1.- NORMAS DE REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS ELÉCTRICOS

Este manual recopilatorio de normas ha sido recopilado y redactado por Tecnicsuport siguiendo las normas de obligado cumplimiento referentes a la seguridad en las máquinas, conjuntos de aparamenta montados en fábrica y reglas del buen hacer basadas en directivas comunitarias, combinadas con la experiencia profesional de grandes instaladores y cuadristas del sector. Las normas de consulta en las que se basan los siguientes extractos son las siguientes:

UNE-EN 60439-1: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

UNE-EN 60073: Principios básicos y de seguridad para interfaces hombre-máquina, el marcado y la identificación.

UNE-EN 60204-1: Seguridad en las máquinas. Equipo eléctrico en las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.

EN 50081: Compatibilidad electromagnética. Normas genéricas de emisión.

EN 50082-2: Compatibilidad electromagnética. Normas genéricas de inmunidad. Parte 2: Entorno industrial.

CEI 60447: Interfaz hombre máquina: Principios de maniobra

Notas sobre los textos: Todos los textos escritos en color negro son extractos o interpretaciones resumidas o comentadas de las normas de obligado cumplimiento. Los textos escritos en gris representan recomendaciones, sugerencias, reglas del buen hacer o normas estandarizadas por los propios talleres cuadristas.

Contenido:

1.- NORMAS DE REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS ELÉCTRICOS
(Sección de normalización de esquemas)

2.- CABLEADO.

- 2.1.- Generalidades de cableado.
- 2.2.- Circuitos de control.
  - Cableado de señales analógicas
  - Cableado de señales digitales
- 2.3.- Circuitos de mando.
- 2.4.- Circuitos de potencia.

3.- PULSATERÍA DE MANDO Y SEÑALIZACIÓN.

- 3.1.- Generalidades.
- 3.2.- Señalización, códigos de seguridad visual y auditiva.

4.- ELECTRÓNICA Y EQUIPOS PROGRAMABLES

5.- ENVOLVENTE (Grados de protección, emplazamiento y montaje

6.- PROTECCIONES (coordinación, filiación y selectividad)

7.- PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CONJUNTO

8.- CUESTIONES SOMETIDAS A ACUERDO ENTRE EL TALLER CONSTRUCTOR DEL CONJUNTO Y EL USUARIO

9.- DOCUMENTACIÓN DE LOS CONJUNTOS ELÉCTRICOS TERMINADOS

2.- CABLEADO.

- ### 2.1.- Generalidades de cableado

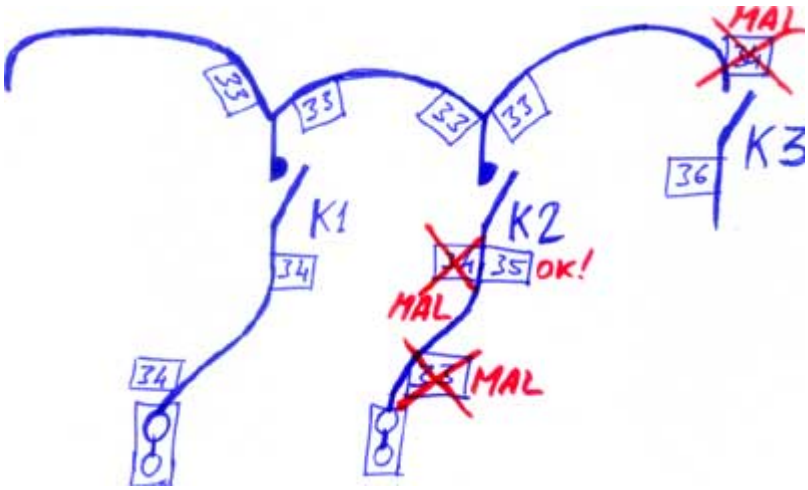
a) Todas las conexiones deberán estar garantizadas contra el aflojamiento accidental. Es recomendable el uso de bornas de tipo "clema" en conexiones de circuitos de maniobra y/o circuitos de baja potencia, por su mayor resistencia a los aflojamientos debidos a las vibraciones y los efectos de variación térmica. Los medios de conexión (bornes, terminales, etc.) deberán ser adecuados para la sección y la naturaleza del conductor. Para los conductores de aluminio o con aleaciones del mismo, se deberán utilizar terminales o bornas especiales para evitar los problemas de la corrosión electrolítica (terminales bimetálicos).

b) La conexión de 2 o más cables en un mismo borne está prohibida a menos que dicho borne esté diseñado para dicha conexión. Se recomienda el uso de terminales o punteras, especialmente en conductores flexibles para su conexión. En el caso de necesidad de conexión de varios cables en una misma borna de un aparato para realizar series en paralelo, es preferible utilizar un único terminal o puntera, adecuado especialmente para diversos conductores, **siendo el máximo permitido de 2 cables en una única puntera o terminal** de cable. La misma regla rige para las bornas de interconexión.

Para la conexión de más de dos cables en un único punto se utilizarán bornas especiales o distribuidores específicamente preparados para tal efecto. Está **prohibida**

la conexión de más de un solo conductor en una borna en el caso de conductores de protección, debiéndose de conectar un solo conductor en cada borna y conducir todos los conductores de protección a un único punto común de conexión.

c) Todos los cables deben ir adecuadamente identificados mediante marcas indelebles e imperdibles y adecuadas para el medio en el que se encuentran. Dichas marcas deben coincidir exactamente con sus marcas correspondientes en los esquemas técnicos de los circuitos. Igualmente como en las reglas de identificación de los esquemas, se seguirá la regla de identificación equipotencial de conductores mediante un identificador único. Cada conductor o grupo de conductores conectados equipotencialmente deberá llevar un número único igual en todo su recorrido y distinto de otras conexiones equipotenciales. Físicamente, dicha marca se pondrá en lugar visible fijada al conductor y cerca de todos y cada uno de los extremos terminales o conexiones. En un mismo armario o grupo de armarios de automatismos no deberá existir bajo ningún concepto dos marcas identificativas iguales en conductores que no estén conectados al mismo potencial.



d) Para señalizar los distintos circuitos se debe utilizar obligatoriamente el siguiente código de colores para los conductores unifilares:

Color	Tipo circuito
Azul claro	Neutros de circuitos de potencia
Negro	Conductores activos de circuitos de potencia en c.a. y c.c.
Rojo	Circuitos de mando en corriente alterna
Azul	Circuitos de mando en corriente continua

Naranja	Circuitos de enclavamiento de mando alimentados desde una fuente externa de energía
Amarillo/verde	Conductores de protección (tierra)

Excepciones previstas a la norma:

>> Mangueras multiconductoras. En este caso deben ir obligatoriamente identificadas mediante marcas en los cables u otros colores.

>> Dispositivos individuales con un cableado interno, que son adquiridos como completos.

>> Conductores, que por su naturaleza, no disponen de aislante superficial del color normalizado. En este caso se deberá identificar claramente mediante inscripciones indelebles.

e) Para el cableado de mando exterior hasta el interior de la envolvente deberán utilizarse obligatoriamente bornas de conexión o combinaciones base-clavija adecuadas. Los bornes de interconexión con elementos exteriores de la envolvente deberán separarse en grupos separados según sean circuitos de potencia, circuitos de mando u otros circuitos de mando alimentados por fuentes externas (enclavamientos). Dichos grupos de bornas pueden ser adyacentes pero deberán estar perfectamente identificados para que cada grupo sea de fácil reconocimiento óptico (se permiten el uso de barreras, colores, tamaños diferentes y marcados específicos)

f) Las canales de cableado del interior de la envolvente deben ser de material aislante y se deben de poder acceder preferiblemente desde la parte delantera del armario para poder hacer modificaciones, caso de no ser así, será necesario prever acceso al armario desde la parte posterior mediante puertas o tapas accesibles. Las canales deben prever un espacio libre para reserva del 20% del total de su volumen y en ningún caso superarán un llenado total superior al 90% del volumen útil de la canal.

g) Se prohíben los empalmes de cualquier tipo entre conductores dentro de canales o conducciones, debiéndose disponer de bornas para estas conexiones debidamente colocadas fuera de las canales.

h) Cuando sea necesario derivar varios cables de un punto dado para su distribución, se utilizarán colectores de barras, bornas puenteables o barras de distribución diseñados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos de la intensidad de cortocircuito máxima previsible en dicho punto y se dimensionarán en toda su longitud para una intensidad nominal como mínimo igual a la intensidad de corte de la protección contra sobrecargas dispuesta inmediatamente aguas arriba. Dicho colectores se deben disponer en grupos separados cuando existan colectores de mando y de potencia. Se prohíbe el uso común del mismo colector para funciones de protección (tierra) y funciones de neutro. El colector de tierras debe ser perfectamente identificable y distinto de cualquier otro colector. Todos los colectores de conductores activos deben estar protegidos mediante tapas o cubiertas (aislantes o metálicas puestas a tierra) preferiblemente parciales o bien globales de forma que al abrir el cuadro para funciones de mantenimiento normal, no sea posible tocar ninguna parte activa, garantizándose un grado de protección mínimo IP 2x. Si el acceso a dichos colectores es fácil y habitual, el grado de protección de dichas cubiertas será mínimo IP 4x. En el caso de que no se puedan tapar dichos colectores y estos queden al aire en el interior del armario y el acceso a ellos es fácil mediante operaciones normales de mantenimiento, será obligatorio instalar un dispositivo en el interruptor general de energía de forma que éste se manipule directamente desde el exterior del armario y de forma que mientras esté conectado (cuadro con tensión) las puertas de dicho armario estén bloqueadas en posición cerradas y que sólo se puedan abrir cuando el interruptor general se encuentre en posición abierto (cuadro sin tensión).

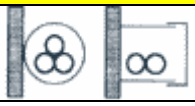
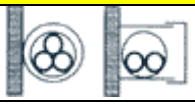
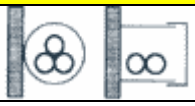
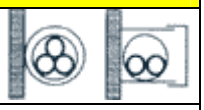
i) Para derivar con cables de sección menor desde un colector o distribuidor se utilizarán tramos de cable lo más cortos posible, colocando la protección de cabecera de la derivación lo mas cerca posible del punto de distribución. Los cables de derivación se dimensionarán para soportar como mínimo 1,5 veces la intensidad máxima prevista para la protección magnetotérmica.

j) Las mallas o cubiertas de los cables apantallados o blindados no podrán ser utilizados bajo ningún concepto como conductores de protección, aunque sí deben estar conectados obligatoriamente a tierra.

k) **Temperaturas máximas admisibles del conductor** en condiciones normales y de cortocircuito.

