequeñas plantas de tratamiento donde las variables operativas se controlan manualmente o con lazos de control simples.

La carga de responsabilidad para los enclavamientos y demás automatismos que eventualmente se haya dispuesto implementar, recae en la CPU del PLC correspondiente a cada caso. La PC puede ser la única interfase con el operador.

**Interfase boba + PC:** La arquitectura es semejante a la anterior, salvo que las interfases bobas no poseen CPU. Esta configuración sólo se recomendará para monitoreo (indicación y registro) de variables operativas, registros históricos y de eventos, etc. Los enclavamientos deberán quedar a cargo de una lógica convencional implementada con relés. Las maniobras operativas telecomandadas, si las hubiere, serán manuales desde botoneras independientes.

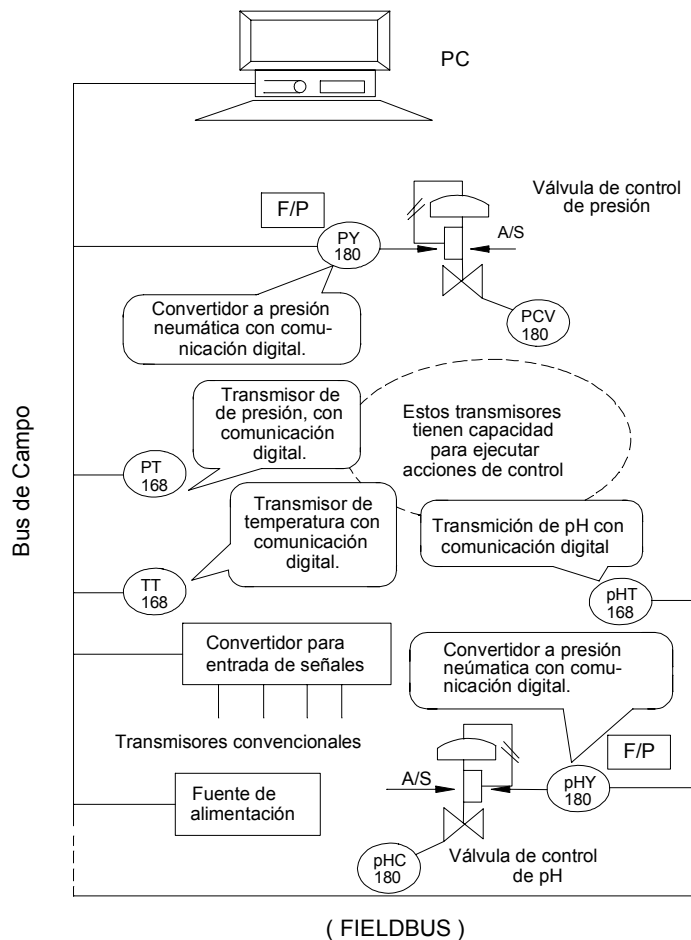


**Figura 5.** Sistema de control distribuido

<sup>1</sup> En la terminología utilizada en sistemas de control, el término se emplea para designar instrumentos, circuitos, líneas de transmisión de datos, de señales eléctricas, etc. que están duplicados o aún triplicados y conectados de manera tal que la salida de servicio de uno de ellos es instantáneamente remediada por la entrada en servicio del o los restantes en forma automática.

**Sistema de control distribuido (DCS):** La arquitectura de un DCS puede ser de muy diversas formas. En la **Figura 5** se muestran varios equipos, su forma de comunicación mediante un bus y los puentes de protocolo entre equipos de distintos fabricantes, sólo a título de ejemplo. Esta arquitectura sólo se justifica en plantas grandes y complejas, con la operación automatizada, muchas variables operativas y de calidad en lazo cerrado de control, operación de válvulas telecomandadas y, en general, con un alto requerimiento de disponibilidad, esto es, la continuidad de la marcha al margen de que algunos componentes del sistema salgan de servicio.

**Bus de campo (FIELDBUS):** En esta arquitectura aparece un cambio sustancial que radica en el hecho de que el cableado desde los transmisores hasta las interfases, sean éstas bobas, inteligentes, o PLC's, no existe. El cable que físicamente constituye el bus de comunicaciones, recorre la planta, punto por punto, llevando y trayendo información entre los equipos conectados en red.



