

**ULL**

Universidad  
de La Laguna



# **SISTEMAS ELÉCTRICOS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**UDE INGENIERÍA MARÍTIMA  
SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA  
Santa Cruz de Tenerife**

**Iván Abreu Rivera  
Marzo de 2016**

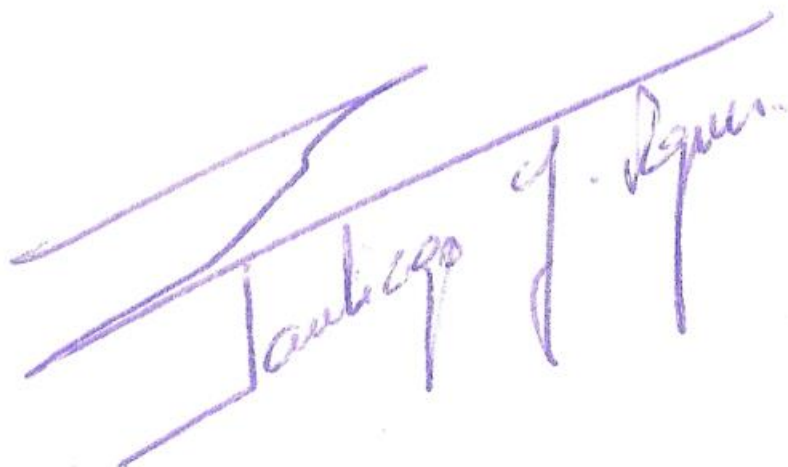


**D. Santiago José Rodríguez Sánchez**, Profesor Asociado de la UDE de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

**D. Iván Abreu Rivera**, alumno que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del Grado en Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo Fin de Grado nominado "*Sistemas eléctricos*" para la Obtención del Título de Graduado en Tecnologías Marinas por la Universidad de La Laguna.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el Tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a 10/03/2016.



Santiago José Rodríguez Sánchez  
Director del Trabajo Fin de Grado



## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer primeramente al profesor D. Santiago José Rodríguez Sánchez por su apoyo en este proyecto, y durante la realización de mis prácticas profesionales. Además me gustaría agradecer al profesorado que me ha tutelado y enseñado tantas cosas durante la realización del Grado en Tecnologías Marinas

Gracias a mi familia, especialmente a mis padres y a mi hermano. Ellos son las personas que han convivido conmigo durante toda mi vida, pasando buenos y malos momentos, pero siempre me han servido de apoyo y ayudado a levantar cada vez que tropezaba en la vida.

Gracias a mi pareja sentimental que tanta paciencia ha tenido conmigo y con la cual espero sentar las bases de una relación tan larga como la vida misma, saltando muro tras muro que se nos presente.

Agradecer a mis amigos su apoyo durante mi carrera y durante toda la vida, agradeciendo en especial a mi mejor amigo, que conozco desde el comienzo de mi educación secundaria, persona honesta y de confianza, con quien he vivido muchas aventuras.

Por último agradecer a los diferentes profesionales con los cuales he tenido el placer de compartir el trabajo y las vivencias. En especial al oficial cuyo orgullo era ser mi mentor, al cual tengo especial aprecio por aleccionarme en diversos conocimientos.



# ÍNDICE





---

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

	<u>Pág.</u>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
1. OBJETIVO GENERAL .....	7
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>9</b>
1. Conceptos previos. ....	11
1.1 Intensidad.....	11
1.2 Potencial Eléctrico y Fuerza Electromotriz.....	12
1.3 Resistencia Eléctrica. ....	13
1.4 Tipos de corriente: .....	13
1.5 Tipos de Cargas: .....	14
1.6 Potencia y sus clases: Activa, Reactiva y Aparente. ....	16
1.7 Tensión de línea y tensión de fase en sistemas trifásicos.....	19
<b>IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
1. MATERIAL .....	25
Acápite 1. Líneas de distribución.....	25
1.1 Red trifásica .....	25
1.2 Red monofásica. ....	26
1.3 Tipos de redes de distribución .....	26
1.4 Clasificación de los circuitos eléctricos: .....	31
1.5 Redundancia de generadores en instalaciones eléctricas. ....	32
1.6 Cables de los circuitos. ....	34
1.7 Características de los cables.....	36
1.8. Canalizaciones eléctricas.....	38
1.9 El embarrado .....	44
1.10 Armarios, cajas de bornas y armarios de distribución. ....	45
1.11 Carriles DIN.....	49
Acápite 2: DISPOSITIVOS DE MEDIDA. ....	51
2.1 Características generales.....	51

---

2.2	Parámetros de los instrumentos.....	52
2.3	Clasificación de los instrumentos de medida.....	53
2.4	Principios básicos de funcionamiento de los instrumentos de medida.....	53
2.5	Tipos de instrumentos de medida.....	54
	Acápite 3: Máquinas eléctricas.....	61
3.1	Clasificación de las máquinas eléctricas.....	61
3.2	Generadores y motores.....	63
3.3	Generador eléctrico.....	66
3.4	El motor eléctrico.....	68
3.5	Transformadores.....	73
	Acápite 4: Sistemas de iluminación.....	76
4.1	Lámpara de incandescencia.....	76
4.2	Tipos de bombilla.....	77
4.3	Lámparas de descarga.....	84
4.4	Lámparas de Xenón.....	85
4.5	Lámpara fluorescente.....	86
4.7	Lámparas halógenas.....	87
4.8	Lámparas led.....	88
4.9	Niveles de iluminación recomendados.....	88
	Acápite 5: Sensores.....	91
5.1	Clasificación de los sensores según magnitud que detectan:.....	91
5.2	Clasificación según su principio de funcionamiento:.....	98
5.3	Transductores.....	99
	Acápite 6: Sistemas de accionamiento.....	100
6.1	El interruptor.....	100
6.2	Clasificación de los interruptores.....	101
6.3	Conmutadores.....	107
6.4	Pulsadores.....	108
6.5	Relé.....	108
6.6	El contactor.....	110
6.7	Termostato.....	115
6.8	Presostato.....	116
6.9	Interruptor de nivel.....	117
6.10	Temporizador.....	117

6.11 Interruptores finales de carrera.....	118
6.12 Controladores lógicos programables.....	120
6.13 Relés programables.....	122
6.14 Arrancadores suaves.....	123
6.15 Variador de frecuencia.....	126
Acápite 7: Dispositivos de protección.....	129
7.1 Fusible.....	130
7.2 Relé térmico.....	136
7.3 Relé electromagnético.....	140
7.4 Relé magnetotérmico.....	140
7.5 Interruptor diferencial.....	142
7.6 Disyuntores.....	145
2. METODOLOGÍA.....	149
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>153</b>
1. Introducción.....	155
2. Desmontaje generador eléctrico.....	155
3. Mantenimiento preventivo disyuntor.....	161
4. Cambio terminal en panel del motor principal.....	163
5. Reparación de caja de bornas motor eléctrico.....	165
6. Cambio transformador hélice de proa.....	166
7. Cambio fluorescente a equipo led.....	172
8. Cambio de temporizador bomba aceite mp.....	173
9. Toma de aislamientos.....	173
10. Toma amperajes (consumos).....	173
11. Implementación circuito de seguridad para yugo del timón.....	174
12. Cambio rodamiento en motor bomba agua doméstica.....	175
13. Toma de termografías.....	178
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>181</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>185</b>



## ÍNDICE DE IMÁGENES

### III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

Imagen nº 1. Triángulo de Potencias.....	18
Imagen nº 2. Esquema de conexión en estrella para generador. ....	19
Imagen nº 3. Esquema de conexión en triángulo para generador. ....	20

### IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Imagen nº 4 . Red de distribución radial. ....	27
Imagen nº 5. Red de distribución radial compuesta. ....	28
Imagen nº 6. Red de distribución en anillo. ....	29
Imagen nº 7. Conexión a tierra de alto voltaje o HVSC. ....	30
Imagen nº 8. Ejemplo de redundancia en Stand-by.....	33
Imagen nº 9. Ejemplo de redundancia paralela o 1+1. ....	34
Imagen nº 10. Ejemplo de redundancia N+1.....	34
Imagen nº 11 . Tubo de PVC. ....	39
Imagen nº 12 . Tubos EMT.....	39
Imagen nº 13. Tubo IMC.....	39
Imagen nº 14. Tubo flexible metálico.....	40
Imagen nº 15. Tubo corrugado plástico. ....	40
Imagen nº 16. Tubo Liquidtigh. ....	41
Imagen nº 17. Canaleta metálica. ....	41
Imagen nº 18. Canaleta plástica. ....	42
Imagen nº 19. Canaletas plásticas para cuadros eléctricos. ....	43
Imagen nº 20. Embarrado en viviendas. ....	44
Imagen nº 21 Armarios murales en sala de control de máquinas. ....	45
Imagen nº 22. Armario de pupitre en sala de máquinas. ....	46
Imagen nº 23. Armario de poliéster. ....	47
Imagen nº 24. Caja de bornas. ....	47
Imagen nº 25. Cuadro de gestión térmica.....	48
Imagen nº 26. Armario de aluminio. ....	48
Imagen nº 27. Carril DIN en armario eléctrico. ....	49
Imagen nº 28. Esquema de conexión del Amperímetro. ....	55
Imagen nº 29. Esquema de conexión del Voltímetro.....	55
Imagen nº 30. Esquema de puente Wheatstone. ....	56
Imagen nº 31. Fasímetro empotrable. ....	57
Imagen nº 32. Girómetro con pinzas.....	58
Imagen nº 33 Frecuencímetro de aguja. ....	59
Imagen nº 34. Frecuencímetro de lengüetas. ....	59
Imagen nº 35. Frecuencímetro digital.....	59
Imagen nº 36. Osciloscopio. ....	60

---

Imagen nº 37. Esquema de conexión del Vatímetro.....	60
Imagen nº 38. Clasificación de máquinas eléctricas. ....	63
Imagen nº 39. Desglose de un motor eléctrico.....	64
Imagen nº 40. Placa característica de un alternador. ....	67
Imagen nº 41. Desglose de características del alternador.....	68
Imagen nº 42. Bomba contra incendios edificio de viviendas. ....	69
Imagen nº 43. Rotor de anillos rozantes. ....	71
Imagen nº 44. Colector de delgas.....	72
Imagen nº 45. Rotor tipo jaula de ardilla. ....	72
Imagen nº 46. Ejemplo de transformador trifásico.....	74
Imagen nº 47. Esquema de transformador Alta-Baja tensión. ....	75
Imagen nº 48. Bombilla con ampolla tipo Standard. ....	77
Imagen nº 49. Bombilla con ampolla tipo Edison. ....	77
Imagen nº 50. Bombilla con ampolla tipo flama. ....	77
Imagen nº 51. Bombilla con ampolla esférica. ....	78
Imagen nº 52. Bombilla con ampolla cilíndrica. ....	78
Imagen nº 53. Bombilla con ampolla extensiva. ....	78
Imagen nº 54. Bombilla con ampolla intensiva. ....	79
Imagen nº 55. Bombilla clara. ....	79
Imagen nº 56. Bombilla mateada. ....	80
Imagen nº 57. Bombilla opal. ....	80
Imagen nº 58. Bombilla de color. ....	80
Imagen nº 59. Bombilla con casquillo tipo Edison. ....	81
Imagen nº 60. Lámpara led con casquillo MR.....	81
Imagen nº 61. Bombilla con casquillo G4.....	81
Imagen nº 62. Lámpara con casquillo GU10.....	82
Imagen nº 63. Bombilla con casquillo de bayoneta. ....	82
Imagen nº 64 Lámpara led con casquillo Feston.....	82
Imagen nº 65. Casquillo G24. ....	83
Imagen nº 66. Tubo con casquillo G13.....	83
Imagen nº 67. Lámpara con casquillo R7. ....	83
Imagen nº 68 . Partes de una lámpara de Xenón.....	85
Imagen nº 69. Esquema de conexión del tubo fluorescente. ....	86
Imagen nº 70. Sensor fotoeléctrico de puerta. ....	91
Imagen nº 71. Final de carrera. ....	92
Imagen nº 72. Sensor de ultrasonidos. ....	93
Imagen nº 73. Sensor Piezoeléctrico.....	94
Imagen nº 74. Sensor de velocidad. ....	94
Imagen nº 75. Sensor de aceleración triaxial. ....	95
Imagen nº 76. Sensor de caudal. ....	95
Imagen nº 77. Sensor de humedad. ....	96
Imagen nº 78. Sensor de presión. ....	96
Imagen nº 79. Sensor de temperatura.....	97
Imagen nº 80. Sensor de turbidez. ....	97
Imagen nº 81. Transductor de presión.....	99
Imagen nº 82. Símbolo eléctrico del interruptor. ....	100
Imagen nº 83. Esquema partes de un interruptor. ....	102

Imagen nº 84. Interruptor tripolar de mediana potencia. ....	103
Imagen nº 85. Esquema de conexión de un interruptor mono polar. ....	104
Imagen nº 86. Esquema de conexión de un interruptor bipolar. ....	105
Imagen nº 87. Esquema de conexión de un interruptor tripolar. ....	106
Imagen nº 88. Interruptor tetrapolar. ....	106
Imagen nº 89. Esquema de conexión de conmutadores. ....	107
Imagen nº 90. Esquema de contactos interiores de dos conmutadores. ....	107
Imagen nº 91. Pulsador. ....	108
Imagen nº 92. Partes de un relé. ....	109
Imagen nº 93. Contactor. ....	110
Imagen nº 94. Partes de un contactor. ....	111
Imagen nº 95. Accesorios para un contactor. ....	112
Imagen nº 96. Termostato bipolar con tubo capilar. ....	116
Imagen nº 97. Presostato. ....	116
Imagen nº 98. Interruptores de nivel. ....	117
Imagen nº 99. Temporizador accesorio para contactor. ....	118
Imagen nº 100. Partes de un final de carrera. ....	118
Imagen nº 101. Cuerpo de contactos de un final de carrera. ....	119
Imagen nº 102. Distintos cabezales para un final de carrera. ....	120
Imagen nº 103. Partes principales de un PLC. ....	120
Imagen nº 104. Controlador lógico programable. ....	121
Imagen nº 105. Módulo auxiliar. ....	122
Imagen nº 106. Partes de un relé programable. ....	123
Imagen nº 107. Partes de un arrancador suave. ....	124
Imagen nº 108. Esquema de conexión de un arrancador suave para un motor. ....	125
Imagen nº 109. Situación del variador de frecuencia respecto al cuadro eléctrico y al motor. ....	126
Imagen nº 110. Símbolo eléctrico del fusible. ....	130
Imagen nº 111. Fusible cilíndrico. ....	133
Imagen nº 112. Fusible tipo Diazed. ....	133
Imagen nº 113. Fusible de rechazo. ....	133
Imagen nº 114. Fusible tipo NH. ....	134
Imagen nº 115. Curva de respuesta para varios fusibles. ....	135
Imagen nº 116. Símbolo eléctrico del relé térmico. ....	136
Imagen nº 117: Relé térmico como accesorio para un contactor. ....	136
Imagen nº 118. Partes de un relé térmico. ....	137
Imagen nº 119. Símbolo eléctrico relé electromagnético. ....	140
Imagen nº 120. Símbolo eléctrico relé magnetotérmico. ....	140
Imagen nº 121. Relé magnetotérmico. ....	141
Imagen nº 122. Partes de un relé magnetotérmico. ....	141
Imagen nº 123. Símbolo eléctrico del interruptor diferencial. ....	142
Imagen nº 124. Interruptor diferencial. ....	143
Imagen nº 125. Pates constituyentes de un interruptor diferencial. ....	144
Imagen nº 126. Disyuntores en el interior de una sala de control. ....	145
Imagen nº 127. Perillas de regulación de un disyuntor. ....	147
Imagen nº 128. Curva de respuesta de un disyuntor. ....	148
Imagen nº 129. Reparación de reductora. ....	149

---

Imagen nº 130. Sustitución de generador diésel y alternador. ....	150
---	-----

## V. RESULTADOS

Imagen nº 131. Unidad de potencia motor principal MTU. ....	150
Imagen nº 132. Generador eléctrico sala de máquinas. ....	155
Imagen nº 133. Montaje de maniobra y útil de elevación sobre el generador. ....	157
Imagen nº 134. Zona de lumbreras desmontada. ....	157
Imagen nº 135. Elevación del alternador mediante tecles. ....	158
Imagen nº 136. Movimiento del alternador. ....	158
Imagen nº 137. Acomodación del alternador sobre cubierta de carga. ....	159
Imagen nº 138. Vista del motor y con útiles de elevación. ....	159
Imagen nº 139. Motor saliendo por apertura. ....	160
Imagen nº 140. Generador nuevo esperando a ser montado. ....	160
Imagen nº 141. Panel local motor auxiliar nº2. ....	161
Imagen nº 142. Disyuntor sin carcasa frontal ni Micrologic. ....	162
Imagen nº 143. Alojamiento del disyuntor. ....	163
Imagen nº 144. Caja de terminales motor principal. ....	164
Imagen nº 145. Caja de bornas. ....	165
Imagen nº 146. Dibujo hélice de proa con motor. ....	166
Imagen nº 147. Plano del sensor de posición. ....	167
Imagen nº 148. Sensor de posición. ....	167
Imagen nº 149. Levas de accionamiento del sensor de posición. ....	168
Imagen nº 150 . Bomba hidráulica. ....	169
Imagen nº 151. Bobinas de válvula electrohidráulica. ....	169
Imagen nº 152. Bobina de la válvula. ....	170
Imagen nº 153. Controlador eléctrico. ....	171
Imagen nº 154. Transformador de repuesto. ....	171
Imagen nº 155. Panel eléctrico. ....	172
Imagen nº 156. Pinza amperimétrica. ....	174
Imagen nº 157. Esquema circuito de seguridad. ....	175
Imagen nº 158. Estator y tapas. ....	176
Imagen nº 159. Rotor bomba de agua. ....	177
Imagen nº 160. Alojamiento de rodamiento. ....	177
Imagen nº 161 . Termografía de conexiones. ....	178
Imagen nº 162 Imagen de contactores. ....	179
Imagen nº 163 . Conexiones con alta temperatura. ....	179



## ÍNDICE DE TABLAS

### III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

Tabla nº 1: Tabla de resistividad de materiales.....	15
Tabla nº2: Circuitos equivalentes.....	21

### IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla nº3 : Colores para cables con conductor de seguridad .....	35
Tabla nº4: Colores para cables sin conductor de seguridad .....	35
Tabla nº 5: Equivalencias para cables AWG según su área .....	37
Tabla nº6: Ampacidad para conductores de cobre según temperatura .....	38
Tabla nº 7: Clasificación de aislantes.....	65
Tabla nº8: Roscas normalizadas .....	84
Tabla nº9: Niveles de iluminación recomendados .....	89
Tabla nº10: Ayuda para motores con arranque directo .....	138
Tabla nº11 : Ayuda para motores con arranque estrella triángulo .....	139

### V. RESULTADOS

Tabla nº12 : Datos de selenoide de la válvula electrohidráulica.....	168
--	-----



# I. INTRODUCCIÓN



Hoy día se hace prácticamente inconcebible la navegación sin el uso de electricidad a menos que hablemos de embarcaciones que tengan un objetivo lúdico como son las embarcaciones de recreo o de algunos buques ya históricos como son los buques de madera que antaño se utilizaban para transportar mercancías a lo largo del atlántico.

Tan pronto como comenzó el desarrollo de la energía eléctrica en tierra, también lo hizo en los barcos. Sustituyendo, en un primer momento, las luces que anteriormente funcionaban a base de aceite y que, en ocasiones, ocasionaban grandes peligros tanto para el buque como para los tripulantes que viajaban en ellos.

Posteriormente se sustituirían algunas máquinas y herramientas de vapor por otras más eficientes y seguras. Este proceso seguiría hasta el día de hoy en el cual la electricidad se encuentra de manera palpable en todo buque mercante y sin la cual no se podría realizar las actividades de abordaje ni tan rápido, ni tan eficientemente como se hace hoy día.

La realidad es que los circuitos eléctricos que nos encontramos a bordo se vuelven cada vez más y más complejos llegando a un punto en el que muchos navegantes pueden verse desubicados al abrir un cuadro, o al observar algún elemento del circuito. También es normal el uso de máquinas eléctricas a bordo así como también lo es el desuso de la figura del electricista a bordo. Figura con la cual el oficial podía apoyarse durante las operaciones dejando a éste último con una carga de trabajo más.

El trabajo trata de realizar una descripción de los diferentes elementos que componen un sistema eléctrico así como explicar algunos funcionamientos básicos que nos puedan ser de ayuda.

Por su parte el trabajo se compondrá de siete capítulos. Después de esta breve **Introducción**, nos planteamos en el siguiente capítulo el **Objetivo** General a lograr con el presente trabajo, sobre la base de los distintos Objetivos Específicos reseñados. A continuación en el capítulo de **Revisión y Antecedentes**, refrescaremos algunos conceptos que nos serán útiles a bordo y que nos ayudarán no solo para recordar lo que ya hemos aprendido en la escuela sino para resolver problemas teóricos. En la sección de **Material y Métodos** es donde se realizará la descripción de los diferentes

elementos y dispositivos que con la ayuda de libros, manuales, páginas web, y experiencia de abordó serán brevemente explicados de una manera clara y sencilla.

En el penúltimo capítulo, **Resultados**, estudiaremos los casos prácticos obtenidos durante las prácticas como alumno, explicando y presentado los diferentes casos prácticos tomando como punto de partida para este capítulo el cambio de un generador diésel y de su alternador.

De los Resultados obtenidos deduciremos las **Conclusiones** en base a los Objetivos que nos planteamos al comienzo del presente trabajo. Por último, se han referenciando las fuentes tanto primarias como secundarias consultadas para apoyar el desarrollo en el capítulo de **Bibliografía**.

## **II. OBJETIVOS**





## **1. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo fundamental del presente trabajo es el de estudiar los diferentes elementos que componen un sistema eléctrico de manera que al final del trabajo tengamos una idea general de los diferentes dispositivos, herramientas y máquinas que podamos ver abordado o en cualquier instalación eléctrica, así como el de servir de ayuda a otros alumnos a los que este trabajo les pueda interesar.

Para llevar a cabo el objetivo citado nos hemos propuesto alcanzarlo mediante tres objetivos específicos.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Revisar los conceptos básicos previamente estudiados durante el transcurso de los cuatro cursos contenidos dentro del grado.
2. Estudiar los diferentes tipos de redes de distribución. Así como los diferentes tipos de elementos y dispositivos que componen un circuito.
3. Estudiar casos prácticos que nos puedan ayudar a resolver problemas en un futuro.



### **III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**



## 1. CONCEPTOS PREVIOS.

Antes de comenzar deberíamos refrescar algunos conceptos que nos puedan ayudar a la hora de resolver algún problema abordado, es así que a continuación repasaremos dichos conceptos.

Decimos que un cuerpo está cargado negativamente cuando posee un exceso de electrones y del mismo modo cuando un cuerpo posee un defecto de electrones se dice que dicho cuerpo está cargado positivamente. ***A esta cantidad en exceso o defecto de electrones que poseen los cuerpos se llama cantidad de electricidad o carga eléctrica.*** [1]

Debido a que el electrón es una unidad demasiado pequeña para su utilización como magnitud práctica, se ha decidido la utilización del Coulomb nombre que recibe de su descubridor Charles Agustín Coulomb.

Un Coulomb equivale a  $6,28 \times 10^{18}$  electrones y se simboliza por la letra Q.

### 1.1 Intensidad.

Si pusieramos en contacto un cuerpo cargado negativamente y un cuerpo cargado positivamente la carga negativa del primer cuerpo tendería a neutralizar la carga del segundo. Se originaría un paso de corriente del cuerpo cargado negativamente al otro cuerpo cargado positivamente que durará un determinado tiempo. [1]

**La intensidad de corriente eléctrica queda entonces definida como la cantidad de corriente (Culombios) que pasan por cada sección del conductor en cada segundo.** [1]

Dicha intensidad tiene unidad, llamada Amperio que se representa por la letra A.

$$I = \frac{Q}{t} \quad [1]$$

Siendo:

$I \rightarrow$  Intensidad

$Q \rightarrow$  Cantidad de electrones

$t \rightarrow$  Tiempo

## 1.2 Potencial Eléctrico y Fuerza Electromotriz.

Como hemos visto en el ejemplo anterior, si pusieramos un cuerpo cargado negativamente en contacto con otro cargado positivamente los electrones que posee el primer cuerpo tenderían a neutralizar la carga positiva del segundo. Sin embargo éste fenómeno no sucede gratuitamente dado que para ello es necesario que los electrones del cuerpo cargado negativamente posean suficiente energía como para trasladarse al cuerpo cargado positivamente. [1]

Esta energía de los electrones será mayor cuanto mayor sea la cantidad de electrones del cuerpo cargado negativamente. A esta energía almacenada que poseen los electrones se le denomina energía potencial.

Del mismo modo a la diferencia de energía entre las cargas eléctricas de un cuerpo en relación al otro se le denomina diferencia de potencial (d.d.p.). De tal modo que las cargas eléctricas solo se pueden trasladar a un potencial mas bajo.

Si se quiere trasladar una carga eléctrica a un cuerpo de un potencial más alto sera necesario el uso de un generador.[1]

A la energía que es necesaria comunicar al generador para mantener una diferencia de potencial se le denomina fuerza electromotriz y se simboliza por las letras f.e.m.

La unidad para medir la d.d.p. y la f.e.m. Se denomina Voltio en honor al físico italiano Alejandro Volta. ***Dicha unidad se define como la diferencia de potencial que es preciso aplicar a los extremos de un conductor para transportar a través de el 1Culomb, realizando el trabajo de 1 Joule.*** [1]

### 1.3 Resistencia Eléctrica.

Al fluir las cargas eléctricas a través de un conductor , éste último ofrece una pequeña dificultad al paso de los electrones. Dicho esto, se denomina resistencia eléctrica a la mayor o menor oposición que ofrece un cuerpo al paso de la corriente a través de él.

Esta mayor o menor oposición se mide mediante su magnitud fundamental que es el Ohm nombre que recibe del físico Jorge Simón Ohm.

Dicha magnitud se representa por la letra griega omega ( $\Omega$ ).

***El ohm se define como la resistencia eléctrica que opone un conductor al aplicarle a sus extremos una diferencia de potencial de un Voltio, permitiendo que pase por él una intensidad de un amperio. [1]***

De acuerdo con la ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad [2]$$

Siendo:

R → Resistencia.

V → Voltaje.

I → Intensidad.

### 1.4 Tipos de corriente:

#### 1.4.1 Corriente continua.

La corriente continua es aquella que circula por un circuito en una sola dirección sin que cambie de dirección a lo largo del tiempo.

Fue ampliamente defendida por Thomas Alva Edison.

### **1.4.2 Corriente alterna.**

La corriente alterna es aquella que circula por un circuito cambiando de dirección a lo largo del tiempo. Este tipo de corriente fue defendida por Nicola Tesla en contraposición a la corriente continua que tenía grandes pérdidas por el efecto Joule.

La oscilación comúnmente más utilizada para la corriente alterna es la corriente sinusoidal por ser la forma más eficiente del transporte de corriente.

### **1.5 Tipos de Cargas:**

Existen cuatro tipos de cargas eléctricas en un circuito: cargas inductivas, capacitivas, resistivas y mixtas, que son una mezcla de las anteriores. [1]

#### **1.5.1 Impedancia de un circuito**

La impedancia de un circuito es la oposición de un circuito al paso de corriente alterna y se mide en ohmios. Y depende de las siguientes magnitudes. [1]

#### **1.5.2 Cargas resistivas.**

Este tipo de cargas convierte la energía eléctrica en energía calorífica por medio del efecto Joule.

Normalmente ante una resistencia de valor conocido aplicaremos la ley de Ohm pero esto no es totalmente cierto, puesto que la resistencia de cada material viene de las características del material que esté hecho. Además a mayor longitud, mayor resistencia. A mayor sección, menos resistencia. A mayor temperatura, mayor resistencia. [3]

Para calcular el valor de la resistencia que ofrece un material específico, con largo y grosor definidos, se aplica la fórmula:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad [3]$$

Resistencia ( R ) es igual a: La resistividad (  $\rho$  ) por la longitud ( L ) del conductor dividido o



partido por la sección o grosor (área) (S) del conductor.

En el siguiente cuadro vienen definida la resistividad de algunos materiales a una temperatura de 20°C.

**Tabla nº 1 .Tabla de resistividad de materiales**

Material	Resistividad ( $\Omega \cdot mm^2 / m$ ) a 20° C
Aluminio	0,028
Cobre	0,0172
Constatan	0,49
Nicromo	1,5
Plata	0,0159
Platino	0,111
Tungsteno	0,0525

Fuente:[http://4.bp.blogspot.com/\\_WUHjOxNGZT4/SKIHOvt9hJI/AAAAAAAAAEU/1VCpXhs4Xhw/s400/Gr%C3%A1fico1.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_WUHjOxNGZT4/SKIHOvt9hJI/AAAAAAAAAEU/1VCpXhs4Xhw/s400/Gr%C3%A1fico1.jpg) [4]

### 1.5.3 Cargas Capacitivas.

Las cargas capacitivas dependen de las características físicas y de la frecuencia. Este tipo de carga toma una potencia aparente , que posteriormente regresa como potencia reactiva a la fuente, de tal manera que esta carga no consume nada. [3]

La  $x_c$  depende de la frecuencia, medida en hercios, y de la capacidad del condensador medida en faradios, y se expresa por:

$$X_c(\Omega) = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} [5]$$

Siendo:

$\omega \rightarrow$  Velocidad angular.

C  $\rightarrow$  Capacidad del condensador.

$f \rightarrow$  Frecuencia.

Cuando un condensador se carga una de sus armaduras se carga y como las cargas iguales se repelen en la corriente alterna se producirán momentos en los que el condensador descargará (media onda) y otros en los que la tensión será mínima.

#### 1.5.4 Cargas inductivas

Las cargas inductivas la crean las bobinas al crear un campo magnético, esta reactancia no es constante sino que varía con la inductancia de la bobina y con la frecuencia. [3]

$$X_L(\Omega) = 2\pi fL [5]$$

Siendo:

$L \rightarrow$  Inductancia.

$f \rightarrow$  Frecuencia.

### 1.6 Potencia y sus clases: Activa, Reactiva y Aparente.

#### 1.6.1 Potencia

La potencia eléctrica es la cantidad de trabajo que consume un aparato ésta es usualmente expresada en Watios/hora o Kw/hora. Y viene expresada por las siguientes fórmulas:

$$P = I(t) \cdot V(t) [5]$$

$$P = I^2 \cdot R \rightarrow P = \frac{V^2}{R} [5]$$

En corriente alterna existen tres tipos de potencias.

#### 1.6.2 Potencia Activa:

Representa la potencia útil, es decir la potencia que realmente se utiliza, es decir la energía que utiliza un equipo para funcionar. [5]

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi) [5]$$

### 1.6.3 Potencia reactiva:

Es la potencia que consumen todos los aparatos que lleven un bobinado para crear un campo. Estas bobinas constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y ,por tanto, de su eficiencia de trabajo depende el factor de potencia. [5]

$$P_Q = V.I.\text{sen}(\varphi) [5]$$

### 1.6.4 Potencia aparente.

La potencia aparente es la suma de la potencia activa y la potencia aparente. La suma de estas dos , por tanto, es igual a la potencia que entregan los generadores de la planta eléctrica. [6]

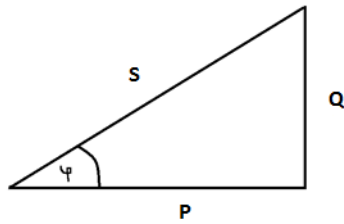
$$P_s = V.I [5]$$

$$S = P + Q [5]$$

Esta potencia aparente se desglosa con las dos anteriores formando un ángulo denominado Coseno de Fi que también es denominado Factor de potencia.

Se puede demostrar que los tres componentes (S, P, Q) se relacionan mediante un triángulo rectángulo. Aplicando el teorema de Pitágoras o relaciones trigonométricas, se pueden obtener muchas más fórmula que relacionen S, P y Q.

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \text{sen}\varphi = \frac{Q}{S} \quad \text{tg}\varphi = \frac{Q}{P} [5]$$

**Imagen nº 1. Triángulo de Potencias**

*Elaboración propia*

*Fuente: Apuntes de clase.*

**1.6.5 Factor de potencia**

Comenzaremos por decir qué es el factor de potencia.

***El factor de potencia es la relación entre el ángulo de voltaje e intensidad y viene dado por la fórmula. [6]***

$$f_{dp} = \cos(\varphi) [6]$$

Sin embargo ésta expresión no es del todo cierta, debido a la gran cantidad de puntos de consumos en una planta eléctrica se crean problemas de las corrientes armónicas que son corrientes y voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Estas corrientes armónicas están originadas por los equipos electrónicos que consumen energía eléctrica de una forma no continua en el tiempo. Esta forma de consumir electricidad, provoca que la forma de onda senoidal de la corriente eléctrica se deforme. La mayor o menor presencia de armónicos se mide con una magnitud conocida como Tasa de Distorsión Armónica (THD). [7]

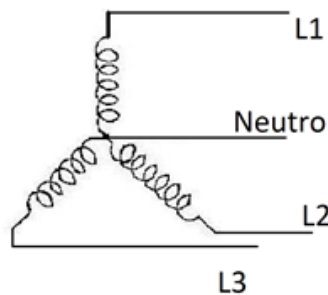
Debido a ese nuevo concepto vemos que el coseno de  $\varphi$  y el factor de potencia no es lo mismo pues el coseno de  $\varphi$  no tiene en cuenta estas corrientes armónicas.

## 1.7 Tensión de línea y tensión de fase en sistemas trifásicos.

### 1.7.1 Conexión en estrella

Decimos que un generador se encuentra conectado en estrella si los devanados de fase de dicho generador o consumidor se conectan de manera que los finales de los devanados se unan en un punto en común y los comienzos de éstos sean conectados a los conductores de la línea de distribución. [8]

**Imagen nº 2. Esquema de conexión en estrella para generador.**



Fuente:<http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3018/html/estrella1.JPG>  
[9]

Los puntos en los cuales están unidos los terminales de los devanados de fase del generador y del consumidor se denomina punto neutro del generador y del consumidor y éstos se unen mediante un conductor que recibe el mismo nombre. Y los otros tres extremos de los bobinados se denominan conductores de línea de manera que la corriente trifásica tetrafilar une al generador por cuatro cables con el consumidor.

En un sistema equilibrado con este tipo de conexión todas las fases están desfasadas 120° pero en un sistema desequilibrado la corriente que pasa por el neutro es la siguiente:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 \text{ [8]}$$

Las tensiones medidas entre los comienzos de las fases y del neutro se denominan tensiones de fase.

En la conexión en estrella la tensión de línea es  $\sqrt{3}$  veces mayor que la de fase.

