

**GUIA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA FABRICACION Y ENSAMBLEDE CONJUNTOS  
TOTALMENTE ARMADOS CONFORME A LA NORMA IEC 61439-1/2 PARA LA EMPRESA  
K&V INGENIERIA LTDA.**

**FERNÁNDEZ FLÓREZ ANDRÉS FELIPE  
PACHECO MARTÍNEZ JOSÉ ALFONSO**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA  
BARRANQUILLA**

**2014**

**GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACION DE UNA LINEA DE  
CONJUNTOS TOTALMENTE ARMADOS DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 61439-1/2 PARA  
LA EMPRESA K&V INGENIERIA LTDA.**

**FERNÁNDEZ FLÓREZ ANDRÉS FELIPE**

**PACHECO MARTÍNEZ JOSÉ ALFONSO**

**TRABAJO DE TESIS DE GRADO**

**DIRECTOR:**

**ING. JORGE IVÁN SILVA ORTEGA**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRICA**

**BARRANQUILLA**

**2014**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Director:

---

Presidente del Jurado:

---

Jurado:

---

Jurado:

---

## AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencia y sobre todo felicidad.

Le damos gracias a nuestros padres Marybel Flórez y Alfredo Fernández, Amparo Martínez y Blas Pacheco por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han inculcado, por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida seguir.

A nuestros hermanos Eilyn, Carol y Jesús, a nuestros abuelos Trinidad y José, por ser parte importante de nuestra vida y representar la unidad familiar, por llenar nuestras vidas de alegría y amor cuando más lo hemos necesitado.

Le agradecemos especialmente a nuestro profesor y director de investigación de nuestra Tesis de grado y amigo, Ingeniero Jorge Silva, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Gracias Ingeniero Antonio Pérez por creer en nosotros, y habernos brindado la oportunidad de desarrollar nuestra Tesis de grado en K&V INGENIERIA LTDA y por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgadas en la empresa. Por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

Quisiéramos hacer extensiva nuestra gratitud a nuestros compañeros del Departamento de Ingeniería Kris Jiménez, Nataly Cervantes, Luis Eduardo Jaramillo e Ingeniero Esteban Rodríguez por su amistad y colaboración.

A todos ellos, muchas gracias.

## GLOSARIO

**Conjunto de baja tensión:** Combinación de uno o varios dispositivos de conexión de baja tensión con los materiales asociados de mando, medición, señalización, protección, regulación con todas sus conexiones internas mecánicas y eléctricas y sus elementos de construcción(1).

**Sistema CONJUNTO:** Gama completa de componentes mecánicos y eléctricos (envolventes, juego de barras, unidades funcionales, etc.), como se definen por el fabricante original, que pueden montarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante original con el propósito de producir diferentes Conjuntos(1).

**Forma de separación interna:** Clasificación de la separación física dentro de un conjunto-PSC(2).

**Juego de barras:** Conductor de baja impedancia al cual pueden conectarse varios circuitos eléctricos por separado(1).

**Unidad funcional:** Parte de un conjunto que incluye todos los elementos mecánicos y eléctricos que contribuyen a la ejecución de una sola función(1).

- **Partes constructivas de los CONJUNTOS:**

**Parte fija:** Parte formada por elementos montados y cableados entre sí sobre un soporte común y diseñado para una instalación fija(1).

**Parte desmontable:** Parte que está diseñada para desmontarse completamente de un conjunto y sustituirse mientras el circuito al cual está conectado puede estar bajo tensión(1).

**Compartimiento:** Columna o sección de columna bajo envolvente, a excepción de las aberturas necesarias para las conexiones, el mando o la ventilación(1).

**Unidad de transporte:** Parte de un conjunto o conjunto completo que puede transportarse sin necesidad de ser desmontado(1).

- **Presentación exterior de los CONJUNTOS:**

**Conjunto abierto:** Conjunto consistente en un chasis que soporta el equipo eléctrico, siendo accesibles las partes activas del equipo eléctrico(1).

**Conjunto abierto con protección frontal:** Conjunto abierto con una cubierta frontal; Las partes activas pueden ser accesibles desde otras direcciones diferentes de la frontal(1).

**Conjunto bajo envoltente:** Conjunto que está envuelto por todos sus lados con la posible excepción de las superficies de montaje de tal forma que asegure un grado de protección definido(1).

- **Elementos estructurales de los conjuntos:**

**Chasis:** Estructura que forma parte de un conjunto, destinada a soportar diversas partes del conjunto y, en caso necesario, a una envoltente(1).

**Armazón:** Estructura que no forma parte de un conjunto, prevista para soportar un conjunto(1).

**Placa de montaje:** Soporte plano destinado a soportar diversos componentes y que puede instalarse en un conjunto(1).

**Bastidor:** Estructura destinada a soportar diversos componentes y que puede instalarse en un conjunto(1).

**Envoltente:** Alojamiento destinado a asegurar el tipo y grado de protección adecuado para la aplicación prevista(1).

**Cubierta:** Parte de la envoltente exterior de un conjunto(1).

**Puerta:** Cubierta giratoria o deslizante(1).

**Cubierta desmontable:** Cubierta destinada a cerrar una abertura de una envoltente exterior y que puede desmontarse para efectuar ciertas operaciones de explotación y mantenimiento(1).

**Tabique:** Parte de la envoltente de un compartimiento que lo separa de otros compartimientos(1).

**Barrera:** Parte que asegura la protección contra los contactos directos en todas las direcciones habituales de acceso(1).

**Obstáculo:** Parte que previene los contactos directos no intencionados, pero no previene de los contactos directos por acción intencionada(1).

**Entrada de cables:** Parte con aberturas que permiten el paso de los cables al interior del conjunto(1).

- **Condiciones de instalación de los conjuntos:**

**Conjuntos para instalación en interior:** Conjunto destinado a utilizarse en locales donde se cumplen las condiciones de servicio normales para interior(1).

**Conjunto para instalación en el exterior:** Conjunto destinado a utilizarse en emplazamientos donde se cumplen las condiciones de servicio normales para exterior(1).

- **Características de Aislamiento:**

**Distancia de aislamiento:** Distancias entre dos partes conductoras igual a la longitud de un hilo tenso que siga el camino más corto posible entre esas dos partes conductoras(1).

**Línea de fuga:** La distancia más corta a lo largo de la superficie de un material aislante entre dos partes conductoras(1).

**Sobretensión:** Cualquier tensión con un valor de cresta superior al valor de cresta correspondiente a la tensión máxima en régimen permanente en condiciones normales de operación(1).

**Sobretensión temporal:** Sobretensión a frecuencia industrial y de duración relativamente larga (varios segundos)(1).

**Sobretensión transitoria:** Sobretensión de corta duración, de unos pocos milisegundos o menos, oscilatoria o no, habitualmente muy amortiguada(1).

**Tensión soportada a frecuencia industrial:** Valor eficaz de una tensión sinusoidal a frecuencia industrial que no provoca descarga eléctrica en las condiciones de ensayo especificadas(1).

**Tensión soportada al impulso:** El valor de cresta más elevado de una tensión de impulso, de forma y polaridad especificadas, que no provoca descarga eléctrica(1).

**Contaminación:** Todo aporte de material extraño sólido, líquido o gaseoso, que pueda implicar una reducción de la rigidez dieléctrica o de la resistividad superficial de aislamiento(1).

**Grado de contaminación (de las condiciones ambientales):** Numero convencional, basado en la cantidad de polvos conductores o higroscópicos, de gases ionizados o de sales, y en la humedad relativa y su frecuencia de aparición que se traduce por la absorción o la condensación de humedad, teniendo como efecto disminuir la rigidez dieléctrica y/o la resistividad superficial(1).

**Coordinación de aislamiento:** Correspondencia de las características de aislamiento del equipo eléctrico, en función de las sobretensiones previstas y de acuerdo con las características de los equipos de protección contra las sobretensiones por un lado, y del microambiente previsto y de los medios de protección contra la contaminación por otro lado (1).

- **Protección contra los choques eléctricos:**

**Parte activa:** Todo conductor o parte conductora destinada a estar bajo tensión en condiciones normales de servicio, así como el conductor neutro, pero, por convenio, no un conductor PEN(1).

**Parte activa peligrosa:** Parte activa la cual, bajo determinadas condiciones, puede provocar un choque eléctrico dañino(1).

**Parte conductora expuesta:** Parte conductora de un conjunto, que puede tocarse directamente y que normalmente no está bajo tensión, pero que puede convertirse en una parte activa peligrosa en caso de defecto(1).

**Conductor neutro, N:** Conductor conectado eléctricamente al punto neutro y capaz de contribuir a la distribución de la energía eléctrica(1).

**Conductor PEN:** Conductor que combina tanto las funciones del conductor de protección a tierra como las del conductor neutro(1).

**Corriente de falta:** Corriente resultante de un falla de aislamiento, el punteado de un aislamiento o la conexión incorrecta en un circuito eléctrico(1).

**Protección principal:** Protección contra los choques eléctricos bajo condiciones libres de falta(1).

**Aislamiento principal:** Aislamiento de las partes activas peligrosas, el cual proporciona una protección principal(1).

- **Características:**

**Valor nominal:** Valor de una magnitud, utilizado para designar e identificar un componente, un dispositivo, un equipo o un sistema(1).

**Valor límite:** El mayor o menos valor admisible de una magnitud en la especificación de un componente, un dispositivo, un equipo o un sistema(1).

**Valor asignado:** Valor de una magnitud utilizado con propósitos de especificación, fijado para un conjunto especificado de condiciones de funcionamiento de un componente, un dispositivo, un equipo o un sistema(1).

**Características asignadas:** Conjunto de los valores asignados y de las condiciones de funcionamiento(1).

**Corriente de cortocircuito,  $I_c$ :** Sobreintensidad que resulta de un cortocircuito debido a una falta o a una conexión incorrecta en un circuito eléctrico(1).

**Corriente prevista de cortocircuito,  $I_{cp}$ :** Corriente que circula cuando los conductores de alimentación del circuito son cortocircuitados por un conductor de impedancia despreciable localizado tan cerca como sea posible de los bornes de alimentación del conjunto(1).

**Corriente de corte limitada:** Valor máximo instantáneo de la corriente alcanzando durante el corte de un dispositivo de conexión o de un fusible(1).

- **Características de Tensión asignadas:**

**Tensión asignadas,  $U_n$ :** El valor nominal más alto de la corriente alterna (valor eficaz) o de la tensión en corriente continua, declarada por el fabricante del conjunto, para el que el o los circuitos principales del o de los conjuntos se ha diseñado para conectarse(1).

**Tensión asignada de empleo (de un circuito de un conjunto),  $U_e$ :** Valor de la tensión, declarada por el fabricante del conjunto, el cual combinado con la corriente asignada determinada su aplicación(1).

**Tensión de aislamiento asignada,  $U_i$ :** Valor eficaz de tensión soportada, asignado por el fabricante del conjunto al equipo o a una parte del mismo, que caracteriza la capacidad de su aislamiento de soportar la tensión especificada (a largo plazo)(1).

**Tensión asignada soportada al impulso,  $U_{imp}$ :** Valor de tensión soportada al impulso, asignada por el fabricante del conjunto, que caracteriza la capacidad especificada de su aislamiento de soportar las sobretensiones transitorias(1).

- **Características de Corriente asignadas:**

**Corriente asignada,  $I_n$ :** Valor de la corriente, declarada por el fabricante del conjunto teniendo en cuenta las características de los componentes, su disposición y aplicación, la cual puede transmitir sin que el calentamiento de las distintas partes del conjunto sobrepasen los valores límites especificados bajo condiciones especificadas(1).

**Corriente asignada de cresta admisible,  $I_{pk}$ :** Valor del pico de la corriente de cortocircuito, declarada por el fabricante del conjunto, que puede soportarse bajo condiciones especificadas(1).

**Corriente asignada de corta duración admisible,  $I_{cw}$ :** Valor eficaz de la corriente de corta duración, declarada por el fabricante del conjunto, que puede transportar sin daño bajo condiciones especificadas, definidas en términos de corriente y tiempo(1).

**Corriente asignada de cortocircuito condicional,  $I_{cc}$ :** Valor de corriente de cortocircuito prevista, declarada por el fabricante del conjunto, que puede soportar por el tiempo de funcionamiento total (tiempo de despeje de una falta) del dispositivo de protección a los cortocircuitos, SCPD (Short-Circuit Protective Device) bajo condiciones especificadas(1).

**Factor de simultaneidad asignado, RDF (Rate Diversity Factor):** Valor por unidad de la corriente asignada, fijada por el fabricante del conjunto, para el cual los circuitos de salida de un

conjunto pueden cargarse simultánea y continuamente teniendo en cuenta las influencias térmicas mutuas(1).

**Frecuencia asignada, Fn:** Valor de la frecuencia, declarada por el fabricante del conjunto, la cual designa un circuito y a las que se refieren las condiciones de funcionamiento(1).

- **Verificación:**

**Verificación del diseño:** Verificación realizada sobre una muestra de un conjunto o sobre partes del conjunto para demostrar que el diseño cumple con los requisitos de la norma aplicable al conjunto.(1)

**Ensayos de verificación:** Los ensayos realizados sobre una muestra de un conjunto o sobre partes del conjunto para demostrar que el diseño cumple con los requisitos de la norma aplicable al conjunto.(1)

**Evaluación de verificación:** La verificación del diseño de reglas de diseño rigurosas o cálculos aplicados sobre una muestra de un conjunto o sobre partes del conjunto para demostrar que el diseño cumple con los requisitos de la norma aplicable al conjunto.(1)

**Regla de diseño:** Regla especificada para el diseño de un conjunto la cual puede aplicarse como una alternativa a los ensayos de verificación.(1)

**Verificación individual:** Verificación para cada conjunto realizados durante y/o después de la fabricación para confirmar si cumplen o no con los requisitos de la norma aplicable al conjunto.(1)

Fabricante:

**Fabricante original:** Organización que ha llevado a cabo el diseño original y la verificación asociada a un conjunto de acuerdo con la norma aplicable al conjunto.(1)

**Fabricante del conjunto:** Organización que toma la responsabilidad del conjunto completo.(1)

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>16</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>17</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
1.2.1. Objetivo General: .....	20
1.2.2. Objetivos Específicos: .....	20
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEORICO</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1. Conjuntos Eléctricos</b> .....	<b>23</b>
2.1.1. Definición: .....	23
2.1.2. Clasificación de los Conjuntos: .....	25
<b>2.2. Generalidades de la Norma IEC 61439 para Conjuntos totalmente armados.</b> .....	<b>26</b>
2.2.1. Requisitos Constructivos y de Diseño: .....	30
2.2.2. Pruebas y Verificaciones: .....	38
<b>CAPÍTULO III: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b> .....	<b>67</b>
<b>3.1. METODOLOGIA</b> .....	<b>67</b>
<b>3.2. DESARROLLO DEL DISEÑO</b> .....	<b>68</b>
3.2.1. Disposición física de la aparamenta en la envolvente .....	69
3.2.2. Definición de las características del control a usar .....	72
3.2.3. Selección y configuración del barraje principal y de distribución con la disposición de los soportes teniendo en cuenta las condiciones de cortocircuito .....	74
3.2.4. Dimensionamiento de la envolvente .....	82
3.2.5. Formas de segregación .....	93
3.2.6. Selección de las partes a utilizar .....	94
3.2.7. Lista de verificación de la calidad del producto .....	96
<b>3.3. MODOS DE ENSAMBLE</b> .....	<b>97</b>
3.3.1. Partes externas del Conjunto .....	98
3.3.2. Forma de fabricación .....	99
<b>3.4. LIMITACIONES</b> .....	<b>108</b>

<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>4.1. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo 1. Formato único de solicitud del conjunto.....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo 2. Formato único de declaración de conformidad .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 3. Formato único para reporte de inspección individual .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo 4. Valores de Torque de apriete para tornillos métricos y británicos .....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 5. Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción     parcial o total, y publicación electrónica del texto completo de tesis y trabajos de grado     .....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 6. Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción     parcial o total, y publicación electrónica del texto completo de tesis y trabajos de grado     .....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo 7. Formulario de la descripción de la tesis o del trabajo de grado .....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo 8. Material anexo.....</b>	<b>122</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>124</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de verificaciones de diseño a realizar, Norma IEC 61439-1 .....	28
Tabla 2. Primera cifra Grado de protección IP .....	48
Tabla 3. Segunda cifra Grado de protección IP.....	49
Tabla 4. Letra alternativa Grado de protección IP .....	50
Tabla 5. Grados de protección IK.....	51
Tabla 6. Tabla 8 IEC 61439-1: Valores tensión de ensayo para prueba de aislamiento .....	52
Tabla 7. Tabla 9 IEC 61439-1 .....	53
Tabla 8. Distancias mínimas en el aire.....	60
Tabla 9. Distancias mínimas de fuga .....	61
Tabla 10. "Tabla 1 IEC 61439" Distancias mínimas de aislamiento en el aire .....	75
Tabla 11. "Tabla 2 IEC 61439" Líneas de fuga mínimas. ....	76
Tabla 12. Coeficiente K1 .....	79
Tabla 13. Coeficiente K2 .....	79
Tabla 14. Coeficiente K3 .....	79
Tabla 15. Coeficiente K4 .....	79
Tabla 16. Equipos del Conjunto .....	86
Tabla 17. Embarrados del Conjunto.....	87
Tabla 18. Calculo aumento de temperatura .....	88
Tabla 19. "Tabla I" Método de cálculo, aplicación, formulas y características.....	89
Tabla 20. "Tabla II" Factor de superficie b de acuerdo con el tipo de instalación.....	89
Tabla 21. "Tabla IV" Factor d para envolventes sin ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz $A_e > 1.25m^2$ .....	90
Tabla 22. "Tabla V" Factor d para envolventes con ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz $A_e > 1.25m^2$ .....	90
Tabla 23. Formas de segregación interna .....	93
Tabla 24. Lista de verificación de la calidad del producto .....	96
Tabla 25. Listado de piezas.....	98
Tabla 26. Listado de piezas - Base .....	100
Tabla 27. Listado de piezas - Esqueleto .....	102
Tabla 28. Bandejas para montaje de interruptores.....	107
Tabla 29. Valores de Torque de apriete para tornillos métricos y británicos .....	116

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes estructurales de los Conjuntos.....	23
Figura 2. Partes funcionales de los Conjuntos .....	24
Figura 3. Conjuntos de distribución .....	25
Figura 4. Centro de control de motores.....	26
Figura 5. Cuadro comparativo IEC 60439 vs IEC 61439.....	30
Figura 6. Leyenda de las formas de segregación interna.....	38
Figura 7. Formas de segregación interna 1 y 2.....	39
Figura 8. Formas de segregación interna 3 y 4.....	39
Figura 9. Tipos de instalación del CONJUNTO .....	42
Figura 10. Formula disipación de calor de los interruptores .....	42
Figura 11. Formula disipación de calor de las barras .....	43
Figura 12. Tabla B.2 Corriente de empleo y pérdidas de potencia de las barras descubiertas, con disposición vertical y sin conexión directa con el equipo.....	44
Figura 13. Formula disipación de calor de los cables.....	45
Figura 14. Tabla B.1 Corrientes de empleo y pérdidas de potencia de los conductores aislados ..	46
Figura 15. Impulso normalizado para prueba de tensión soportada al impulso.....	54
Figura 16. Principio de la medición del aislamiento.....	56
Figura 17. Principio de la prueba dieléctrica.....	57
Figura 18. Distancias de aislamiento en el aire .....	60
Figura 19. Líneas de fuga .....	61
Figura 20. Prueba de CEM.....	65
Figura 21. Conjunto de transferencia y distribución .....	71
Figura 22. Tarjeta Control de transferencia VORKOM I .....	72
Figura 23. Logo SIEMENS .....	73
Figura 24. Analizador de redes DM-6000 Schneider Electric .....	73
Figura 25. Analizador de Redes SENTRON PAC 3100 SIEMENS .....	74
Figura 26. "Configuración del barraje" VISTA ISOMETRICA .....	77
Figura 27. "Configuración del barraje" VISTA FRONTAL.....	78
Figura 28. . "Configuración del barraje" VISTA SUPERIOR.....	78
Figura 29. . "Configuración del barraje" VISTA LATERAL.....	78
Figura 30. Diagrama unifilar .....	84
Figura 31. Esquema Frontal del Conjunto.....	85
Figura 32. "Fig 3" Constante k para envolventes sin ventilación, con una Superficie de enfriamiento eficaz $A_e > 1.25m^2$ .....	90
Figura 33. "Fig 4" Factor de distribución de temperatura c para envolventes sin ventilación y con una Superficie de enfriamiento eficaz $A_e > 1.25m^2$ .....	91

Figura 34. "Fig 6" Factor de distribución de temperatura c para envolventes con ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz $A_e > 1.25m^2$ .....	92
Figura 35. Perfil .....	94
Figura 36. Vistas del Conjunto Línea Armel .....	97
Figura 37. Partes externas del Conjunto .....	98
Figura 38. Vista isométrica – Base .....	99
Figura 39. Vista explosionada – Base .....	99
Figura 40. Vista isométrica - Esqueleto .....	101
Figura 41. Vista de corte de los componentes del perfil .....	102
Figura 42. Características del perfil .....	103
Figura 43. Vista de detalle A .....	103
Figura 44. Forma 2a .....	105
Figura 45. Forma 4b .....	106
Figura 46. Formato único de solicitud del conjunto .....	113
Figura 47. Formato único de declaración de conformidad .....	114
Figura 48. Formato único para reporte de inspección individual .....	115

## INTRODUCCION

Un Conjunto Eléctrico es la combinación de uno o más aparatos de conexión, mando, medición, señalización, protección, y todas las interconexiones eléctricas y mecánicas internas, circundadas por una o más envolventes que otorgan soporte y protección al conjunto(1). Dicho conjunto debe ser montado de una manera que cumpla los requisitos de seguridad y realice de forma óptima las funciones para las cuales ha sido diseñado.

Tomando como referencia el fortalecimiento de los estándares de calidad y el mejoramiento continuo de los procesos de producción de la empresa K&V ingeniería, se adoptara la implementación de la norma IEC 61439 -1 / 2 para la fabricación y ensamblede Conjuntos totalmente armados de baja tensión. El presente desarrollo tiene como objeto proponer una serie de pasos consecutivos de manera de guía para llevar a cabo en la etapa de diseño de los Conjuntos, los cuales permitan realizar de manera más óptima y eficiente el proceso de fabricación y ensamblede estos en conformidad con lo que establece la normativa, todo estopartiendo de aspectos claves del Conjunto como son laconfiguración, disposición física, tipo de segregación, conexión de los elementos que lo componen al igual que las pruebas de verificación que aseguren el correcto funcionamiento del ensamble de los Conjuntos acorde con la norma para su posterior certificación.

## RESUMEN

La IEC 61439 es un estándar definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) dirigida a optimizar la fabricación y el buen funcionamiento de los conjuntos eléctricos totalmente armados. Estos comprenden todos los campos relacionados con un tablero eléctrico desde todas sus características metalmecánicas, parte eléctrica operacional y funcional hasta el punto del transporte, almacenamiento e instalación. La IEC 61439 es aplicable a instalaciones de baja tensión inferiores a 1000 V en corriente alterna o 1500V en corriente directa y busca garantizar la seguridad de la instalación y el personal alrededor de esta, la vida útil del conjunto, la mitigación hasta el punto más bajo de las fallas internas, la estandarización de las posibilidades de ensamble haciendo énfasis en la facilidad de mantenimiento con opciones de intervención del conjunto estando energizado.

Para el cumplimiento con la norma, esta establece que según sea el tipo de conjunto, este debe cumplir solamente con dos normas principales para determinar todos los requisitos y métodos de verificación, este proyecto de grado se enfoca en conjunto destinados a la distribución de potencia en baja tensión siendo las normas referentes para desarrollar tableros conforme a la norma son IEC 61439-1/2.

Este documento busca implementar una guía de diseño, que presente de manera clara y detallada el procedimiento a seguir por una persona calificada en el área de ingeniería aplicada, el desarrollo técnico previo a la fabricación de un conjunto cumpliendo con la norma IEC 61439-1/2 y la verificación del diseño planteado.

El desarrollo de esta guía de diseño parte de la validación de la resistencia de los materiales y consideraciones debidas a la corrosión, las propiedades de los materiales aislantes, resistencia a la elevación altimétrica, impacto mecánico, validación del grado de protección IP y la compatibilidad electromagnética. De esta manera la guía define el resto de las características que definen al tablero acorde con lo que establece la IEC 61439, realizando las pruebas, verificaciones de diseño y/o cálculos pertinentes.

El presente documento presenta las pautas para la elaboración del diseño de los tableros, presentando el procedimiento a seguir de acuerdo a las características del conjunto que se desea fabricar, considerando los datos técnicos de las unidades funcionales para realizar la respectiva disposición física dentro la envolvente, cumpliendo con las exigencias de aumento de temperatura, resistencia al nivel de cortocircuito elegido, nivel de aislamiento y líneas de fuga deseado en función de las distancias de diseño seleccionadas; entre otros aspectos importantes que se vinculan al diseño de un conjunto totalmente armado como lo es la validación de los diseños planteados conforme lo establece la IEC 61439.

**Palabras Claves:** Conjunto totalmente armado, distribución de potencia en baja tensión, verificaciones de diseños.

## ABSTRACT

The IEC 61439 is a standard defined by the International Electrotechnical Commission (IEC) guided to optimizing the production and functioning of low-voltage switchgear and controlgear assembly system.

About, all fields with an electric board from all metalworking features, operational and functional electrical part until the point of transport, storage and installation.

The IEC 61439 is applicable to installations in low-voltage to 1000 Vac or 1500 V for direct current, and seeks to secure the safety of the installation and humans. The standardization of assembly possible assemblies with ease of maintenance intervention together the board energized.

For compliance with the standard, this provides that depending on the type assemblies the following: Each electric board must meet two main rules to determine their requirements and methods of verification; this document is focused to power distribution of low-voltage according to standard IEC 61439-1/2.

As the object of this paper is to implement a design guide, clear and detailed steps for a qualified person who knows the subject, the technical development before his fabrication.

The development of this design guide part of the validation of the strength of materials and corrosion considerations due to the properties of insulating materials , resistance to lifting, mechanical impact, validation IP degrees protection and electromagnetic compatibility.

This document presents guidelines for the design development boards, presenting the procedure according to the characteristics of the assembly to be manufactured , considering the technical data of the functional units to the respective physical layout within the enclosure, complying with the requirements of temperature rise, resistance to short-circuit, dielectric properties and other aspects important established by the standard IEC 61439.