**Figura 6.** Configuración del sistema de control con bus de campo

Pero para que esto sea posible es necesario contar con instrumentos especialmente diseñados para conectarse en forma directa al bus. Estos equipos son:

- Transmisores de variables continuas.

- Detectores de contactos u otros tipos de dispositivos si-no.
- Posicionadores de válvulas de control.
- Convertidores de señales convencionales de corriente (4-20 mA) al protocolo del bus.
- Convertidores de protocolo del bus a señales de corriente (4-20 mA).
- Fuentes de alimentación especiales.
- Otros instrumentos especiales.

Cada uno de estos equipos, además de cumplir con su función específica principal, posee algunas capacidades adicionales tales como las funciones correspondientes a un controlador regulatorio, funciones lógicas, funciones aritméticas preconfiguradas, etc.

Por encima de todas estas funciones que pueden ejecutar los equipos de campo, está la posibilidad de llevar a cabo funciones de control u otras cualesquiera en el procesador de la PC. Cómo distribuir las responsabilidades entre los procesadores es específico de cada aplicación y normalmente determinado por el especialista.

### **5.3. CONTENIDOS MÍNIMOS PARA UN PLIEGO DE PEDIDO DE PROVISIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO**

#### **5.3.1. Alcance**

La provisión requerida deberá estar constituida por:

- Equipos.
- Licencias de Software.
- Montaje, cableado y conexión de equipos.
- Servicios de Ingeniería.
- Garantía.

#### **5.3.2. Equipos**

Los equipos deberán ser definidos por el proveedor de acuerdo a las especificaciones generales siguientes:

##### **5.3.2.1. Elementos Primarios**

Los elementos primarios de medición de caudal de grandes volúmenes de agua deberán ser provistos por un tercero. El proveedor del sistema de control complementará las mediciones con la provisión de los transmisores electrónicos correspondientes.

Para caudal en canaletas y para niveles en general se deberán utilizar medidores ultrasónicos.

Para el resto de las variables el proveedor deberá ofrecer la mejor propuesta técnica según sus propios criterios, incluyendo los elementos primarios correspondientes. Si la variable a medir requiriera la construcción de un circuito de toma de muestra, el mismo deberá incluirse en la provisión, salvo expresa información en contrario.

#### **5.3.2.2. Elementos Secundarios (Transmisores)**

Los transmisores deberán ser todos de tecnología “inteligente”, con facilidades de verificación y calibración mediante equipos portátiles de mano y/o desde las borneras de los módulos de los PLC o de las interfases bobas en los respectivos gabinetes, y/o desde una PC integrante del sistema, a través del bus o de otro sistema de transmisión.

Los transmisores deberán estar en general expuestos a la intemperie o estarán ubicados en ambientes con alta humedad relativa debiendo el proveedor tomar en cuenta las temperaturas extremas del lugar.

#### **5.3.2.3. Elementos Finales de Control**

Cada variable a controlar o a telecomandar requiere de válvulas con actuadores neumáticos o eléctricos, o variadores de frecuencia para motores eléctricos u otros elementos finales de control. Al listar las variables que serán controladas o telecomandadas se deberá explicitar cuáles elementos deberán ser provistos por el proveedor del sistema de control (en general los proveedores del sistema de control no son proveedores de esos equipos).

#### **5.3.2.4. Gabinetes y Paneles**

En general deberá ser el proveedor del sistema de control el que provea también los gabinetes y paneles.

#### **5.3.2.5. Clasificación de Áreas**

Las áreas donde se ubicarán los transmisores son clasificadas como *no peligrosas*, también denominadas “de propósito general”.

Los restantes elementos que integran el sistema tales como PLC, interfases, controladores de panel, paneles indicadores de alarmas, botoneras de maniobra de motores y de mecanismos telecomandados, fuentes, etc., deberán ser instalados en gabinetes normalizados dentro de ambientes específicos (salas de control).

#### **5.3.2.6. Alimentación Eléctrica**

El sistema en general deberá poder tomar energía de 220 VAC 50 HZ. La fuente de la cual reciban energía los equipos deberá estar estabilizada y filtrada.