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_f [8]$$

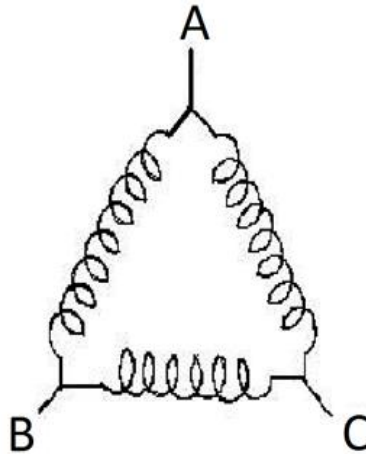
Y por otro lado la corriente de línea será igual a la corriente de fase.

$$I_L = I_f [8]$$

### 1.7.2 Conexión en triángulo

En un generador con una conexión en triángulo el comienzo de la fase A se conecta con el extremo final de la fase B y el comienzo de ésta se conecta a su vez con el final de la fase C y el inicio de la fase C con el comienzo de la fase A. En los puntos de unión de las fases se conectan los conductores de línea.[8]

**Imagen nº 3. Esquema de conexión en triángulo para generador.**



Fuente:<http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3018/html/estrella1.JPG>  
[9]

Si los devanados del generador están conectados en triángulo, cada devanado de fase crea tensión compuesta, es decir que en el caso de la conexión en triángulo la tensión de línea será igual a la tensión de fase.

$$U_L = U_f [8]$$



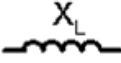
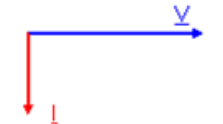
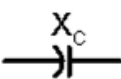

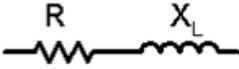
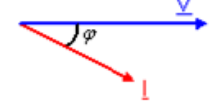
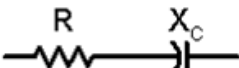
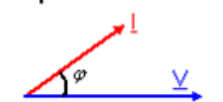
Por otro lado la corriente de línea y la corriente de fase vienen dadas por la siguiente ecuación.

$$I_L = 2I_f \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}I_f \text{ [8]}$$

**1.8 Circuitos equivalentes.**

A continuación se muestra un cuadro de como afectan los elementos al ángulo de fase que puede ser de gran ayuda a la hora de resolver algunos problemas de manera teórica.

**Tabla nº 2. Circuitos equivalentes.**

RECEPTOR	CIRCUITO EQUIVALENTE	OPOSICIÓN A LA CORRIENTE	IMPEDANCIA	ÁNGULO CARACTERÍSTICO (DESFASE I con V)
Resistencia		Por resistencia	$Z=R$	0° 
Bobina ideal		Por reactancia inductiva	$Z=X_L$	90° en retraso 
Condensador		Por reactancia capacitiva	$Z=X_C$	90° en adelanto 
Inductivo		Por resistencia y reactancia inductiva	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{X_L}{R}$	$\varphi^\circ$ en retraso 
Capacitivo		Por resistencia y reactancia capacitiva	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{X_C}{R}$	$\varphi^\circ$ en adelanto 

Fuente: <http://es.slideshare.net/ddscanio/circuitos-elementalesencafactordepotenciadistorsin> [10]





## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**



## **1. MATERIAL**

Durante este subcapítulo expondremos los diferentes tipos de dispositivos y elementos que hemos recopilado explicando cada uno por partes dividiendo este apartado en siete acápite.

### **ACÁPITE 1. Líneas de distribución.**

Existen diferentes métodos para lograr la distribución eléctrica. Empezaremos por hacer una breve descripción de dónde a donde surge la electricidad por dónde va y hasta donde va.

La electricidad surge a partir de los generadores o grupos electrógenos que se componen de un motor de combustión o una turbina, que mueve un alternador. De los alternadores, la corriente sigue pasando por los disyuntores que los conectan al embarrado.

Este embarrado está compuesto de un material conductor, como por ejemplo, de cobre. De aquí bien puede ir a otros embarrados de menor voltaje utilizando para ello unos dispositivos denominados transformadores y de estos embarrados a otros dispositivos como pueden ser los de navegación u otros que funcionen a 230V. [1]

Generalmente, la red de distribución secundaria está diseñada de manera radial, con la posibilidad de un doble panel de interruptores logrando de esta manera una reserva de carga.

El sistema eléctrico del buque adopta unas estructuras las cuales se pueden englobar en las siguientes:

#### **1.1 Red trifásica.**

La estructura de distribución de una red de distribución de medio voltaje normalmente consiste en un sistema de tres fases con tres conductores sin cable neutro. Dicho

sistema normalmente es suministrado con el neutro que proviene de la conexión en estrella que está aislado a tierra. Con ello se permite una reducción de valores de pérdidas y corrientes de cortocircuito. De esta manera, un primer fallo del aislamiento no representa un peligro y permite al sistema mantenerse en servicio sin la intervención de los sistemas de protección. [11]

Obviamente, la falla debe ser señalizada y subsanada puesto que si no, podría convertirse en una doble falla que es extremadamente peligrosa en sistemas informáticos.

### **1.2 Red monofásica.**

Cuando en instalaciones de abordaje la potencia y el consumo es relativamente bajo se opta por una red monofásica. Éste sistema de distribución consiste en una red monofásica con dos conductores aislados o tres conductores con el punto medio del transformador conectado a tierra. [11]

### **1.3 Tipos de redes de distribución**

La decisión de usar uno u otro tipo de red de distribución depende de la tipología de la planta y es llevado a cabo mediante disyuntores. [11]

Los tipos de distribuciones más usadas son:

1. Red de distribución radial.
2. Red compuesta de distribución radial.
3. Red de distribución con anillo.
4. Conexión de alto voltaje abordaje.

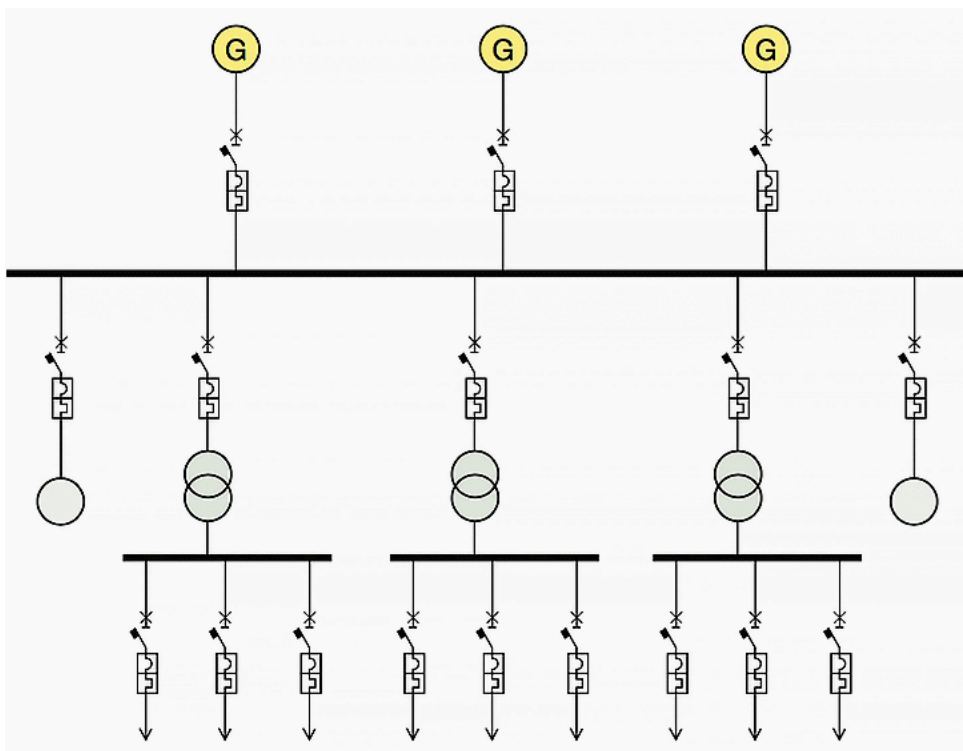
### 1.3.1 Red de distribución radial

La red de medio voltaje principal tiene una estructura diferente de acuerdo al tipo de barco y a la potencia instalada. Ésta estructura puede estar compuesta de una estructura principal de la cual surgen otras subestaciones operadas mediante paneles de control.

El diagrama de una red de distribución radial simple incluye un panel principal con un embarrado principal desde el cual se alimentan mediante transformadores otros embarrados de bajo voltaje.

Ésta estructura de red de distribución es sensible a fallas puesto que una falla en el panel principal podría hacer peligrar la fiabilidad de los servicios de abordo. [11]

**Imagen nº 4 . Red de distribución radial.**



Fuente: <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/radial-distribution-diagram.qif> [12]

### 1.3.2 Red de distribución radial compuesta.

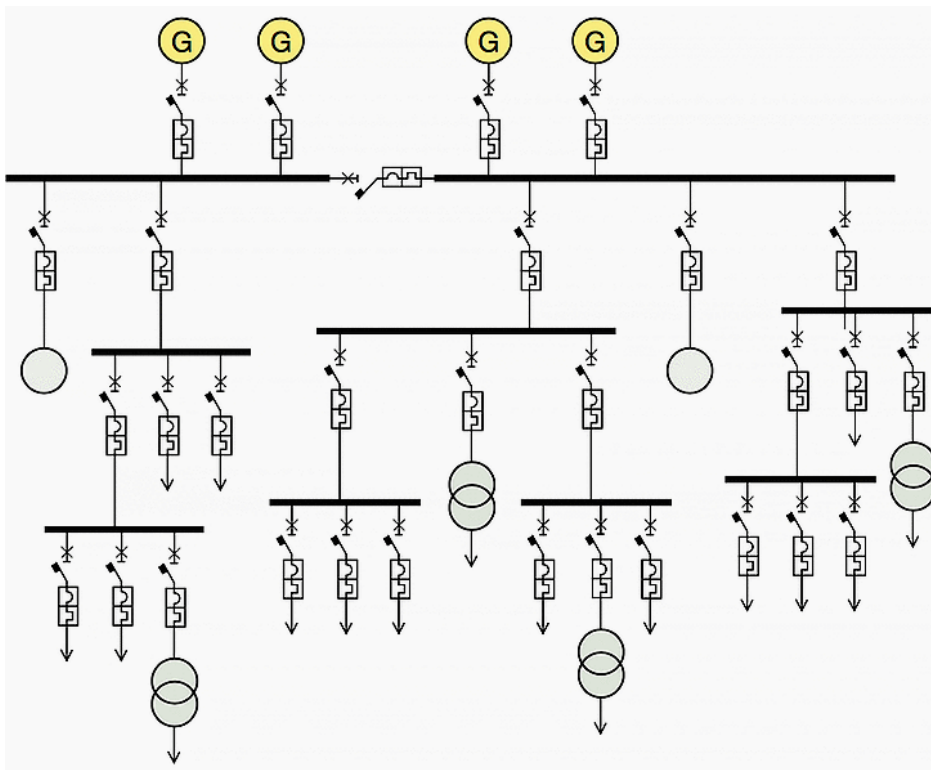
Éste tipo de red está más predispuesta que la anterior a soportar fallas en el embarrado principal.

Está compuesta de dos o más embarrados principales que se pueden convertir en uno uniéndolos mediante disyuntores. De éstas salen a subestaciones que pueden utilizar este mismo voltaje o, mediante un transformador, utilizar voltajes menores.

Sin embargo, para lograr la continuidad del servicio a través de los diferentes embarrados, es necesario dimensionar bien los diferentes disyuntores que estarán a diferentes niveles de manera que de saltar, sólo salte el disyuntor afectado por la avería asegurando de este modo el suministro de energía a las demás subestaciones.

[11]

Imagen nº 5. Red de distribución radial compuesta.



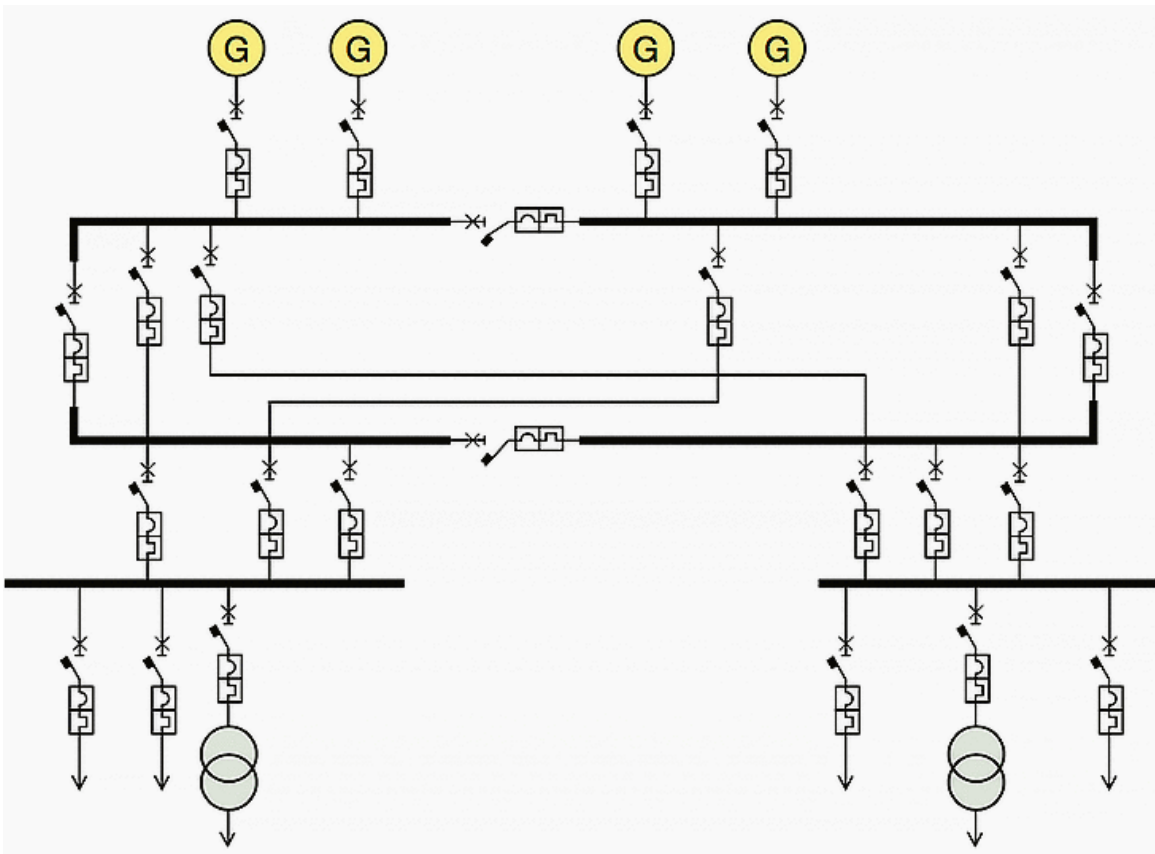
Fuente: <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/compound-radial-distribution.qif> [13]

### 1.3.3 Red de distribución en anillo.

Para asegurar la distribución de electricidad, se acude a una red de distribución en anillo. Esta red está usualmente estructurada con un embarrado en forma de anillo destinado a la alimentación de las subestaciones, que a la vez, tienen su línea de alimentación interrumpida. De manera que una falla en el embarrado principal o en las subestaciones no compromete la entrega de electricidad en las demás subestaciones.

En este caso, la red de distribución es extremadamente segura pues, solo la mitad de los generadores pueden ser conectados a la red y por consiguiente solo, la mitad de la potencia instalada puede ser utilizada. El anillo debe ser dimensionado de acuerdo a las necesidades de la planta, la cual no pueda parar nunca. [11]

Imagen nº 6. Red de distribución en anillo.

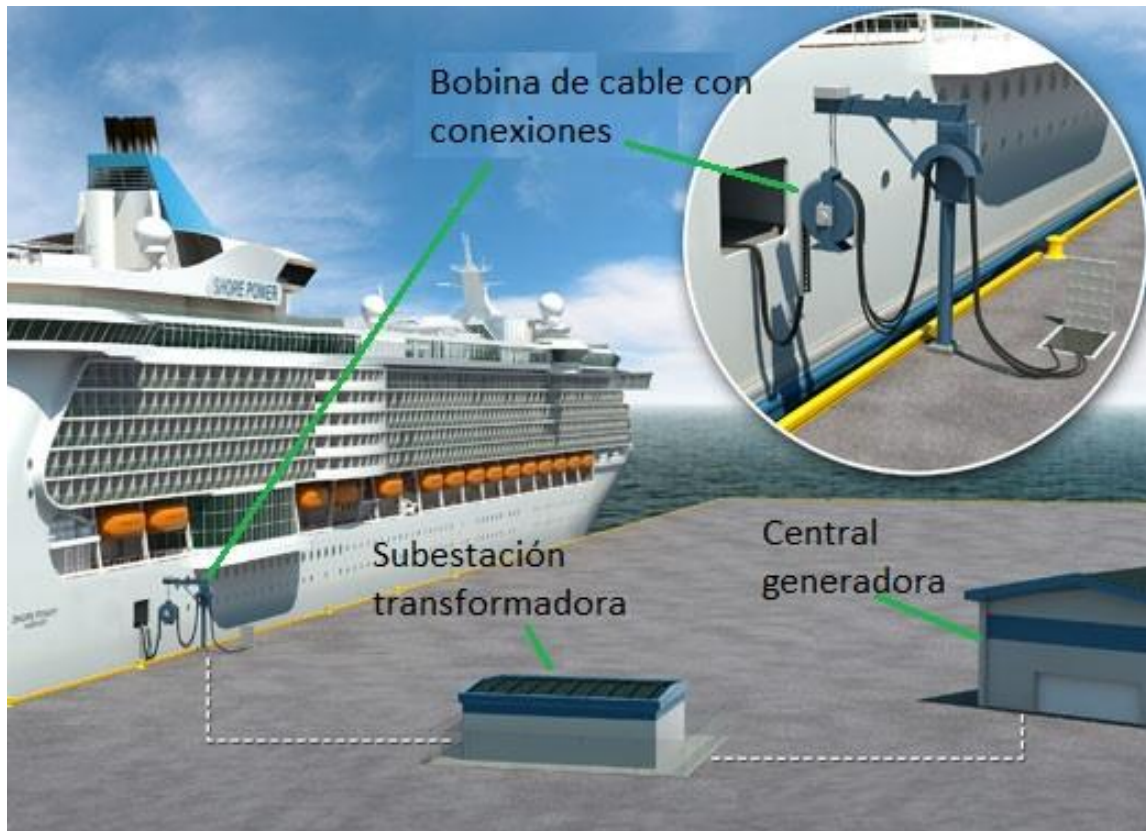


Fuente: <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/power-distribution-with-ring-circuit.gif> [14]

### 1.3.4 Conexión a tierra de alto voltaje o HVSC (High-Voltage Shore Connection).

Debido a las limitaciones ambientales, durante su estancia en los puertos, los barcos deben apagar los motores interrumpiendo de esta manera la generación eléctrica. Después se deberá conectar el barco a la red de distribución de tierra. [12]

Imagen nº 7. Conexión a tierra de alto voltaje o HVSC.



Fuente: <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/biq-ship-electric-power.jpg> [15]

Este procedimiento permite una reducción de las emisiones contaminantes de los buques que se encuentren atracados, lo que permite una mejora en la calidad del aire. Ésta operación no debe de causar problemas a la red de distribución del barco.



#### **1.4 Clasificación de los circuitos eléctricos:**

##### **1.4.1 Según su importancia.**

De acuerdo con la importancia de los circuitos podemos dividir la planta eléctrica del barco en tres partes principales:

##### **-Planta principal**

La planta principal está constituida por los servicios esenciales, tales como la propulsión o los circuitos que tengan prioridad a bordo. Cada uno de estos circuitos vendrá dado por la tipología de barco en el cual estará instalado. Por ejemplo, en un buque gasero, dentro de los servicios esenciales deberán estar los compresores de gas por ser una necesidad de seguridad. [11]

##### **-Circuitos auxiliares**

Los circuitos auxiliares son todos aquellos que no entran dentro de la planta principal, entre este tipo de circuitos podemos encontrar los de iluminación de la habitación o bombas que no sean esenciales. [11]

##### **-Instalaciones especiales.**

Estas instalaciones son las que han sido diseñadas para una determinada tecnología, tales como instalaciones telefónicas, aparatos eléctricos para usos determinados, telégrafos, medidores de par, sistemas de navegación, servicios de detección de incendios.[11]

##### **1.4.2 Según tipo de servicio.**

Otra manera de diferenciar las partes de un sistema eléctrico puede ser diferenciar entre servicios esenciales y servicios no esenciales.

##### **-Servicios esenciales.**

Los servicios esenciales son aquellos, los cuales tienen servicio incluso en condiciones de emergencia debido a que son funciones indispensables para la seguridad del barco. Los sistemas de propulsión, sistemas de control, sistemas de comunicación, alarmas, sistemas de navegación, y luces de emergencia son considerados sistemas esenciales.

El sistema eléctrico del barco ,de acuerdo con las leyes de las sociedades de clasificación, deben de poseer también un generador colocado en un sitio distinto de la central eléctrica, usualmente en una de las cubiertas superiores y siempre por encima de la línea de flotación. Éste generador debe consistir en un generador diésel de bajo voltaje del orden de algunos megavatios. [16]

Éste generador, también conocido como generador de emergencia, debe ser capaz de arrancar incluso cuando el circuito principal no puede generar suficiente energía para arrancar a este generador por lo que este deberá estar conectado a un sistema UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida).

Normalmente se utilizan una serie de baterías para garantizar este arranque. En condiciones normales, el circuito principal deberá de dar suficiente energía para, mediante un transformador y un sistema de control, suplir a las baterías de manera que se mantenga en su máxima capacidad. [16]

En caso de un fallo en el circuito principal, un controlador automático proporcionará las aperturas de determinados circuitos para mantener los servicios esenciales en servicio.

-Servicios no esenciales.

Éstos son aquellos que en situaciones de emergencia no son de vital importancia y que, por tanto, se puede seguir sin ellos. [16]

### **1.5 Redundancia de generadores en instalaciones eléctricas.**

La redundancia de generadores es un buen método para aumentar fiabilidad y optimizar el balance entre la efectividad de operación y los gastos. En relación a la fiabilidad la redundancia de los generadores significa que el sistema continuará funcionando de manera satisfactoria incluso en el caso de fallo de algún componente.

Ésta capacidad de resistencia a las fallas es obtenida al colocar de manera alternativa a los generadores. Generalmente, este tipo de puesta en funcionamiento alternativa puede ser alguna de las siguientes: [17]

- Redundancia en Stand-by
- Activa o redundancia en paralelo

- Redundancia N+1.

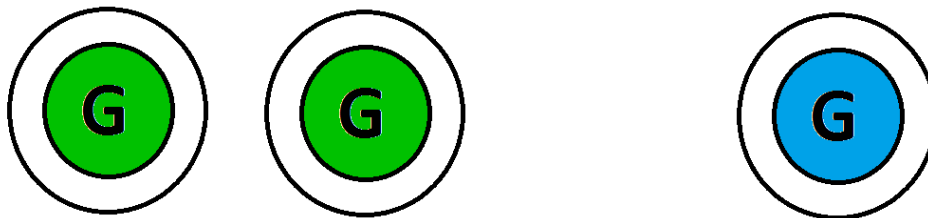
Procederemos a estudiar estos casos mediante imágenes en las cuales representaremos a los generadores por círculos siendo su interior de color verde o azul, si están en funcionamiento o en stand-by respectivamente, por su parte su interior no tendrá color si éstos generadores están apagados.

### 1.5.1 Redundancia en stand-by.

Este concepto significa que uno o unos generadores se mantendrán en funcionamiento mientras que el otro o los otros se mantendrán a la espera de manera que comenzarán a funcionar una vez se detecta un fallo en alguno de los otros generadores.

Un ejemplo de este tipo de redundancia puede ser el que podemos encontrar en un edificio el cual tiene un generador que arrancararía en caso de emergencia para asegurar un suministro continuo de corriente. Cabe decir que el generador no arrancará hasta que no se detecte un fallo en el circuito. [17]

**Imagen nº 8. Ejemplo de redundancia en Stand-by.**



Elaboración propia.

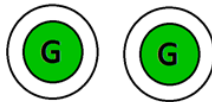
Fuente: Trabajo de campo

Este sistema no puede ser utilizado en sistemas donde se alimente directamente a ordenadores puesto que en caso de fallo, el tiempo que tarda en arrancar y acoplar el generador se pueden perder los datos que no se hallan guardado.

### 1.5.2 Activa o redundancia paralela.

Con una redundancia paralela, todos los generadores estarán funcionando de manera simultánea. La manera más obvia que podemos usar como ejemplo es la de usar dos generadores, los cuales individualmente son capaces de suplir toda la carga. [17]

**Imagen nº 9. Ejemplo de redundancia paralela o 1+1.**



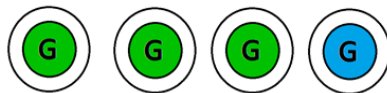
Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo

### 1.5.3 Redundancia n+1.

Otra aproximación es la de dividir la carga en un número determinado de generadores, cada uno llegando una fracción de la carga, y proporcionando solamente un generador extra. Este sistema es denominado N+1 siendo "N" número de generadores usados de manera continua más 1 de modo stand by. [17]

**Imagen nº 10. Ejemplo de redundancia N+1.**



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo

### 1.6 Cables de los circuitos.

Los cables son los elementos que proporcionan una trayectoria por la que fluye la corriente constituyendo parte fundamental de un circuito eléctrico al unir los diferentes elementos que los componen. [18]

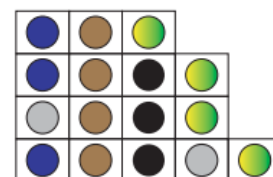
**1.6.1 Para circuitos de corriente alterna.**

Los códigos se encuentran en la norma **UNE 21089:2002 / HD 308 S2 2001** [19], que lo expresa según la cantidad de conductores que halla en una determinada instalación:

-Con un conductor de protección.

**Tabla nº 3. Colores para cables con conductor de seguridad.**

Número de conductores	Color del aislamiento de los conductores				
3	Azul	Marrón	Amarillo/Verde	--	--
4	Azul	Marrón	Negro	Amarillo/Verde	--
4	Gris	Marrón	Negro	Amarillo/Verde	--
5	Azul	Marrón	Negro	Gris	Amarillo/Verde

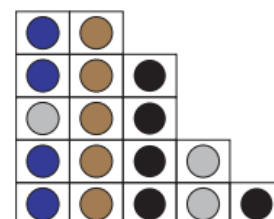


Fuente: [http://www.electronavia.com/archivos/codigo\\_colores.pdf](http://www.electronavia.com/archivos/codigo_colores.pdf) [20]

-Sin el conductor de seguridad tenemos.

**Tabla nº 4. Colores para cables sin conductor de seguridad.**

Número de conductores	Color del aislamiento de los conductores				
2	Azul	Marrón	--	--	--
3	Azul	Marrón	Negro	--	--
3	Gris	Marrón	Negro	--	--
4	Azul	Marrón	Negro	Gris	--
5	Azul	Marrón	Negro	Gris	Negro



Fuente: [http://www.electronavia.com/archivos/codigo\\_colores.pdf](http://www.electronavia.com/archivos/codigo_colores.pdf) [20]

**1.6.2 Para circuitos de corriente continua.**

Para circuitos de corriente continua el código de colores es mucho más simple siendo un cable rojo para el conductor positivo y un cable negro para el conductor negativo.

## **1.7 Características de los cables.**

### **1.7.1 Partes de los cables.**

Las partes del cable son las siguientes:

-El alma conductora.

Es la parte que está hecha de un material conductor comúnmente aluminio o cobre.

[18]

-El aislante.

Es el encargado de aislar el conductor del exterior para evitar cortocircuitos y eventualmente la electrocución. Normalmente fabricado en plástico aislante. [18]

-Cubierta protectora.

Esta parte es tal vez la menos conocida puesto que no todos los cables lo traen. Ésta cubierta como bien indica su nombre tiene la función de proteger al cable de los ataques físicos y químicos. [18]

Ya hemos hablado de las partes del cable pero, además, existen dos tipos de características que son el calibre y la ampacidad.

### **1.7.2 Calibre.**

El calibre define el tamaño de la sección transversal del conductor que puede venir expresada en  $\text{mm}^2$  o mediante la normalización americana AWG (American Wire Gauge). Con un tamaño de orden ascendente 18, 16, 14, 10, 8, 6, 4, 2, 1, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0. Para tamaños de cables más grandes se usa una designación especial en función de su área en pulgadas. [18]

La tabla que se muestra a continuación muestra la relación entre el calibre AWG, el área en  $\text{mm}^2$  y en pulgadas circulares.

**Tabla nº 5. Equivalencias para cables AWG según su área.**

Calibre (AWG o kcmil)	Área	
	mm <sup>2</sup>	Circular mils
18	0.823	1620
16	1.31	2580
14	2.08	4110
12	3.31	6530
10	5.261	10380
8	8.367	16510
6	13.3	26240
4	21.15	41740
3	26.67	52620
2	33.62	66360
1	42.41	83690
1/0	53.49	105600
2/0	67.43	133100
3/0	85.01	167800
4/0	107.2	211600
250	127	—
300	152	—
350	177	—
400	203	—
500	253	—
600	304	—

Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/-jmfLW\\_u2fY/UtXab5MwnII/AAAAAAAAAnQ/I9GYTqQBYS0/s1600/ta+bla+de+calibre+de+conductores.png](http://1.bp.blogspot.com/-jmfLW_u2fY/UtXab5MwnII/AAAAAAAAAnQ/I9GYTqQBYS0/s1600/ta+bla+de+calibre+de+conductores.png) [21]

### 1.7.3 Ampacidad.

La última característica de la que sería conveniente hablar es de la ampacidad.

La ampacidad se define como la máxima intensidad que puede soportar un conductor sin sufrir daños. Estos datos vienen expuestos en tablas.

A continuación una tabla donde se muestra la ampacidad de los conductores al variar su sección y su temperatura. [18]

**Tabla nº 6. Ampacidad para conductores de cobre según temperatura.**

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres ...				
Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor...		
		60 °C TW, UF	75 °C THW, THW-LS,	90 °C THHN, THHW-LS,
mm <sup>2</sup>	AWG	C O B R E		
13.3	6	55	65	75
21.2	4	70	85	95
26.7	3	85	100	115
33.6	2	95	115	130
42.4	1	110	130	145

Fuente: <http://programacasasegura.org/imagenes/mx/wp-content/uploads/2013/12/Nom1-500x213.png>[22]

## 1.8. Canalizaciones eléctricas

Los cables normalmente van por el interior de unas canalizaciones eléctricas. Las canalizaciones eléctricas son elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. [23]

La función de las canalizaciones es la de proteger al conductor de daños físico-químicos y además aislarlos de la humedad.

### 1.8.1 Tipos de canalizaciones.

Las canalizaciones más usadas son:

- Tubos de PVC (Policloruro de vinilo).

Los tubos de este material es resistente y rígido, además este material es autoextingible. Para realizar giros con este material se le puede dar calor o acoplarle unos codos prefabricados. [23]



**Imagen nº 11 . Tubo de PVC.**



Fuente: <https://www.rodelaqpanama.com/wp-content/uploads/R01011000060717.jpg> [24]

- Tubos EMT (Electrical Metallic Tubing)

**Imagen nº 12 . Tubos EMT.**



Fuente: [http://mlv-s1-p.mlstatic.com/15519-MLV20104743833\\_052014-O.jpg](http://mlv-s1-p.mlstatic.com/15519-MLV20104743833_052014-O.jpg) [25]

Como su nombre indica, son tubos metálicos a los que se puede dar forma, además este tubo está normalmente construido de acero con un tratamiento galvánico. [23]

- Tubos IMC

**Imagen nº 13. Tubo IMC.**



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/--wb5zOtWNLk/UtvZisNwOil/AAAAAAAAApY/DCUd8Nmb6oU/s1600/Tubo+imc.jpg.png> [26]

Este tipo de tubos está construido también con acero con un tratamiento anticorrosión. Éstos tienen la ventaja de que tienen una pared de mayor grosor por lo que pueden soportar mejor los esfuerzos mecánicos. [23]

- Tubos flexibles metálicos

**Imagen nº 14. Tubo flexible metálico.**



Fuente: [http://www.interflex.es/imatges/productes/INTERFLEX\\_Tubs\\_Met%C3%A1lics%20Flexibles\\_Interflex%20copia.jpg](http://www.interflex.es/imatges/productes/INTERFLEX_Tubs_Met%C3%A1lics%20Flexibles_Interflex%20copia.jpg) [27]

Estos tienen la posibilidad de doblarse y además poseen una resistencia mecánica debida a su engargolado. [23]

- Tubos flexibles de plásticos.

**Imagen nº 15. Tubo corrugado plástico.**



Fuente: [http://www.odibakar.com/upload/fotos/web/foto\\_87.jpg](http://www.odibakar.com/upload/fotos/web/foto_87.jpg) [28]

Este tipo de tubo es similar al anterior pero están constituidos de plástico.

- Tubo Liquidtight.

**Imagen nº 16. Tubo Liquidtight.**



Fuente: [http://electroindustrialjm.com/archivos/fotos/3061d6\\_liquid-tight-condui-flexible.jpg](http://electroindustrialjm.com/archivos/fotos/3061d6_liquid-tight-condui-flexible.jpg) [29]

Este tipo de tubo es básicamente un tubo flexible metálico al cual se le añade un recubrimiento de un material aislante termoplástico. [23]

- Canaletas metálicas

**Imagen nº 17. Canaleta metálica.**



Fuente: [http://cdn2.anunico-st.com/foto/2013/03/canaleta\\_metalica\\_para\\_cable\\_electrico\\_canaleta\\_metalica\\_para\\_cable\\_voz\\_y\\_datos-513f66d75190eb8e54b9271a2.jpg](http://cdn2.anunico-st.com/foto/2013/03/canaleta_metalica_para_cable_electrico_canaleta_metalica_para_cable_voz_y_datos-513f66d75190eb8e54b9271a2.jpg) [30]

Las canaletas son sistemas para la sujeción de cables, este sistema tiene la ventaja de ofrecer una mayor superficie que los tubos para poder portar mayor cantidad de cables.

Las canaletas pueden ser ranuradas, ofreciendo de esta manera, la posibilidad de embridar los cables para evitar su movimiento y los proveedores venden estas canaletas por tamaños.

- Canaletas plásticas.

**Imagen nº 18. Canaleta plástica.**



Fuente: <http://www.unelsac.com/images/products/canaletas-ranuradas.jpg> [31]

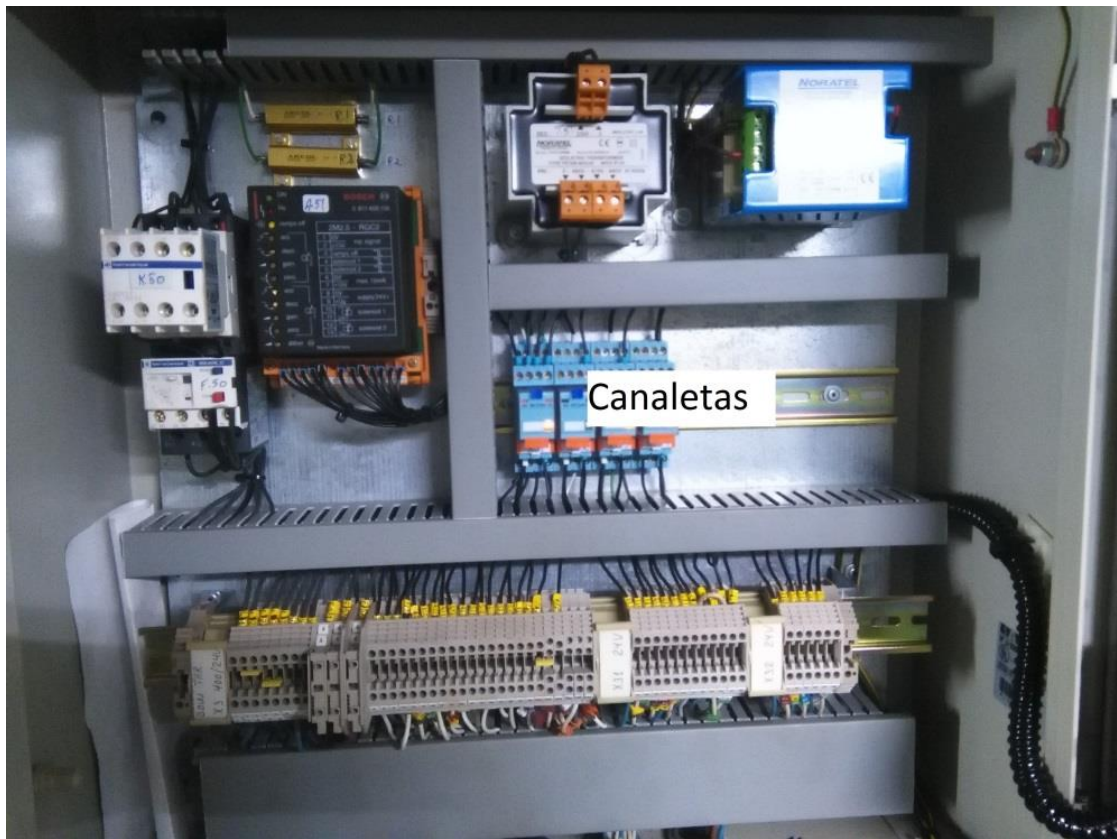
Este tipo de canaletas son más costosas que las metálicas puesto que además de portar los cables los aíslan del casco.

