

LAS REGLAS DEL BUEN ARTE

en Instalaciones Eléctricas

Edición 2022

Las **reglas del arte de las instalaciones eléctricas** forman parte de lo que quienes trabajan en la obra en construcción “saben”, y que fueron aprendiendo a lo largo de su experiencia de trabajo. Aprendizaje que, por otra parte, es continuo, y que no se puede asegurar que alguna vez se termine. Quien trabaja profesionalmente aprende de sus jefes, de buenos consejos que recibe, de observar trabajar a sus compañeros, o simplemente probando, equivocándose, corrigiendo y volviendo a probar. Al final termina aplicando esos conocimientos, sin tener demasiada conciencia de por qué lo hace, pero con la seguridad de que lo está haciendo bien.

La idea de tener que respetar éstas ciertas **reglas del arte**, no escritas pero de uso obligatorio, surge de la imposibilidad de indicarle a quien va a realizar un trabajo todas las recomendaciones generales que tiene que respetar. Se le van a indicar ubicaciones, medidas, materiales, propias de ese trabajo, pero hay toda otra serie de normas o procedimientos que se suponen sobreentendidos. **Esas son las reglas del arte**, que no se pueden, por su extensión, andar enunciando constantemente. Tampoco puede haber una persona a lado de cada trabajador controlando cada decisión que toma. Se supone que va a **“actuar de acuerdo a las reglas del arte”**

Cuando se encarga un trabajo de **INSTALACIÓN** formalmente, esto es con un contrato de por medio, se lo suele acompañar con los planos correspondientes y, al menos, con una memoria descriptiva escrita donde se expresa cuáles, y cómo, son los trabajos a realizar. Al final de cada párrafo o capítulo suele aparecer la leyenda **“...se deberá realizar el trabajo de acuerdo a las reglas del arte”**. Con eso se da por sobreentendido que los que van a realizar la obra están capacitados para realizarla, ya que de no ser así se podría afectar la seguridad, la prolijidad, la estabilidad, la economía, la estética, etc. del trabajo.

Por otro lado, de haber diferencias importantes entre lo encargado y lo construido (de acuerdo al contrato firmado), y si la diferencia llegara a la Justicia, también se tomarán en cuenta las **reglas del arte** de las Instalaciones para los fallos, aunque no estén expresadas en ningún Código escrito. Pero tienen fuerza de ley.

Concluyendo:

- Las **reglas del arte** de las Instalaciones Eléctricas son norma no escritas y, sin embargo, de uso obligatorio
- Se aprenden a medida que se va ganando experiencia en el trabajo
- De ellas depende, muchas veces, la calidad del trabajo terminado
- Quien recién se inicie en los trabajos de mantenimiento, reparaciones o trabajos de obra nueva tiene que investigar y averiguar todo lo que pueda acerca de ellos, sobre todo consultando a profesionales y en las redes sociales
- Al ser normas no escritas muchas veces quienes las aplican correctamente no son conscientes, y, por eso, se les dificulta transmitirlos.
- Para poder cumplir con la ejecución de un trabajo según las Reglas del Buen Arte, es imprescindible contar, antes de iniciar el trabajo con **todas las herramientas necesarias para la ejecución del mismo**.

Colaboraron con esta edición:

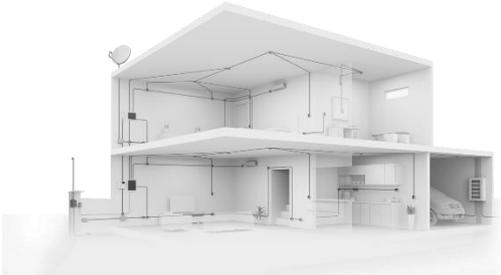
- *Ingeniero Eléctrico Reinaldo Velázquez*
- *Técnico Mecánico Electricista Jorge Ibarra*
- *Ingeniero Electricista Pablo Rosas*
- *Ingeniero Electricista Juan Ignacio Muños*
- *Ingeniero Electricista Juan Alejandro Arias Alasia*
- *Técnico Electrónico Miguel Ángel Rosado*

Fuentes:

- *Manual de Nuban 2013*
- *Reglamentación AEA 90364*
- *Manual de calidad Prisma de Schneider Electric*

De las Canalizaciones:

1. Se debe respetar la ortogonalidad de las canalizaciones.

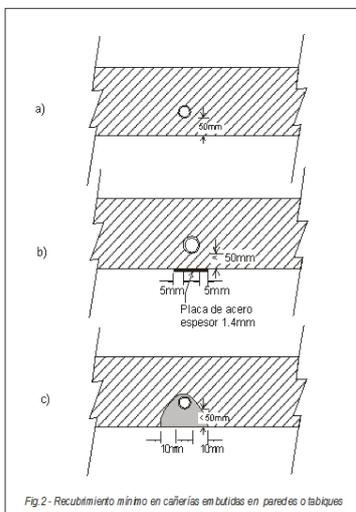


2. Para colocar correctamente cajas y gabinetes se debe emplear Nivel y Plomada



3. El instalador debe tener pleno conocimiento de las Reglamentación AEA para aplicarlas en sus trabajos

4. En las canalizaciones metálicas (caños, perfiles registrables, bandejas porta cables, etc..) se debe verificar la continuidad eléctrica de las masas metálicas. Los accesorios deben ser elegidos para garantizar la continuidad eléctrica



5. Los conductos y cañerías metálicos ferrosos, cuando se instalen embutidos, deberán estar protegidos por esmalte antioxidante u otro método de eficacia equivalente y probada y sólo deberán cubrirse con concreto o mortero de cemento sin parte alguna de cal ni yeso. No se permite el contacto directo de la canalización metálica, aunque esté esmaltada, con mortero de cal o yeso

6. Los cantos por donde se deban pasar conductores deben ser romos para evitar dañar las aislaciones de cables y/o conductores.

7. En obras nuevas, se debe coordinar con el Director de Obra, las ubicaciones de cajas y bocas, para no interferir con otros servicios.

8. Para el trazado de líneas de calado , emplear la “Chocla” o nivel laser



9. Evitar calar en columnas y/ vigas, salvo consentimiento del Director de Obra

10. Evitar las canalizaciones en “U” para evitar condensación. Si es inevitable, emplear caños de PVC y cables del tipo subterráneo.

11. No emplear cables tipo TPR IRAM 247-5, en las instalaciones fijas.

12. Cuando se debe emplear materiales LSOH (con características de no propagación del incendio, baja emisión de humos y ausencia de halógenos), todos los materiales eléctricos a emplear deberían tener las mismas características o ser de metal.