### **5.3.3. Requerimientos Funcionales**

#### **5.3.3.1. Variables Continuas (Analógicas) a Medir**

Se deberán indicar todas las variables a medir. A continuación se muestra una lista a título de ejemplo para una planta potabilizadora:

- Caudal de agua ingresante al tratamiento.
- Caudal de coagulante.
- Relación caudal de agua ingresante/caudal de coagulante.
- Turbiedad del agua decantada.
- Caudal del reactivo prealcalinizante.
- pH del agua decantada.
- Caudal de reactivo de cloración.
- Concentración de cloro residual en el agua filtrada y clorada.
- Caudal del reactivo alcalinizante.
- pH del agua a cisterna.
- Nivel de las cisternas de reserva de agua tratada.
- Caudal de agua entregada a la red.
- Etc.

#### **5.3.3.2. Variables Discretas (Lógicas) a Monitorear**

La siguiente es una lista de este tipo de variables a título de ejemplo. Se deberán consignar todas las variables discretas a monitorear:

- Bomba N° 1 andando.
- Bomba N° 2 andando.
- Compuerta N° 17 en posición cerrada.
- Etc.

#### **5.3.3.3. Variables Medidas a Controlar Automáticamente**

De todas las variables medidas algunas quizá serán controladas. La siguiente lista es un ejemplo:

- Caudal de coagulante (gobernando las rpm de la bomba dosificadora).
- Relación caudal de agua ingresante/caudal de coagulante (control de relación típico).

- Caudal del reactivo prealcalinizante (automatizando la preparación de lechada de cal de modo de estandarizar concentración y modular el caudal).
- pH del agua decantada (gobernando el caudal de lechada).
- Caudal de reactivo de cloración (gobernando una válvula u otros dispositivos de regulación).
- Concentración de cloro residual en el agua filtrada y clorada (midiendo cloro libre mediante electrodos de potencial de óxido/reducción y gobernando el caudal de cloro).
- Caudal del reactivo alcalinizante (ídem anterior).
- pH del agua a cisterna (gobernando el caudal anterior).
- Etc.

#### **5.3.3.4. Control Lógico y Secuencial**

Se deberán describir las operaciones de control lógico y secuencial para que el proveedor aprecie la complejidad de las mismas y esté en condiciones de dimensionar los equipos y los servicios de ingeniería asociados.

La documentación debe suministrarse bajo la forma una descripción estructurada redactada en forma sumamente clara.

#### **5.3.3.5. Alarmas Sobre Variables Analógicas**

Se deberán indicar en forma completa, la lista de alarmas que se colocarán sobre las respectivas variables analógicas y sus destinos correspondientes, como, por ejemplo:

- Bajo caudal de agua ingresante al tratamiento, a pantalla y a panel general.
- Alta turbiedad del agua decantada, a pantalla, a archivo, a panel general.
- Alto y bajo pH del agua decantada, a pantalla, a archivo.
- Baja concentración de cloro residual en el agua filtrada y clorada, a pantalla, a archivo, a impresora, a panel general, a bocina.
- Bajo pH del agua a cisterna, a pantalla, a panel general, a archivo, a bocina.
- Alto y bajo nivel de las cisternas de reserva de agua tratada, a panel general, a pantalla, a archivo, a bocina, a impresora.
- Etc.

#### **5.3.3.6. Alarmas Sobre Variables Lógicas**

Se deberán indicar las alarmas a asociar a las respectivas variables discretas y sus destinos correspondientes. A título de ejemplos:

- Bomba N° 1 detenida, a pantalla, a archivo, a panel general.

- Bomba N° 2 detenida, ídem.
- Etc.

#### **5.3.3.7. Eventos a Registrar**

Se deberá requerir el registro de los siguientes eventos:

- Entradas y salidas de operarios en cada turno.
- Entradas y salidas de responsables jerárquicos a cambios de parámetros.
- Cambios de parámetros (límites de alarmas, sintonía de controladores, pasaje de lazos de control automático a control manual y viceversa, etc.).
- Arranques y paradas manuales de motores.
- Otros a especificar.

Los eventos serán archivados en un registro que tenga una capacidad aproximada de 2 meses.

