

**DISEÑO DE UN TABLERO DE POTENCIA Y CONTROL PARA EL  
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE  
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DE LA IUPB**

**NOMBRES DE LOS INTEGRANTES**

**IVAN DARIO GALLEGO JARAMILLO  
VICTOR ALFONSO GALLEGO JARAMILLO  
JAIR FERNANDO TORIJANO GARCES**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO – IUPB  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2014**

**DISEÑO DE UN TABLERO DE POTENCIA Y CONTROL PARA EL  
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE  
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DE LA IUPB**

**NOMBRES INTEGRANTES**

**IVAN DARIO GALLEGO JARAMILLO  
VICTOR ALFONSO GALLEGO JARAMILLO  
JAIR FERNANDO TORIJANO GARCES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
ELECTROMECHANICA**

**Asesor  
ARLEY SALAZAR HINCAPIE  
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO – IUPB  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

## NOTAS DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Medellín, 17 enero de 2014.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos gracias a DIOS por permitirnos elaborar y estructurar este proyecto.

A los docentes de la facultad quienes nos apoyaron con su conocimiento en la complementación de este trabajo.

A nuestro asesor y guía Ing. Arley Salazar Hincapié por toda su orientación y dedicación en la ejecución de esta tesis.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo por permitirnos hacer parte de la realización del laboratorio.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
1. EL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4. REFERENTES TEÓRICOS .....	15
4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TABLEROS DE POTENCIA Y CONTROL. ....	15
4.1.1 Características eléctricas nominales de un tablero de potencia y control. ....	16
4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS DE POTENCIA Y CONTROL....	18
4.2.1 Material constructivo. ....	19
4.2.2 Clasificación según su Montaje funcional. ....	20
4.2.3 Clasificación de los gabinetes según su función.....	22
4.2.4 Clasificación de los gabinetes, según Condiciones de instalación. .	23
4.3 GRADO DE PROTECCIÓN DE UN TABLERO DE POTENCIA Y CONTROL.....	25
4.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.....	28
4.4.1 Tapas.....	28
4.4.2 Puertas .....	29
4.4.3 Chasis.....	29
4.4.4 Perfiles.....	30
4.4.5 Placas pasacables.....	31
4.4.6 Precintos.....	32
4.4.7 Obturadores.....	32
4.4.9 Tejado y Zócalo. ....	33
4.4.10 Placas.....	33
4.4.11 Armadura.....	33
4.4.12 Revestimiento.....	34
4.4.13 Soportes para la fijación mural. ....	35

5. METODOLOGÍA .....	36
5.1. TIPO DE ESTUDIO .....	36
5.2. MÉTODO .....	36
5.3. POBLACIÓN .....	36
5.3.1 Fuentes primarias .....	36
5.3.2 Fuentes secundarias .....	36
5.4. PROCEDIMIENTO .....	36
6. RESULTADOS.....	37
6.1 Elementos de cableado y conexión.....	37
6.1.1 Regletero. ....	37
6.1.2 Tiras de bornes.....	38
6.1.3 Marcado de bornes.....	38
6.1.4 Marcado de cables.....	38
6.1.5 Terminación de cables.....	39
6.1.6 Sistemas de conexión rápida para tableros de potencia y control ....	42
6.1.7 Fijación del cableado.....	43
6.2 Identificación de componentes de un tablero de potencia y control .....	46
6.3 Elementos para la climatización de tableros de potencia y control. ....	46
6.3.1 Climatización natural.....	47
6.4 Designación de los conductores.....	48
6.5 Elementos auxiliares de un tablero de potencia y control .....	49
6.5.1. Iluminación.....	49
6.5.2 Porta-documentos y Porta-etiquetas.....	49
7. CONCLUSIONES .....	50
8. RECOMENDACIONES.....	51
9. BIBLIOGRAFÍA .....	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones ambientales para instalación en interior .....	24
Tabla 2. Condiciones ambientales para instalación en exterior .....	24
Tabla 3. Significado Primera cifra en el Código IP.....	27
Tabla 4. Segunda Cifra significativa IP .....	27
Tabla 5. Significado de la letra adicional y suplementaria .....	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones de tableros de potencia y control. ....	16
Figura 2. Gabinete Metálico .....	19
Figura 3. Gabinete en fibra de vidrio .....	20
Figura 4. Gabinete Multimodular .....	21
Figura 5. Gabinete enchufable .....	22
Figura 6. Gabinetes de distribución. ....	23
Figura 7. Esquema código de protección IP. ....	26
Figura 8. Tapa de tablero .....	29
Figura 9. Tablero eléctrico industrial .....	30
Figura 10. Distintos perfiles de industria .....	31
Figura 11. Placas Pasacables .....	31
Figura 12. Fijación de interruptores a los Tableros .....	32
Figura 13. Armadura de tablero .....	34
Figura 14. Regletero .....	37
Figura 15. Manguitos retractiles y brazaletes de marcación .....	39
Figura 16. Terminales de casquillos o punteras .....	39
Figura 17. Tenazas crimpadora de señalización de cables. ....	40
Figura 18. Terminal de ojo. ....	40
Figura 19. Terminal de Horquilla .....	41
Figura 20. Terminal de pin .....	41
Figura 21. Terminal faston .....	41
Figura 22. Manguito de empalme .....	42
Figura 23. Peines de conexión .....	43
Figura 24. Regletero de inserción .....	43
Figura 25. Fijación de una canaleta a un tablero .....	44
Figura 26. Tipos de barras .....	45
Figura 27. Bornes de entrada salida .....	46
Figura 28. Climatización natural de un tablero .....	47
Figura 29. Rejillas para tableros. ....	48
Figura 30. Código de colores en conductores .....	48



## RESUMEN

El procedimiento de automatización de un sistema de aire acondicionado requiere del uso de diferentes elementos para el control y monitoreo completo del procedimiento de acondicionamiento del aire. Entre estos tenemos transductores de temperatura, transductores de presión, transductores de humedad relativa, switches de estado de ventiladores, variadores de velocidad.

Los equipos anteriores acarrearán consigo una serie de acometidas, que deben de incluir calibres de cables, protecciones, pilotos, mandos, para lo cual es necesario agrupar todos estos componentes en un tablero único, el cual hemos llamado tablero de potencia y control, desde donde se ejercerá mando sobre la unidad manejadora, unidad condensadora y la caja de volumen variable del sistema, a través del controlador del sistema, permitiendo la operación de cada uno de estos equipos en función de los valores de las variables de temperatura, humedad, presión en las líneas de refrigeración, para lo cual se debe de realizar un estudio técnico del tipo de gabinete más adecuado para esta aplicación, sus dimensiones geométricas, y capacidades de protecciones internas.

El tablero debe de fabricarse e instalarse según las norma RETIE, para garantizar la seguridad de las personas que maniobren este equipo durante su operación.

El proyecto obtuvimos como resultado las dimensiones del tablero, capacidades de las protecciones, cantidad de proyecciones, calibres de cable para alimentación de unidad manejadora, unidad condensadora y caja de volumen variable.

## ABSTRACT

The process automation air conditioning system requires the use of different elements for the control and complete monitoring of air conditioning procedure. Among these are temperature transducers, pressure transducers, humidity transducers, switches, fan status, variable speed drives.

Previous equipment's carry with it a number of connections , which should include wire gauges , guards , drivers , controls, for which it is necessary to group all these components on a single board , which we call power and control board , where be exercised control over the handling unit , condensing unit and variable volume box system, through the system controller , allowing the operation of each of these teams in terms of the values of the variables of temperature, humidity, pressure cooling lines, for which we must conduct a technical study on the type of cabinet more suitable for this application , geometrical dimensions , and internal protection capabilities.