13. Todas uniones de caños y cajas deben ejecutarse con conectores del sistema.

14. La cantidad máxima de conectores a colocar en las cajas será:

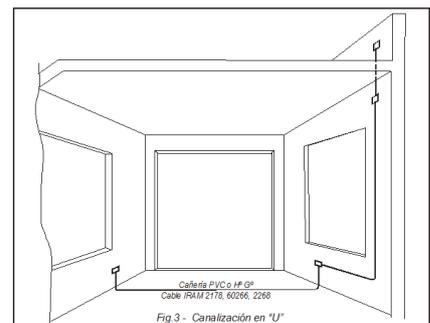
caja 50x50x40 (mingón) 1 conector
 Caja 100x50 x40(Rectangular): 2 conectores
 Caja 75x75x40 (caja octogonal chica) : 2 conectores
 Caja 90x90x40 (caja octogonal grande): 4 conectores
 Caja 100x100x40(caja cuadrada): 4 conectores

15. Cuando en la traza de la cañería se necesita una derivación, esta se debe realizar mediante el uso de una caja cuadrada. Puede contener interruptores o toma corrientes empleando tapa bombe o tapa reducción , aptas para contener bastidor rectangular , o bien , directamente contener un bastidor de 100x100mm

16. **Caja cuadrada como caja terminal:** generalmente se utiliza este tipo de instalación para efectuar la salida o acometida a tableros montados sobre pared o prever un elemento para futura ampliación. Otra función de la caja cuadrada es la de reemplazar a una caja rectangular cuando la cantidad de caños que acometen es mayor que el



No se admite calar una columna de hormigón porque esta disminuye su capacidad de carga

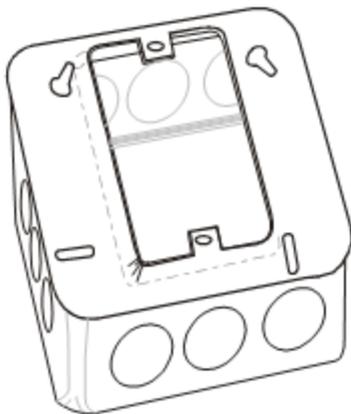




permitido. O cuando el dispositivo a instalar supera en volumen el máximo permitido para la caja rectangular

17. Emplear materiales de un mismo sistema; si es necesario cambiar de sistema, realizarlo interponiendo una caja de algunos de los sistemas que intervienen en el encuentro.

18. Se deben respetar las distancias máximas entre soportes de cañerías a la vista: para caños metálicos.

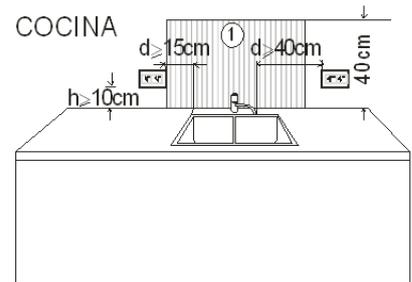
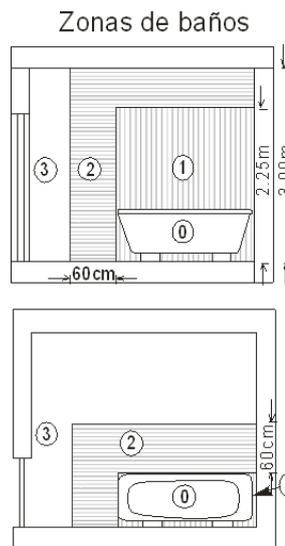


19. El recorrido de las canalizaciones deberá respetar la ortogonalidad de los ambientes, siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúe la instalación. El borde más cercano a marcos, solados y techos, se ubicara a no más de 0.15m de la arista externa de cada marco de aberturas colocadas en obra, a no más de 0.30m de los cielorrasos o techos y no más de 0.20m de los solados. Las cañerías serán terminadas por un elemento de bordes redondeados en su conexión con los accesorios.

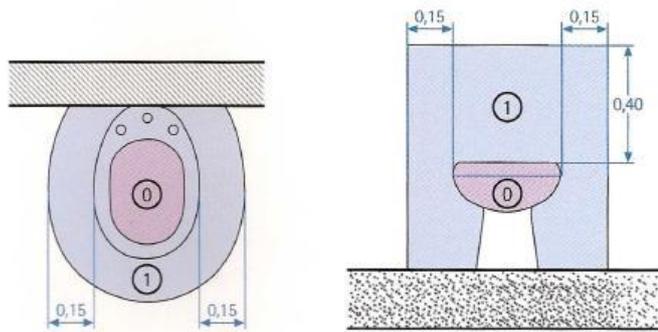
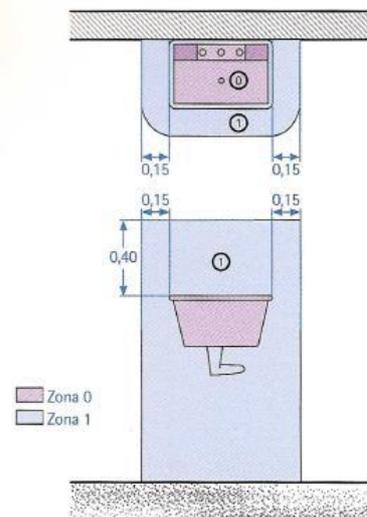
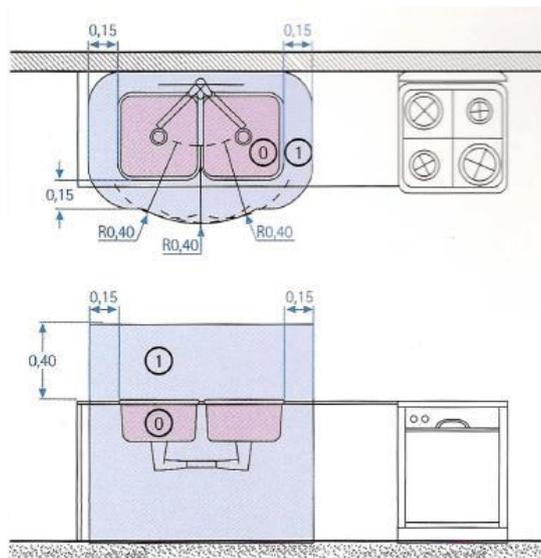
20. Para tramos verticales rectos, la longitud máximas entre dos cajas contiguas no debe ser mayor a 15m

21. Para tramos horizontales la longitud máxima entre cajas es de 12m
22. En tramos con curvas, la longitud máxima entre dos cajas contiguas no debe ser mayor a 9m (suma de tramos).
23. La altura desde el piso al centro de la caja rectangular/cuadrada que contenga interruptores debe ser como mínimo 0.9metros, como máximo 1.3metros, se recomienda 1.1metros.

24. La altura desde el piso al borde inferior de la caja rectangular/cuadrada que contenga tomacorrientes debe ser como mínimo 0.15 metros, como máximo 0.9 metros. Sobre mesadas se colocara a una altura mínima de 0.1 metros desde mesada al borde inferior de la caja, y alujados de los bordes de la pileta de cocina una distancia de 0.15 metros o más de 0.4 metros del extremo del pico monocomando de agua

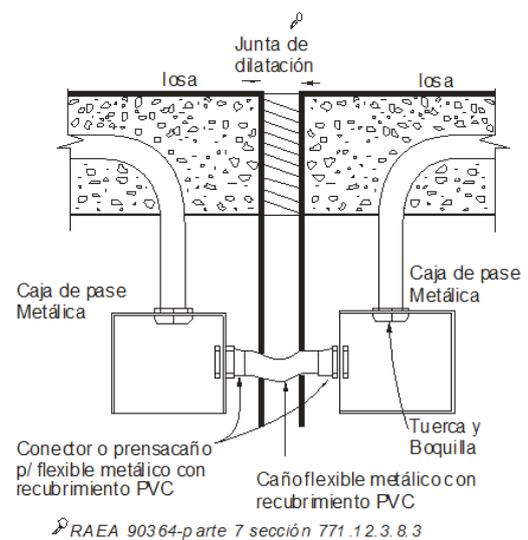


En baños los tomacorrientes se admiten solo en la Zona 3
En Zona 2 se permiten luminarias con aislación Clase II, con un grado de protección mínimo Ip44. No se admite tomacorrientes en Zona 1 y 0 en ningún caso