#### **5.3.3.8. Variables a Registrar**

El proveedor deberá conocer las variables que se pretenden mostrar (bajo la forma de una curva de registrador) en pantalla en tiempo real (los denominados “registros de tendencia”, en los sistemas digitales). Una lista a título de ejemplo es la siguiente:

- Caudal de agua ingresante.
- Turbiedad del agua ingresante.
- pH del agua decantada.
- Turbiedad del agua a cisterna.
- pH del agua a la red.
- Cloro residual del agua a la red.
- Etc.

#### **5.3.3.9. Variables a Calcular**

Se totalizarán todos los caudales medidos.

#### **5.3.3.10. Variables a Incluir en la Recolección Histórica de Datos**

En general la recolección histórica deberá abarcar a todas las variables medidas, salvo algunas variables operativas de no mucha importancia. Se deberá indicar cuantas y cuáles son.

La banda muerta será en todos los casos del 2% del alcance del instrumento respectivo.

La frecuencia de colección por variable será de una muestra cada 10 min.

Los archivos deberán permanecer inalterados por un tiempo no inferior a los 2 meses. Los valores a guardar de cada variables serán los siguientes:

- Promedio horario.
- Promedio del turno.
- Promedio diario.
- Promedio mensual.

En el caso de los caudales acumulados se deberá guardar el valor alcanzado en cada uno de los intervalos mencionados.

Los archivos históricos resultantes deberán estar a disposición dentro del sistema para ser:

- Retirados a través de la PC (por la red si la hubiere o por medios de almacenamiento portátiles) para su procesamiento fuera de línea.
- Tomados internamente para la elaboración de los informes.
- Tomados por el operador para ser mostrados en pantalla.

#### **5.3.3.11. Informes**

Se debe requerir la preparación de un informe diario y otro mensual, en los cuales se volcarán todas las variables almacenadas en los registros históricos.

En general estos informes son planillas. Salvo que sean formatos complejos no hace falta indicar el formato de cada informe.

#### **5.3.3.12. Interfase con el Operador**

El sistema deberá contar con una interfase operativa suficientemente cómoda y segura, esto es, que en situaciones de emergencia los operarios cuenten con los medios de operación simultáneos adecuados y que, en caso de salida de servicio de algunos de los elementos de la interfase, la operación pueda continuar sin mayores inconvenientes hasta que sea subsanada la falla.

Como mínimo será conveniente especificar:

- Dos pantallas de 15".
- Un panel general de alarmas.
- Un panel de botoneras de operación para los motores.

Como elemento de interacción con el sistema a través de la PC, el elemento más aceptado universalmente por los operarios es la "track ball" (especie de ratón invertido: la esfera hacia arriba y grande, el cuerpo fijo sobre el pupitre; el operador apoya su mano

sobre la esfera y la hace girar sobre su alojamiento en la dirección deseada; una vez señalado el destino, aprieta una tecla incorporada al cuerpo del dispositivo), el ratón o el teclado. Las pantallas sensibles al tacto no son recomendables para este tipo de plantas.

### **5.3.3.13. Comunicación con Otros Equipos**

Si fuera necesaria la comunicación con otras plantas existentes se deberán especificar:

- Distancias.
- Marcas y modelos de los equipos con los cuales se desea comunicación digital.
- Tipo de comunicación: línea telefónica común, telefonía celular, radio o satélite.
- Cantidad de información y frecuencia de intercambio.
- Cuál es el equipo que iniciará la transferencia de la información.

El proveedor deberá informarse de otros detalles más específicos que son necesarios para establecer la compatibilidad entre los equipos existentes y los que él ofrecerá.

### **5.3.4. Arquitectura del Sistema**

La arquitectura del sistema debe ser motivo central de las propuestas de los proveedores, dado que para cada planta y para cada conjunto de especificaciones funcionales existen diversas arquitecturas comparables en performance y precio que cumplirán con los requerimientos solicitados.

### **5.3.5. Seguridad**

En plantas de potabilización, ya sean grandes o pequeñas, se deberá analizar las consecuencias de no disponer del sistema de control o de una parte del mismo.

El tema de la continuidad de la operación en forma manual o automática es un aspecto sumamente técnico de los sistemas de control.

Se recomienda solicitar del proveedor, en caso de requerirse algún grado de duplicación de equipos, una explicación detallada de cómo se implementa y qué pasos debe dar el operador en caso de fallas.