**Keywords:** low-voltage switchgear and controlgear, power distribution and designs verifications

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas eléctricos de uso final requieren de un punto de conexión y control para su correcto funcionamiento y monitoreo. Estos sistemas se encuentran consolidados dentro de un Conjunto que comúnmente integra las protecciones, barrajes y equipos de maniobra asociados al sistema.(3)

En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas colombiano vigente se presenta la normativa actual referente a los requisitos que se deben considerar al momento de hacer el ensamble de un Conjunto eléctrico (Celdas o Tableros). En la actualidad este proceso es certificado a nivel nacional por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del sector eléctrico (CIDET) en cumplimiento de la Norma IEC 60439, sin embargo esta norma quedará derogada para el 31 de Octubre de 2014. Teniendo en cuenta lo anterior, la nueva normativa IEC 61439 que surge a raíz de modificaciones y correcciones realizadas a la norma IEC 60439, en donde se señala dentro de sus partes recomendaciones que aún no han sido tomadas en cuenta por el reglamento vigente (RETIE) y que este deberá incluir dentro de sus normativas. Sin embargo a la fecha actual y teniendo presente que en menos de un año se hará vigente esta normativa, se hace necesaria la actualización y redireccionamiento por parte de la empresa para el correcto desarrollo ingenieril en el que basa su proceso de producción. En base a esta necesidad surgida en la empresa K&V INGENIERIA LTDA nace la inquietud sobre: *¿Cómo están las empresas actualmente en Colombia respecto al cumplimiento completo de lo establecido en la norma IEC 61439?*

Adicionalmente a todo esto, la gran variación que existe entre un Conjunto de Distribución de Potencia destinado a cumplir una función en particular (Cargas y elementos específicos) y otro Conjunto (Cargas y elementos diferentes) debido a que todos los sistemas eléctricos de potencia son totalmente diferentes, surge debido al desgaste por el que se ve afectada la etapa de diseño, la necesidad de contar con un manual de procedimientos que establezca una guía a seguir por parte del departamento de producción de la empresa K & V INGENIERIA LTDA para la fabricación de Conjuntos Totalmente armados fundamentándose de lo que establece la Norma IEC 61439.

La empresa K & V INGENIERIA LTDA como empresa líder en la región Caribe Colombiana se encuentra preocupada porque sus procesos de fabricación y ensamble cumplan con esta necesidad que exigirá el mercado. Para tal efecto *¿Es posible proponer para esta empresa un manual basado en la IEC 61439-1,2 que permita establecer un procedimiento para el diseño de celdas de baja tensión?*

## **1.2.OBJETIVOS**

### **1.2.1.Objetivo General:**

Diseñar un manual de procedimientos para la fabricación y ensambles de Conjuntos totalmente armados en baja tensión basados en lo establecido por la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2 para la empresa K&V INGENIERÍA LTDA.

### **1.2.2.Objetivos Específicos:**

- Revisar el estado del arte de la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2.
- Caracterizar el proceso de fabricación de los Conjuntos en la empresa K&V INGENIERÍA LTDA.
- Diseñar los componentes mecánicos y eléctricos pertinentes para la nueva línea de Conjuntos totalmente armados conforme a la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2 para la empresa K&V INGENIERÍA LTDA.
- Elaboración del Manual de procedimientos para la nueva línea de Conjuntos totalmente armados en baja tensión basado en la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2 para la empresa K&V INGENIERÍA LTDA.

### **1.3.JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad en Colombia las empresas relacionadas con el diseño y ensamble de Conjuntos en baja tensión se ciñen por lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) en el capítulo III, artículo 17, párrafo 17.9 ; el cual se soporta básicamente en lo que dice la norma IEC 60439, recibiendo la certificación específica por parte de CIDET, pero al observar que esta norma esta próxima a caducar el 31 de octubre del 2014 y que la empresa K&V INGENIERIA se encuentra presente en el mercado internacional, se hace necesaria la implementación de un procedimiento completo y actualizado que permita la realización del ensamble de Conjuntos en baja tensión en concordancia con un estándar internacional para el caso IEC 61439. Por otra parte también, tomando como referencia que los sistemas de potencia difieren unos de otros debido a sus características propias particulares, surge otra necesidad, que resulta del desgaste con el que actualmente se lleva a cabo la etapa de diseño de los Conjuntos totalmente armados en baja tensión. El proceso de diseño se enfoca en conocer con claridad las características y parámetros eléctricos y mecánicos de los dispositivos a ubicar dentro de la envolvente para de esta manera definir la disposición física, la conexión entre ellos y la forma de soportar tales elementos. Pero teniendo en cuenta la gran desviación existente entre cada sistema de potencia ese proceso se hace todas las veces de igual forma para cada conjunto en particular, lo que hace de esta etapa un proceso desgastante y de ineficiencia en cuanto a tiempo fabricación del Conjunto.

Puesto a todo lo mencionado a priori se prevé la necesidad de la elaboración de un manual procedimientos que permita establecer una guía para el mejoramiento y fortalecimiento del proceso de diseño, en el que se consolide una tendencia de fabricación de los Conjuntos totalmente armados con la elaboración de nuevos diseños que apunten a la estandarización de las partes que los componen. Todo esto apunta a la minimización de los tiempos diseño y a la mitigación del desgaste que esto conlleva, debido que al entrar en un profundo análisis de la situación se observó claramente que el foco del problema se encuentra en las unidades funcionales teniendo en cuenta que las características del sistema de potencia a controlar repercuten en características de dichas unidades funcionales tales como son sus variables eléctricas y principalmente la variación en sus dimensiones. Partiendo desde ese punto se plantea la estandarización de las partes constructivas con diseños innovadores cumpliendo a su vez con que establece la Norma IEC 61439 en sus partes 1 y 2. Lo que hace primordial que la empresa K&V ingeniería cuente en sus procesos de diseño y ensamblaje de Conjuntos en baja tensión con una guía que permita definir con claridad las pautas y pasos a seguir para llevar a cabo el desarrollo de los conjuntos, para proponer una solución es necesario partir de los aspectos importantes del Conjunto como son la configuración, disposición física, conexión de equipos, tipo segregación interna de los elementos, los efectos eléctricos, mecánicos y térmicos dentro de la envolvente entre otros aspectos importantes a los que debe hacer alusión para el cumplimiento con la normativa. El manual de procedimiento basado en el estándar IEC 61439, Parte 1 y Parte 2

es de vital importancia para la empresa debido a que propondrá un completo y actualizado mejoramiento del procedimiento de fabricación y ensamble de Conjuntos en baja tensión y así contar con su certificación.

## CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Conjuntos Eléctricos

Para efectos del presente Capitulo, los productos llamados Tableros, Cuadros, Gabinetes Armarios, Paneles, Consolas, se denominaran Conjuntos cuando sean de baja tensión de acuerdo como lo estipula la Norma IEC 61439, Parte 1.(4)(5)

#### 2.1.1. Definición:

Un Conjunto eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un Conjunto eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Las Figuras 1 y 2 presentan las partes externas (Envolvente) e internas (Unidades funcionales) de un Conjunto, respectivamente.

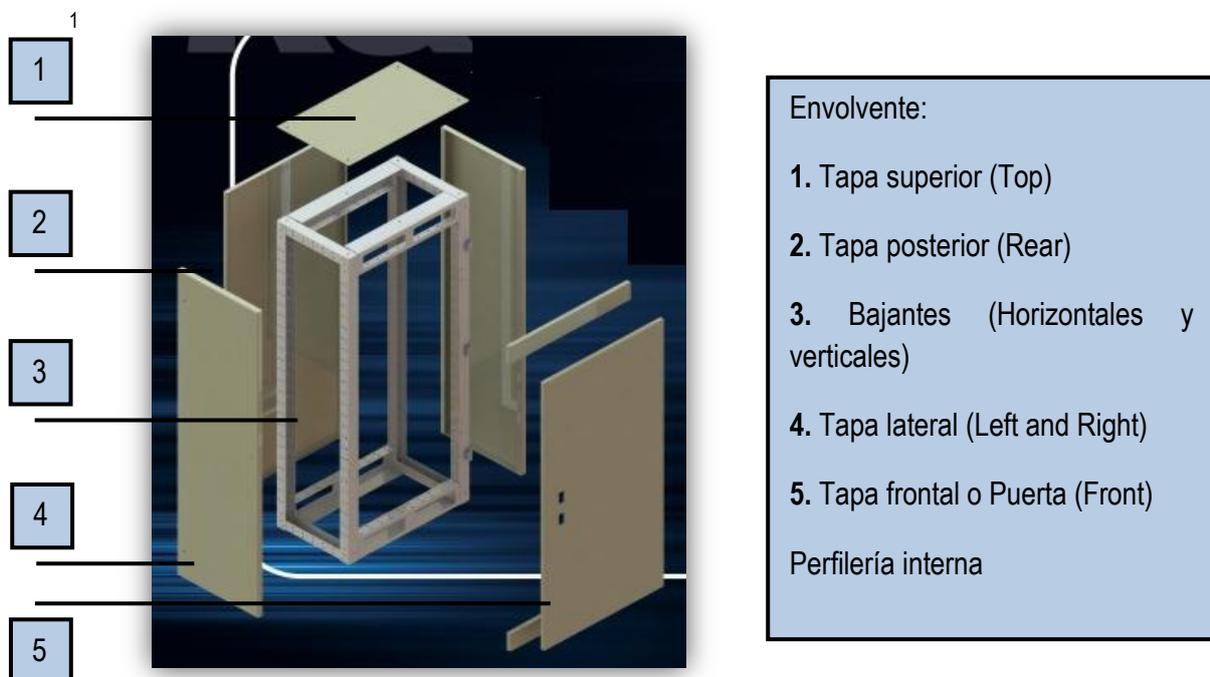
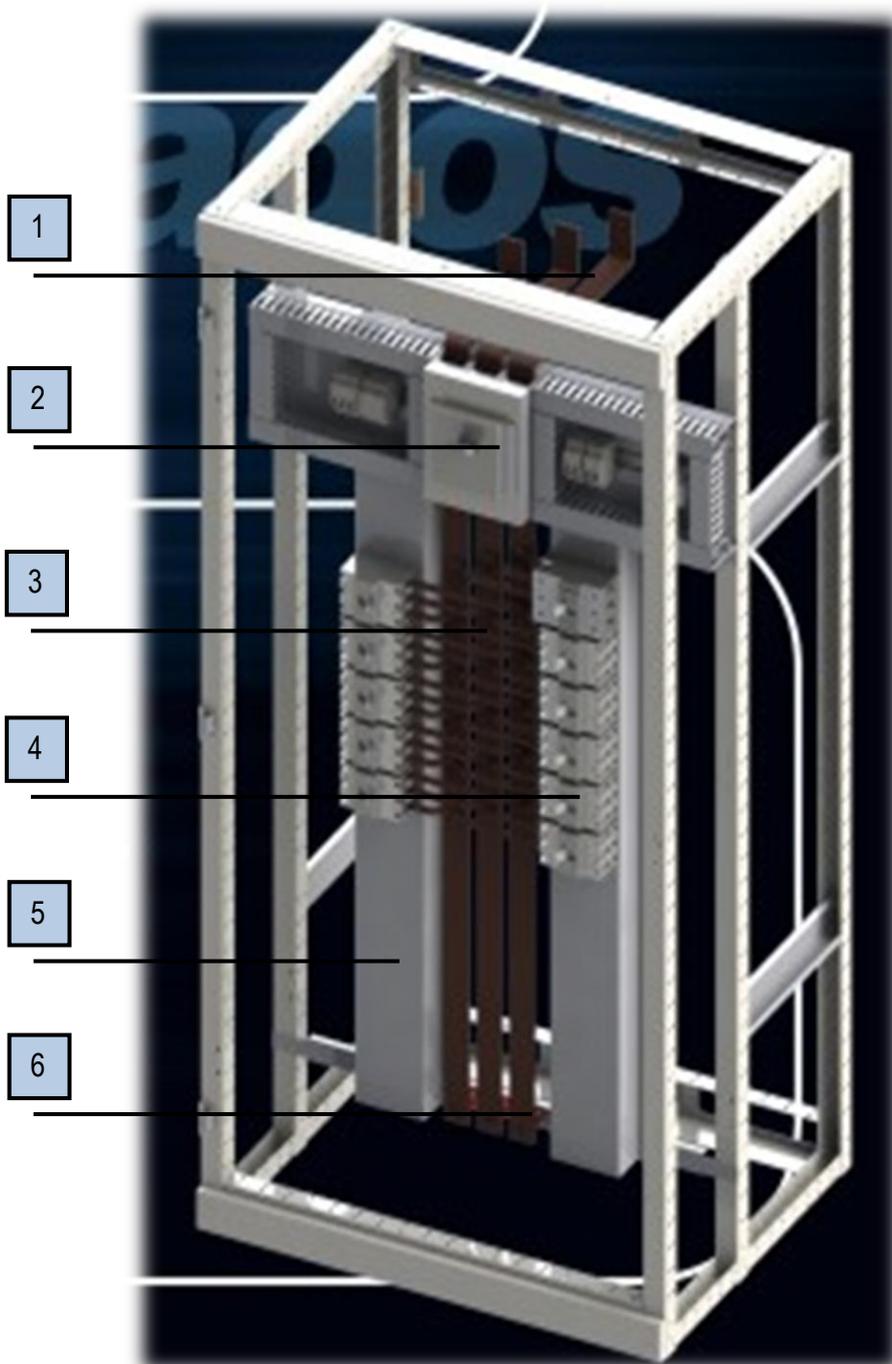


Figura1. Partes estructurales de los Conjuntos

<sup>1</sup> Figura adaptada de la referencia: (37) (36)



Unidades funcionales:

1. Embarrado de alimentación
2. Interruptor principal o Totalizador (Principal Breaker)
3. Embarrado de distribución
4. Interruptores parciales (Breaker)
5. Bandejas
6. Aisladores o soportes de barras (busbar support)

2

Figura2. Partes funcionales de los Conjuntos

<sup>2</sup> Figura adaptada de la referencia: (1)

### 2.1.2. Clasificación de los Conjuntos:

Los Conjuntos Eléctricos se clasifican según su ubicación y función, dentro de los cuales tenemos:

**Conjuntos generales:** Son los Conjuntos principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que se encargan de censar la correcta operación de los alimentadores del sistema en específico, estos permiten que toda la instalación interior pueda funcionar de forma conjunta o fraccionada.(6)(7)

**Conjuntos generales auxiliares:** Son Conjuntos que serán alimentados desde un Conjunto general y desde ello se protegen y operan sub.-alimentadores que alimentan Conjuntos de distribución.(6)(8)



Figura 3. Conjuntos de distribución

**Conjuntos de distribución:** Son Conjuntos que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. Pueden ser alimentados desde un Conjunto general, desde un Conjunto general auxiliar o directamente desde el empalme.(6)(9)

**Conjunto de paso:** Son Conjuntos que contienen fusibles cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente al alimentador, sub.-alimentador o línea de distribución del la cual está tomada.(6)

**Conjunto de comando:** Son Conjuntos que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar en forma simultánea sobre artefactos individuales o grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.(6)(10), Véase Figura 4.

---

<sup>3</sup>Figura adaptada de la referencia: <http://limacallao.olx.com.pe/tableros-de-distribucion-iid-373240955>



Figura 4. Centro de control de motores

**Conjuntos centro de control:** Son Conjuntos que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos en forma individual, en conjunto, en sub-grupos en forma programada o no programada.(6)(7)

Además, de acuerdo al uso de la energía eléctrica, encontramos:

- Conjuntos de alumbrado
- Conjuntos de fuerza
- Conjuntos de calefacción
- Conjuntos de control
- Conjuntos de señalización

## **2.2.Generalidades de la Norma IEC 61439 para Conjuntos totalmente armados.**

La IEC 61439 es la norma que rige actualmente el diseño y fabricación de Conjuntos eléctricos con el fin de tener mejor funcionalidad, confiabilidad y seguridad para el personal.

En lo referido a las normas, se ha producido un cambio con la sustitución de la antigua norma IEC 60439-1 por las normas IEC 61439-1 e IEC 61439-2. Estas normas son aplicables a todos los CONJUNTO de distribución y control de baja tensión (aquellos en los que la tensión nominal no supera los 1000 V para CA o los 1500 V para CC).

En este documento, el término "CONJUNTO" se utiliza para hacer referencia a un conjunto de equipos de protección y maniobra de baja tensión.

---

<sup>4</sup> Figura adaptada de la referencia: <http://limacallao.olx.com.pe/tableros-de-distribucion-iid-373240955>

A continuación se describirán las principales innovaciones y cambios introducidos en las nuevas normas en lo relativo a estructura, definiciones y contenido (por ejemplo, métodos de verificación de CONJUNTOS y condiciones de aplicación correspondientes), prestando especial atención a la verificación del rendimiento en cuanto a: límites de sobretensión, resistencia a cortocircuitos y propiedades dieléctricas.

El nuevo grupo de normas, identificado por la IEC con el código **61439**, está compuesto por la norma básica **61439-1** y las normas específicas que hacen referencia a la tipología de los CONJUNTOS. La primera norma aborda las características, propiedades y rendimiento comunes a todos los CONJUNTOS.

Esta es la estructura actual de la nueva norma **IEC 61439**:

**IEC 61439-1:** “CONJUNTOS de distribución y maniobra de baja tensión - Parte 1: “Reglas generales”.

**IEC 61439-2:** “CONJUNTOS de distribución de potencia y maniobra”.

**IEC 61439-3:** “CONJUNTOS de distribución”.

**IEC 61439-4:** “CONJUNTOS para obras”.

**IEC 61439-5:** “CONJUNTOS para distribución de potencia en redes públicas”.

**IEC 61439-6:** “Sistemas de canalización para embarrado”.

Con este fin, la norma introduce tres tipos de verificación distintos pero equivalentes (verificación de diseño) de los requisitos de conformidad de un CONJUNTO; se trata de:

Verificación mediante pruebas en laboratorio (anteriormente denominada pruebas de tipo y ahora verificación mediante pruebas).

Verificación mediante cálculo (empleando algoritmos antiguos y nuevos).

Verificación mediante el cumplimiento de las normas de diseño (análisis y consideraciones independientes de las pruebas; verificación mediante criterios analíticos o deducciones de diseño).

Tabla 1. Lista de verificaciones de diseño a realizar, Norma IEC 61439-1

N°	Característica a ser verificada	Apartado	Opciones de verificación disponibles		
			Verificación mediante ensayo	Verificación mediante calculo	Verificación mediante regla de diseño
1	Resistencia de los materiales y las partes: Resistencia a la corrosión	10.2	SI	NO	NO
		10.2.2			
	Propiedades de los materiales aislantes: Estabilidad térmica	10.2.3	SI	NO	NO
	Resistencia del material aislante al calor normal	10.2.3.1	SI	NO	NO
	Resistencia al calor anormal y al fuego debido a efectos eléctricos internos	10.2.3.2	SI	NO	NO
		10.2.3.3			
		10.2.4	SI	NO	NO
	Resistencia a la radiación UV	10.2.5	SI	NO	NO
	Elevación	10.2.6	SI	NO	NO
	Impacto mecánico	10.2.7	SI	NO	NO
	Marcado				
2	Grado de protección de las envolventes	10.3	SI	NO	SI
3	Distancias de aislamiento y líneas de fuga	10.4	SI	SI	SI
4	Protección contra los choques eléctricos e integridad del circuito de protección:	10.5			
	Eficacia de la continuidad entre las partes conductoras expuestas del CONJUNTO y el circuito de protección	10.5.2	SI	NO	NO
	Eficacia del CONJUNTO ante fallos externos	10.5.3	SI	SI	SI
5	Incorporación de componentes y dispositivos de conexión	10.6	NO	NO	SI
6	Circuitos eléctricos internos y conexiones	10.7	NO	NO	SI
7	Bornes para conductores externos	10.8	NO	NO	SI
8	Propiedades dieléctricas:	10.9			
	Tensión soportada a frecuencia industrial	10.9.1	SI	NO	NO
	Tensión soportada al impulso	10.9.2	SI	NO	SI
9	Límites de calentamiento	10.10	SI	SI	SI
10	Resistencia soportada a cortocircuito	10.11	SI	SI	SI
11	Compatibilidad electromagnética (CEM)	10.12	SI	NO	SI
12	Funcionamiento mecánico	10.13	SI	NO	NO

Como puede observarse, en algunas características, como la resistencia a la corrosión o a los impactos mecánicos, solamente se acepta la verificación mediante pruebas; en otras, como la sobretensión y los cortocircuitos, se aceptan las tres formas de verificación: pruebas, cálculo o normas de diseño.

La lista de verificaciones de diseño requerida por la norma bajo la responsabilidad del fabricante "original", quien, conforme a la Tabla 1.1, deberá decidir como las lleva a cabo, es la siguiente:

Verificación de las características relativas a la construcción:

- Resistencia de los materiales y partes del CONJUNTO;
- Grados de protección IP del CONJUNTO;
- Distancias de aislamiento (en aire y superficialmente);
- Protección contra descarga eléctrica e integridad de los circuitos de protección;
- Instalación de dispositivos y componentes de maniobra;
- Circuitos y conexiones eléctricas internas;
- Terminales para conductores externos.

Verificación de las características relativas al rendimiento:

- Propiedades dieléctricas (rigidez dieléctrica a 50 Hz y tensión soportada a impulsos);
- Verificación de los límites de sobretensión;
- Resistencia a cortocircuitos;
- Compatibilidad electromagnética (EMC);
- Funcionamiento mecánico.

Estas verificaciones pueden llevarse a cabo en cualquier orden. El hecho de que las verificaciones particulares sean llevadas a cabo por el fabricante del "CONJUNTO" no exime al instalador de verificarlos después del transporte e instalación del CONJUNTO. Los principales cambios y

novedades, introducidos por la norma IEC 61439 con respecto a la anterior IEC 60439, pueden resumirse en los diagramas de la Figura:

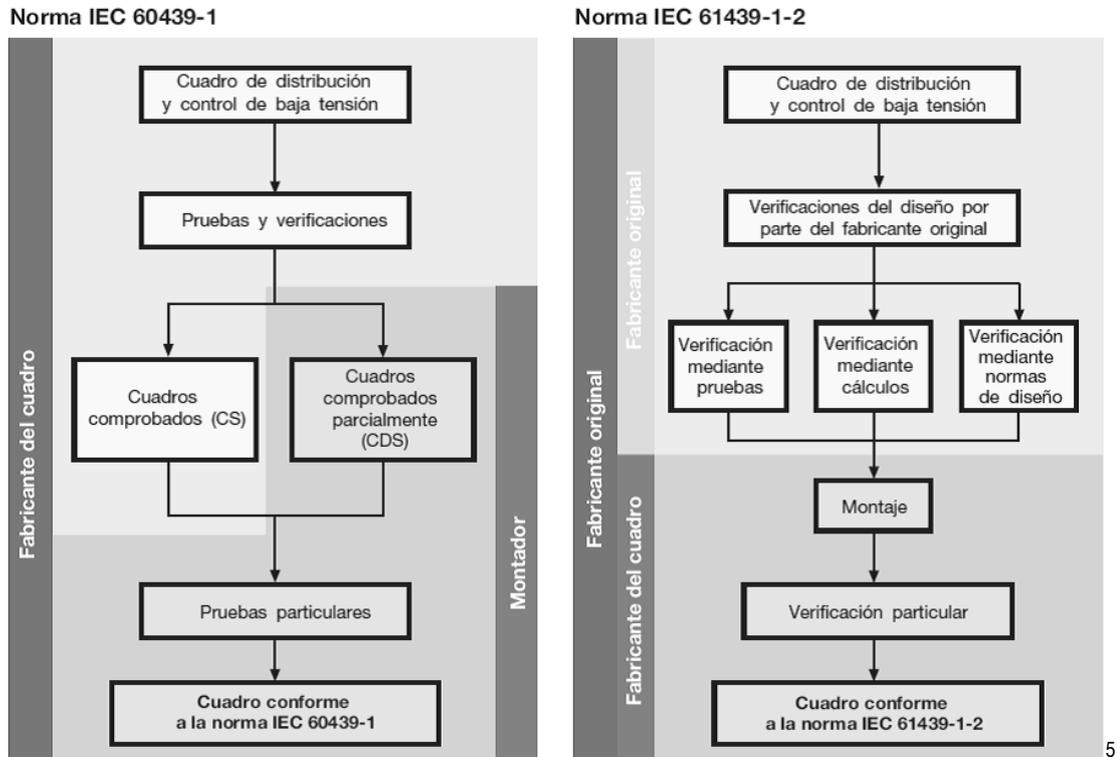


Figura5. Cuadro comparativo IEC 60439 vs IEC 61439

### 2.2.1.Requisitos Constructivos y de Diseño:

Los requisitos constructivos y de diseño son especificaciones que exige la norma con el fin de armonizar las reglas para todos los conjuntos, mejorar la seguridad, para así mejorar la continuidad del servicio en las instalaciones eléctricas. Dentro de estas especificaciones y clarificaciones que estipula la Norma IEC 61439-1 encontramos las siguientes:

**Protección contra la corrosión:**La protección contra la corrosión debe asegurarse utilizando materiales apropiados o mediante barnices protectores en las superficies expuestas, teniendo en cuenta las condiciones previstas normales de servicio. Es realizado de acuerdo al Ensayo del apartado 10.2.2 de la Norma IEC 61439.(1)(11)(12)(13)

**Resistencia de los materiales aislantes al calor anormal y al fuego debido a los efectos eléctricos internos:***Ensayo del hilo incandescente* en el apartado 10.2.3.3, para componentes menores a dimensiones superficiales de 14mm x 14mm se debe emplear un ensayo alternativo: *Ensayo de la llama de aguja* de acuerdo a la Norma IEC60695-11-5.(1)(14)

<sup>5</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (2)

**Protección contra los impactos mecánicos (Código IK):** Ensayo del apartado 10.2.6 de acuerdo a la Norma IEC 62262.(1)(15)

**Protección contra el contacto con las partes activas, el acceso de cuerpos sólidos extraños y líquidos (Código IP):** Ensayo del apartado 10.3 de acuerdo a la Norma IEC 60529.(1)(2)(16)

- Para CONJUNTOS destinados a ser utilizados en el interior y para los cuales no se precisa ningún requisito de protección contra la penetración de agua, se recomienda: **IP 00, IP 2X, IP 3X, IP 4X, IP 5X, IP 6X.**
- El grado de protección de la envolvente de un CONJUNTO debe ser al menos **IP 2X.**  
EL grado de protección proporcionado por la cara frontal de un CONJUNTO abierto con protección frontal debe ser al menos un **IP XXB.**
- En caso de instalaciones en el exterior y que no tengan ninguna protección suplementaria, la segunda cifra característica debe ser como mínimo de 3.
- No se pueden dar grados de IP a menos que no se hayan realizado las verificaciones apropiadas.