Este tipo de canaletas también pueden ser ranuradas de manera que pueden ser embridadas.

- Canaletas para cuadros.

Para organizar los cables en el interior de los cuadros o armarios se utilizan unas canaletas especiales. Estas poseen una serie de lengüetas que hacen de muelle y que sujetan la tapa por su parte interior

**Imagen nº 19. Canaletas plásticas para cuadros eléctricos.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### 1.9 El embarrado.

Imagen nº 20. Embarrado en viviendas.



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

El embarrado es una serie de barras metálicas, normalmente de cobre que son capaces de transportar miles de amperios. Además, deberán de poder soportar grandes cortocircuitos. El embarrado va sujetado por soportes ,realizados por materiales aislantes, sobre los que se apoyan las pletinas que forman los embarrados.



### 1.10 Armarios, cajas de bornas y armarios de distribución.

Los armarios son las estructuras que portan los diferentes dispositivos que constituyen un circuito. [32]

**Imagen nº 21 Armarios murales en sala de control de máquinas.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

#### 1.10.1 Tipos de armarios:

Podemos encontrar diferentes tipos de armarios según su tamaño y lugar al que se vayan a destinar, entre los más comunes encontramos:

- Armarios murales.

Como bien dice su nombre, este tipo de armario está diseñado para su colocación en los muros. Podemos encontrar diferentes tipos de puertas ya sean dobles o únicas. [33]

- Armarios auto portantes.

Este tipo de armario no necesita fijarse a ningún lugar, están diseñados para llevarlos al lugar de trabajo y montarlos in-situ. [33]

- Armarios de pupitre.

Este tipo de armario suele encontrarse en el puente y en la sala de control de la sala de máquinas, tienen la ventaja de poder utilizar la parte superior para colocar instrumental mientras que su parte inferior sirve de alojamiento de las conexiones y dispositivos auxiliares de estos instrumentos. [33]

**Imagen nº 22. Armario de pupitre en sala de máquinas.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*



- Armarios de poliéster.

**Imagen nº 23. Armario de poliéster.**



Fuente: [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/17130-4332539.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/17130-4332539.jpg) [34]

Fabricados en material plástico proporcionan una IP elevada del orden de 66.

- Cajas de bornas

**Imagen nº 24. Caja de bornas.**



Fuente: [http://ecx.images-amazon.com/images/I/31aHJXebRdL\\_SY450.jpg](http://ecx.images-amazon.com/images/I/31aHJXebRdL_SY450.jpg) [35]

Las cajas de bornas son dispositivos de sujeción de pequeño tamaño destinados a alojar pequeñas cantidades de dispositivos.

- Cuadros de gestión térmica.

Este tipo de cuadros son diseñados para poder refrigerar aparatos que emitan gran cantidad de calor, como son los variadores de frecuencia. Este tipo de cuadros normalmente también disponen de unos refrigeradores para evacuar el calor a través de unas rejillas de ventilación. [33]

**Imagen nº 25. Cuadro de gestión térmica.**

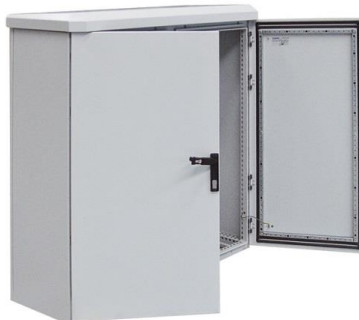


Fuente: <http://www.eldon.com/Templates/Commerce/Pages/ServeAsset.aspx?asset=2788544> [36]

- Armarios de aluminio.

Este tipo de armarios está diseñado de manera que se proteja contra la corrosión y el vandalismo. Además, la combinación de una doble pared resulta una solución óptima para evitar el calor. [33]

**Imagen nº 26. Armario de aluminio.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-q/17130-4343619.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-q/17130-4343619.jpg) [37]

### 1.10.1 Partes constituyentes.

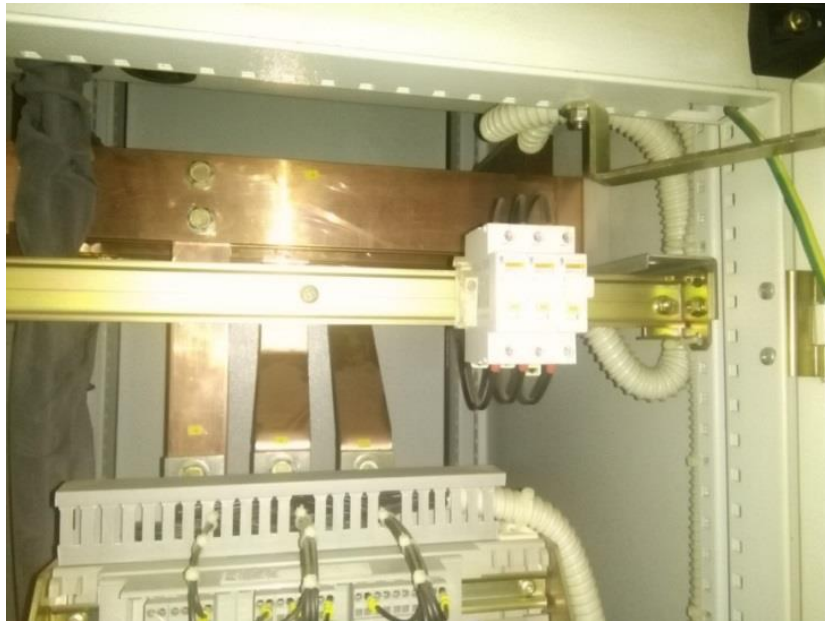
Todos estos sistemas tienen en común las siguientes partes:

- Estructura: Es el elemento que sirve de soporte para todas las demás partes.
- Placa de montaje: Es una placa que se monta en el fondo del armario para posteriormente colocar los demás dispositivos de sujeción
- Perfiles: Éstos se montan sobre la estructura y sirven de sujeción para otros sistemas de sujeción.
- Puerta: cierra el armario por su parte frontal
- Carriles: Son bases sobre las que se acoplan los diferentes dispositivos que conforman el circuito eléctrico.

### 1.11 Carriles DIN.

Sobre la placa de montaje o sobre accesorios se montan los carriles sobre, los cuales, a su vez se montan los diferentes dispositivos. [38]

**Imagen nº 27. Carril DIN en armario eléctrico.**



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

Estos carriles están normalizados y se denominan Carriles DIN.

Los carriles están ranurados en su parte central de manera que se pueden acoplar a los perfiles mediante tornillos y tuercas que se encuentran protegidos mediante un tratamiento químico al igual que los carriles. [38]

Éstos deben de ser cortados de manera que, por sus extremos no exista ninguna ranura cortada.

## **Acápite 2: DISPOSITIVOS DE MEDIDA.**

Son instrumentos que tienen por objeto medir la cantidad de las distintas magnitudes que podemos encontrar. Para medir cada una de éstas magnitudes eléctricas, se han diseñado aparatos específicos.

### **2.1 Características generales.**

Todos los instrumentos de medida se componen de tres partes esenciales que son:

- Una aguja o fiel indicador.

La aguja o el indicador se mostrará sobre el limbo y nos indicará la cantidad de la magnitud a medir. [39]

- Una escala graduada o limbo.

La escala o limbo es la parte en la que está dividida en unidades de la magnitud a medir. [39].

- Una base o caja.

Sirve de base sobre la cual se sustentan los dos anteriores (en los aparatos con pantalla ésta correspondería a la base o caja). [39]

Así mismo existen dos conceptos sobre los instrumentos de medida que usualmente se confunden que son los conceptos de sensibilidad y precisión.

La sensibilidad de un instrumento de medida es la mínima diferencia de magnitud que puede percibir. Por otro lado la precisión de un instrumento es la diferencia entre el valor que mide el instrumento y el valor real de la magnitud a medir. [40]

## 2.2 Parámetros de los instrumentos.

Todos los instrumentos de medida poseen una serie de parámetros. Es importante tener dichos parámetros claros puesto que la diferencia entre éstos pueden hacer que un instrumento sea inservible para una aplicación determinada abordo.

- Rango de la escala.

El primero que nos encontramos es el rango de la escala que nos indica la diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo que un instrumento puede medir.[38]

- Constante del instrumento.

Nos expresa el valor que hay entre las divisiones consecutivas marcadas pero no numeradas. [40]

- Sensibilidad.

Es la mínima diferencia de magnitud que puede percibir. La sensibilidad es mayor cuanto menor sea la constante del instrumento. [40]

- La clase de exactitud.

Es un tipo de error que es reportado por el fabricante que se obtiene de la mayor separación entre el valor medido de una cantidad con el instrumento dado y el valor obtenido con un instrumento patrón. [40]

- Índice de protección.

El grado de protección IP califica mediante una manera alfanumérica a los equipamientos en función de la protección que ejerzan a la entrada de elementos extraños. [40]

Este código consta de la nomenclatura IP seguido de dos dígitos, el primero expresa el nivel de ese instrumento a la entrada de objetos solidos, mientras que el segundo dígito hace referencia al nivel de protección que ofrece a la entrada de agua.

Algunas normativas que deben cumplir los instrumentos de medida son:

La elaborada por **AENOR que es la Asociación Española de Normalización y Certificación. Así como la norma UNE 82009-1 (que es igual a la norma ISO 5725-1:1994), lleva por título "Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición". [40]**

### **2.3 Clasificación de los instrumentos de medida.**

- Instrumentos de medida destinados a cuadros.

Están en su gran mayoría destinados a industrias, su funcionamiento es casi siempre continuo. Son, en general, robustos y en casos especiales están dotados con protecciones antivibratorias o con recubrimientos antideflagrantes. [39]

- Instrumentos de medida para laboratorios.

Su principal característica es la gran precisión y sensibilidad en sus medidas. Requieren un trato delicado y una temperatura ambiente normal para su buen funcionamiento, se emplean para medidas de gran exactitud en pruebas o para la contrastación de aparatos de medida. [39]

- Instrumentos portátiles.

Están diseñados para ser utilizados circunstancialmente y de modo intermitente. Su estructura es robusta y protegida. Según su destino se les dotan de protecciones contra vibraciones, humedad, temperatura, etc. [39]

### **2.4 Principios básicos de funcionamiento de los instrumentos de medida.**

#### **2.4.1 Instrumentos de hierro o núcleo móvil.**

En este tipo de instrumentos una bobina que es recorrida por una corriente continua o alterna atrae una barra de hierro la cual está a su vez unida a un muelle antagonista. La proporcionalidad entre la fuerza de atracción e intensidad de corriente que circula permite graduar el limbo.[41]

#### **2.4.2 Instrumentos de bobina móvil.**

El principio de funcionamiento de este tipo de instrumentos es el siguiente: La corriente a medir circula a través de una bobina móvil devanada, situada bajo la influencia de un imán permanente, ésta se moverá a la vez que vencerá la fuerza de los muelles antagonistas con los cuales está unido.[41]

Cabe decir que este tipo de instrumentos no pueden utilizarse con corriente alterna

pues la naturaleza de ésta haría que la aguja se desplazara en ambos sentidos.

## **2.5 Tipos de instrumentos de medida.**

Una vez vistos estos tipos básicos de funcionamiento abordaremos los distintos tipos de instrumentos de medida:

### **2.5.1 Amperímetro y sus clases.**

El amperímetro es un instrumento de medida que está diseñado para medir intensidades. Por tanto se colocará en serie con el circuito a medir.

- Amperímetros electromagnéticos de núcleo móvil.

Éstos amperímetros funcionan sobre el principio anteriormente mencionado. Los amperímetros de núcleo móvil sirven para medir corrientes continuas y alternas, sin embargo no poseen una gran precisión. [41]

- Amperímetros con Shunt (de puente).

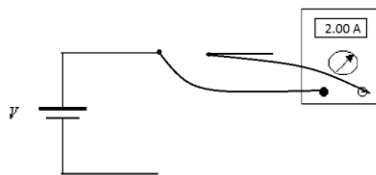
En las mediciones de corriente continua se utiliza un puente para que la casi totalidad de la corriente circule por éste, y de éste modo solo una pequeña cantidad de corriente circulará por el bobinado del amperímetro.

Para corrientes alternas , en este tipo de amperímetros, se logra una reducción de intensidad se logra por medio de un transformador de intensidad. [41]

- Amperímetro de bobina móvil.

Este tipo de amperímetros se utiliza únicamente para medir corrientes continuas aunque por medio de rectificadores pueden utilizarse para la medición de corrientes alternas. [41]



**Imagen nº 28. Esquema de conexión del Amperímetro.**

*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

**2.5.2 Voltímetro y sus clases.**

Este instrumento se utiliza para la medición de diferencia de potenciales entre dos puntos cualesquiera del circuito.

- Voltímetro electromagnético o núcleo móvil.

Tiene las mismas características que los amperímetros de éste tipo.

- Voltímetros de bobina móvil.

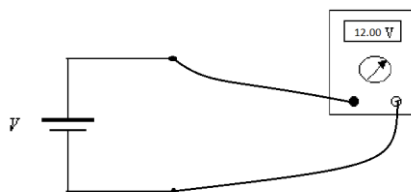
Tiene las mismas características que el amperímetro de éste tipo.

- Voltímetro con reductor.

Cuando se quiere medir tensiones mayores que las que puede medir un voltímetro se coloca en serie una resistencia de manera que se reduce la diferencia de potencial entre los puntos a medir. [41]

Cuando el factor de reducción de ésta resistencia no es suficiente, también se puede recurrir a los transformadores de tensión para lograr dicho objetivo.

Recordemos que, para obtener un valor, el voltímetro se debe de colocar en paralelo.

**Imagen nº 29. Esquema de conexión del Voltímetro.**

*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### 2.5.3 Ohmímetro.

Este es un instrumento que se utiliza para medir resistencias en un circuito o también para comprobar la continuidad de un circuito.

Este instrumento se basa en la ley de Ohm en la que :

$$V = I \times R \implies R = V/I \quad [2]$$

Existen dos tipos principales de Ohmímetros:

- Ohmímetro tipo serie.

Este ohmímetro posee a su vez un amperímetro de bobina móvil también llamado D'Arsoval que se conecta en serie con una batería y una resistencia [41]

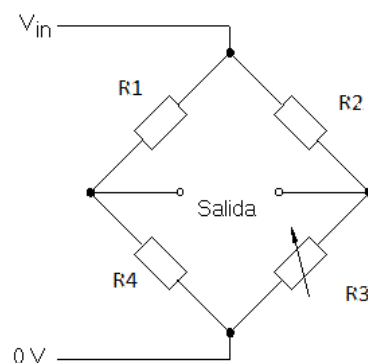
- Ohmímetro tipo paralelo

Este tipo de ohmímetro consiste en una batería en serie con una resistencia ajustable y un galvanómetro de tipo D'Arsoval y la resistencia desconocida se conecta en paralelo con el medidor. [41]

Sin embargo, para medidas de precisión se utilizan puentes de wheatstone.

Los puentes de wheatstone son utilizados para medir resistencias desconocidas comparando otras resistencias. [41]

**Imagen nº 30. Esquema de puente Wheatstone.**



*Elaboración propia*

Fuente: [http://hispanila.com/total/3ds/tutores/divstension\\_files/vdiv3.gif](http://hispanila.com/total/3ds/tutores/divstension_files/vdiv3.gif) [42]

El funcionamiento de un puente de wheatstone es el siguiente:

Dicho puente se compone de 4 resistencias 3 de ellas son conocidas y una de éstas tres es ajustable. La otra resistencia es la resistencia que queremos medir

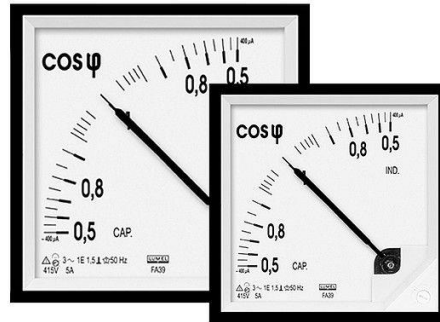
En este esquema las resistencias R1 R2 R3 son conocidas y la R4 es la que queremos saber.

Mediante la fórmula:

$$R4 = (R1 \cdot R3) / R2 \quad [43]$$

#### 2.5.4 Fasímetro

**Imagen nº 31. Fasímetro empotrable.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/15751-2417303.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/15751-2417303.jpg) [44]

El fasímetro, cosímetro, cosenofímetro, cofímetro es un aparato para medir el factor de potencia ( $\cos\phi$ ). [45]

También se utiliza para saber la dirección de rotación que tendrá un motor. En cuyo caso tomará el nombre de girómetro.

**Imagen nº 32. Girómetro con pinzas.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### **2.5.5 Frecuencímetro.**

El frecuencímetro es un dispositivo de medida que nos muestra la frecuencia que posee un determinado circuito.

Los podemos encontrar analógicos y digitales.

Los primeros normalmente se presentan dentro de las siguientes formas constructivas.

- Frecuencímetro de aguja.

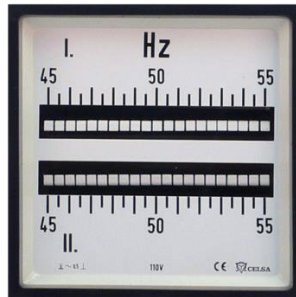
**Imagen nº 33 Frecuencímetro de aguja.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/imagenes\\_di/photo-mq/70086-4552863.jpg](http://img.directindustry.es/imagenes_di/photo-mq/70086-4552863.jpg) [46]

- Frecuencímetro de lengüetas.

**Imagen nº 34. Frecuencímetro de lengüetas.**



Fuente: [http://www.celsaspain.com/typo3temp/\\_processed\\_/csm\\_FD96n\\_45-55Hz\\_e49f23d258.png](http://www.celsaspain.com/typo3temp/_processed_/csm_FD96n_45-55Hz_e49f23d258.png) [47]

La forma digital podemos encontrarla o como un indicador o como un aparato de laboratorio.

**Imagen nº 35. Frecuencímetro digital.**



Fuente: [http://mla-s1-p.mlstatic.com/frecuencimetro-riel-din-tablero-automatizacion-industrial-6837-MLA5115620813\\_092013-F.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/frecuencimetro-riel-din-tablero-automatizacion-industrial-6837-MLA5115620813_092013-F.jpg) [48]

El aparato de laboratorio es el osciloscopio.

**Imagen nº 36. Osciloscopio.**

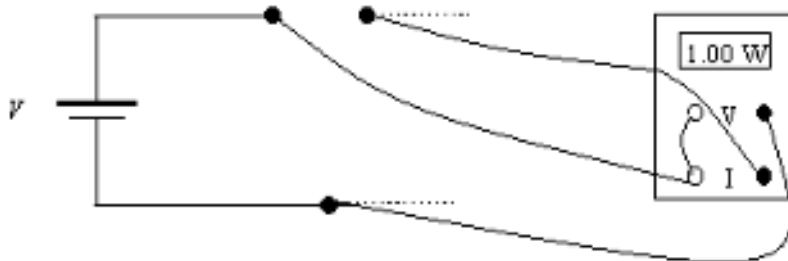
Fuente: <http://osciloscopio.org/wp-content/uploads/2014/09/osciloscopio-barato.jpg> [49]

**2.5.6 Vatímetro.**

El vatímetro es un instrumento de medición que permite medir potencias eléctricas en un circuito en el, el vatímetro multiplica las magnitudes de voltaje e intensidad para lograr su medida, debido a que tiene que medir intensidad y voltaje diremos que el vatímetro afecta al circuito de dos maneras:

Por un lado mide voltaje que como ya hemos dicho se mide en paralelo y a su vez también mide intensidad que se mide en serie. Recordando la ley de Ohm.

La manera correcta de medir potencias es la siguiente.

**Imagen nº 37. Esquema de conexión del Vatímetro.**

*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### **ACÁPITE 3: MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**

Las máquinas eléctricas son aquellas que utilizan el electromagnetismo para realizar su función. Por tanto las máquinas eléctricas poseen unos circuitos que entrelazan los circuitos eléctricos y los circuitos magnéticos. [50]

Las máquinas eléctricas son:

- Motores
- Generadores
- Transformadores

Los generadores y los motores producen o consumen energía mecánica en forma de movimiento rotativo, por el contrario el transformador es una máquina eléctrica que solamente consume energía eléctrica para modificar su salida con un voltaje diferente.

#### **3.1 Clasificación de las máquinas eléctricas.**

Podemos clasificar las máquinas eléctricas atendiendo a tres criterios básicos.

##### **3.1.1 Si tiene partes móviles.**

Dicho esto podemos decir que las máquinas estáticas son los alternadores, y las máquinas rotativas son los motores y generadores. [51]

##### **3.1.2 Según el flujo del inductor sea constante o no.**

Atendiendo a estos criterios vemos que en el caso de las máquinas estáticas no se cumple que no exista frecuencia es decir  $f = 0$  y por tanto no existe ninguna máquina estática que cumpla esta condición. [51]

Si, por otro lado, el flujo es variable nos encontramos ante el transformador o ante máquinas rotativas.

**3.1.3 Según la conexión del dispositivo al circuito exterior.**

Si la máquina posee un inducido que se conecta al exterior por medio de conexiones fijas, la frecuencia en el circuito exterior es igual a la del inducido. De esta manera encontramos al transformador y al regulador de inducción monofásico. En el caso de máquinas móviles que  $f_1 = 0$  se cumplirá  $f_L = f_2$  Que da origen a las máquinas síncronas que están constituidas por el generador síncrono y el motor síncrono. [51]

En el caso de las máquinas móviles que  $f_1 \neq 0$  da lugar a las máquinas asíncronas o de inducción, constituidas por el generador asíncrono, el motor asíncrono y los convertidores asíncronos. [51]

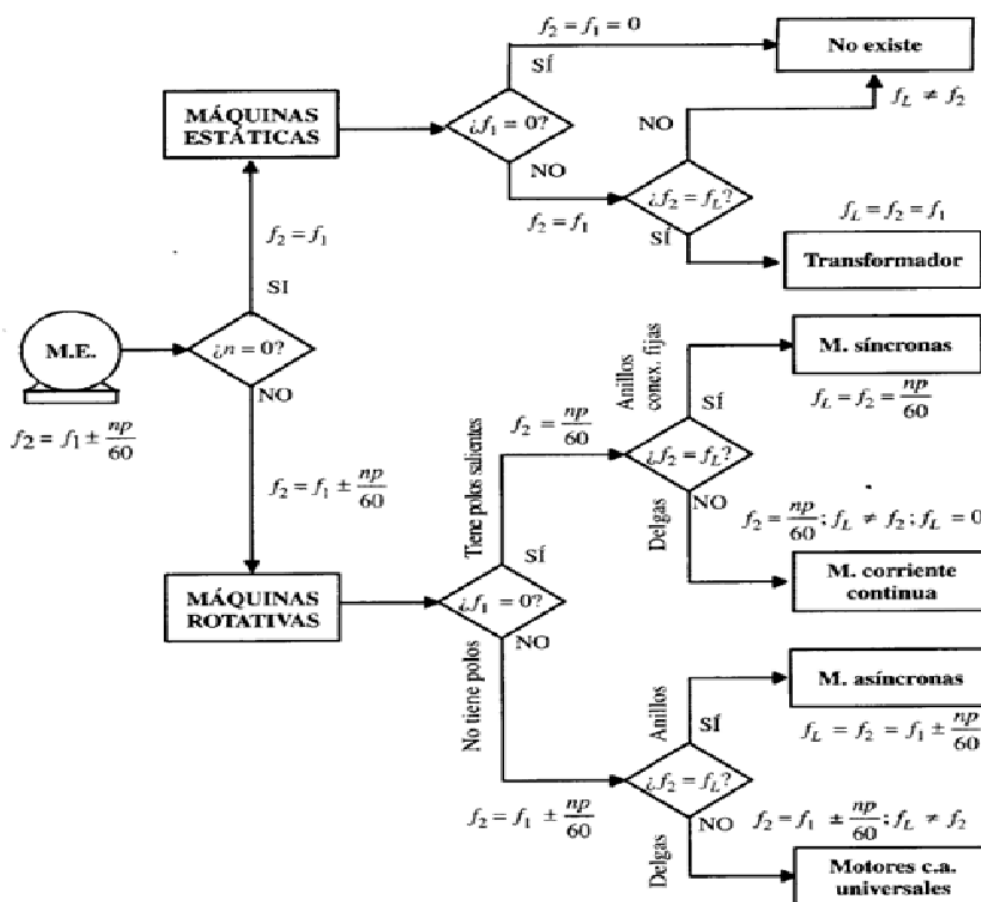
En el caso de que la máquina posea un inducido cuya conexión al exterior se haga por medio de los colectores de delgas, la frecuencia en el inducido es diferente que la frecuencia en el circuito por lo que:

$$f_L \neq f_2 \text{ [51]}$$

Que da lugar a las máquinas de cc como el generador de c.c., el motor de c.c., y otras máquinas especiales.



Imagen nº 38. Clasificación de máquinas eléctricas.



Fuente: Máquinas eléctricas. [52]

### 3.2 Generadores y motores

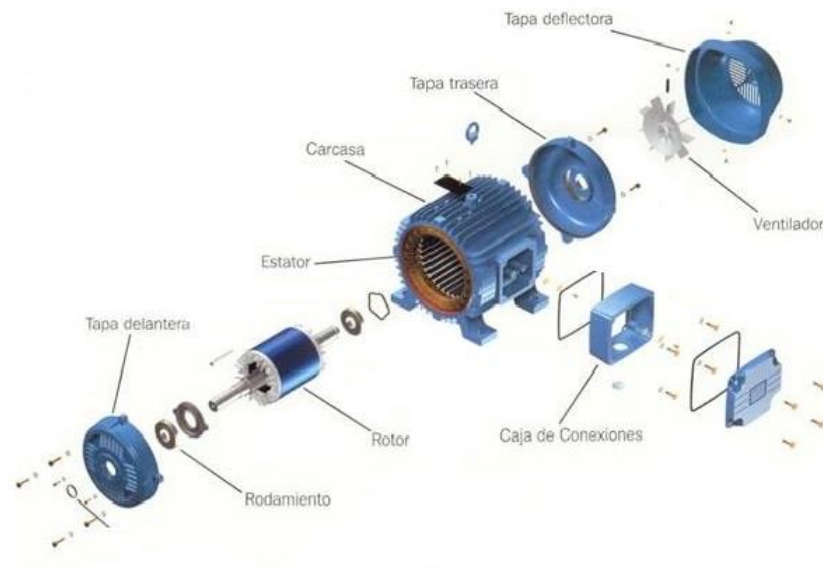
Tanto el motor eléctrico como el generador poseen unos elementos constructivos que son comunes a ambas máquinas

Hay una parte fija que es el estator y que tiene forma cilíndrica hueca. En la cavidad del estator se coloca el rotor que es el elemento giratorio y, por tanto, posee una serie de rodamientos en los que se apoya su eje. Existe un espacio de aire entre el rotor y el estator para que pueda girar la máquina. Este espacio se llama entrehierro. [53]

Normalmente tanto en el estator como en el rotor existen una serie de devanados, hechos con conductores de cobre. Uno de estos devanados tiene la misión de producir

el flujo magnético y por tanto se le denomina inductor. El otro devanado recibe el nombre de inducido puesto que sobre este devanado se inducen unas corrientes. Tanto el inducido como el inductor pueden estar situados en el estator o en el rotor. El estator está montado en el interior de la carcasa que a su vez se cierra por sus dos extremos por medio de las culatas o tapas. [53]

**Imagen nº 39. Desglose de un motor eléctrico.**



Fuente: [http://descom.jmc.utfsm.cl/sqeywitz/sub\\_paginas/Maquinas%20y%20equipos/Motores\\_archivos/image001.jpg](http://descom.jmc.utfsm.cl/sqeywitz/sub_paginas/Maquinas%20y%20equipos/Motores_archivos/image001.jpg) [54]

Tanto el estator como el rotor, poseen una serie de chapas que, mediante unas ranuras, sirven de alojamiento para los conductores de los devanados.

Estas ranuras pueden ser Abiertas, cerradas, o semi-abiertas

Desde el punto de vista de la configuración física de las máquinas eléctricas adoptan tres formas básicas.

- Tanto el estator como el rotor son cilíndricos.
- El estator es cilíndrico y el rotor con polos salientes
- El estator con polos salientes y el rotor cilíndrico

Tanto en el segundo como en el tercer caso existen unos salientes magnéticos denominados polos que están provistos de expansiones o cuernos polares que normalmente poseen el devanado inductor. [53]

Según el número de polos decimos que el motor es bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. Los devanados de una máquina eléctrica son los arrollamientos de material conductor, normalmente cobre, que encontramos en el inducido y en el inductor. Normalmente se encuentran esmaltados para favorecer la separación eléctrica entre los devanados. Para máquinas pequeñas los encontramos en forma de arrollamientos, mientras que para máquinas grandes los encontraremos en forma de placas metálicas. Existen diferentes formas de colocar los devanados, pero la que hoy en día nos podemos encontrar es en tambor, donde la totalidad de los conductores están colocados en la superficie exterior del cilindro ferromagnético que forma el inducido. [53]

Las máquinas eléctricas tienen pérdidas que se transforman en calor, y de esta manera elevan su temperatura, a su vez, la máquina se enfría mediante su radiación y convección. Si vamos elevando la temperatura de una máquina eléctrica llegará un momento en el cual esa temperatura ni suba ni baje puesto que el calor generado será igual al disipado por la máquina. Entonces se dice que hemos llegado a la temperatura de régimen de la máquina. Este dato es bastante importante puesto que nos puede ser de ayuda para saber si los aislantes están trabajando de manera correcta o por el contrario se están carbonizando.

### 3.2.1 Clasificación aislantes.

Para saber si nuestro aislante se está carbonizando se han clasificado estos aislantes en las siguientes clases:

**Tabla nº 7. Clasificación de aislantes.**

Clase A	No deberá sobrepasarse los 105°C
Clase E	No deberá sobrepasarse los 120°C
Clase B	No deberá sobrepasarse los 130°C
Clase F	No deberá sobrepasarse los 155°C
Clase H	No deberá sobrepasarse los 180°C

*Elaboración propia.*

*Fuente: Máquinas eléctricas. [55]*

### 3.3 Generador eléctrico

El ejemplo más básico de un alternador es el de un estator en el que están situados unos imanes y una espira en el rotor, de manera que para sacar la electricidad del rotor se colocan en el extremo de la espira unos anillos de material conductor sobre los que rozan unas escobillas de grafito las cuales se conectan a un circuito exterior mediante cables.

Para lograr saber la f.e.m. producida por el generador se utiliza la siguiente fórmula:

$$e = B \cdot S \cdot p \cdot w_n \cdot \text{sen } pw_m t \quad [56]$$

Siendo:

$e \rightarrow$  Fuerza electro motriz       $t \rightarrow$  Tiempo  
 $f \rightarrow$  Frecuencia       $P \rightarrow$  Pares de polos  
 $B \rightarrow$  Campo magnético       $S \rightarrow$  Superficie de la espira  
 $w \rightarrow$  Velocidad angular       $w_m \rightarrow$  Velocidad magnética (rad/s)  
 $n \rightarrow$  Número de revoluciones de la espira

Siendo  $w_m = 2\pi \frac{n}{60}$  que al compararla con  $w = 2\pi f$  nos queda:

$$e = E_m \cdot \text{sen } wt \quad [56]$$

Y de igual manera podemos deducir:

$$f = \frac{np}{60} \quad [56]$$

En generadores de c.c. la potencia asignada es la potencia eléctrica en los bornes y se expresa en vatios (W)

**En generadores de corriente alterna la potencia asignada es la potencia aparente en los bornes y debe expresarse en voltamperios (VA) junto con una indicación del factor**

**de potencia. El factor de potencia para los generadores síncronos debe ser de 0.8 sobre excitado, salvo especificación contraria. [57]**

Para evitar que en generadores de corriente continua la corriente de salida posea demasiadas oscilaciones se aumenta considerablemente el número de escobillas de manera que las oscilaciones sean las menores posibles.

Los generadores poseen una placa característica que muestra todos los datos de éste.

Lo primero que vemos es la placa de lejos.

**Imagen nº 40. Placa característica de un alternador.**

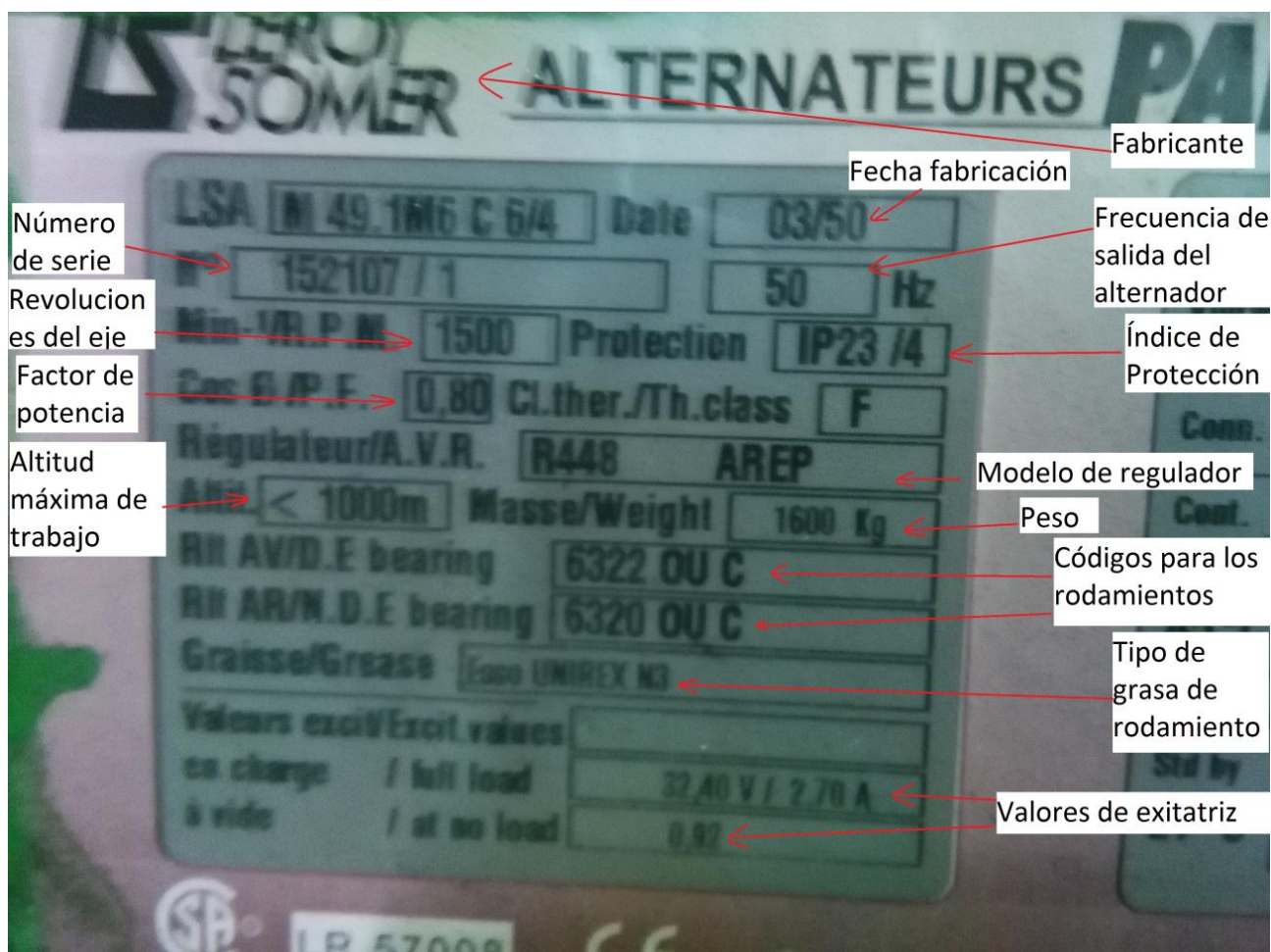


Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

Si nos fijamos más detenidamente vemos que:

Imagen nº 41. Desglose de características del alternador.