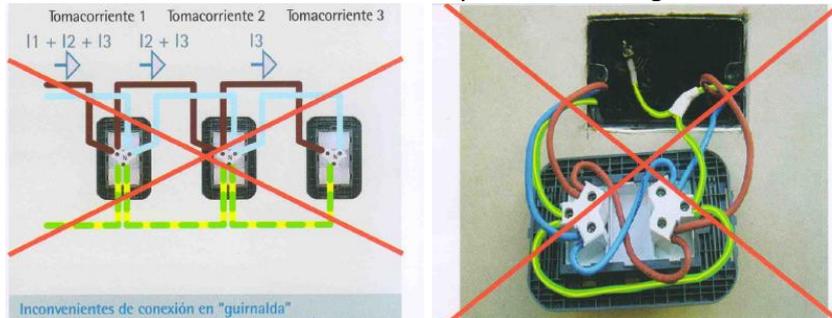
25. *En lugares húmedos a la vista: No se permite el empleo de los caños construidos según IRAM IAS U 500 2005 o IRAM IAS U 500 2224 esmaltados en lugares húmedos a la vista. Las cañerías a la vista y los tableros deberán estar separados una distancia mínima de 0,01 m de la pared.*
26. *Cuando ejecutan canalizaciones, se deben respetar los radios de curvaturas de los cables y/o conductores que se instalaran en ellos.*
27. *Los locales mojados Las cañerías deberán vincularse a las cajas mediante roscas selladas o mediante algún otro sistema que garantice a la instalación una estanqueidad o grado de protección mínimo IP54.*
28. *Cuando los chorros de agua o proyecciones se realicen con presión, el grado de protección mínimo de la instalación deberá ser IPX6.*
29. *Canalizaciones e instalaciones a la intemperie: Para estas instalaciones rigen los requisitos establecidos para las instalaciones en locales húmedos, aumentando el nivel de protección de los elementos que lo componen a IP54. Las cañerías deberán vincularse a las cajas mediante roscas selladas o mediante algún otro sistema que garantice a la instalación una estanqueidad o grado de protección mínimo IP54. Cuando se prevea efectuar lavados con chorros de agua con presión como para producir un caudal mínimo de 12,5 l/min deberá establecerse para la instalación en su conjunto un grado de protección mínimo IPX5. Cuando los chorros de agua o proyecciones se realicen con presión como para producir un caudal mínimo de 100 l/min el grado de protección mínimo de la instalación deberá ser IPX6.*

30. *Cuando una canalización deba atravesar una junta de dilatación en un inmueble, debido al movimiento relativo entre ambas estructuras, se debe realizar un acoplamiento con caño flexible, preferentemente caños flexibles metálicos con protección de PVC, que absorba los desplazamientos en todos los sentidos.*



31. *Los cables instalados en bandejas porta cables a la intemperie, cuyas aislaciones o envolturas no tengan protección contra la radiación ultravioleta, deberán ser cubiertos por una tapa en forma permanente.*
32. *No se debe instalar un único cable unipolar activo en una cañería metálica.*
33. *Los elementos de soporte o suspensión de las canalizaciones eléctricas realizadas sobre un cielorraso suspendido deben ser totalmente independientes de las estructuras de soporte, sujeción o suspensión del cielorraso propiamente dicho.*
34. *No se debe instalar canalizaciones en los ductos de ascensor.*

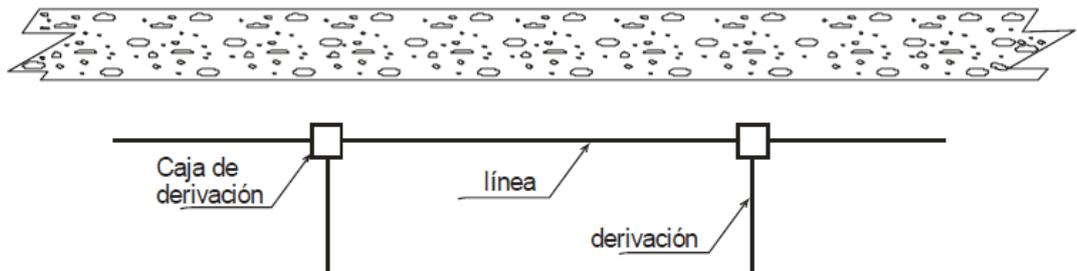
35. No se admite la interconexión de dispositivos con “guirnaldas”..



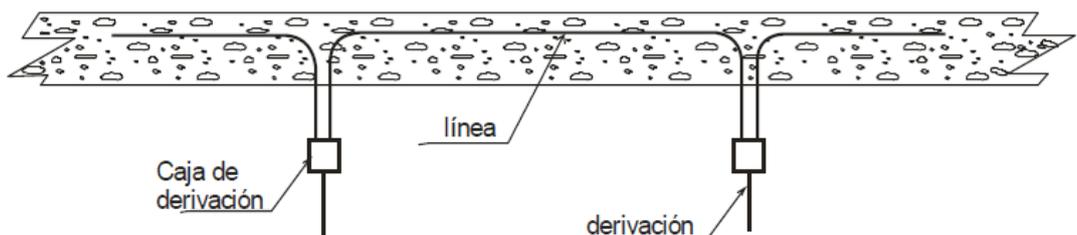
36. Canalizaciones no permitidas:

- Conductores aislados según normas IRAM 247-3 (unipolares aislados en PVC) o IRAM 62267 en bandejas porta-cables, salvo conductos de PAT (V/A).
- Conductores, desnudos o aislados, sueltos en el interior de elementos estructurales, tabiques huecos, cielorrasos suspendidos, mamparas, etc.
- Cordones flexibles y cables según norma IRAM MN 247-5 (simil – plomo o envainado chato, tipo taller), IRAM 2039 e IRAM 2188.
- Rieles electrificados que cumplan simultáneamente con un grado de protección IP2XX y que operen con tensiones superiores a 24 Vca
- Caños lisos o corrugados de material sintético o aislante propagante de la llama , generalmente de color naranja

a) el mamposterías



a) el lozas



37. De las Bandejas Portacables.

38. Para determinar las corrientes admisibles de los cables se deben aplicar las tablas de las Reglamentaciones AEA y los factores de corrección por agrupamiento.

39. No se debe emplear cables IRAM 247-5 (tipo taller) en bandejas portacables, ni aun para cableado de MBTS o MBTF. Está prohibido su empleo en instalaciones fijas.