Tipos de aislamiento	Máxima temperatura del conductor en condiciones normales en ºC	Máxima temperatura del conductor en condiciones de cortocircuito en ºC
Policloruro de vinilo (PVC)	70	160
Caucho	60	200
Polietileno reticulado (PR)	90	250
Compuesto de etileno propileno (EPR)	90	250
Caucho silicona (SIR)	180	350
Estos valores están basados en la hipótesis del comportamiento adiabático para un período no superior a 5 segundos.		

l) **Intensidad máxima admisible (en amperios) en servicio normal** en los conductores (de cobre) en el interior de las envolventes para una temperatura ambiente de 40ºC considerando los factores de corrección del montaje para más de 6 cables agrupados discurriendo por las canalizaciones:

Sistemas de instalación	Conductores PVC (hasta 750V)				Conductores RV 0,6/1kV	
						
	Unifilares en conductos o canales		Mangueras en conductos o canales		Unifilares al aire o en conductos o canales	Mangueras al aire o en conductos o canales
Sección (en mm²)	c.alterna	c.continua	c.alterna	c.continua	c.alterna	c.alterna
0,75	4,56	3,8	--		--	--
1	6,24	5,2	5,75	4,8	--	--
1,5	8,1	6,75	7,32	6,1	14,4	13,6
2,5	11	9,15	9,9	8,25	20,8	20
4	15	12,5	13,8	11,5	28	27,2
6	19,2	16	17,4	14,5	36,8	35,2
10	26,4	22	24	20	51,2	49
16	36	18	31,2	26,5	68,8	65,6
25	46,2	23,1	13,8	33,5	96	88
35	58,2	29,1	49,8	41,5	124	114
50	--		--		153	140
70	--		--		196	179
95	--		--		243	221
120	--		--		285	255

Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en conductores de cobre en el interior de las envolventes para temperatura ambiente distinta de 40ºC

Temperatura del aire ambiente (ºC)	Factor de corrección de la tabla anterior
30	1,15
35	1,08
40	1

45	0,91
50	0,82
55	0,71
60	0,58

m) Tabla de secciones mínimas a utilizar en cableados de circuitos de mando y de potencia en los conjuntos eléctricos dentro de las envolventes:

(se expresan en mm², primero la sección mínima según norma EN 60204-1 y segundo, en color ROJO, la sección mínima estandarizada entre los constructores de cuadros eléctricos)

Aplicación	Cables unipolares.		Mangueras.	
	norma	stándar	norma	stándar
Circuitos de potencia	0,75	1,5	0,75	1,5
Circuitos de mando	0,20	0,75	0,20	1
Circuitos de control	0,20	0,35	0,20	0,35
Cables de datos	--	--	0,08	0,20

n) Tabla de intensidades máximas admisibles en Juego horizontal de pletinas paralelas verticales separadas entre sí al menos el equivalente a su espesor en el caso de varias pletinas por fase. Valores válidos para temperatura de aire de 35ºC y temperatura de pletina de 65ºC.

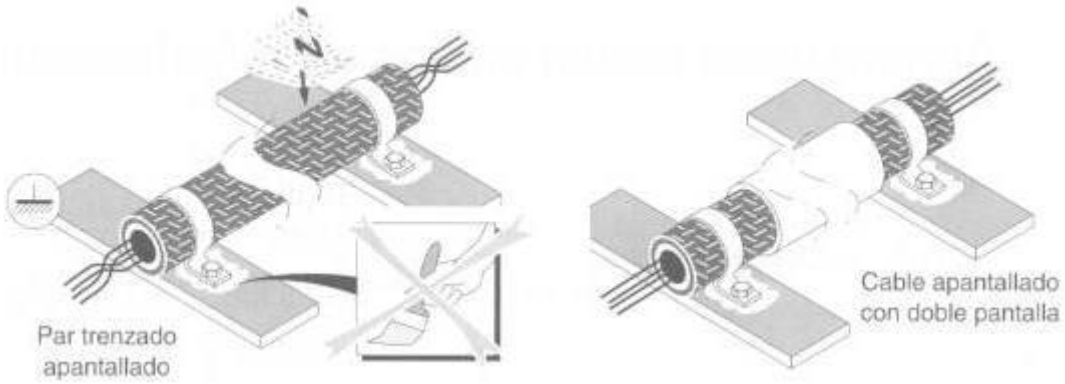
o) Intensidades máximas admisibles en pletinas de láminas flexibles aisladas

- 2.2.- Diseño de circuitos de control

o 2.2.1. Cableado de señales analógicas

A la hora de cablear las señales analógicas se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

a) Todas las señales analógicas se cablearán siempre con mangueras apantalladas, con el nº de hilos correspondiente según el tipo de señal, poniendo la malla protectora en conexión a tierra por uno solo de sus extremos, habitualmente el extremo mas cercano al punto común de puestas a tierra, siempre y cuando no exista o transcurra cerca de la manguera algún equipo generador de altas frecuencias (superiores a 1 MHz) en cuyo caso es hay que conectar la malla de la manguera de la señal analógica por ambos extremos. Se debe garantizar la continuidad de la malla de protección en todo el recorrido de la manguera. La forma de conexión a tierra de la malla deberá ser preferiblemente mediante abrazadera soportada sobre un plano de masa. Para el caso de señales analógicas sensibles (señales de tensión 0-10V, ±10V, 0-5V, ±5V, etc.) es aconsejable utilizar mangueras de pares trenzados.

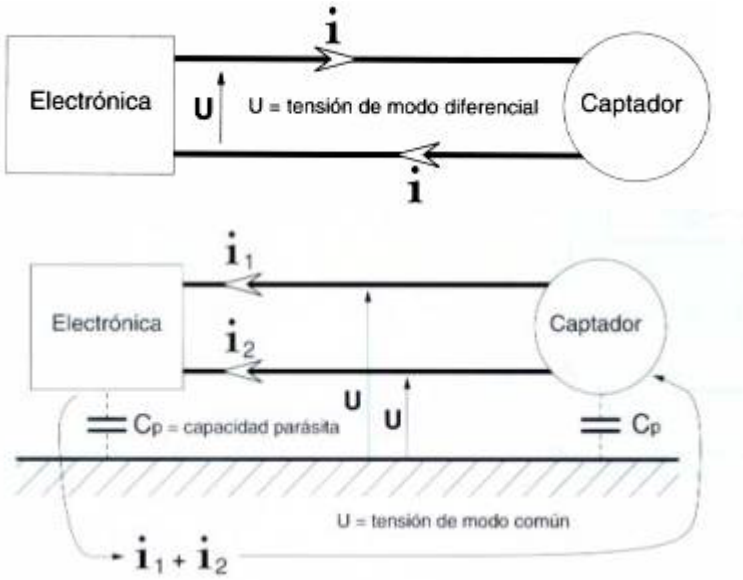


b) El nº de hilos y secciones mínimas recomendadas a utilizar para la conexión de señales analógicas se detalla a continuación:

Tipo señal	Nº hilos	Secc. min. dist.<10m	Secc. min. 10m <	Secc. min. 20m <

			dist.<20m	dist.<50m
4-20 mA / 0-20 mA	2	0,35 mm²	0,5 mm²	0,5 mm²
x/1 A (trafos intensidad)	2	1,5 mm²	2,5 mm²	4 mm²
x/5 A (trafos intensidad)	2	2,5 mm²	4 mm²	6 mm²
0-10 V / ±10 V	3	1 mm²	1,5 mm²	1,5 mm²
0-5 V / ±5 V / 1-5 V	2	1 mm²	1,5 mm²	1,5 mm²
Termopar	2	0,5 mm²	1 mm²	1,5 mm²
Termosonda Pt100, Pt1000, Ni 1000	3	0,5 mm²	1,5 mm²	1,5 mm²
Pulsos (hasta 40 kHz)	2	0,5 mm²	1 mm²	1,5 mm²

c) No se deben utilizar conexiones de cables de señales analógicas en modo común, debiendo ser todas las conexiones en modo diferencial para facilitar así la compatibilidad electromagnética (C.E.M.).



d) En caso de cuadros de automatismos con instalación exterior en zonas de seguridad aumentada clasificada Ex, todas las señales analógicas de intensidad de 0/4-20mA deberán ir obligatoriamente conectadas mediante bornas acondicionadoras de señal tipo DC/DC. Para el caso

de señales analógicas de tensión se utilizarán bornas con fusible incorporado del calibre adecuado para evitar cortocircuitos indeseados en el punto de medida.

e) En cualquier caso, en señales de x/1A o x/5A que deban salir fuera del armario del equipo de medida, se utilizarán bornas del tipo seccionables y cortocircuitables especiales para este tipo de señales de medida. Se recomienda su uso incluso aunque el equipo emisor y el receptor de la señal estén situados dentro del mismo armario.

o 2.2.2. Cableado de señales digitales

A la hora de cablear las señales digitales se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

a) Las señales digitales que funcionen mediante trenes de pulsos de frecuencia superior a 1 KHz tendrán consideración de señales analógicas a la hora de aplicar las reglas de cableado y por lo tanto se seguirán las reglas del apartado anterior. (hay que tener en cuenta que a partir de 1 KHz la impedancia de un cable de 1mm² aumenta rápidamente y en un cable de alta impedancia aparecen fácilmente corrientes de fuga por capacidades y la señal útil se parasita fácilmente)

b) Para el cableado de señales digitales puede utilizar indistintamente cables unifilares o mangueras de varios cables, utilizando preferiblemente conductores de 0,5mm² de sección mínima y 1 mm² de sección máxima para el caso de conductores unifilares y de 0,33mm² de sección mínima y 1 mm² de sección máxima para el caso de mangueras de varios conductores. Todos los conductores unifilares se instalarán con cubierta de color normalizado AZUL OSCURO para circuitos de

señales de corriente continua y ROJO para circuitos de señales de corriente alterna.

c) Se evitará en la medida de lo posible el paralelismo y las zonas o canales de paso común entre cableados de señales y cableados de potencia.

d) Se estandariza como tensión de alimentación para circuitos de control la alimentación a 24 V en corriente continua.