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

### 3.4 El motor eléctrico.

El motor eléctrico transforma la energía eléctrica en mecánica por medio de una fuente externa que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina. Al producirse un movimiento se crea una fuerza electromotriz, por lo que el motor necesita una energía de entrada para producir la energía mecánica correspondiente. [58]

Todos los motores eléctricos poseen una placa característica que muestra la información principal del motor.

**Imagen nº 42. Bomba contra incendios edificio de viviendas.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Podemos clasificar los motores eléctricos según determinados criterios.

El primero de ellos es atendiendo a la velocidad del campo magnético que los hace funcionar. Si la velocidad del campo magnético es superior a la velocidad del rotor, nos encontramos ante un motor de tipo asíncrono. [59]

Por el contrario si la velocidad del campo es igual a la del rotor, se dice que estamos ante un motor de tipo síncrono. [60]

A su vez los motores síncronos se pueden clasificar en:

- Motores síncronos trifásicos.
- Motores asíncronos sincronizados
- Motores con un rotor de imán permanente

### **3.4.1 Motores síncronos trifásicos.**

Los motores síncronos trifásicos son aquellos que utilizan sistemas trifásicos para su alimentación, tienen la característica de ser usados en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante. [61]

Existen cuatro tipos de arranque diferentes para este tipo de motor. [62]



- Como un motor asíncrono
- Como un motor asíncrono pero sincronizado
- Utilizando un motor secundario
- Como un motor asíncrono, usando un tipo de arrollamiento diferente.

El motor síncrono trifásico se parara cuando alcance el par crítico, no siendo esta la forma más ortodoxa de hacerlo. El par crítico se alcanza cuando la carga asignada al motor supera al par del motor. [62]

La mejor forma de hacerlo, es ir variando la carga hasta que la intensidad absorbida de la red sea la menor posible, entonces desconectaremos el motor.

Otra forma de hacerlo, y la más habitual, es regulando el reostato, con ello variamos la intensidad y podemos desconectar el motor sin ningún riesgo. [62]

#### **3.4.2 Motor asíncrono sincronizado.**

Este tipo de motor de corriente alterna que posee un rotor en el que se encuentran las bobinas inductoras. Que se encuentran desfasadas  $120^\circ$  entre sí, estas están alimentadas por corrientes trifásicas que también están desfasadas  $120^\circ$  por lo que se induce un campo magnético giratorio sobre el rotor. [62]

La diferencia entre el motor a inducción y el motor asíncrono sincronizado es que en el motor de inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor. [62]

#### **3.4.3 Motor con rotor de imanes permanentes.**

Este tipo de motores tiene, como su nombre indica, unos imanes en el rotor que inducen unos campos magnéticos. [62]

Los motores de imán permanente pueden ser excitados tanto con señales eléctricas continua o alterna, sin embargo es importante notar que las aplicaciones de motores de excitación alterna son los más empleados y eficientes en términos de conversión de energía, disponibilidad, y mantenimiento. [63]



### 3.4.4 Clasificación según rotor:

Por el tipo de rotor podemos encontrar:

- Motores de anillos rozantes.

**Imagen nº 43. Rotor de anillos rozantes.**



*Elaboración propia.*

Fuente: <http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1M52P4D5Q-JHRTT9-21QY/Rotor%20con%20anillos%20rozantes.jpg> [64]

Este tipo de motores poseen un bobinado instalado en la parte giratoria del motor, y que necesita de los anillos rozantes, para poder sacar al exterior las conexiones eléctricas de bobinado instalado en el rotor. La función que tienen los anillos rozantes, son para poder conectar externamente al circuito eléctrico integrado en el rotor, resistencias externas. [65]

La acción de modificar estas resistencias modifica a su vez la curva de deslizamiento, es decir, modifica la curva de par y corriente para el motor.

- Motores con colector.

Los motores con colector de delgas poseen unos anillos concéntricos al eje de giro y aislado eléctricamente del mismo, formado por una serie de láminas de cobre, aisladas que conectan unas bobinas giratorias. [65]

**Imagen nº 44. Colector de delgas.**



*Elaboración propia.*

Fuentes: <http://qimbelmexicana.com/tienda/img/Fotos2/14COLECT002NV.jpg> [66]

- Motores de jaula de ardilla.

**Imagen nº 45. Rotor tipo jaula de ardilla.**



*Elaboración propia.*

Fuente: Trabajo de campo.

Este tipo de motor posee un rotor que está construida con láminas de hierro apiladas. En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. A menudo, los conductores se inclinan levemente a lo largo de la longitud del rotor para reducir

ruido. El número de barras en la jaula de ardilla se determinan según las corrientes inducidas en las bobinas del estator y por lo tanto según la corriente a través de ellas. Las construcciones que ofrecen menos problemas emplean números primos de barras. Ya hemos hablado de los motores eléctricos y de cómo podemos clasificarlos. Por lo que ahora pasaremos a los transformadores. [65]

### 3.5 Transformadores.

Los transformadores son máquinas eléctricas estáticas constituidas por dos devanados, el inductor y el inducido.

El devanado inductor se conecta a una fuente de corriente alterna de frecuencia  $f_1$  y se denomina primario. Por consiguiente el otro devanado se denominará secundario y será el inducido que tiene una frecuencia igual a la del inductor es decir  $f_1 = f_2$  y entrega energía a un circuito exterior por medio de conexiones. Estos dos devanados están arrollados sobre un núcleo cerrado común, constituido por un apilamiento de chapas magnéticas de acero al silicio. [67]

Si el voltaje del primario es menor que la tensión del secundario se denominara transformador elevador, y en el caso de que el voltaje del primario sea mayor que el voltaje del secundario se e denominará transformador reductor.

Los transformadores siguen la siguiente fórmula elemental.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} [67]$$

Siendo:

$V_1 \rightarrow$  Voltaje del primario

$V_2 \rightarrow$  Voltaje del secundario

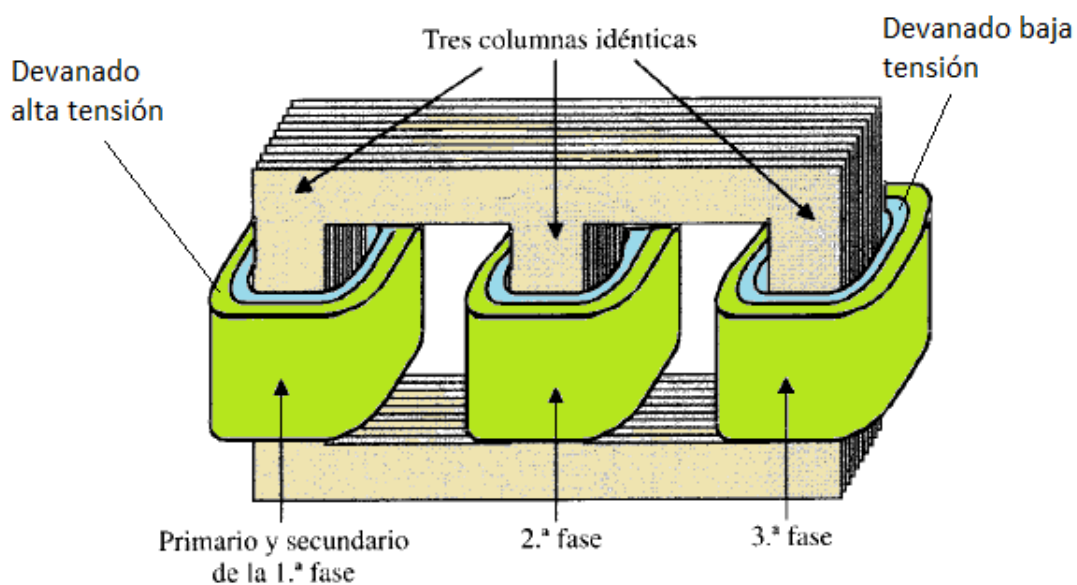
$N_1 \rightarrow$  Número de espiras del primario

$N_2 \rightarrow$  Número de espiras del secundario

De ésta fórmula se deduce que para  $V_2 > V_1$  entonces  $I_2 < I_1$  Es por ello que para el transporte se utilizan grandes tensiones puesto que las corrientes se reducen y con ello la necesidad de utilizar una gran sección de conductor.

Estructuralmente el transformador se compone de varios devanados que se arrollan alrededor de unos núcleos magnéticos que reciben el nombre de columnas que están constituidas por varias placas solapadas. [67]

**Imagen nº 46. Ejemplo de transformador trifásico.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Máquinas eléctricas. [68]*

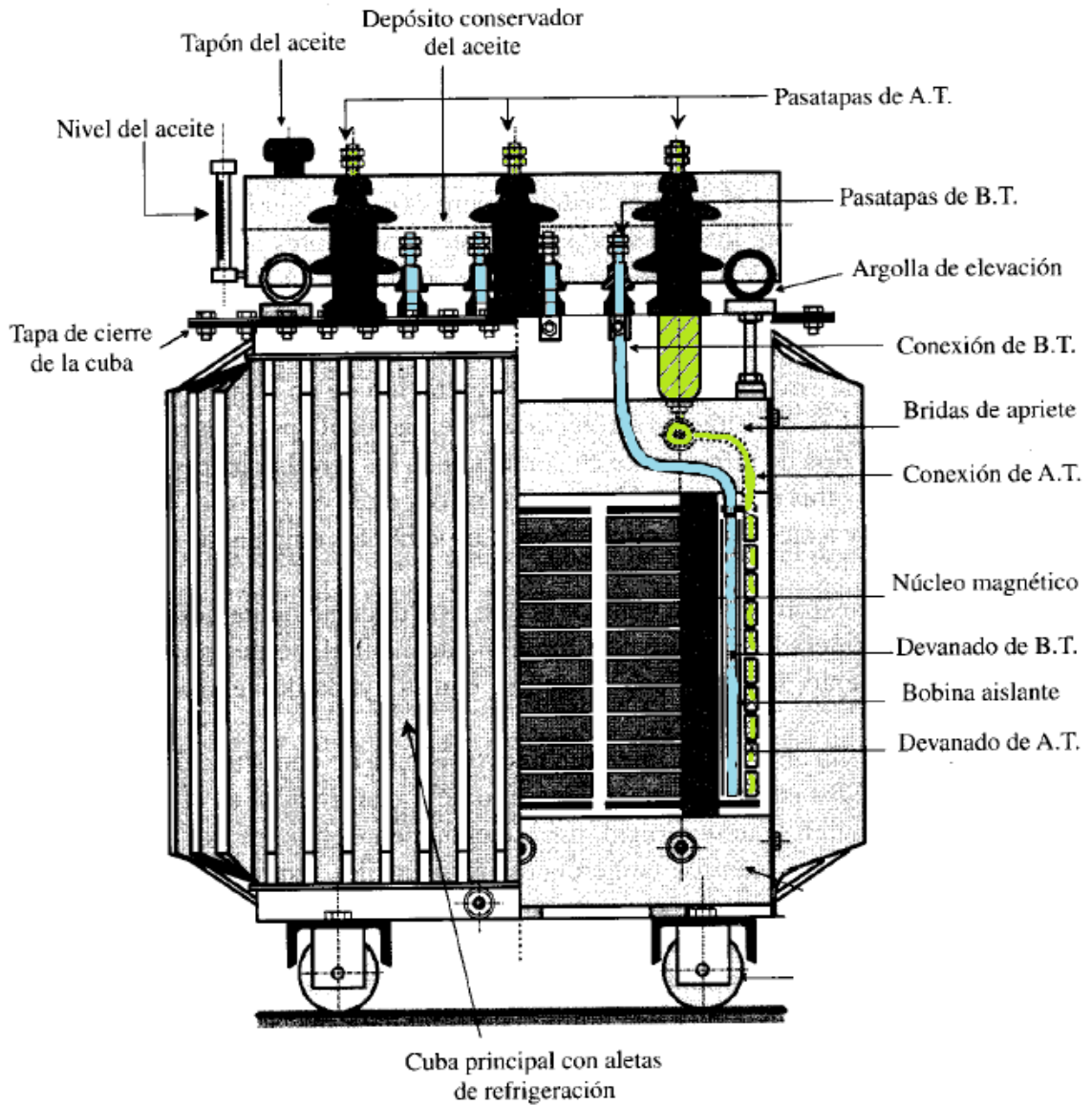
Por su parte los devanados suelen estar constituidos por material conductor, normalmente cobre que se presenta en forma de hilos de cobre, o placas si se necesita mayor sección, están aisladas por barniz en el caso de que el conductor sea de hilos o por varias capas de fibra de algodón en el caso de placas de cobre.

Normalmente el devanado de baja tensión suele estar en la parte interior de las columnas puesto que éste es más fácil de aislar. [67]

Para refrigerar el alternador se sitúan en un baño de aceite, el aceite cumple dos funciones, la primera es la refrigerar el alternador, y la segunda es la de aislar puesto

que tiene una rigidez dieléctrica superior a la del aire. El alternador se mete junto con el aceite en un depósito especial que posee unas aletas para ayudar a su refrigeración.

**Imagen nº 47. Esquema de transformador Alta-Baja tensión.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Máquinas eléctricas. [69]*

## **ACÁPITE 4: SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.**

Comenzaremos a hablar sobre la iluminación en los centros industriales y en general. Para ello es imprescindible comenzar por el fenómeno de la incandescencia que es la base del tipo de iluminación más básica que podemos encontrar.

El elemento más común para la iluminación es la lámpara de incandescencia.

### **4.1 Lámpara de incandescencia.**

Éste es un dispositivo que transforma la corriente eléctrica en calor mediante el efecto joule. En virtud de la **ley de joule** cuando una corriente eléctrica pasa por un conductor, éste produce una cantidad de calor. Si éste calor es suficiente para poner a este conductor al rojo blanco éste emitirá luz. La lámpara de incandescencia se compone de diferentes partes y todas varían pero podemos generalizar con el siguiente ejemplo. [70]

El filamento es el elemento resistivo que transforma la energía eléctrica en energía lumínica y calórica, éste filamento se encuentra en una atmósfera gaseosa ausente de oxígeno para evitar que este filamento arda. Normalmente el filamento está compuesto por molibdeno. La atmósfera gaseosa se encuentra en el interior de una ampolla de vidrio. [70]

Éste filamento a su vez se encuentra sujeto por unos enganches que están apoyados sobre un soporte de cristal.

Todo esto se encuentra cerrado por su parte inferior mediante un casquillo roscado que está normalizado en el cual se encuentran unos contactos de los cuales se lleva la corriente mediante unos conductores de níquel hasta el filamento.

## 4.2 Tipos de bombilla.

### 4.2.1 Según la forma de la ampolla.

Según la forma de la ampolla de vidrio distinguimos: [70]

- Tipo Standard.

#### Imagen nº 48. Bombilla con ampolla tipo Standard.



Fuente: <http://www.iledd.com/es/w-lm-a-coq-led-filament-bulb-13.html> [71]

- Tipo Edison.

#### Imagen nº 49. Bombilla con ampolla tipo Edison.



Fuente: <http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Foto-inc/Rustika MF 230 60-11.jpg> [72]

- Ampolla tipo llama.

#### Imagen nº 50. Bombilla con ampolla tipo flama.



Fuente: <http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Osram Vela 230 15.htm> [73]

- Ampolla esférica.

**Imagen nº 51. Bombilla con ampolla esférica.**



Fuente: <http://www.electrorem.es/1051bombillas-incandescente/-lampara-esferica-clara-e27-25w-230v.html> [74]

- Ampolla cilíndrica.

**Imagen nº 52. Bombilla con ampolla cilíndrica.**



Fuente: <http://ecx.images-amazon.com/images/I/41E9v2qpEyL. SX342 QL70 .jpg> [75]

- Ampolla extensiva.

**Imagen nº 53. Bombilla con ampolla extensiva.**

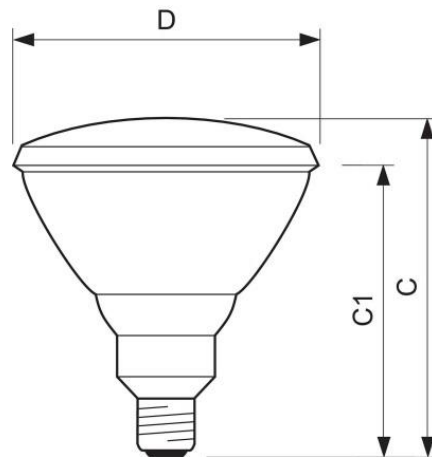


Fuente: <http://www.actienda-dlu.com/511-835-large/par-38-230v-80w-e27-extensiva-verde.jpg> [76]



- Ampolla Intensiva.

**Imagen nº 54. Bombilla con ampolla intensiva.**



Fuente: [http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/LP\\_RT\\_LRDD6698\\_IPAR38\\_E-GVP-es\\_ES-001?wid=1250&\\$ipqlarge\\$](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/LP_RT_LRDD6698_IPAR38_E-GVP-es_ES-001?wid=1250&$ipqlarge$) [77]

#### 4.2.2 Según su transparencia

Según la transparencia de la ampolla de vidrio podemos clasificar a las bombillas en:

[70]

- Clara.

**Imagen nº 55. Bombilla clara.**



Fuente: [http://www.ferrebric.com/1570-large\\_default/bombilla-eco-halogena-standard-clara-e27-milanno.jpg](http://www.ferrebric.com/1570-large_default/bombilla-eco-halogena-standard-clara-e27-milanno.jpg) [78]

- Mateada o luz de día.

**Imagen nº 56. Bombilla mateada.**



Fuente: [http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFgxMjQ1/z/wHwAAOSwxCxT9yyJ/\\$\\_35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFgxMjQ1/z/wHwAAOSwxCxT9yyJ/$_35.JPG) [79]

- Opal.

**Imagen nº 57. Bombilla opal.**



Fuente: <http://ecx.images-amazon.com/images/I/31K%2BoJQVdNL.SY445.jpg> [80]

- De color.

**Imagen nº 58. Bombilla de color.**



Fuente: [http://www.barcelonaed.com/9107-large\\_default/e27-roja-1w.jpg](http://www.barcelonaed.com/9107-large_default/e27-roja-1w.jpg) [81]

#### 4.2.3 Según su acople al portalámparas.

Según el método que use el casquillo para acoplarse al portalámparas podemos clasificar a las bombillas en.

- Casquillo tipo Edison.

#### Imagen nº 59. Bombilla con casquillo tipo Edison.



Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Gluehlampe\\_01\\_KMJ.jpg/180px-Gluehlampe\\_01\\_KMJ.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Gluehlampe_01_KMJ.jpg/180px-Gluehlampe_01_KMJ.jpg) [82]

- Casquillo MR.

#### Imagen nº 60. Lámpara led con casquillo MR



Fuente: <http://tecnologiyc.com/wp-content/2009/11/bombilla-led-halogeno-bajo-consumo-qu10-66-led-no-encontrara-mejor-precio.jpg> [83]

- Casquillo G4.

#### Imagen nº 61. Bombilla con casquillo G4



Fuente: <http://www.grevilux.com/wp-content/uploads/2012/02/Bombilla-halogena-Halostar-Starlite-QT12-GY635.jpg> [84]

- Casquillo GU10.

**Imagen nº 62. Lámpara con casquillo GU10**



Fuente: <http://www.nersolar.es/blog/wp-content/uploads/2014/06/bombilla-led-de-primer-generacion.jpg> [85]

- Casquillo de bayoneta.

**Imagen nº 63. Bombilla con casquillo de bayoneta.**



Fuente: <http://www.carmultimediazone.com/WebRoot/Store/Shops/accesorioscoche/MediaGallery/361088034-1.jpg> [86]

- Casquillo tipo Feston.

**Imagen nº 64 Lámpara led con casquillo Feston.**



Fuente: [http://ecx.images-amazon.com/images/I/41dsHwO%2BriL\\_SX342.jpg](http://ecx.images-amazon.com/images/I/41dsHwO%2BriL_SX342.jpg) [87]

- Casquillo G24.

**Imagen nº 65. Casquillo G24.**



Fuente: <http://img10330-4.ledbox.es/images/subproductos/10330-4/grande/10330-4.jpg> [88]

- Casquillo G13 (tubos).

**Imagen nº 66. Tubo con casquillo G13.**



Fuente: [http://www.ledyluz.net/images/13\\_fluorescente11.jpg](http://www.ledyluz.net/images/13_fluorescente11.jpg) [89]

- Casquillo R7 (de lápiz).

**Imagen nº 67. Lámpara con casquillo R7.**



Fuente: <http://www.iluminika.com/blog/wp-content/uploads/2014/06/R7-1.jpg> [90]

- Especiales.

Dentro de este apartado incluiremos las no nombradas hasta ahora por hacerse muy extensa esta clasificación.

#### 4.2.4 Roscas normalizadas.

Existen diferentes tipos de roscas utilizadas para la sujeción de las bombillas aunque la más conocida es la rosca tipo Edison que tiene los siguientes diámetros. [11]

**Tabla nº 8. Roscas normalizadas.**

E5	5 mm
E10	10 mm
E12	12 mm
E14	14-17 mm
E17	14-17 mm
E26	26-27 mm
E27	26-27 mm
E40	40 mm

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca\\_Edison](https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca_Edison) [91]

#### 4.3 Lámparas de descarga.

Las lámparas de descarga producen luz debido al efecto que se produce en un gas al ser atravesado por una descarga eléctrica. [92]

Estas lámparas se pueden subdividir en lámparas de cátodo frío o lámparas de cátodo caliente según tengan en su interior gases con naturaleza eléctrica (de cátodo frío) o gases con naturaleza metálica (de cátodo caliente). [92]

Los primeros son en general lámparas de poca potencia por lo que normalmente se destinan a señalizaciones luminosas.

Por otro lado encontramos las lámparas de cátodo caliente que poseen en su interior un filamento recubierto por cesio o bario que al calentarse se produce una descarga de electrones que atraviesan los vapores y producen radiaciones luminosas. [92]

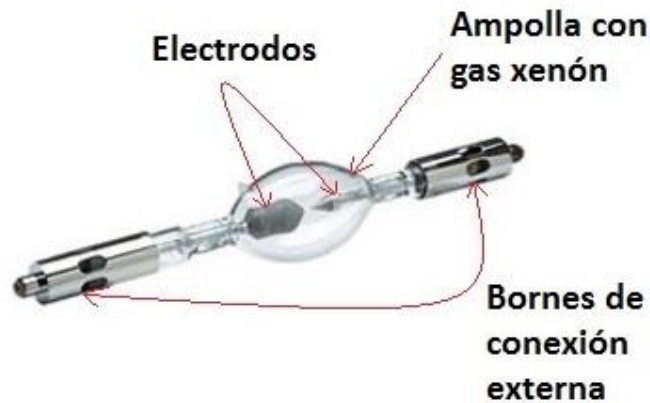
Entre las lámparas de descarga más utilizadas encontramos:

#### 4.4 Lámparas de Xenón.

Estas lámparas están rellenas de xenón a presiones que pueden llegar a 24 bares. Éste tipo de lámpara es ampliamente utilizada debido a su gran regularidad y a su gran potencia lumínica. [92]

Se componen de:

**Imagen nº 68 . Partes de una lámpara de Xenón.**



*Elaboración propia.*

Fuentes: <http://i00.i.aliimg.com/wspphoto/v0/1918002398/Barco-digital-proyectores-cine-l%C3%A1mpara-de-xen%C3%B3n-OSRAM-OSRAM-XBO-4000-W-DHP-bombilla-del-proyector.jpg> [93]

Entre las variantes de estas lámparas encontramos:

##### 4.4.1 Lámparas de arco corto.

Estas poseen un elevado brillo y se suelen utilizar para proyectores o para faros. [92]

##### 4.4.2 Lámparas de arco largo.

Se utilizan para iluminaciones de plazas o para instalación de proyectores. [92]

Este tipo de lámparas llegan a tener hasta 2 metros de longitud.

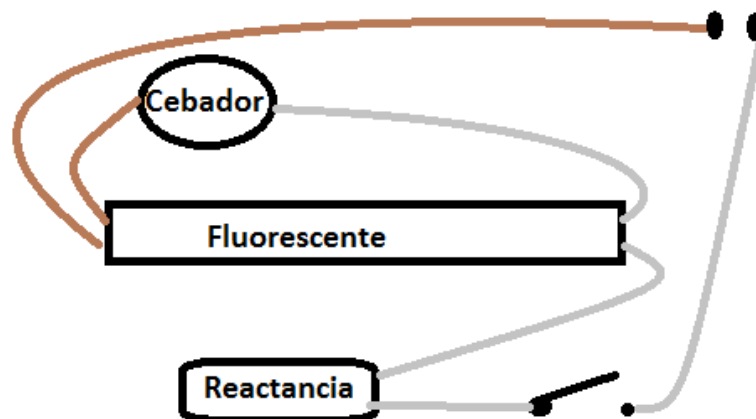
#### 4.5 Lámpara fluorescente.

Esta es un uno de los tipos de lámparas más utilizados, en el interior del tubo fluorescente, los electrones libres y los iones de un gas inerte contenido en su interior, como el gas argón , crean las condiciones necesarias para la creación de un puente de plasma a través del cual puede fluir la corriente eléctrica. En este proceso se libera luz ultravioleta, los fotones de luz ultravioleta liberados impactan sobre la capa fosforescente que recubre la pared interior del tubo de cristal de la lámpara, excitando los electrones de los átomos de fósforo contenidos en éste. El impacto saca de sus órbitas a los electrones de los átomos de fósforos, lo que son atraídos y obligados a reincorporarse de nuevo a sus correspondientes órbitas. En ese instante liberan fotones de luz blanca fluorescente visibles para el ojo humano. Ese proceso provoca que el tubo de descarga de la lámpara fluorescente se ilumine, proporcionando luz. [94]

##### 4.5.1 Circuito de la lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes se componen de:

Imagen nº 69. Esquema de conexión del tubo fluorescente.



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*



- Tubo de descarga.

Está constituido por un tubo de vidrio en cuyo interior existe una atmósfera de vapor de mercurio y una pequeña cantidad de gas inerte. La pared interna del tubo está recubierta por sustancias fluorescentes. [95]

- Casquillo.

En cada extremidad del tubo se encuentra fijado un filamento en espiral de wolframio, revestido de sustancias destinadas a facilitar y acelerar la emisión de electrones. [95]

- Cebador o arrancador.

Este es un dispositivo que se conecta en serie con los electrodos de la lámpara, para permitir que una vez cerrado el circuito pase la corriente que ha de calentar los electrodos, que deja de funcionar, una vez salta la chispa entre los electrodos del fluorescente.[95]

- Reactancia

También llamado balasto, su función es la de generar el arco eléctrico que requiere el tubo fluorescente durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente, limitando también la intensidad de corriente que fluye por el circuito del tubo. [95]

#### **4.7 Lámparas halógenas.**

La lámpara halógena al encenderse se calienta un filamento de tungsteno tanta que provoca su evaporación en forma de vapor de tungsteno. Cuando este vapor de tungsteno toca la superficie del cristal de cuarzo que le rodea, se combina con el gas halógeno que contiene el tubo y se convierte en el gas halogenuro de tungsteno. Este halogenuro tiende a fluir en dirección al filamento para convertirse de nuevo en tungsteno. Como resultado de éste proceso, el filamento se reconstruye liberando gas halógeno, cerrándose el denominado "ciclo del halógeno". [96]

#### **4.8 Lámparas led.**

Los led funcionan bajo el principio según el cual algunos materiales al ser sometidos a corriente, generan luz. La base de la tecnología LED está basada en el diodo, este es un componente electrónico que contiene dos puntas que permite la circulación de energía a través de él en un solo sentido.

Cuando los electrones pasan a través de este tipo de semiconductor, se convierte en luz. [97]

Los LED tienen una estructura en la que podemos destacar cuatro componentes básicos. Por un lado tendríamos el material emisor semiconductor, que montado sobre un chip-reflector determina el color de la luz. Después tenemos las dos puntas conductoras, el cátodo y el ánodo, y el cable conductor que a través del que se unen los dos polos. [97]

#### **4.9 Niveles de iluminación recomendados.**

Se han determinado una cantidad de luz que se supone será la adecuada para iluminar una determinada zona. Para poder hacer esto deberemos de explicar las magnitudes fundamentales de la luz. [98]

La intensidad lumínica es la cantidad de energía luminosa emitida por unidad de superficie, cuya unidad fundamental es la candela, por su parte el flujo luminoso es la cantidad de energía luminosa radiada a través de una determinada superficie.

Una vez conocidos estos valores que dependen de cada elemento de iluminación que dispongamos. En general se han adoptado los siguientes valores:

Tabla nº9. Niveles de iluminación recomendados.

Niveles de iluminación recomendados para algunos locales		
Lugares comunes de cualquier clase de inmueble.	Ej. Pasillos escaleras, salidas, ascensores, mesas del comedor.	100 a 400 lúmenes
Locales administrativos	Ej. Archivos , contabilidad, etc.	200 a 600 lúmenes
Dormitorios	Ej. Camarote, mesa de estudio en camarote	100 a 300 lúmenes
Cocinas		200 lúmenes
Hospital	Ej. Quirófano	Desde 3000 lúmenes
Almacenes	Ej. Pañol de respetos	De 200 a 500 lúmenes
Locales industriales	Ej. Sala de máquinas	Al variar mucho de local de trabajo a otro es necesario remitirnos a la normativa correspondiente.

*Elaboración propia.*

*Fuente: Fase B [98]*

#### 4.9.1 Cálculos de iluminación.

Relación de local, esto es la relación entre la superficie del local y su volumen.

$$\text{Relación del local} = \frac{S}{h.(A.L)} \quad [99]$$

Siendo:

$S \rightarrow$  Superficie de la base.

$h \rightarrow$  Alto.

$A \rightarrow$  Ancho del recinto

$L \rightarrow$  Largo del recinto

El nivel de iluminación necesario podemos sacarlo del anterior cuadro donde se exponían los valores recomendados. Ese nivel de iluminación viene dado por la letra E. Por tanto el flujo luminoso que se necesitará lo obtendremos de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{F_m F_u} \quad [98]$$

Siendo:

$\phi_t \rightarrow$  Flujo luminoso necesario.

$F_m \rightarrow$  Factor de mantenimiento.

Este factor viene dado de 0 a 1 y expresa el mantenimiento que se le va a dar a estas luminarias

$F_u \rightarrow$  Factor de utilización.

Este factor viene dado de 0 a 1 y expresa el nivel de aprovechamiento de la luz por parte del entorno.

Si quisiéramos calcular la cantidad de luminarias que harían falta para iluminar adecuadamente un espacio tendremos que remitirnos a las características de la luminaria en sí, para ver cuantos lúmenes nos aporta cada luminaria y luego remitirnos a la siguiente fórmula.

$$N = \frac{\phi_t}{\phi_l} \quad [98]$$

Siendo:

$N \rightarrow$  número de luminarias necesarias.  $\phi_t \rightarrow$  Flujo luminoso necesario.  $\phi_l \rightarrow$  Flujo luminoso unitario que emite cada luminaria.

## ACÁPITE 5: SENSORES.

Un sensor es un dispositivo que detecta una variable física ya sea presión, calor, humedad, etc.

El sensor nos permite saber si existe magnitud o no, y si existe, nos permite medirla.

### 5.1 Clasificación de los sensores según magnitud que detectan:

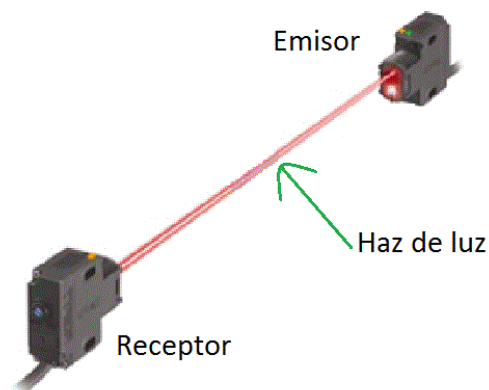
#### 5.1.1 Sensores de presencia.

Que detectan algún objeto o cuerpo ya sea por alguno de los siguientes métodos.

- Sensores de barrera:

Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa. [100]

**Imagen nº 70. Sensor fotoeléctrico de puerta.**



*Elaboración propia.*

Fuente: [http://www.keyence.com.mx/img/products/series/pz-q\\_ws\\_sr\\_pz\\_q\\_thrubeam\\_2.gif](http://www.keyence.com.mx/img/products/series/pz-q_ws_sr_pz_q_thrubeam_2.gif) [101]

- Sensores por reflexión:

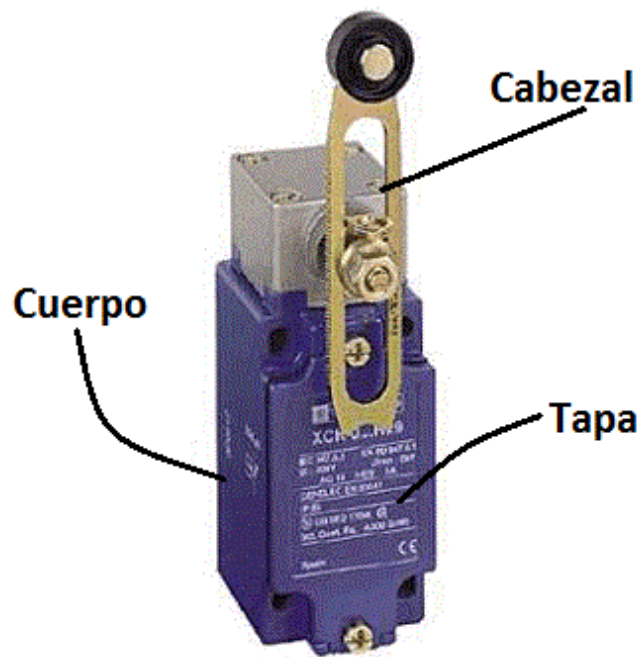
La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto. [102]

- Sensor de contacto:

Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se abren o se cierran si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar. [100]

El ejemplo más sencillo de este tipo de sensor es el final de carrera.