The board must be manufactured and installed in accordance with RETIE standard, to ensure the safety of people maneuver the equipment during operation.

The project obtained as a result the board dimensions, capacities protections, number of projections, wire sizes for power handling unit, condensing unit and variable volume box.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo describe el procedimiento para la selección de un tablero de potencia, su dimensionamiento, calibres de acometida eléctricas, capacidad de las protecciones y diagramas eléctricos para su correcta instalación, teniendo en cuenta que los equipos a proteger hacen parte del sistema de aire acondicionado del laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

El sistema de aire acondicionado consta de una unidad condensadora, cuya protección eléctrica, debe de ser capaz de abrir el circuito eléctrico cuando se exceda la alimentación de este, una unidad manejadora regulada por un variador de velocidad en función de un aumento de la presión estática en los ductos de aire acondicionado, y una caja de volumen variable controlada en función de la carga térmica del espacio a acondicionar. El gabinete debe de tener la capacidad para ubicar dentro de él, el variador de velocidad, el controlador, un barraje para la alimentación de los equipos y todas las señales de temperatura, humedad y presión del sistema de aire acondicionado.

## **1. EL PROBLEMA**

Actualmente está en desarrollo la automatización del sistema de aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo, el cual requiere como elemento eje un tablero de potencia y control, desde donde sea posible maniobrar y monitorear en tiempo real los equipos que componen el sistema de aire acondicionado. El tablero debe diseñarse teniendo en cuenta la norma RETIE, y debe de contar con las protecciones necesarias para evitar daños en los equipos más importantes del sistema de aire acondicionado.

El sistema de aire acondicionado contara con 8 sensores de temperatura, 4 sensores de presión, un sensor de humedad relativa en la zona, por lo que el tablero debe de contar con el espacio interno para manejar todas las acometidas de control del sistema. Además debe contar con una muletilla que permita cambiar el modo de operación de manual a automático.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Dimensionar de manera correcta el tablero, permitirá que la cantidad de señales de los sensores y transductores lleguen de manera adecuada hacia el controlador, generar un espacio apto para el variador de velocidad y creara un sistema propicio para la protección eléctrica de los equipos más relevantes, evitando así el daño de estos frente a picos de voltaje.

Además de la protección de los equipos, el tablero de potencia y control generara conocimiento en los estudiantes de la institución, pues mediante la implementación de un tablero de potencia y control, los aprendices podrán adquirir conocimiento relacionado con el diseño, cálculo e instalación de acometidas electricas y de control en sistemas de aire acondicionado.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los elementos principales para el diseño de un tablero potencia y control para un sistema de aire acondicionado para el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado del IUPB

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Describir el material y tipo de gabinetes más usados en la industria para aplicaciones de aire acondicionado.

Establecer cuáles son los componentes de un tablero de potencia y control.

Definir el método de climatización para tableros de potencia y control

Describir el método de designación de los conductores

Definir los elementos auxiliares de un tablero de potencia y control.

.

## **4. REFERENTES TEÓRICOS**

En esta sección del trabajo se describirá los parámetros que rigen el diseño de gabinetes de una manera general teniendo en cuenta los procedimientos globales para uso industrial y las normas internacionales para su fabricación e instalación.

### **4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TABLEROS DE POTENCIA Y CONTROL.**

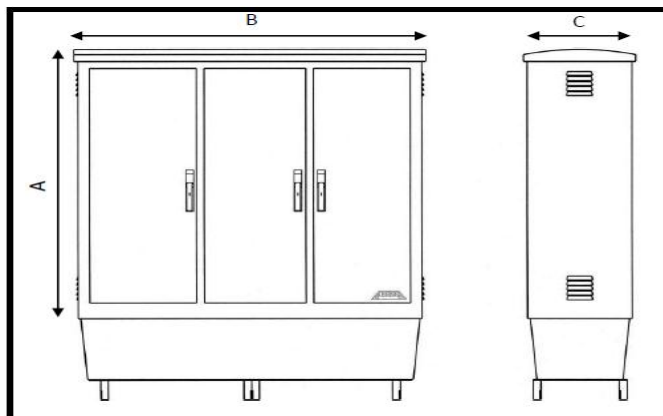
Un tablero de potencia y control es un equipo encargado de proteger los sistemas industriales de alimentación y control de las instalaciones eléctricas. Su uso está referido para la alimentación de manera correcta y con el fin de mantener los equipos en operación a través del uso regulado de la energía eléctrica, también permiten maniobrar el sistema en caso de una avería.

Dentro, se encuentran diferentes módulos que permiten de cumplir su función principal, son los siguientes:

- Acometida y Medición: este módulo es responsabilidad de la empresa suministradora (compañía eléctrica).
- Instalaciones de Enlace: este módulo es responsabilidad de la compañía eléctrica.
- Mando y Protección: este módulo es responsabilidad de la empresa mantenedora.
- Control y Comunicaciones: este módulo es responsabilidad de la empresa mantenedora.
- Ahorro Energético: este módulo es responsabilidad de la empresa suministradora y la mantenedora.

Los gabinetes eléctricos actuales que se encuentran en el mercado son de forma rectangular muy básica como se puede ver sobre la figura 1.

Figura 1. Dimensiones de tableros de potencia y control.



Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013. P12

En realidad, las propiedades más importantes del gabinete tienen que ver con el aislamiento desde un punto de vista eléctrico, robusto para evitar el hurto, ligero para una manipulación cómoda durante la instalación y cumplir las normativas de código IP e IK y el RETIE.

#### 4.1.1 Características eléctricas nominales de un tablero de potencia y control.

- **Tensión nominal ( $U_n$ )**

Valor nominal máximo de tensión de CA (rms) o de CC, declarado por el fabricante del gabinete, a la cual el circuito o circuitos principales del gabinete esta o están diseñados para conectarse. En circuitos trifásicos es la tensión entre fases.

- **Tensión nominal de empleo ( $U_e$ )**

Tensión nominal del circuito de un gabinete que, combinada con la intensidad nominal del circuito, determina su aplicación. En circuitos trifásicos, esta tensión equivale a la tensión entre fases. En un gabinete normalmente hay un circuito principal, con su propia tensión nominal, y uno o más circuitos auxiliares con sus respectivas tensiones nominales.

El fabricante deberá indicar los límites de tensión a. respetar para el correcto funcionamiento de los circuitos del interior del gabinete.



- **Tensión nominal de aislamiento ( $U_i$ )**

Valor de tensión del circuito de un gabinete al que hacen referencia las tensiones de prueba (rigidez dieléctrica) y las distancias de aislamiento superficiales. La tensión nominal de cada circuito no deberá superar la tensión nominal de aislamiento.

- **Tensión nominal soportada a impulsos ( $U_{imp}$ )**

Valor máximo de un impulso de tensión que el circuito de un gabinete puede resistir en condiciones específicas y al cual hacen referencia los valores de las distancias de aislamiento en aire. Debe ser igual o mayor que los valores de las sobretensiones transitorias que se producen en el sistema en el cual se instala el gabinete.

- **Intensidad nominal del gabinete ( $I_{nca}$ )**

Se trata de una nueva característica introducida por la norma IEC 61439 que normalmente indica la corriente de carga de entrada máxima permanente y permitida o bien la corriente máxima que un gabinete puede resistir.

En cualquier caso deberá poder resistir la intensidad nominal, siempre que se cumplan los límites de sobre temperatura indicados por la norma.