40. *Solo se puede emplear conductores IRAM 247-3 o IRAM 62267(unipolar) en bandejas portacables, de color verde amarillo como conductor de protección o de equipotencialización. También se puede emplear conductores IRAM 247-3 o IRAM 62267 de color ROSA como conductor de tierra FUNCIONAL.*
41. *SE pueden emplear en bandejas portacables los cables tipo IRAM 2178, IRAM 62266, IRAM 2268(cables para control, señalización, medición, etc)*
42. *Las canalizaciones cuyas dimensiones interiores no superen los 50 mm de ancho por 50 mm de altura deberán ser consideradas como bandejas portacables de fondo sólido.*
43. *En los lugares donde no exista personal calificado (BA4 o BA5) o donde circulen personas no calificadas (BA1, BA2 y BA3) las alturas mínimas de montaje serán: 2,2m en interiores, 3,5m en exteriores y 4m donde exista circulación vehicular.*
44. *Con excepción de las viviendas y oficinas (unitarias), en los locales donde exista personal calificado (BA5) e instruido (BA4), y que esté alertado sobre los peligros de las instalaciones eléctricas, se podrán reducir las alturas citadas, siempre que ello no genere situaciones de peligro, o entorpezca el desenvolvimiento o la circulación de personas, o vehículos. En estos casos las Bandejas Portacables deberán tener adecuada protección contra los impactos que puedan ser producidos por la circulación de máquinas, vehículos y movimiento de materiales*
45. *En toda instalación de Bandejas Portacables en la que se prevea tender cables o en las que se han tendido cables, la RAEA prohíbe instalar artefactos de iluminación o luminarias embutidas en los fondos de las Bandejas Portacables, ya sea empleando el espacio de separación entre escalones en la del Tipo Escalera o efectuando el calado en el fondo de la Bandeja Portacable de fondo perforado o sólida. Con el mismo criterio la RAEA prohíbe instalar dentro de las Bandejas Portacables los equipos auxiliares de las luminarias o cualquier otro equipo que disipe calor*
46. *Cada tramo de Bandeja Portacable de 3m deberá ser soportado por lo menos en dos puntos separados a 1,5m*
47. *En las Bandejas Portacables que vinculen verticalmente tableros, máquinas o equipos con otras canalizaciones o equipos ubicados a mayor altura, se deberán instalar tapas, con el fin de proteger a los cables, hasta por lo menos una altura de 2,2m, medida desde el nivel de solado o piso terminado. Lo mismo debe efectuarse en las Bandejas que estén a una altura menor a 2,2m. Dichas tapas podrán ser ventiladas o ciegas y ésta situación debe ser contemplada en el cálculo de la corriente admisible de los cables*
48. *En las instalaciones a la intemperie o recintos de ambientes húmedos o mojados, que empleen Bandejas Portacables de fondo sólido, éstas deberán instalarse con una pendiente mínima del 1% hacia puntos de drenaje*
49. *Las Bandejas Portacables deberán ser soportadas adecuadamente desde paredes, vigas, columnas, losas, estructuras metálicas o similares, para evitar que el peso de los cables y/o cañerías pueda producir un arrancamiento de su punto de fijación*

50. *Si se emplearan varios planos de Bandejas Portacables, se deberá mantener, como mínimo, una distancia en altura entre ellas de 30cm para poder adoptar los valores de corriente admisible dados por la RAEA para esos casos*
51. *En los casos en que se deben montar Bandejas Portacables lejos de paredes, vigas o columnas, se recomienda adoptar como mínimo caños de 4" de diámetro o mayor o conductos de 100x100 como mínimo de 2,5mm de espesor.*
52. *Se deberá separar la bandeja de pared o 30mm, tanto en bandejas soportadas con ménsulas perpendicular a la pared, como las bandejas instaladas paralelas a la pared*
53. *Cada tramo de Bandeja Portacable de 3m deberá ser soportado por lo menos en dos puntos separados a 1,5m. Es importante instalar soportes en los extremos de los accesorios (curvas, derivaciones, etc.), como así también en todo cambio de dirección o discontinuidad.*
54. *Se recomiendan fijaciones metálicas de alto rendimiento como por ejemplo los tacos metálicos auto perforantes, los anclajes de expansión a golpes, los pernos de anclaje, los anclajes de camisa, etc.*
55. *Si se realizan curvas o modificaciones en la instalación o tendido, éstas deben realizarse de manera tal que se mantenga la equipotencialidad a tierra del sistema de Bandejas Portacables, a través del conductor principal de equipotencialidad o eventualmente del conductor de protección, y se deberá mantener el apoyo de los cables. Además se deben proteger de la oxidación las zonas afectadas por los trabajos de modificación, por medio de pinturas anticorrosivas u otros medios.*
56. *En ningún caso los accesorios de fijación de artefactos, equipos o cañerías tendrán bordes filosos que pongan en peligro las cubiertas y las aislaciones de los cables ni la seguridad de las personas.*
57. *Cualquiera sea el método de soporte, a estos se les deberá incorporar algún elemento que fije a las Bandejas Portacables por algún medio apropiado que impida su movimiento transversal y que evite que se desmonte del apoyo. En todos los casos las ménsulas deberán fijarse a las paredes o columnas con, por lo menos, dos elementos de fijación*
58. *En los casos de realizar un montaje suspendido, se evitará el movimiento lateral o longitudinal (pendular), efectuando en el sistema de Bandejas Portacables fijaciones que impidan tal desplazamiento.*
59. *Cuando exista discontinuidad mecánica o conductiva entre las mismas Bandejas Portacables o entre entre las Bandejas Portacables y la canalización o un tablero o un equipo, se deberá asegurar la equipotencialidad y/o la puesta a tierra de ellos efectuando una conexión de los mismos al conductor equipotencial de protección.*
60. *Las Bandejas Portacables deben estar instaladas de manera expuesta y accesible. Alrededor de las mismas se debe mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables. Para ello se establece que deberá mantenerse una distancia útil mínima de 0,2m entre el borde superior de la bandeja y el cielorraso del recinto o de cualquier otro obstáculo tales como vigas,*

estructura del techo, correas, perfiles, etc. Como excepción se permite que las Bandejas Portacables no respeten la distancia mínima de 0,20m respecto a cualquier obstáculo transversal, siempre que se cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el obstáculo sea transversal a la bandeja y tenga un largo máximo de 1m, medido en cualquier punto del ancho y en el sentido del eje de la misma.*
- Que no se recorte, anule ni disminuya el ala de la Bandeja Portacable.*
- Que la distancia entre el ala de la Bandeja Portacable y el obstáculo sea como mínimo de 0,05m.-*
- Que el obstáculo no presente aristas filosas ni cortantes*
- Que el espacio libre horizontal entre Bandejas Portacables, para acceder al manipuleo de los cables, debe ser como mínimo de 0,6m cada 1,2m de ancho total de las bandejas.*

- 61. Cuando la Bandeja Portacable se instale por encima de un cielorraso y este no sea del tipo de placas desmontables se deberán disponer accesos (tapas de inspección) con un espacio libre de 0,6m x 0,6m (o superficie equivalente pero con un ancho mínimo de 0,3m) cada 6m de desarrollo longitudinal y plano de tendido de Bandeja Portacable.*
- 62. Todas las aberturas alrededor de los cables que pasen por paredes, tabiques, suelos o techos ignífugos se deberán sellar con métodos y materiales adecuados que les permitan mantener su clasificación ignífuga.*