**Imagen nº 71. Final de carrera.**



*Elaboración propia.*

Fuente: <http://www.electra.cl/ecommerce/img/p/2408-251-thickbox.jpg> [103]

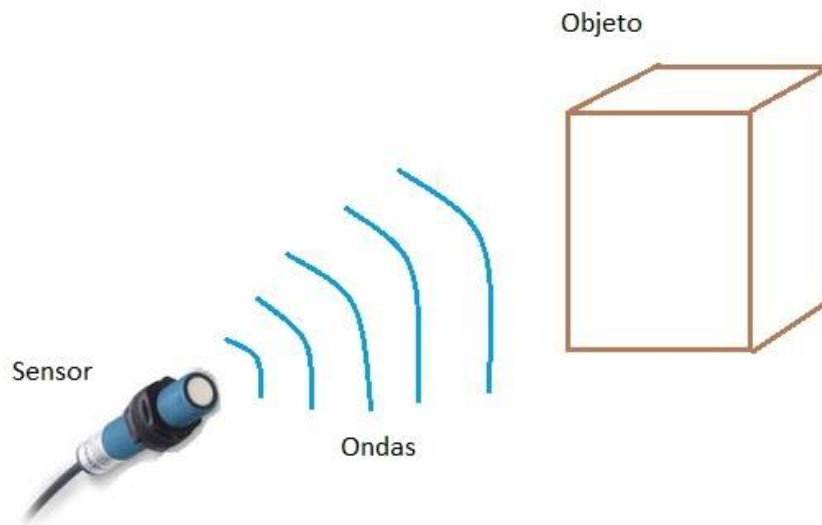
- Sensores de posición de estado sólido:

Los sensores de posición de estado sólido, son sensores que detectan objetos metálicos mediante la utilización de campos electromagnéticos. [100]

- Sensores por ultrasonidos:

Este tipo de sensores, funciona de manera similar a los de tipo fotoeléctrico, ya que se emite una señal que es recibida por un receptor. De la misma manera, dependiendo del camino que realice dicha señal podremos diferenciarlos entre sensores de barrera y de reflexión. [100]

**Imagen nº 72. Sensor de ultrasonidos.**



*Elaboración propia.*

Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m2/15137-6823887.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/15137-6823887.jpg) [104]

### **5.1.2 Sensor de circuitos oscilantes:**

Este tipo de sensor, se encuentran basado en la existencia de un circuito en el mismo que genera una determinada oscilación a una frecuencia prefijada, cuando un objeto se encuentra dentro de la zona de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, por lo que el objeto es detectado.[100]

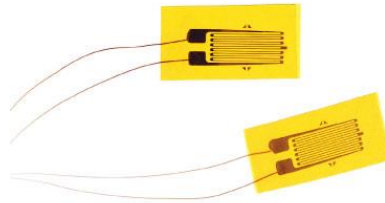
### **5.1.3 Sensores de esfuerzos:**

Este tipo de sensores, se encuentran basados en su mayor parte en el empleo de galgas extensométrica, que son unos dispositivos que cuando se les aplica una fuerza,

ya puede ser una tracción o una compresión, varia su resistencia eléctrica, de esta forma podemos medir la fuerza que se está aplicando sobre un determinado objeto. [105]

Normalmente se presentan en forma de láminas plásticas con un circuito impreso.

**Imagen nº 73. Sensor Piezoeléctrico.**



Fuente: [http://es.omega.com/prodinfo/images/StrainGage\\_Graphic1.gif](http://es.omega.com/prodinfo/images/StrainGage_Graphic1.gif) [106]

**5.1.4 Sensores de deslizamiento:**

Si se produce un pequeño deslizamiento del objeto entre las pinzas, inmediatamente es incrementada la presión de las pinzas sobre el objeto, y esta operación se repite hasta que el deslizamiento del objeto se ha eliminado gracias a aplicar la fuerza de agarre suficiente. Normalmente este tipo de sensores se utilizan en robótica. [100]

**5.1.5 Sensores de velocidad:**

**Imagen nº 74. Sensor de velocidad.**



Fuente: [http://www.integracionycontrol.com/web/images/productos/sensorline/velocidad/qel2477/3c2477\\_q600x450\\_96dpi.jpg](http://www.integracionycontrol.com/web/images/productos/sensorline/velocidad/qel2477/3c2477_q600x450_96dpi.jpg) [107]



Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto. La forma más popular de conocer la velocidad del giro de un motor, es utilizar una dinamo tacométrica acoplada al eje del que queremos saber su velocidad, este dispositivo nos genera un nivel determinado de tensión continua en función de la velocidad de giro de su eje, pues si conocemos a qué valor de tensión corresponde una determinada velocidad, podremos averiguar qué velocidad gira un objeto.

Existen también otros tipos de sensores que para controlar la velocidad, se basan en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado a un eje, dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso indicará la velocidad del objeto.

#### 5.1.6 Sensores de Aceleración:

**Imagen nº 75. Sensor de aceleración triaxial.**



Fuente: <http://www.intertechnology.com/Kistler/images/8795A.gif> [108]

#### 5.1.7 Sensores de caudal.

**Imagen nº 76. Sensor de caudal.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/5895-6692759.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/5895-6692759.jpg) [109]

Es un sensor por el cual se logra medir la cantidad de fluido que fluye en un determinado tiempo.

#### 5.1.8 Sensores de humedad.

**Imagen nº 77. Sensor de humedad.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/9250-2439129.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/9250-2439129.jpg) [110]

Estos sensores contienen un elemento sensible en su interior el cual es capaz de detectar la humedad en un punto.

#### 5.1.9 Sensores de presión.

**Imagen nº 78. Sensor de presión.**



Fuente: [http://img.nauticexpo.es/images\\_ne/photo-g/30310-3336349.jpg](http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/30310-3336349.jpg) [111]

Los sensores de presión son dispositivos que varían una salida en función de la presión a la que se le somete.

#### 5.1.10 Sensores de temperatura.

**Imagen nº 79. Sensor de temperatura.**



Fuente: [http://solarplanet.com.mx/images/Pictures/ProductosYSoluciones/CatalogoProductos/Sistemas\\_Solares\\_Termicos\\_Industriales/Sensores-de-temperatura-pt100.jpg](http://solarplanet.com.mx/images/Pictures/ProductosYSoluciones/CatalogoProductos/Sistemas_Solares_Termicos_Industriales/Sensores-de-temperatura-pt100.jpg) [112]

Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura detectando mediante esta variación la cantidad de calor o defecto de él en un determinado punto. [100]

#### 5.1.11 Sensores de turbidez.

**Imagen nº 80. Sensor de turbidez.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mq/13569-8124509.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mq/13569-8124509.jpg) [113]

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos.

## **5.2 Clasificación según su principio de funcionamiento:**

### **5.2.1 Sensores capacitivos.**

Los sensores capacitivos funcionan en función de los cambios de la capacitancia eléctrica de un condensador en un circuito.

Al encontrarse un objeto frente a un sensor capacitivo se modifica la capacidad del circuito modificando la salida. [114]

### **5.2.2 Sensores inductivos.**

Los sensores inductivos son aquellos que internamente poseen un devanado, que al ser atravesado por una corriente genera un campo, cuando un material metálico se introduce en este campo. Se producen unas corrientes inducidas en el objeto metálico denominadas corrientes de Foucault, a su vez este objeto genera un campo que interfiere con el campo del sensor. Esta interferencia produce un descenso en la resistencia del sensor. [115]

### **5.2.3 Sensores piezoeléctricos.**

Los sensores piezoeléctricos constan de un, o unos cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas, éstos generan una diferencia de potencial. Este efecto es reversible, puesto que al dejar de someter a estos cristales a presión, el voltaje antes generado cesa. [100]

### **5.2.4 Sensores resistivos.**

Los sensores resistivos son aquellos que, por medio de un agente externo modifican su resistividad en función de la variable a medir. [116]

### **5.2.5 Sensores de efecto Hall.**

El efecto Hall funciona de la siguiente manera:



## **ACÁPITE 6: SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO.**

En este apartado veremos las diferentes maneras que tenemos de controlar un circuito ya sea a distancia o localmente y veremos los elementos físicos que vamos a encontrarnos. También explicaremos de que partes están constituidos, su representación en los planos y su principio de funcionamiento.

Como hemos dicho anteriormente existen dos maneras de controlar o manejar un circuito, la primera de ellas es localmente. Comenzaremos por este tipo por ser el más sencillo.

### **6.1 El interruptor.**

El dispositivo más sencillo de todos es el interruptor, se llama interruptor, a éste dispositivo que es capaz de abrir o cerrar un circuito. En los casos en los que el circuito a conectar es de gran potencia al interruptor se le llama seccionador o interruptor de potencia.

El símbolo que representan al interruptor es el que se muestra en la figura de abajo.

**Imagen nº 82. Símbolo eléctrico del interruptor.**



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

Estos dispositivos se confeccionan en materiales plásticos y metálicos. En el mercado existen muchísimas clases y tipos de interruptores variando su tamaño, forma o construcción.

## **6.2 Clasificación de los interruptores.**

Podemos lograr realizar una pequeña clasificación de los interruptores atendiendo a los siguientes criterios. [120]

- Según su potencia.
- Según el número de polos que corta.

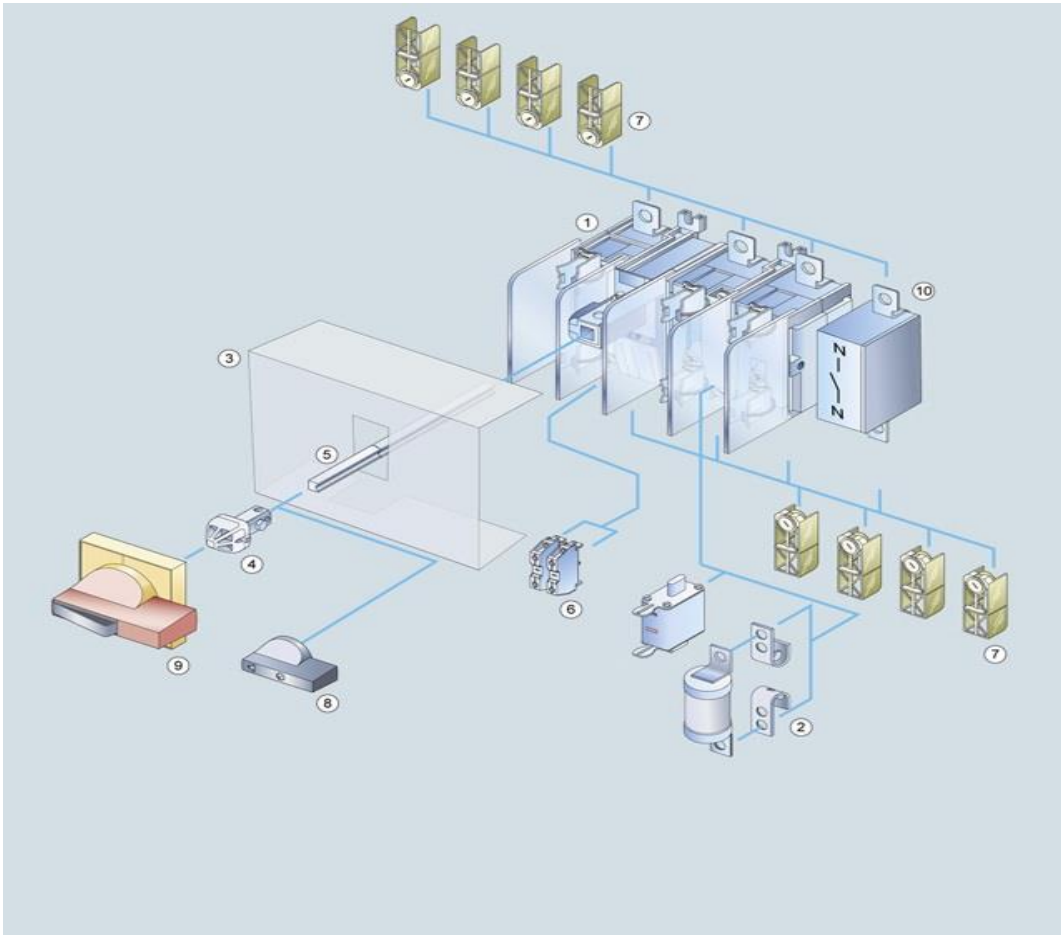
### **6.2.1 Clasificación de los interruptores según su potencia.**

- Interruptores de grandes potencias.

La mayoría de estos interruptores son tetra polares, con toma a tierra de su estructura. En general se conectan mediante pletinas y cables gruesos de cobre, por lo que están provistos de conexiones especiales. Normalmente los encontraremos empotrados en armarios o en cuadros generales, este tipo de interruptor se acciona por medio de palancas y de modo manual, existen algunos casos en los cuales estos interruptores están accionados por motores eléctricos. La intensidad máxima para la que están diseñados suele estar entre 1000 y 5000 amperios (A), pero es raro encontrarnos con amperajes superiores. [120]

Sus partes constituyentes son las siguientes:

Imagen nº 83. Esquema partes de un interruptor.



Fuente: [https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/27/JPG/G\\_NSE0\\_ES\\_01557j.JPG](https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/27/JPG/G_NSE0_ES_01557j.JPG) [121]

- 1.- Portafusibles seccionador
- 2.- Fusibles.
- 3.- Cubierta protectora para fusibles
- 4.- Muñón de acoplamiento
- 5.- Eje de acoplamiento
- 6.-Bloque de contactos auxiliares
- 7.- Cubre bornes
- 8.- Muletilla
- 9.-Accionamiento giratorio con seguro
- 10.- 4º Polo (tierra)



- Interruptores de mediana potencia.

**Imagen nº 84. Interruptor tripolar de mediana potencia.**



Fuente: <http://statics.exclusiveone.com/exone/Siemens-Indus-Sector-Lasttrennschalter-3KM5230-1AB01-IU-125A-UE-690V-3p-Sicherungs-517377318--large.jpg> [122]

Los interruptores de mediana potencia suelen ser de acción manual, frecuentemente los encontraremos empotrados en cajas o paneles y suelen ser utilizados como interruptores generales como elementos más sencillos y menos costosos.

Las intensidades a que van destinados varían de 200 a 1000 amperios (A) y para tensiones no superiores a 380V. Es común encontrarnos este tipo de interruptores con fusibles instalados de manera que además protegen el circuito. [120]

- Interruptores de baja potencia.

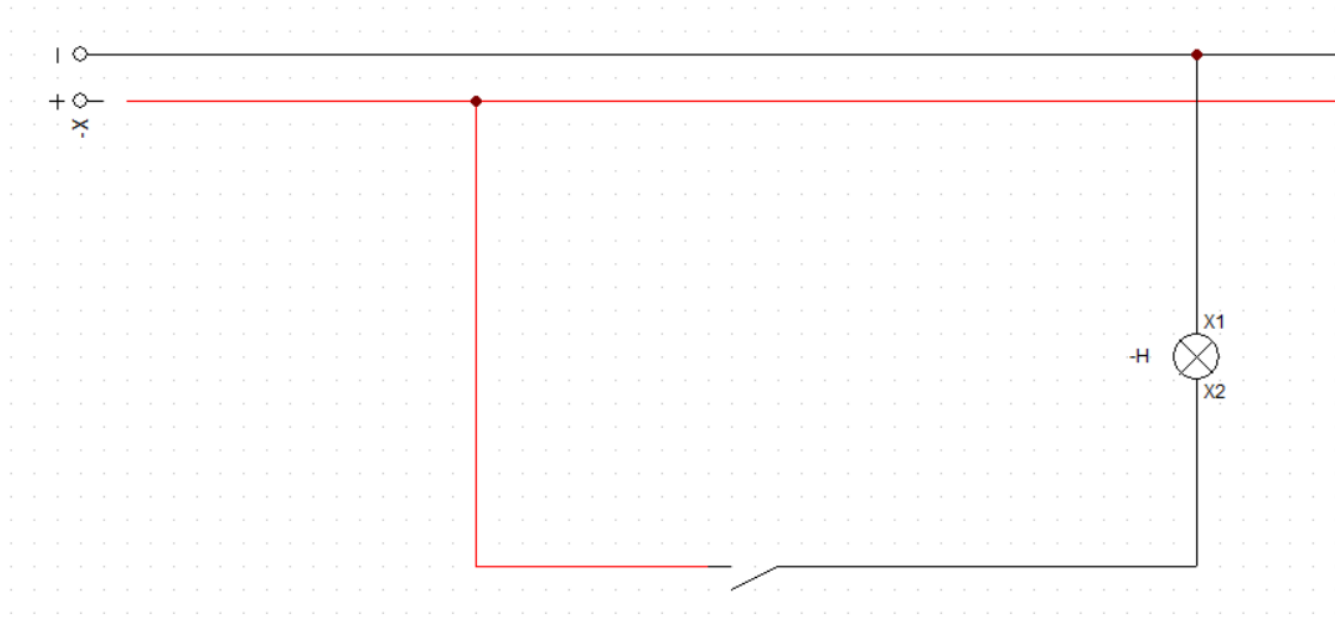
Se accionan manualmente en todos sus modelos. Los interruptores de tipo industrial poseen como característica su gran robustez, mientras que los destinados a habilitación se fabrican siguiendo el estilo de la moda. Los interruptores de baja potencia utilizados para mando tienen varias posiciones con el objetivo de poder abrir, cerrar o seccionar un circuito. También se fabrican interruptores modulares que se acoplan a cuadros, y cajas de distribución que son en su mayoría de tipo rotativo. Para terminar con este tipo de interruptor, decir que sus intensidades de uso varían entre 6 y 200 amperios(A). [120]

### 6.2.2 Clasificación según el número de fases con las que trabaja.

También podemos dividir a los interruptores atendiendo al número de cables que corta (polos) obteniendo una clasificación tal que:

- Encontramos interruptores unipolares

#### Imagen nº 85. Esquema de conexión de un interruptor mono polar.



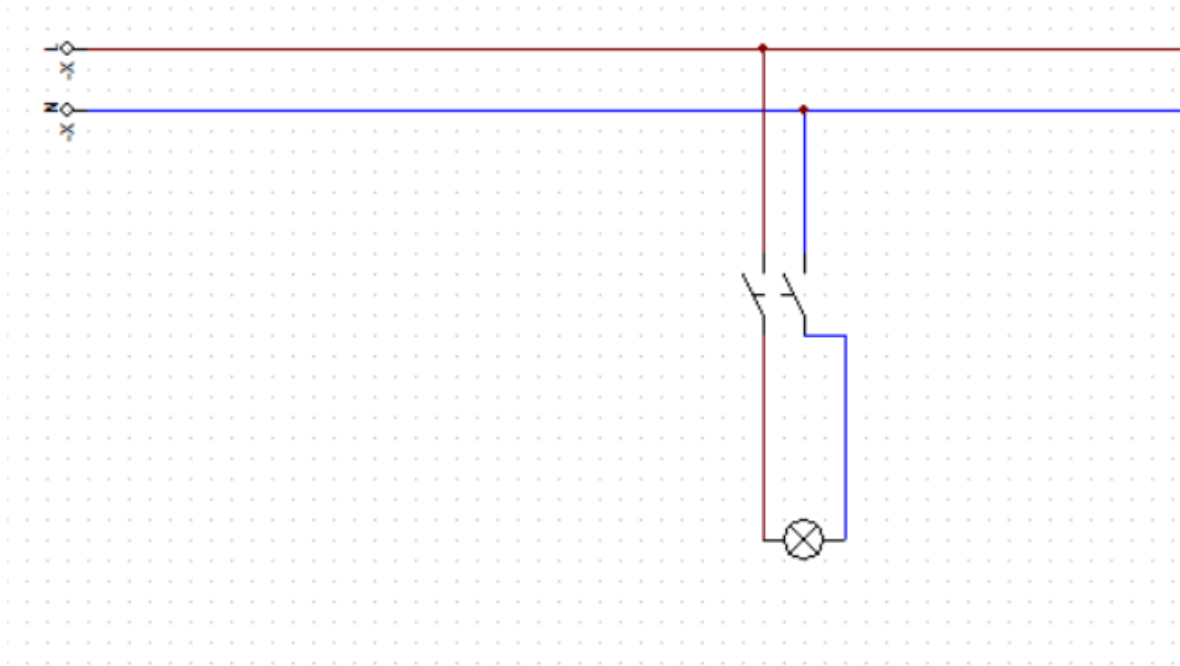
*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Estos interruptores solo trabajan con un cable y son los más usuales de encontrar en habilitación y en paneles de control, puesto que éstos se usan para, posteriormente dar señal a diferentes dispositivos como relés y contactores.

- Interruptores bipolares.

**Imagen nº 86. Esquema de conexión de un interruptor bipolar.**



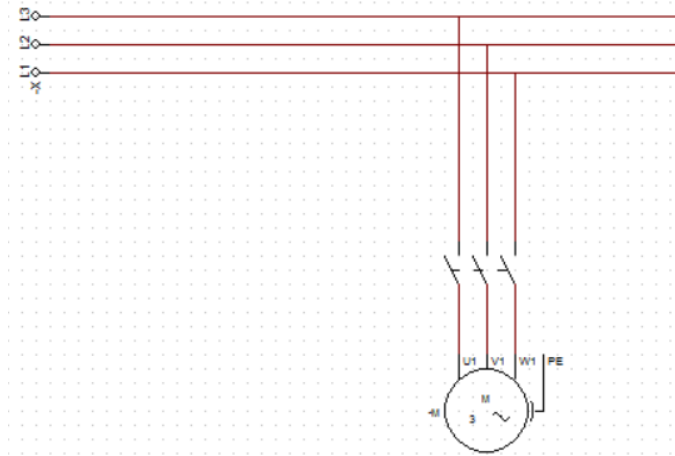
*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Este tipo de interruptores es menos conocido, pero en algunas ocasiones puede ser necesario a la hora de accionar directamente motores eléctricos con un mayor consumo. Esta utilidad se explica porque hay pequeñas fugas a lo largo de la carcasa por el contacto de uno de los cables portadores de fase, cuando se utiliza el interruptor simple o unipolar. Con el uso del interruptor bipolar, al desconectarse los dos polos vivos este problema desaparece. Un ejemplo de esto puede ser cuando vemos que los fluorescentes parpadean aun cuando están apagados y no es por otra cosa que por las fugas de corriente.

- Interruptor Tripolar

**Imagen nº 87. Esquema de conexión de un interruptor tripolar.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Por razones de fuerza-consumo en estos casos este interruptor corta las tres fases. Estos se usan normalmente para proteger algún dispositivo funcionando como un magneto térmico.

- Interruptores tetra polares.

**Imagen nº 88. Interruptor tetrapolar.**



*Fuente: [https://www.rexel.nl/shopimages/rexelnnew/2/7/0/2700325725\\_320.jpg](https://www.rexel.nl/shopimages/rexelnnew/2/7/0/2700325725_320.jpg) [123]*

Este tipo de interruptores se usa en protección de instalaciones eléctricas tetra polares, es decir las tres fases más la tierra, en determinadas ocasiones se usa este tipo de interruptores con el objetivo de evitar corrientes que se puedan generar en el cable de tierra poniendo en riesgo la seguridad de la instalación.

Una vez hemos acabado con los interruptores pasaremos a los conmutadores.

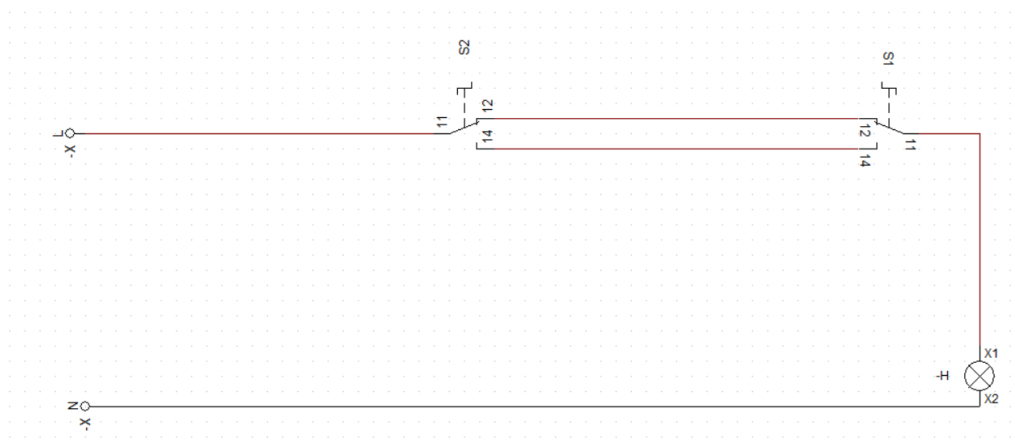
### 6.3 Conmutadores.

El conmutador es esencialmente un dispositivo de accionamiento que tiene como misión conmutar circuitos, es decir, desconectar un circuito y con la misma operación, conectar otro. [120]

El lugar más usual para encontrar a los conmutadores es en la habitación donde se usan para alumbrar un lugar desde dos puntos diferentes.

El esquema de conexionado es el siguiente:

**Imagen nº 89. Esquema de conexión de conmutadores.**

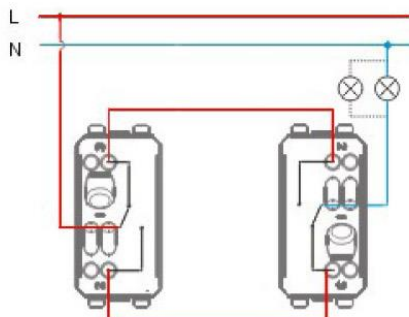


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Otro esquema que nos puede ayudar a comprender como se conecta es el siguiente:

**Imagen nº 90. Esquema de contactos interiores de dos conmutadores.**



*Fuente: [http://catalogo.aki.es/modules/catalog\\_download.php?id=545](http://catalogo.aki.es/modules/catalog_download.php?id=545) [124]*

#### 6.4 Pulsadores.

Imagen nº 91. Pulsador.



Fuente: <http://www.electricalswitch.es/product/1-1-2.jpg> [125]

Los pulsadores son dispositivos accionados manualmente que realizan la función de conexión y desconexión de un circuito, de igual forma que un interruptor, pero en ellos la conexión dura tan solo mientras se mantenga apretado el botón de conexión. [120] Encontramos dos tipos de pulsadores que son pulsadores de desconexión que son aquellos en los cuales el contacto permanece constantemente cerrado hasta el momento en que lo pulsamos y el pulsador de conexión que permanecen abiertos hasta que nosotros pulsamos el botón de conexión.

Estos últimos son los más comunes de encontrarnos puesto que son los que nos encontramos en circuitos de maniobra para operar bombas, encendido de motores, etc.

#### 6.5 Relé.

El relé es un dispositivo que utilizando, electricidad que le es enviada a distancia o por la acción de otros fenómenos ajenos, como presión, temperatura, calor, etc., actúa de manera automática como interruptor accionando o desconectando un circuito.

Este dispositivo retorna a su posición inicial de manera automática o de manera manual una vez terminada la acción que lo mantenía activado. A esta acción se la denomina rearme o desbloqueo. [120]

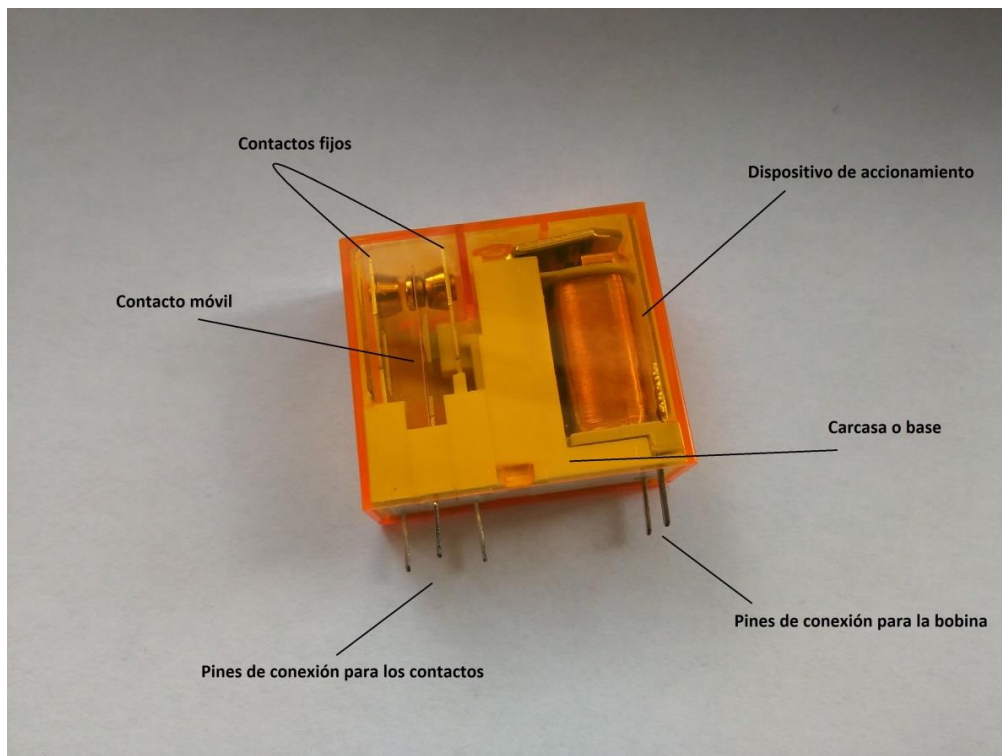
Atendiendo a la función que desempeñan se pueden clasificar en dos grupos, de protección y de maniobra. A continuación nos centraremos solamente en los relés de maniobra puesto que los de protección los veremos en el apartado de “dispositivos de protección”.

### 6.5.1 Partes de un relé.

El relé electromagnético está formado por un electroimán que atrae a un núcleo de hierro y éste actúa sobre contactos, abriendo o cerrando los circuitos.

Las partes de un relé electromagnético son: [126]

**Imagen nº 92. Partes de un relé.**



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

Contactos: Son piezas aisladas las unas de las otras, cuya finalidad es la de producir un buen contacto al cerrarse el relé. Los contactos pueden tener forma esférica plana y plano-esférica siendo esta última la más utilizada. [126]

Dispositivo magnético de accionamiento: Es el dispositivo que acciona los contactos móviles está formado a su vez por piezas mecánicas y resortes junto de un electroimán que lo acciona. [126]

Carcasa o base: Estas están generalmente de plástico sirve para unir o fijar el relé a una base y al mismo tiempo hacer de soporte y guía del dispositivo de accionamiento. [126]

## 6.6 El contactor.

Imagen nº 93. Contactor.



Fuente: [http://www.ferreteriayelamo.es/72-large\\_default/contactor-telem-230v-11kw-lc1d25p7.jpg](http://www.ferreteriayelamo.es/72-large_default/contactor-telem-230v-11kw-lc1d25p7.jpg)

[127]

Al igual que el relé puede considerarse como un interruptor con mando a distancia, que vuelve a su posición inicial cuando le hemos dejado de energizar la bobina.

De esta manera el contactor interrumpe o desconecta el circuito en caso de fallo o cese del suministro eléctrico puesto que la fuerza del electroimán no sería suficiente para mantener los contactos móviles en su posición. [126]

Además con el contactor se puede lograr un gran ahorro en cables de potencia que son más gruesos y por tanto más costosos.

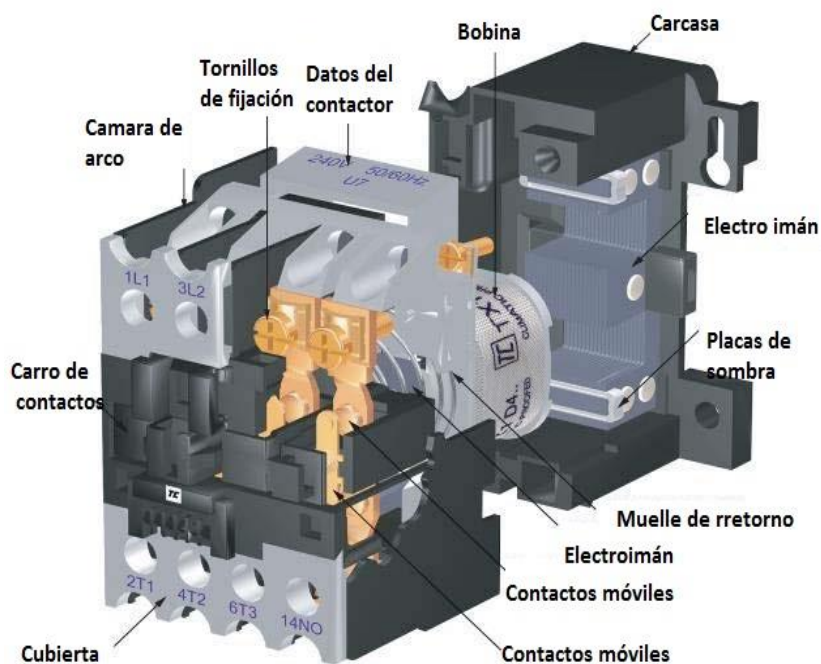


### 6.6.1 Partes de un contactor.

Las partes principales de un contactor son:

- Contactos principales: Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Normalmente se encuentran abiertos en situación de reposo. [128]
- Contactos auxiliares: Son los que están unidos mecánicamente a los contactos principales, estos son los encargados de abrir y cerrar los circuitos auxiliares y de mando del contactor. [128]
- Bobina: Es el elemento que genera una fuerza de atracción magnética al ser atravesado por una corriente. [128]

Imagen nº 94. Partes de un contactor.



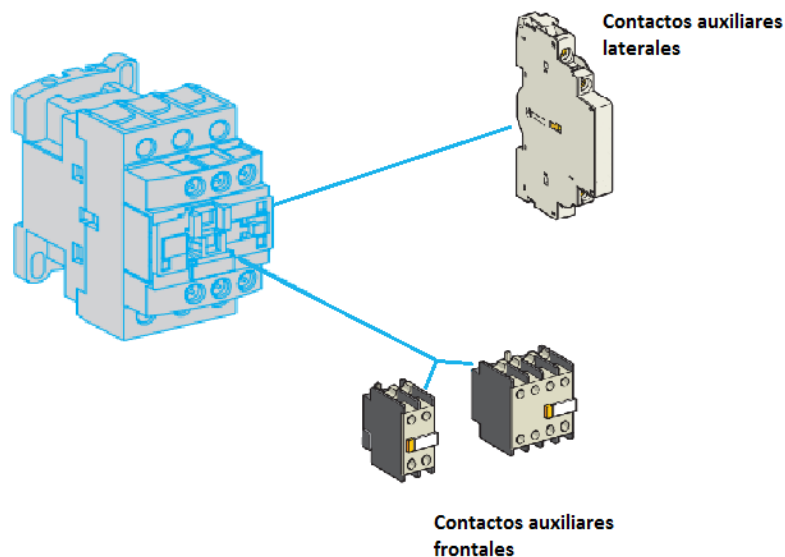
Elaboración propia.

Fuente: [http://www.thermalinc.com/power/pics/Contactor\\_EEC.jpg](http://www.thermalinc.com/power/pics/Contactor_EEC.jpg) [129]

- Armadura: Es la parte móvil del contactor. Este desplaza los contactos principales y auxiliares mediante la fuerza de atracción originada en la bobina. [128]
- Núcleo: Es la parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina. [128]

- Muelle de retorno: Estos muelles son los encargados de devolver los contactos a su posición original una vez termina la fuerza magnética. [128]
- Apaga chispas: Son los recintos en los que se alojan los contactos y que tienen la función de hacer que el arco de ruptura se extinga. [128]
- Soporte: Es el conjunto que permite fijar entre sí a las partes del contactor y éste a su tablero de montaje. [128]

**Imagen nº 95. Accesorios para un contactor.**



Fuente: [https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2014/enero/pdf/ESMKT02023A14\\_Industry\\_CAPT\\_04\\_PDF.pdf](https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2014/enero/pdf/ESMKT02023A14_Industry_CAPT_04_PDF.pdf) [130]

Los contactores poseen una clasificación en función del servicio que van a prestar y si son de corriente alterna o corriente continua.

Distinguimos, pues, dos tipos de servicio. Por un lado encontramos el servicio normal, y servicio ocasional.