### **5.3.6. Servicios**

#### **5.3.6.1. Notas Generales**

Es conveniente hacer una lista lo más detallada posible de las tareas necesarias para completar el proyecto y definir claramente quién será el responsable.

Se debe definir claramente el alcance de cada servicio y los documentos asociados si los hubiere (tanto los necesarios para la ejecución de la tarea, como los que se producirán como consecuencia de la misma).

Es aconsejable especificar ciclos de revisión y aprobación para la ingeniería.

Hay que definir el método o filosofía de contratación:

- Precios fijos por tareas perfectamente definidas.
- Precio por hora-día-hombre cuando la tarea no está totalmente acotada.

#### **5.3.6.2. Administración y Coordinación del Proyecto**

A medida que aumenta la complejidad y o tamaño de un sistema, aumenta exponencialmente la necesidad de coordinación.

Lo ideal es que tanto comprador como vendedor asignen un responsable único de cada parte.

Las funciones son:

- Planificación y asignación de recursos.
- Establecimiento y control de vencimiento de plazos.
- Control de emisión de la documentación.
- Canal opcional de intercambio de información.
- Negociación de cambio de alcance.

#### **5.3.6.3. Ingeniería de Control**

- Documentación básica: diagrama de lazos, escalera, lógicos, descripciones estructuradas, etc.
- Lista de parámetros: unidades de ingeniería, descriptores, rangos, escalados, límites de alarmas, mensajes, etc.
- Asignación de entradas y salidas y funciones de control.
- Transcripción al lenguaje del sistema.
- Entrada al sistema.
- Pruebas de funcionamiento.

#### **5.3.6.4. Gráficos**

- Diseño de la estructura general, niveles jerárquicos y conexiones entre gráficos.
- Convenciones generales de colores y formatos.
- Dibujos sobre el sistema (para conformar las pantallas operativas) y su conexión a la base de datos.

- Diseño de detalle de los gráficos (parte fija y cambios actualizables durante la operación).

#### **5.3.6.5. Otras Funciones (Informes, Recolección Histórica, etc.)**

Se debe definir exactamente de quién es la responsabilidad del diseño detallado y de quién la implementación en el sistema.

#### **5.3.6.6. Instrumentación de Campo**

- Hojas de datos, selección, dimensionamiento de transmisores, sensores, actuadores, válvulas, etc.
- Diagrama de cableado.
- Diseño y especificación de cajas de paso.

#### **5.3.6.7. Sala de Control**

- Distribución física de equipos (layout).
- Requerimientos de aire acondicionado y ambientales.
- Requerimientos de iluminación y de acústica.
- Protección contra incendios.
- Recorrido de cables.

#### **5.3.6.8. Electricidad**

- Diagrama de alimentación y tierras.
- Diseño de fuentes ininterrumpibles de energía (UPS) y baterías.

#### **5.3.6.9. Gabinetes y Paneles**

Diseño de gabinetes, de borneras, barreras de seguridad, fuentes, equipos y auxiliares (layouts, diseño mecánico y diagramas de cableado).

#### **5.3.6.10. Ingeniería de Instalación**

- Típicos de instalación y montaje de instrumentos de campo.
- Planos de ubicación de instrumentos.
- Planos de tendidos de cables y cañerías.
- Planos de conexión de instrumentos, cajas de paso y gabinetes de borneras.
- Detalles de montaje de equipos en salas.

- Planos de conexionado de cables de señal, alimentación y comunicaciones en salas de paso y de control.
- Lista de materiales (instrumentos, cables, accesorios de montaje, etc.).

#### **5.3.6.11. Verificaciones en el Local del Vendedor (FAT: Factory Acceptance Test)**

- Inspección visual.
- Instalación, interconexión y arranque del sistema.
- Verificación de las seguridades (redundancias, etc.).
- Verificación de la implementación de control, gráficos, etc.

Se debe especificar el porcentaje de lazos y funciones a verificar y los criterios de aceptación.

Se debe especificar si se simularán transmisores y contactos para las pruebas de continuidad.