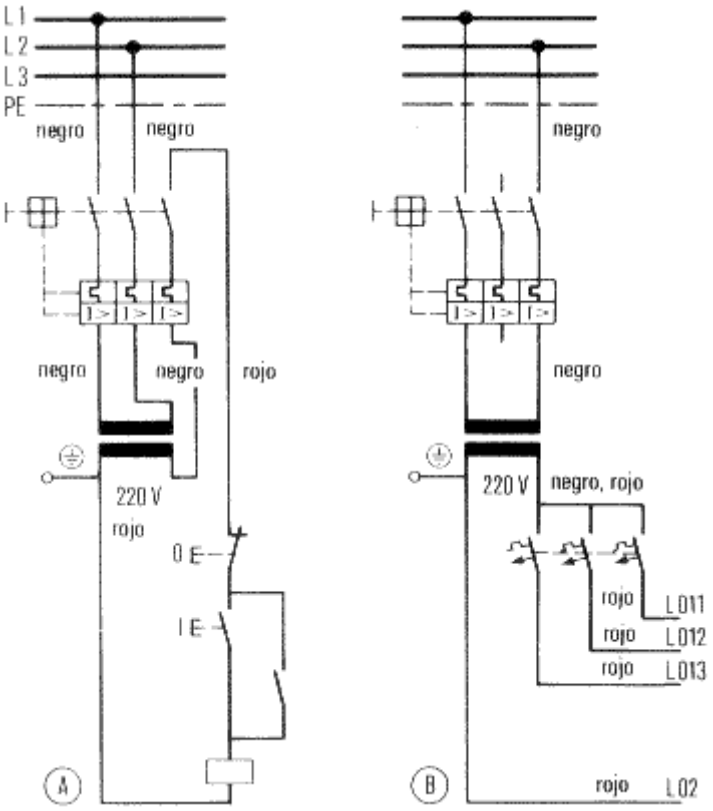
e) Se utilizarán conductores con cubierta de color especificados en el apartado “d” del punto 2.1.

- ## 2.3.- Circuitos de mando

a) Para alimentar los circuitos de mando de los conjuntos que dispongan de más de un arrancador de motor y/o mas de 2 dispositivos de mando (relés, temporizadores, etc.), deben utilizarse obligatoriamente **transformadores separadores** (con bobinados separados, por lo que no sirven los autotransformadores). Cuando se utilicen varios transformadores se recomienda que sus bobinados estén conectados de tal forma que las tensiones secundarias estén en fase. No se podrán alimentar desde el mismo devanado del transformador circuitos de corriente alterna y corriente continua cuando el circuito de c.c. esté conectado a tierra en su punto de masa. Para ello se deberán utilizar transformadores con doble devanado secundario o preferiblemente transformadores distintos. El primario de dichos transformadores se alimentará preferiblemente entre fase y neutro para evitar variaciones de tensión indeseadas y sus efectos imprevisibles de las maniobras ante una falta de fase.

b) Las tensiones de mando de circuitos sin transformador no podrán superar los 500V c.a. Para los circuitos con transformador la tensión nominal no excederá en ningún caso los 277V en la salida del secundario. Se recomienda para los circuitos de mando el uso de 220V c.a. por los inconvenientes de las pequeñas tensiones (elevados amperajes, caídas de tensión, mayor sección de los conductores, menor fiabilidad, mayor desgaste de los contactos, etc.). El empleo de pequeñas tensiones debe limitarse a casos indispensables de mando y al uso en circuitos de control (circuitos electrónicos de bajo consumo como es el caso de autómatas programables, etc. en los cuales se a estandarizado una tensión de 24V en corriente continua).

c) Los transformadores para alimentar circuitos de mando se protegerán a la entrada mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos con disyuntores ajustados a la intensidad y características del transformador. La protección del secundario del transformador se puede realizar únicamente mediante protección contra cortocircuitos y en una sola de las fases.

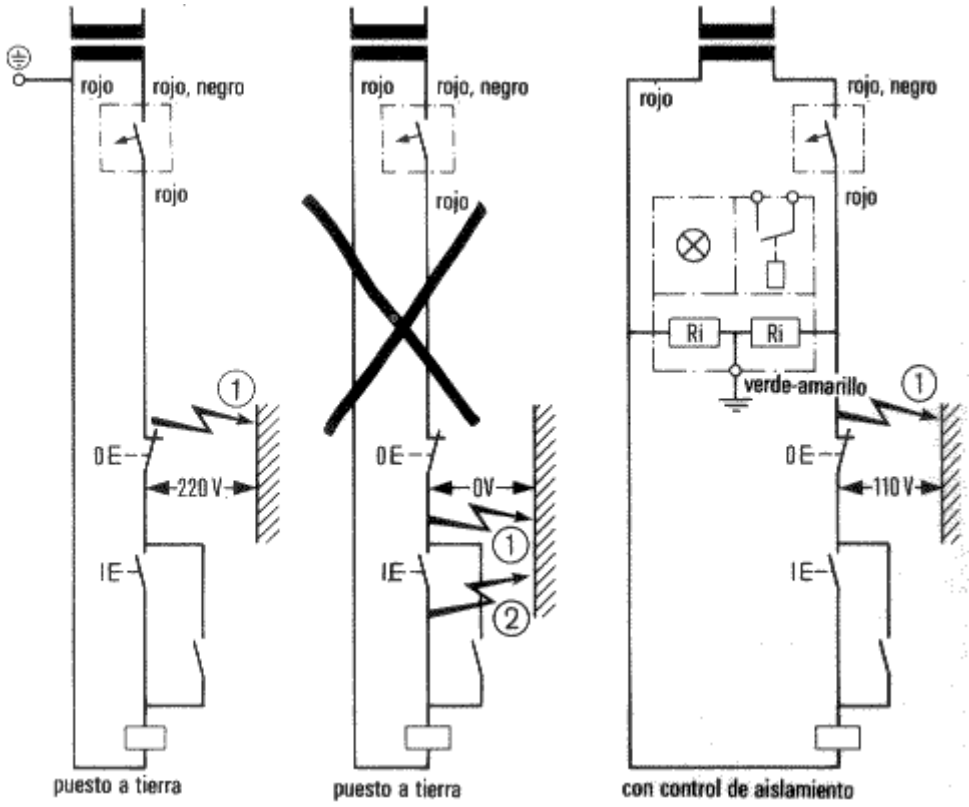


A*: protección combinada primario / secundariocontra sobrecarga y cortocircuitos*

B: *protección independiente, primario contra sobrecarga y cortocircuitos y secundario contra cortocircuitos*

d) Es obligatorio el uso de un sistema de seguridad en los circuitos secundarios de mando para evitar conexiones o desconexiones involuntarias de las máquinas ante la aparición de derivaciones a masa en puntos distintos del circuito. Los dos posibles sistemas de seguridad son: **1.- Puesta a tierra de una fase del secundario del transformador ó 2.- utilización de un equipo de control de aislamiento**. La puesta a tierra de una de las fases del secundario del transformador es la opción más económica. Mediante la puesta a masa de una de las fases, una derivación en cualquier punto del circuito provocará la actuación de la protección contra cortocircuitos de cabecera. En caso de no conectar a tierra una de las fases del secundario será obligatorio el uso de equipos de control de aislamiento que indiquen el fallo cuando se produzca un

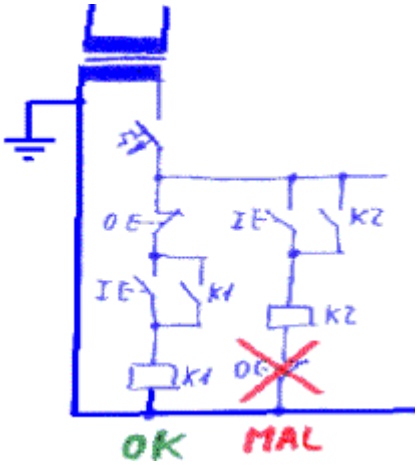
defecto e interrumpan el funcionamiento de los equipos cuando exista peligro para las máquinas o personas.



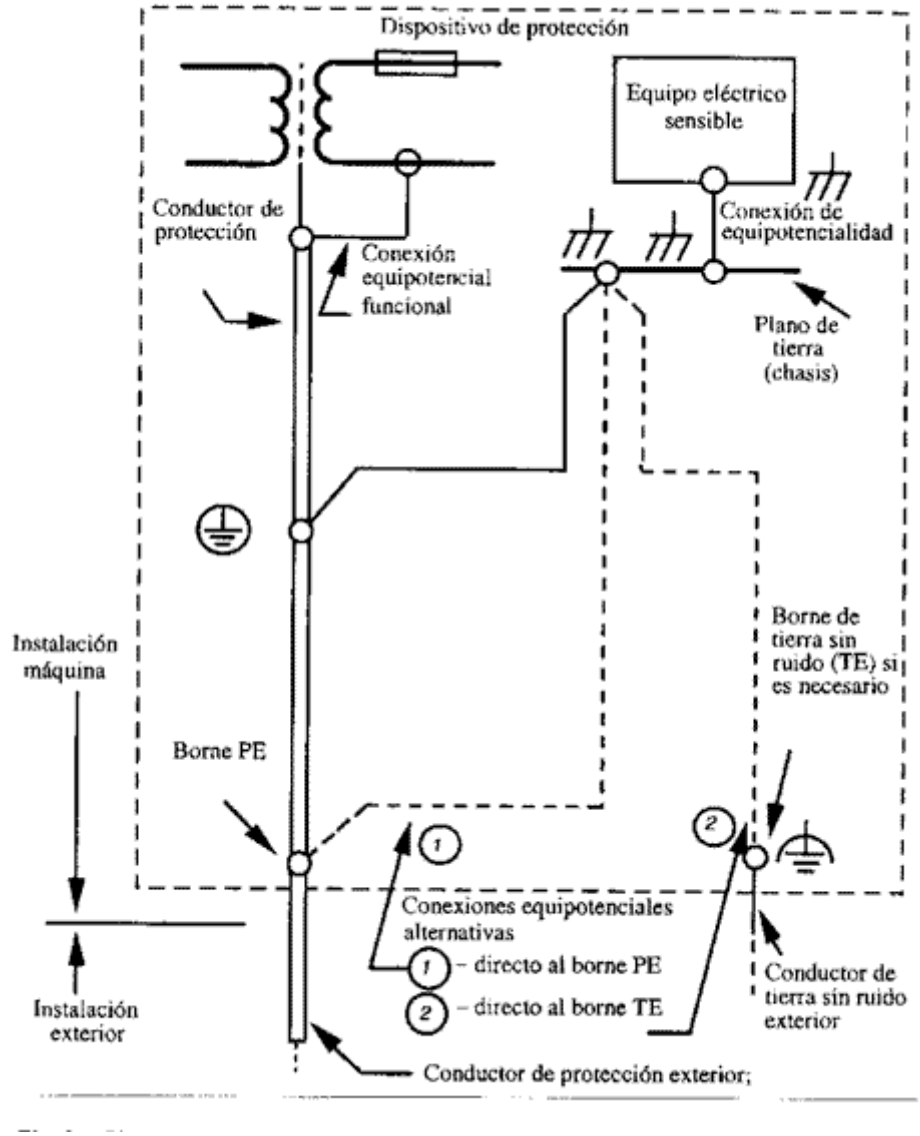
Nótese que no es necesario la instalación de ningún interruptor diferencial en estos circuitos puesto que el reglamento electrotécnico de BT prevé como una de las medidas de protección contra contactos indirectos la instalación precisamente de transformadores separadores.

e) La sección mínima a utilizar en circuitos de mando es 0,75 mm². Se utilizarán conductores con cubierta de color especificados en el apartado “d” del punto 2.1.