Si el contactor es de corriente alterna tendrá una marca "AC" y del mismo modo si es de corriente continua tendrá la marca "DC". Estas clases a su vez se dividen en diferentes categorías. [128]

### 6.6.2 Clasificación contactores AC.

La clase de corriente alterna (AC) tendrá al lado de la marca "AC" un número determinado que puede ir de 1 a 4. Esta marca expresa el comportamiento del contactor ante determinados tipos de funcionamiento, de esta manera obtenemos:

-La clase AC1

La clase AC1 nos dice que en funcionamiento normal la conexión y desconexión se puede realizar al 100 % de la corriente nominal del aparato al que esté conectado y que en funcionamiento ocasional tanto la conexión como la desconexión puede realizarse al 150 % de la corriente nominal del aparato al que hayamos conectado el contactor. [128]

-La clase AC2

La clase AC2 nos dice que durante un funcionamiento normal la conexión puede realizarse al 250 % de la corriente nominal y, por su parte, la desconexión podrá realizarse al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor. En funcionamiento ocasional se puede realizar tanto la conexión como la desconexión al 400 % de la corriente nominal del aparato receptor. [128]

-La clase AC3

La clase AC3 nos dice que con un funcionamiento normal la conexión puede realizarse al 600 % de la corriente nominal y en la desconexión al 100 % de la corriente nominal del aparato al que esté conectado el contactor. Por el contrario, si el contactor es utilizado de manera ocasional la conexión de dicho contactor podrá realizarse al 1000 % de la corriente nominal del aparato receptor pero solamente si ésta es menor a 100 A o al 800 % si es mayor a 100 A. Por su parte la desconexión podrá realizarse al 800 % de la corriente nominal del aparato que hallamos conectado si ésta es menor a 100 A o al 600 % si es mayor a 100 A. [128]

-La clase AC4

Con ésta última clase terminamos con los contactores de corriente alterna. Ésta última clase la AC4 nos dice que durante un uso normal tanto la conexión como la desconexión puede realizarse al 600 % de la corriente nominal del aparato receptor. Por otro lado durante un uso ocasional la conexión podrá realizarse al 1200 % de la corriente nominal del aparato receptor si ésta es menor a 100 A o al 1000 % si es

mayor a 100 A. Durante el uso ocasional la desconexión podrá realizarse al 1000 % de la corriente nominal del aparato receptor si dicha corriente nominal es menor a 100 A o al 800 % si la corriente nominal es mayor a 100 A. [128]

### **6.6.3 Clasificación contactores DC.**

Los contactores de corriente continua (DC) tendrán al lado de la marca "DC" un número asignado que puede ir de 1 a 5 obteniendo de ésta manera cinco posibles clases de contactor de corriente continua. [128]

-La clase DC1

La primera clase explica que durante un funcionamiento normal tanto la conexión como la desconexión puede realizarse al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor y que durante el funcionamiento ocasional tanto la conexión como la desconexión puede realizarse al 150 % de la corriente nominal del aparato receptor. [128]

-La clase DC2

La segunda clase dice que durante un funcionamiento normal tanto la conexión como la desconexión del contactor puede realizarse al 250 % de la corriente nominal y que la desconexión podrá realizarse al 100 % de la corriente nominal (con una constante de tiempo hasta 7,5 milisegundos) del aparato receptor. En funcionamiento ocasional tanto la conexión como la desconexión podrá realizarse al 400 % de la corriente nominal (con una constante de tiempo de hasta 2,5 milisegundos) del aparato receptor. [128]

-La clase DC3

Con la tercera clase de contactores tanto la conexión como la desconexión puede realizarse al 250 % de la corriente nominal (con una constante de tiempo de hasta 2 milisegundos) del aparato receptor durante un funcionamiento normal. En funcionamiento ocasional tanto la conexión como la desconexión podrá realizarse al 400 % de la corriente nominal (con constante de tiempo de hasta 2,5 milisegundos del aparato receptor. [128]

-La clase DC4

La clase DC4 dice que en funcionamiento normal la conexión puede realizarse al 250 % de la corriente nominal del aparato conectado y, por su parte, la desconexión podrá

realizarse al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor. En funcionamiento ocasional En funcionamiento ocasional tanto la conexión de dicho contactor como la desconexión se podrán realizar al 400% de la corriente nominal del aparato que hayamos conectado a dicho contactor. [128]

-La clase DC5

Para los contactores de corriente continua de clase 5 o DC5 durante un funcionamiento normal tanto la conexión como la desconexión de dicho contactor podrá realizarse al 250% de la corriente nominal del aparato receptor. Por otro lado si el contactor de corriente continua de clase 5 tiene un funcionamiento ocasional tanto la desconexión como la conexión podrán realizarse al 400 % de la corriente nominal del aparato receptor. [128]

Para acabar decir que otro tipo de mecanismos automáticos que podemos encontrarnos abordo o en un circuito eléctrico cualquiera puede ser:

### **6.7 Termostato.**

Son dispositivos que a una determinada temperatura que se prefija, abren o cierran un circuito. [131] Su forma constructiva depende de la función y de su campo de aplicación, por ejemplo los termostatos que se destinan a bajas temperaturas funcionan básicamente de la siguiente manera: El frío produce una variación en la presión de un líquido encerrado en el interior de un tubo capilar que produce una variación de nivel en el interior de un recipiente que actúa sobre unos contactos, produciéndose de esta manera una variación en un circuito.

**Imagen nº 96. Termostato bipolar con tubo capilar.**



Fuente: [http://q01.a.alicdn.com/kf/HTB10\\_J1HVXXXXczXVXXq6xXFXXa/Di&aacute;metro-6-mm-x-73-mm-horno-el&aacute;ctrico-30-110C-NC-Control-de-temperatura-termostato-capilar.jpg](http://q01.a.alicdn.com/kf/HTB10_J1HVXXXXczXVXXq6xXFXXa/Di&aacute;metro-6-mm-x-73-mm-horno-el&aacute;ctrico-30-110C-NC-Control-de-temperatura-termostato-capilar.jpg) [132]

Por otro lado los termostatos para temperaturas elevadas tienen un funcionamiento diferente, al calentar unas placas metálicas aparece en ellos un diferencia de potencial esta diferencia de potencial se amplifica y se envía a un electroimán que actúa sobre unos contactos. [131]

**6.8 Presostato.**

Son dispositivos que ante una variación de presión producen la apertura o cierre de un circuito. [131] Interiormente poseen una membrana bajo un muelle, que está unida a un contacto móvil con lo que se puede abrir y cerrar un circuito si se supera la fuerza del muelle.

**Imagen nº 97. Presostato.**



Fuente: [http://cdn.shoptown.co/live/3361465/3472141/Print\\_medium\\_PressSwitch\\_KPI36\\_aug09\\_bsq.jpg](http://cdn.shoptown.co/live/3361465/3472141/Print_medium_PressSwitch_KPI36_aug09_bsq.jpg) [133]

### 6.9 Interruptor de nivel.

Estos son interruptores que se accionan por la variación de nivel de un líquido en un depósito. Este tipo de interruptor usualmente se activa tanto por bajo nivel como por alto nivel. Existen dos tipos que son los más utilizados, los primeros con los de interruptor con boya que poseen una palanca que está unida a la boya y a los contactos haciendo contacto, o no, según la boya suba o baje.

El segundo es con bola de acero éste dispositivo consta de una caja esférica totalmente cerrada que contiene el órgano de maniobra que funciona básicamente como un contactor cuando esta bola detecta una variación de nivel. [131]

**Imagen nº 98. Interruptores de nivel.**

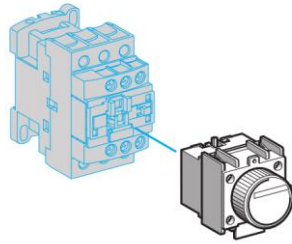


Fuente: [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/25159-2713329.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/25159-2713329.jpg) [134]

### 6.10 Temporizador

***Es un dispositivo que mantiene durante un tiempo un contacto abierto o cerrado, gracias a un mecanismo de relojería [131].*** O bien por medio de un dispositivo digital. Este tipo de accionamiento lo podemos encontrar como una unidad o como un accesorio a un contactor tal y como se ve en la imagen siguiente.

**Imagen nº 99. Temporizador accesorio para contactor.**



Fuente: <http://waterheatertimer.org/images/LADT-Contact-block-2-200.jpg> [135]

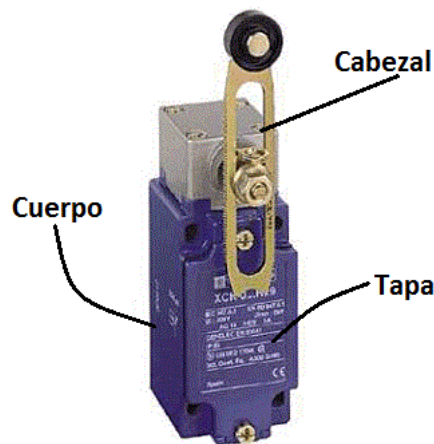
**6.11 Interruptores finales de carrera.**

Son interruptores que se accionan por el contacto mecánico de piezas u objetos al final de su recorrido. Debido a la gran amplitud de aplicaciones de este tipo de interruptores lo usual es que se fabrique una sola pieza sobre la cual se conectan diversas cabezas mecánicas para adecuarlo a la situación. [131]

**6.11.1 Partes de los interruptores finales de carrera.**

Este tipo interruptores constan de diversas partes que son las que se muestran a continuación:

**Imagen nº 100. Partes de un final de carrera.**



Elaboración propia.

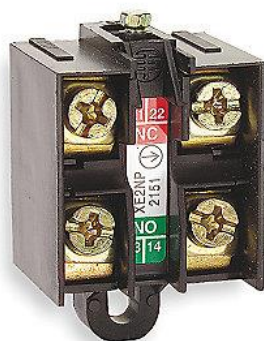
Fuente: [http://elcodis.com/photos/21/32/213238/4683394\\_sml.jpg](http://elcodis.com/photos/21/32/213238/4683394_sml.jpg) [136]



**-Cuerpo:**

En el interior de éste se encuentra el interruptor, con sus terminales, que es el que abre o cierra el circuito. Los interruptores pueden ser normalmente cerrados o normalmente abiertos o incluso tener un grupo de contactos normalmente cerrado y otros normalmente abiertos. [137]

**Imagen nº 101. Cuerpo de contactos de un final de carrera.**



Fuente: [http://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4AJ35\\_AS01?§mdmain§](http://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4AJ35_AS01?§mdmain§) [138]

**-Tapa:**

La tapa cierra el cuerpo por su parte frontal, normalmente lleva una junta de material plástico para evitar la entrada de polvo y agua. [137]

**-Prensaestopa:**

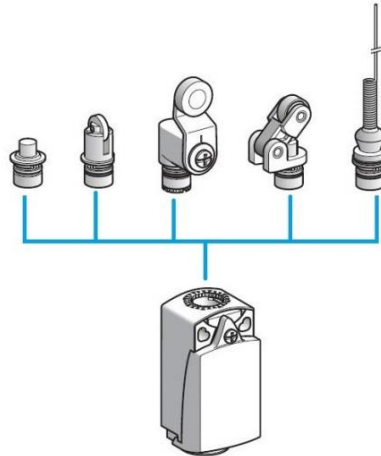
Este accesorio va acoplado por la parte inferior al cuerpo mediante una apertura roscada. El prensa estopa tiene la función de servir de entrada y salida de cables haciendo el cuerpo estanco al polvo del exterior. Interiormente posee un anillo de goma que se ajusta al contorno de los cables. [137]

**-Cabezal:**

Éste lo encontramos en la parte superior del cuerpo y es independiente. En el encontramos el actuador que es el mecanismo mediante el cual se actúa el interruptor a través de un vástago. [137]

Existen diversos tipos de cabezales que podemos acoplar al cabezal para adecuarlos a nuestras necesidades específicas, algunos de ellos podemos verlos en la imagen siguiente.

**Imagen nº 102. Distintos cabezales para un final de carrera.**



*Elaboración propia.*

Fuente: [http://distribucioneselectricas.com/6616-thickbox\\_default/final-de-carrera-1nc1na-cabeza-rueda-xck-p2118p16-telemecanique.jpg](http://distribucioneselectricas.com/6616-thickbox_default/final-de-carrera-1nc1na-cabeza-rueda-xck-p2118p16-telemecanique.jpg) [139]

### 6.12 Controladores lógicos programables.

El PLC (acrónimo del inglés “Programmable Logic Controller”) o Controlador lógico programable es un pequeño ordenador que puede ser programado para controlar determinados procesos, todo PLC está compuesto por tres partes principales:

**Imagen nº 103. Partes principales de un PLC.**



*Elaboración propia.*

Fuente: Trabajo de campo.

La CPU está compuesta de un procesador y una memoria de programas.

Para lograr que el PLC realice alguna acción primero deberemos de crear un programa que cargaremos en la CPU. Este programa mediante la CPU controlará el proceso en cuestión. De ésta manera al proporcionarle una entrada, por ejemplo al pulsar un

botón, que enviaremos a la CPU, sin embargo ésta entrada deberá ser transformada en un lenguaje que la CPU pueda entender. Una vez hecho esto la CPU mandará una señal a la salida que transformará la información en una señal eléctrica. [140]

Exteriormente un PLC lo veremos así:

**Imagen nº 104. Controlador lógico programable.**



Fuente: <http://i.ebayimg.com/images/i/170986773754-0-1/s-l1000.jpg> [141]

En la imagen podemos observar que ese PLC en particular posee 8 entradas y 4 salidas, además vemos como en la parte superior tiene las letras “L1” y “N” que son las entradas de la alimentación para poder hacer funcionar el PLC. Para terminar se puede observar como el PLC de la imagen posee una pantalla digital con unos cursores y los botones de ESC y OK que nos servirán para programar el PLC. [142]

Usualmente los PLC también poseen unos led que indican el estado del PLC donde usualmente encontramos estos tres estados:

Power: Nos indica que le está llegando corriente al PLC.

Run: Nos muestra que el PLC está ejecutando el programa.

Fault: Que existe algún error en el programa.

La ventaja principal de los PLC sobre los relés es que son programables y que por tanto para cambiar una función no sería necesario el volver a cablear todo el circuito sino que simplemente bastaría con reprogramar el PLC. [142]

Otra característica ventajosa de los PLC es que son modulares, es decir, se pueden añadir y quitar módulos.

**Imagen nº 105. Módulo auxiliar.**



Fuente: [http://www.programminglogiccontroller.com/photo/pl2321952-tipo\\_m\\_dulo\\_de\\_entrada\\_del\\_plc\\_siemens\\_compatible\\_s7\\_200\\_m\\_dulo\\_del\\_transistor\\_de\\_la\\_extensi\\_n\\_del\\_plc.jpg](http://www.programminglogiccontroller.com/photo/pl2321952-tipo_m_dulo_de_entrada_del_plc_siemens_compatible_s7_200_m_dulo_del_transistor_de_la_extensi_n_del_plc.jpg) [143]

### 6.13 Relés programables

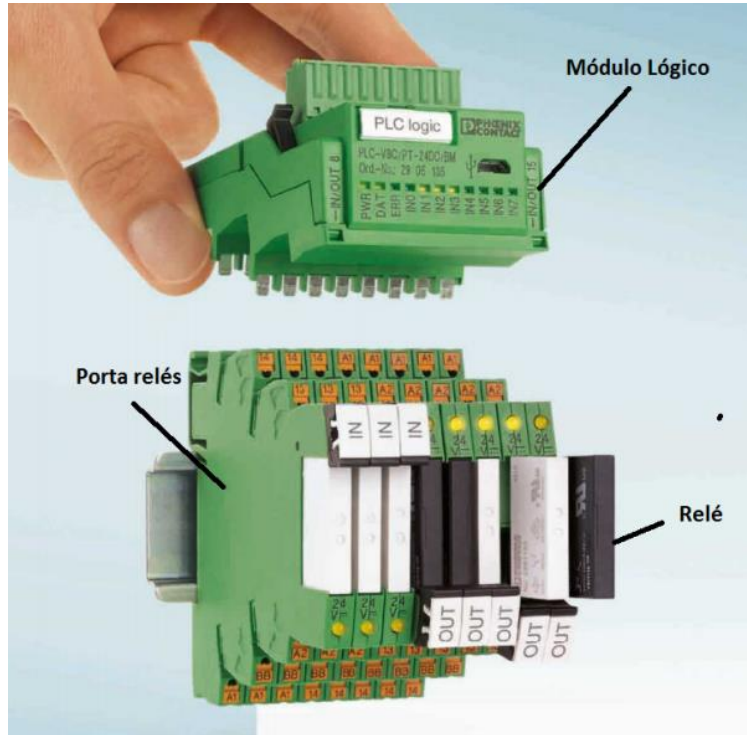
Los PLR al igual que los PLC reciben su nombre de un acrónimo inglés que en este caso es “Programmable Logic Relay”.

Este dispositivo de accionamiento nos permite controlar un circuito desde la distancia y mezcla la lógica programable con la fiabilidad de los relés. Este sistema de accionamiento puede usarse en pequeñas aplicaciones sin tener que comprar un PLC que es más costoso. [144]

### 6.13.1 Partes de los relés programables.

Los PLR se componen de los siguientes módulos.

Imagen nº 106. Partes de un relé programable.



Fuente: [http://media.cirrusmedia.com.au/PT\\_Media\\_Library/ServiceLoad/Article/New-programmable-logic-relay-system-in-a-highly-compact-package-651689-1.jpg?width=300&height=300&mode=max](http://media.cirrusmedia.com.au/PT_Media_Library/ServiceLoad/Article/New-programmable-logic-relay-system-in-a-highly-compact-package-651689-1.jpg?width=300&height=300&mode=max)  
[145]

El módulo lógico que posee el programa y que activa y desactiva los relés.

El módulo de relés que a su vez se compone del porta relé y del relé en sí.

### 6.14 Arrancadores suaves.

Un arrancador es un accionamiento eléctrico que se usa para facilitar (ayudar) al motor en el momento del arranque. Son equipos que mediante el control de las fases del motor, regulan la tensión y la corriente durante su arranque, también controlan su parada. Los sensores de corriente incorporados le envían información al

microprocesador, para regular el par ante las diferentes condiciones de carga y proteger al motor de sobrecargas. [144]

### 6.14.1 Partes de un arrancador.

Las partes de un arrancador suave son:

Imagen nº 107. Partes de un arrancador suave.



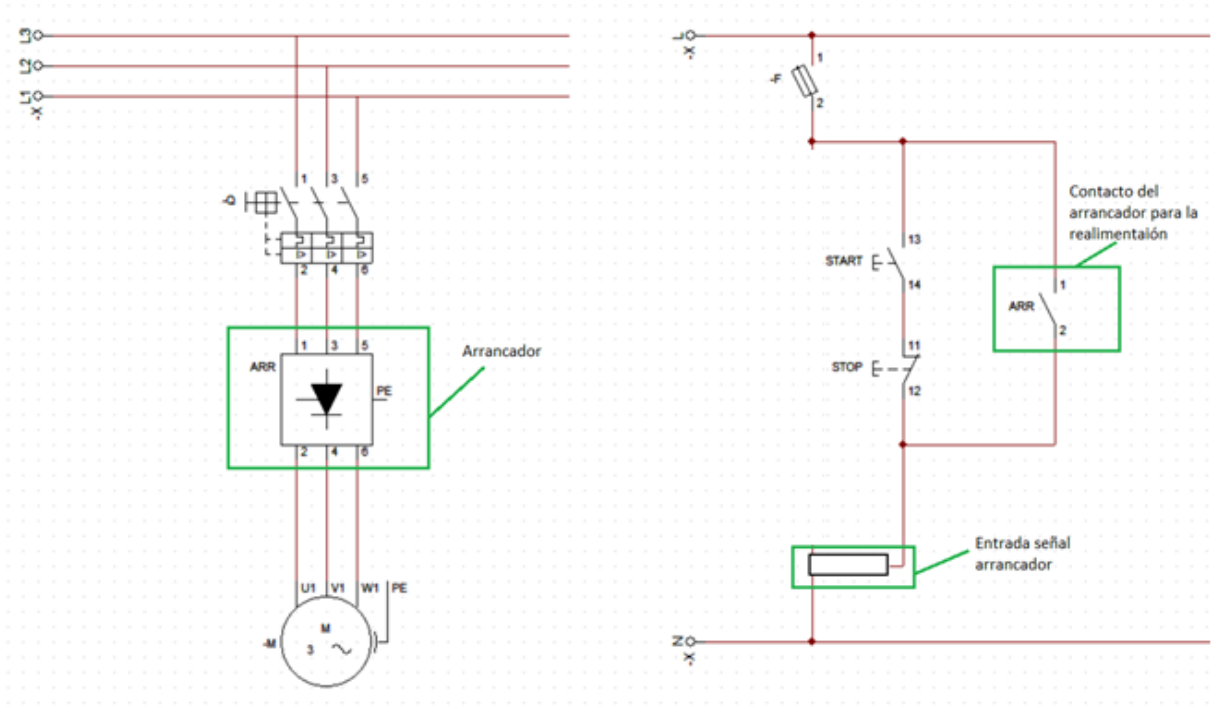
Elaboración propia.

Fuente: [http://www.overcontrols.com/archivos/fotos/011b66\\_t-130393418402846624.jpg](http://www.overcontrols.com/archivos/fotos/011b66_t-130393418402846624.jpg) [146]

6.14.2 Esquemas de conexión.

Un posible esquema de la conexión es:

Imagen nº 108. Esquema de conexión de un arrancador suave para un motor.



Elaboración propia.

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez conectado se procede a jugar con la tensión inicial y el tiempo de arranque para lograr un arranque fino.

### 6.15 Variador de frecuencia.

Un variador de frecuencia es un accionamiento eléctrico que permite controlar la velocidad de funcionamiento de un motor eléctrico. El variador de frecuencia es un accionamiento que se emplean para controlar y variar la velocidad giratoria de los motores. El convertidor o variador se coloca entre la alimentación y el motor. De manera que cuando el convertidor recibe la energía, varía su salida al motor

**Imagen nº 109. Situación del variador de frecuencia respecto al cuadro eléctrico y al motor.**



Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=z\\_6YlBjqq04](https://www.youtube.com/watch?v=z_6YlBjqq04) [147]

En el interior del variador la corriente de entrada pasa por un rectificador que modifica su entrada de corriente alterna a corriente continua. Esta corriente continua carga los condensadores del convertidor, lo que suaviza la onda de la corriente eléctrica proporcionando una fuente de alimentación limpia. A continuación la corriente pasa a través de un inversor que transforma la corriente continua en corriente alterna de salida, que es la que alimenta al motor. Durante este paso se modifica la frecuencia y la tensión que alimenta al motor permitiendo que este se adecúe a las necesidades de cada momento [147]



Se utilizan cuando se desea un dominio del par de arranque y la velocidad del motor. Este tipo de control puede hacerse por medio de dos procedimientos.

Mediante un control manual mediante el cual podemos modificar la velocidad manualmente mediante un display. [147]

También lo podemos realizar mediante el control automático que utiliza la realimentación de una señal para ajustar la velocidad automáticamente.

#### **6.15.1 Como conectar y programar un variador de frecuencia.**

Los variadores de frecuencia tienen una placa característica que nos muestra la siguiente información.

Ejemplo.

Rango de aplicación para motores → 1HP/0.75kw

Alimentación → AC 3 fases 50/60 Hz

Voltaje → 380-480V (+10%, -15%)

Amperaje → 4.2<sup>a</sup>

Visualmente lo encontraremos como un accionamiento eléctrico en forma de armario con una pequeña pantalla sobre la cual se podrá ver en todo momento el estado del variador y también la podremos utilizar para programar el variador.

Para programarlo comenzaremos desde el principio verificando que el variador se pueda utilizar para los equipos que va a comandar. [148]

Desconectaremos la alimentación del circuito con el que vallamos a trabajar.

Colocaremos el magnetotérmico por protección en el interior del cuadro eléctrico.

Procederemos a realizar las conexiones correspondientes empezando por conectar el variador al magnetotérmico y del variador al motor sin conectar los cables a la alimentación. [148]

Es importante tener desacoplado el motor para poder ver el sentido de giro de éste posteriormente, o en el caso de no poderlo desacoplar colocaremos las pinzas del girómetro. [148]

Conectamos la alimentación al magnetotérmico y conectamos el circuito a la red eléctrica. [148]

Durante los primeros segundos se nos encenderá la pantalla y se nos mostrará el voltaje de alimentación. Primero se nos mostrará la salida inicial de frecuencia que tiene, así como las revoluciones que tiene el motor. Presionamos el botón de RUN.

Es ahora cuando verificamos el giro del motor mediante el girómetro, si es correcto pulsaremos STOP, en el caso de que gire al contrario de como nosotros queremos pulsaremos STOP desacoplaremos el circuito de la red y cambiaremos la posición dos fases en la caja de bornas del motor. [148]

Una vez hecho esto volveremos a conectarlo y terminaremos moviendo los cursores para aumentar la frecuencia hasta la requerida. Por último guardaremos los cambios pulsando ENTER y pulsaremos RUN para que el motor gire. [148]

### **ACÁPITE 7: DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.**

Los dispositivos de protección son equipos eléctricos que protegen a las personas y a los componentes del circuito de los daños que se pueden causar por fallas eléctricas.

El simple hecho de que nosotros nos preocupemos por profundizar en este tema nos convierte en equipos de protección, lo más importante es no realizar ningún tipo de reparación o modificación sin los EPIS correspondientes y las herramientas adecuadas y siempre cumpliendo la normativa del sistema de gestión de la seguridad del buque en el que nos encontremos.

Si observamos la ecuación de la potencia que viene dada por la ley de ohm.

$$P = I^2 R [2]$$

Nos daremos cuenta de que la potencia disipada por un equipo viene dado por el cuadrado de la intensidad..

En el caso de producirse un cortocircuito fortuito , la intensidad circulante es enormemente grande, por lo que un trozo de conductor se calentaría llegando a su punto de fusión . O también puede quemar el revestimiento y causar incendios o gases venenosos.[149]

Es por ello que en muchas industrias se coloca una seta de seguridad que corta la corriente evitando el peligro que supone éste tipo de avería.

En la industria moderna se han implementado sistemas que no necesitan de la intervención humana para poder cortar el paso de la corriente eléctrica a través de un circuito de manera automática.

Algunos de ellos son:

- Fusibles
- Relé térmico
- Disyuntores
- Protectores contra fallas de corriente a suelo

Todos ellos tienen la misma función que es la de abrir el circuito para cortar la corriente, sin embargo estos no usan los mismos principios para detectar los fallos eléctricos. Todos los sistemas de protección se colocan en serie con el equipo que se intenta proteger

### 7.1 Fusible.

El fusible es un elemento constituido por un material metálico que tiene como objetivo fundirse a una determinada temperatura para abrir el circuito. [149]

El símbolo del fusible es el siguiente:

**Imagen nº 110. Símbolo eléctrico del fusible.**



Fuente: <http://www.frino.com.ar/simbolos/Fusibles.gif> [150]

#### 7.1.1 Partes de un fusible.

Es un elemento que se compone de las siguientes partes:

- Cuerpo.

es la envoltura del elemento fusible en si y sirve de protección par éste se cierra por sus dos extremos por los casquillos existen tipos de interruptores los cuales poseen en su interior un tipo de arena para apagar las chispas.[151]

- Casquillos metálicos.

Cierran al conjunto de elemento fusible y el cuerpo por sus dos extremos, a los cuales va soldado el elemento fusible y los cuales hacen de contacto.

Los casquillos metálicos a veces se sustitulle por unas chapas metálicas que tienen la misma función. [151]

- Elemento fusible.

Es el elemento encargado de fundirse abriendo así el circuito una vez alcanzada una

determinada intensidad. [151]

Lo que ocurre en un circuito cuando se produce un cortocircuito es que la resistencia total del circuito decrece por lo que la intensidad crece llegando a un momento en el cual el fusible se funde abriendo el circuito y protegiendo de ésta manera al equipo.

Por tanto podríamos decir que la misión del fusible es operar como un interruptor de manera que cuando se funde hace de interruptor abierto por lo que no circula corriente por el circuito. Sin embargo, el hecho de que el fusible se funda expone su principal defecto, el cual es que una vez que el fusible se funde es necesario reemplazarlo, es por ello que antes incluso de reemplazar un fusible en el interior de un circuito es necesario que se repare el fallo. [151]

### **7.1.2 Características de los fusibles.**

Los fusibles tienen una serie de características comunes las cuales son:

- Corriente nominal.

La corriente nominal es la intensidad que puede circular por el fusible indefinidamente sin que éste se deteriore [151]

- Retraso.

Como hemos dicho el fusible es un elemento metálico que se funde, al tiempo que tarda en fundirse se denomina retraso. [151]

- Voltaje nominal.

El voltaje nominal es la tensión para la que ha sido previsto su funcionamiento. Para grandes voltajes se necesitan grandes fusibles puesto que a grandes voltajes el aire puede llegar a ser conductor produciendo arcos eléctricos. [151]

- Capacidad de corte.

Poder de corte es la máxima intensidad que puede cortar el fusible de manera segura. [151]

- Rechazo.

El rechazo es una propiedad constructiva de determinados fusibles, de manera que no se pueda colocar en un portafusible un fusible de una corriente nominal diferente.

El fusible no está pensado para hacer de interruptor que abre y cierra un circuito de manera habitual, es por ello que cuando vamos a sustituir un fusible es necesario cortar la corriente. [151]

### 7.1.3 Clasificación de los fusibles.

Para poder adaptarse a las necesidades de cada industria existen diferentes tipos de fusibles, éstos se clasifican de la siguiente forma:

- Según su código.

Los fusibles llevan un código de letras seguido de números que se refiere a la clase de servicio a la que está destinado. [151]

La primera letra corresponde al tipo de servicio al que está destinado, la segunda letra corresponde al equipo al que se quiere proteger. [151]

La primera letra puede ser:

G→ Esta letra proviene del acrónimo inglés “General purpose fuses” significa que es para uso general. [151]

A→ La letra A significa que es un fusible de acompañamiento, es decir, que protege contra cortocircuitos pero que sirve como elemento de acompañamiento para otro equipo de protección como puede ser un relé térmico. [151]

La segunda letra nos dice a que elemento está destinado a proteger, por ejemplo:

I→ Cables y conductores.

M→ Aparatos de conexión.

R→ Semiconductores.

B→ Instalaciones de minería.

Tr→ Transformadores.

F→ Protege contra sobre cargas y cortocircuitos.

T→ Protege contra sobrecargas sostenidas y cortocircuitos.

L→ Protege a circuitos sin variaciones de corriente grandes.

D→ Protección de disyuntor.

LL→ Protección con retardo.

M→ Protección de motores.

- Otra clasificación puede ser por su tamaño y forma :

Las primeras letras nos dicen de que forma son: [151]

CI→Cilíndricos.

**Imagen nº 111. Fusible cilíndrico.**



Fuente: [http://distribuidoradematerialeselectricos.com/edelco/494-thickbox\\_default/fusibles-hrc-tipo-am-proteccion-de-motor-dimension-14-x-51-mm.jpg](http://distribuidoradematerialeselectricos.com/edelco/494-thickbox_default/fusibles-hrc-tipo-am-proteccion-de-motor-dimension-14-x-51-mm.jpg) [152]

D→Sin de tipo diazed también llamados de balín.

**Imagen nº 112. Fusible tipo Diazed.**



Fuente: [http://www.ledcontrols.com.mx/i/c/4b687d8c85c2f\\_fusibletipocigarro.jpg](http://www.ledcontrols.com.mx/i/c/4b687d8c85c2f_fusibletipocigarro.jpg) [153]

D0→Son fusibles de rechazo.

**Imagen nº 113. Fusible de rechazo.**



Fuente: [http://www.elmaterialelectrico.com/633-1208-large\\_default/fusible-ceramico-tipo-neozed-d02-de-50-a.jpg](http://www.elmaterialelectrico.com/633-1208-large_default/fusible-ceramico-tipo-neozed-d02-de-50-a.jpg) [154]

CU→ De cuchillas o también llamados NH.

**Imagen nº 114. Fusible tipo NH.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m2/fusible-nh-29667-2665805.jpgv](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/fusible-nh-29667-2665805.jpgv) [155]

#### 7.1.4 La elección del fusible.

Para la elección del fusible a colocar debemos tener en cuenta que los fusibles se funden con intensidades iguales o superiores a su intensidad de fusión. Es por ello que se deben cumplir una serie de normas.[156]

1. La primera es que la intensidad de fusión del fusible deberá ser igual o superior a la intensidad que circulará por el circuito pero menor que la intensidad que puede llegar a perjudicar a nuestro equipo, es decir la intensidad máxima admisible.[156]
2. La intensidad de sobrecarga que hará que el fusible se funda de forma segura en un tiempo convencional será menor o igual a la intensidad máxima admisible incrementada en un 45%. (**norma UNE 20460**)[156]
3. Debe tener un poder de corte superior a la máxima intensidad que se pueda dar en el circuito, es decir, deberá poder asegurar la apertura del circuito incluso cuando se llege a la intensidad máxima que podría fluir por el circuito. [156]
4. La intensidad de fusión del fusible debe ser inferior a la de los conductores del circuito para evitar que se funda primero el conductor que el fusible. [156]
5. El fusible debe de asegurar que un pequeño aumento de corriente no sea confundido por el fusible como una sobrecarga ya que si no se fundiría. [156]
6. Se debe cumplir que el tiempo que soportaría el cable durante el cortocircuito sea mayor que el que el que soporta el fusible, de manera que primero se funda el fusible. [156]

Para saber si un fusible cumple con estas conducciones, nos fijaremos en la curva de

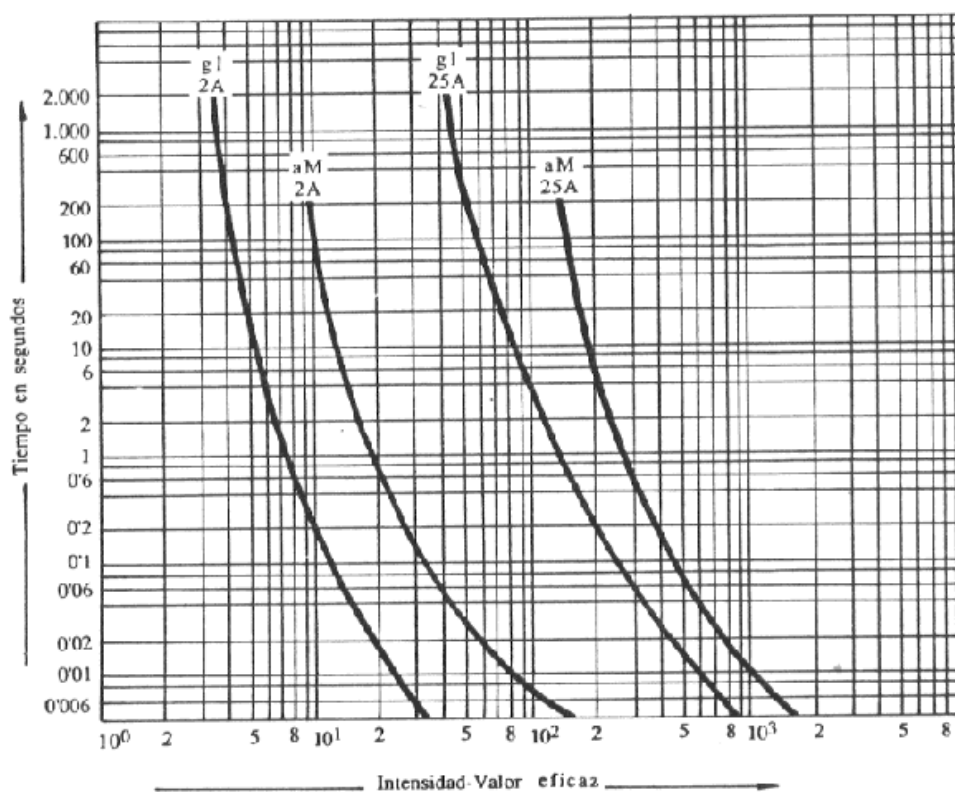


respuesta que se expresa mediante un eje cartesiano.