De los Tableros Eléctricos

1. *La norma a aplicar es la IEC 61439, la IEC 60670 y las Reglamentaciones AEA correspondiente.*
2. *El gabinete del tablero principal (TP) debe ser de material aislante, CLASE II. Al finalizar su instalación se deberá verificar la doble aislación.*
3. *El interruptor de cabecera de una TP debe ser un pequeño interruptor termo magnético (PIA) y poseer todos sus polos protegidos si es bipolar o tetra polar; o un interruptor automático (IA) con idénticas características.*
4. *En un tablero principal CLASE II, No se debe conectar al conductor de protección el riel DIN, y ninguna otra parte metálica del interior del tablero.*
5. *Si del TP no parten circuitos terminales y sale un solo seccional, es conveniente mantener la doble aislación hasta el tablero seccional siguiente y allí colocar la barra de puesta a tierra (BPT).*
6. *El dispositivo de cabecera de un tablero seccional puede ser un PIA, interruptor diferencial (ID) o un interruptor seccionador (IS) o un interruptor automático (IA)*
7. *El ID y El IS deben estar protegidos, aguas arriba, con un dispositivo ante corto circuito de acuerdo a su poder de corte.*
8. *El ID y El IS deben estar protegidos ante las sobrecargas aguas arriba por un dispositivo de igual o menor calibre; o en su defecto la suma las corrientes nominales de los dispositivos de protección aguas abajo deberán ser de igual o menor valor a la I_n del ID y/o IS.*
9. *Todo circuito que parte de un tablero a otro, debe poseer una protección ante cortocircuito en el primero, y sobrecarga en el primero o en el segundo.*
10. *Todo conductor de interconexión dentro de un tablero debe verificar la protección ante sobre carga y cortocircuito (verificar I^2t)*
11. *La protección de circuitos terminales monofásicos deben ser dispositivos PIA con los dos polos protegidos. Los circuitos terminales trifásicos con neutro, PIA tetrapolares con todos sus polos protegidos. En los circuitos terminales trifásicos sin Neutro , PIA tripolares*
12. *No se admite la interconexión de dispositivos con “guirnaldas”. Debe ser reemplazadas por distribuidores o peines o borneras normalizadas con puentes.*
13. *Como regla general, a cada conductor le corresponde un borne de conexión (conductores activos y/o protección)*



14. Cuando en un borne el conductor es ajustado directamente con un tronillo, es obligatorio el empleo de terminales (punteras huecas, terminales preaislados PIN, Pala, Horquilla, etc.)
15. Un tablero seccional construido con gabinete metálico, deberá estar protegido aguas arriba por un dispositivo diferencial de 30 o 300mA si la PAT es $\leq 40\Omega$.
16. Un tablero construido con material aislante debe ser verificada la disipación térmica.

17. En un gabinete metálico, cada parte metálica independiente (puerta, carcasa, bandeja porta elementos, etc), debe conectarse con una cable independiente a la BPT. No se admite guirnaldas.



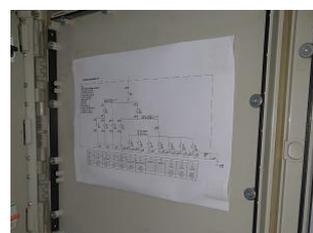
18. El sistema de puesta a tierra (PAT) de un inmueble es UNICO, puede estar compuesto por un solo electrodo dispersor o por varios, todos interconectados. Puede existir PAT para pararrayos y/o equipos especiales independientes, pero siempre interconectados al sistema de PAT del inmueble

19. En viviendas construidas con material combustible podrán utilizar canalizaciones de material aislante, que cumplan con 770.10.3.4, si se instalan dispositivos AFDD (del inglés "Arc Fault Detection Device") en sus circuitos terminales. In hasta 63 A, con una corriente máxima presunta de cortocircuito de hasta 10 kA en el origen de la instalación y correspondientes a una clasificación de las personas BA2 y condición de evacuación BD1.

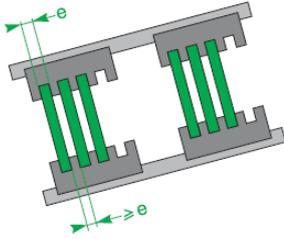


20. No se admite el fusible como dispositivo de protección en viviendas y oficinas, permitiéndoselo en cambio en los locales con presencia permanente de personal instruido o calificado en temas eléctricos (BA4-BA5).
21. En los tableros seccionales se deberá fijar en forma segura una lámina plastificada que contenga el esquema unifilar, escritos con caracteres visibles de 5 mm de altura como mínimo, firma y datos personales del personal de categoría BA4 o BA5 que interviene. Sobre cada dispositivo, en el contra frente, se rotulara indicando destino y circuito.

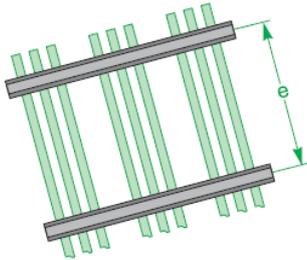
22. Incorporar en los unifilares fijados en las puertas de los tableros la siguiente leyenda: **"Ante eventuales reparaciones se deberá mantener la configuración del presente tablero en cuanto a las características de operación y coordinación entre los respectivos dispositivos de protección entre sí y con los dispositivos situados aguas arriba y aguas abajo de ellos y los conductores salientes del tablero. De modificarse la configuración, la nueva deberá ser volcada en el esquema unifilar presente manteniendo el mismo grado de legibilidad, fijación e indelebilidad"**.



23. Para el ajuste de los bulones, tornillos, tuercas, etc..., deberán emplearse herramientas con ajustes dinamométricos (torquímetros) que garantice el **par de apriete** (torque) prefijado por los fabricantes de productos. Una vez ajustado, pintar el borne con pintura indeleble preferentemente con cuerpo suficiente para que sirva de indicador de desajuste.
24. Del acopio de materiales para armado de tableros: Los componentes deben colocarse locales cubiertos y ventilados, protegidos del polvo. Deben permanecer preferentemente embalados hasta su instalación final. De esta forma, estarán protegidos de cualquier daño derivado del taller o la obra (salpicaduras, choques). En caso de que tengan que desembalarse, se debe volver a colocar el embalaje de protección hasta la instalación. Para una organización optimizada del taller, es preciso prever 3 zonas distintas:
- Una zona de almacenamiento.
 - Una zona de trabajo
 - Con receptáculos dedicados, de recuperación de desechos metálicos, plásticos, cartones...
 - Con mesas de trabajo.
 - Una zona de ensayos.
25. Las masas accesibles de un tablero metálico deben estar eléctricamente conectadas entre sí y al conductor principal de protección de tierra. Para ello emplear una barra de PAT con tantas conexiones como lo necesario, para todas las conexiones de equipotencialización interna, conductores de protección de circuitos terminales e inclusive las reservas.
- 
26. La pintura disminuye la continuidad eléctrica de las piezas montadas. Se deben utilizar, por lo tanto, dispositivos particulares: tornillos dentados, arandelas dentadas o cables de masa.
27. En el caso de que las piezas móviles metálicas (puertas, paneles, tapas pivotantes) que soporten componentes eléctricos no sean de clase 2, es obligatoria la conexión a masa. La norma CEI 60364-5-54 define la sección mínima de la conexión en función de los conductores activos de la aparamenta instalada.
28. Conexión de cable de masa sobre una pieza pintada: La continuidad eléctrica se realiza mediante una arandela que araña (dentada) la pintura hasta llegar a la parte metálica.
29. Barras planas: En el caso de instalar las barras en posición plana, utilizar los elementos de cálculo definidos para las barras de canto aplicando un coeficiente de decalaje de 0.8.
30. En caso de que la instalación necesite varias barras por fase, dejar un espacio suficiente entre sí para permitir una ventilación normal del juego de barras. Dejar como mínimo 1 vez el espesor de la barra, entre dos conductores activos de una misma fase.