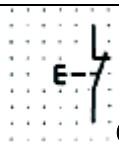
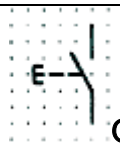
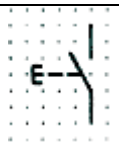
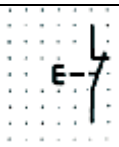
f) Los circuitos de mando deben tener siempre el lado conectado a tierra (punto neutro común) conectado igualmente a todas las bobinas y receptores del circuito de mando, no permitiéndose ninguna interrupción de este circuito.



g) Cuando sea necesario, por la existencia de equipos electrónicos sensibles, se dispondrán de dos puntos de conexión a tierra diferenciados en el armario eléctrico. Los dos puntos podrán estar unidos a la misma toma de tierra general del edificio, pero tendrán consideración distinta a partir de su separación en el cuadro eléctrico. Uno de los dos puntos (denominado PE) se utilizará para conectar directamente todos los conductores de protección de potencia y equipos susceptibles de generar “residuales” y el otro punto (denominado TE) conectado tan próximo como sea posible al punto PE, se utilizará para conectar los equipos sensibles a los ruidos eléctricos. El punto TE es pues un borne de tierra “sin ruido” al que se conectarán directamente todos los equipos sensibles. Para garantizar la reducción de perturbaciones eléctricas en modo común se recomienda que la unión del punto TE con el punto PE se realice lo más próxima posible al punto de puesta a tierra.



h) Deben diseñarse los circuitos de maniobra de tal forma que sea imposible el accionamiento o puesta en marcha imprevista de una máquina debido a la ruptura de un cable de los circuitos de puesta en marcha, así como el caso contrario, se debe garantizar la parada en condiciones de seguridad de la máquina (siempre que esto no suponga un peligro mayor para la seguridad que su funcionamiento) en caso de ruptura de los cables del circuito de parada. Se deben garantizar los enclavamientos necesarios para que no se pierdan las condiciones de seguridad en la máquina tanto en las paradas como en los arranques y funcionamiento normal.

<table>
<tr><td colspan="4">¿ La seguridad en la máquina es mayor cuando está parada que cuando está funcionando ?</td></tr>
<tr><td colspan="2">ORDEN DE MARCHA</td><td colspan="2">ORDEN DE PARO</td></tr>
<tr><td> 
O.M.= 0</td><td> 
O.M.= 1</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>NO PERMITIDO</td><td>PERMITIDO</td><td>NO PERMITIDO</td><td>PERMITIDO</td></tr>
<tr><td>En caso de ruptura del circuito se produciría la marcha incontrolada de la máquina</td><td>En caso de ruptura del circuito se mantienen las condiciones de seguridad</td><td>En caso de ruptura del circuito no se podría detener la máquina</td><td>En caso de ruptura del circuito se para la máquina, manteniendo las condiciones de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Solo se admitirán los circuitos “No permitidos” en el caso de que las condiciones de paro de la máquina atenten contra la seguridad, siendo más seguro el funcionamiento que la parada. En estos casos se garantizarán protecciones extraordinarias e incluso circuitos redundantes para evitar la pérdida de control de las funciones de la máquina.</td></tr>
</table>

- **2.4.- Circuitos de potencia**

a) Para la identificación de los conductores se utilizarán los colores especificados en el apartado “d” del punto 2.1. (NEGRO = Conductores activos, AZUL CLARO = Neutros de potencia, AMARILLO-VERDE = Conductores de protección)

b) Para las normas sobre conductores de protección y toma de tierra rigen las mismas explicadas en el punto “g” del capítulo anterior.

c) La sección mínima de los conductores de circuitos de potencia, según norma UNE-EN60204-1 13.6 es de 0,75 mm² sin embargo se ha estandarizado el uso mínimo de 1,5 mm².

d) Deberá integrarse en el conjunto obligatoriamente un interruptor general o dispositivo de seccionamiento de todo el conjunto eléctrico para cada fuente externa de alimentación. Igualmente deberá existir un dispositivo de seccionamiento para cada grupo principal de colectores de cables, colectores de barras, distribuidores, conjuntos deslizantes, etc. En caso de existir varias fuentes de alimentación externa al conjunto se garantizarán los enclavamientos necesarios para mantener las condiciones de seguridad eléctrica y para las personas para evitar cortocircuitos, retornos de tensión indeseados, etc. Se pondrá especial atención en los inversores de redes automáticos aplicando sistemas de enclavamiento redundantes (sistema eléctrico + sistema mecánico). Dichos seccionadores deberán ser aptos para el seccionamiento en carga, con o sin fusibles y podrán ser sustituidos por combinaciones base-clavija de hasta 16A en conjuntos que no superen los 3 KW. El seccionador general debe ser accionable desde el exterior de la envolvente (a excepción de tratarse de seccionadores automáticos que no requieran intervención manual directa para su apertura) mediante una palanca de color negro o gris (a excepción de que el seccionador deba tomar la función de parada de emergencia, en cuyo caso será palanca de color rojo sobre base amarilla). Dicho seccionador se debe poder bloquear en posición “abierto” (mediante candado u otros sistemas) tanto si es automático como manual y la posición “bloqueada” no permitira su accionamiento ni manual ni remoto. Hay que seccionar todos los conductores activos. La maneta de actuación manual debe estar situada entre una altura mínima de 0,6m y máxima de 1,9m del plano de trabajo. Los únicos circuitos que pueden ser excluidos del sistema de seccionamiento general son los siguientes:

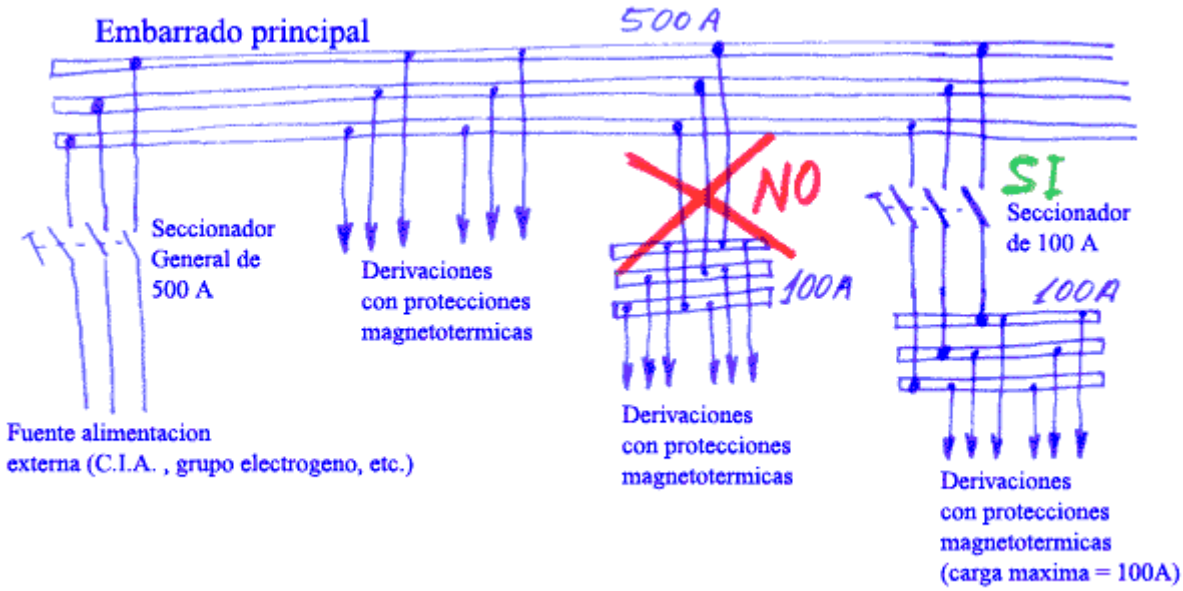
- Circuitos de alumbrado o tomas de corriente que se utilicen exclusivamente para mantenimiento y reparación.

- Circuitos de protección de mínima tensión para la desconexión automática en caso de fallo de alimentación o circuitos de mando para enclavamientos.
- Circuitos de equipos que para su correcto funcionamiento deban permanecer obligatoriamente bajo tensión (dispositivos de almacenamiento de programas, equipos de emergencia, etc.)

Sin embargo, si se separan dichos circuitos del seccionador general, deberán estar provistos de su propio seccionador individual.

La norma UNE EN-60439.1 define los embarrados de distribución de la energía como juegos de barras principal y juego de barras derivado, siendo el segundo una derivación del primero para distribuir un grupo determinado de circuitos. Se establecen dichos juegos de barras las siguientes normas:

El juego de barras principal deberá estar dimensionado en cuanto a sección y protección contra los efectos de la Icc en todo su recorrido en correspondencia con la protección magnetotérmica de su cabecera. Los juegos de barras derivados se dimensionarán para la máxima carga simultánea prevista (en función de su coeficiente de simultaneidad) en el grupo de receptores que alimentarán (se recomienda sobredimensionar dichos juegos de barras en función de la capacidad máxima prevista de ampliación de circuitos). Todos los embarrados deberán soportar adecuadamente los esfuerzos mecánicos de cortocircuito previstos, para lo cual es necesario instalar el número y tipo de soportes adecuado. La determinación del nº de soportes y su distancia entre ellos debe realizarse según las especificaciones del fabricante, puesto que él es quien debe realizar los ensayos en laboratorio de los esfuerzos que soporta cada soporte según las pletinas o barras que aloje. No se recomienda la derivación directa, sin seccionamiento, del juego de barras derivado.



e) El conjunto deberá estar protegido contra contactos directos por medio de alguno de los siguientes sistemas:

c.1.- Aislamiento de las partes activas.

c.2.- Protección contra contactos residuales superiores a 60V

c.3.- Protección con barreras u obstáculos.

f) Cada circuito o parte eléctrica deberán estar protegidos contra contactos indirectos por medio de alguno de los siguientes sistemas:

c.1.- Empleo de equipos o conjuntos eléctricos de clase II (doble aislamiento) o de conjuntos de aparamenta de conexión y de mando de aislamiento total.

c.2.- Separación eléctrica mediante transformadores.

c.3.- Protección por desconexión automática del circuito mediante dispositivos interruptores diferenciales o similares.

c.4.- Utilización de muy baja tensión de seguridad, que como máximo será de 25V en c.a. o 60V en c.c. en locales secos y 6V en c.a. o 15V en c.c. en locales húmedos.