El eje Y corresponde al tiempo en segundos y el eje X corresponde a la intensidad en amperios (A), en realidad la curva de respuesta son dos.

Aunque la dibujada por una línea continua es la que nos interesa puesto que la primera es la que nos expresa la intensidad mínima a la cual el fusible abre el circuito, y la dibujada con una línea expresa la intensidad a la que seguro que abre el circuito. [156]

**Imagen nº 115. Curva de respuesta para varios fusibles.**



Fuente: <https://automatismoidustrial.files.wordpress.com/2012/10/curva-fusibles.gif> [157]

Una vez tenemos una idea de lo que es y cómo funciona un fusible pasaremos a el siguiente elemento de protección que es el relé térmico.

## 7.2 Relé térmico.

Imagen nº 116. Símbolo eléctrico del relé térmico.



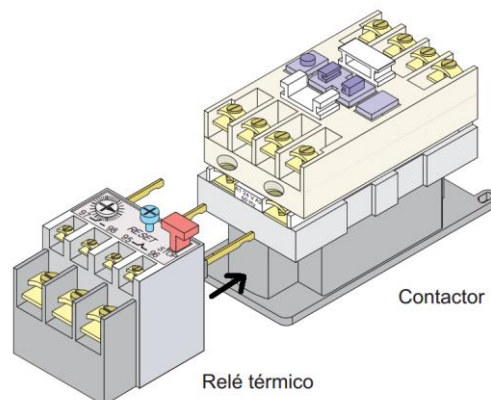
Fuente: <https://gallery.proficad.com/simbolos/instalaciones/aparamenta-y-dispositivos-de-control-y-proteccion/rele-termico-3P.html> [158]

Un relé térmico es un dispositivo de protección diseñado para la protección contra sobrecargas, fallo de alguna fase y contra diferencias de carga entre fases.

Interiormente el relé térmico posee una lámina bimetálica formada por dos tiras de metales distintos, que se dilatan gracias al calor producido por la corriente al pasar a través de ellos. Al producirse dicha dilatación, el relé desconecta el circuito en el que está instalado.[149]

Para lograr aumentar el calor generado por la corriente algunos relés térmicos poseen en su interior unas bobinas calefactoras para acelerar el proceso. Es usual encontrarlo como accesorio para contactores a los cuales se encaja por medio de unas patas.

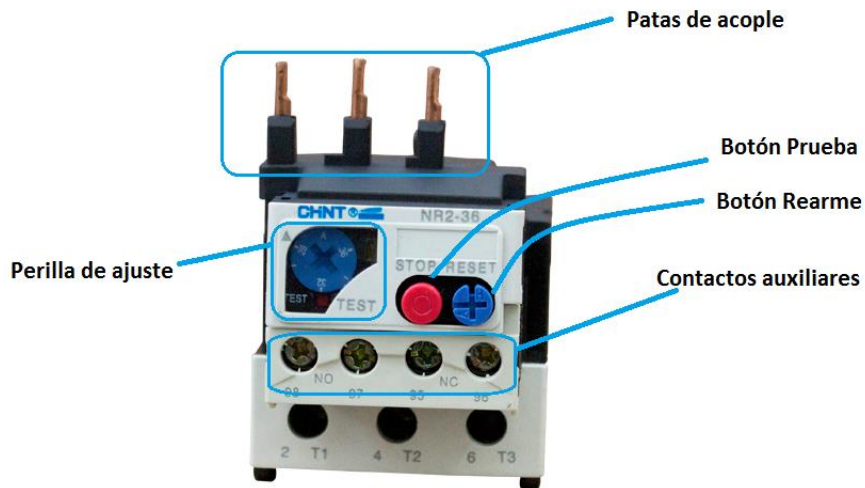
Imagen nº 117: Relé térmico como accesorio para un contactor.



Fuente: <http://quindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf> [159]

Exteriormente los relé térmicos poseen una perilla donde podemos ajustarla intensidad a la cual queremos que salte, además incorpora un botón de prueba (STOP), y otro para el rearme (RESET). Además poseen una serie de contactos auxiliares que podemos utilizar para comandar otros circuitos

**Imagen nº 118. Partes de un relé térmico.**



Fuente: <http://allesservicos.com.br/rele-termico-nr2-36> [160]

Los relés térmicos también tienen una curva de carga en la cual nos dice a que intensidad saltará el relé. Para la regulación del relé térmico podemos utilizar las siguientes tablas:

Tabla nº 10 Ayuda para motores con arranque directo.

Para motores con arranque directo							
Potencia Útil		230V			400V		
C.V.	KW	Intensidad en amperios	Regulación		Intensidad en amperios	Regulación	
			Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
0.5	0.37	2	1.9	2.9	1.13	1	1.5
0.75	0.55	2.75	2.5	4	1.6	1.2	1.7
1	0.75	3.5	2.5	4	2	1.9	2.7
1.5	1.10	5	4	6.3	2.5	2.5	4
2	1.50	7	5.5	7.5	3.5	2.5	4
3	2.20	9	7	10	5	4	6.3
4	3	12	10	13	7	7	10
5.5	4	16	14.5	17.5	9	7	10
7.5	5.5	21	17.5	22	12	10	13
10	7.5	27	25	32	16	14.5	17.5
15	11	40	30	40	22.5	21	26
20	15	50	44	54	30	25	32
25	18.5	65	64	75	37	40	55
30	22	75	70	80	44	39	47
40	30	105	90	110	60	54	64
50	37	126	110	140	72	64	75
60	45	150	140	180	80	80	95
75	55	182	175	280	100	175	280
100	75	250	175	280	135	110	140
125	90	309	250	400	165	120	190
150	110	356	315	500	200	175	280
205	150	500	430	700	269	250	400
250	185	609	430	700	355	315	500

Fuente: <http://tecnologiaelectron.blogspot.com.es/2014/04/reles-magneticos-magnetotermicos-el.html>

[161]

Tabla nº 11. Ayuda para motores con arranque estrella triángulo.

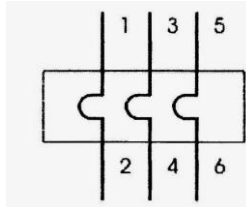
Para motores con arranque estrella triángulo							
Potencia del motor 230V		Potencia del motor 400V		Potencia del motor 690V		Regulación del relé térmico	
KW	A	KW	A	KW	A	Mínim o	Máximo
2.2	9	4	9	7.5	9	4	6.3
3	12	5.5	12			5.5	7.5
4	16	7.5	16	11	13	7	10
5.5	21	11	22.5	15	18	10	13
7.5	27	15	30	22	26	14.5	17.5
11	40	18.5	37	30	35	21	26
15	50	25	50	37	41	25	32
18. 5	65	30	60	55	60	32	41
30	105	55	105	90	75	54	65
37	126					64	75
40	1238	75	138	132	141	80	95
45	150			150	166	80	95
55	182			160	170	90	120
75	239	132	245	187	193	110	140
90	309			200	207	140	180
110	356	185	355			175	280
150	500	250	475			200	310
185	609	315	580			315	500
200	630	335	630			315	500
220	710	400	720	710	729	315	500
250	823					430	700
300	975					430	700

Fuente: <http://tecnologiaelectron.blogspot.com.es/2014/04/reles-magneticos-magnetotermicos-el.html>

[161]

### 7.3 Relé electromagnético

Imagen nº 119. Símbolo eléctrico relé electromagnético.

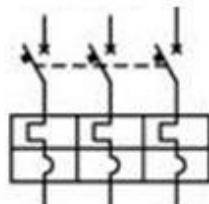


Fuente: <http://tecnologiaelectron.blogspot.com.es/2014/04/reles-magneticos-magnetotermicos-el.html>  
[161]

El relé magnético es un equipo de protección que protege al circuito de cortocircuitos. Está constituido por un electroimán que atrae a un núcleo de hierro éste actúa sobre dispositivos o resortes, abriendo o cerrando el circuito cuando el valor de la corriente llega a un cierto límite prefijado de antemano al igual que los dos dispositivos anteriores también tiene una curva de carga en la cual nos dice a que intensidad saltará el relé. [161]

### 7.4 Relé magnetotérmico.

Imagen nº 120. Símbolo eléctrico relé magnetotérmico.



Fuente: [http://www.inghelcomponent.com/public/68267547\\_Schema\\_monofase.jpg](http://www.inghelcomponent.com/public/68267547_Schema_monofase.jpg) [162]

Son dispositivos de protección que combinan el funcionamiento del relé magnético y el

relé térmico de manera que protege de sobrecargas cuando funciona como relé térmico y contra cortocircuitos cuando funciona como relé electromagnético.

**Imagen nº 121. Relé magnetotérmico.**



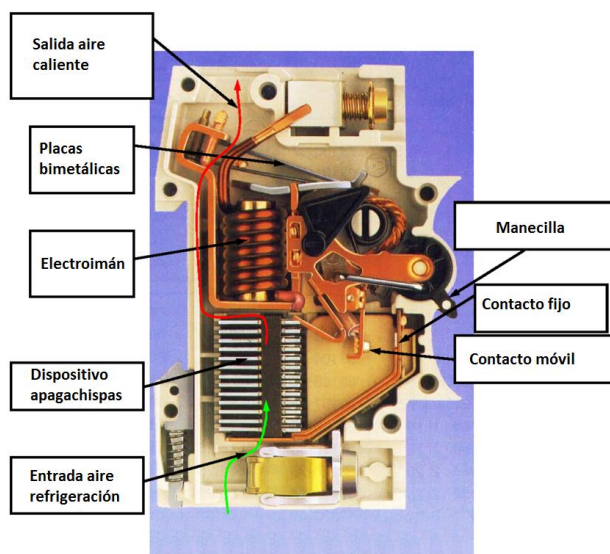
Fuente: <http://bricolaje-casa.com/wp-content/uploads/2011/09/interruptores-magnetot%C3%A9rmicos.jpg> [163]

Es aconsejable que en circuitos monofásicos y en trifásicos se instalen magnetotérmicos que corten todos los cables es decir un magnetotérmico bipolar para los monofásicos y uno tetrapolar para los circuitos trifásicos. Esto da más seguridad de protección a receptores, circuitos y usuarios o en caso de reparaciones. [149]

**7.4.1 Partes del relé magnetotérmico.**

El relé magnetotérmico consta de las siguientes partes:

**Imagen nº 122. Partes de un relé magnetotérmico.**



Fuente: <http://www.vcelectric.cl/imagenes/SeccionMagnetotermico.png> [164]

Al igual que los dispositivos de protección anteriores el relé magnetotérmico posee

una curva de carga que nos expresa cuando actuará.

Las normas para la elección de un magnetotérmico vienen recogido en la norma **UNE 20460** pero podemos resumirla en las siguientes condiciones.[165]

1º- La intensidad que circula por el circuito será menor que la intensidad del magnetotérmico y dicha intensidad deberá estar por debajo de la máxima que puede soportar el conductor.[165]

2º- La intensidad que produce que salte el magnetotérmico deberá ser menor que la intensidad máxima admisible que soporta el conductor.[165]

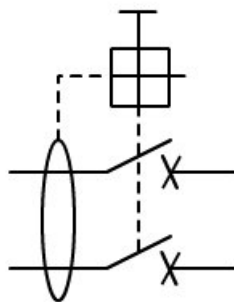
3º- El magnetotérmico deberá tener un poder de corte superior a la máxima corriente de cortocircuito que pueda atravesarlo.[165]

4º- El magnetotérmico no deberá confundir una corriente pequeña de cortocircuito como una sobrecarga.[165]

5º- El tiempo que tarda en dispararse el relé magnético deberá ser menor que el tiempo máximo que puede soportar el conductor la intensidad de cortocircuito.[165]

## 7.5 Interruptor diferencial.

**Imagen nº 123. Símbolo eléctrico del interruptor diferencial.**



Fuente: [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_simbolos/imagenes/conductor83.jpg](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_simbolos/imagenes/conductor83.jpg) [166]

El interruptor diferencial es el único dispositivo de protección que protege a las personas, es por ello que nos centraremos un poco más en él.

El interruptordiferencial es un dispositivo de protección capaz de detectar una



diferencia entre la corriente de entrada y de salida de un circuito, abriendo el circuito si se supera una diferencia determinada.

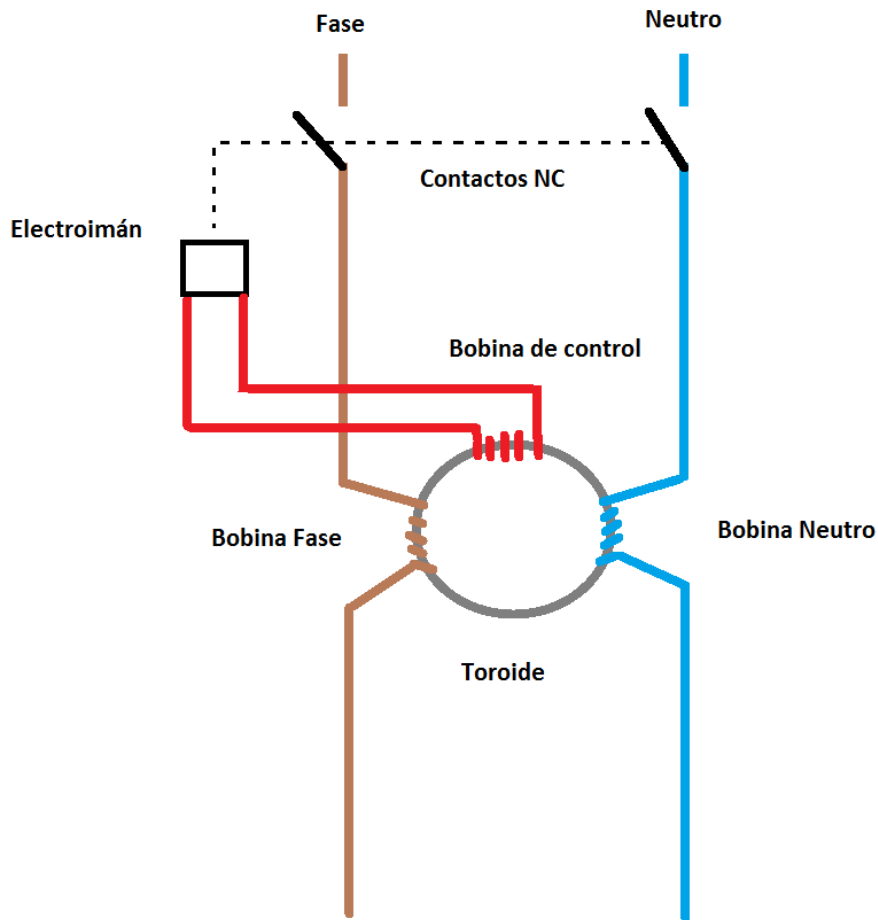
**Imagen nº 124. Interruptor diferencial.**



Fuente: [http://mla-s1-p.mlstatic.com/cable-sintenac-2-x-6-mm-y-disyuntor-schneider-2-x-40-a-216801-MLA20400977925\\_082015-O.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/cable-sintenac-2-x-6-mm-y-disyuntor-schneider-2-x-40-a-216801-MLA20400977925_082015-O.jpg) [167]

Interiormente posee un arrollamiento el cual hace de elemento de control, al estar este elemento enrollado por las dos fases si una de ésta se descompensa con la otra, se creará una corriente por el interior del elemento de control que servirá para energizar el electroimán de un relé que abrirá los contactos. En la siguiente imagen se ve un esquema del funcionamiento de éste interruptor diferencial.

Imagen nº 125. Pates constituyentes de un interruptor diferencial.



Elaboración propia.

Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/-lqQhAQYbLUM/Upe0h7\\_uhml/AAAAAAAAADI/cp\\_-iZ57UkA/s640/diferencial.gif](http://1.bp.blogspot.com/-lqQhAQYbLUM/Upe0h7_uhml/AAAAAAAAADI/cp_-iZ57UkA/s640/diferencial.gif) [168]

Como vemos en situación normal los contactos permanecen cerrados y los flujos magnéticos de la bobina de fase y la bobina del neutro permanecen iguales. Permitiendo que la corriente pase a través del diferencial. Cuando hay una puesta a tierra el flujo magnético de fase y el flujo del neutro no son iguales, entonces se crea una corriente en la bobina de control que activa el imán y abre los contactos de manera que se corta la corriente del circuito.

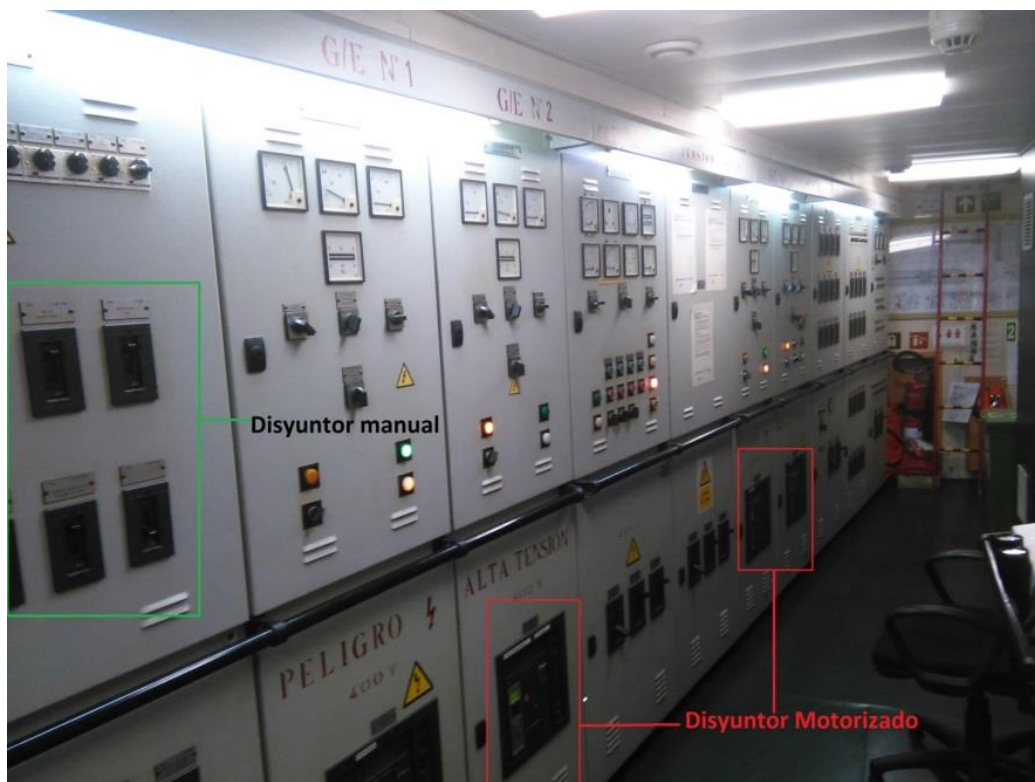
En el mercado podemos encontrar diferenciales bipolares o tetrapolares según sea para circuitos monofásicos o trifásicos.

## 7.6 Disyuntores

Por último terminaremos hablando sobre los disyuntores que tienen las mismas funciones que un magnetotérmico. Es, por tanto, un dispositivo de protección que abre de manera automática un circuito para prevenir daños al equipo y al personal.

Los posibles daños que puede proteger este dispositivo son los debidos a sobrecargas, cortocircuitos y algunas veces derivaciones a tierra. Este tipo de dispositivo de protección se comercializan en diversos tamaños, desde los que soportan fracciones de amperios, como es el caso de los disyuntores para hogares, hasta otros que soportan continuamente miles de amperios como es el caso de los disyuntores para generadores. [169]En la imagen siguiente se pueden ver unos cuadros, en los cuales podemos observar estos dos tipos de disyuntores.

**Imagen nº 126. Disyuntores en el interior de una sala de control.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### 7.6.1 Características de los disyuntores.

Los disyuntores poseen tres características principales que deberíamos conocer para la elección de nuestro disyuntor.

El rango de voltaje nos expresa la habilidad del disyuntor para apagar el arco eléctrico que se genera en su interior.

El rango de amperaje, éste no deberá exceder el rango de amperaje que pueda soportar el conductor. Lo general es que se establezca en el 125% de la corriente que circula por el circuito de manera normal. [170]

Capacidad de interrupción. Es el rango de corriente en el que puede operar el disyuntor.

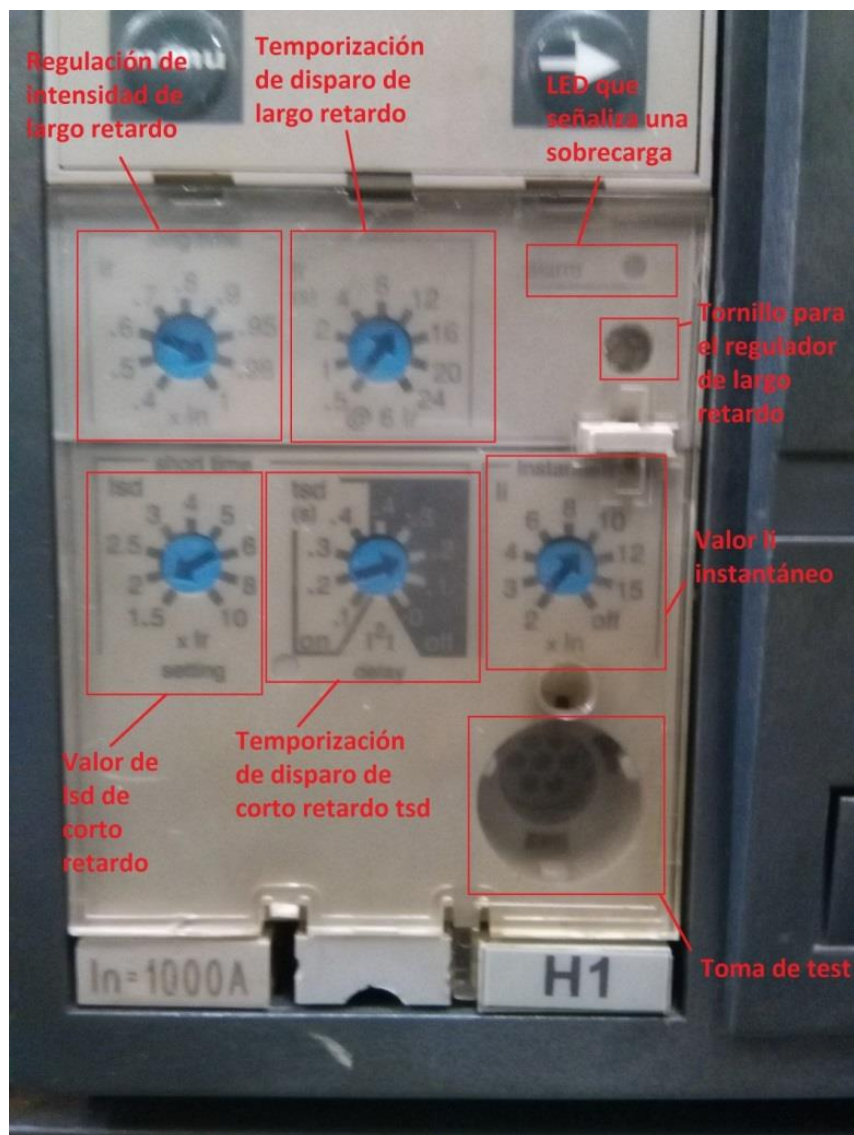
Estos parámetros constructivos aparecen normalmente en una pegatina.

Icu→ Que viene del inglés “ultimate short-circuit breaking capacity” es el valor máximo que el disyuntor puede operar pero tras operar estas intensidades puede que el disyuntor quede utilizable. [170]

Ics→ También viene del inglés “service short-circuit breaking capacity” este es el máximo valor que el disyuntor puede operar permaneciendo en uso. Este valor bien expresado en el porcentaje de Icu. [170]

Los disyuntores poseen una serie de perillas de regulación que ayudan a regular el disyuntor.

Imagen nº 127. Perillas de regulación de un disyuntor.



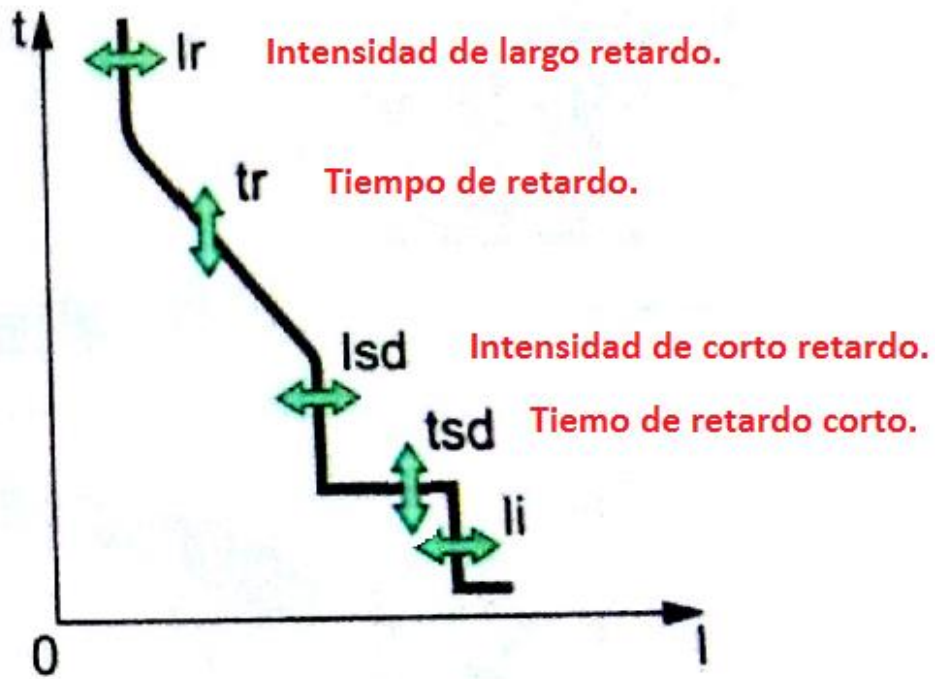
*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Para comprender como debemos regular el disyuntor es necesario saber que varía cada cosa, para ello nos ayudaremos de la curva de respuesta que normalmente se suministra con el disyuntor.

Aquí es donde se ve cómo afecta a cada parámetro al comportamiento del disyuntor.

Imagen nº 128. Curva de respuesta de un disyuntor.



Elaboración propia.

Fuente: Manual Micrologic Siemens. [171]

## 2. METODOLOGÍA

Durante mi periodo de prácticas, el cual sigue en curso, he tenido la oportunidad de poder aprender en tres entornos diferentes, empezando con el primero de ellos, en el cual estuve durante tres meses fue una empresa de reparación en Santa Cruz de Tenerife, en la cual cambié mi percepción de lo que había estudiado, puesto que muchas cosas me sirvieron para lograr cumplir los objetivos diarios. Así en esta empresa, según comencé a ganar experiencia mis superiores aumentaron su confianza en mí dejándome a cargo de algunas tareas y llevándome a diferentes buques en los cuales se estaban realizando reparaciones y mantenimientos a diferentes equipos apoyando a los operarios en todas las actividades que se realizaban en la empresa tales como reparación de motores, desmontaje y reparación de reductoras, reparación de palas de obras, reparación de equipos hidráulicos, etc.

**Imagen nº 129. Reparación de reductora.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Cada vez que preguntaba, me explicaban y yo aprovechaba para sacar tantas fotos del proceso como pudiera, puesto que sabía que en un futuro me servirían.

En el segundo entorno en el que se desarrollaron mis prácticas fue en una línea regular en un buque de pasaje en el que realizaba mantenimiento y reparaciones nocturnas.



En este buque observé los primeros problemas eléctricos que podía sufrir el buque. Como alumno de máquinas mi trabajo era el de apoyar a los mecánicos y a los oficiales con las tareas diarias.

**Imagen nº 130. Sustitución de generador diésel y alternador.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Aprendí a realizar el parte nocturno de trabajos y a manipular el sistema operativo que poseía ese buque en cuestión además de apoyar a los compañeros en los trabajos diarios como podían ser cambio de filtros, aceite , cambio de unidades de potencia, revisión de luces, etc.

**Imagen nº 131. Unidad de potencia motor principal MTU.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*



Ya en el tercer entorno, un buque petrolero, y otra vez bajo la figura del alumno de máquinas, mi trabajo fue el de prestar apoyo a los miembros que pertenecían al departamento de máquinas durante las operaciones, tareas periódicas, gestión y reparaciones. Durante la primera semana estuve adaptándome a los equipos, y al buque en cuestión. Una vez pasado el periodo de familiarización, y ya relacionado con el tema de la electricidad realizaba los partes de consumos eléctricos, comprobación de aislamientos, comprobación de puntos de luz, cambio de luminarias a equipos LED. Posteriormente mis tareas ya con la confianza de mis superiores, al principio bajo la supervisión, y posteriormente solo o con mis compañeros realizaba tareas entre las eran las de arrancar y parar el motor principal y acoplar auxiliares según las necesidades de las bombas arranque semanal del motor de emergencia, y el motor del bote de rescate.



## **V. RESULTADOS**



## 1. Introducción

En el presente apartado expondremos los diferentes casos prácticos con los que me he encontrado a bordo, claro está sin nunca salirnos del tema principal de este trabajo, la electricidad.

## 2. Desmontaje generador eléctrico

**Imagen nº 132. Generador eléctrico sala de máquinas.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Para la realización del desmontaje del generador eléctrico se siguieron los siguientes pasos:

- Desacoplamos el motor del panel de control.
- Desacoplar alternador de la red mediante disyuntor (manualmente).
- Desmontar motor.
- Desconectar conexión del alternador al disyuntor.

- Preparar maniobra.
- Colocar útil elevador.
- Desmontar lamas del techo, abrir apertura.
- Desacoplar alternador.
- Elevación y movimiento del alternador.
- Almacenamiento alternador.
- Desmontar motor de la bancada.
- Movimiento del motor.
- Elevación del motor con grúa.
- Almacenamiento motor.

Primero se desacopla el generador del panel de control mediante interruptores para evitar que le pueda llegar orden de arrancar y acoplarse.

Después vamos al disyuntor que controla la entrada del generador al embarrado y se desacopla mediante la barra de acople que viene incorporada en el propio disyuntor.

Se corta la alimentación de aire al motor de arranque, y se desconecta el cableado del alternador al embarrado, por el lado de la caja de bornes del alternador.

Se prepara la maniobra para la elevación del conjunto alternador y motor con ayuda de tecles, estrobos, y útiles de elevación.

**Imagen nº 133. Montaje de maniobra y útil de elevación sobre el generador.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se desmontan las lamas que hacen de acceso desde el garaje a la sala de máquinas.

**Imagen nº 134. Zona de lumbreras desmontada.**

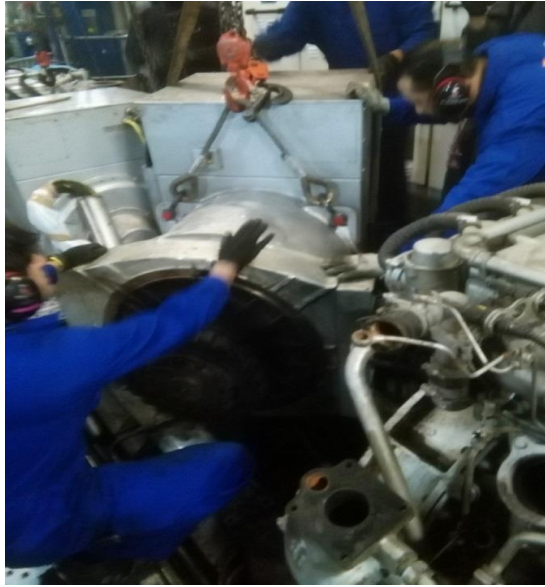


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se desacopla el alternador del motor y se eleva mediante los tecles y estrobos. Se saca el alternador de la sala de máquinas utilizando asistencia de un camión.

**Imagen nº 135. Elevación del alternador mediante tecles.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

**Imagen nº 136. Movimiento del alternador.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*



**Imagen nº 137. Acomodación del alternador sobre cubierta de carga.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se desacopla el motor de su bancada y se realiza el mismo procedimiento hasta sacar por completo el generador.

**Imagen nº 138. Vista del motor y con útiles de elevación.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

**Imagen nº 139. Motor saliendo por apertura.**



*Elaboración propia.  
Fuente: Trabajo de campo.*

**Imagen nº 140. Generador nuevo esperando a ser montado.**



*Elaboración propia.  
Fuente: Trabajo de campo.*

### 3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DISYUNTOR.

Para la realización del mantenimiento de un disyuntor se empezará por desacoplar el generador de la red en el panel.

**Imagen nº 141. Panel local motor auxiliar nº2.**



*Elaboración propia.*

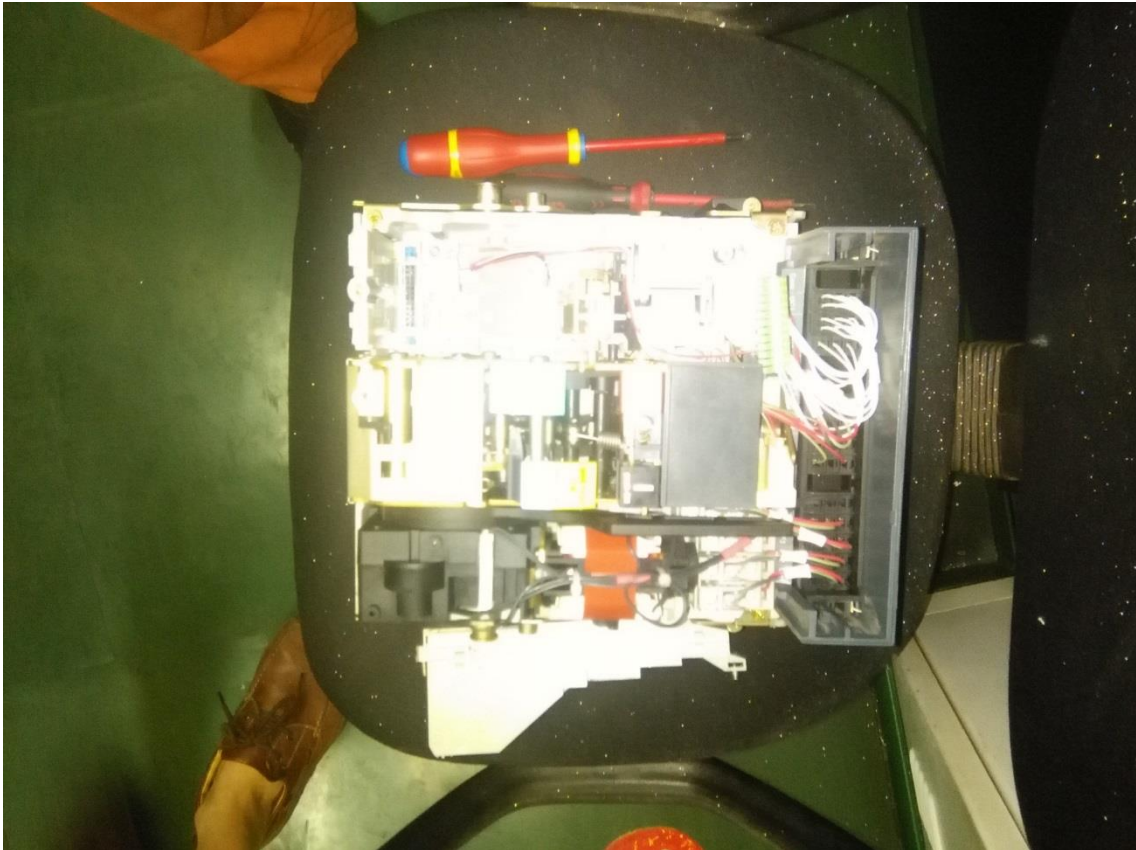
*Fuente: Trabajo de campo.*

Se desacoplará el disyuntor del embarrado utilizando la barra de desacoplamiento que viene en el disyuntor.