**Distancias de aislamiento y líneas de fuga:** Están basados en los principios de la Norma IEC 60664-1, destinados a proporcionar coordinación de aislamiento con la instalación.(1)(17)

- Para dimensionar las distancias de aislamiento y las líneas de fuga entre circuitos separados, se deben utilizar las tensiones asignadas más altas (tensión asignada soportada al impulso para las distancias de aislamiento y tensión asignada de aislamiento para las líneas de fuga).
- Las distancias de aislamiento y las líneas de fuga se aplican entre **fase y fase, fase y neutro** y, excepto cuando un conductor está conectado directamente a tierra, entre **fase y tierra y neutro y tierra.**

El efecto de un cortocircuito inferior o igual a las características declaradas para el CONJUNTO no debe reducir de manera permanente las distancias de aislamiento o las líneas de fuga entre los juegos de barras y/o conexiones por debajo de las especificadas para el CONJUNTO. La deformación de componentes de la envolvente o de separaciones internas, barreras y obstáculos debido a un cortocircuito no debe reducir

permanentemente las distancias de aislamiento o las líneas de fuga por debajo de aquellas especificadas en el Ensayo del apartado 10.11.5.5 de la Norma IEC 61439.(1)

**Distancias de aislamiento:** Deben ser como las especificadas en la tabla 1 a menos que los ensayos de verificación del diseño y los ensayos de tensión soportada al impulso (Uimp) se lleven a cabo de acuerdo con los apartados 10.9.3 y 11.3, respectivamente. El método para verificar las distancias de aislamiento por medición se da en el anexo F. (1)(2)

**Líneas de fuga:** El fabricante original debe seleccionar la tensión o tensiones de aislamiento asignadas ( $U_i$ ) para los circuitos del CONJUNTO para el cual deben determinarse las líneas de fuga. Paracualquier circuito dado la tensión asignada de aislamiento no debe ser menor que la tensión asignada de empleo ( $U_e$ ). (1)(2)

- Las líneas de fuga no deben ser menores que la distancia de aislamiento mínima asociada, en ningún caso. (1)(2)
- Las líneas de fuga deben corresponder con un grado de contaminación especificados en la norma (1, 2, 3 o 4). (1)(2)
- Las líneas de fuga deben corresponder para el grupo de material correspondiente a la tensión asignada de aislamiento en la tabla 2. (1)(2)

El método para verificar las líneas de fuga por medición se da en el anexo F. (1)(2)

**Protección contra el choque eléctrico:** Los aparatos y los circuitos dentro del CONJUNTO deben estar dispuestos de forma que faciliten su operación y mantenimiento y, al mismo tiempo, aseguren el grado de seguridad necesario. (1)(2)

**Protección principal:** Destinada a prevenir el contacto directo con las partes activas peligrosas. La protección principal puede conseguirse mediante medidas constructivas apropiadas del CONJUNTO en sí mismo o por medidas que se realicen durante el ensamble. (1)(2)

**Protección principal proporcionada por el material aislante:** Las partes activas peligrosas deben estar cubiertas completamente con aislamiento que solo pueda quitarse destruyéndolo. El aislamiento se debe realizar mediante materiales aislantes adecuados capaces de resistir de forma duradera los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos a los cuales puedan estar sometidos en servicio. Las pinturas, barnices y placas, por sí mismos, no se consideran que satisfacen los requisitos de una protección principal. (1)(2)

**Barreras o envolventes:** Las partes activas aisladas al aire deben estar en el interior de envolventes o detrás de barreras que proporcionen un grado de protección de al menos IP XXB. Las superficies horizontales superiores accesibles a las envolventes que tengan una altura igual o menor de 1,6 m por encima del suelo, debe proporcionar un grado de protección de al menos IP XXD.(1)(2)

**Protección por desconexión automática de la alimentación:** Cada CONJUNTO debe tener un conductor de protección para facilitar la desconexión automática de la alimentación para:

- Protección contra las consecuencias de defectos dentro del CONJUNTO (por ejemplo, un fallo del aislamiento principal).(1)(2)
- Protección contra las consecuencias de defectos en circuitos externos alimentados a través del CONJUNTO (por ejemplo, un fallo del aislamiento principal).(1)(2)

**Requisitos para la continuidad de tierra proporcionando la protección contra las consecuencias de defectos dentro del CONJUNTO:** Todas las partes conductoras accesibles del CONJUNTO deben interconectarse juntas y al conductor de protección de la alimentación o mediante un conductor de tierra a la instalación de puesta a tierra.(1)(2)

Estas interconexiones pueden lograrse o bien mediante conexiones metálicas roscadas, soldaduras u otras conexiones conductoras o bien con un conductor de protección separado. Para el caso de un conductor de protección separado se debe aplicar la tabla 3. El método para verificar la continuidad de la tierra entre las partes conductoras accesibles del CONJUNTO y los circuitos de protección se da en el Ensayo del apartado 10.5.2.(1)(2)

Requisitos para los conductores de protección proporcionando la protección contra las consecuencias de defectos en circuitos externos alimentados a través del CONJUNTO: Un conductor de protección dentro de un CONJUNTO debe estar diseñado para ser capaz de soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos más altos que aparezcan como consecuencia de defectos en los circuitos exteriores en el lugar de la instalación que están alimentados a través del CONJUNTO.(1)(2)

- Las partes conductoras estructurales pueden utilizarse como conductor de protección o como parte de él.

- Salvo cuando la verificación de la resistencia al esfuerzo de cortocircuito no sea requerida de acuerdo con el apartado 10.11.2, se debe realizar una verificación de acuerdo con el apartado 10.5.3.(1)(2)
- La sección de los conductores de protección (PE, PEN) en un CONJUNTO al cual deben conectarse los conductores exteriores no debe ser menor que el valor calculado con la ayuda de la fórmula indicada en el anexo B usando la corriente de falta más alta y duración que pueda ocurrir teniendo en cuenta la limitación del dispositivo de protección de cortocircuitos (SCPD) que protege los correspondientes conductores activos (Ensayo del apartado 10.11.5.6). (1)(2)

Para los conductores PEN, se deben aplicar los requisitos complementarios siguientes:

- La sección mínima debe ser de 10 mm<sup>2</sup> de cobre o de 16 mm<sup>2</sup> de aluminio.(1)
- El conductor PEN debe tener una sección no menor que la que es requerida para el conductor neutro. (1)
- No es necesario que los conductores PEN estén aislados dentro del CONJUNTO.(1)
- Las piezas de estructura no deben utilizarse como conductor PEN. Sin embargo, está autorizado utilizar los raíles de montaje de cobre o aluminio como conductores PEN.(1)(2)

**Protección por aislamiento total:** La protección por aislamiento total contra los contactos indirectos debe cumplir los requisitos siguientes:

- Los aparatos deben estar totalmente envueltos en material aislante lo que es equivalente a aislamiento doble o aislamiento reforzado. La envolvente debe llevar el símbolo  que debe ser visible desde el exterior.(1)(2)
- La envolvente no debe atravesarse en ningún punto por partes conductoras de modo que exista la posibilidad de que una tensión de defecto sea transmitida al exterior de la envolvente.(1)(2)

- La envolvente, cuando el CONJUNTO está listo para funcionar y conectado a la alimentación, debe envolver todas las partes activas, las partes conductoras accesibles y todas las partes pertenecientes al circuito de protección, de forma tal que no puedan ser tocadas. La envolvente debe procurar un grado de protección mínimo de IP 2XC (Norma IEC 60529).(1)(2)
- Las partes conductoras accesibles en el interior del CONJUNTO no deben conectarse al circuito de protección, es decir, no deben ser objeto de una medida de protección que implique el uso de un circuito de protección. Esto se aplica también a los aparatos incorporados, aunque tengan un borne de conexión para un conductor de protección.(1)(2)
- Si las puertas o cubiertas de la envolvente se pueden abrir sin necesidad de llaves o herramientas, debe incluirse un obstáculo de material aislante que proporcione una protección contra contacto accidental.(1)(2)

**Limitación de la corriente de contacto permanente y carga eléctrica:** Si un CONUNTO contiene materiales que puedan conservar corrientes permanentes y cargas eléctricas después de estar desconectados (condensadores, etc.), será necesario colocar una placa de aviso.(1)

**Condiciones de funcionamiento y mantenimiento:**La protección contra cualquier contacto con las partes activas debe mantenerse cuando los equipos sean utilizados o cuando se reemplacen componentes. El conjunto debe estar construido de tal manera que ciertas operaciones, sometidas a acuerdo entre el fabricante del CONJUNTO y el usuario, puedan llevarse a cabo cuando el CONJUNTO está en servicio y bajo tensión. (Inspecciones visuales, la regulación y rearme de relés, disparadores y dispositivos electrónicos, la reposición de elementos fusibles, la reposición de las lámparas de señalización y ciertas operaciones a la localización de defectos).(1)

**Accesibilidad:** Los dispositivos de regulación y de rearme que deben maniobrarse en el interior del CONJUNTO deben ser fácilmente accesibles.

- Las unidades funcionales montadas sobre el mismo soporte (placa de montaje, bastidor) y sus bornes para los conductores externos deben estar dispuestas para ser accesibles durante el montaje, el cableado, el mantenimiento y la sustitución.(1)

A menos que no haya un acuerdo distinto entre el fabricante del CONJUNTO y el usuario, son aplicables los requisitos asociados con los CONJUNTOS montados sobre suelo:

- Los bornes, excluyéndose los bornes para los conductores de protección deben estar colocados a 0,2 m como mínimo de la base de los CONJUNTOS y, además, colocados de tal forma que los cables puedan ser fácilmente conectados a ellos.(1)
- Los instrumentos de indicación que necesiten leerse por el operador deben colocarse dentro de una zona de entre 0,2 m y 2,2 m sobre la base del CONJUNTO.(1)
- Los dispositivos de mando tales como empuñaduras, pulsadores o similares deben estar situados a una altura a la que sean maniobrados con facilidad.(1)
- Los dispositivos de paro de emergencia deben estar accesibles dentro de una zona de entre 0,8 m y 1,6 m sobre la base del CONJUNTO.(1)

**Barreras:** Para los dispositivos de conexión con mando manual deben estar diseñadas de tal forma que los arcos originados durante el corte no presenten peligro para el operador.(1)

**Conductores desnudos y aislados:** Las conexiones de las piezas recorridas por la corriente no deben sufrir modificaciones inadmisibles, como resultado de un calentamiento normal, del envejecimiento de los materiales aislantes y de las vibraciones que puedan producirse en servicio normal.(1)

Efectos de la dilatación térmica y de la acción electrolítica entre metales diferentes.

- Los efectos de la resistencia de los materiales a las temperaturas alcanzadas.(1)
- Las conexiones entre las piezas recorridas por la corriente deben establecerse por medios que aseguren una presión de contacto suficiente y duradero.(1)
- Si la verificación del calentamiento se lleva a cabo en base a ensayos (10.10.2) la selección de los conductores y de sus secciones utilizadas dentro del CONJUNTO debe ser responsabilidad del fabricante del CONJUNTO.(1)

Si la verificación del calentamiento se hace siguiendo las reglas del apartado 10.10.3, los conductores deben tener una sección mínima de acuerdo con la Norma IEC 60364-5-52. En las tablas incluidas en el anexo H se dan unos ejemplos de cómo adaptar esta norma a las condiciones dentro del CONJUNTO. Además de la corriente admisible en los conductores, la selección tendrá en cuenta:

- Los esfuerzos mecánicos a los que puede estar sujeto el CONJUNTO.(1)
- El método utilizado para tender y asegurar los conductores.(1)
- El tipo de aislamiento.(1)
- El tipo de componentes que se conecten (por ejemplo, aparata de acuerdo con la familia de Normas IEC 60947, dispositivos o equipos electrónicos).(1)

En el caso de aislamiento solido o conductores flexibles:

- Deben estar dimensionados como mínimo para la tensión asignada de aislamiento del circuito correspondiente.(1)
- Los conductores que conectan dos puntos de terminación no deben tener una unión intermedia, por ejemplo una soldadura o un empalme.(1)

**Selección e instalación de conductores no protegidos activos para reducir la posibilidad de cortocircuitos:** Los conductores activos en un CONJUNTO que no estén protegidos por dispositivos de protección contra cortocircuitos deben elegirse e instalarse a través del CONJUNTO completo de tal manera que un cortocircuito interno entre fases o entre fase y tierra sea una posibilidad remota. *Se dan ejemplos de tipos de conductor y requisitos de instalación en la tabla 4.*(1)

Los conductores activos no protegidos seleccionados e instalados según la tabla 4 y teniendo un SCPD en el lado de carga no debe exceder de 3 m de longitud.(1)

**Bornes para conductores externos:** El fabricante del CONJUNTO debe indicar si los bornes son para conductores de cobre o de aluminio, o para ambos. Los bornes deben ser tales que los conductores externos puedan conectarse por algún procedimiento (tornillos, conectores, etc.) que asegure permanentemente la presión de contacto necesaria correspondiente al valor asignado de la corriente y a la resistencia de los esfuerzos de cortocircuito.(1)

En ausencia de un acuerdo especial entre el fabricante y el usuario, los bornes deben ser capaces de admitir los conductores y los cables de cobre, desde las secciones más pequeñas hasta las más grandes correspondientes a las corrientes asignadas apropiadas (anexo A).(1)

## 2.2.2.Pruebas y Verificaciones:

### PRUEBAS TIPO

**Propiedades dieléctricas:** Las pruebas dieléctricas revisan los niveles de rendimiento de aislamiento para la tensión máxima de funcionamiento. Que se llevan a cabo a la frecuencia industrial de 50 Hz.(1)

**Resistencia al cortocircuito:** Las pruebas realizadas asegurar la resistencia de barras y de sus soportes, de última hora y los dispositivos de protección y recintos a estrés térmico y electrodinámica.(1)

**Formas de segregación interna:**La forma de segregación es el tipo de subdivisión prevista en el interior del cuadro.La segregación mediante barreras o tabiques (metálicos o aislantes) está destinada a:

- Garantizar la protección contra los contactos directos.
- Reducir la probabilidad de formación y propagación de un arco interno.
- Impedir el paso de cuerpos sólidos de una parte a otra del cuadro.

Formas de segregación con barreras o tabiques:

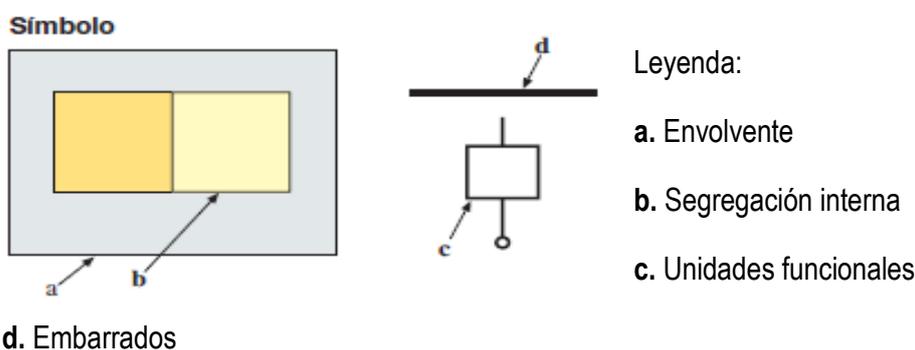
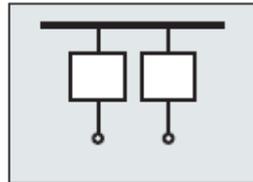


Figura6. Leyenda de las formas de segregación interna

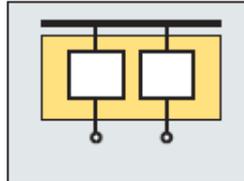
<sup>6</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (2)

**Forma 1**  
(Sin segregación interna)

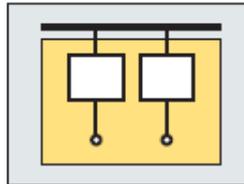


**Forma 2**  
(Segregación del embarado de distribución de las unidades funcionales)

**Forma 2a**  
Terminales sin separar del embarado



**Forma 2b**  
Terminales separados del embarado

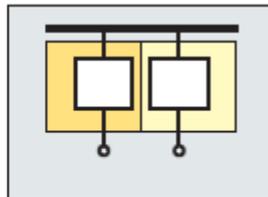


7

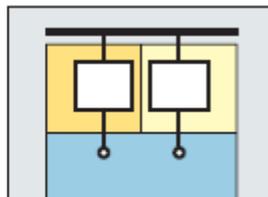
**Figura7. Formas de segregación interna 1 y 2**

**Forma 3**  
(Segregación del embarado de las unidades funcionales + Separación entre las unidades funcionales)

**Forma 3a**  
Terminales sin separar del embarado

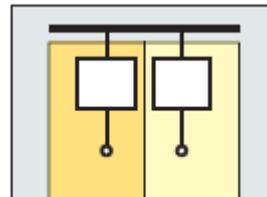


**Forma 3b**  
Terminales separados del embarado

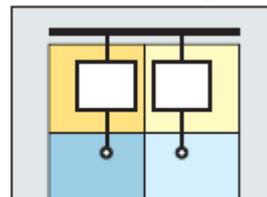


**Forma 4**  
(Segregación del embarado de las unidades funcionales + Separación entre las unidades funcionales + Separación entre los terminales)

**Forma 4a**  
Terminales y sus unidades funcionales asociadas en el mismo compartimento



**Forma 4b**  
Terminales y sus unidades funcionales asociadas en distinto compartimento



8

**Figura8. Formas de segregación interna 3 y 4**

<sup>7</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (2)

<sup>8</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (2)

Límites de aumento de temperatura:

**Aumento de temperatura en el CONJUNTO:**

Esta prueba verifica que los conjuntos funcionan correctamente en las condiciones máximas de funcionamiento (corriente, número de dispositivos, el volumen de la caja). Que se utiliza para definir los datos de balance de calor para un aumento de la temperatura media del aire en los conjuntos de menos de 30 K y un aumento de la temperatura de los terminales de menos de 70 K.(1)

**Prueba de aumento de temperatura en barras:**

Las diversas corrientes dadas para todos los sistemas de distribución de barras se han comprobado en las condiciones más severas, de acuerdo con el grado de ventilación de la carcasa (IP <30 y IP> 30), de modo que el aumento de la temperatura de las barras no exceda 65 K.(1)

La verificación térmica del CONJUNTO se puede realizar por medio de alguna de las siguientes formas:

- **Prueba de verificación por medio de ensayo:**

La sobretemperatura alcanzada y mantenida en condiciones de servicio se mide en puntos predefinidos en el interior de los cuadros prototipo probados en el laboratorio.(1)

Estos valores se comparan con los permitidos establecidos en la tabla anterior (**Limites de sobre temperatura dictados por la norma para los diferentes componentes del cuadro**). (1)

Si los valores medidos son inferiores o iguales a los permitidos, la prueba se considera superada con esos valores de corriente y en las condiciones determinadas (temperatura ambiente, humedad, etc.) (1)

- **Derivación:**

Los cuadros derivados se consideran conformes si, comparados con los cuadros comprobados, tienen:

Unidades funcionales del mismo tipo (mismos diagramas eléctricos, apartados del mismo tamaño, misma disposición y sujeción, idéntica estructura de montaje y mismos cables y cableado) que las unidades utilizadas en la prueba.

El mismo tipo de construcción que la unidad utilizada en la prueba.

Dimensiones externas idénticas o mayores que la de la utilizada en la prueba.

Condiciones de refrigeración idénticas o mayores que las de la unidad utilizada en la prueba (convección forzada o natural, aberturas de ventilación iguales o más amplias).

Segregación interna idéntica o menor a la de la unidad utilizada en la prueba (si existe).

Perdidas de potencia idénticas o menores en la misma sección que en la unidad utilizada en la prueba.

Numero de circuitos de salida idéntico o menor en cada sección.

### **Verificación de la sobretemperatura mediante cálculos:**

#### **Método de potencias:**

Se basa en no sobrepasar el límite superior de capacidad de pérdida de potencia térmica en una envolvente concreta. (1)

Para establecer el valor de las pérdidas (en vatios), se simula la sobretemperatura en el cuadro vacío introduciendo varias resistencias de calentamiento regulables que hacen que la envolvente alcance su estabilidad térmica y después verificar que la sobretemperatura está dentro de los límites tabulados. (1)

Algoritmo de cálculo de la Norma IEC 60890:

Es aplicable a cuadros con múltiples compartimientos y con una intensidad nominal máxima de 1600 A.(1)

El cálculo se realiza conforme a la Norma **IEC 60890** y se necesita la siguiente información:

Posición de instalación del CONJUNTO:

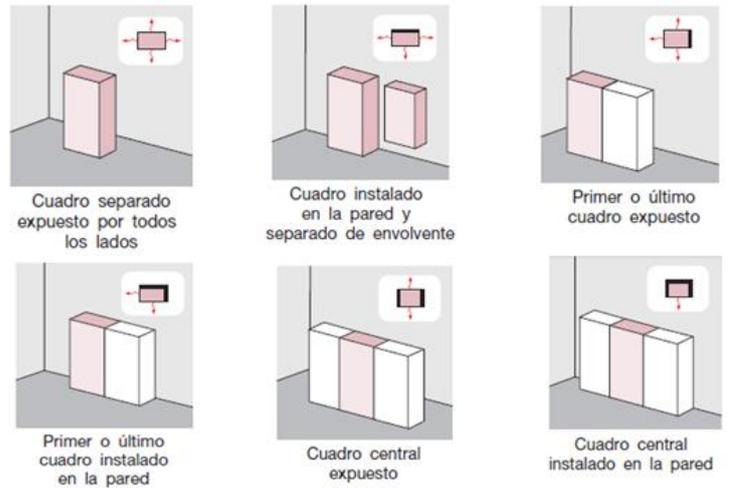


Figura9. Tipos de instalación del CONJUNTO

Potencias disipadas (W-calor) de los distintos componentes del CONJUNTO:

**Interrupidores automáticos:** Partiendo de las pérdidas de potencia con la intensidad nominal ( $I_n$ ) indicada en los **datasheet** y la corriente que realmente circula a través de los interruptores ( $I_b$ ), es posible calcular las pérdidas de potencia efectivas del equipo:

$$P(I_b) = P(I_n) \left( \frac{I_b}{I_n} \right)^2$$

Tipo de interruptor automático	Interrupidores de bastidor abierto y en caja moldeada grande (T7)	Interrupidores automáticos en caja moldeada	Interrupidores automáticos modulares
Coefficiente de aumento (C)	1,3	1,5	2

Figura10. Formula disipación de calor de los interruptores

<sup>9</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (18) (1) (2)

**Embarrados de distribución:** La potencia disipada por los embarrados puede calcularse mediante la siguiente ecuación.

$$P (I_b) = P (I_n) \left( \frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot L_{sección} \cdot 3$$

Figura11. Formula disipación de calor de las barras

En donde:

$P (I_n)$  es la pérdida de potencia por unidad de longitud con la intensidad nominal y su valor puede obtenerse en la **Tabla B.2** de la Norma o en el catálogo del fabricante.

$(L_{sección} \cdot 3)$  es la longitud de la selección de la barra que pasa a través de la columna estudiada, multiplicada por 3 (circuito trifásico).

Se ha utilizado la **Tabla B.2** de la Norma **IEC 60890** (véase la Tabla 7.6) para los cálculos descritos en este documento, suponiendo que la temperatura del aire en torno a la barra es 55 °C.(1)(18)

Altura x Espesor	Sección transversal del embarrado (Cu)	Temperatura máxima permitida del conductor: 85 °C															
		Temperatura del aire dentro de la envolvente alrededor de los conductores 35 °C								Temperatura del aire dentro de la envolvente alrededor de los conductores 55 °C							
		de 50 a 60 Hz CA				CC y CA hasta 16 2/3 Hz				de 50 a 60 Hz CA				CC y CA hasta 16 2/3 Hz			
		Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (1)
mm x mm	mm <sup>2</sup>	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m	A*	W/m	A**	W/m
12 x 2	23,5	144	19,5	242	27,5	144	19,5	242	27,5	105	10,4	177	14,7	105	10,4	177	14,7
15 x 2	29,5	170	21,7	282	29,9	170	21,7	282	29,9	124	11,6	206	16,0	124	11,6	206	16,0
15 x 3	44,5	215	23,1	375	35,2	215	23,1	375	35,2	157	12,3	274	18,8	157	12,3	274	18,8
20 x 2	39,5	215	26,1	351	34,8	215	26,1	354	35,4	157	13,9	256	18,5	157	12,3	258	18,8
20 x 3	59,5	271	27,6	463	40,2	271	27,6	463	40,2	198	14,7	338	21,4	198	14,7	338	21,4
20 x 5	99,1	364	29,9	665	49,8	364	29,9	668	50,3	266	16,0	485	26,5	266	16,0	487	26,7
20 x 10	199	568	36,9	1097	69,2	569	36,7	1107	69,6	414	19,6	800	36,8	415	19,5	807	37,0
25 x 5	124	435	34,1	779	55,4	435	34,1	78	55,6	317	18,1	568	29,5	317	18,1	572	29,5
30 x 5	149	504	38,4	894	60,6	505	38,2	899	60,7	368	20,5	652	32,3	369	20,4	656	32,3
30 x 10	299	762	44,4	1410	77,9	770	44,8	1436	77,8	556	27,7	1028	41,4	562	23,9	1048	41,5
40 x 5	199	641	47,0	1112	72,5	644	47,0	1128	72,3	468	25,0	811	38,5	469	24,9	586	38,5
40 x 10	399	951	52,7	1716	88,9	968	52,6	1796	90,5	694	28,1	1251	47,3	706	28,0	1310	48,1
50 x 5	249	775	55,7	1322	82,9	782	55,4	1357	83,4	566	29,7	964	44,1	570	29,4	989	44,3
50 x 10	499	1133	60,9	2008	102,9	1164	61,4	2141	103,8	826	32,3	1465	54,8	849	32,7	1562	55,3
60 x 5	299	915	64,1	1530	94,2	926	64,7	1583	94,6	667	34,1	1116	50,1	675	34,4	1154	50,3
60 x 10	599	1310	68,5	2288	116,2	1357	69,5	2487	117,8	955	36,4	1668	62,0	989	36,9	1814	62,7
80 x 5	399	1170	80,7	1929	116,4	1200	80,8	2035	116,1	858	42,9	1407	61,9	875	42,9	1484	61,8
80 x 10	799	1649	85,0	2806	138,7	1742	85,1	3165	140,4	1203	45,3	2047	73,8	1271	45,3	1756	74,8
100 x 5	499	1436	100,1	2301	137,0	1476	98,7	2407	121,2	1048	53,3	1678	72,9	1077	52,5	1756	69,8
100 x 10	999	1982	101,7	3298	164,2	2128	102,6	3844	169,9	1445	54,0	2406	84,4	1552	54,6	2803	90,4
120 x 10	1200	2314	115,5	3804	187,3	2514	115,9	4509	189,9	1688	61,5	2774	99,6	1833	61,6	3288	101,0

\* un conductor por fase                      \*\* dos conductores por fase                      (1) longitud individual

10

Figura12. Tabla B.2 Corriente de empleo y pérdidas de potencia de las barras descubiertas, con disposición vertical y sin conexión directa con el equipo.