- **Intensidad nominal de un circuito ( $I_{nC}$ )**

Es el valor de corriente que puede ser transportado por un circuito sin que la sobre temperatura, de las diversas partes del gabinete, supere los límites especificados conforme a las condiciones de prueba.

- **Intensidad nominal de corta duración ( $I_{cw}$ )**

Valor rms de la corriente durante la prueba de cortocircuito durante 1 segundo; este valor, declarado por el fabricante, no provoca la apertura del dispositivo de protección y es el valor que el gabinete puede resistir sin sufrir daños en condiciones específicas, definidas en términos de corriente y tiempo. Es posible asignar valores  $I_{cw}$  diferentes a un gabinete para distintos periodos de tiempo (por ejemplo, 0,2 o 3 segundos).

- **Intensidad nominal de pico admisible ( $I_{pk}$ )**

Valor pico de la corriente de cortocircuito declarado por el fabricante del gabinete que este es capaz de resistir en las condiciones especificadas.

- **Intensidad nominal de cortocircuito condicional (Icc)**

Valor eficaz rms de una posible corriente de cortocircuito, declarada por el fabricante, que ese circuito, equipado con un dispositivo de protección contra cortocircuito especificado por el fabricante, puede resistir satisfactoriamente durante el tiempo de servicio del dispositivo en las condiciones de prueba especificadas.

- **Factor nominal de contemporaneidad (RDF)**

Valor, por unidad de la intensidad nominal, asignado por el fabricante del gabinete al cual pueden estar cargados, de forma continua y simultánea, los circuitos de salida de un gabinete, teniendo en cuenta las mutuas influencias térmicas. El factor nominal de contemporaneidad puede indicarse:

- ✓ para grupos de circuitos
- ✓ para todo el gabinete.

El factor nominal de contemporaneidad es igual a:  $\Sigma I_b / \Sigma I_n$

El factor nominal de contemporaneidad, multiplicado por la intensidad nominal de los circuitos ( $I_n$ ), debe ser igual o mayor que la carga estimada de los circuitos de salida ( $I_b$ ).

El factor nominal de contemporaneidad se aplica a los circuitos de salida del gabinete y demuestra que es posible cargar parcialmente varias unidades funcionales. Cuando el fabricante indica un factor nominal de contemporaneidad, dicho factor deberá utilizarse para la prueba de sobre temperatura; en caso contrario deberá hacerse referencia a los valores recomendados.

- **Frecuencia nominal**

Valor de frecuencia al cual se hace referencia en las condiciones de funcionamiento. Si los circuitos de un gabinete han sido diseñados para distintos valores de frecuencia, deberá indicarse la frecuencia nominal de cada circuito

## **4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS DE POTENCIA Y CONTROL**

La clasificación de los gabinetes puede realizarse de varias formas, atendiendo a su material constructivo, a su montaje funcional y a la aplicación que va destinada.

#### 4.2.1 Material constructivo.

Según el material utilizado en su construcción, se pueden distinguir dos tipos de gabinetes:

- Gabinetes Metálicos

Construidos en chapa de acero soldada. Se presentan en forma de cofre estanco o como Tableros de fijación mural o apoyada al suelo como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Gabinete Metálico



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P10

- Gabinetes Aislantes

Construidos de poliéster con fibra de vidrio. Suelen ser tipo cofre o Tableros de fijación mural bien empotrada o en superficie como se observa en la figura 3.

Figura 3. Gabinete en fibra de vidrio



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010, P12

#### **4.2.2 Clasificación según su Montaje funcional.**

Actualmente los gabinetes están basados en sistemas funcionales de montaje. Esto consiste en formar el gabinete, o el Tablero, con múltiples módulos individuales denominados unidades funcionales.

Según este criterio se pueden clasificar en:

- Gabinetes Monomodulares
- Gabinetes Multimodulares
- Gabinetes enchufables
  
- Gabinetes Monomodulares

Son aquellos que se presentan como una sola unidad funcional sin posibilidades de expansión, tanto interna como externa. No es aconsejable su utilización en sectores con habituales cambios en su instalación eléctrica.

- Gabinetes Multimodulares

Tienen como principal característica las posibilidades de ampliación y acoplamiento con otros módulos del mismo tipo. Como ya se ha dicho anteriormente, a cada módulo del conjunto se la denomina unidad funcional. La unión entre las diferentes unidades funcionales se realiza con un mecanizado mínimo. Este tipo de gabinetes se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4. Gabinete Multimodular.



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010, P14

- Gabinetes enchufables

Son aquellos que utilizan unidades funcionales extraíbles. Estas pueden ser conectadas y desconectadas con facilidad del gabinete principal, incluso con tensión. Se utilizan en sectores que necesitarán la reposición inmediata de sus elementos para continuar en servicio. La integración, en el conjunto, se realiza de forma directa presionando la parte enchufable sobre el hueco del Tablero como se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Gabinete enchufable.



Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P56

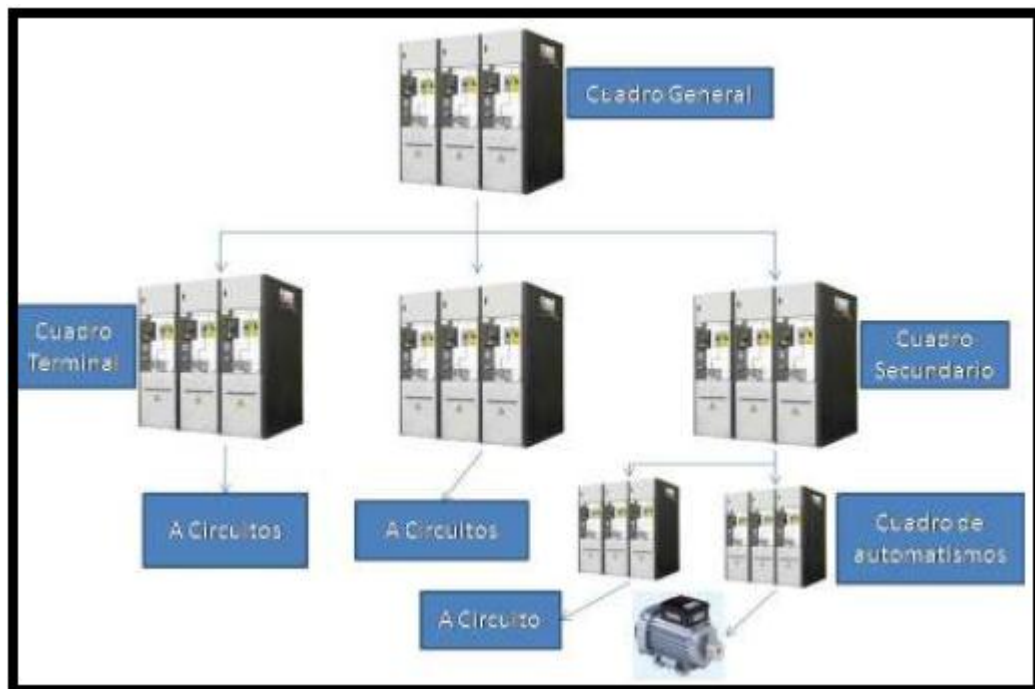
#### **4.2.3 Clasificación de los gabinetes según su función.**

Según la aplicación que se le destine a los gabinetes se pueden clasificar en dos grupos:

- Gabinetes de distribución.

Son los encargados de alojar los elementos de protección y distribución de las instalaciones eléctricas, tanto domésticas como industriales. Su instalación puede hacerse a diferentes niveles en un determinado sector: como gabinete de distribución general, como gabinete secundario o como gabinete terminal como se observa en la figura 6.

Figura 6. Gabinetes de distribución.