La protección contra contactos indirectos por transformador separador o por interruptores diferenciales se permite instalar en el origen de la línea de alimentación del equipo eléctrico y omitirla en el armario del conjunto únicamente cuando dicha línea sea exclusiva para ese equipo. (se entiende

como un único equipo al conjunto de aparamenta que hace funcionar una máquina de forma autónoma, pudiendo contener ésta diversos motores u otros receptores). En caso de tratarse de un conjunto que contenga aparamenta de varias máquinas, será necesario instalar los interruptores diferenciales en el cuadro de aparellaje eléctrico del conjunto y si fuese necesario por las condiciones de instalación de la línea de alimentación, también se instalará en cabecera de la línea pero teniendo en cuenta en ese caso el uso de sistemas de selectividad para controlar el disparo selectivo de dichos interruptores diferenciales.

g) Todos los circuitos que se deriven de la alimentación o alimentaciones principales deberán estar protegidos como mínimo mediante dispositivos contra sobreintensidades para evitar los efectos de cortocircuitos. Para el caso de circuitos para **motores de más de 0,5 KW**, será obligatoria además una protección contra sobrecargas.

h) Se prohíbe el uso de la misma protección contra sobreintensidades para circuitos de alumbrado y fuerza.

i) Si una secuencia de fases incorrecta pude causar una condición peligrosa o puede dañar la máquina, será obligatoria la instalación de un sistema de protección de secuencia de fases. Nota: las condiciones que pueden llevar a una secuencia incorrecta de fases incluyen también cuando una máquina es trasladada de un sitio a otro, máquinas móviles, operaciones de mantenimiento en las que haya que desconectar la alimentación, etc.

3.- PULSATERÍA DE MANDO Y SEÑALIZACIÓN.

- ### 3.1.- Generalidades

a) **Funciones de mando: (ARRANQUE – PARADA)**

La función de arranque no tiene otra misión que la puesta en tensión del circuito correspondiente siempre y cuando se den todas las condiciones y enclavamientos necesarios para un funcionamiento seguro. En caso de necesidad de arranque de máquinas en modo de mantenimiento, omitiendo algunas protecciones o enclavamientos, se deberá realizar manualmente por medio de mandos de acción mantenida.

La función de parada se divide en 3 categorías y se tomará cada una de ellas en función del riesgo de funcionamiento de las máquinas:

-Categoría 0: parada por supresión inmediata de la energía en los accionadores. (parada incontrolada).

-Categoría 1: parada controlada manteniendo disponible la energía de los accionadores para obtener el paro de la máquina y una vez parada cortar la energía.

-Categoría 2: parada controlada manteniendo disponible la energía en los accionadores.

La función de parada de emergencia deberá ser prioritaria a todas las demás funciones y a todos los modos de funcionamiento. Su rearme no deberá provocar de ningún modo un nuevo arranque. Solo se puede utilizar la parada de categoría 0 o bien la de categoría 1, en función de las condiciones de seguridad de la parada de emergencia. En caso de utilizar la parada de categoría 0, deberá haber solo componentes electromecánicos cableados y además estos circuitos no podrán depender en ningún caso de una lógica electrónica (software ni hardware) ni de una transmisión de órdenes por una red o una línea de comunicaciones. En caso de usar la parada de tipo 1, deberá asegurarse la supresión definitiva de energía a los accionadores mediante componentes electromecánicos.

La función de desconexión de emergencia. Este tipo de función se debe utilizar únicamente cuando existe la posibilidad de peligros o daños causados por la electricidad y para la protección contra contactos indirectos cuando dicha protección se realiza por el sistema de puesta fuera de alcance de partes activas por medio de obstáculos. Esta función solo es posible realizarla por medio de una parada de categoría 0. Cuando ésta parada no sea posible por el tipo de máquina, resulta necesario proporcionar otros dispositivos de protección

contra contactos directos de forma que la desconexión de emergencia no sea necesaria. La desconexión de emergencia debe seccionar literalmente la alimentación eléctrica de los equipos afectados.

b) Deben utilizarse en cada caso los mandos adecuados para garantizar la seguridad de las personas en el funcionamiento normal de las máquinas (mandos a dos manos, mandos mantenidos, pedales, protectores, etc.) así como las protecciones y enclavamientos necesarios (puertas bloqueables, barreras físicas o electrónicas, finales de carrera, etc.). Para los mandos inalámbricos se garantizará que no exista la posibilidad de que otros mandos distintos puedan interferir en las funciones de los primeros. En caso de existir varios puestos de operador, se tomarán medidas para que solo uno de los puestos de operador sea operativo a excepción de las órdenes de parada que serán operativas de todos los puestos cuando las condiciones de seguridad así lo exijan.

c) Deberán tomarse las precauciones necesarias para que las fluctuaciones de tensión, fallos en baterías, microcortes u oscilaciones de tensión no puedan de ningún modo afectar a las condiciones de seguridad para las máquinas y para las personas. Todos los elementos de mando se deberán situar de modo que puedan identificarse sin mover dichos elementos ni su cableado. Deberán estar montados de tal forma que se facilite su funcionamiento y mantenimiento desde la parte frontal.

- ## 3.2.- Señalización, códigos de seguridad visual y auditiva

a) Todos los códigos expuestos en este capítulo son aplicables tanto a mandos físicos como virtuales, es decir que las pantallas informáticas de control, SCADAS, softwares, terminales de operador, etc. se regirán igualmente por los mismos códigos. Sólo en el caso de terminales de visualización en b/n o monocromos se excusa el uso de los códigos de

colores aunque en este caso será necesario identificar las funciones mediante marcas o formas normalizadas que de ninguna manera induzcan a errores.

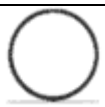
b) para identificar los PULSADORES según su función se utilizarán los colores de la siguiente tabla:

Color	Significado	Explicación	Ejemplos
ROJO	Emergencia.	Actuación en caso de emergencia o en condiciones peligrosas (también puede utilizarse para la función de PARO pero no se recomienda cuando hay otros elementos de paro de emergencia en color rojo)	--Parada de emergencia. --Inicio de una función de emergencia.
AMARILLO	Anomalía	Actuación en caso de condiciones anormales.	--Inicio de un proceso de retorno a la normalidad, sin que haya puesta en marcha. --Intervención para interrumpir un proceso anormal.
VERDE	Normal	Actuación para iniciar las condiciones normales. Para función de arranque o marcha, es preferible utilizar los colores BLANCO,	--Función de arranque o puesta en marcha --Inicio de un ciclo normal de marcha.

		GRIS O NEGRO, con preferencia por el BLANCO.	
AZUL	Obligatorio	Actuación en caso de acciones que requieren una acción obligada.	--Función de rearme.
BLANCO	---	**Sin función específica.** Los tres colores pueden utilizarse para ARRANQUE, o puesta	ON/MARCHA=Blanco OFF/PARO=Negro Si se usan los mismos colores para
GRIS	---		

NEGRO	---	en tensión utilizando preferiblemente el BLANCO. También pueden usarse los tres colores para el PARO (siempre que no sea de emergencia) preferiblemente usando el NEGRO. También se permiten los tres colores para funciones alternativas ON/OFF y para funciones de marcha retenida (mientras se pulsa). El verde también está permitido sólo para la función de arranque y el rojo también se permite sólo para la función de PARO siempre que no esté cerca de paros de emergencia.	el paro y marcha, se deberán identificar obligatoriamente mediante las marcas de la tabla siguiente. Si se utilizan colores distintos para el paro y marcha, las marcas siguientes son recomendables pero no obligatorias.
NOTAS: Prohibido usar el ROJO para la función de ARRANQUE. Para los pulsadores de **REARME** se debe utilizar cualquiera de los colores BLANCO, GRIS o NEGRO pero nunca debe utilizarse el VERDE. Cuando un pulsador de rearme también actue como función de OFF deberá utilizarse preferiblemente el NEGRO.			

Tabla de marcado funcional de los pulsadores.

ARRANQUE o puesta en tensión / ON	PARADA o puesta fuera de tensión / OFF	Pulsador de acción alternativa ON / OFF o ARRANQUE / PARADA	Pulsador de función mantenida: ARRANQUE / ON mientras se pulse y PARADA / OFF cuando deja de pulsarse.
			

c) Para indicar la función de los INDICADORES LUMINOSOS se utilizarán los siguientes colores:

Color	Significado	Explicación	Acción por el operador	Ejemplos
ROJO	Emergencia, peligro o alarma.	Advertencia de un posible peligro o de un estado que requiere una acción inmediata	Acción inmediata a realizar en condiciones peligrosas (p.e. el accionamiento del paro de emergencia)	Temperatura excesiva en condiciones peligrosas, Paro de una parte esencial del equipo debido a la actuación de alguna protección, Peligro debido a elementos accesibles bajo tensión o a partes en movimiento.
AMARILLO	Anomalía.	Condiciones	Control y/o	Temperatura o

(AMBAR)		anormales o críticas amenazantes.	intervención (p.e. mediante el restablecimiento de la función prevista)	presión ligeramente superior a la prevista Sobrecarga eléctrica o térmica (fallo térmico)
VERDE	Normal	Condiciones normales de funcionamiento	Acciones opcionales. (ninguna requerida)	Motor en marcha en condiciones normales Funcionamiento correcto del sistema Permiso para continuar con el siguiente proceso
AZUL	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere la acción del operador	Acción obligada por el proceso (sin que haya condiciones anormales)	Orden de inicio de otro proceso. Orden de ejecución de alguna acción de cambio de secuencia o de parámetros.
BLANCO	Neutro	Condiciones no definidas, siempre que no se ajusten a ninguna de las anteriores.	Control o indicación.	Interruptor general conectado o sistema en tensión. Velocidad o

				sentido de rotación elegidos.

d) **Luces intermitentes**. De utilización opcional, para dar énfasis en ciertos estados del proceso. Dichas luces se utilizarán para llamar la atención, para solicitar una acción inmediata, para indicar una discrepancia entre la orden y el estado actual y/o para indicar un cambio en el proceso (con intermitencia durante la transición). Se recomienda el uso de la frecuencia mas elevada para las acciones que requieren mayor atención o prioritarias.

e) **Pulsadores luminosos**. Para la codificación de los pulsadores luminosos se utilizarán las mismas tablas anteriores, según su función. En caso de dificultad de asignación se utilizará el color blanco. El color ROJO para los paros de emergencia del órgano de accionamiento no debe depender del color de su lámpara.

f) **Dispositivos de mando rotativo.** (interruptores, selectores, potenciómetros, etc.) Estos dispositivos deben montarse de forma que se impida la rotación de la parte fija durante las actuaciones por lo que no es suficiente el acoplamiento por presión o rozamiento. Deben asegurarse las medidas necesarias, mediante ranuras de bloqueo antigiro, tornillería de fijación, etc.

g) **Dispositivos de paro de emergencia.** Deben estar fácilmente accesibles. Se situarán en cada puesto de mando de operador así como en los lugares susceptibles de requerir una parada de emergencia. Se permiten para esta función los siguientes dispositivos:

- Interruptor accionado por pulsador,
- Interruptor accionado por tracción de un cable,
- Interruptor accionado por un pedal, sin protección mecánica.