**Cables de entrada y salida del cuadro:** La pérdida de potencia d la sección de cable que entra en el cuadro debe ser calculada por separado y se calcula mediante la siguiente ecuación.(1)

<sup>10</sup> Figura adaptada de las referencias: (1) y (18)

$$P(I_b) = P(I_n) \left( \frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot L_{\text{sección}} \cdot 3$$

Figura13. Formula disipación de calor de los cables

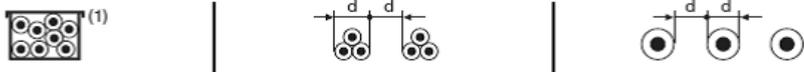
En donde:

$P(I_n)$  es la pérdida de potencia por unidad de longitud con la intensidad nominal y su valor puede obtenerse en la **Tabla B.1** de la Norma o en el catálogo del fabricante.(1)

$(L_{\text{sección}} \cdot 3)$  es la longitud de la selección de la barra que pasa a través de la columna estudiada, multiplicada por 3 (circuito trifásico). (1)

Se ha utilizado la **Tabla B.1** de la Norma **IEC 60890** (véase la Tabla 7.7) para estos cálculos, suponiendo que la temperatura del aire en torno al cable es igual a 55 °C.(1)(18)

**Temperatura máxima permitida del conductor: 70 °C**



**Temperatura del aire dentro del cuadro alrededor de los conductores**

Sección transversal (Cu)	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)	Corriente de empleo	Pérdidas de potencia (2)
mm <sup>2</sup>	A	W/m										
1,5	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9
2,5	17	2,5	11	1,1	20	3,5	12	1,3	20	3,5	12	1,3
4	22	2,6	14	1,1	25	3,4	18	1,8	25	3,4	20	2,2
6	28	2,8	18	1,2	32	3,7	23	1,9	32	3,7	25	2,3
10	38	3,0	25	1,3	48	4,8	31	2,0	50	5,2	32	2,1
16	52	3,7	34	1,6	64	5,6	42	2,4	65	5,8	50	3,4
25					85	6,3	55	2,6	85	6,3	65	3,7
35					104	7,5	67	3,1	115	7,9	85	5,0
50					130	7,9	85	3,4	150	10,5	115	6,2
70					161	8,4	105	3,6	175	9,9	149	7,2
95					192	8,7	125	3,7	225	11,9	175	7,2
120					226	9,6	147	4,1	250	11,7	210	8,3
150					275	11,7	167	4,3	275	11,7	239	8,8
185					295	10,9	191	4,6	350	15,4	273	9,4
240					347	12,0	225	5,0	400	15,9	322	10,3
300					400	13,2	260	5,6	460	17,5	371	11,4

(1) Cada disposición deseada, con sus valores específicos, hace referencia a un grupo de conductores agrupados (seis conductores cargados al 100%).  
 (2) Longitud individual.

11

Figura14. Tabla B.1 Corrientes de empleo y pérdidas de potencia de los conductores aislados

**Eficacia del circuito de protección:** La continuidad del circuito de protección es un factor decisivo para la seguridad. Se comprueba:

- De conformidad con la norma **IEC 61439-1** una prueba entre el terminal de conexión de los conductores de protección y todas las partes conductoras expuestas con una corriente de 25 Amperios.
- A una corriente falla alta que pudiera producirse tras el desprendimiento accidental de un conductor.

Los circuitos de protección (conductores, terminales o barras colectoras), son de tamaño y probada para resistir la máxima carga térmica de cortocircuito que pueda producirse de acuerdo con la corriente en el extremo de la fuente del CONJUNTO.(1)(18)

<sup>11</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (18)

**Distancias de aislamiento y líneas de fuga:** Los métodos para la medición de distancias de fuga y las distancias en la norma **IEC 60664-1** se repiten en su totalidad en el **Anexo F** de la norma **IEC 61439-1**. Las distancias se miden entre las partes activas de diferente polaridad, y también entre las partes activas y las partes conductoras expuestas.(1)

Cuando los dispositivos y equipos modulares se instalan de acuerdo con las condiciones especificadas, las distancias se observan para las tensiones de aislamiento de estos dispositivos. La experiencia ha demostrado que el mayor riesgo es en el cableado. Conexiones de conductores y barras deben ser cuidadosamente controladas. Conectores inadecuados, conexiones atornilladas, uniones y soportes metálicos pueden reducir los valores de aislamiento inicialmente previstos.(1)

**Comprobación del funcionamiento mecánico:** En concordancia con lo establecido en la norma, esta prueba es llevada a cabo en piezas y dispositivos que no están sujetos a requisitos específicos. 200 ciclos de operación.(1)

**Comprobación del grado de protección IP:** La IP define la capacidad de proteger personas y para evitar la entrada de objetos sólidos (primera cifra) y en contra de líquidos (segunda cifra), la letra adicional indica la protección contra el acceso a partes peligrosas.(1)(16)

El Grado de Protección IP (IEC 60529) es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por la envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Este código IP está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras "IP" y que son independientes cada uno.(1)(16)

El número que va en primer lugar, normalmente denominado como "primera cifra característica", indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.(16)

La primera cifra característica esta graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, esta indica que el cuerpo solido que la envolvente deje penetrar es menor.(1)

Tabla 2. Primera cifra Grado de protección IP

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm
4	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo <sup>12</sup>

El número que va en segundo lugar, normalmente denominado como “segunda cifra característica”, indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua.(1)(16)

La segunda cifra característica es graduada de forma similar a primera, desde 0 (cero) hasta 8 (ocho). A medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior de la envolvente es mayor y también se proyecta en mas direcciones

<sup>12</sup> Tabla adaptada de la referencia: (16) (1)

(cifra q caída de gotas en vertical y cifra 4 proyección de agua en todas las direcciones).(1)(16)

Tabla 3. Segunda cifra Grado de protección IP

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caída verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente esta inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inversión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protección contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante <sup>13</sup>

<sup>13</sup> Tabla adaptada de la referencia: (16) (1)

Adicionalmente de forma opcional, y con objeto de proporcionar información suplementaria sobre el grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, puede complementarse el código IP con una letra colocada inmediatamente después de las dos cifras características. Estas letras adicionales (A, B, C o D), a diferencia que la primera cifra característica que proporciona información de cómo la envolvente previene la penetración de cuerpos sólidos, proporcionan información sobre accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a las partes peligrosas en el interior de la envolvente.(1)(16)

Tabla 4. Letra alternativa Grado de protección IP

Letra	La envolvente impide la accesibilidad a partes peligrosas con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide penetración deliberada) Prueba con: Esfera de 50 mm
B	Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. Prueba con: Dedo de 12 mm y L=80 mm
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2.5 mm. Prueba con: Varilla de 2,5 mm y L=100 mm
D	Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. Prueba con: Varilla de 1 mm y L=100 mm <sup>14</sup>

Comprobación del grado de protección IK:

**Prueba de martillo primavera:** Esta prueba se lleva a cabo de conformidad con la norma **IEC 60068-2-63** a una temperatura de - 5°C con un martillo primavera entregar una energía de 0,7 julios.(1)(15)

**Ensayo de impacto del péndulo:** Llevado a cabo de conformidad con la norma europea **EN 50102**, esta prueba determina el grado de protección contra impactos (IK).(1)(15)

El Grado de protección IK (IEC 62262) es un sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por la envolvente contra los impactos mecánicos nocivos, salvaguardando así los materiales o equipos en su interior. A pesar de que este es un sistema que puede usarse para la gran mayoría de los tipos de equipos eléctricos, no se puede suponer que todos los grados de protección posibles les sean aplicables a todos los equipos eléctricos.

<sup>14</sup> Tabla adaptada de la referencia: (16) (1)

Generalmente, el grado de protección se aplica a la envolvente en su totalidad. Si alguna parte de esta envolvente tiene un grado de protección diferente, esto debe indicarse por separado en las instrucciones o documentación del fabricante de la envolvente.(1)(15)

Tabla 5. Grados de protección IK

Grado IK	IK 00	IK 01	IK 02	IK 03	IK 04	IK 05	IK 06	IK 07	IK 08	IK 09	IK 10
Energía	--	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Masa y altura de la pieza de golpeo	--	0,2 kg 70mm	0,2 kg 100mm	0,2 kg 175mm	0,2 kg 250mm	0,2 kg 350mm	0,5 kg 200mm	0,5 kg 400mm	1,7 kg 295mm	5 kg 200mm	5 kg 400mm <sup>15</sup>

Resistencia de los materiales aislantes al calor:

**Prueba de impacto de bola:** Esta se lleva a cabo en los propios materiales para comprobar que no hay fluencia caliente. Después de la exposición a la temperatura de ensayo de 125°C para las piezas que tienen las partes activas en su lugar y 70°C para los otros, la impresión de medida de la pelota no debe ser superior a 2 mm.(1)

Verificación de las propiedades dieléctricas:

IEC 61439 ha introducido una doble conformidad, confirmando de nuevo la tensión de aislamiento (Ui) y añadiendo la nueva tensión soportada a impulsos (Uimp). (1)

El incremento que afecta a las diferentes tensiones que caracterizan un cuadro comienza con:

Ue, la tensión de empleo como función del valor real empleado en una instalación concreta, continúa con Un, la tensión nominal del cuadro considerada y declarada en el catálogo correspondiente, sigue con Ui, la tensión nominal de aislamiento del cuadro a la cual hacen

<sup>15</sup> Tabla adaptada de la referencia: (6) (15) (1)

referencia las pruebas dieléctricas y concluye con  $U_{imp}$ , la tensión soportada a impulsos que representa el pico máximo que el sistema puede resistir; este valor pico es asignado por el fabricante original del sistema mediante verificaciones de diseño adecuadas.(1)

Para la verificación de las propiedades dieléctricas de los CONJUNTOS se tienen que realizar los siguientes ensayos:

Prueba de rigidez dieléctrica a frecuencia industrial ( $U_i$ ).

Prueba de tensión soportada al impulso ( $U_{imp}$ ).

Prueba de rigidez dieléctrica a frecuencia industrial ( $U_i$ ):

Las modificaciones de la Norma están orientadas hacia una cierta simplificación técnica, en lo que refiere a los valores eficaces de las tensiones de prueba que deben aplicarse en laboratorios (Tabla 8 IEC 61439-1) (1)

Tabla 6. Tabla 8 IEC 61439-1: Valores tensión de ensayo para prueba de aislamiento

Tensión nominal de aislamiento $U_i$ (Entre las fases en CA o en CC) V	Tensión de prueba dieléctrica, valor rms de CA V	Tensión de prueba dieléctrica CC V
$U_i \leq 60$	1000	1415
$60 < U_i \leq 300$	1500	2120
$300 < U_i \leq 690$	1890	2670
$690 < U_i \leq 800$	2000	2830
$800 < U_i \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_i \leq 1500$	-	3820

Esta prueba con CA a frecuencia de 50 Hz permite definir la  $U_i$

No acepta verificación por cálculos o normas de diseño, **solo por prueba obligatoria para el fabricante.**

La prueba se realiza en dos fases, tanto con los circuitos principales como los circuitos auxiliares, una vez desconectada la alimentación y el lado de carga de todos los circuitos activos. (1)

Aspectos a tener en cuenta:

- La tensión de prueba, generada con equipos de laboratorio adecuados, se aplica mediante las tradicionales pinzas de seguridad a las partes que van a ser comprobadas.(1)
- El método descrito, supone la aplicación de una pendiente con valores en aumento hasta un máximo que se mantendrá durante **5 seg**, evidencia una reducción del tiempo de aplicación de la tensión de prueba(1).
- Para los circuitos auxiliares, que normalmente tienen tensiones de servicio inferiores a las de los circuitos principales la Norma IEC 61439-1 define la **Tabla 9**.(1)

Tabla 7. Tabla 9 IEC 61439-1

Tensión de aislamiento nominal $U_i$ (entre fases) V	Tensión de prueba dieléctrica (CA rms) V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2 U_i + 1000$ con un mínimo de 1500

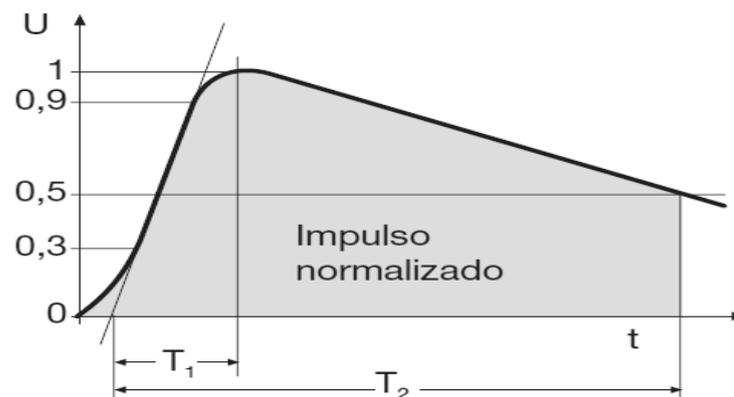
Prueba de tensión soportada al impulso ( $U_{imp}$ ):

Actualmente es una prueba **obligatoria**.

La capacidad de estos cuadros para resistir fuerzas (rayo) depende de su totalidad de la resistencia dieléctrica del aire entre las dos partes con tensión sobre las cuales se sostiene el impulso.

La verificación mediante “normas de diseño” es igualmente aceptable con la misma validez que las pruebas.

La prueba requiere aplicar un impulso de tensión de 1,2/50 us siguiendo un procedimiento específico conforme a la Norma **IEC 61180-1-2.(1)(19)(20)**



T1: Tiempo del pico = 1,2  $\mu$ s  
T2: Tiempo a la mitad del valor de U = 50  $\mu$ s

16

Figura15. Impulso normalizado para prueba de tensión soportada al impulso

La sobretensión deberá aplicarse **5 veces** a intervalos mínimos de **1 seg** entre:

- Todos los circuitos cortocircuitados entre sí y la envolvente puesta a tierra.
- Cada polo, respecto a los demás polos cortocircuitados entre sí con la envolvente puesta a tierra.

#### Protección contra descargas eléctricas:

Protección contra el contacto:

La protección contra el contacto directo puede obtenerse tanto mediante la construcción del cuadro mismo como por medio de medidas complementarias utilizadas durante la instalación.(1)

<sup>16</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (19) (20)

Las medidas de protección contra el contacto directo son:

- Protección mediante aislamiento de las partes con tensión.
- Protección mediante barreras o envolventes.
- Protección mediante obstáculos.

#### **Protección contra el contacto indirecto:**

Uso de circuitos de protección.

Protección por medios distintos de los circuitos de protección.

a) Separación eléctrica de los circuitos.

b) Aislamiento completo.

#### **PRUEBAS DE RUTINA**

Pruebas individuales o verificaciones de rutina están destinadas a comprobar los aspectos esenciales de seguridad de los conjuntos que podrían verse afectadas por los desastres durante los fallos de fabricación o de montaje posible. En principio, deben llevarse a cabo en todos los conjuntos, ya sea en el taller o en el lugar de instalación. Si los ensamblados se transportan en unidades desmontadas, es preferible llevar a cabo estas pruebas después de volver a montar en el lugar.(1)(21)(22)

Las pruebas individuales comprenden:

- Comprobación del aislamiento.
- Comprobación de la continuidad de los circuitos de protección.
- Inspección y verificación final.

Deben ser objeto de un informe de inspección individual.

**Comprobación de aislamiento:** Esta comprobación puede llevarse a cabo mediante una prueba de dieléctrico o mediante la medición de la resistencia de aislamiento.(1)(22)

La medición de la resistencia de aislamiento debe ser considerada como adicional de comprobar las distancias durante la inspección visual del conjunto. Distancias inadecuadas no sólo pueden ser detectados por la prueba dieléctrica tensión de impulso.(1)(22)

Medición de la resistencia de aislamiento:

- La resistencia de aislamiento debe ser medida con un megóhmetro (externa o con fuente independiente) a una tensión mínima de 500 V CC.
- El montaje se está probando debe estar apagado y debe haber ningún dispositivo receptor conectado.
- Todos los aparatos de corte deben estar en la posición i (on) - el voltaje es aplicado entre cada circuito y la parte conductora expuesta.
- Es posible vincular todos los polos: fases y neutro, excepto en la disposición tnC en el que se considera el conductor de la pluma al estar vinculado a la parte conductora expuesta del CONJUNTO.
- Dispositivos (bobinas de medición, instrumentos) que no resisten la tensión de ensayo deben tener sus terminales de alimentación cortocircuitados.

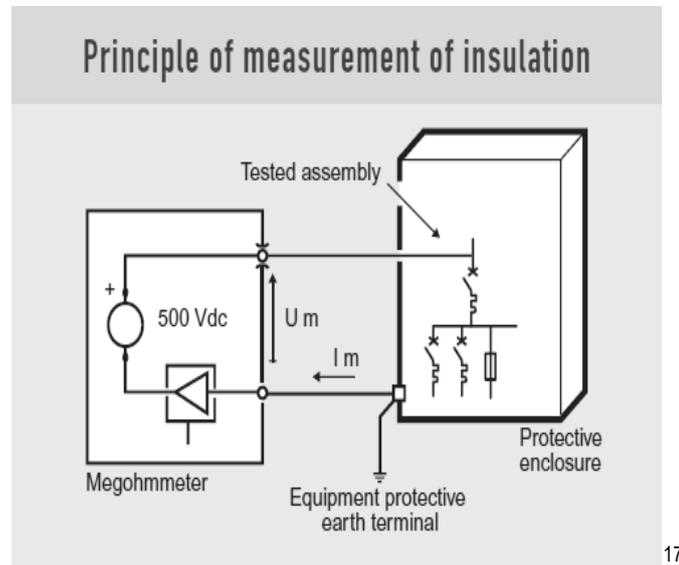


Figura 16. Principio de la medición del aislamiento

El valor mínimo medido debe ser, según la norma **IEC 61439-1**,  $1000 \Omega / v$  con referencia a la tensión nominal en relación a la tierra del circuito que está siendo probado. En la práctica, un valor

<sup>17</sup> Figura adaptada de la referencia: (22)

objetivo de al menos  $0,5 \text{ m}\Omega$  se debe utilizar para 230/400 V y conjuntos de al menos  $1 \text{ m}\Omega$  por encima de eso.(1)(22)

Las condiciones de medición pueden influir en los resultados obtenidos. Medidas no deben llevarse a cabo temperaturas por debajo del punto de rocío (condensación humedecer las superficies). La resistencia de aislamiento disminuye con la temperatura. Si las mediciones repetidas tienen que ser tomadas, las condiciones ambientales deben ser registradas. El período para el que se aplica la tensión también tiene una gran influencia, y la medición se puede considerar que constará de tres secuencias. En el inicio de la medición, el dispositivo de carga el condensador que representa la instalación en relación con la tierra y la corriente de fuga se encuentra en su nivel más alto.(1)(22)

Al final de esta carga, la corriente se estabiliza y es debido a la resistencia de aislamiento sólo. Si la tensión sigue siendo aplicada, se observará que la resistencia continúa aumentando lentamente. Este fenómeno es debido a la disminución de la corriente de absorción dieléctrica. Una medición requeriría el cálculo de la relación de las resistencias (R) medidos a 1 min y 10 min. Un valor  $r_{10 \text{ min}}/r_{1 \text{ min}} > 2$  indica un buen aislamiento. En la práctica, el umbral de valor mínimo se incrementa y se reduce el tiempo de medición, pero no debe ser inferior a 1 min.(22)(1)(22)

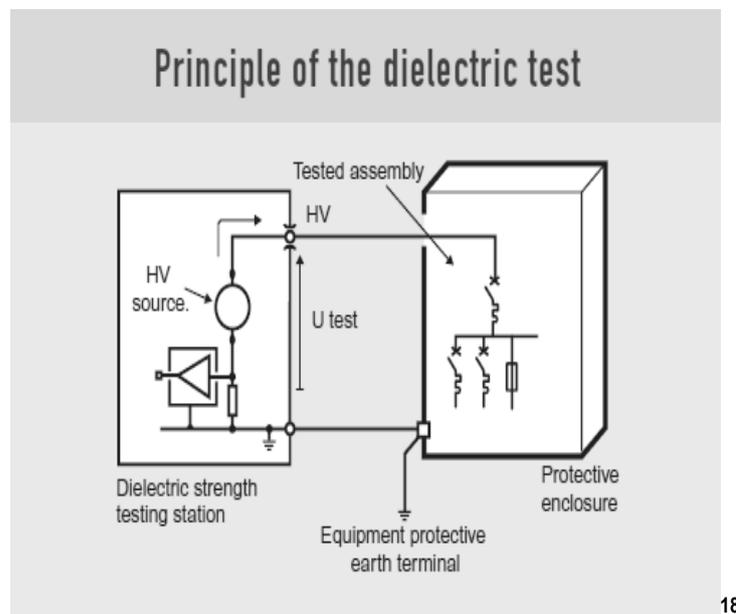


Figura 17. Principio de la prueba dieléctrica

<sup>18</sup> Figura adaptada de la referencia: (22)

### **Prueba dieléctrica:**

Si la resistencia de aislamiento no se ha medido, la prueba dieléctrica debe llevarse a cabo de acuerdo con las instrucciones o especificaciones conectadas con el conjunto.(1)(22)

- Prueba a frecuencia industrial por un determinado valor de aislamiento  $U_i$ .(22)
- Prueba de tensión de impulso (1.2/50  $\mu$ s) para un determinado valor  $U_{imp}$  condiciones aplicables a ambos tipos de prueba.
- El montaje se está probando debe estar apagado y debe haber ningún dispositivo receptor conectado.

La tensión de ensayo debe aplicarse de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Entre cada polo de cada circuito (potencia, control, auxiliares) y la parte conductora expuesta del CONJUNTO.
- Entre cada polo del circuito principal y los otros polos (entre cada fase y entre cada fase y el neutro).
- Entre cada circuito si no están conectados eléctricamente (por ejemplo, el circuito de control separado o SELV y el circuito principal)
- Entre el circuito de protección y parte conductora expuesta para los CONJUNTOS de clase II.
- Entre las piezas elaborado-o separada para la función romper el aislamiento.
- Los dispositivos que podrían ser dañados por la aplicación de la tensión (medición o dispositivos de detección, relés electrónicos) deben tener una de sus terminales desconectados y aislados.(1)(22)
- Condensadores de supresión de interferencias no deben ser desconectados.

La técnica de prueba de alta tensión requiere precauciones básicas de seguridad (marca de la zona de pruebas, el uso de guantes aislantes, personal cualificado), así como las precauciones asociadas con la prueba en sí:

- Evitar sobretensiones de maniobra por iniciar la prueba a 0 V y volviendo a 0 v antes de desconectar la alta tensión
- El periodo de prueba de aceptación individual en la norma IEC 60439-1 debe ser deliberadamente limitado (1 s) para evitar cualquier daño que pueda perjudicar su uso futuro. Utilizando este enfoque limitará el umbral de viaje a unos pocos miliamperios. No hay que considerar que esta prueba comprueba las propiedades intrínsecas de los materiales aislantes.(1)(22)

**Inspección del CONJUNTO (examen visual):** Esta operación incluye las inspecciones visuales que deben llevarse a cabo:

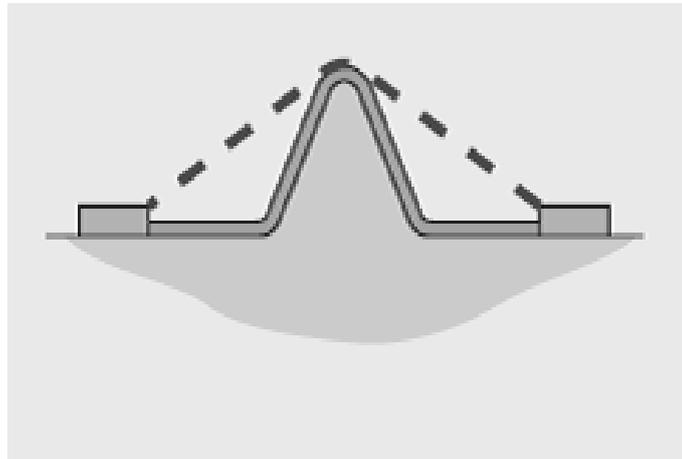
- Inspección de los elementos mecánicos: funcionamiento de los sistemas de bloqueo, extrayendo los sistemas, los cierres, los pares de apriete, etc.(1)(22)
- Inspección del cableado: entradas de cable, apriete de los terminales, marcado, etc.
- Marcas y la información sobre el conjunto: placas de identificación, etc.
- Información técnica proporcionada.
- Cumplimiento del grado de protección.
- Comprobación de las distancias de montaje.
- Pruebas de funcionamiento eléctricos.
- Disposiciones para el transporte y manipulación (si es necesario).

La norma **IEC 61439-1** define una lista no exhaustiva de los requisitos que deben ser tratados de manera específica: climas, IP, accesibilidad, etc.(1)(22)

Éstos deben ser objeto de un acuerdo entre el fabricante y el usuario.

#### **Distancias en el aire:**

Esto representa la distancia más corta entre dos partes conductoras. Si hay una avería que interrumpa el aire, el arco eléctrico seguirá este camino. Costillas o particiones pueden aumentar las distancias en el aire. Las distancias en el aire son de tamaño según la tensión Uimp dado para el montaje.(22)



19

Figura 18. Distancias de aislamiento en el aire

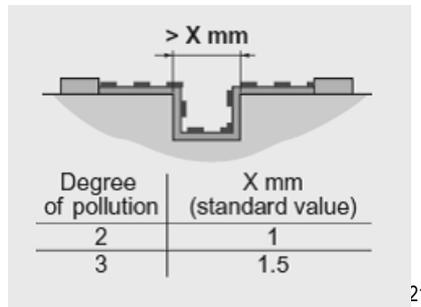
Tabla 8. Distancias mínimas en el aire

Voltaje de impulso $U_{imp}$ (kV)	Espacio mínimo (mm)	
	Entre partes activas con diferente polaridad (P, N)	Entre partes activas y uniones con doble o aislamiento reforzado
4	3	5.5
6	5.5	8
8	8	14
12	14	18 <sup>20</sup>

<sup>19</sup> Figura adaptada de la referencia: (1) (6) (17)

<sup>20</sup> Tabla adaptada de la referencia: (1) (6) (17)

**Líneas de fuga:**



21

Figura 19. Líneas de fuga

Éstos representan la distancia más corta a lo largo de la superficie de los materiales aislantes entre dos partes conductoras. Que dependen de las propiedades de los mismos y el grado de contaminación de los materiales aislantes. Las ranuras y los nervios pueden aumentar la distancia de fuga siempre y cuando son lo suficientemente grandes como para no retener el agua. En la práctica y de los elementos en cuestión, que están conectados principalmente con ranuras de montaje, sólo al menos 2 mm de ancho y profundo deben tenerse en cuenta. Las líneas de fuga son dimensionadas de acuerdo a la tensión de aislamiento  $U_i$  dado para el montaje. (22)

Tabla 9. Distancias mínimas de fuga

Tensión de aislamiento $U_i$ (V)	Distancias mínimas de fuga en mm (Grupo del material II, RC < 4000)			
	Entre partes activas con diferente polaridad (P, N)		Entre partes activas y uniones con doble o aislamiento reforzado	
Grado de contaminación	2	3	2	3
250	1.8	3.6	3.6	7.1
400	2.8	5.5	5.6	11
630/690	4.5	9	9	18
800	5.6	11	11	22
1000	7.1	14	14	28 <sup>22</sup>

<sup>21</sup> Figura adaptada de la referencia: (6) (1) (17)

**Distancias de montaje:** A diferencia de espacios libres (distancias en las distancias de aire y de fuga § 3.4) que se definen por el diseño de los dispositivos, las distancias de montaje están determinadas por las precauciones tomadas en la etapa de instalación (tornillos entre las barras, soportes personalizados, puestos de tacos, etc.) las siguientes distancias mínimas que se deben cumplir para las asambleas de 400 V:

- 10 mm entre las partes bajo tensión no protegidas de diferente polaridad.
- 20 mm sin protección entre las partes activas y las partes conductoras accesibles (chasis, apéndice).