Fuente: Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013. P34

Los gabinetes primarios de distribución, también denominados Gabinetes de potencia (Power Centers, PC) normalmente se encuentran en el lado de carga de los transformadores MT/BT o de los generadores. Estos gabinetes incluyen una o más unidades de entrada, interruptores de acoplamiento de barras y un número relativamente reducido de unidades de salida.

- Gabinetes de automatismos.

Generalmente son de tipo terminal y alojan los elementos de maniobra y protección necesarios para el funcionamiento de la máquina.

#### 4.2.4 Clasificación de los gabinetes, según Condiciones de instalación.

En función de las condiciones de instalación, los gabinetes pueden dividirse en:

- Gabinete para instalación en interior
- Gabinete para instalación en exterior
- Gabinete fijo
- Gabinete móvil.

- Gabinete para instalación en interior.

Gabinete diseñado para su uso en lugares donde se cumplen las condiciones de servicio normales para uso en interior especificado en la norma IEC 61439-1, es decir:

Tabla 1. Condiciones ambientales para instalación en interior

Humedad relativa	Temperatura ambiente del aire	Altitud
50% (a una temperatura máxima de 40 °C) 90% (a una temperatura máxima de 20 °C)	Temperatura máxima $\leq 40$ °C	2000 m como máximo
	Media de temperatura máxima durante un periodo de 24 h $\leq 35$ °C	
	Temperatura mínima $\geq -5$ °C	

Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988. P70

- Gabinete para instalación en exterior

Gabinete diseñado para usar en lugares donde se cumplen las condiciones de servicio normales para uso en exterior especificado en la norma IEC 61439-1, es decir:

Tabla 2. Condiciones ambientales para instalación en exterior

Humedad relativa	Temperatura ambiente del aire	Altitud
100% temporalmente (a una temperatura máxima de 25 °C)	Temperatura máxima $\leq 40$ °C	2000 m como máximo
	Media de temperatura máxima durante un periodo de 24 h $\leq 35$ °C	
	Temperatura mínima $\geq -25$ °C en clima templado	
	Temperatura mínima $\geq -50$ °C en clima ártico	



Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988, P76

### **4.3 GRADO DE PROTECCIÓN DE UN TABLERO DE POTENCIA Y CONTROL**

El grado de protección de un gabinete eléctrico se define como la mayor o menor capacidad de impedir que los agentes externos de cualquier tipo afecten a los instrumentos que se encuentran instalados en el interior. Existe un alto número de elementos externos que pueden afectar a la conservación de los equipos de automatismos: agua, polvo, golpes, vibraciones, sustancias corrosivas o inflamables, etc. Estas sustancias no se encuentran en todas partes ni tampoco en la misma cantidad. Por ello se establece lo que se denomina grado de protección o índice de protección de los Tableros eléctricos. Los grados de protección se indican por dos códigos.

Un IP de dos cifras que hace referencia al grado de protección contra la influencia interna de los agentes externos:

- Presencia de cuerpos sólidos en el ambiente.
- Presencia de agua.
- Riesgo de choques de tipo mecánico.

Para conseguir una homogenización internacional en la definición de los IP se indican con sólo dos cifras, que corresponden a:

- Presencia de cuerpos sólidos.
- Presencia de agua.

Por su parte, el IK de una cifra se corresponde con la medida del grado de protección contra golpes.

El código IP indica el grado de protección proporcionado por el gabinete contra el acceso a partes peligrosas, contra la introducción de objetos sólidos extraños y contra la entrada de agua. El código IP es el sistema de identificación de los grados de protección conforme a los requisitos de la norma IEC 60529.

La figura 7 ilustra el significado de un código IP de manera general.

Figura 7. Esquema código de protección IP.



Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988, P78

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.

La primera cifra característica está graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor. El significado de cada número se resume en la tabla 3.

Tabla 3. Significado Primera cifra en el Código IP.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en 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 mas 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.

Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988. P82

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.

La segunda cifra característica está graduada de forma similar a la 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 más direcciones (cifra 1 caída de gotas en vertical y cifra 4 proyección de agua en todas direcciones). La descripción de estos valores se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Segunda Cifra significativa IP

<b>Segunda cifra característica (entrada de agua)</b>	0 no protegido
	1 caída vertical
	2 caída de gotas de agua (inclinación 15°)
	3 lluvia
	4 salpicadura de agua
	5 chorro de agua
	6 chorros potentes (similar a olas marinas)
	7 inmersiones temporales
	8 inmersión continua

Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988. P84

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 la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a las partes peligrosas en el interior de la envolvente. En la tabla 5 s resumen el significado de cada letra.

Tabla 5. Significado de la letra adicional y suplementaria

<b>Letra adicional (opcional)</b>	<b>A</b>
	<b>B</b>
	<b>C</b>
	<b>D</b>
<b>Letra suplementaria (opcional)</b>	<b>H</b> equipos de alta tensión
	<b>M</b> prueba con agua en equipos en marcha
	<b>S</b> prueba con agua en equipos estacionarios
	<b>W</b> condiciones atmosféricas

Fuente: L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988. P86

#### 4.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

Todos los tableros están constituidos por los elementos de tipo genérico que son descritos a continuación.

##### 4.4.1 Tapas.

Las tapas tienen como misión ocultar las conexiones eléctricas del interior y dejar al descubierto los elementos de acción, para que el operario pueda maniobrar sobre ellos. Pueden ser de material plástico o metálicas.

Figura 8. Tapa de tablero.



Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P98

#### 4.4.2 Puertas

Las puertas sirven para cerrar el Tablero, evitando el acceso de personas no autorizadas a los aparatos eléctricos del interior. La existencia de elementos de indicación óptica internos, pilotos, aparatos de medida, lámparas etc., exige utilizar puertas transparentes. A todas las puertas se les puede colocar una cerradura.

#### 4.4.3 Chasis.

El chasis es la parte metálica de los Tableros donde se fijan los aparatos eléctricos. Pueden ser fijos o extraíble, siendo el último el que más flexibilidad aporta a los trabajos de montaje, permitiendo realizar los trabajos eléctricos de forma independiente a los relacionados con su fijación mural.

En algunos tableros el chasis puede ser regulado a diferentes niveles de profundidad, para adaptarlo a las necesidades de instalación.

Figura 9. Tablero eléctrico industrial



Fuente: Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013. P45

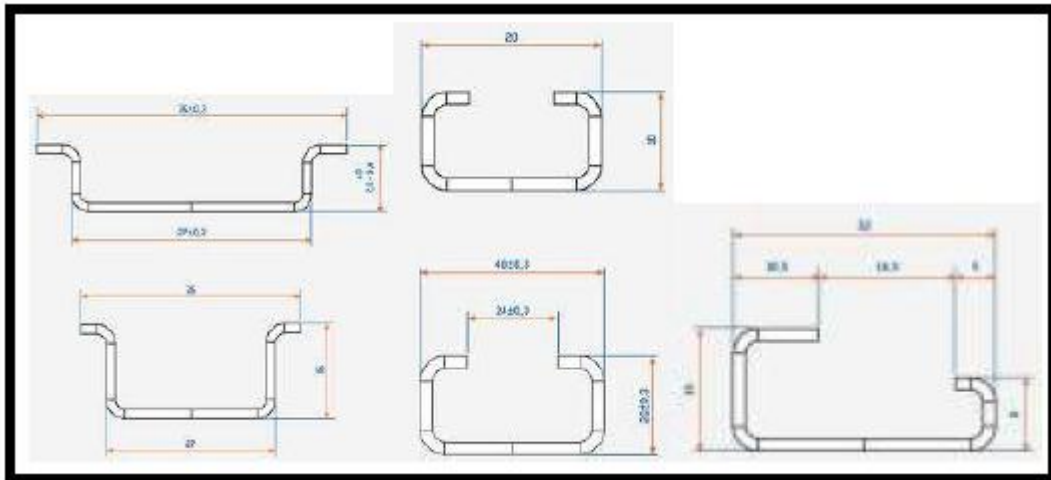
#### 4.4.4 Perfiles.