Estos dispositivos deben ser del tipo de RETENCIÓN automática y deben tener maniobra de apertura positiva (o directa) . El modo positivo se consigue utilizando contactos que con el actuador en posición de reposo aseguren el funcionamiento de la máquina y en posición de actuado o con la rotura del circuito se produzca el paro. Esto se traduce habitualmente con el uso de contactos cerrados en reposo (contactos de apertura o N.C.) cableados de tal forma que al actuarlos o abrir el circuito se produzca el paro de la máquina.

No debe ser posible restaurar el funcionamiento del sistema hasta que todos los paros de emergencia hayan sido rearmados manualmente. Los actuadores de paro de emergencia deben ser de color ROJO sobre cuerpo AMARILLO. Los actuadores de emergencia del tipo pulsador serán obligatoriamente de tipo “seta” o bien con actuador accionable por la palma de la mano.

h) **Dispositivos de desconexión de emergencia.** (ver punto a/ del capítulo anterior 3.1) Normalmente estos dispositivos no deben colocarse en los puestos de operador sino únicamente en las zonas donde sea necesaria dicha aplicación (centros de alimentación de máquinas, salas de calderas, etc.) sin embargo, cuando sea necesario instalar un dispositivo de desconexión de emergencia en un puesto de operador, no será necesario la instalación de un dispositivo de paro de emergencia puesto que el de desconexión asume sus funciones ya que la función de desconexión solo es posible con parada de categoría 0. Para estos dispositivos sólo se puede usar dispositivos pulsadores o interruptores accionados por tracción de un cable. Estos dispositivos deben ser del tipo de RETENCIÓN automática y deben tener maniobra de apertura positiva (o directa) . El modo positivo se consigue utilizando contactos que con el actuador en posición de reposo aseguren el funcionamiento de la máquina y en posición de actuado o con la rotura del circuito se produzca el paro. Esto se traduce habitualmente con el uso de contactos cerrados en reposo (contactos de apertura o N.C.) cableados de tal forma que al actuarlos o abrir el circuito se produzca el paro de la

máquina. No debe ser posible restaurar el funcionamiento del sistema hasta que todos los dispositivos de desconexión de emergencia hayan sido rearmados manualmente. Los actuadores de desconexión de emergencia deben ser de color ROJO sobre cuerpo AMARILLO. Los del tipo pulsador serán obligatoriamente de tipo “seta” o bien con actuador accionable por la palma de la mano. Deben ser fácilmente accesibles. Pueden tener una envolvente de cristal rompible.

i) **Dispositivos visualizadores.** Se deben situar de modo que sean perfectamente visibles desde la situación normal del operador. En caso de ser usados como dispositivos de señalización de advertencia se recomienda el uso de dispositivos intermitentes o giratorios y estén acompañados de dispositivos acústicos.

j) **Señales auditivas.** Las señales audibles deberán ser perfectamente identificables y perceptibles por los operadores y las personas expuestas en la misma zona teniendo en cuenta las condiciones de ruido ambiental y se tendrá en cuenta la limitación auditiva por el uso de protectores auditivos. Deben ser claramente diferenciadas de la señal de evacuación de emergencia y los distintos tipos de señal deberán distinguirse inequívocamente entre sí. Para evitar sobrecargas es necesario limitar el uso de estas señales reduciéndolas al menor número posible. En condiciones de seguridad normal no deberá aplicarse ningún sonido (silencio). En la siguiente tabla se muestra el significado de los distintos códigos audibles:

	Significado		
	Seguridad de personas o entorno	Condiciones de proceso	Estado del equipo
--Modulación de sonidos	Peligro	Emergencia	Fallo

--Explosiones sonoras			
Modelo de segmentos de tono constante	Atención	Anormal	Anormal
Sonido continuo de nivel constante	Seguridad	Normal	Normal
Sonido de tonalidad alternante	Significado obligatorio		
Otros sonidos	Otros significados específicos distintos a los demás.		
Los requisitos para la definición de señales de peligro y no-peligro se dan en la norma ISO/DIS 11429 [4]			

4.- ELECTRÓNICA Y EQUIPOS PROGRAMABLES.

a) Los mandos programables deberán cumplir con las normas CEI 61131-1 y CEI 61131-2 además de los códigos de colores para mandos del capítulo anterior 3.2

b) Deberán proporcionarse medidas para impedir cualquier modificación de la memoria por personas no autorizadas y deberán tomarse así mismo medidas para impedir pérdidas del contenido de la memoria que puedan llevar a condiciones peligrosas. Deberá garantizarse el funcionamiento correcto en el caso de cualquier fallo de la alimentación (p.e. usando memorias no volátiles, baterías tampón, sistemas de alimentación ininterrumpibles, etc.)

c) Se recomienda el uso de sistemas de alimentación ininterrumpidas (S.A.I.) o baterías autorrecargadas para alimentar todo el sistema electrónico de control (tarjetas de entradas y salidas, CPU, ordenadores, etc.) para evitar pérdidas de control del sistema ante fluctuaciones de tensión, sobretensiones, microcortes o faltas de tensión que podrían originar situaciones imprevistas o de falsas alarmas. Este punto será

obligatorio si de algún modo se prevé que dichas deficiencias de la red pueden ocasionar daños a las personas y/o a las máquinas.

d) El equipo que utiliza lógica programable debe disponer de medios para verificar que el programa está de acuerdo con la documentación del programa correspondiente.

e) El equipo lógico programable NO DEBERÁ USARSE para funciones de parada de emergencia de categoría 0. Para cualquier otro tipo de parada de emergencia es preferible usar componentes electromecánicos, sin embargo estas prescripciones no prohíben el uso de lógica programable para el control o refuerzo de las funciones esenciales.

5.- ENVOLVENTES (Grados de protección, emplazamiento y montaje).

a) **Accesibilidad y mantenimiento de la aparamenta.** Todos los elementos de la aparamenta de mando deberán estar situados y orientados de tal forma que puedan identificarse sin mover dichos elementos ni su cableado. La disposición de todos los elementos deberá permitir, si es necesario, la comprobación de su funcionamiento y su reemplazamiento sin desmontar ninguna parte de la máquina (exceptuando abrir puertas o quitar tapas de cubierta). Ningún dispositivo debe montarse en envolventes ni en tapas o puertas de acceso excepto los dispositivos de actuación, indicación, medida y refrigeración (selectores, pulsadores e interruptores de mando, pilotos, amperímetros, voltímetros, ventiladores, etc.). Todos los dispositivos enchufables que se maniobre en función normal de mantenimiento con características intercambiables y puedan causar mal funcionamiento deberán disponer de un sistema de codificación adecuado para evitar intercambios involuntarios.

b) **Separación de agrupamientos físicos.** Las piezas y dispositivos no eléctricos no relacionados directamente con el equipo eléctrico no deberán estar situados dentro de la envolvente que contenga la

aparamenta de mando. Los dispositivos como electroválvulas deberán estar separados de cualquier otro equipo eléctrico. (p.e. con compartimento separado). Los bornes de interconexión con elementos exteriores de la envolvente deberán separarse en grupos separados según sean circuitos de potencia, circuitos de mando u otros circuitos de mando alimentados por fuentes externas (enclavamientos). Dichos grupos de bornas pueden ser adyacentes pero deberán estar perfectamente identificados para que cada grupo sea de fácil reconocimiento óptico (se permiten el uso de barreras, colores, tamaños diferentes y marcados específicos)

c) **Grados de protección (IP).** La protección contra la penetración de objetos sólidos y líquidos deberá ser compatible con las influencias externas bajo las que se encuentre funcionando el equipo. Las envolventes ofrecerán como mínimo un grado de protección IP22 excepto cuando un área de servicio eléctrico sea utilizada como envolvente con la IP adecuada a los ambientes adyacentes. Si hay agujeros en una envolvente para su montaje, como es el caso de zonas de entradas de cables o sistemas de ventilación, deberán tomarse precauciones particulares de forma que no se perjudique el grado IP de protección requerida, por lo cual se recomienda la entrada de cables mediante sistemas de ajuste adecuados (prensaestopas, rácores, juntas, espumas o masillas de relleno, etc.). Dichas entradas de cables deberán poder ser desmontadas fácilmente in situ. Las ventanas y puertas de tipo transparente deberán soportar los mismos esfuerzos mecánicos y térmicos que el resto de la envolvente, sin minimizar el grado de protección IP (p.e. vidrio templado o policarbonato de 3mm de espesor, etc.)