Esta distancia es mayor a 100 mm si la caja no tiene un nivel de protección de al menos XXB.(1)(22)

Elementos mecánicos:

- Bloqueo e inmovilización.
- Operación y cierre de puertas.
- Presencia de llaves.
- Coordinación entre el cierre y la puerta de la habitación.
- Dibujar Salida y dispositivos plug-in.
- La seguridad mecánica de los inversores.
- Dispositivos de levantamiento (anillas, entre paréntesis).
- Los pares de apriete.
- Etc.(1)(22)

Grado de protección:

- El mantenimiento de la medida de protección en las entradas de los cables.
- Vínculos entre los módulos ensamblados.
- Cierre de las puertas, paneles, aberturas.

---

<sup>22</sup> Tabla adaptada de la referencia: (1) (6) (17)

- La protección adecuada para el medio ambiente de polvo.
- La protección de la ventilación o de los dispositivos de refrigeración.
- Grado de accesibilidad a las piezas internas energizadas (accesibilidad a las personas informadas).
- Etc.(1)(22)

Marcas e información:

Presencia de una placa de identificación visible que contenga, al menos:

- El nombre del fabricante del conjunto (o su marca comercial).
- El nombre del tipo de reunión o información dando los correspondientes detalles técnicos
- Etc.(1)(22)

Información en la documentación técnica:

La siguiente información debe ser incluida en la placa de características o en la documentación técnica.

- Referencia a la norma IEC 61439-1.
- El tipo y la frecuencia de la corriente.
- Las tensiones de aislamiento ( $U_i$ ) y tensiones nominales de funcionamiento ( $U_e$ ) si son diferentes.
- Las tensiones soportadas Tensión asignada ( $U_{IMP}$ ) si se indican.
- Las tensiones de los circuitos auxiliares, si es necesario.
- Los límites de funcionamiento.
- La corriente nominal (en amperios) de cada circuito.
- La resistencia a las corrientes de cortocircuito: posibles rms de corriente en el extremo de la fuente de la asamblea (en kA), el tiempo de la corriente de cortocircuito admisible ( $I_{cw}$  en kA), la corriente máxima permitida ( $I_{PK}$  en kA).
- El grado de protección IP.
- La clase I o de clase II Medidas para proteger a las personas.

- La conexión de unidades funcionales (fijo, con terminales anteriores, con terminales posteriores, dibuja-hacia fuera, plug-in).
- La forma de separación interna.
- Las condiciones de funcionamiento, si son diferentes a las condiciones habituales (corrosivo tropical, ambiente, polvo).
- El tipo de sistema de puesta a tierra neutral.
- Las dimensiones (altura x anchura x profundidad).
- Los elementos conductores expuestos.
- Etc.

La norma internacional IEC 61439-1 especifica los tipos de conexiones eléctricas de las unidades funcionales dentro de las asambleas por un código de tres letras.(1)(22)

La primera letra indica el tipo de conexión eléctrica del circuito principal entrante. La segunda letra indica el tipo de conexión eléctrica del circuito de salida principal. La tercera letra indica el tipo de conexión eléctrica de los circuitos auxiliares.(1)(22)

Las siguientes letras se utilizarán:

- F para conexiones fijas (extraíble con una herramienta: terminales, terminales...)
- D para conexiones desconectable.
- W para las conexiones extraíbles (los circuitos auxiliares de función asociados y la orientación mecánica de la unidad).

**Comprobación de la compatibilidad electromagnética:** Además de conjuntos estándar diseñados para un uso específico en un determinado entorno, la mayoría de los CONJUNTOS que se fabrican individualmente incorporan una combinación más o menos aleatoria de equipos y componentes. Si es o no será necesario comprobar la compatibilidad electromagnética dependerá de las características de los productos que se incorporan y las normas de instalación que se siguen.(1)(22)

Ninguna inmunidad o de la prueba de emisiones es necesaria si:

- Los dispositivos y componentes mismos cumplen con las especificaciones EMC aplicables a los mismos, o de otra manera cumplen con los niveles de las normas genéricas.(1)(22)

(IEC 61000-6-x **serie de normas**). Marcado CE de productos que normalmente se certifica esta conformidad si los requisitos de EMC son aplicables.(1)(22)

- La instalación y el cableado se han llevado a cabo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Información dada en el libro titulado "Protección

Frente a las perturbaciones externas ", permitirá a este requisito que deben cumplir.

Pruebas de inmunidad

1.2/50 ms - 20.8 ms ondas de impulso según IEC 61000-4X:

- Nivel de prueba 2 kV: Fase - tierra / pieza conductora expuesta.

- Prueba de nivel 1 kV: entre fases.

Ráfagas de transitorios rápidos según IEC 61000-4-4:

-prueba de nivel 2 kV.

Campo electromagnético radiado según IEC 61000-4-3:

- Nivel de prueba 10 V / m.

Las descargas electrostáticas según IEC 61000-4-2:

- Prueba de nivel 8 kV en el aire.

Las pruebas de emisiones:

Los límites de emisión de acuerdo con CISPR 11:

- Clase B para entornos domésticos

- Una clase para entornos industriales.

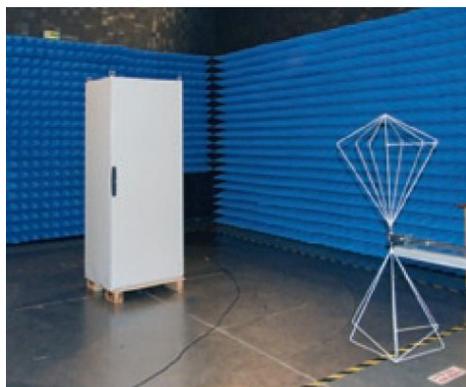


Figura 20. Prueba de CEM

Prueba para comprobar las especificaciones EMC son necesarios si el CONJUNTO que se ha creado y los métodos empleados no cumplan con 1, y en particular cuando:

- El medio ambiente al que se destina el conjunto tiene importantes fuentes de perturbación o condiciones de exposición severa.
- El CONJUNTO que se crea incorpora circuitos electrónicos sensibles (microprocesadores) o circuitos que producen perturbaciones (fuentes de alimentación conmutadas del modo).

Marca e información:

Terminado ensamblajes deben estar visiblemente e indeleble la siguiente información:

- La presencia obligatoria de una placa que indica el fabricante.
- Presencia, según contrato, de una placa de la etiqueta de certificación de conformidad con la norma IEC 60439-1/3 con el número "transferido" de la declaración de conformidad.
- Presencia, en su caso, de una etiqueta con la marca CE.

## CAPÍTULO III: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

### 3.1. METODOLOGIA

En este capítulo platicaremos sobre los aspectos más relevantes para realizar de manera efectiva el diseño de los Conjuntos. A manera de guía estableceremos las pautas a tener en cuenta para realizar de forma adecuada los procedimientos para la fabricación y ensamble de la nueva línea de Conjuntos totalmente armados de acuerdo con la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2 de la empresa K&V INGENIERIA LTDA. Aquí se describirán aspectos como los pasos a realizar para el desarrollo de un Conjunto, las dimensiones y pesos de las partes estructurales del Conjunto, el métodos de ensamblaje del Conjunto conforme a criterios tomados por la organización en base a lo que establece la Norma IEC 61439, Parte 1 y Parte 2, la diversidad de las diferentes formas de ensamblaje de los Conjuntos, entre otros aspectos.

Entrando a analizar todo el proceso de desarrollo de un Conjunto es necesario remitirse hasta la etapa de la cotización, en la que después que el cliente hace contacto directo con el vendedor, se realiza un empalme entre las dos partes en donde se comparte el diseño preliminar y se establecen todas las variables que definen al conjunto. Para la gestión de esta parte del procedimiento, se diseñó un nuevo formato en el que se condensan todos los aspectos técnicos más relevantes a tener en cuenta para la correcta fabricación del Conjunto, debido a que en la actualidad se cometen muchos errores por la falta de comunicación e interrelación entre las partes.

Dentro las variables que se incluyeron en el formato diseñado para el correcto desarrollo ingenieril del conjunto están:

- La descripción del sitio en donde se prevé la instalación del conjunto del que se debe saber:

  - La ubicación del conjunto, si es exterior o interior.

  - La temperatura ambiente (°C).

  - La humedad relativa (%).

  - La posición del conjunto, si tiene una pared detrás, si tiene otros conjuntos al lado, entre otras ubicaciones.

- La descripción de los componentes metalmecánicos del conjunto del que se tiene:

  - La cantidad de conjuntos.

  - El material de fabricación.

  - El acabado del conjunto.

  - El grado de protección contra partículas en suspensión, si está definido en IP ó NEMA.

  - El grado de protección contra impactos mecánicos (IK).

  - El tipo de segregación.

La descripción de los dispositivos y unidades funcionales del conjunto en donde se pregunta:

La tensión nominal del conjunto –  $U_n$  (V).

La corriente nominal del conjunto –  $I_n$  (A).

El número de entradas de alimentación.

El número de salidas.

El número de reservas.

La marca de las unidades funcionales.

La referencia de las unidades funcionales.

El requerimiento de accesorios especiales.

El diagrama unifilar e información relevante.

El plano de control.

El plano de fuerza.

Descripción de la entrada de alimentación, si es superior, inferior o posterior.

Descripción de la salida de cables, si es superior, inferior o posterior.

Después que dé realizada toda esta etapa previa mencionada anteriormente, se procede a la etapa de diseño del conjunto en la que se enfoca este capítulo para posteriormente pasar a su etapa final, la etapa de fabricación y ensamble del mismo.

Cabe resaltar que el formato diseñado en donde se condensan todas las características mencionadas previamente es llamado “FORMATO UNICO DE SOLICITUD DEL CONJUNTO”, formato que podemos ver en el Anexo 1.1 del presente documento.

### **3.2.DESARROLLO DEL DISEÑO**

Después de haber definido previamente todos los aspectos técnicos e ingenieriles que definen al conjunto, entramos a la etapa de desarrollo del diseño. Aquí se desarrollan con claridad todos los aspectos sustanciales previos a la fabricación del Conjunto. Como parte inicial de esta etapa y teniendo ya establecidas todas las unidades funcionales que formaran parte de nuestro Conjunto en función de las características de la instalación eléctrica a controlar se procede con el siguiente procedimiento.

### 3.2.1. Disposición física de la aparamenta en la envolvente

Para realizar de manera adecuada la disposición física de los aparatos de **protección, mando, medición y señalización** que estén destinados al cumplimiento de una función específica dentro de la envolvente es necesario tener definidas todas las características técnicas de tales elementos. Datos como dimensiones, tensión soportada al impulso, tensión de aislamiento, disipación de calor, peso, características de funcionamiento mecánico y/o eléctrico, posibilidades de posición dentro de la envolvente, forma de alimentación, especificación del cliente en particular (si es posible), entre otras.

La ubicación de la aparamenta dentro de la envolvente depende en primera instancia de sus dimensiones y de sus características de funcionamiento.

En **Distribución de Potencia** donde el dispositivo de protección principal de capacidad nominal es mayor si es comparada con los respectivos dispositivos de protección parciales. El interruptor principal se ubica en la parte superior de la envolvente (a menos que se especifique lo contrario por el cliente, o por alguna aspecto técnico particular) de manera vertical (con sus entradas en la parte superior y sus salidas en la parte inferior) en su respectiva bandeja que va en función a su capacidad nominal, teniendo como referencia una envolvente de forma frontal.

Los interruptores parciales son ubicados de manera horizontal (con sus entradas a un lado de la envolvente y sus salidas al otro lado) uno dispuesto debajo del otro en sus respectivas bandejas. Esta disposición mencionada anteriormente se realiza cuando las unidades funcionales son de caja moldeada.

El diseño elaborado de las bandejas otorga a la respectiva unidad funcional un soporte estructural debidamente probado, cumpliendo con las distancias mínimas de aislamiento en el aire y superficiales definidas por la Norma IEC 61439 que se relacionan con la tensión de aislamiento y la tensión soportada al impulso.

En otros casos cuando son distribuciones de potencia con aparamenta de capacidad nominal elevada, se hace necesario realizar la distribución en varias envolventes adyacentes, colocando dichas unidades funcionales verticalmente una debajo de la otra dentro de la misma envolvente respetando las consideraciones de distancias admisibles en el aire y superficiales, con una ubicación de acuerdo a las dimensiones de dichas unidades y la funcionalidad de la distribución.

- En **Sistemas de Transferencias** ya sean automáticas o manuales, cuando esta sea la alimentación principal de una distribución, dicha transferencia se ubica de manera horizontal con las unidades funcionales una al lado de la otra dispuestas de manera

vertical, conservando los espacios pertinentes del enclavamiento cuando este sea necesario. En caso que la transferencia sea parte de una distribución parcial específica, esta se debe colocar de manera vertical, con las unidades funcionales una debajo de la otra respetando la misma distancia de enclavamiento entre dichas unidades.

En estos sistemas las unidades de **control** o **mando** se pueden colocar en la parte superior de la envolvente encima de la unidad funcional principal visto desde el frente, también dado el caso que el espacio a los lados de dicha unidad funcional sea amplio, el módulo de control puede ir ubicado al lado de la transferencia.

Dichas distribuciones mencionadas anteriormente son aplicadas para unidades funcionales de caja moldeada, para casos diferentes de transferencia con unidades funcionales de aislamiento en vacío o de unidades extraíbles, la disposición se realiza verticalmente con las unidades funcionales dispuestas una debajo de la otra y con la distribución de cargas parciales en envolventes adyacentes.

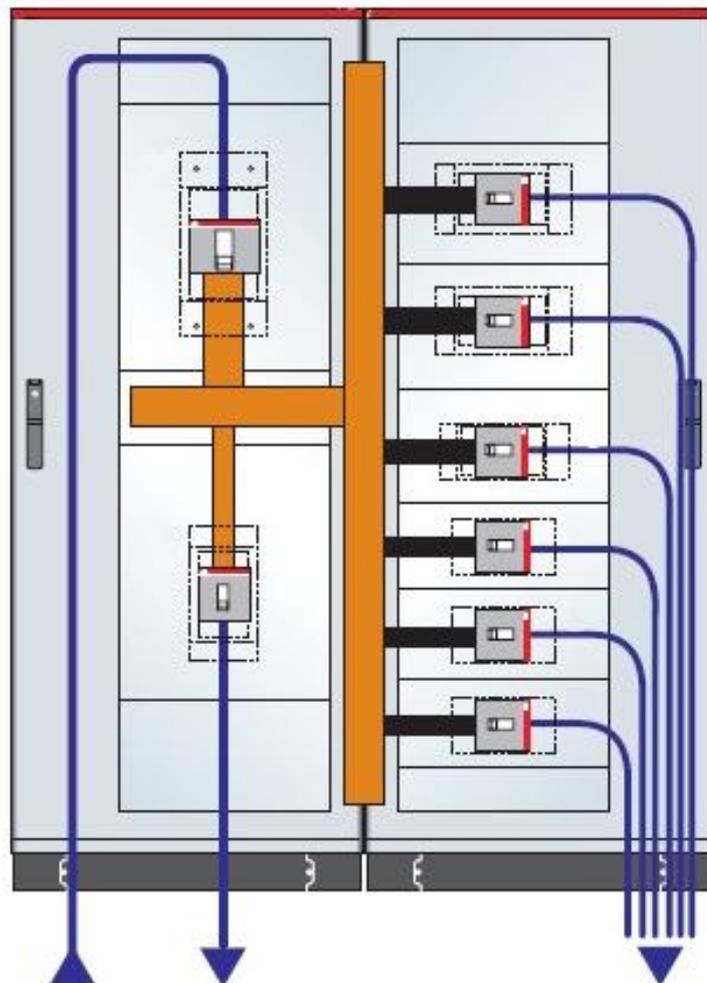
El diseño de la parte estructural de la envolvente permite un fácil armado del Conjunto por todos sus componentes y unidades funcionales, cumpliendo con todos los requerimientos de la Norma IEC 61439.

Para equipos de **Señalización y Visualizaciones** necesario tener en cuenta el grado de protección IP y las especificaciones del cliente. En la mayoría de los casos cuando la envolvente es tipo interior los equipos de señalización y visualización de los parámetros que definen al conjunto, se instalan en la puerta de la envolvente, esto evita la manipulación del conjunto, observando todo el comportamiento desde una distancia prudente, buscando así un alto nivel de seguridad.

En su defecto cuando la envolvente sea de tipo intemperie la instalación de equipos de señalización y visualización, se realizará en las cubiertas frontales cumpliendo así la misma funcionalidad mencionada anteriormente, pero con la necesidad de abrir la puerta para observar el comportamiento del conjunto.

En cuanto a los equipos de **Medición** se instalan de manera que estos queden aislados de las demás partes del conjunto dentro de la envolvente, en un cubículo que sea únicamente para dicho equipo, separándolo con tabiques a los lados, arriba, debajo y detrás, con una puerta independiente a la de las otras partes del tablero que posea un visor, dicho visor puede estar compuesto de un acrílico autoextinguible o un vidrio templado de alta resistencia al calor anormal.

A continuación se muestra en la **Figura 21**, la disposición física de una transferencia manual con sus respectivos interruptores parciales. La distribución de los interruptores de caja moldeada se realizó de la manera anteriormente establecida, teniendo en cuenta además un espacio asumido que es ocupado por el barraje de interconexión partiendo de los datos de corriente nominal, tensión de empleo, tensión nominal de aislamiento deseado, tensión nominal soportada al impulso deseada y radio de curvatura de los conductores de alimentación, para así definir las distancias entre unidades funcionales y el espacio necesario para albergar estas dentro del conjunto. Las dimensiones iniciales de las envolventes que forman parte del conjunto serán verificadas y comprobadas con el desarrollo del cálculo de sobretensión estimado con el método que establece la norma IEC 60890.



23

Figura21. Conjunto de transferencia y distribución

<sup>23</sup>Figura adaptada de la referencia (6)

### 3.2.2. Definición de las características del control a usar

El control en los conjuntos está dado por los criterios de diseño del fabricante asociado a las necesidades del cliente, dicho control también se deriva de la aplicación y tipo del conjunto, como por ejemplo, tableros eléctricos para distribución de potencia en donde podríamos encontrar los siguientes tipos de controles ligados a él:

Control para tableros compuestos por Transferencias automáticas: Permite que la planta eléctrica opere de forma totalmente autónoma, supervisando la corriente de red principal de la instalación para que cuando exista ausencia de tensión en la red, la planta eléctrica supla esa necesidad de energía cuando entre al sistema.

Control para la medición de los parámetros eléctricos en los conjuntos: Su función principal es monitorear el estado de los parámetros como: Voltaje, Corriente, Frecuencia y Potencia en una instalación eléctrica, censando en tiempo real cada una de estas variables. Lecturas que son realizadas a cada una de las fases del sistema de forma independiente.

Estas maniobras pueden ser realizadas por los siguientes equipos:



24

Figura22. Tarjeta Control de transferencia VORKOM I

<sup>24</sup>Figura adaptada de la referencia (7)



Figura23. Logo SIEMENS



Figura24. Analizador de redes DM-6000 Schneider Electric

<sup>25</sup>Figura adaptada de la referencia (8)

<sup>26</sup>Figura adaptada de la referencia (32)



27

Figura25. Analizador de Redes SENTRON PAC 3100 SIEMENS

### 3.2.3. Selección y configuración del barraje principal y de distribución con la disposición de los soportes teniendo en cuenta las condiciones de cortocircuito

Después de haber dispuesto físicamente toda la aparamenta (equipos) dentro de la envolvente, se procede a la selección del barraje y a la configuración del mismo. En esta etapa del proceso de diseño, se tienen en cuenta las distancias mínimas de aislamiento y líneas de fuga que van en función del nivel deseado de tensión de aislamiento y tensión soportada a la prueba de impulso. Estas distancias mínimas se encuentran en la Tabla 1 y Tabla 2 de la Norma IEC 61439-1.

Para el cumplimiento por inspección visual de la prueba de tensión soportada al impulso se recomienda que en la configuración diseñada las distancias mínimas de aislamiento en el aire sean al menos 1.5 veces mayor a las que refleja la Tabla 1.

Para seleccionar la barra a utilizar en nuestro diseño es importante contar con el diagrama unifilar que define al conjunto, para recolectar la información de las corrientes nominales de los circuitos principales. El barraje principal del conjunto, por donde pasa toda la corriente de distribución es la primera en calcularse. Usando la tabla H3 de la Norma IEC 61439-1, que muestra la capacidad nominal de corriente que puede transportar una barra en función de las dimensiones de sección transversal, además del número de barras por fase, si el sistema consta de una o dos barras por fase. En caso de tener la necesidad de realizar una configuración con más de dos barras por fase o en su defecto para optimizar el diseño del barraje, se puede usar el método definido por **MELSON & BOTH**, que calcula la corriente máxima admisible en un sistema en función de todos sus parámetros constructivos. De esta misma manera se calculan las dimensiones de la sección

---

<sup>27</sup>Figura adaptada de la referencia (8)

transversal del barraje de los circuitos parciales, en función de la capacidad de corriente necesaria a transportar.

Tabla 10. "Tabla 1 IEC 61439" Distancias mínimas de aislamiento en el aire

<b>Tensión asignada soportada al impulso Uimp KV</b>	<b>Distancias mínimas de aislamiento mm</b>
≤ 2.5	1.5
4	3
6	5.5
8	8
12	14
<b>Basados en condiciones de campos no homogéneos y grado de contaminación 3.</b>	

Tabla 11. "Tabla 2 IEC 61439" Líneas de fuga mínimas.

Tensión asignada de aislamiento $U_i$	Líneas de fugas mínimas (mm)							
	Grado de contaminación							
	1	2			3			
V (b)	Grupo de material ©	Grupo de material ©			Grupo de material ©			
	I	I	II	IIIa y IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	1.8
50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.9	1.9
63	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	2	2
80	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1
100	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	2	2.2	2.2
125	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9	2.1	2.4	
160	1.5	1.5	1.5	1.6	2	2.2	2.5	2.4
200	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.8	3.2	2.5
250	1.5	1.5	1.8	2.5	3.2	3.6	4	3.2
320	1.5	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5	4
400	1.5	2	2.8	4	5	5.6	6.3	5
500	1.5	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8	6.3
630	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10	8
800	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5	10
1000	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16	(a)
1250	4.2	6.3	9	12.5	16	18	20	
1600	5.6	8	11	16	20	22	25	

(a) No se recomienda la utilización de material de aislamiento del grupo III b con grados de contaminación 3 por encima de los 630 V.

(b) Como excepción se pueden utilizar para las tensiones asignadas de aislamiento 127, 200, 400, 630 y 800 V. los valores de las líneas de fuga que corresponden respectivamente a 125, 200, 400, 630 y 800 V.

© Los grupos de materiales se clasifican como siguen de acuerdo con el rango de valores del índice de resistencia a la formación de caminos conductores (IRC) (véase el apartado 3.6.17 de la norma IEC 61439-1):

- Grupo de material I  $600 \leq IRC$
- Grupo de material II  $400 \leq IRC \leq 600$
- Grupo de material IIIa  $175 \leq IRC \leq 400$
- Grupo de material IIIb  $100 \leq IRC \leq 175$

NOTA: Los valores de IRC se refieren a los valores de acuerdo con la Norma IEC 60112, método A, para el material aislante utilizado.

Después de haber realizado el cálculo de las características del barraje, de su sección transversal, número de barras por fase y corriente nominal, se desarrolla el diseño de la configuración deseada, teniendo en cuenta las distancias mínimas de aislamiento y líneas de fuga mostradas anteriormente, la disposición tomada por la apartamento para realizar la interconexión entre las mismas, la selección del soporte tomando como referencia sus características técnicas, las distancias iniciales entre los soportes que serán verificadas con el cálculo, además de la manera que se encoja para soportar dicho barraje.

A manera de ejemplo estableceremos el cálculo desarrollado para una configuración específica y toda la metodología a seguir para realizar la selección y configuración del barraje, la disposición de los soportes que entra a jugar un papel importante para el cumplimiento de la Norma IEC 61439 dependiendo el nivel falla asociado al peor de los casos. A continuación mostramos el desarrollo del método propuesto para realizar el cálculo de las características que arroja la características del barraje para el cumplimiento de la norma IEC 61439.

Ejemplo de aplicación:

Cálculo de conformidad de los soportes y el diseño seleccionado suponiendo el nivel de fallo más grave. Utilizando la Tabla H3 de la norma IEC 61439-1 se realiza un estimado en función de la corriente nominal a conducir por las barras, se selecciona la sección transversal del barraje y el número de barras por fase de manera estimada. La selección escogida será comprobada con el siguiente método además de definir las características del aislador ideal a utilizar.

Las dimensiones mostradas en las siguientes figuras están dadas en centímetros.