El perfil o carril es una pletina doblada que se utiliza para la fijación de elementos en Tableros eléctricos. Se fija en el fondo del Tablero, o en el chasis, con remaches, tornillos o piezas especiales.

La gama de aparatos que pueden ser situados sobre perfil es muy amplia, interruptores de protección, de maniobra, aparatos de medida, regletas, etc.

En la siguiente figura se muestra los diferentes tipos de perfiles que se pueden encontrar en el mercado.

Figura 10. Distintos perfiles de industria



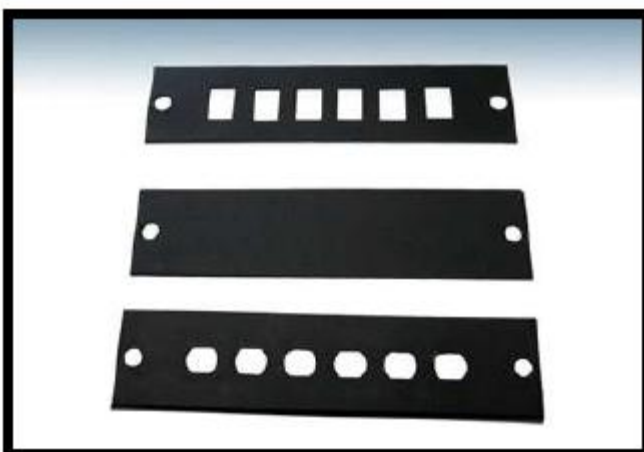
Fuente: Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P99

#### 4.4.5 Placas pasacables.

Situadas en la parte superior e inferior del Tablero, permiten adaptar fácilmente la entrada de tubos y canaletas de diferentes tamaños.

Estas pueden ser extraíbles permitiendo su mecanizado fuera del Tablero.

Figura 11. Placas Pasacables



Fuente: Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P104

#### 4.4.6 Precintos.

Se utiliza para el sellado de tapas y puertas cuando es necesario restringir el acceso al interior del Tablero. El precintado se realiza en los tornillos que sujetan las tapas o en las esquinas opuestas del Tablero.

#### 4.4.7 Obturadores.

Los obturadores son elementos que permiten tapar huecos libres de la tapa, una vez que se han instalado todos los aparatos eléctricos en su interior. De esta forma no solo se consigue un buen efecto estético, sino que se evita la introducción de objetos y polvo aumentando el grado de IP.

Cuando la instalación exige la utilización de alta potencia en caja moldeada, estos deben ser fijados al chasis del Tablero por piezas especiales que entrega el propio fabricante. Actualmente todos los Tableros industriales tienen previsto la incorporación de este tipo de interruptores.

Figura 12. Fijación de interruptores a los Tableros



Fuente: Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P106



#### 4.4.9 Tejado y Zócalo.

El tejado es un elemento mecánico, de forma inclinada, que lo cubre por completo y que evita la entrada de agua de forma vertical. El tejado es obligatorio siempre que el Tablero se encuentre instalado en el exterior.

Por el contrario el zócalo permite elevar el Tablero unos centímetros sobre el suelo. Generalmente se utiliza en Tableros tipo cofre, de instalación mural para que sean apoyados directamente sobre el suelo.

#### 4.4.10 Placas.

Las placas son utilizadas como fondo en Tableros de tipos cofre tanto cableados como programados. En el mercado existen varios tipos de placas para la fijación de elementos y canalizaciones.

Placa Lisa. De material de plástico o metálica. Necesita mecanizado para la fijación de los elementos que intervienen en la composición del Tablero.

Placa Perforada. Es una placa soporte, de una sola pieza, que no necesita mecanizado. Permite el montaje rápido de los aparatos eléctricos, con unos accesorios llamados tuercas-clip.

Fondo específico de fabricante. Algunos fabricantes aportan soluciones propias para que el trabajo sobre el fondo del Tablero sea lo más cómodo y ergonómico posible. En estos casos de diseño del fondo es exclusivo y permite la fijación, de forma sencilla, del aparellaje de la propia marca.

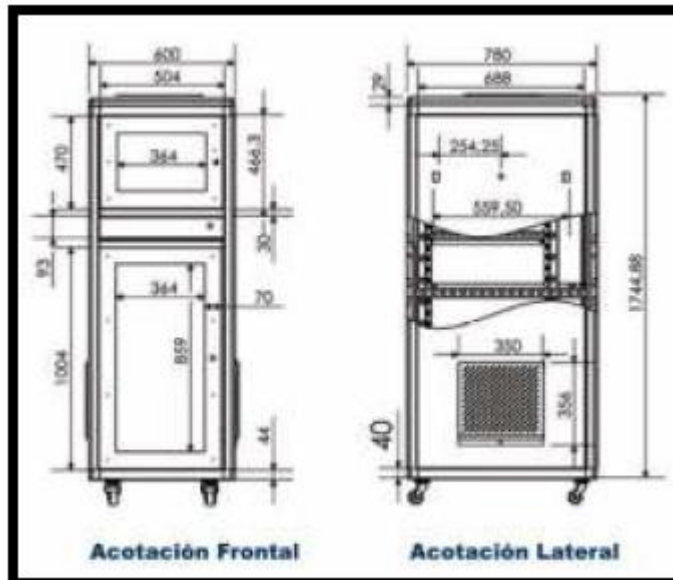
#### 4.4.11 Armadura.

La armadura de los grandes Tableros ha de tener una gran resistencia mecánica para soportar las condiciones más agresivas. Es aconsejable que sea desmontable para facilitar su instalación y transporte. Además debe permitir fijar el chasis, para la sujeción de los elementos eléctricos, sin necesidad de colocar las paredes y tapas. De esta forma, el revestimiento se realiza una vez terminados todos los trabajos eléctricos y de mecanizado.

Algunos fabricantes, han previsto la unión de varias armaduras en ancho o en profundidad, para ampliar el volumen del Tablero.

Los grandes Tableros pueden ser desmontados completamente para su transporte y cambio de sector. Todas las partes de la armadura y el revestimiento se pueden separar individualmente.

Figura 13. Armadura de tablero



Fuente: Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013. P56

#### 4.4.12 Revestimiento.

Está formado por los diferentes paneles, metálicos o de material plástico, que cubren la armadura del Tablero. Pueden ser fijos o abatibles. Los primeros se atornillan directamente a la estructura y necesitan herramientas para su colocación. Los segundos poseen un sistema de anclajes y bisagras que permite su retirada, de forma sencilla, para operaciones de mantenimiento interior.

El grado de protección IP-Ik, dependerá directamente del tipo de revestimiento.  
m. Soportes para la fijación mural.

En Tableros de poco peso, la fijación mural se realiza por inserción de tornillos en los orificios del fondo destinados a tal fin. Cuando el peso del Tablero es elevado, la fijación se realiza por soportes especiales que el fabricante suministra. Estos se atornillan a la pared antes de colgar el tablero.