GRADO DE PROTECCIÓN IP DE LAS ENVOLVENTES (enlace a la sección de armarios)

d) Las envolventes deberán estar diseñadas para soportar los máximos esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, así como efectos de la humedad que puedan encontrarse en funcionamiento normal en su lugar de ubicación.

e) Se recomienda que las puertas de la envolvente no tengan una anchura superior a 0,9m. Y tengan visagras verticales de tipo desmontable por elevación, con un ángulo de apertura mínimo de 95º

f) No podrá haber ninguna abertura en la envolvente del sistema eléctrico que comunique directamente con compartimentos que contengan fluidos (líquidos, lubricantes, aceites, etc.) ni ambientes polvorientos. Este requisito no se aplica en caso de que el equipo eléctrico esté diseñado específicamente para dichos ambientes.

g) **Accesos.** Las dimensiones mínimas de los pasillos de acceso y delante de la aparamenta de mando y entre armarios u otros elementos constituyentes será de 0,7m de anchura. Todas las puertas deben abrirse hacia el exterior. Las puertas de acceso a las salas eléctricas también deben abrirse hacia el exterior, tendrán unas dimensiones mínimas de 0,7m de anchura x 2 m de altura y dispondrán de medios para permitir su apertura desde el interior sin necesidad de llaves ni herramientas (p.e. barras antipánico).

h) No se recomienda el montaje del aparellaje sobre placas de montaje pintadas para garantizar la compatibilidad electromagnética.

i) Se recomienda la separación física en la medida de lo posible de los equipos de potencia y de los elementos electrónicos de control o sensibles de perturbaciones.

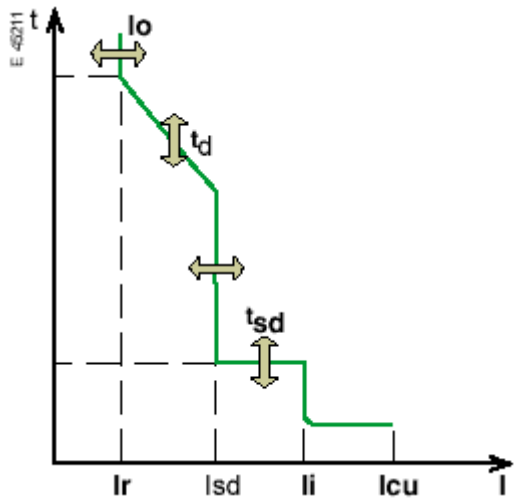
6.- PROTECCIONES (Coordinación, filiación y selectividad).

a) **Poder de corte.** Los interruptores protectores de línea deberán tener un adecuado poder de corte y cierre con tiempos de respuesta suficientemente cortos.

b) **Reglaje de los interruptores magnetotérmicos.** Las características de reglaje son dadas por las curvas de disparo. Algunos aparatos ya tienen prefijadas dichas curvas y otros tienen la posibilidad de regular alguna o todas las partes componentes de las curvas. En el caso de aparatos con las curvas prefijadas el ajuste pasará por elegir adecuadamente el equipo. Se distinguen las siguientes curvas según normas UNE-EN60898 y UNE-EN60947.2:

- Curva B: Para la protección de generadores, personas y grandes longitudes de cables con regulación estándar para sobrecargas y umbrales magnéticos de entre 3 y 5 veces la intensidad nominal (según los aparatos)
- Curva C: Protección de cables que alimentan receptores clásicos. con regulación estándar para sobrecargas y umbrales magnéticos de entre 5 y 10 o 7 y 10 veces la intensidad nominal (según los aparatos)
- Curva D: Protección de circuitos con receptores con fuertes puntas de arranque. Regulación estándar para sobrecargas y umbrales magnéticos de entre 10 y 14 veces la intensidad nominal (según los aparatos)
- Curva de arranque de motores, sin protección por sobrecargas (por lo que será necesario asociar un relé térmico a los motores). Umbrales magnéticos de cortocircuito fijados a 12 veces la intensidad nominal.

Estas curvas contienen distintas zonas delimitadas por las siguientes corrientes (definidas en el anexo K de la norma IEC 60947-2).



· **Intensidad nominal (In)**

In (en A eff.) = intensidad ininterrumpida máxima soportada a temperatura ambiente sin sobrecalentamiento anormal.

Ej. : 125 A a 40 °C.

· **Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable (Ir)**

Ir (en A eff.) está en función de In. Ir caracteriza la protección contra las sobrecargas. Para el funcionamiento en sobrecarga, las intensidades convencionales de no disparo Ind y de disparo Id son :

Ind = 1,05 Ir,

Id = 1,30 Ir.

Id está dada por un tiempo convencional de disparo. Para una intensidad superior a Id, el disparo por defecto térmico se hará según la curva a tiempo inverso. Ir el nombre de Protección Largo Retardo (PLR).

· **Intensidad de regulación de disparo corto retardo (Isd)**

Isd (en kA eff.) está en función de Ir. Isd caracteriza la protección contra los cortocircuitos. La apertura del interruptor se hace según la curva de disparo por corto retardo:

--con una temporización tsd,

-- o con I 2 t constante,

-- o instantáneamente (análoga a la protección instantánea).

Isd recibe el nombre de Protección Corto Retardo o (PCR).

- **Intensidad de regulación de disparo instantáneo (Ii)**

  Ii (en kA) está en función de In. Ii caracteriza la protección contra los corto circuitos para todas las categorías de interruptores. Para las sobreintensidades importantes (los corto circuitos) superiores al valor Ii, el interruptor debe cortar instantáneamente la intensidad de defecto.

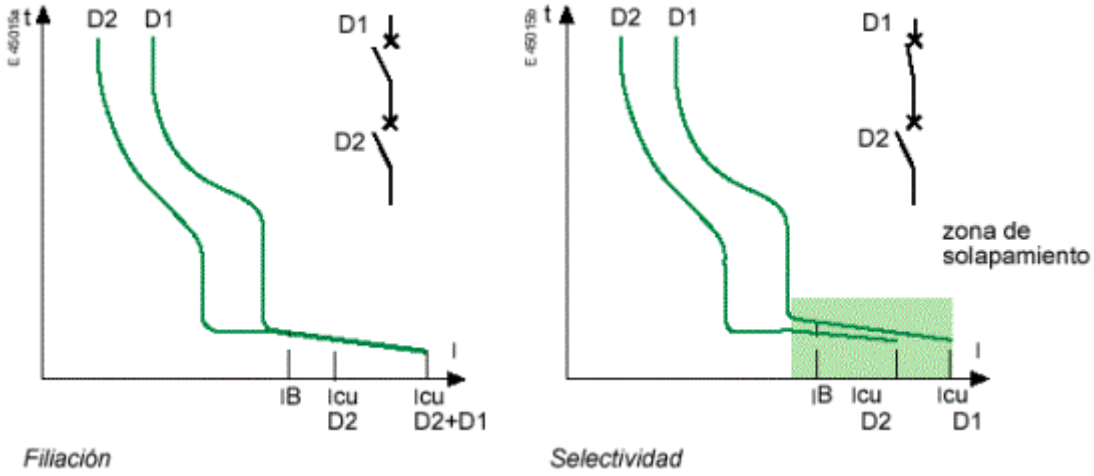
  Esta protección puede ser deshabilitada según la tecnología y el tipo de interruptor, en particular los interruptores de categoría B (con retardo para selectividad cronológica)

c) **Coordinación entre interruptores.** El concepto de coordinación concierne al comportamiento de dos aparatos instalados en serie en una distribución eléctrica en presencia de un cortocircuito.

- **La filiación**, “cascading” o protección de acompañamiento consiste en instalar un interruptor aguas arriba D1 para ayudar a un interruptor instalado aguas abajo D2 a cortar las intensidades de cortocircuito superiores a su poder de corte último IcuD2. Este valor se marca como IcuD2+D1. La IEC 60947-2 reconoce la filiación entre dos interruptores. Para los puntos críticos, donde las curvas de disparo se sobreponen, la filiación debe ser verificada mediante ensayos.
- **La selectividad** consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento en serie de tal manera que en caso de defecto aguas abajo, sólo el interruptor situado inmediatamente encima del defecto abre. La IEC 60947-2 define un valor de intensidad Is cuyo nombre es límite de selectividad, tal que:
  - --si la intensidad de defecto es inferior a este valor Is, sólo el interruptor D2 abre,
  - --si la intensidad de defecto es superior a este valor Is, los interruptores D1 y D2 abren.

  Como para la filiación, la selectividad debe ser verificada por ensayos en los puntos críticos.

La selectividad y la filiación sólo pueden ser garantizadas por el fabricante que recoja sus ensayos en tablas, por lo cual deberemos referirnos a éstas para escoger los aparatos adecuados.



Icc(D1) : Intensidad de Cortocircuito en el punto donde D1 está instalado,

IcuD1 : Poder de corte último de D1.

d) **Coordinación en arrancadores de motor (disyuntor+contactor).** Las normas definen los niveles y formas de probar las coordinaciones para estos equipos por lo que cualquier combinación de este tipo debe ser prescrita por el fabricante de los aparatos a coordinar. Las normas definen 3 tipos de coordinación:

- Coordinación de tipo 1: Se acepta un deterioro del contactor y del disyuntor con 2 condiciones:
  - No debe existir ningún riesgo para el operario.
  - Otras partes distintas del contactor y del relé térmico no deben haber sufrido daños

  (ejemplos: aires acondicionados, motores y bombas de uso poco frecuente que no impliquen procesos de seguridad, etc.)
- Coordinación de tipo 2: Únicamente se admite una ligera soldadura de los contactos del contactor o del arrancador siempre que se puedan separar fácilmente. Después de las pruebas pertinentes, la función de protección y operación queda operativa.

(ejemplos: escaleras mecánicas, motores y bombas de funcionamiento continuado que sean parte esencial del equipo, etc.)

- Coordinación total: En esta solución no se admite ningún daño ni desajuste. La recuperación del servicio es inmediata y no necesita ninguna precaución específica. (buenos ejemplos para utilizar este tipo de coordinación son las aplicaciones de evacuación de humos, bombas contraincendios, etc.)

El uso de un tipo u otro de coordinación debe ser evaluado en función de las necesidades industriales y de seguridad.

7.- PRUEBAS Y ENSAYOS DEL CONJUNTO.

Según la norma EN 60439-1 los ensayos del conjunto se clasifican en dos:

- **Ensayos TIPO**, los cuales se deben efectuar sobre una muestra del conjunto o sobre una parte del mismo fabricadas de acuerdo con el mismo diseño o semejante. Estos ensayos comprenden la verificación de los límites de calentamiento, propiedades dieléctricas, resistencias a los cortocircuitos, eficacia del circuito de protección, distancias de aislamiento y líneas de fuga, verificación del funcionamiento mecánico y verificación del grado de protección. Estos ensayos no es necesario realizarlos de nuevo cuando se modifican partes del conjunto siempre y cuando no se modifiquen sustancialmente las características del conjunto. Normalmente, los ensayos tipo son realizados individualmente por el propio fabricante del material constituyente del conjunto, por lo que a nivel del “cuadrista” o montador será suficiente con aportar las certificaciones pertinentes del fabricante conforme demuestran que el material constructivo ha sido certificado, por lo cual debemos asegurarnos de montar siempre aparellaje, soportes, aisladores, cables, o sea cual sea, pero siempre debidamente certificado conforme a sido ensayado.