### CONFIGURACIÓN DEL BARRAJE

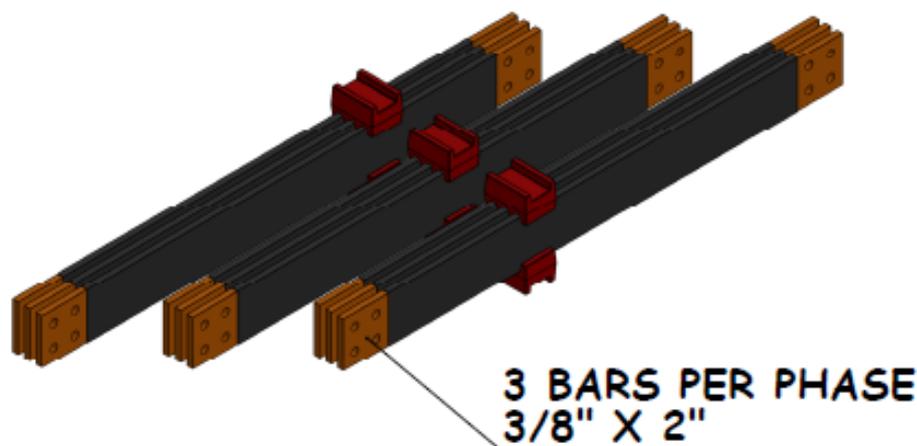


Figura26. "Configuración del barraje" VISTA ISOMETRICA

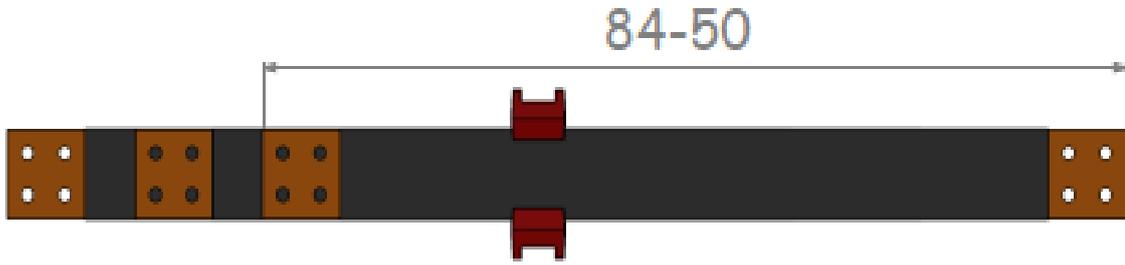


Figura27. "Configuración del barraje" VISTA FRONTAL

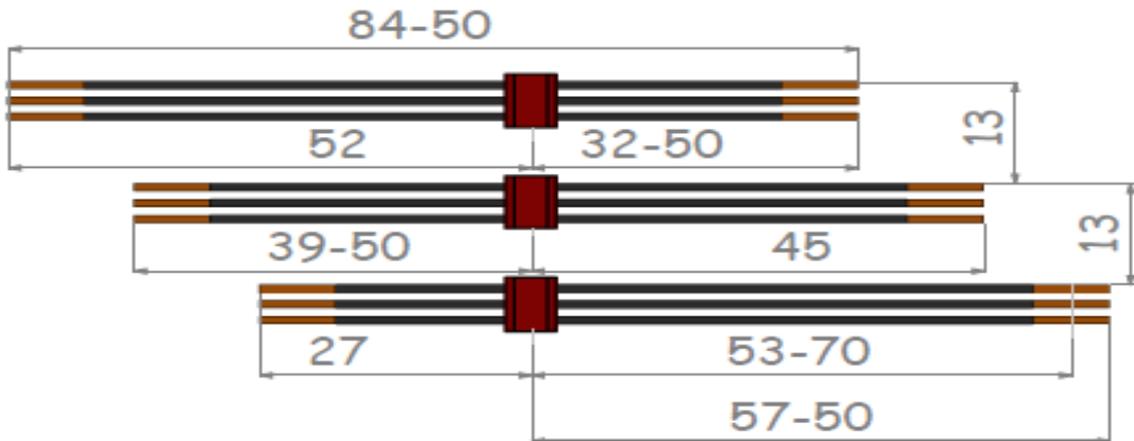


Figura28. . "Configuración del barraje" VISTA SUPERIOR

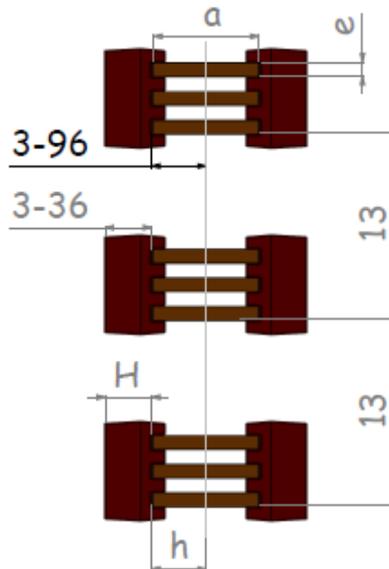


Figura29. . "Configuración del barraje" VISTA LATERAL

Calculo del Coeficiente K.

$$\text{Coeficiente K} = K1 * K2 * K3 * K4$$

Tabla 12. Coeficiente K1

<b>K1; Esta en función del número de barras por fase</b>	
1 Barra	1
2 o 3 Barras	"Ver tabla"

N Número de barras por fase	e/a								
	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
--	k1								
2	1.63	1.73	1.76	1.80	1.83	1.85	1.87	1.98	1.91
3	2.40	2.45	2.50	2.55	2.60	2.63	2.65	2.68	2.70

Tabla 13. Coeficiente K2

<b>K2; Esto se basa en la condición de la superficie de la barra.</b>	
Desnudo	1
Recubierto	1.15

Tabla 14. Coeficiente K3

<b>K3; Esto se basa en la posición de la barra</b>	
Paralelas	1
Coplanares	0.95
Varias Coplanares	0.75

Tabla 15. Coeficiente K4

<b>K4, Para ACa Frecuencia de 60 Hz, está basado en el número de conductores por fase</b>			
N	1	2	3
K4	1	1	0.98

<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>
2.6	1.15	1	0.98

Datos de entrada:

<b>Características de la Barra</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Sección transversal</b>	S (cm <sup>2</sup> )	7.25805
<b>E</b> 0-9525	<b>A</b>	7.62
Perímetro	p (cm)	17.145
<b>E</b> 0-9525	<b>A</b>	7.62
<b>Resistividad del conductor</b>	P20 (uΩ*cm)	1.72
<b>Coefficiente de temperatura</b>	A	0.004
<b>Coefficiente K</b>	K	2.9302
<b>Distancia entre fases</b>	d (cm)	13
<b>Distancia máxima entre soportes</b>	l (cm)	53.7
<b>Temperatura del conductor</b>	θ (°C)	65
<b>Temperatura ambiente</b>	θ <sub>n</sub> (°C)	28
<b>Calor específico del metal</b>	c (Kcal/daN°C)	0.091
<b>Densidad del metal</b>	δ (g/cm <sup>3</sup> )	8.9
<b>Aumento de la temperatura permitida</b>	θ - θ <sub>n</sub> (°C)	37
<b>Esquema</b>	Plano	
<b>Barras por fase</b>	N	3
<b>Posición de las barras</b>	Paralelas	
<b>Corriente nominal</b>	I <sub>r</sub> (A)	3200
<b>Corriente de cortocircuito</b>	I <sub>th</sub> (Arms)	65000
<b>Frecuencia</b>	f (Hz)	60
<b>Tiempo</b>	t <sub>k</sub> (seg)	3

<b>Características especiales</b>		
Las partes activas en caso de falla deben soportar una temperatura máxima	θ <sub>max</sub> (°C)	100
Altura del aislador	H (cm)	3.36
Distancia de la cabeza del aislador de la barra de distribución	h(cm)	3.96
Resistencia a la rotura del aislador utilizado	F' (daN)	6800
Valor de cresta de la corriente de cortocircuito	I <sub>dyn</sub> (A)	183848

NOTA: La fuerza de rotura de los aisladores utilizados es de 3400 daN. Pero como son dos aisladores de soporte utilizados en el mismo punto, entonces la fuerza que debe ejercerse para romper el sistema debe ser 6.800 daN.

Corriente permisible en el conductor:

La ecuación de MELSON & BOTH nos permite definir la corriente admisible en el conductor.

$$I = K * \frac{24.4 * (\theta - \theta_n)^{0.61} * S^{0.5} * p^{0.39}}{\sqrt{\rho_{20}[1 + \alpha(\theta - 20)]}}$$

$$I = K * \frac{24.4 * (37)^{0.61} * (7.25805)^{0.5} * (17.145)^{0.39}}{\sqrt{1.72 * [1 + (0.004)(55 - 20)]}} = 3782 A$$

La corriente permisible en el conductor  $\rightarrow I = 3782 A$

La barra estaba correctamente seleccionada, debido a que su capacidad de corriente admisible es mayor que la corriente que fluye a través de él.

Aumento de temperatura después de una falla o corto.

La temperatura máxima admisible partes después de un cortocircuito es 100 ° C teniendo en cuenta la temperatura ambiente.

$$\Delta\theta_{cc} = \frac{0.24 * (\rho_{20})(Ith^2)(tk)}{(n * S)^2 * C * \delta}$$

$$\Delta\theta_{cc} = \frac{0.24 * (1.72)(65000^2)(3)}{(3 * 7.25805)^2 * 0.091 * 8.9} = 14 ^\circ C$$

La temperatura  $\theta_t$ , Del conductor después del corto circuito será:

$$\theta_t = \theta_n + (\theta - \theta_n) + \Delta\theta_{cc} = 28^\circ C + (65^\circ C - 28^\circ C) + 14^\circ C = 79^\circ C$$

$$\theta_t = 79^\circ C$$

$\theta_t$  Por la Corriente nominal (3200 A) será:

$$I = Constant * (\theta - \theta_n)^{0.61}$$

$$I_r = Constant * (\Delta\theta)^{0.61}$$

Por lo tanto:

$$\frac{I}{I_r} = \left[ \frac{(\theta - \theta_n)}{(\Delta\theta)} \right]^{0.61} \rightarrow (\Delta\theta)^{0.61} = \frac{I_r}{I} * (\theta - \theta_n)^{0.61} \rightarrow \Delta\theta = \sqrt[0.61]{\frac{I_r}{I} * (\theta - \theta_n)}$$

$$\Delta\theta = \sqrt[0.61]{\frac{I_r}{I} * (\theta - \theta_n)} \rightarrow \Delta\theta = \sqrt[0.61]{\frac{3200 A}{3782 A} * (37^\circ C)} = 28.4^\circ C$$

$$\Delta\theta = 28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Temperatura del conductor después del corto circuito para  $I_r = 3200\text{ A}$ .

$$\theta_t = \theta_n + \Delta\theta_{cc} + \Delta\theta = 28^{\circ}\text{C} + 14^{\circ}\text{C} + 28.4 = 74.4^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_t = 74.4^{\circ}\text{C}$$

Fuerzas electrodinámicas debido al efecto de la Corriente de corto circuito.

Las fuerzas electrodinámicas debido a la corriente de cortocircuito están dadas por la siguiente ecuación:

$$F1 = 2 * \frac{l}{d} * Idyn^2 * 10^{-8} \rightarrow F1 = 2 * \frac{53.7\text{ cm}}{13\text{ cm}} * (183848\text{ A})^2 * 10^{-8} \\ = 2792.4\text{ daN}$$

$$F1 = 2792.4\text{ daN}$$

Esfuerzo en la cabeza de los soportes.

La ecuación para calcular las fuerzas sobre un soporte:

$$F = F1 * \frac{H + h}{H} \rightarrow F = 2792.4\text{ daN} * \frac{3.36\text{ cm} + 3.96\text{ cm}}{3.36\text{ cm}} = 6083.44\text{ daN}$$

Los soportes utilizados se seleccionaron correctamente debido a que las fuerzas electrodinámicas debido a un corto-circuito son menores que la fuerza de ruptura del sistema (6800 daN).

### 3.2.4. Dimensionamiento de la envolvente

La ubicación total de la aparamenta que compone al conjunto, la selección y configuración del barraje de interconexión de las unidades funcionales, el espacio pertinente para la entrada y salida de cables, además de la forma de segregación escogida; estas son las etapas preliminares al dimensionamiento de la envolvente.

La línea **ARMEL** cuenta con envolventes de diferentes tamaños para conjuntos destinados a la distribución de potencia. Envolventes de 600, 800 y 1000 mm de ancho; con 400 y 600 mm de profundidad; y 2100 mm de altura. Partiendo de las posibles combinaciones en dimensiones, se escoge una o más envolventes adyacentes que logren albergar en su totalidad todas las unidades funcionales que conforman el conjunto, dicha envolvente debe otorgar soporte y protección a los equipos y elementos que alberga, pero además de esto debe proporcionar espacio suficiente para evitar que las unidades funcionales en su interior superen el límite de sobrecalentamiento que la

norma establece además que la combinación de todas las partes en funcionamiento no logren llevar la temperatura promedio hasta 55 °C.

Se debe tener en cuenta las condiciones medio ambientales del lugar de la instalación del conjunto, esta no debe superar los 40 °C y su promedio durante 24 horas no debe superar los 35°C. De acuerdo a la ubicación de la envolvente, si es tipo interior o tipo exterior la Norma IEC determina los límites de temperatura y humedad relativa como condiciones de funcionamiento.

Después de tener la o las envolventes seleccionadas, se procede a verificar el cumplimiento de con el aumento permisible por la norma IEC 61439, con el método de cálculo que establece la norma IEC 60890. Este método cálculo aritmético, suma las potencias efectivas disipadas por cada una de las unidades funcionales que se encuentran ubicadas en su interior, como lo son: Barrajes principales y de distribución, Interruptores de caja moldeada o tipo abierto y, los Cables de entrada y salida del conjunto. Además de sus dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad) y su ubicación en el entorno.

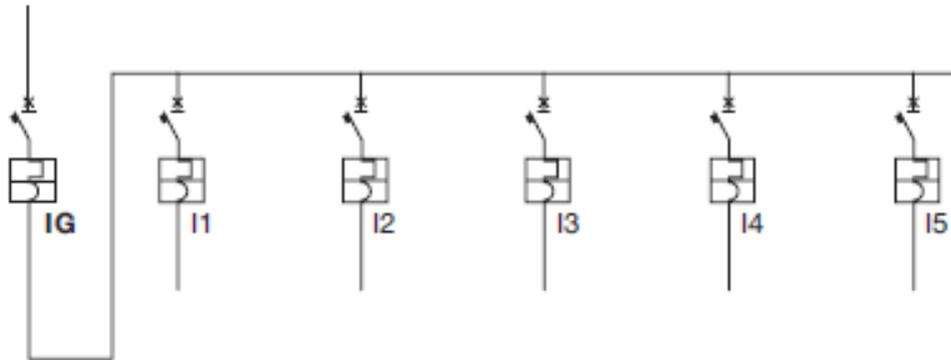
A continuación se muestra el cálculo de conformidad del aumento de temperatura en el interior de un conjunto eléctrico de distribución de potencia conforme al método descrito por la Norma IEC 60890.

Ejemplo de aplicación:

Antes de iniciar con el procedimiento del cálculo, necesitamos estar documentados con la siguiente información:

- Diagrama unifilar.
- Un esquema de la parte frontal del conjunto de distribución con la disposición de su aparamenta dentro de la envolvente.
- Detalles de los embarrados (longitud, sección transversal, corriente y pérdida de potencia).
- Detalles de los Interruptores de caja moldeada o tipo abierto (Modelo, tamaño, corriente y pérdida de potencia).
- Detalles de los cables de entrada y salida (longitud, sección transversal, corriente y pérdida de potencia).
- Temperatura del entorno.

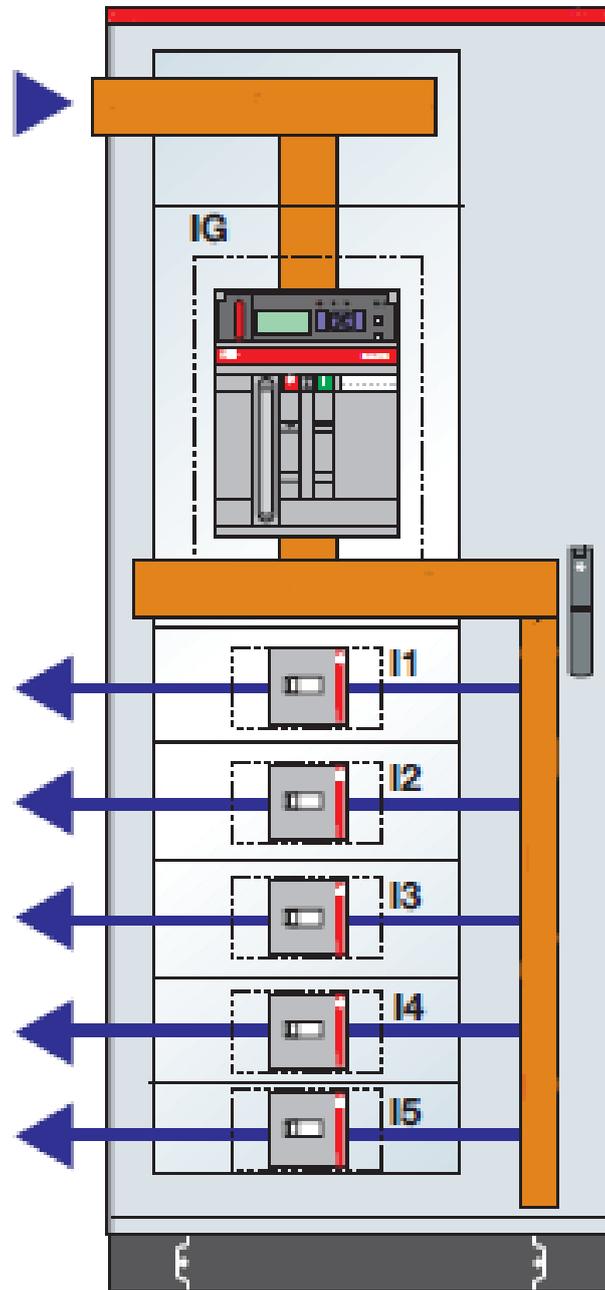
- Diagrama unifilar y esquema frontal del conjunto.



28

Figura30. Diagrama unifilar

<sup>28</sup>Figura adaptada de la referencia (6)

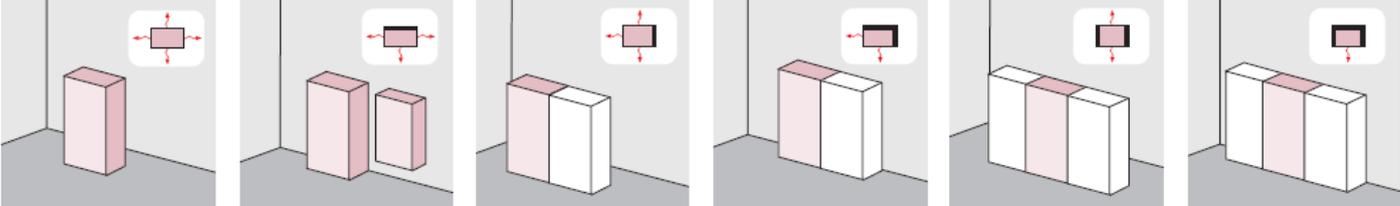


29

Figura31. Esquema Frontal del Conjunto.

<sup>29</sup>Figura adaptada de la referencia (6)

Datos de entrada:

<b>Dimensiones del CONJUNTO (m)</b>	<b>Alto</b>	2,1	<b>Ancho</b>	0,8	<b>Profundo</b>	1,2
<b>Tipo de instalación del CONJUNTO</b>						
<b>CONJUNTO con ventilación</b>	SI	NO				
<b>No. De tabiques horizontales</b>	1					
<b>Calor disipado de los equipos del CONJUNTO</b>	848,0					

Potencia disipada por los Interruptores de caja moldeada y tipo abierto.

Tabla 16. Equipos del Conjunto

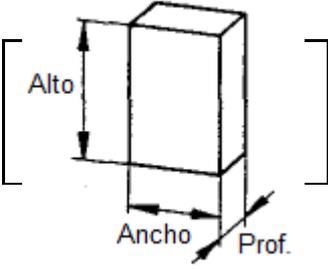
Equipo	Cant	P (W)	P total (W)
Interruptor 3200 A	1	200	200
Interruptor 1600 A	1	200	200
Interruptor MCCB 3X63 A	4	7	28
<b>Perdida potencia total</b>			<b>428,0</b>

Potencia disipada por el Embarrado principal y embarrados de distribución.

Tabla 17. Embarrados del Conjunto

Embarrado	Sección transversal (mm x mm)		Longitud (m)	Corriente lb (A)	Corriente ln (A)	P (ln) (W/m)	P(lb) (W)
	10	50					
c1	10	50	0,8	3200	3782	126	216,5
c1	10	50	0,8	3200	3782	126	216,5
Pérdida de potencia total de los embarrados							433,0

Tabla 18. Calculo aumento de temperatura

	Ao	Factor acorde a la Tabla III	Ao x b (m2)
	m2		
Tapa	0,96	1,4	1,344
Frente	1,68	0,9	1,512
Posterior	1,68	0,9	1,512
Tapa lateral izquierda	2,52	0,9	2,268
Tapa lateral derecha	2,52	0,9	2,268
Ae = Σ (Ao x b) = Total			8,904
Excediendo 1.25 m2		No excediendo 1.25 m2	
$f = \frac{h^{1.35}}{A_b}$		$g = \frac{h}{w}$	
2,84			
Abertura de entradas de aire	0		
Constante k	0,11		
Factor d	1		
Calor disipado total	861,0		
z = P^x	226,16		

$\Delta t_{0.5} = k \cdot d \cdot z$	24,9
Factor de distribución de temp c	1,28
$\Delta t_{1.0} = c \cdot \Delta t_{0.5}$	31,9
$\Delta$ temp de la envolvente	59,9

Tabla 19. "Tabla I" Método de cálculo, aplicación, formulas y características

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Fórmulas de calculo			Envolvente		Características					Curvas características		
Superficie de enfriamiento eficaz $A_e$	Aumento de temperatura		Superficie de enfriamiento eficaz $A_e$		Factor				Exp	Trazado de aumento de temperatura		
	A media altura de la envolvente	Hasta arriba de la envolvente			b	k	d	c			x	
$A_e$ $\Sigma(A_o \cdot b)$ (1)	$\Delta t_{0.5}$ $K \cdot d \cdot P^x$ (2)	$\Delta t_{1.0}$ $c \cdot \Delta t_{0.5}$ (2)	>1.25 m <sup>2</sup>	Envolvente sin ventilación	Tabla III	Figura 3	Tabla IV	Figura 4	0.804	Véase el numeral 5.2.4.1		
				Envolvente con ventilación					Figura 5		Tabla V	Figura 6
			<1.25 m <sup>2</sup>	Envolvente sin ventilación					Figura 7		-	Figura 8

Tabla 20. "Tabla II" Factor de superficie b de acuerdo con el tipo de instalación

Tipo de instalación	Factor de superficie b
Superficie superior expuesta	1.4
Superficie superior cubierta, por ejemplo, de armarios empotrados	0.7
Cara expuesta enfrente, por ejemplo, paredes delantera, trasera y laterales	0.9
Caras laterales cubiertos, por ejemplo, lado posterior de armarios murales	0.5
Caras laterales de los recintos centrales	0.5
Las superficies del suelo	No se tiene en cuenta
Caras laterales ficticias de secciones (véase el numeral 5.2) que se han introducido sólo para fines de cálculo no se tienen en cuenta	

Tabla 21. "Tabla IV" Factor d para envoltentes sin ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz  $A_e > 1.25m^2$

Número de particiones horizontales n	0	1	2	3
Factor d	1.00	1.05	1.15	1.30

Tabla 22. "Tabla V" Factor d para envoltentes con ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz  $A_e > 1.25m^2$

Número de particiones horizontales n	0	1	2	3
Factor d	1.00	1.05	1.10	1.15

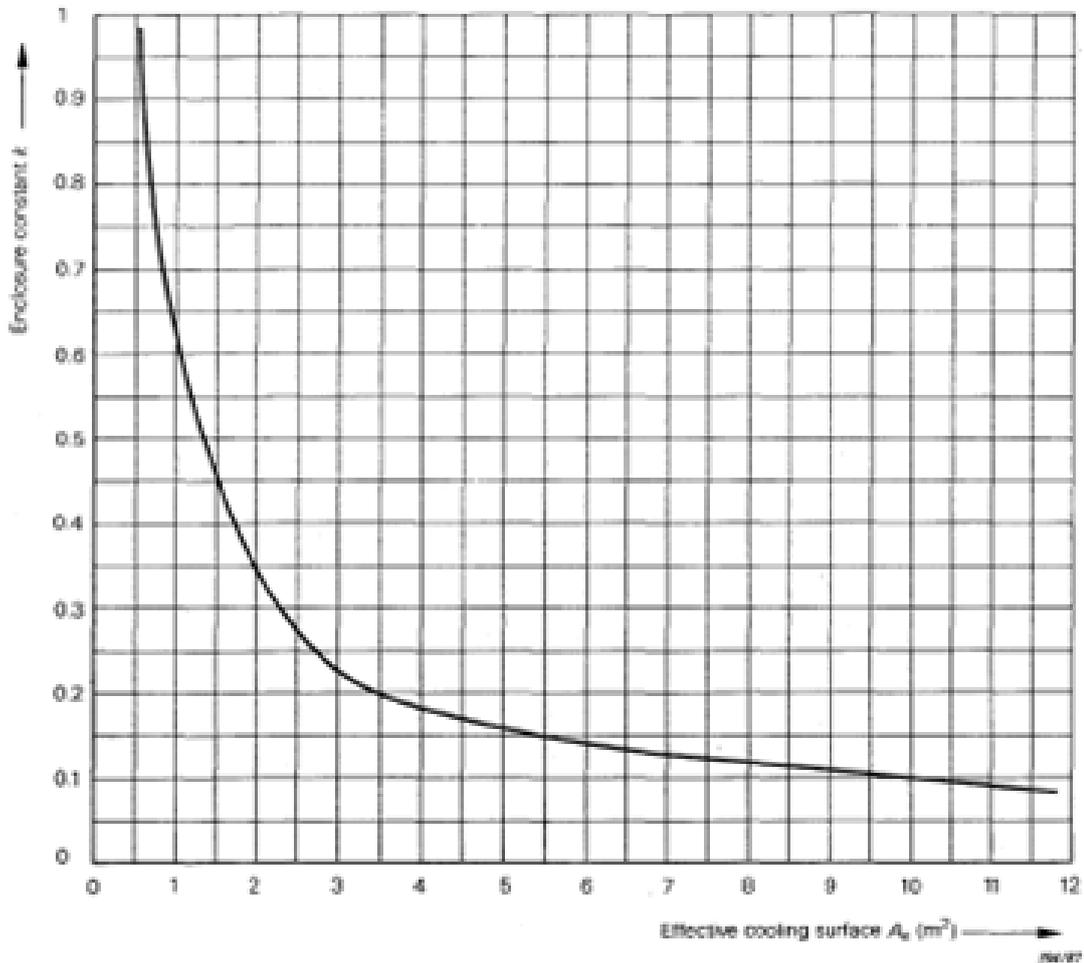


Figura32. "Fig 3" Constante k para envoltentes sin ventilación, con una Superficie de enfriamiento eficaz  $A_e > 1.25m^2$