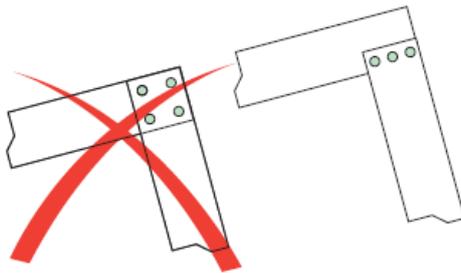


31. El número y la separación de los soportes se definen en función de los esfuerzos:
- Eléctricos (corriente de corto circuito presumible).
 - Mecánicos (peso y posición de las barras).

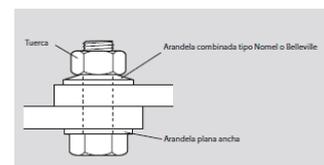
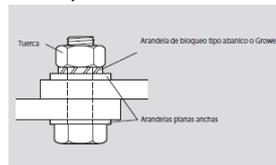
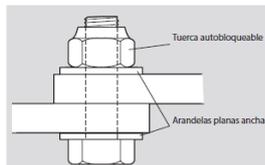


32. Los soportes (o una parte de los mismos) deben ser de material amagnético con el fin de evitar el calentamiento debido a los efectos de bucle (corrientes parásitas) alrededor de los conductores.
33. Colocar la barra de neutro en la parte delantera y más elevada del soporte escalera del juego de barras. Esto proporciona:
- Mayor seguridad,
 - Conexión sencilla de los circuitos alimentados entre fases y neutro
 - Identificación más sencilla del sistema de puesta a tierra del neutro
 - Reducción del campo magnético emitido
34. Disposición de las barras en la envolvente: Se debe poder acceder a las conexiones desde la parte frontal cuando el marco está instalado contra un muro.
Equipotencialidad: Las masas conductoras y accesibles de un aparato deben conectarse al circuito de protección del conjunto (para mantener la equipotencialidad de la protección) a través de sus propias fijaciones o por un conductor acorde a lo especificado en las normas.
35. Según la configuración del cuadro (potencia eléctrica, esquema de distribución, llegada por la parte superior o inferior...), la conexión de los aparatos de potencia puede realizarse mediante barras o cables. Estas conexiones deben estar lo suficientemente dimensionadas para soportar los esfuerzos eléctricos y térmicos. Prever dispositivos de fijación en el interior y el exterior del tablero para evitar esfuerzos mecánicos excesivos en los polos de los aparatos.
36. Si se acomete a un interruptor con la alimentación por los bornes inferiores, se debe colocar un cartel visible que indique que la "La Alimentación se realiza por los bornes inferiores"

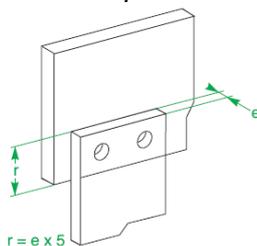
37. En el plegado de barras dejar un radio mínimo para evitar fisuras y desgarraduras en el metal. No desdoblar una barra de cobre para volverla a utilizar. No doblar una barra a la altura de un agujero.
38. Para unir barras, Las superficies en contacto deben estar limpias, secas, planas y sin ralladuras importantes. Eliminar cuidadosamente las rebabas de los cortes y punzonados, y eliminar a continuación las limaduras generadas. Si fuera necesario, desengrasar la barra y, a continuación, pulir ligeramente las superficies de contacto con papel de lijar suave.
39. Para favorecer la conexión eléctrica, se recomienda un punzonado en línea. De esta forma, la presión se reparte uniformemente por toda la superficie en contacto



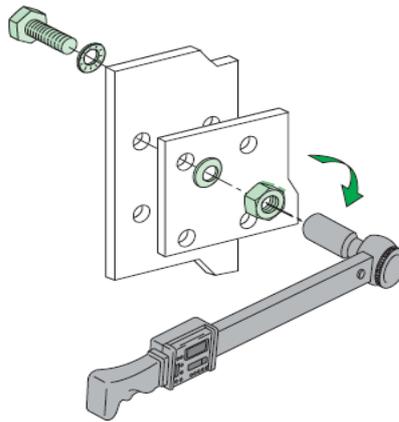
40. La intervención en el interior de un tablero bajo tensión está sometida a los reglamentos: debe ser efectuada por parte de una persona autorizada y requiere la instalación de protecciones suficientemente rígidas alrededor de las partes en tensión.
41. Es preferible colocar las barras de canto en lugar de planas, ya que así se facilita la disipación de calor por medio de la convección natural. De lo contrario, debe reducirse la capacidad de transporte de corrientes de las barras.
42. Tornillos de montaje en barras: Realizar los aprietes con tornillos de acero anticorrosión sin aceite de clase 8-8 provistos de arandelas de contacto a ambos lados. En caso de desatornillarlos, es necesario sustituir las arandelas de contacto.



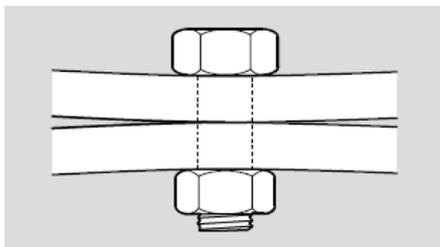
43. Superficie de contacto Para barras de cobre de hasta 10 mm de espesor, prever un contacto equivalente a 5 veces el espesor de la barra derivada



44. Utilizar una llave dinamométrica de par calibrado para garantizar la presión del bulón. El par de apriete depende del diámetro y de la calidad de los tornillos. El apriete se realiza en la tuerca o en el tornillo en el caso de un taladrado roscado.
- Marcar los tornillos mientras se realiza el apriete definitivo para permitir un control visual.
 - Las herramientas de apriete se deben comprobar periódicamente.
 - Cuando se desmonta un juego de barras o sus conexiones, deben utilizarse tornillos nuevos al volverse a montar de nuevo. Utilizar una llave dinamométrica de par calibrado para garantizar la presión del par de apriete.

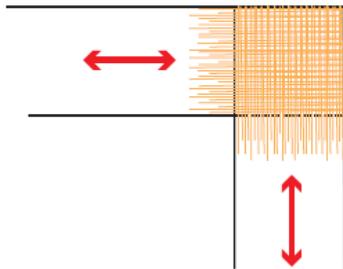


45. Marcar el tornillo con un barniz acrílico tintado, indeleble y resistente a la temperatura. Permite no solo un control visual que garantiza un apriete efectivo al par, sino también identificar posibles aflojamientos.
46. Un par de apriete demasiado alto o una cantidad insuficiente de tornillos pueden provocar una deformación que reduzca el área de contacto.