#### **5.3.6.12. Supervisión de Instalación y Chequeos en la Planta del Usuario (SAT: Site Acceptance Test)**

- Verificación de la correcta instalación y cableado.
- Verificación de la correcta operatividad del software de base.
- Verificación de la correcta instalación de campo y calibración de instrumentos y válvulas.
- Chequeos de continuidad: desde cada transmisor se simulan dos o tres puntos (0%, 50% y 100%) y se verifica su correcta conexión con gráficos y control.
- Lo mismo se realizará con válvulas y actuadores.

#### **5.3.6.13. Puesta en Marcha**

Se deberán realizar tareas de ajuste, caracterización de señales, sintonía de lazos, cambios de último momento, etc.

#### **5.3.6.14. Entrenamiento**

- Generales de instrumentos.
- De operación del sistema para supervisores y operadores.
- De configuración de control, gráficos, informes, etc.
- De mantenimiento.

Se debe especificar lugar, cantidad de asistentes y experiencia previa de los mismos.



#### **5.3.6.15. Mantenimiento del Hardware y del Software**

Se pueden acordar contratos con y sin repuestos incluidos y diferentes variantes:

- A pedido, con tiempo máximo de respuesta.
- Idem, más una cantidad de visitas periódicas para mantenimiento preventivo.
- Ingeniero residente.

#### **5.3.6.16. Documentación Exigible**

El proveedor deberá entregar toda la documentación técnica del sistema y de la instalación a los efectos de facilitar el mantenimiento del mismo.

La documentación técnica mínima a entregar deberá ser la siguiente:

- Planos de borneras del conexionado eléctrico según obra (tableros, cajas de empalme, sistema de puesta a tierra, instrumentos de campo, equipos de sala de control).
- Planos de recorrido de canalizaciones eléctricas aéreas y subterráneas.
- Bases de datos cargadas en las PC's, en los PLC's, y en todos los instrumentos digitales, según quedaron al finalizar la puesta en marcha.
- Memorias de cálculo de válvulas y de elementos primarios de medición.
- Manuales de instalación, operación y mantenimiento de todos los equipos constitutivos del sistema de control (de campo y de sala, del hardware y del software).
- Licencias correspondientes a todos los paquetes de software que fueron instalados.

### **5.4. EL MONITOREO Y AUTOMATIZACIÓN DE INSTALACIONES DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN**

#### **5.4.1. Conceptos Preliminares**

Habiendo ya desarrollado con cierta amplitud los conceptos vinculados a la automatización y el control automático de instalaciones potabilizadoras, el tratamiento de este tema se puede llevar a cabo de mejor manera explicando las diferencias que presentan los sistemas empleados para llevar a cabo los objetivos en uno u otro caso.

Los dos aspectos básicos de mayor trascendencia son:

- El tipo de variables a medir y de acciones a telecomandar, y
- Las distancias involucradas entre las instalaciones de campo y la sala de control.

## 5.4.2. El Tipo de Variables a Monitorear y de Acciones a Telecomandar

### **Obras de captación, conducciones y estaciones de bombeo**

Mientras que una planta potabilizadora los tiempos y las distancias permiten continuar efectuando maniobras con válvulas, compuertas y bombas en forma manual y local, en las obras de captación, que responden generalmente a distribuciones geográficas muy amplias y dispersas, la posibilidad de tener un diagnóstico de situación en forma previa al envío de las cuadrillas de mantenimiento, tiene un efecto económico muy significativo.

Así mismo, si se dispone de información en tiempo real de la evolución de la profundidad instantánea de las napas en captaciones de aguas subterráneas o en los cursos de agua en captaciones superficiales, acompañada de la posibilidad de arrancar y parar bombas en forma remota, la eficiencia en el manejo de este tipo de instalaciones aumenta enormemente.

Es por ello que en las obras de captación y en los acueductos asociados es recomendable disponer de las siguientes facilidades:

- Posibles variables a monitorear:
  - Presión de descarga de las bombas.
  - Presión hidrostática a una cierta profundidad de los pozos testigos y niveles en cursos de agua.
  - Caudal erogado por cada pozo (en el caso de aguas subterráneas).
  - Motor de la bomba parado/andando.
  - Falla de fases.
  - Falla por protección térmica.
- Acciones a telecomandar:
  - Parada y arranque de motores: esta acción puede llevarse a cabo en forma automática, manual a distancia (desde sala de control) o en forma local (cuando se está efectuando una reparación).
  - Parada y arranque de eventuales cloradores en línea (desde sala de control y/o local).