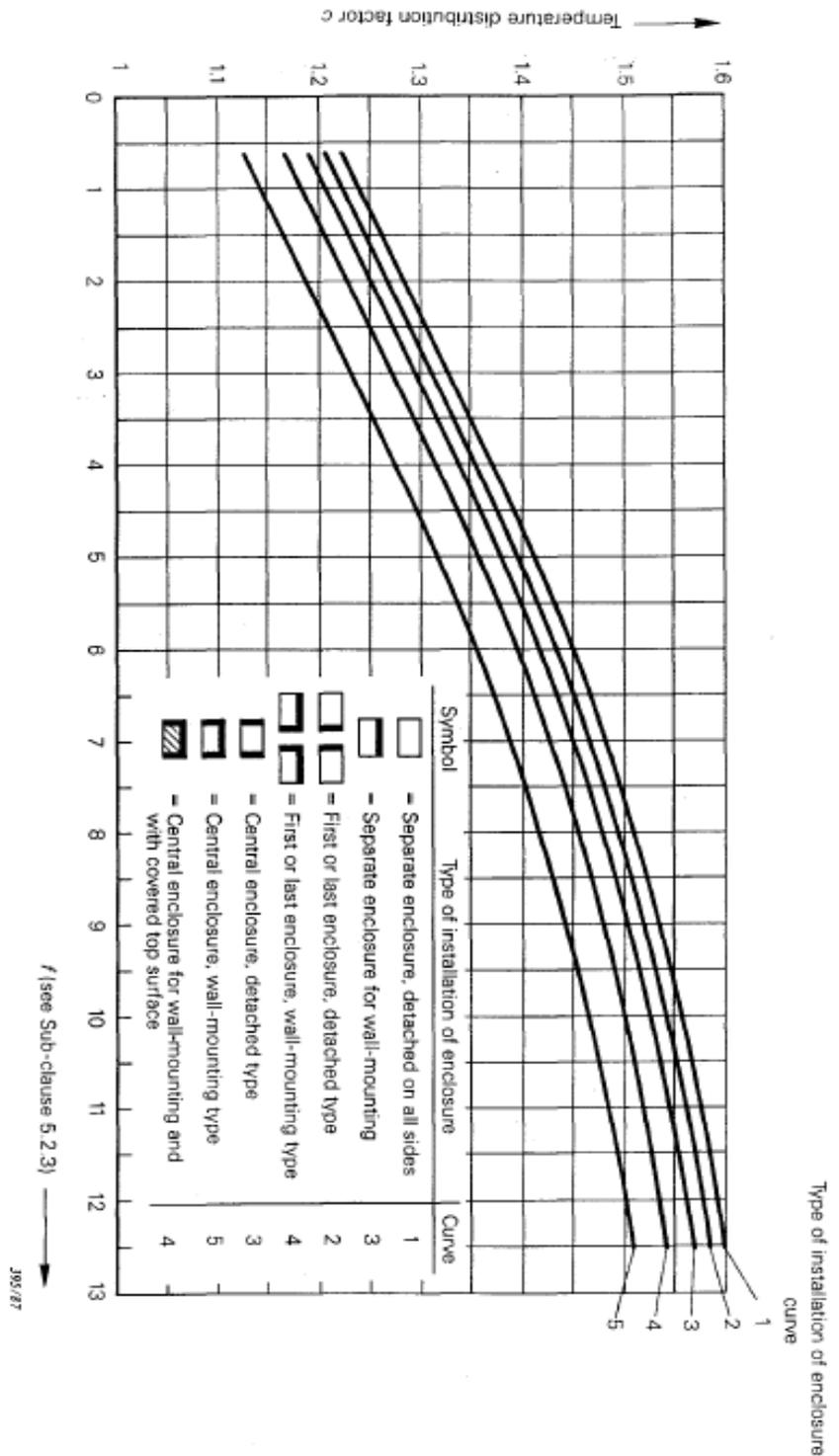
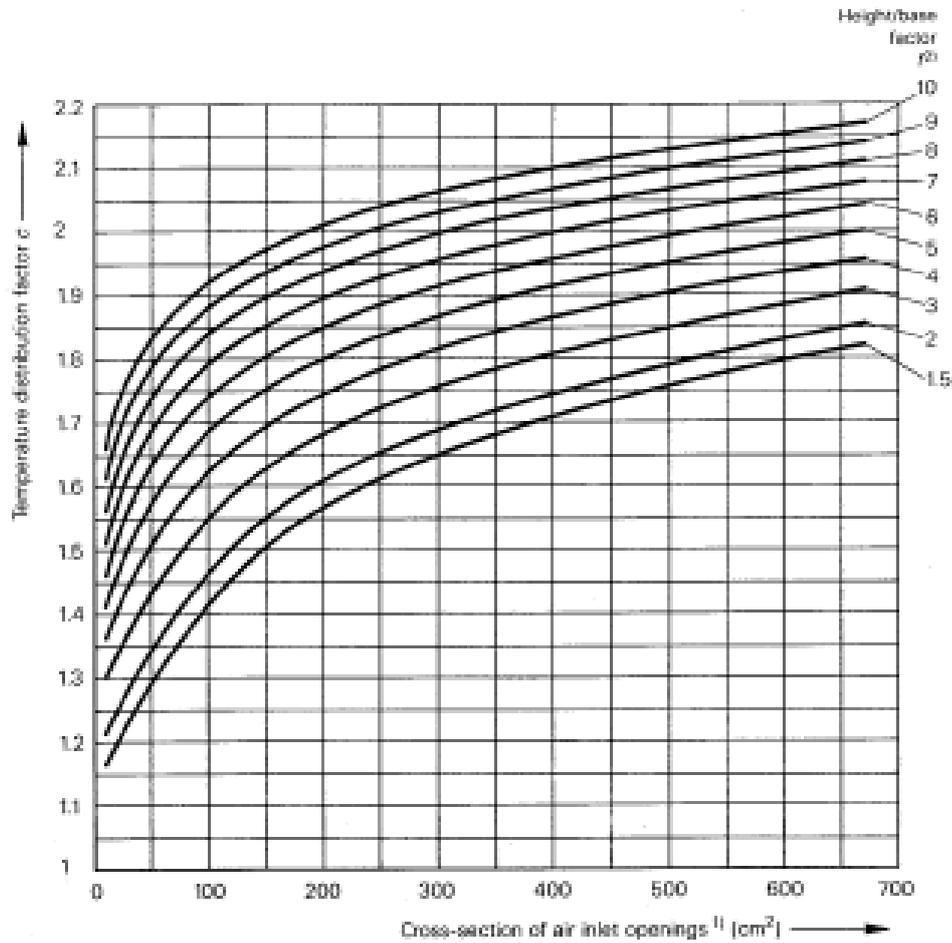


Figura33. "Fig 4" Factor de distribución de temperatura  $c$  para envoltorios sin ventilación y con una Superficie de enfriamiento eficaz  $A_e > 1.25m^2$



<sup>1)</sup> The cross-section of the corresponding air outlet openings should be at least 1.1 times that of the air inlet opening.  
<sup>2)</sup> Height/base factor, see Sub-clause 5.2.3.

Figura34. "Fig 6" Factor de distribución de temperatura c para envoltentes con ventilación y una Superficie de enfriamiento eficaz  $A_e > 1.25\text{m}^2$

### 3.2.5. Formas de segregación

Las formas de segregación son el tipo de subdivisión prevista en el interior de los conjuntos eléctricos, difieren en su mayor parte a la función de uso final del conjunto, adicionalmente, sin dejar atrás las solicitudes y/o peticiones que exijan los clientes de la forma constructiva de él, al diseñador y fabricante del conjunto.

El conjunto puede tener una función o varias funciones específicas, como pueden ser:

- Distribución de cargas (Conjunto de Distribución de potencia). Se recomienda la Forma: 3a o 3b.
- Alimentación de un sistema acoplado a una planta eléctrica (Conjuntos de transferencias automáticas), se recomienda la Forma: 3b, 4a o 4b.
- Combinación de las dos (2) mencionados anteriormente.

Tabla 23. Formas de segregación interna

Criterio Principal	Criterio Secundario	Forma
Ninguna separación	----	1
Separación de las barras de distribución de las unidades funcionales	Terminales para conductores externos no separados de las barras de distribución	2a
	Terminales para conductores externos, separados de las barras de distribución	2b
Separación de las barras de distribución de las unidades funcionales y separación de todas las unidades funcionales entre sí. Separación de los dos terminales para conductores externos de las unidades funcionales pero no entre ellas	Terminales para conductores externos no separados de las barras de distribución	3a
	Terminales para conductores externos separados de las barras de distribución	3b
Separación de las barras de distribución de las unidades funcionales y separación de todas las unidades funcionales entre sí, inclusive los terminales para conductores externos que son partes integrantes de la unidad funcional	Terminales para conductores externos en el mismo compartimiento, tal como la unidad funcional asociada	4a
	Terminales para conductores externos no en el mismo compartimiento que la unidad funcional, sino en espacios protegidos o en compartimientos individuales, separados y cerrados	4b

### 3.2.6. Selección de las partes a utilizar

En este apartado encontraremos toda la perfilaría, herrajería, elementos y componentes que compone tanto la parte exterior como la parte interna del conjunto. A continuación se ilustra a manera de ejemplo que piezas seleccionar para construir un conjunto con las siguientes dimensiones 800 x 600 x 2100 que pertenece a una de las dimensiones estándar que maneja la línea **Armel**.

Primero debemos empezar con la envolvente de este conjunto, dicha envolvente consta de los perfiles verticales, horizontales y laterales que forman el esqueleto, además de los esquineros, tornillería y demás acoples que conforman el ensamble completo del esqueleto, cubiertas, base y puerta con los que finalmente se completa el conjunto en su parte externa.

Para satisfacer las necesidades dimensionales del conjunto primero hay que tener claro la relación existente entre dimensión vs Longitud del perfil, de la siguiente forma:

$$\text{Long. Perfil Vertical (mm)} = \text{Altura del Conjunto} - 200 \text{ mm};$$

De esos 200 mm, 100 mm que equivalen a altura que le agrega la base a la altura total del conjunto y los otros 100 mm equivalen a la distancia que agregan las cubiertas laterales, posterior y la puerta.

$$\text{Long. Perfil Horizontal (mm)} = \text{Anchura del Conjunto} - 100 \text{ mm}$$

$$\text{Long. Perfil Lateral (mm)} = \text{Profundidad del Conjunto} - 100 \text{ mm}$$



Figura35. Perfil

La multiplicación de los resultados de las ecuaciones expuestas anteriormente nos da el volumen efectivo útil de un conjunto.

Como respuesta al ejemplo tenemos:

Dimensiones del conjunto: 800 x 600 x 2100 mm (Envolvente estándar de la Línea **Armel**), los valores correctos de los perfiles verticales, horizontales y laterales serán los siguientes:

$$\textit{Long. PerfilVertical(mm)} = 2100 \textit{ mm} - 200 \textit{ mm} = 1900 \textit{ mm}$$

$$\textit{Long. PerfilHorizontal(mm)} = 800 \textit{ mm} - 100 \textit{ mm} = 700 \textit{ mm}$$

$$\textit{Long. Perfillateral(mm)} = 600 \textit{ mm} - 100 \textit{ mm} = 500 \textit{ mm}$$

### 3.2.7. Lista de verificación de la calidad del producto

Tabla 24. Lista de verificación de la calidad del producto

OPERACIÓN	EFFECTUADA	NO APLICABLE
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>		
Verificación del cableado		
Conformidad según los planos		
Verificación de equipos		
Conformidad de equipos especificados		
Verificación de juegos de barra		
Verificación de la conexión efectiva de masas		
Verificación de las medidas relacionadas con la clase II		
Funcionamiento eléctrico (potencia)		
Funcionamiento eléctrico (control)		
Verificación de aparatos de medida		
Test de dispositivos diferenciales		
Verificación del funcionamiento mecánico		
Conformidad de las especificaciones		
Verificación de torques de apriete		
Conformidad de dispositivos de maniobra		
Verificación de la conservación del grado de protección IP		
<b>VERIFICACIÓN DE AISLACIÓN</b>		
Test dieléctrico de tensión		
Resistencia de aislación bajo 500V, Valor mínimo medido		
<b>VERIFICACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL CIRCUITO DE PROTECCIÓN</b>		
Medidas de continuidad con corriente de operación de 10A		
Verificación con tester de continuidad		
<b>CONTROL FINAL</b>		
Presencia de placa de datos		
Presencia de documentación		

### 3.3. MODOS DE ENSAMBLE

En el siguiente apartado encontraremos los pasos a seguir, pautas y la forma adecuada de cómo hacer el procedimiento para ensamblar Conjunto de la Línea **Armel**, al igual que sus partes externas e internas. Conocer físicamente el tablero, forma constructiva, tipos de segregación, perfilera y herrajería que lo componen.

A continuación presentamos la envolvente que da respuesta a toda exigencia estipulada por la Norma IEC 61439, la de Conjuntos **Armel** de la empresa K&V Ingeniería LTDA.

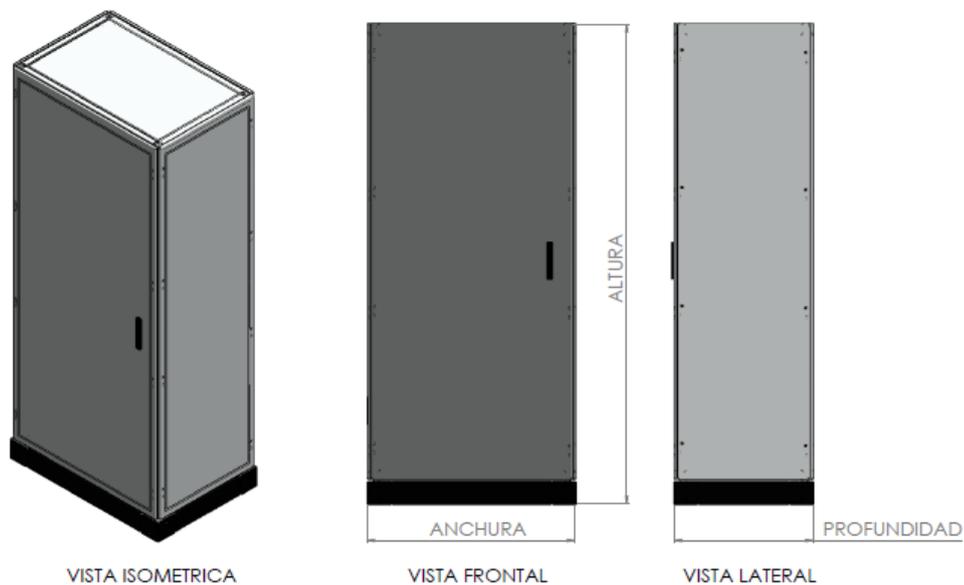


Figura36. Vistas del Conjunto Línea Armel

Este modelo fue diseñado de acuerdo a las especificaciones técnicas dictadas por la Norma IEC 61439, de modo de asegurar que, no presente riesgos para sus usuarios, proporcione un buen servicio, permita un fácil y adecuado mantenimiento y tenga la flexibilidad necesaria para permitir ampliaciones.

### 3.3.1. Partes externas del Conjunto

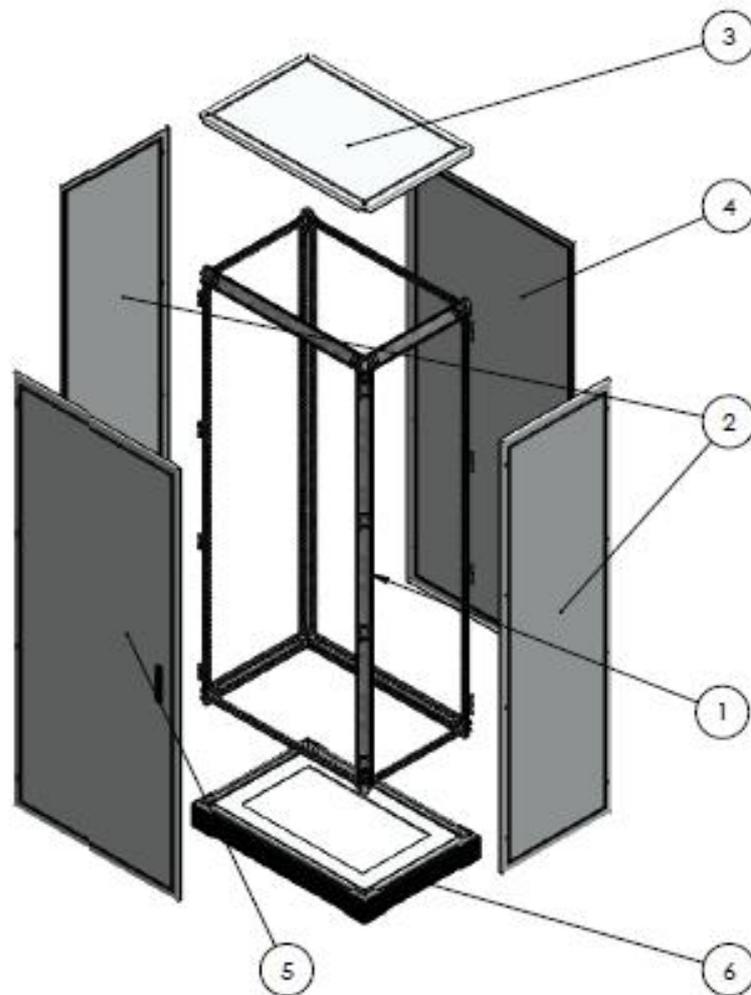


Figura37. Partes externas del Conjunto

Tabla 25. Listado de piezas

N° del elemento	Nombre de la pieza	Cant.
1	Esqueleto	1
2	Cubierta lateral	2
3	Techo	1
4	Cubierta posterior	1
5	Puerta	1
6	Base	1

### 3.3.2. Forma de fabricación

#### Base

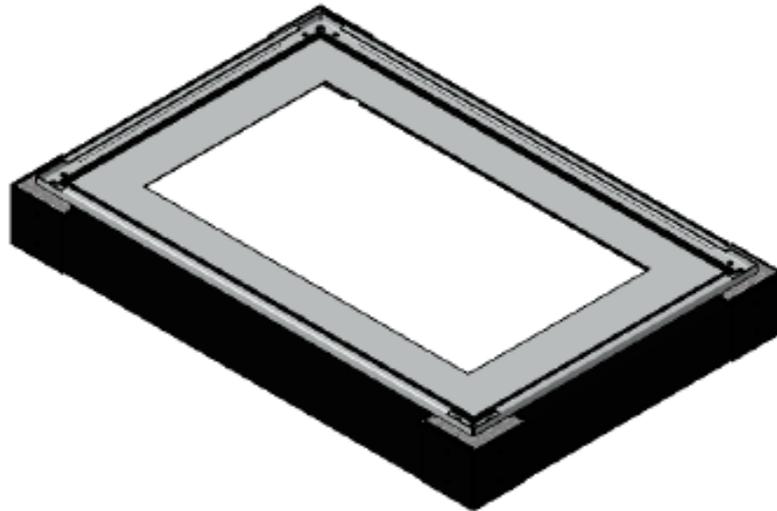


Figura38. Vista isométrica – Base

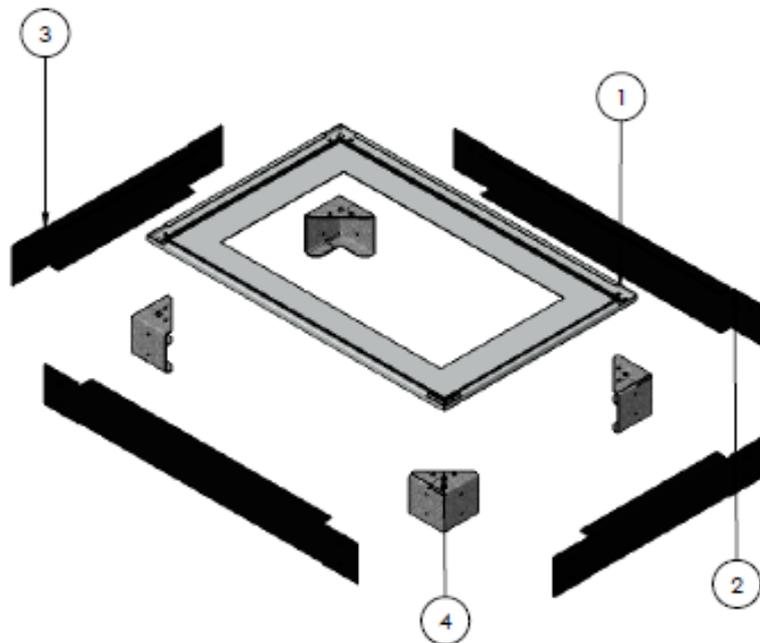


Figura39. Vista explosionada – Base

Tabla 26. Listado de piezas - Base

N° del elemento	Nombre de la pieza	Cant.
1	Cubierta inferior	1
2	Cárcamo horizontal	2
3	Cárcamo lateral	2
4	Esquina soporte	4

Para ensamblar la base, se necesita:

Atornillar las esquinas de soporte a la cubierta inferior, de modo que sus caras queden coincidentes al plano horizontal y lateral externos de la cubierta. **Véase Figura 38.** Esta acción debe ser realizada con Tornillos de cabeza de estrella de 1/4" con un torque de apriete de 11 Nm. **Véase anexo 1.4 Valores de Torque para Tornillos métricos y británicos.**

Seguido de esto, se deben acoplar los cárcamos horizontales y laterales a la base, como puede observarse en la **Figura 37.** Por medio de Tornillos cabeza hexagonal de 5/16" con un torque de apriete de 22 Nm.

### Esqueleto

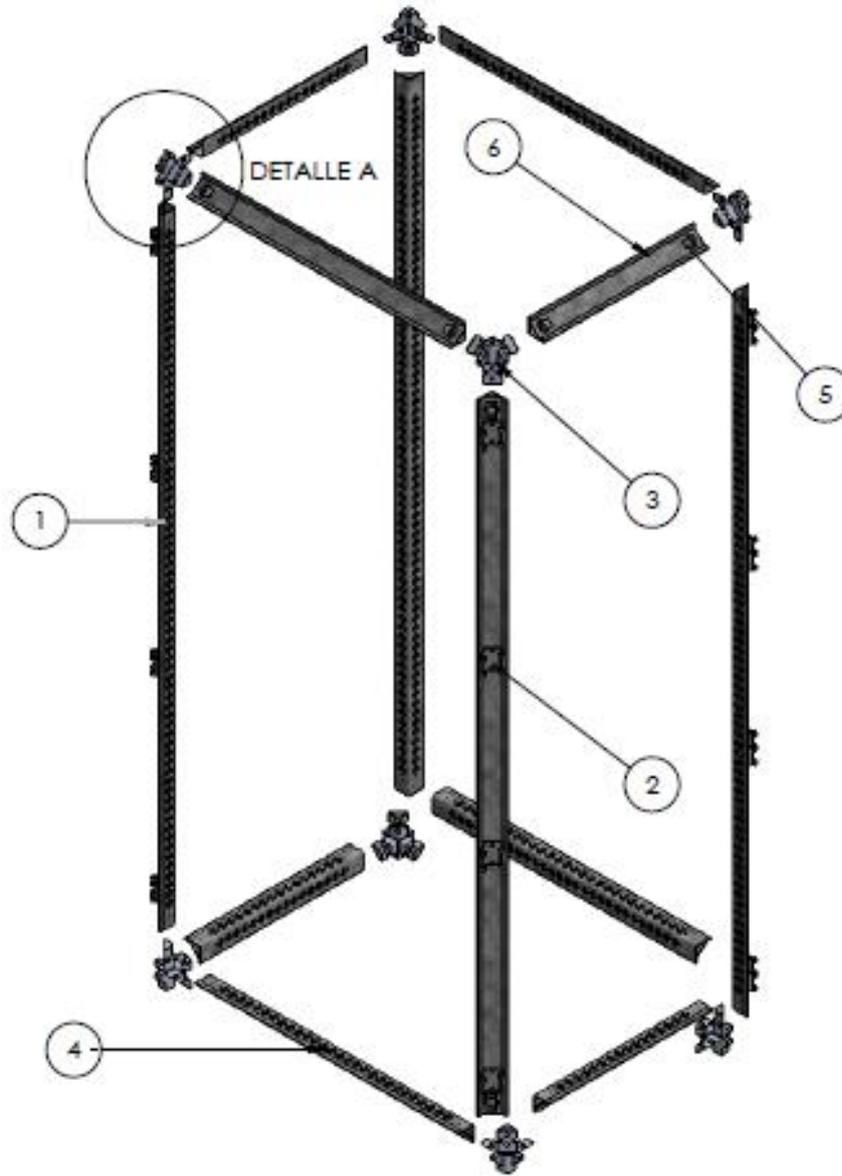


Figura40. Vista isométrica - Esqueleto

Tabla 27. Listado de piezas - Esqueleto

N° del elemento	Nombre de la pieza	Cant.
1	Perfil vertical	4
2	Soporte para cubiertas y puerta	16
3	Esquinero	8
4	Perfil horizontal	4
5	Herraje para acople	16
6	Perfil lateral	4

Los perfiles verticales, horizontales y laterales, son los componentes principales del esqueleto, son aquellos que le brindan la flexibilidad a las diferentes dimensiones que puede tener el conjunto. Estos perfiles constan de dos partes, fabricadas en lamina galvanizada de calibre 18 para darle al conjunto una estructura mas liviana.

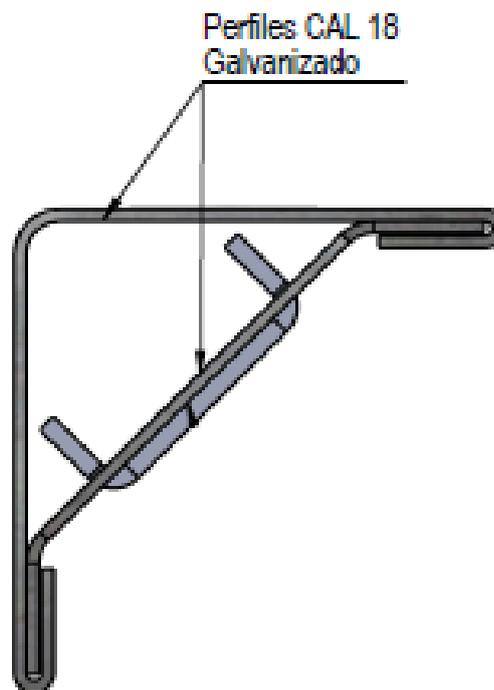


Figura41. Vista de corte de los componentes del perfil

Como se puede observar en la Figura 40, las dos láminas que conforman el perfil, cuentan cada una con dobleces especiales, diseñados para acoplar uno dentro del otro sin necesidad de utilizar soldadura alguna y adicionalmente le permiten al perfil tener una gran rigidez.



Figura42. Características del perfil

EL esquinero, es un elemento en forma de trípode, fabricado por medio de un modelo en inyección de metal (MIM) con material aluminio templado de alta dureza MIM 4605 sinterizado, que le ofrece una gran estabilidad al conjunto. Está ubicado en los 8 vértices principales del esqueleto, como se puede observar en la Figura 39 y que podemos ver detalladamente a continuación:

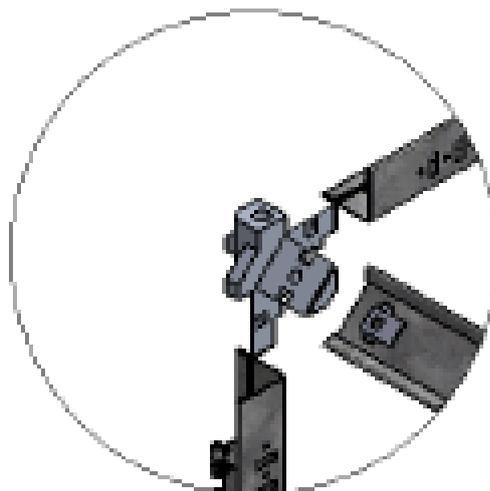


Figura43. Vista de detalle A

### Formas de segregación

Las formas de segregación tienen como finalidad separar internamente los conjuntos de baja tensión, en compartimientos distintos o espacios protegidos cerrados. Garantizar una protección adicional al usuario contra un contacto con partes peligrosas que pertenezcan a las unidades funcionales, además de garantizar condiciones de seguridad relativas a la accesibilidad para el mantenimiento, a fin de proteger contra el contacto directo con los equipos.

Las formas de segregación se definen conforme al nivel de protección necesaria para el conjunto de distribución, y éstas deben estar previstas en el proyecto que está próximo a realizarse en conformidad con la Norma IEC 61439, cabe destacar que estas formas de segregación son tratadas únicamente en la Norma IEC 61439-2.

La protección contra el contacto directo puede obtenerse mediante consideraciones constructivas del Conjunto o por medio de medidas complementarias utilizadas durante la instalación.

Las medidas de protección contra el contacto directo son.

**Aislamiento de las partes con tensión:** Deben estar completamente cubiertas por un aislamiento que únicamente pueda ser retirado mediante su destrucción. Este aislamiento deberá estar fabricado con materiales capaces de resistir esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos a los que pudiera ser sometido durante un servicio, tal cual como lo estipula la Norma IEC 61439.

Adicionalmente, pinturas, barnices o similares no se consideran adecuados por si solos para efectos de protección contra el contacto directo.

**Barreras o envolventes:** Las partes activas aisladas al aire deben estar al interior de envolventes, o detrás de barreras que proporcionen un grado de protección de al menos IP XXB. Las superficies horizontales accesibles cuya altura sea igual o menos de 1,6 m por encima del suelo, deberán proporcionar un grado de protección de al menos IP XXD.

La distancia entre los elementos mecánicos previstos para la protección y las partes con tensión a las que protegen no deben ser inferiores a los valores especificados para las distancias de aislamiento en aire y superficial.