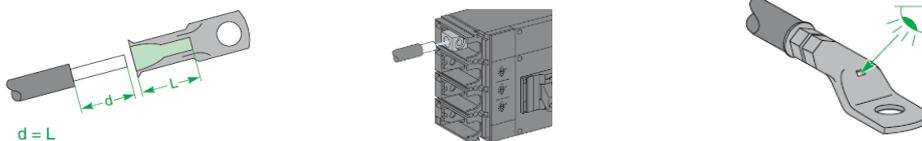
47. A no ser que se produzca una oxidación notable (oscurecimiento significativo o aparición de carbonato de cobre o "verdín"), las barras de cobre no requieren ninguna preparación especial. La limpieza con agua acidulada está prohibida, ya que, aparte de los riesgos, requiere neutralización y aclarado. Se pueden lijar las superficies (grano 240/400), con arreglo a las instrucciones de lijado indicadas anteriormente, de modo

que las ralladuras de las barras que estén en contacto sean perpendiculares.



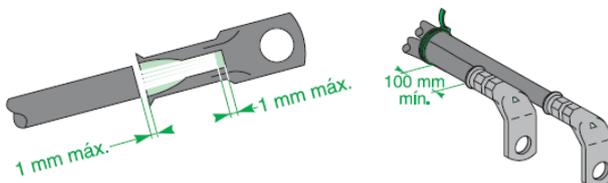
48. De los terminales para conductores

49. Utilizar una pinza pelacables respetando las consignas para no cortar ningún cable ni dañar el aislante. Respetar la longitud de pelado en función: • De la profundidad del terminal que se va a engastar. • De la profundidad de la caja del aparato.



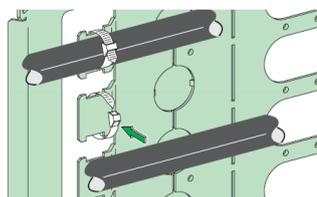
50. Engastado de los terminales Un terminal sólo puede contener un único cable de potencia. Todos los hilos del conductor deben colocarse en el tronco del terminal. Utilizar pinzas recomendadas por el fabricante de los terminales y adaptadas al tamaño de éstos. Aplicar el esfuerzo de apriete recomendado por el fabricante de la herramienta para engastar. Las pinzas deben comprobarse periódicamente.

51. Los terminales no deben utilizarse de nuevo, doblarse, reducirse en anchura (dimensiones) ni contra taladrarse. No fijar los cables entre sí cerca de los terminales para evitar dañar el aislante y provocar arcos. Dejar como mínimo una distancia de 100 mm



52. De los conductores en el interior de tableros

53. Los cables no deben nunca circular en contacto o entre conductores activos (barras de cobre, barras flexibles...) para evitar calentamientos. Las aristas vivas de la armadura del tablero, situadas en el paso de los conductores, deben protegerse para evitar riesgo de daños en los cables. Utilizar juntas de ranuras, pasacables, etc.

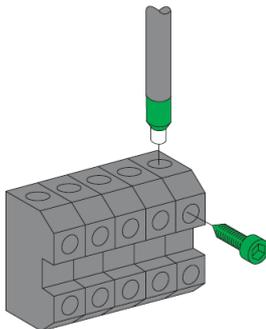


54. Si no son de clase 2, fijar los cables en soportes aislantes. La distancia entre abrazaderas depende de los esfuerzos electrodinámicos y del tipo de abrazadera utilizado. Los cables de aislamiento de 1.000 V se consideran como de clase 2 si están instalados en un cuadro eléctrico con una tensión de servicio < 500 V. Se pueden embridar directamente en escalas de cables metálicas
55. Al emplear conductores IRAM 2178 (tipo subterráneo) tripolares (de tres hilos colores marrón – negro – rojo) como alimentador monofásico, emplear el conductor marrón como conductor de LINEA, el negro como NEUTRO y el rojo como conductor de PROTECCION, a estos dos últimos cubrir con cinta de color azul/celeste y verde –amarilla respectivamente.



De las Borneras de conexión

56. Conexión en bornes: Todos los hilos del conductor deben colocarse en el orificio de la borne. Realizar un apriete eficaz procurando no cortar los hilos. En el caso de bornes con tornillos de punta, se recomienda utilizar terminales. Los borneros de potencia, así como los borneros de llegada y salida, deben estar separados por un tope de bornes.



57. Para garantizar un buen engastado, que asegure un contacto correcto, elegir terminales correspondientes a la sección del cable y a las dimensiones del borne del aparato que lo va a admitir. Respetar la longitud de pelado de los cables. Todos los cables del conductor deben colocarse en el tronco del terminal. El borne de un aparato sólo admite un único cable equipado con terminal.
58. A la hora de realizar troquelados de un componente de la envolvente (puerta, panel, tapa superior, etc.), tome las precauciones necesarias para evitar rasguños en el revestimiento o cortes en la pintura:
- Utilice herramientas afiladas y sometidas a un mantenimiento correcto
 - Coloque el componente en una base plana, limpia y no abrasiva
 - Elimine todas las impurezas

- Lleve a cabo los retoques adecuados de pintura o barniz en las partes desgarnecidas por los cortes, para evitar cualquier posible corrosión posterior
59. La norma requiere la continuidad real de las piezas conductoras en tensión del cuadro de distribución:
- Entre ellas mismas
 - Entre ellas y el conductor de protección principal PE (enlace equipotencial)
- Todas las masas del cuadro de distribución deben estar conectadas al circuito con conexión a tierra, excepto aquellas que no supongan un peligro potencial para los usuarios (cierres pequeños, como tornillos o remaches).
- En caso de duda, debe medirse la continuidad eléctrica de la conexión a tierra.
60. Si no se utiliza ningún sistema específico, la pintura o un recubrimiento aislante como el barniz afectara a la continuidad eléctrica entre dos piezas montadas.
61. Debe utilizar tornillos con arandelas (arandelas con puntas o de estrella). Este sistema rascara la pintura para poner el metal en contacto y por lo tanto se asegurara una continuidad eléctrica excelente.
62. Debe ajustarse un conductor de conexión a tierra en todas las piezas móviles metálicas (puerta, paneles, placas frontales con bisagras) compatibles con componentes eléctricos con tensiones de funcionamiento superiores a 50 V. La norma IEC 60364-5-54 define la sección mínima de la conexión en función de los conductores en tensión de la aparamenta instalada en la parte móvil.
63. El conductor de conexión a tierra puede ser un cable o una trenza de conexión a tierra:
- Si el cuadro de distribución no incluye equipos "sensibles" en términos de compatibilidad electromagnética, utilice un simple cable de conexión a tierra
 - Si el cuadro de distribución incluye equipos "sensibles" en términos de compatibilidad electromagnética, utilice una trenza de conexión a tierra, que proporciona mayor protección CEM y protección equipotencial
64. A la hora de seleccionar un juego de barras de potencia se debe tener en cuenta lo siguiente:
- Características ambientales del cuadro de distribución (temperatura ambiente, grado de protección IP, grado de contaminación)
 - Tipo de cuadro de distribución instalado teniendo en cuenta la prueba de validación
 - Características del suministro de potencia del cliente: en la parte superior, en el centro o en la parte inferior
 - Corriente asignada de cortocircuito: I_{cw} (kA/1 s)
65. La instalación de un juego de barras de potencia se lleva a cabo en los siguientes pasos:
- Se selecciona el material del embarrado
 - Se mide (sección del embarrado, número de barras por fase) y se define su posición en el cuadro eléctrico basada en la aparamenta de entrada del cliente