- **Ensayos individuales.** Estos ensayos están destinados a detectar defectos de fabricación en el material montado o defectos de montaje y/o funcionamiento del conjunto. TODOS los conjuntos montados a partir de componentes normalizados por el fabricante, que sean construidos en talleres fuera del propio fabricante del aparellaje, por talleres “cuadristas” o montadores deberán someterse obligatoriamente a los ensayos individuales. Dichos ensayos individuales comprenden las siguientes pruebas:
    - Inspección del conjunto que comprende la revisión del cableado y si es necesario un ensayo de funcionamiento eléctrico. (apartado 8.3.1)
    - Un ensayo dieléctrico. (apartado 8.3.2)
    - Una verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica del circuito de protección. (apartado 8.3.3)

  (En la siguiente tabla se muestran al detalle los ensayos individuales a realizar)

Todos los conjuntos de aparamenta de baja tensión, conformes a un tipo o sistema establecidos sin desviarse de él de una manera que pueda influir notablemente a las prestaciones con relación al conjunto tipo que ha sido verificado en fábrica, se denominan “conjuntos serie” (CS) y todos aquellos que combinan partes ensayadas en fábrica mediante ensayos tipo y partes sin ensayos tipo se denominan “conjuntos derivados de serie” (CDS). Cada uno de estos conjuntos deberán someterse a ensayos distintos y/o complementarios según la siguiente tabla:

Características a verificar	Apartado de la norma EN 60439-1	CS	CDS

Cableado, funcionamiento eléctrico y ensamblaje físico.	8.3.1	Se debe verificar la eficacia de los elementos mecánicos de mando, enclavamientos, cerraduras, etc. Los conductores se verificarán para asegurar su correcta colocación, se verificará igualmente el correcto montaje de los aparatos. Una inspección visual es necesaria para verificar el grado de protección, las distancias de aislamiento y si las líneas de fuga son respetadas. Se comprobarán al azar algunas conexiones para verificar su correcto apriete. También deberán verificarse las marcas del cableado y de los aparatos para que correspondan con los esquemas y documentación del conjunto. Según la complejidad del conjunto, puede ser necesario realizar pruebas eléctricas de los circuitos. Dichas pruebas pueden ser parciales o totales en función de la complejidad del sistema, pudiéndose incluso completar durante la puesta en marcha del conjunto en su ubicación definitiva del sistema de conjuntos o máquinas con todos sus elementos definitivamente conectados.
Aislamiento (ensayo dieléctrico)	8.3.2	Debe aplicarse durante 1 segundo una tensión de 2 veces la tensión asignada de aislamiento por el fabricante, con una forma de onda senoidal de entre 45 y 62 Hz. Los ensayos se realizarán cerrando los interruptores de todos los circuitos de potencia y desconectando previamente todos aquellos aparatos “delicados” o electrónicos cuya tensión de aislamiento sea muy inferior a la del resto del circuito. Dichos ensayos se deben realizar entre las partes activas y el chasis.

Medidas de protección	8.3.3	Verificación de las protecciones contra contactos directos e indirectos. Se verificarán los circuitos de protección, su continuidad y el contacto satisfactorio de las conexiones tomando algunas al azar.	
Resistencias de aislamiento	8.3.4	--	Además del ensayo dieléctrico de los CS se debe realizar la verificación de la resistencia dieléctrica con un aparato medidor de aislamiento, con una tensión mínima de 500V. En este caso se considera satisfactorio si el resultado es como mínimo de 1000 ohmios por voltio en cada circuito, referido a su tensión nominal con respecto a tierra.
Nota: En este cuadro se han omitido las verificaciones “tipo” de la norma a las que deben someter los aparatos sus propios fabricantes. Se expresan únicamente las verificaciones a realizar por el “cuadrista” o montador de los conjuntos eléctricos.			

De todas las verificaciones realizadas, el taller cuadrista o montador del conjunto deberá emitir un certificado conforme dichas pruebas han sido realizadas, indicando el nivel y tipo de comprobación.

8.- CUESTIONES SOMETIDAS A ACUERDO ENTRE EL TALLER CONSTRUCTOR DEL CONJUNTO Y EL USUARIO.

Las siguientes cuestiones deberán ser sometidas a acuerdo antes de la construcción entre el fabricante del conjunto eléctrico y el usuario:

a) Factor de simultaneidad.
b) Empleo del conjunto en clima ártico. Se considera como temperatura normal el uso del conjunto en ambientes no superiores a 40ºC puntuales ni 35ºC de media durante 24 horas. En climas templados la temperatura mínima a considerar es de –25ºC y en clima ártico es de –50ºC.
c) El uso de materiales electrónicos en alturas superiores a 1.000 m (se prohíbe el uso de estos equipos en altitudes superiores a los 2.000 m)
d) Condiciones especiales de empleo; valores de temperatura, humedad relativa, altitud, presión del aire, contaminación, exposición a campos eléctricos o magnéticos, exposición a temperaturas extremas (como por ejemplo expuestos directamente al sol), ataques de hongos o ajentes químicos, vibraciones, perturbaciones eléctricas, etc.
e) Condiciones de transporte, almacenamiento y montaje en obra.
f) Bornes para los conductores exteriores.
g) Grado de protección requerida según su ubicación.
h) Elección de las medidas de protección contra contactos directos e indirectos.
i) Accesibilidad durante el servicio de mantenimiento para el personal autorizado, inspecciones, ampliaciones u operaciones análogas.
j) Valores de la intensidad de cortocircuito prevista en cada unidad de alimentación.
k) Coordinación de los sistemas de protección
l) Forma de separación de los conjuntos (si es necesaria)
m) Variaciones de tensión y/o frecuencia de alimentación, fluctuaciones, caídas de tensión, etc.
n) Exposición a zonas de riesgo de descargas atmosféricas.
o) Repetición de los ensayos eléctricos en el punto de ubicación definitiva.

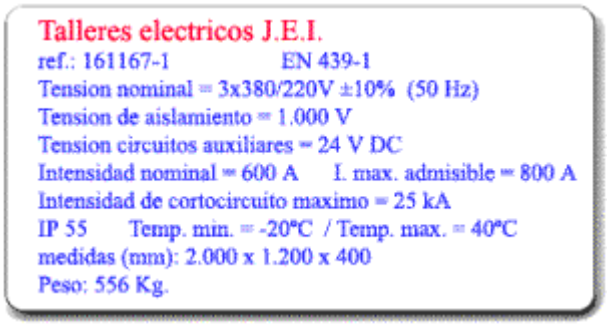
9.- DOCUMENTACIÓN DE LOS CONJUNTOS ELÉCTRICOS TERMINADOS

Norma UNE EN60439-1: cap. 5.1

El conjunto eléctrico, una vez instalado, deberá estar provisto de una o varias placas marcadas de forma duradera y dispuesta en un lugar visible y legible con la siguiente información:

a) El nombre del fabricante o su marca de fábrica (el fabricante se considera como la organización que toma la responsabilidad del conjunto terminado)
b) La designación de tipo, número o cualquier otro número que permita obtener del fabricante las características correspondientes.
c) La inscripción de la norma CEI 439-1
d) La naturaleza de la corriente (y frecuencia en caso de corriente alterna) y régimen de neutro previstos para el conjunto.
e) Las tensiones asignadas de empleo.
f) Las tensiones asignadas de aislamiento.
g) Las tensiones asignadas de los circuitos de mando o auxiliares (si ha lugar)
h) Los límites de funcionamiento.
i) La intensidad asignada
j) La intensidad máxima de cortocircuito.
k) El grado de protección IP
l) Las condiciones de empleo, cuando difieran de las normales (temperatura, presión, contaminación, etc.)
m) Las dimensiones (altura x anchura x profundidad)
n) El peso

Placa ejemplo de marcado según norma EN 60439-1 parte 5.1



Norma UNE EN60204-1: cap. 18.2 (información a suministrar con el conjunto eléctrico)

a) Una clara y comprensible descripción del conjunto, características, medidas, sistemas de montaje y de conexión a las fuentes de alimentación eléctrica, requisitos de los suministros eléctricos, etc.

b) Información sobre los límites del entorno físico; vibraciones, ambiente, alumbrado, temperatura, contaminación, niveles de ruido, etc.

c) Los diagramas de funcionamiento básico del equipo (si son necesarios)

d) El diagrama funcional y constructivo del equipo (si es necesario)

e) Los esquemas de todos los circuitos del conjunto, representados de forma clara y comprensible con simbología normalizada. Se prefiere el uso de esquemas desarrollados a los unifilares cuando la complejidad de los circuitos así lo requiera.

f) Información (si es necesario) sobre la programación, secuencia de operaciones, frecuencia de las inspecciones, frecuencia y método de los ensayos funcionales, guía para los ajustes de los equipos constituyentes, lista de partes y piezas para recambios, etc.

g) Particularmente para las máquinas, una descripción completa de los diagramas de interconexión, enclavamientos, protecciones correspondientes a los movimientos de la máquina, etc.

h) Una descripción de las operaciones especiales (si son necesarias) y los medios existentes cuando sea necesario suspender la protección (por ejemplo mantenimiento en casos de operación manual

suspendiendo procesos automáticos en casos peligrosos en las máquinas).

Para la forma de representación de la documentación, diagramas de funciones se seguirá lo dispuesto en las normas CEI 61082 y todos los símbolos gráficos utilizados en los esquemas seguirán la norma CEI 60617. No es necesario incluir leyendas de simbología en la documentación puesto que se sigue una norma Europea de obligado cumplimiento y conocida por todos los países integrantes, a menos que se utilice algún símbolo por razones de inexistencia en la norma o de mayor clarificación (aun en este caso se ajustarán en la medida de lo posible a lo dispuesto en la norma). Cuando el conjunto esté destinado al mercado extracomunitario, se deberán cumplir además las exigencias normativas que rigen en el país de destino, atendiendo siempre a las medidas más restrictivas en caso de discrepancias. Téngase en cuenta que en este caso la simbología y documentación a presentar puede ser muy distinta (caso ej. del mercado en E.E.U.U.).