Las barreras y envolventes deben estar fijadas de forma segura y tener la suficiente robustez y durabilidad para mantener los grados de protección requeridos y la separación de partes activas durante las condiciones de empleo normales, teniendo en cuenta su naturaleza, dimensiones y disposición. La distancia entre una barrera o envoltente conductora y las partes activas que protegen no deben ser menores que las distancias de aislamiento y líneas de fuga especificadas por la Norma.

Teniendo de forma muy claras los requerimientos descritos anteriormente, se presentara a manera de ejemplo la Forma 2a y la Forma 4b de la Línea **Armel** de la empresa K&V ingeniería LTDA.

Forma 2a:

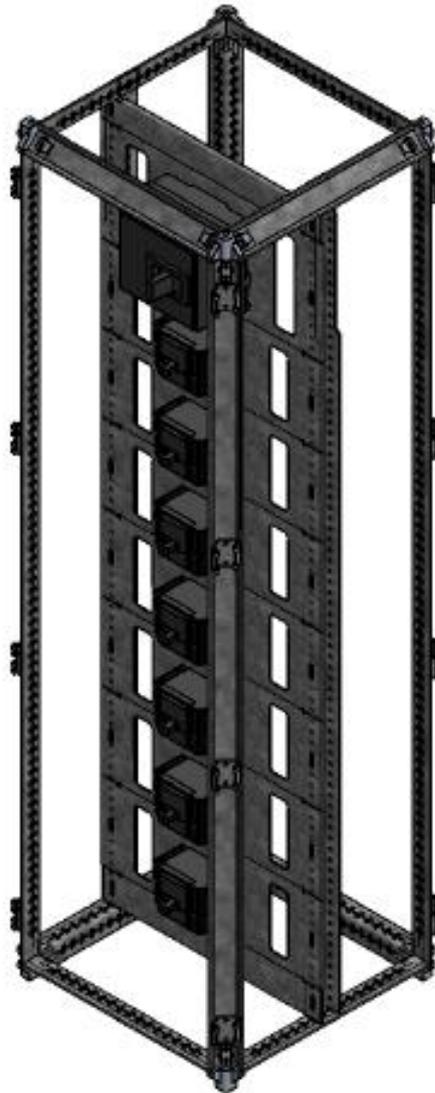


Figura44. Forma 2a

Forma 4b:

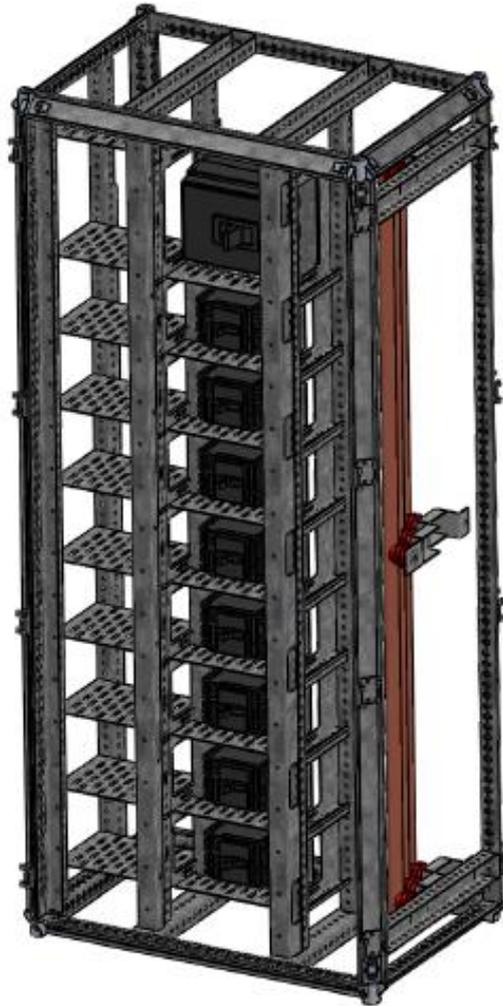
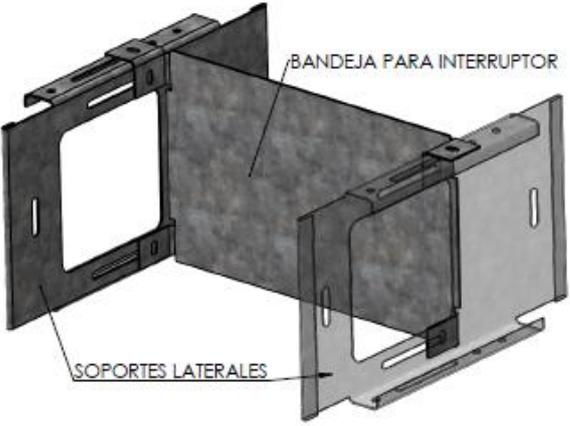


Figura45. Forma 4b

Tabla 28. Bandejas para montaje de interruptores



El diagrama muestra una bandeja para interruptor con dos soportes laterales. Las etiquetas indican 'BANDEJA PARA INTERRUPTOR' y 'SOPORTES LATERALES'.

DIMENSIONES (mm)			
<b>Anchura</b>	300	300	300
<b>Altura</b>	170	214	284
<b>MARCA</b>	<b>REFERENCIA</b>		<b>CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)</b>
<b>ABB</b>	T Max T1 - T Max T2 - T Max T3 - T Max T4 - S1 - S2 - S3 - S4		100 a 320
	T Max T5 - S5		400 a 630
	T Max T6 - T Max T7 - S6		630 a 1250
<b>Schneider Electric</b>	EZC - NSX		100 a 320
	EZC - NSX		400 a 630
<b>SIEMENS</b>	3 VT1 - 3 VT2 - 3 VL17XX - 3 VL37XX		100 a 320
	3 VT3 - 3 VL47XX - 3 VL57XX		400 a 630
<b>HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.</b>	UAB - UCB - HBL - UPB		100 a 320
	UCB - UPB		400 a 630
	UCB		800
<b>EATON</b>	BZM 1 - BZM 2 - LZM 1 - LZM 2 - NZM 1 - NZM 2		100 a 320
	BZM 3 - LZM 3 - NZM 3		400 a 630

### **3.4.LIMITACIONES**

La guía de diseño está limitada a envolventes de tamaños mayores o iguales a 600 mm de ancho, 400 mm de profundidad y 2100 mm de altura, teniendo en cuenta las dimensiones estandarizadas. Para tamaños mayores de envolventes, diferentes a las que ofrece la línea ARMEL, se recomienda el acoplamiento de forma adyacente.

El presente desarrollo está limitado única y exclusivamente para el desarrollo de conjuntos totalmente armados fabricados por la línea ARMEL, para la empresa K&V Ingeniería Ltda.

Para diseños que se desvíen de las pautas establecidas por la guía propuesta no se garantiza el total cumplimiento de la norma, ni la conformidad de las pruebas de verificación.

- Solo para conjuntos de baja tensión, con tensión nominal hasta 1000 Vac y 1500 Vdc.
- Solo para conjuntos destinados a la distribución de potencia.
- Solo para la aplicación de la empresa K&V ingeniería.
- Solo para fabricación de conjuntos con dimensiones en altura, anchura y profundidad plenamente identificadas con anterioridad.

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Partiendo de la problemática surgida día a día en el desarrollo de diseños por parte de la empresa K&V Ingeniería, se notaba un innecesario desgaste, en casi la totalidad de las veces ocasionado por la falta de estandarización de los desarrollos elaborados, el continuo cambio de la forma de realizar los diseños originaban la omisión de características técnicas importantes que desencadenan en tortuosos problemas de ingeniería.

Con la derogación de pasado reglamento de instalaciones eléctricas RETIE y la entrada en vigencia de la versión actualizada, se propició un cambio obligatorio para las personas dedicadas a la ingeniería de tableros eléctricos. Entro a obligatorio cumplimiento la norma europea IEC 61439 que en su defecto dicta todas las exigencias y características que debe tener una instalación de este tipo para poder función de manera adecuada.

De esta manera y analizando toda la problemática nace la necesidad de la guía para el diseño de conjuntos totalmente armados, que se propone como una herramienta que establece pautas o procedimientos a seguir, con instrucciones que se enfocan en un cabal cumplimiento de la IEC 61439. Para esto primeramente era necesario realizar algunos cambios en lo que se venía haciendo, partiendo desde las características de la envolvente que es la parte que otorga soporte y protección a un tablero eléctrico.

Después de haber estudiado con éxito la Norma IEC 61439 y realizar continuos desarrollos, logramos identificar los puntos débiles de la fabricación de conjuntos eléctricos. Con la ayuda e instrucción de programas de diseño como solidworks, llegamos al desarrollo del diseño y posterior construcción del modelo envolvente que adoptara la línea ARMEL para fabricación de Tablero eléctricos, las partes internas de soporte, así como el estudio, diseño y construcción de las bandejas de las unidades funcionales en concordancia a sus dimensiones, capacidades nominales y aumento de temperatura fueron nuestro primer objetivo que pudo materializarse.

Habiendo definido la parte estructural de los conjuntos, con ayuda de la experiencia alcanzada con los desarrollos continuos de diseño, y soportándonos en lo que establece la norma, se desarrolló una guía que define para conjuntos totalmente armados destinados a la distribución de potencia, la forma de realizar los diseños.

Comparando la metodología de la norma con la forma que usualmente se diseñaba, partimos en primera instancia del diagrama unifilar que define al conjunto como componente eléctrico de cualquier instalación, además de tener claramente definidas características del lugar de instalación y otros datos sustanciales del conjunto que son preguntados al cliente en el "FORMATO UNICO DE SOLICITUD DE PRODUCTO". Estando debidamente definidas las características iniciales del conjunto, se procede a la observación de los datos técnicos de las unidades funcionales, características importantes como tensión nominal, tensión nominal de aislamiento, tensión nominal soportada al impulso, nivel de corte, dimensiones, peso, entre otras son datos importantes para empezar con un correcto diseño; posterior a esto se procede a la disposición física las unidades funcionales respetando las pautas establecidas en función de las

distancias de asilamiento, el diseño de las bandejas y el aumento de temperatura. Estando dispuestas físicamente las unidades funcionales, se establece la selección y configuración del barraje específico, teniendo en cuenta las distancias mínimas de aislamiento y líneas de fuga, y la resistencia al cortocircuito deseado. Continuando el diseño se establece la forma de segregación deseada, para posteriormente validar el tamaño seleccionado de la envolvente teniendo en cuenta el método algorítmico de la norma IEC 60890 de aumento de temperatura. De esta manera para completar el diseño se realiza la ubicación de las cubiertas tanto frontales, laterales y posteriores.

Después del desarrollo del diseño acorde con la guía y validando lo establecido por la IEC 61439, deben realizar las pruebas y listas de chequeo para comprobar físicamente la conformidad con la norma. La guía plantea la lista de pruebas e inspecciones a realizar para comprobar la veracidad de lo realizado, mitigando así el riesgo de falla interna del conjunto y aumentando el nivel de seguridad de la instalación. La documentación e instrucciones de las características técnicas del tablero son datos que se deben informar por parte del fabricante al cliente o usuario final.

#### 4.1.RECOMENDACIONES

- Para la construcción del conjunto, el montaje de los distintos componentes mecánicos y eléctricos (envolventes, embarrados, unidades funcionales, etc.) que constituyen el cuadro definido por el fabricante original deberá realizarse conforme a las instrucciones del presente Manual.
- Para tamaños mayores de envolventes, diferentes a las que ofrece la línea ARMEL, se recomienda el acoplamiento de una o más estructuras en función de los requerimientos del diseño.
- Para una distribución por encima de los 1600 A, tanto el embarrado de distribución como el conjunto de unidades funcionales se recomienda que estos se encuentren en módulos separados independientemente.
- Para una buena distribución de los interruptores se recomienda situarlos de forma en que los interruptores parciales de mayor capacidad estén más cerca de la trayectoria de corriente hacia el interruptor principal, reduciendo así la pérdida de potencia en el interior del conjunto.
- La construcción de conjuntos con productos probados y conformes a sus propias normas para configuraciones representativas, es decir, los ensayos tipo realizados sobre las unidades funcionales que serán instaladas en nuestros conjuntos ARMEL.
- Es aconsejable que los interruptores tipo abierto, los más pesados, se sitúen en la parte inferior del conjunto, proporcionando así más estabilidad en el transporte y construcción del conjunto.
- La realización de los ensayos individuales de aislamiento, resistencia al impulso eléctrico, continuidad del circuito de protección.
- Cumplimiento de las reglas de diseño y cálculos algorítmicos realizados, como el cálculo de sobretemperatura.
- Los ensayos tipo definidos por la norma IEC deben ser realizados de manera oficial por organismos internacionales, neutros, sobre conjuntos representativos con configuraciones habituales de cableado y disposición de equipos.
- Llevar a cabo los diseños siempre teniendo en cuenta las pautas de la norma, para minimizar el riesgo de la no conformidad y así asegurando un nivel alto de confiabilidad al momento de la verificación del diseño por medio de las respectivas pruebas. La desviación por parte del diseñador de las pautas establecidas pueden llevar además de la no conformidad, al aumento del nivel de

fallas asociadas al funcionamiento del tablero.

- Cuando la instalación amerite un alto nivel de seguridad para las personas que manipulen el conjunto se recomienda que la segregación internas de las unidades funcionales sea la más completa posible (3b, 4 a o 4 b), para asegurar la preservación de la vida humana.

## ANEXOS

### Anexo 1.Formato único de solicitud del conjunto

		FORMATO UNICO DE SOLICITUD DEL CONJUNTO			VERSION 001	
P-SDC-001		PROCEDIMIENTO DE CALIDAD		VIGENTE: DD/MM/AAAA	Pag. 1 de 1	N° Rev. 01
CLIENTE:				VENDEDOR:		
PROYECTO:				OP No.		Cotizacion No.
ITEM 01						
DESCRIPCION DEL SITIO DE INSTALACION						
UBICACIÓN DEL CONJUNTO	EXTERIOR	INTERIOR	TEMP. AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)		
POSICION DEL CONJUNTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	M.S.M.M
DESCRIPCION METALMECANICA						
CANT.	MATERIAL			ACABADO		
GRADO DE PROTECCION CONTRA PARTICULAS EN SUSPENSION		IP		GRADO DE PROTECCION CONTRA IMPACTOS MECANICOS (IK)		
		NEMA		1	2	3
				4	5	6
				7	8	9
				10		
TIPO DE SEGREGACION						
FORMA 1	FORMA 2A	FORMA 2B	FORMA 3A	FORMA 3B	FORMA 4A	FORMA 4B
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCION ELECTRICA						
TENSION NOMINAL - Un (V)	CORRIENTE NOMINAL - In (A)		No DE ENTRADAS	No DE SALIDAS		
No DE RESERVAS	INTERRUPTORES MARCA		REF. INTERRUPTORES			
REQUERIMIENTO DE ACCESORIOS ESPECIALES	SI	NO	DIAGRAMA UNIFILAR E INFORMACION RELEVANTE			SI
						NO
PLANO DE CONTROL	SI	NO	PLANO DE FUERZA	SI	NO	
ENTRADA DE ALIMENTACION	SUPERIOR	INFERIOR	POSTERIOR			
SALIDA DE CABLES	SUPERIOR	INFERIOR	POSTERIOR			

Figura46. Formato único de solicitud del conjunto



### Anexo 3. Formato único para reporte de inspección individual

		<b>FORMATO UNICO PARA REPORTE DE INSPECCION INDIVIDUAL</b>			VERSION XXX																																																				
				VIGENTE: DD/MM/AAAA	Pag. 1 de 1	N° Rev. XX																																																			
CLIENTE:		IEC 61438-1		IEC 61439-2																																																					
EMPRESA:		FECHA	DD/MM/AAAA	CONJUNTO No.																																																					
<p>El desarrollo de las pruebas individuales se llevo a cabo en el CONJUNTO de aparamente de potencia en baja tensión acorde a la Norma IEC 61439-1/IEC 61439-2</p> <p>La inspección visual</p> <p>En referencia a los ensayos de tipo llevados a cabo por K&amp;V INGENIERIA LTDA:</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Hecho</th> <th style="text-align: center;">No Aplica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Distancias de aislamiento en el aire</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Ensayo de cortocircuito (circuito principal, conductor neutro y circuito de pr</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Protección básica y frente a defectos</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Funcionamiento correcto del CONJUNTO</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Ensayo de protección (IP)</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Ensayo de protección (IK)</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Conductores y cables</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Funcionamiento mecánico</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Partes de apriete</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• El mantenimiento de nivel de protección</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Comprobación del aislamiento:</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>• Prueba dieléctrica (Voltaje: )</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Resistencia de aislamiento a ##### V (Valor medio medido: )</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Comprobación de la continuidad de los circuitos de protección:</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>• Medición de la resistencia de paso a ## A</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Consultar el probador con la señal</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Control final:</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>• Presencia de placa</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>• Presencia de la documentación</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>								Hecho	No Aplica	• Distancias de aislamiento en el aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Ensayo de cortocircuito (circuito principal, conductor neutro y circuito de pr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Protección básica y frente a defectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Funcionamiento correcto del CONJUNTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Ensayo de protección (IP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Ensayo de protección (IK)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Conductores y cables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Funcionamiento mecánico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Partes de apriete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• El mantenimiento de nivel de protección	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Prueba dieléctrica (Voltaje: )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Resistencia de aislamiento a ##### V (Valor medio medido: )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Medición de la resistencia de paso a ## A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Consultar el probador con la señal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Presencia de placa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• Presencia de la documentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hecho	No Aplica																																																							
• Distancias de aislamiento en el aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Ensayo de cortocircuito (circuito principal, conductor neutro y circuito de pr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Protección básica y frente a defectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Funcionamiento correcto del CONJUNTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Ensayo de protección (IP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Ensayo de protección (IK)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Conductores y cables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Funcionamiento mecánico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Partes de apriete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• El mantenimiento de nivel de protección	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Prueba dieléctrica (Voltaje: )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Resistencia de aislamiento a ##### V (Valor medio medido: )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Medición de la resistencia de paso a ## A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Consultar el probador con la señal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Presencia de placa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
• Presencia de la documentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																							
ELABORO:	FECHA: DD/MM/AAAA	REVISO:	FECHA: DD/MM/AAAA	APROBO:	FECHA: DD/MM/AAAA																																																				

Figura48. Formato único para reporte de inspección individual

## Anexo 4.Valores de Torque de apriete para tornillos métricos y británicos

Tabla 29. Valores de Torque de apriete para tornillos métricos y británicos

Tornillos Métricos			Tornillos Británicos		
Tamaño	Nm	Lb ft	Tamaño	Nm	Lb ft
M6	10	7	#8	3	2
M8	25	18	#10	4	3
M10	53	40	1/4	11	8
M12	95	70	5/16	22	16
M14	130	95	3/8	40	30
M16	220	160	7/16	60	45
M18	270	200	1/2	95	70
M20	390	290	5/8	180	135
M22	500	370	3/4	310	230
M24	660	490	7/8	490	360
M27	1000	750	1	750	550
M30	1300	960	1 1/8	1040	770
M36	2300	1700	1 1/4	1480	1090
M42	3700	2700	1 3/8	1940	1430
M48	5500	4000	1 1/2	2580	1900
			1 3/4	4050	2990

## **Anexo 5. Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo de tesis y trabajos de grado**

Barranquilla, 3 de Julio del 2014

Tesis Trabajo de Grado

Yo **ANDRES FELIPE FERNANDEZ FLOREZ**, identificado con C.C. No. **1.140.846.256** de Barranquilla, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado **Guía de Procedimiento para la Fabricación y Ensamble de Conjuntos Totalmente Armados Conforme a la Norma IEC 61439-1/2 para la Empresa K&V ingeniería Ltda**, presentado y aprobado en el año **2014** como requisito para optar al título de **Ingeniero Eléctrico**; hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la **UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presenta autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE – AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en

defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 10 días del mes de Abril de Dos Mil Catorce 2014.

**EL AUTOR – ESTUDIANTE.** \_\_\_\_\_

**FIRMA**

## **Anexo 6. Carta de entrega y autorización de los autores para la consulta, la reproducción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo de tesis y trabajos de grado**

Barranquilla, 3 de Julio del 2014

Tesis Trabajo de Grado

Yo **JOSE ALFONSO PACHECO MARTINEZ**, identificado con C.C. No. **1.042.442.029** de Soledad, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado **Guía de Procedimiento para la Fabricación y Ensamble de Conjuntos Totalmente Armados Conforme a la Norma IEC 61439-1/2 para la Empresa K&V ingeniería Ltda**, presentado y aprobado en el año **2014** como requisito para optar al título de **Ingeniero Eléctrico**; hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la **UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presenta autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE – AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en

defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 10 días del mes de Abril de Dos Mil Catorce 2014.

**EL AUTOR – ESTUDIANTE.** \_\_\_\_\_

**FIRMA**

## **Anexo 7. Formulario de la descripción de la tesis o del trabajo de grado**

### **TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO:**

Guía de Procedimiento para la Fabricación y Ensamble de Conjuntos Totalmente Armados Conforme a la Norma IEC 61439-1/2 para la Empresa K&V ingeniería Ltda.

### **AUTORES:**

<b>Apellidos Completos</b>	<b>Nombres Completos</b>
Fernández Flórez	Andrés Felipe
Pacheco Martínez	José Alfonso

### **DIRECTOR:**

<b>Apellidos Completos</b>	<b>Nombres Completos</b>
Silva Ortega	Jorge Iván

### **JURADOS:**

<b>Apellidos Completos</b>	<b>Nombres Completos</b>
Hinestroza Olascuaga	Laura
Noriega Angarita	Eliana

### **ASESOR:**

<b>Apellidos Completos</b>	<b>Nombres Completos</b>
Pérez Karduss	Antonio de Jesús

**TRABAJO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:** Ingeniero Eléctrico.

**FACULTAD:** Ingeniería.

**PROGRAMA:** Pregrado.

**NOMBRE DEL PROGRAMA:** Ingeniería Eléctrica.

## **Anexo 8. Material anexo**

**CIUDAD:** Barranquilla

**AÑO DE PRESENTACION DE LA TESIS:** 2014

**NUMERO DE PÁGINAS:**125

### **TIPO DE ILUSTRACIONES:**

Ilustraciones []

Planos [  ]

Laminas [  ]

Mapas [  ]

Retratos [  ]

Fotografías [  ]

Tablas, gráficos y diagramas []

**MATERIAL ANEXO**(Video, audio, multimedia o producción electrónica):

Duración del audiovisual: \_\_\_\_\_ minutos.

**NUMERO DE CASETES DE VIDEO:** \_\_\_\_ Formato: VHS \_\_\_\_ Beta Max \_\_\_\_  $\frac{3}{4}$  \_\_\_\_ Beta Cam  
\_\_\_\_ Mini DVD \_\_\_\_ DV Cam \_\_\_\_ DVC Pro \_\_\_\_ Video 8 \_\_\_\_ Hi 8 \_\_\_\_ Otro: ¿Cuál? \_\_\_\_

Sistema: Americano NTSC \_\_\_\_ Europeo PAL \_\_\_\_ SECAM \_\_\_\_

**NUMERO DE CASETES DE AUDIO:** \_\_\_\_\_

**NUMERO DE ARCHIVOS DENTRO DEL DVD**(En caso de incluirse un DVD diferente al trabajo de grado o tesis):

---

**PREMIO O DISTINCION** (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):

---

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Unidad de información en el correo [biblioteca@cuc.edu.co](mailto:biblioteca@cuc.edu.co), donde se les orientara).

ESPAÑOL

INGLES

---

---

---

---

---

---

## Bibliografía

1. **IEC.61439 Part 1: low-voltage switchgear and controlgear assemblies, General rules.** 2. Geneva : s.n., 2011.
2. —. **61439 Part 2: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, Power switchgear and controlgear assemblies.** 2. Geneva : s.n., 2011.
3. **Energia, Ministerio de Minas y.Reglamento Tecnico de Instalaciones Electricas (RETIE).** 2008.
4. **IEC Central Office.***International standard IEC 61439 Part 1: low-voltage switchgear and controlgear assemblies, General rules.* 2. Geneva : s.n., 2011.
5. **Ministerio de Minas y Energia.***Proyecto de Norma: Reglamento Tecnico de Instalaciones Electricas (RETIE).* 2014.
6. **ABB.***Guidelines to the construction of low-voltage assembly complying with the Standards IEC 61439 Part 1 and Part 2.* 2010.
7. **EATON.***Technical Guide-xEnergy Switchboard systems.*
8. **SIEMENS.***SIVACON S4 Enclosures Catalog.*
9. **GE General Electric.***QuiXtra 630 low-voltage distribution boards up to 630.*
10. **HYUNDAI.***U-MCCB Catalog.* 2010.
11. **IEC.60068-2-11 Enviromental testing Test Ka: Salt mist.** 1999.
12. —. **60068-2-2 Enviromental testing Test B: Dry heat.** 2007.
13. —. **60068-2-30 Enviromental testing Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle).** 2005.
14. —. **60695-2-11 Fire hazard testing, Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods, Glow-wire flammability test method for end-product.** 2002.
15. —. **62262 Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code).** 2002.
16. —. **60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP codes).** Geneva : s.n., 2001.
17. —. **60664-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage system, Part 1: Principles, requeriments and tests.** 2008.
18. —. **60890 A method of temperature-rise assesmnet by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear.** 1987.

19. —. *61180-1 High-voltage test techniques for low-voltage equipment, Part 1: Definitions, test and procedure requeriments.* 1996.
20. —. *61180-2 High-voltage test techniques for low-voltage equipment, Part 2: Test equipment.* 1996.
21. **ENERGY, Leonardo.** *The Potencial for Gold Energy Savings from High Efficiency Distribution.*
22. **LEGRAND.** *Power Guide, Enclousers and assembly certification.* 2009.
23. **Jean-Pierre THIERRY and Christophe KILINDJIAN.** *Electrodynamics forces on busbar in LV systems.* [ed.] Schneider Electric. [trans.] Dr. M. Cortes. s.l. : Merlin Gerin, 2000.
24. **EATON.** *UAB-MCCB Catalog.*
25. **HYUNDAI.** *U-MCCB Power consumption, Archivo (.xls).*
26. **KINETICS Metal Injection Molding.** *MIM Design Guide.*
27. **RITTAL.** *RiLine60, Power distribution in 60 mm system tecnologia for all the world's markets.*
28. **Schneider Electric.** *Busbar Calculation.* s.l. : Merlin Gerin.
29. —. *MCCB Compact NSX Catalog.*
30. —. *MCCB EasyPact Catalog.*
31. —. *MCCB EZC Catalog.*
32. —. *Power dissipation, EasyPact MCCB/Electrical resisittance for each pole.*
33. —. *Power loss/Resistance, Compact NSX equipped with thermal-magnetic trip unit.*
34. **SIEMENS.** *MCCB 3WT-LV Catalog.*
35. —. *MCCB Catalog LV35.*
36. —. *MCCB SENTRON 3VT Catalog.*
37. **Strom Copper Components.** *Strom Copper stocks the largest inventory of metric copper bar in North-America to provide a cost-saving advantage to global OEM's who want to fabricate pwer systems and components in the U.S.*
38. **LEGRAND.** *TAN, Tableros a Norma.* Santiago de Chile : s.n., 2013.