#### 4.4.13 Soportes para la fijación mural.

En tableros de poco peso, la fijación mural se realiza por inserción de tornillos en los orificios del fondo destinados a tal fin. Cuando el peso del tablero es elevado, la fijación se realiza por soportes especiales que el fabricante suministra. Estos se atornillan a la pared antes de colgar el tablero.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio realizado en este proyecto es del tipo teórico – práctico, ya que se ha partido de una necesidad en el laboratorio de refrigeración para generar un espacio de práctica para los estudiantes. El proyecto debe de contemplar una fundamentación teórica para realizar un diseño real de unos componentes del sistema de aire acondicionado en el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado.

### 5.2. MÉTODO

El método de análisis permite generar una solución a una necesidad latente en el laboratorio, y a través de observación y síntesis es posible diseñar un tablero de potencia y control como elemento principal del sistema de automatización del sistema de aire acondicionado.

### 5.3. POBLACIÓN

Los involucrados directamente en el diseño, son los estudiantes de último semestre de tecnología electromecánica, quienes se encargaran de realizar los cálculos para dimensionar el tablero, mientras que la fabricación y montaje de este se realizara a través de la empresa IMELEC, a través del o cuales se contratara la fabricación e instalación en sitio final.

#### 5.3.1 Fuentes primarias

La norma RETIE será la guía o fuente primaria de información, pues siendo la norma principal en Colombia que rige el diseño e instalación de sistemas eléctricos. Toda la información necesaria para dimensionar, instalar y dar arranque al tablero de potencia de control se realizara siguiendo los lineamientos establecidos en la norma.

### 5.3.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias obedecen a la bibliografía existente relacionada con el tema de instalaciones eléctricas para sistemas de ventilación y aire acondicionado.

## 5.4. PROCEDIMIENTO

Partiendo de la premisa del método de análisis y síntesis, el proyecto se ha dividido en dos fases:

Fase 1. Fundamentación teórico y establecimiento de procedimientos para el diseño de tableros de potencia y control.

En esta fase se ha de investigar toda la fundamentación teórica que rige el diseño y fabricación de tableros de potencia y control, así mismo como el procedimiento para dimensionar los componentes como protecciones, calibres de cables, barrajes.

Fase 2. Procedimiento de diseño de tableros para control de sistemas de aire acondicionado.

En esta fase se establecerá cuáles son los componentes que debe de tener un sistema de aire acondicionado desde su parte eléctrica para integrarlo a un sistema automático de control y monitoreo.

## 6. RESULTADOS

En esta sección se describen los elementos y procedimientos para la fabricación de un tablero de potencia y control en sistemas industriales y las especificaciones técnicas que exige la norma RETIE para el diseño de gabinetes de potencia y control de uso industrial.

### 6.1 Elementos de cableado y conexión.

Los elementos para el cableado y conexión permiten realizar la unión entre los aparatos eléctricos del interior del tablero y los situados en el exterior.

#### 6.1.1 Regletero.

Es la parte del tablero donde se encuentran las regletas o bornes de conexiones. Se fijan en perfiles normalizados con pestañas tipo clip. La conexión de los cables es lateral y su fijación se realiza desde la parte superior con los tornillos de apriete. Su composición se realiza por bloques de bornes unidas lateralmente, separadas por tabiques aislantes que facilitan su identificación. El atornillado de topes de fijación en los extremos evita el desplazamiento lateral de los elementos del regletero.

Una pieza terminal, de material aislante, situada en uno de los laterales, evita el contacto directo con zona conductora de la última borna. La elección del color se hace en función del tipo de conductor: azul para el neutro y verde-amarillo para el conductor de protección.

Figura 14. Regletero



Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013.P67

### 6.1.2 Tiras de bornes.

Los conductores de neutro y protección pueden tener bornes con múltiples agujeros para conectar a ellos cables de diferentes secciones. Generalmente se presentan sin aislar, aunque es posible la colocación de una tapa protectora.

Los tableros suelen tener una tira de bornes fija en la propia caja, destinada a la conexión del conductor de toma de tierra. Los tableros mayores permiten la fijación de bornes en perfiles normalizados o sobre los soportes especiales.

### 6.1.3 Marcado de bornes.

Cada borna o regleta ha de ser identificada en el plano y en el tablero para facilitar las operaciones de montaje y mantenimiento.

El marcaje se realizará por etiquetas identificativas de material plástico o con rotuladores de tinta inalterable (en prácticas utilizaremos la cinta aislante blanca y el rotulador de tinta indeleble para colocar el marcado en los cables). Todas las regletas se identificarán por un código presentado de la siguiente forma:

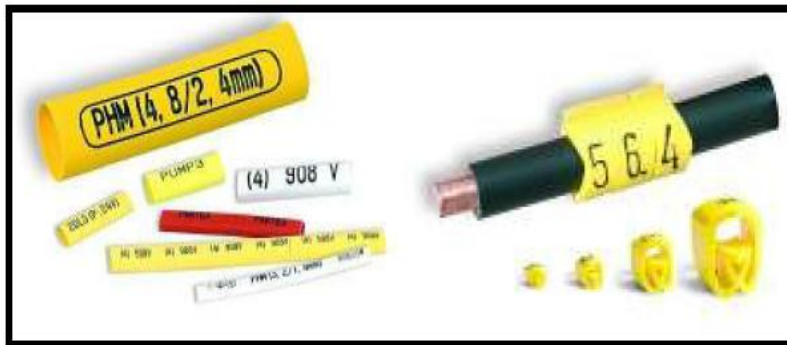
$Xn$ : donde "X" indica que es una borna y el número "n" el número que hace en el tablero. Así todos los elementos que se encuentran en el exterior del tablero estarán representados en el plano entre círculos etiquetados con " $Xn$ ".

### 6.1.4 Marcado de cables.

El marcado de cables permite identificar cada conductor respecto al plano de montaje. Esto facilita la construcción y el posterior mantenimiento del tablero. La señalización puede hacerse de forma alfabética, numérica o alfanumérica. Los elementos utilizados para el marcaje pueden ser:

- Etiquetas: de plástico con caracteres individuales que se colocan en las puntas de los conductores. Las de tipo anilla se han de colocar antes de conectar el cable a marcar y las de tipo brazaletes se fijan una vez que ha sido conectado al aparato eléctrico. Existen modelos termorretráctiles que se encogen, abrazando el cable, una vez que se les aplica calor.

Figura 15. Manguitos retractiles y brazaletes de marcación



Fuente: ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013. P69

- Bridas de identificación con zona de marcaje manual para escribir el referenciado con rotuladores de tinta indeleble. Se puede utilizar para el marcado de mazos de cables y manueras

#### 6.1.5 Terminación de cables.

Los conductores que se encuentran en el tablero, además de estar identificado por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite las desconexiones o falsos contactos. Para esto se utilizan piezas de terminales como las que se pueden observar en el tablero de empalmes del taller:

- Casquillos o punteras. Son piezas cilíndricas de cobre estañado en cuyo interior se inserta el extremo del conductor. La fijación del casquillo al cable se hace por presión con tenazas especiales para crimpar.

Figura 16. Terminales de casquillos o punteras



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P89



Pueden estar desnudos o con cubierta de material plástico de varios colores, que facilita su identificación y codificación.

Figura 17. Tenazas crimpadora de señalización de cables.



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P94

- Terminales. De la misma forma que los casquillos o punteras, los terminales permiten realizar una correcta conexión de los cables, en los bornes o aparatos de embarrados. Los de pequeña sección se utilizan con cubiertas codificadas por colores para su identificación. Su fijación se realiza con la tenaza de terminales o pinza de crimpar. Según su forma, los terminales pueden ser:
- De ojal. Es de tipo cerrado. El tornillo de fijación al borne ha de ser introducido por el orificio en forma de ojal, que se encuentra en la superficie de conexión. Este tipo de terminal es el aconsejado para conductores de grandes secciones (300 mm<sup>2</sup>).