La medición en línea de cloro residual, es una medición no recomendable dada la naturaleza delicada de la tecnología actual de los sensores de cloro, por lo cual sólo son recomendados cuando se trata de su instalación en plantas potabilizadoras donde su atención y mantenimiento se ve facilitado.

### **Redes de distribución**

En las redes de distribución se pueden monitorear la presión, el pH y el cloro residual. Mientras que los sensores de presión son instrumentos sencillos y robustos que demandan un escaso esfuerzo de mantenimiento, los sensores de pH y de cloro son delicados y muy demandantes de atención para su verificación, reposición de reactivos consumibles, etc., por lo que es preferible mantener un buen monitoreo de estas

variables a la salida de las plantas de tratamiento donde las tareas de mantenimiento se ven facilitadas.

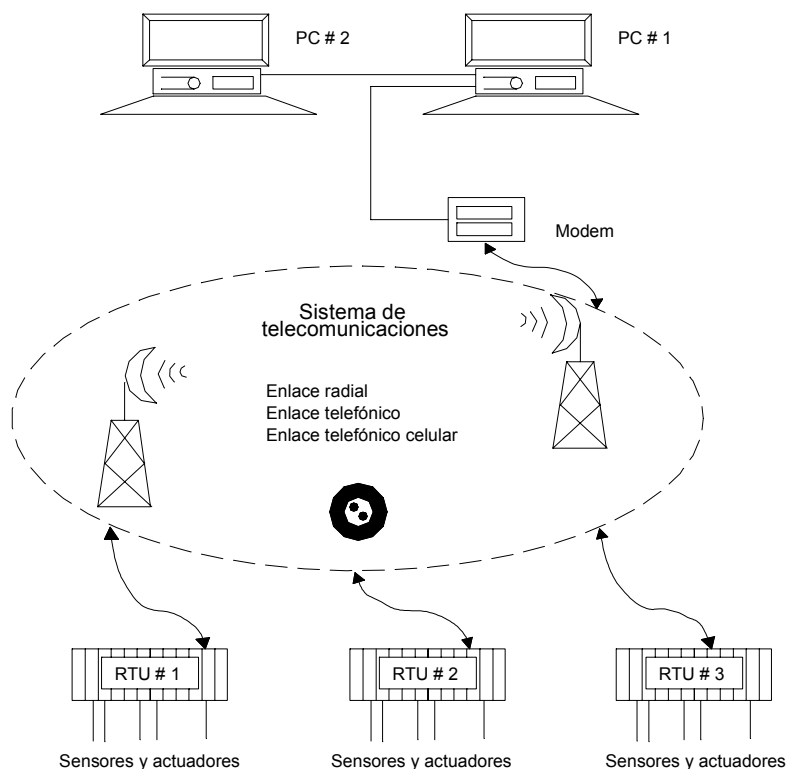
En cuanto a las presiones, suele ser suficiente monitorearlas en determinados puntos extremos (en los más altos para las presiones mínimas y en los más bajos para las máximas), y con esa información adecuar el bombeo, ya sea en forma manual o automática.

Cuántos y cuáles puntos se deben medir, depende de cada red en particular.

### 5.4.3. El Tipo de Arquitectura a Emplear

Las distancias involucradas en las obras de captación y conducción, prácticamente imponen la utilización de los denominados sistemas SCADA. Estos sistemas deben su nombre a las iniciales de las palabras inglesas Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisor y Adquisición de Datos). Su arquitectura responde a la figura que se muestra a continuación.

La denominada RTU (Remote Terminal Unit) no es más que una interfase con variable contenido de inteligencia (según fabricante y modelo), que toma datos de los sensores de campo, los procesa, hace llegar señales a los actuadores de válvulas, motores, etc. y que dispone de una memoria de almacenamiento de los datos para ponerlos a disposición de la unidad central del sistema. Esta unidad, también llamada Estación Maestra, está ubicada en la sala de control y equipada con un módem (modulador demodulador) similar al que usan las PC para conectarse a la red telefónica, que transforma la información digital para ser transmitida a distancia y viceversa.