- Se instala según las distancias de las líneas de aislamiento de fuga de la norma
 - Se fija conforme a las reglas básicas del arte
66. Los fabricantes de embarrados normalmente proporcionan la información necesaria para medir el embarrado de potencia. Estas cifras se deben utilizar para calcular la sección de la barra.
- La sección depende de:
- La corriente asignada " I_n " que se ha de utilizar en la barra
 - La corriente asignada de cortocircuito (corriente nominal de corta duración permisible): " I_{cw} "
 - La temperatura ambiente entorno al cuadro de distribución
 - El índice de protección IP de la envolvente
 - El factor de diversidad asignada (RDF)
 - El espacio de reserva
 - La restricción definida por el tiempo de activación de la aparamenta de protección
67. En general, no toda la aparamenta conectada a un embarrado se utilizan a carga completa o de forma simultánea. Por lo tanto, no es necesario medir continuamente el embarrado para transportar el total de intensidades asignadas de toda la aparamenta. La corriente asignada " I_n " en el embarrado se ha de calcular:
- Añadiendo las intensidades asignadas de toda la aparamenta conectada
 - Multiplicando el resultado del factor de diversidad (RDF) definido por la norma IEC 61439-1
68. Es necesario utilizar siempre guantes cuando se manejan barras de cobre para prevenir el deterioro químico que se produce a consecuencia del contacto con la piel (transpiración).
69. Siempre que sea posible, instale las barras en el lateral para favorecer la disipación de calor mediante la convección. Cuando las barras se instalan en plano, las intensidades se deben reducir (decalaje). Se han de utilizar los elementos de cálculo definidos por las barras laterales aplicando el coeficiente de decalaje recomendado por el fabricante.
70. Instale el embarrado principal preferentemente en la parte superior del cuadro de distribución. Si lo instala en la parte inferior, debe tener en cuenta el hecho de que esta posición hace que se caliente el equipo ubicado por arriba de dicho embarrado. Además, por motivos de seguridad, debe cubrirlo para protegerlo de posibles caídas de objetos metálicos
71. Normalmente, el orden de las barras es N, L1, L2 y L3:
- Desde la parte frontal a la parte trasera del cuadro
 - Desde la parte izquierda a la parte derecha del cuadro
- Se recomienda por los siguientes motivos:
- Seguridad
 - Facilidad de conexión de la aparamenta
 - Fácil acceso a la barra de neutro

En cualquier caso, se recomienda seguir el orden establecido en las guías técnicas. Las barras se deben identificar, independientemente de cual sea el orden seleccionado.

72. *Las barras (aisladas o sin revestimiento) se han de instalar de forma que eliminen todo riesgo de cortocircuitos, en particular cumpliendo con:*

- *La distancia de aislamiento*
- *Las líneas de fuga*
- *El número de soportes que se van a instalar*
- *Las reglas para fijar estos soportes*

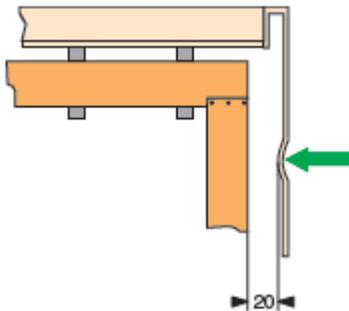
73. *La distancia entre las dos fases varía de acuerdo con la arquitectura del cuadro de distribución (el equipo que se ha instalado dentro del cuadro, el espacio disponible, etc.).*

El diseñador del cuadro de distribución debe optimizar esta distancia con el fin de:

- *Facilitar las conexiones*
- *Garantizar que la distancia de aislamiento y las líneas de fuga mínimas recomendadas por la norma se han comprobado en todas las partes del cuadro*

74. *Para una tensión de servicio de hasta 1000 V, la distancia de aislamiento entre una pieza sin revestimiento alimentada (barra de cobre) y un panel con revestimiento que es susceptible de deformación tras un impacto (por ejemplo, la prueba de grado de protección IK), debe ser como mínimo de 20 mm.*

Si esto no es posible, se ha de colocar una barrera aislante entre ellos.



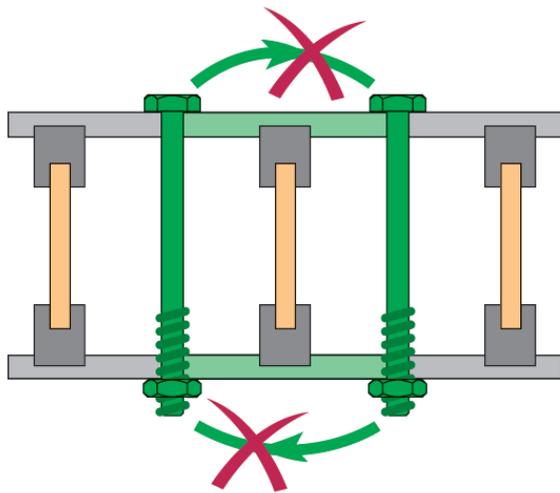
75. *La deformación de la envolvente o de las divisiones internas que puede ser el resultado de un cortocircuito no deben reducir de forma permanente las distancias de aislamiento ni las líneas de fuga a valores inferiores a los que se han especificado en la norma.*

76. *Los grandes esfuerzos electrodinámicos generados como resultado de cortocircuitos y los daños consiguientes (sustitución de barras, interrupción de la instalación) justifican la importancia de sujetar los embarrados de forma correcta.*

Para garantizar que los embarrados se mantienen en su lugar, se deben sujetar utilizando soportes aislados. Los soportes deben ser de una clase, una forma y un material similares.

Cuando la posición de los soportes no permite la sujeción en el marco, se ha de sustituirlos por soportes voladizos.

77. La corriente que circula en las barras genera corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en conductores y metales del entorno. Dado que la alta intensidad de la corriente que circula en las barras, este fenómeno puede llevar a un calentamiento significativo de estos materiales. Para evitar este fenómeno, debe cortar el bucle de corriente inducida. Utilice una de las siguientes soluciones:



- Soportes en materiales aislados
- Contra soportes de aluminio
- Tornillos de fijación de acero inoxidable no magnéticos

Si no se cumplen estas recomendaciones podrá suceder lo siguiente:

- Sobrecalentamiento de los soportes
- Contra soportes y tornillos de sujeción
- Vibraciones que pueden romper los soportes

78. Antes de apretar los tornillos, asegúrese de que el soporte y el contra soporte están alineados correctamente. Comprobar la conformidad del montaje. Se ha de cumplir siempre con los pares recomendados en las guías técnicas. Si no hay instrucciones, aplique el par definido por la norma conforme al diámetro del tornillo

De la Ventilación

79. Ventilación natural: Las aberturas compatibles con el grado de protección y que permiten una ventilación natural no deben obturarse.

80. No deben dificultar la correcta circulación del aire alrededor de los aparatos. Las pantallas situadas cerca de los conductores de 3.200 A y las pantallas de los conductores que superan 630 A unipolares deben estar realizadas (o compuestas) de material amagnético para evitar el calentamiento debido a las corrientes de Foucault.

81. Por regla general, cuanto más elevado es el grado de protección, más limitado es el intercambio térmico. En algunos casos, es más fácil climatizar el local técnico.

Continuará.....