Figura 18. Terminal de ojo.



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P95

- De horquilla. Es de tipo abierto con la superficie de conexión en forma de U. el tornillo al que va fijado no necesita extracción para su conexionado.

Figura 19. Terminal de Horquilla



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P97

- De pin afilado. Su aspecto es similar al de las punteras. Con la diferencia que el conductor no se encuentra presionado por la pinza del adaptador. Se utiliza en cableados de tableros de automatismos.

Figura 20. Terminal de pin



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P102

- De lámina. La superficie de conexión tiene forma plana. Están especialmente diseñados para su conexión con hembras de tipo Faston.

Figura 21. Terminal faston



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P105

- Manguitos de empalme. Permiten realizar conexiones fiables entre los extremos de dos conductores. Se utilizan para realizar prolongaciones de cables en espacios reducidos, donde no se pueden aplicar regletas de conexiones, como canaletas o tubos. Pueden estar aislados o desnudos. Se aconseja su utilización en operaciones provisionales de reparación, siendo necesaria su sustitución por un conductor sin empalmes en un tiempo breve.

Figura 22. Manguito de empalme



Fuente: E.M. PURCELL, Electricidad y Magnetismo, Reverté 2000.P106

#### 6.1.6 Sistemas de conexión rápida para tableros de potencia y control

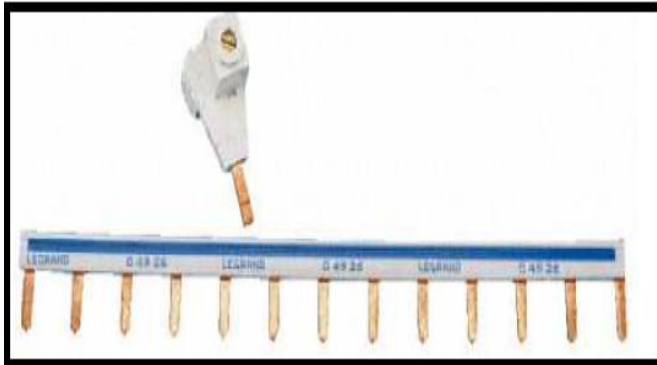
Cada vez están más extendidos los elementos de conexión rápida en aparatos y bornes para tableros. Estos permiten fijar los conductores sin herramientas, por simple presión. Así, el tiempo empleado en los trabajos de montaje y mantenimiento se reduce considerablemente.

- Peines.

Son piezas longitudinales que se utilizan para conectar varios elementos de protección, como magnetotérmicos o interruptores de caja moldeada, sin utilizar cables. Están formados por piezas de cobre, que puentean elementos comunes entre un grupo de aparatos, por ejemplo las fases de entrada en los aparatos de protección de un sector.

Una de las características más importantes de los peines es que permiten desconectar un aparato modular sin quitar la alimentación de los contiguos. Los peines para interruptores de potencia están preparados para su conexión directa al embarrado.

Figura 23. Peines de conexión



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P20

Bornes de reparto de inserción directa.

Permite realizar la conexión de cables sin tornillos. Cada orificio solamente admite un conductor, bien de tipo flexible o rígido sin puntera. Se sitúan sobre el perfil normalizado y su aspecto es similar a las bornes de los regleteros. La unión entre varias bornes de este tipo, se realiza con pequeños embarrados o cables con terminales.

Figura 24. Regletero de inserción.



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P25

#### 6.1.7 Fijación del cableado.

La correcta organización de los cables forma un tablero especial para su óptimo funcionamiento y operaciones de mantenimiento. Un cableado inadecuado puede generar situaciones de peligro para el operario, además de averías inesperadas por calentamiento y falsos contactos. Siempre que sea posible se evitarán las mangueras o mazos de cables con conductores de potencia.

En los tableros en los que existan circuitos de maniobra y fuerza, se canalizarán independientemente. Seguidamente se exponen materiales usados para la fabricación de cableado.

- Canaletas.

Se utilizan para fijar los conductores eléctricos que no superen los 10mm<sup>2</sup> de sección, por el interior del tablero, sin elementos auxiliares de sujeción. El reparto de cables, a los diferentes aparatos y regletas, se hace por las perforaciones realizadas en sus laterales. Con este tipo de canalización, la ampliación o modificación de los cableados resulta sencilla, ya que el acceso al interior, una vez retirada la tapa, se hace en toda su longitud.

Así, la visualización y manipulación de los conductores es idónea. Su fijación al tablero se realiza por remaches o tornillos (en el taller utilizaremos tornillos rosca-madera para fijar las canaletas al tablero de madera).

Figura 25. Fijación de una canaleta a un tablero



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P45

- Embarrados.

Los embarrados son elementos encargados de suministrar la energía eléctrica al tablero. Están formados por un determinado número de barras que dependerá del sistema de alimentación así, por ejemplo, un sistema trifásico con neutro dependerá de cuatro barras, tres para las fases y una para el neutro.

Las dimensiones de las barras estarán en relación directa con la potencia que suministrará el tablero a la instalación. Es muy importante realizar una correcta instalación del embarrado, ya que el buen funcionamiento del tablero dependerá en gran medida de su operación.

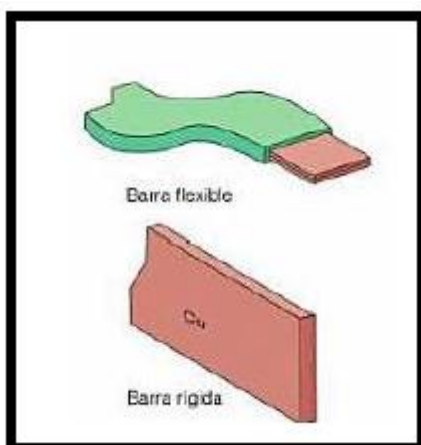
Debido a que, por lo general, las barras no están cubiertas de material aislante, se ha de prestar gran atención en las tareas de mantenimiento Y reparación.

- Barras fijas y flexibles.

Las barras fijas son pletinas de cobre macizas, con orificios en toda su longitud para las conexiones de los elementos al tablero. Es aconsejable utilizarlas siempre en tramos rectos, tanto en vertical como en horizontal.

Las barras flexibles están formadas por un alma conductora de láminas de cobre y recubiertas de material aislante. Este tipo admite replegado, por lo tanto permite su desdoblado y posterior plegado para su reutilización en el mismo tablero si existen modificaciones. Se utilizan para atacar bornes de aparatos y otros embarrados donde es imposible colocar barras de tipo recto. Algunos fabricantes diseñan barras específicas para sus tableros con perfiles de conexión rápida.

Figura 26. Tipos de barras.

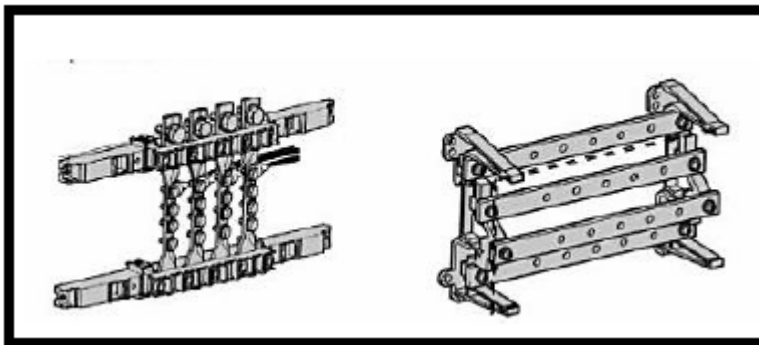


Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P53

- Bornes de entrada y salida.