**Figura 7.** Diagrama de un sistema de monitoreo y automatización

La Estación Maestra inicia un diálogo con todas y cada una de las RTU, con una cierta frecuencia que depende de la aplicación en cuestión, para poner los datos a disposición del operador en una pantalla de PC o para que éste efectúe alguna maniobra telecomandada.

Las RTU's también están equipadas con un módem.

La transmisión puede llevarse a cabo por cualquiera de estos tres medios:

- Telefonía alámbrica;
- Telefonía celular;
- Radiofrecuencia.

El periodo de muestreo de las variables de una instalación de captación y conducción podría estar comprendido entre los 2 y los 10 min.

#### **5.4.4. Las Instalaciones de Transmisión/Recepción**

El éxito operativo de un sistema SCADA es altamente dependiente de los equipos de enlace.

Una particular atención ha de dispensarse a la especificación y selección de los equipos de radio y sus instalaciones complementarias como torres, antenas, fuentes de abastecimiento ininterrumpibles de energía con back-up de baterías solares, tema sumamente especializado y que constituye generalmente una proporción importante del costo total del sistema de monitoreo y control.

#### **5.4.5. Consideraciones Finales**

En lo referente al resto del sistema nada lo diferencia de los asociados a la automatización y control de instalaciones potabilizadores.

Los proveedores de los sistemas SCADA, al momento de preparar sus ofertas, deben estar informados de la misma forma y con el mismo grado de detalle sugeridos en los párrafos precedentes de este documento, para el resto de las especificaciones del sistema.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### *a) Instalaciones Eléctricas*

- ABB Softstarter. Catálogo ABB
- Aclaraciones Técnicas sobre Aparatos de Maniobra de Baja Tensión, Instalaciones y Distribuciones (1978). Manual Siemens.
- Arrancadores Electrónicos Suaves SIKOSTART. Publicación Siemens.
- Arrancadores Electrónicos y Accionamientos de Velocidad Variable Simover. Publicación Siemens.
- Condensatori e Sistemi per Rifasamento Industriale Bassa Tensione – Serie Standard Life. Publicación Ducati Energía.
- Convertidor de Frecuencia IGBT Inverter. Catálogo WEG.
- Corrección del Factor de Potencia. Publicación Elecond.
- Especificaciones Técnicas Convertidores de Frecuencia. Publicación Danfoss.
- Especificaciones Técnicas de Tableros, Equipamientos y Cables de BT. Pliegos de Estaciones Transformadoras de Agua y Energía Eléctrica.
- Fundamentación y Normas de Instalaciones Eléctricas de Sistemas Cloacales. CoFAPyS (actualmente ENOHSA), 1993.
- Manual del Electricista (1998). Groupe Schneider.
- Manual Interruptores Automáticos en Caja Moldeada(1996). Merlin Gerin.
- Motores y Generadores – Catálogo General 1981. Manual Siemens.
- Normas IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) e IEC (International Electrical Commission).
- Notas Técnicas de Aplicación Arrancadores Electrónicos y Variadores de Velocidad Varimatic. Publicación Varimatic.
- Protecciones Integrales de Motores. Publicaciones Camsa.
- Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. Asociación Electrotécnica Argentina.
- Requerimientos sobre Proyectos Eléctricos y Ensayos de Equipamientos. Pliegos de Estaciones Transformadoras de Agua y Energía Eléctrica.
- SPAM 150 C Motor Protection Relay. Catálogo ABB.

**b) Automatización y Control**

- Apuntes del curso intensivo sobre “Introducción a las redes de campo (Fieldbus)”, dictado en la Asociación Argentina de Control Automático, por los Ings. Pablo Fava y Eduardo A. Gorchs, Buenos Aires, 1997.
- “Control de Calidad y Tratamiento del Agua – Manual de abastecimientos públicos de aguas”, preparado por The American Water Works Association, Inc. (traducción al Castellano de Federico de Lora), publicado por el Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1975.
- “Ingeniería de Proyectos en Instrumentación y Control”, Ing. Guillermo J. Canale, apuntes inéditos del autor para la cátedra de Medición y Control de Procesos de la Universidad Nacional de La Plata, 1994.
- “Sistemas Digitales de Control de Procesos”, Ing. Sergio Szklanny e Ing. Carlos Behrends, Editorial Control S.R.L., Buenos Aires, 1994.