Si el tablero posee embarrado, la entrada de cables se puede hacer directamente sobre él. Si no dispone de este sistema, los cables de entrada se conectarán sobre un borne especial escalado, formado por pequeñas barras de cobre apoyadas sobre soportes aislantes.

Figura 27. Bornes de entrada salida



Fuente: MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010. P58

## 6.2 Identificación de componentes de un tablero de potencia y control

Todas las barras, desnudas o aisladas, han de identificarse en los extremos y en los puntos de conexión. La codificación será la misma que para cables:

L1, L2 y L3 para las fases activas, N (escrito en azul) para el neutro y PE (escrito en amarillo-verde) para el conductor de protección.

El perno de conexión de la masa del tablero estará identificado con el símbolo de toma de tierra.

## 6.3 Elementos para la climatización de tableros de potencia y control.

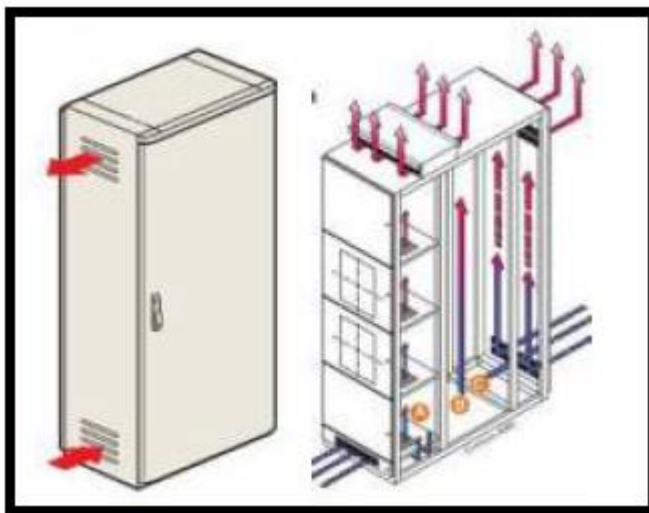
Los tableros situados en lugares con condiciones climáticas adversas deben estar proyectados con los elementos necesarios para su correcta climatización. Conseguir una temperatura idónea, evitar la condensación y reducir el calentamiento excesivo son las principales razones de estar elementos. Los problemas de una mala climatización son causas de una alta temperatura, esto genera que los propios aparatos del interior del tablero se deterioren o

destruyan. Por otro lado las bajas temperaturas producen agua en forma de condensación, lo que es un problema por todo el mundo conocido el mezclar agua y electricidad. Dependiendo de las características del tablero y el lugar en el que esté instalado, la gestión de su temperatura, puede realizarse de forma natural o forzada.

### 6.3.1 Climatización natural.

Consiste en instalar adecuadamente elementos pasivos en el interior y paredes del tablero, para conseguir un movimiento natural del aire. De esta forma se logra adecuar la temperatura interior del tablero.

Figura 28. Climatización natural de un tablero.



Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P34

- Ventanas y rejillas de ventilación.

Se utilizan en todos los tableros que necesitan ventilación, tanto forzada como natural. Se colocan para favorecer la ventilación definida anteriormente



Figura 29. Rejillas para tableros.



Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P36

- Techo de ventilación

Mejora la ventilación natural o forzada del tablero. Se instala sobre la parte superior del tablero, apoyado directamente sobre la armadura. Si se desea aumentar el grado de protección IP, se debe de colocar un filtro entre el tablero y el techo, dicho filtro se deberá de limpiar en las tareas de mantenimiento

#### 6.4 Designación de los conductores.

En las instalaciones eléctricas, para distinguir unos conductores de otros se utilizan designaciones con distintos colores, letras y a veces también números. Colores de conductores en corriente alterna trifásica.

Figura 30. Código de colores en conductores



Fuente: FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. 2004. P77

## 6.5 Elementos auxiliares de un tablero de potencia y control

Los elementos auxiliares no modifican las características técnicas de las envolventes, pero aumentan sus prestaciones, haciendo más cómodos los trabajos de mantenimiento y reparación.

### 6.5.1. Iluminación.

En los grandes tableros de distribución o de automatismos, es conveniente instalar iluminación para facilitar la visualización interior. Además, se hace obligatoria en aquellos casos en los que el tablero se encuentra situado en lugares oscuros, que dificultan las tareas de mantenimiento. El encendido de la iluminación interior se puede realizar de forma manual, por un interruptor que accione el operario, o de forma automática, con un contacto (o final de carrera) que se coloca en la puerta.

### 6.5.2 Porta-documentos y Porta-etiquetas.

El porta-documentos es un bolsillo metálico, o de material plástico, que se añade a la puerta del tablero por el interior. Sirve para alojar los esquemas eléctricos y la documentación técnica. De la misma forma que el referenciado de cables y regletas permite la rápida identificación de los conductores, el etiquetado de los elementos, en la puerta del tablero, es aconsejable cuando el número es elevado. Estos papeles recogidos en tapas transparentes permiten una presentación de textos y símbolos.

## 7. CONCLUSIONES

Las normas industriales para gabinetes eléctricos existen para promover la seguridad, alentar la eficiencia en el diseño y definir los niveles mínimos de rendimiento del producto. Por estos motivos, en las industrias eléctricas de Europa y Norteamérica se hacen cumplir varias normas. En el mercado mundial, es posible que se sigan estas u otras normas o que no haya normas en absoluto, lo que puede conducir a amplias variaciones en el rendimiento y el precio de los productos. En muchos casos, el cliente final no sabe de las normas o no las entiende claramente y, por lo tanto, no insiste en que sus proveedores proporcionen productos que cumplan con ellas. El enfoque exclusivo en precios bajos sin entender por completo ni exigir normas industriales puede verse como un costo inicial bajo del producto, pero podría finalmente conducir a altos costos de mantenimiento, falla del producto y en el peor de los casos, problemas de seguridad de los trabajadores.

Los gabinetes deben ser construidos y armados con lámina de acero rolada en frío, Calibre No. 14 U.S.G. para sobreponer en muro. Todo el gabinete acabado tropicalizado.

Las barras alimentadoras deben ser de cobre electrolítico, colocadas en posición vertical, con una barra neutra de cobre, con una capacidad de conducción del 100% respecto de la capacidad de las barras alimentadoras. Todas las barras deberán estar aisladas, inclusive la barra de conexión a tierra.

## 8. RECOMENDACIONES

La caída de voltaje de los circuitos alimentadores deberá ser como máximo del 5% entre la fuente principal de abastecimiento.

El cálculo de la sección transversal necesaria, en mm<sup>2</sup> de cobre, para no exceder la caída de tensión permitida, utilizando la corriente de régimen al 100%

Para calibres 1/0 AWG en adelante deberá determinarse la capacidad de corriente nominal de los conductores en la columna correspondiente a una temperatura de 75°C

Todos los instrumentos indicadores deberán estar localizados a una altura no mayor de 2 metros de la base del tablero, así como los dispositivos que se operen manualmente, no deben instalarse a más de 1.70 metros a centros respecto a la base del tablero

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ASUNCIÓN, Proyectos De Instalaciones Eléctricas De Baja tensión. Aplicación a edificios de viviendas, 2013.

MIRALLES, Electricista De Mantenimiento 2010.

L. M. CHECA, Líneas de transporte de energía, Marcombo, Barcelona 1988

NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano - Norma Técnica Colombiana. 2002

RETIE, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. 2012

FLOWER LEIVA LUIS. Instalaciones industriales controles y automatismos. Bogotá, 1985.