Se extrae el disyuntor tirando de él hacia atrás de manera que el disyuntor se deslice sobre el carril. Para extraerlo nos ayudaremos de las pestañas superiores que posee el disyuntor.

Se apoya el disyuntor en un lugar cómodo y se desmonta su carcasa delantera con ayuda del destornillador.

**Imagen nº 142. Disyuntor sin carcasa frontal ni Micrologic.**



*Elaboración propia.*

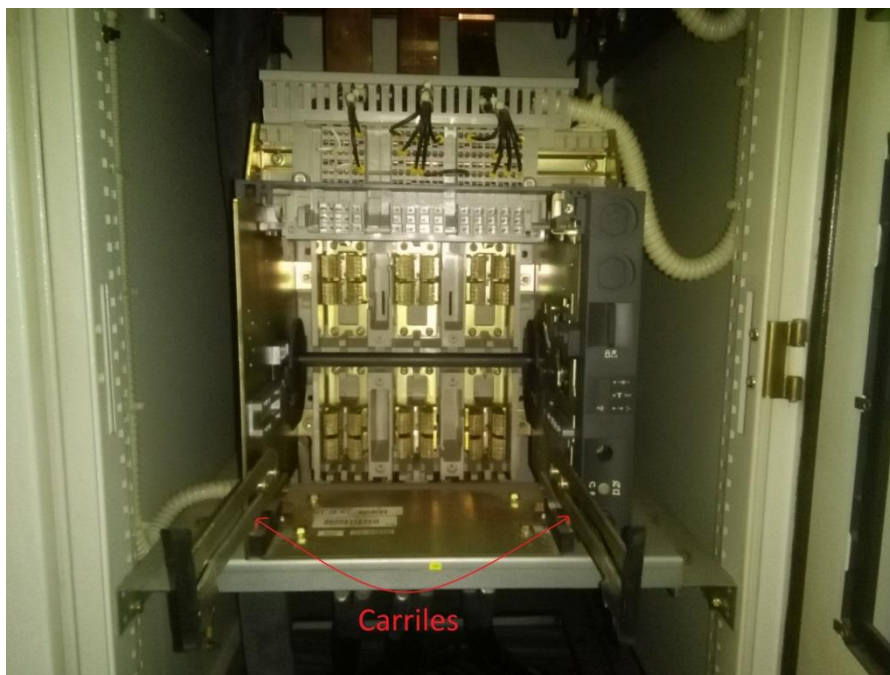
*Fuente: Trabajo de campo.*

Se extrae el panel Micrologic y se revisa la pila que lo alimenta, en caso de estar dañada o que no ofrezca un voltaje suficiente se desechará. Se pulveriza aire comprimido a presión suave sobre los contactos internos y se revisa visualmente de que no exista ningún tipo de señal de que algo esté produciendo arcos.

Una vez revisado se vuelve a montar el panel Micrologic y se coloca de nuevo la carcasa delantera y se vuelve a montar sobre los carriles.



**Imagen nº 143. Alojamiento del disyuntor.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Una vez hecho esto se empujará hasta que haga tope, y después se mete utilizando la barra que viene en el disyuntor hasta que se acople por completo.

#### **4. Cambio terminal en panel del motor principal.**

Surge un problema en el motor principal puesto que a la hora de arrancar, con las bombas de aceite realizando la prelubricación salta la alarma de baja presión de aceite, por lo que se revisa el manómetro local y se observa suficiente presión. Se revisan la bomba y gira. Debido a esta sintomatología se deduce que es un fallo eléctrico. Se revisa el panel de control y todo está en correcto funcionamiento, se va al panel de terminales y se detecta que el terminal que corresponde al sensor de presión está desconectado debido a la vibración, se vuelve a recolocar apretándolo bien para poder realizar la maniobra. Aquí se ve la caja donde se encontraba el terminal suelto.

**Imagen nº 144. Caja de terminales motor principal.**



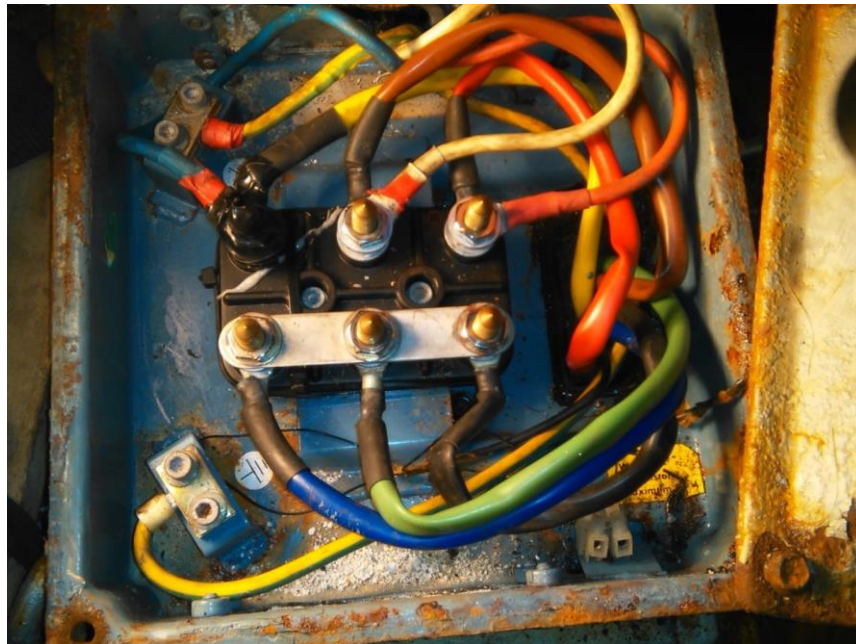
*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

## 5. Reparación de caja de bornas motor eléctrico.

Para detener la entrada de humedad en una de las bombas del buque, se destapó la caja de bornas, habiendo previamente bajado el machete o disyuntor de la bomba en cuestión. Al destapar la caja de bornas observamos salitre y humedad. Para secar esa caja, se desconectan los terminales que llegan a las bornas y se aplica limpiador eléctrico. Se deja secar con ayuda de una lámpara que desprenda calor y se vuelve a conectar los terminales.

Imagen nº 145. Caja de bornas.

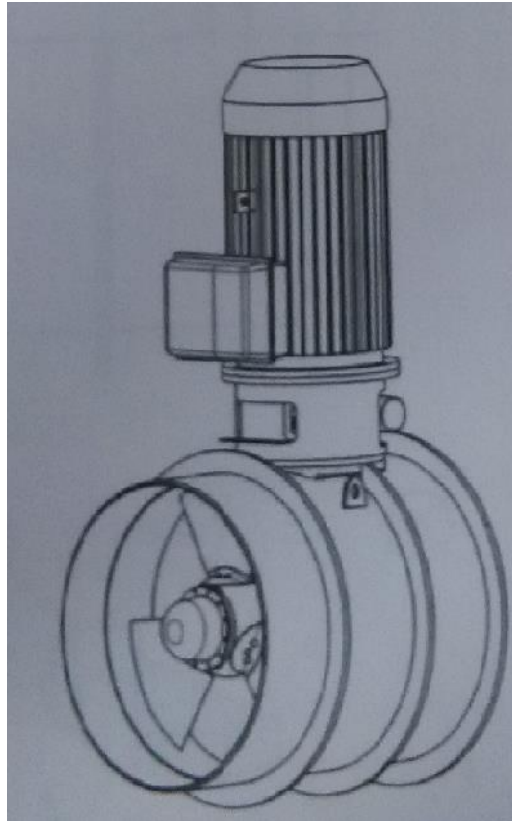


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

## 6. Cambio transformador hélice de proa.

Imagen nº 146. Dibujo hélice de proa con motor.



*Elaboración propia.*

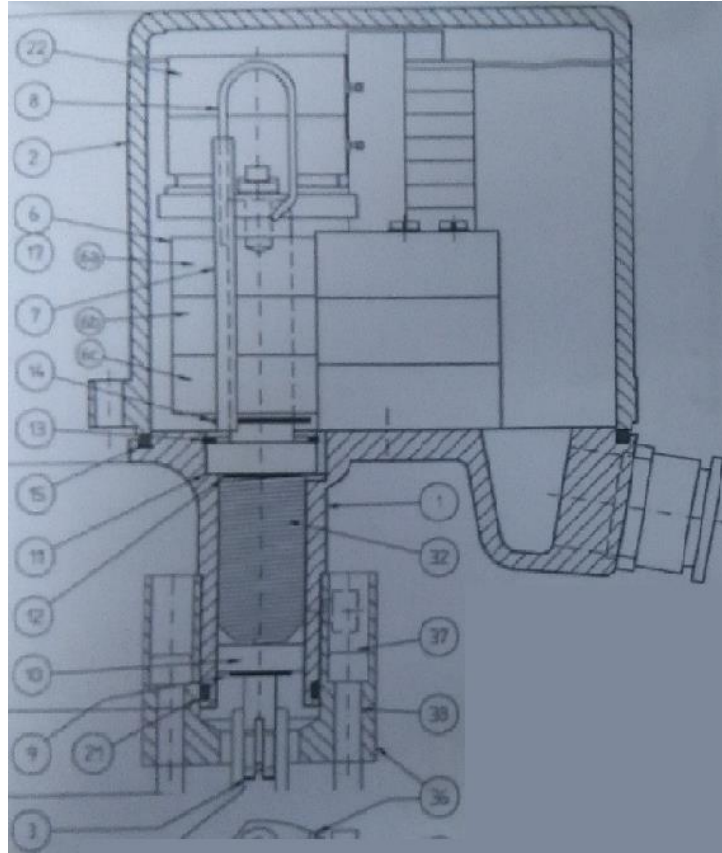
*Fuente: Manual hélice de proa. [172]*

Debido a un problema con la hélice de proa, el capitán reportó al jefe de máquinas que no podía tomar el control de la hélice de proa, incluso con la bomba de emergencia.

Al principio se pensó que podía ser el sensor de posición que no detectaba la posición de la hélice de proa y por tanto evitaba que se pudiera realizar la maniobra.



**Imagen nº 147. Plano del sensor de posición.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Manual hélice de proa. [172]*

**Imagen nº 148. Sensor de posición.**

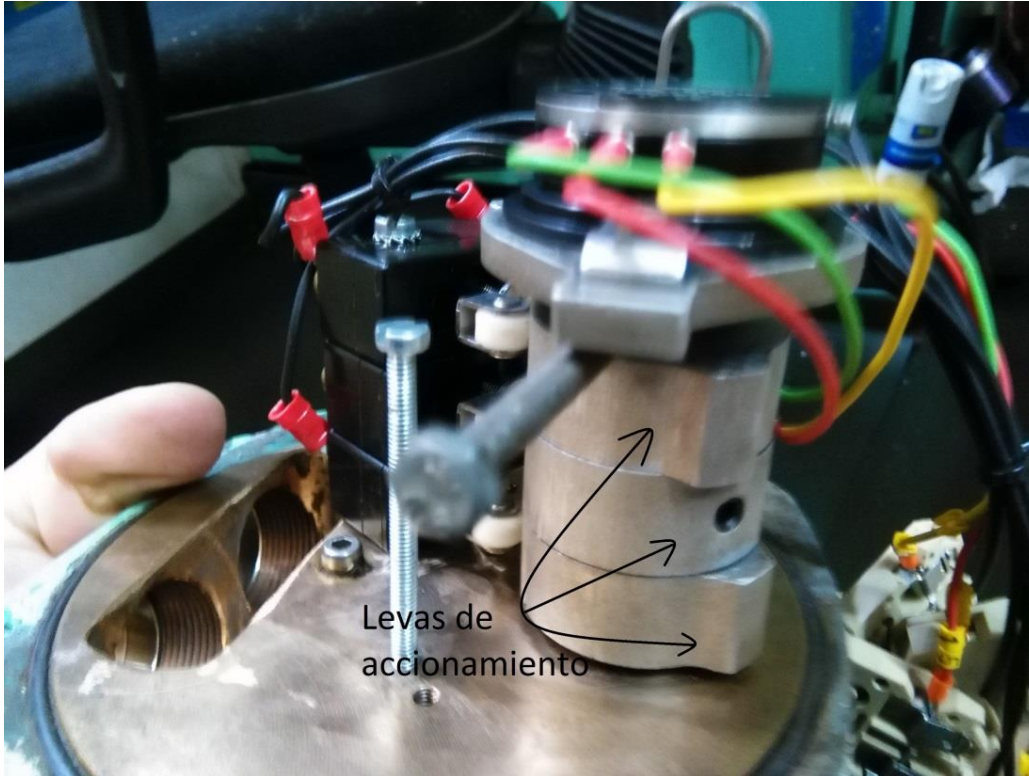


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

El sensor de posición utiliza un sistema de levas que accionan unos interruptores, de manera que según se pulsen una u otra leva se permite la maniobra.

**Imagen nº 149. Levas de accionamiento del sensor de posición.**



*Elaboración propia.  
Fuente: Trabajo de campo.*

Al cambiar el sensor se realizó una prueba en la que se descubrió que el problema persistía.

Lo siguiente que se decidió mirar fue la válvula que hacía fluir el líquido hidráulico desde la bomba hasta el motor para lograr un giro sobre el eje por parte de la hélice.

Puesto que se creía que debido a que se creía que los selenoides que posee la válvula estaban mal.

Mirando los datos del selenoide:

**Tabla nº 12. Datos de selenoide de la válvula electrohidráulica.**

Amperaje de la bobina	Max 2.7 A
Resistencia de la bobina	2.5Ω
Potencia	25w

*Elaboración propia.  
Fuente: Manual hélice de proa. [172]*

Se desarma las bobinas de la válvula para ver si funcionan con el voltaje normal.

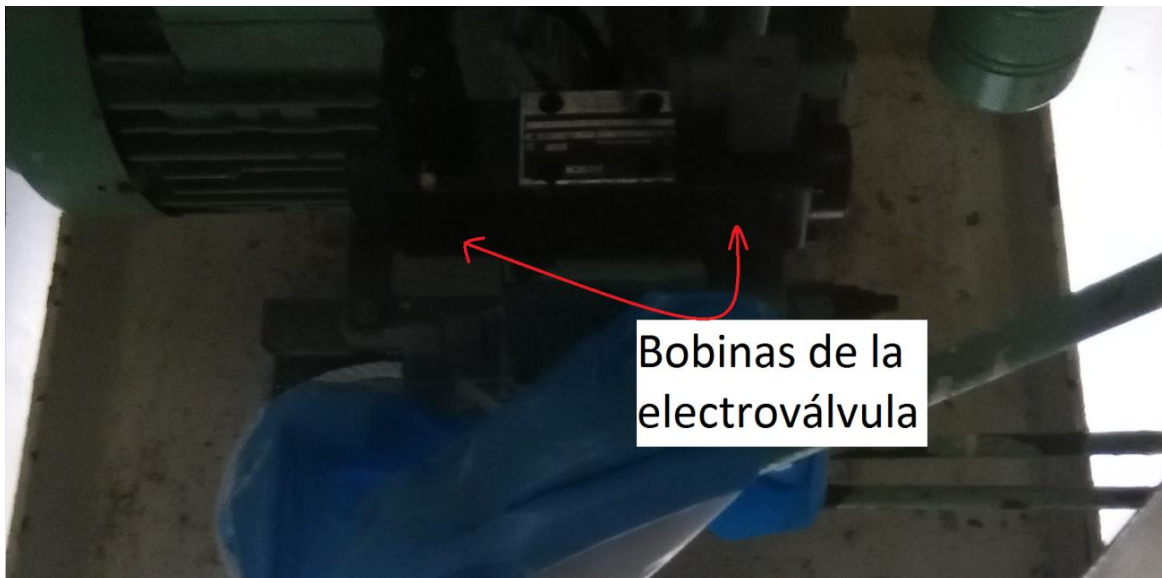
**Imagen nº 150 . Bomba hidráulica.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

**Imagen nº 151. Bobinas de válvula electrohidráulica.**

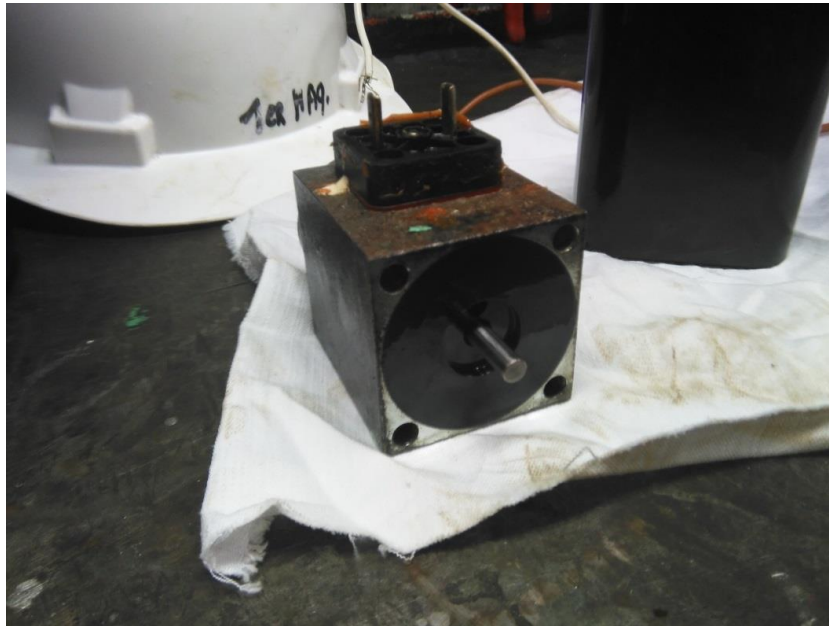


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Las bobinas se accionaban de manera correcta, por lo que se las volvió a montar.

**Imagen nº 152. Bobina de la válvula.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Debido a esto se decidió revisar el panel de comunicación de la hélice de proa.

Primero se estudió el esquema eléctrico y se buscó el elemento que pudiera dar los síntomas que se daban con la hélice de proa.

Se detectó que la salida de un transformador no era la correcta, puesto que debería de dar 24 voltios y solo daba 13.



**Imagen nº 153. Controlador eléctrico.**



Fuente: [http://www.blackboxproductions.com.au/externalmedia/2m25-rgc2-\(1\).jpg](http://www.blackboxproductions.com.au/externalmedia/2m25-rgc2-(1).jpg) [173]

Como vemos la alimentación del controlador es de 24 voltios por lo que mandaba tensión insuficiente.

Se decide, entonces, llamar a un técnico que embarca junto con el transformador de repuesto.

**Imagen nº 154. Transformador de repuesto.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se monta y se vuelve a realizar una prueba en la que esta vez el resultado es satisfactorio.

**Imagen nº 155. Panel eléctrico.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se concluye que, al transformador estar mal no enviaba suficiente corriente hacia el controlador, que al no llegarle suficiente tensión. No mandaba una orden.

## **7. Cambio fluorescente a equipo led.**

Una orden por parte de la empresa pedía que se cambiaran todas las luminarias del buque de manera que se pasaría de luminarias con fluorescente a luminarias LED, éste cambio se realizó de la siguiente manera:

Primeramente se bajan los interruptores magnetotérmicos que correspondan a la luminaria que vamos a cambiar.

De esta manera podremos trabajar con seguridad. Se retira el fluorescente y se desmonta el portalámparas de manera que podamos acceder a la reactancia y al cebador.

Se desmontan estos elementos y se monta el cableado para los tubos LED. Se recoloca el portalámparas y se coloca el tubo LED.

## **8. Cambio de temporizador bomba aceite motor principal.**

Durante la maniobra de arranque suena la alarma de baja presión de aceite por lo que el motor, por seguridad, evita el arranque.

Lo primero que se hizo es revisar en el manómetro de presión local que existía en el conducto de aceite a la salida de la bomba y en la entrada del motor.

Al ver que la presión había caído se fue al cuadro eléctrico y se detectó que el temporizador que hacía pasar de estrella a triángulo no funcionaba, de manera que el magnetotérmico saltaba.

Se cambió el temporizador y se volvió a poner en funcionamiento la bomba.

## **9. Toma de aislamientos.**

Una de las actividades rutinarias abordo es la toma de aislamientos de los motores, para ellos se utiliza el óhmetro que debería de marcar infinito cuando no debiera de pasar electricidad y cero cuando deba de pasar electricidad. Recordamos que para medir resistencias se tiene que colocar el óhmetro poniendo el elemento entre las pinzas.

## **10. Toma amperajes (consumos).**

La toma de consumos en un buque es otra de las actividades que se hacen a diario, para ello nos ayudamos del multímetro que conectaremos en serie con el elemento que queremos medir.

Para tomar los consumos de motores grandes, donde no se puede desconectar un cable. Se puede hacer uso de la pinza amperimétrica. Cabe decir que para poder tomar cualquier corriente es necesario que por el cable circule corriente, es decir, que el aparato este encendido.

**Imagen nº 156. Pinza amperimétrica.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

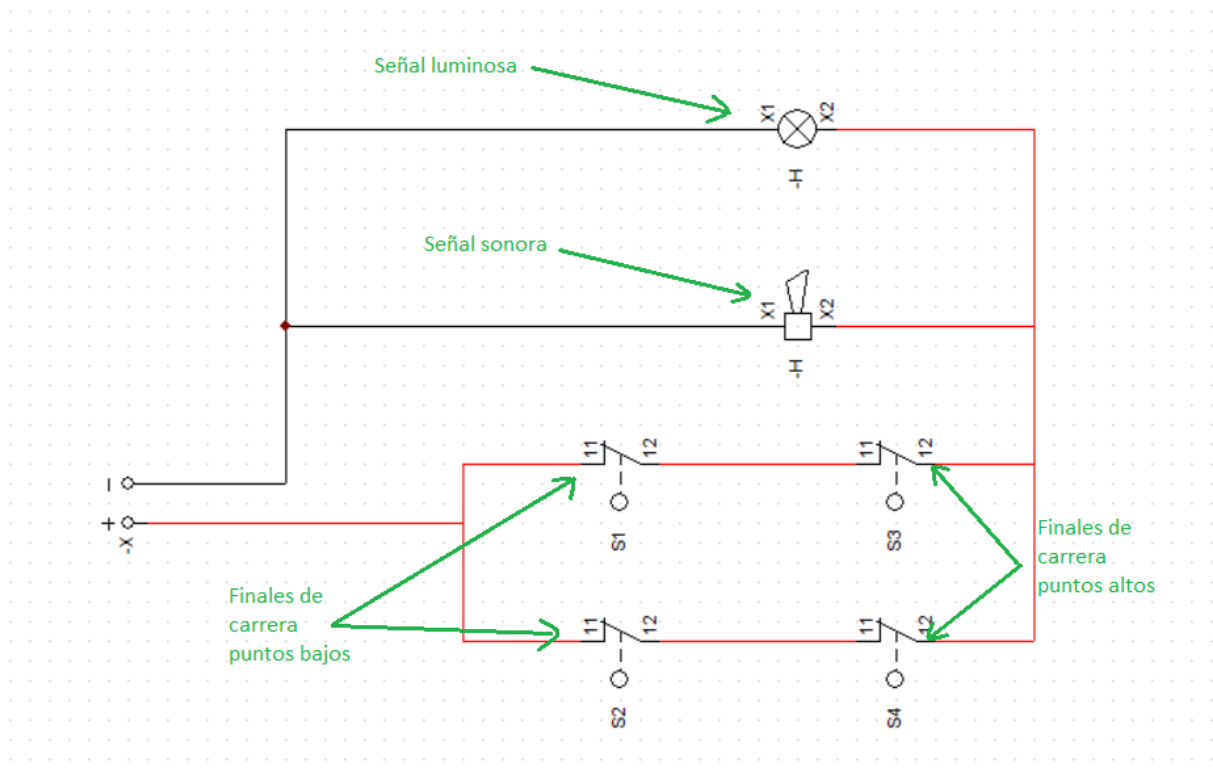
## **11. Implementación circuito de seguridad para yugo del timón.**

Desde la central de la empresa llega un mensaje que pide la implementación de un circuito de protección que avise de que se han dejado los tacos de metal en la posición adecuada, debido a que durante las navegaciones estos tacos metálicos se colocan tras el yugo como medida de seguridad. Pero durante las maniobras se deben de quitar para permitir que el timón pueda llegar a todo su rango de giro. Si no se quitan, estos tacos pueden llegar a entorpecer o llegar a producir una avería cuando choquen contra los brazos hidráulicos.

La lógica del circuito es la siguiente:



Imagen nº 157. Esquema circuito de seguridad.



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

## 12. Cambio rodamiento en motor bomba agua doméstica.

Se reporta al jefe de máquinas que la presión de agua doméstica ha bajado y por tanto el hidróforo se está quedando sin presión.

Se intenta arrancar el motor localmente y se detecta que salta el magnetotérmico. Por tanto esto puede ser debido a dos causas. La primera es que la bomba se halla quedado trabada con algo impidiendo el giro del motor y por tanto provocando un aumento en la intensidad que hace saltar la seguridad. La segunda causa es que el eje del motor eléctrico no gire lo suficientemente bien provocando en el momento del arranque un aumento de la intensidad que, de igual manera que el caso anterior, haga saltar la seguridad.

Se decide desacoplar el motor de la bomba. Para ello se acciona manualmente la seguridad de manera que el motor no pueda arrancar. Se desconectan los cables que alimentan al motor eléctrico. Y se quita la protección que deja a la vista el acople.

Se desatornilla el motor de su bancada y se separa de la bomba tirando de él.

Se hace girar manualmente el eje de la bomba, que gira suavemente.

Al hacer girar el eje del motor eléctrico se detecta que éste no está en buenas condiciones por lo que se decide sustituir el rodamiento por uno nuevo.

Para ello se retira la rejilla trasera que da acceso al ventilador, se retira el ventilador con ayuda de un extractor y se quitan los tornillos de la tapa trasera. De igual manera se retiran los tornillos de la tapa frontal. Se marcan las posiciones de las tapas con un rotulador y se tiran de las tapas para poder acceder al rotor del motor.

**Imagen nº 158. Estator y tapas.**

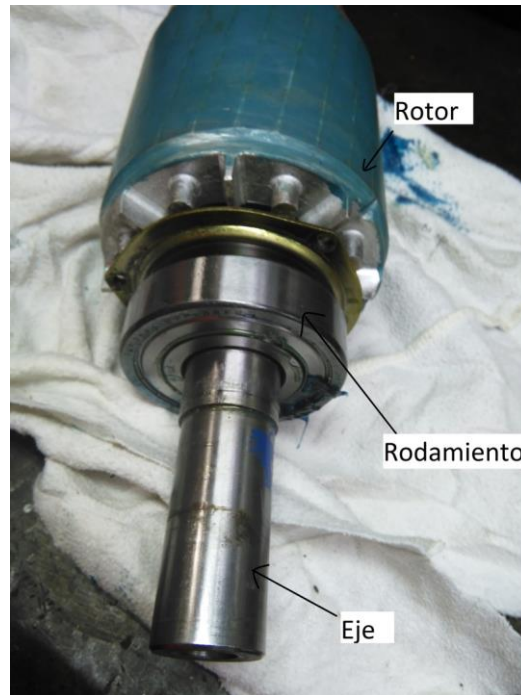


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

El rotor del motor sale con los dos rodamientos en los extremos del eje.

**Imagen nº 159. Rotor bomba de agua.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se revisan los alojamientos de los rodamientos para ver si existe algún desperfecto.

**Imagen nº 160. Alojamiento de rodamiento.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Se desechan los rodamientos viejos y se colocan unos nuevos con ayuda de una llave de tuvo que corresponda con el diámetro del rodamiento, previamente engrasado, y un martillo de teflón. Llevando el rodamiento hasta que haga tope en el fondo del alojamiento, es entonces cuando se introduce el rotor empujándolo por el interior del rodamiento hasta que haga tope, se coloca entonces el otro rodamiento en el otro lado de la misma manera.

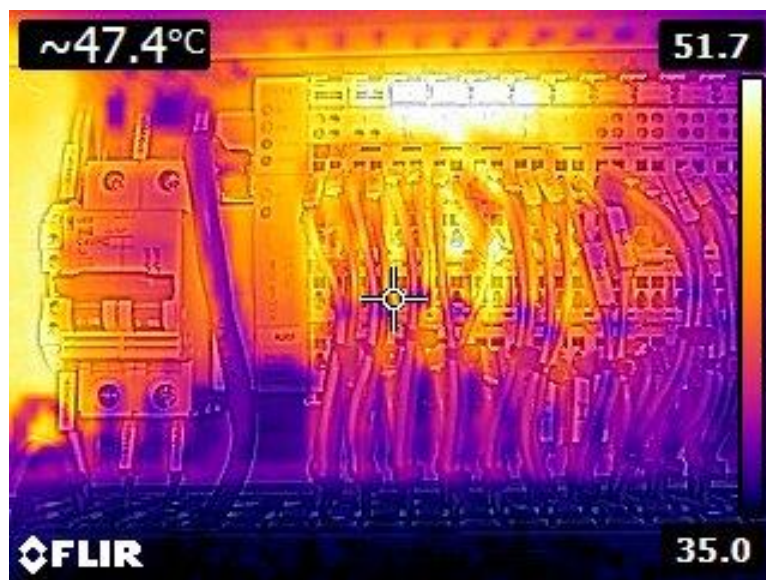
Se atornillan las tapas y se coloca el ventilador, su rejilla y el acople frontal.

Por último se vuelve a acoplar el motor a la bomba y se vuelve a cablear el motor tal y como estaba.

### 13. Toma de termografías.

La toma de imágenes termográficas de cuadros eléctricos puede ser un buen método de prevención para evitar determinadas fallas. Dichas imágenes muestran un rango de colores que representan diferentes temperaturas.

**Imagen nº 161 . Termografía de conexiones.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

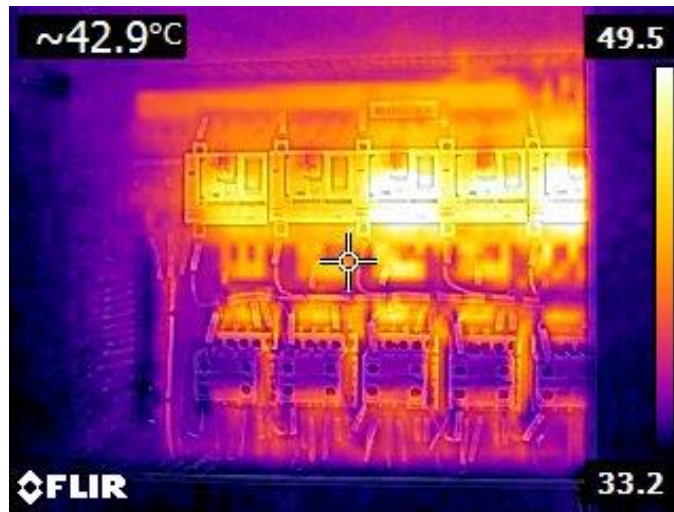
Los colores más intensos representan temperaturas más altas mientras que los colores más oscuros representan temperaturas más bajas. Al observar dichas imágenes podemos hacernos una idea de cuáles son los elementos que más se usan y por cuales la



intensidad que los recorre es más alta, para, posteriormente elaborar una lista de elementos de respeto que tener abordo.

En la imagen siguiente se observa un cuadro con diferentes contactores en los cuales se observa que por algunos pasa una corriente más alta que en los demás.

**Imagen nº 162 Imagen de contactores**

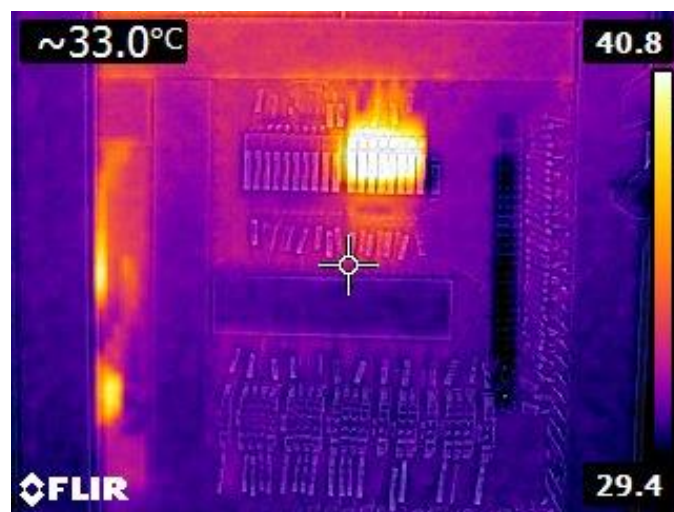


*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

También podemos ver puntos donde posiblemente halla malos contactos y se estén produciendo arcos eléctricos en su interior.

**Imagen nº 163 . Conexiones con alta temperatura.**



*Elaboración propia.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Dichos contactos pueden están a 40°C siendo recomendable revisar dichas conexiones.



## **VI. CONCLUSIONES**





Observando los resultados obtenidos, hemos llegado a varias conclusiones:

Lo circuitos eléctricos que nos encontramos a bordo se vuelven cada vez más y más complejos.

También es normal el empleo de máquinas eléctricas a bordo así como también lo es el desuso de la figura del electricista.

El trabajo realizado ha logrado una descriptiva breve de los diferentes elementos que componen un sistema eléctrico así como también explica algunos funcionamientos básicos que nos pueden ser de ayuda.

Primeramente en el apartado de REVISIÓN Y ANTECEDENTES hemos recordado algunos conceptos que nos han sido de ayuda para comprender el funcionamiento de determinados equipos, nombrados en la parte de MATERIAL Y MÉTODO, y determinadas acciones en la parte de RESULTADOS.

Con la experiencia vivida en el sector de las empresas de reparación, buques de pasaje, y buques petroleros y teniendo en cuenta los casos prácticos venidos de las experiencias en dichos sectores, decimos que las reparaciones que más problemas causan a bordo son las de índole eléctrica que, no por su complejidad de resolución, sino por la dificultad de encontrar el problema en cuestión resultan un reto para el marino de hoy día por lo que mediante una preparación adecuada del personal en el campo de la electricidad se pueden lograr reducir el tiempo que se tarda en reestablecer la normalidad en un circuito eléctrico.



## **VII. BIBLIOGRAFÍA**



Además de los datos recogidos durante las prácticas curriculares y profesionales, hemos de nombrar la siguiente bibliografía que ha sido de gran ayuda a la hora de realizar el trabajo.

- [1] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página10.
- [2] MANUEL FIGUERAS, Electricidad del barco, Volumen 16. Madrid: Tutor S.A., 2008, ISBN 978 84 7902 720 9. Página 18.
- [3] JOSE LUIS RUIZ *et al*, Instalaciones y Líneas eléctricas, vol1. Madrid: BRUÑO, 1982, ISBN 84 236 1474 3. Página 16.
- [4] RESPONSABLE ANÓNIMO. 4.bp.blogspot, Página web, 2015.  
[http://4.bp.blogspot.com/\\_WUHjOxNGZT4/SKIHOvt9hJI/AAAAAAAAAEU/1VCpXhs4Xhw/s400/Gr%C3%A1fico1.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_WUHjOxNGZT4/SKIHOvt9hJI/AAAAAAAAAEU/1VCpXhs4Xhw/s400/Gr%C3%A1fico1.jpg)
- [5] JOSE ANTONIO GARCÍA ÁLVAREZ. asifunciona, Página web, 2016.  
[http://www.asifunciona.com/respuestas/respuesta\\_2/respuestas\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/respuestas/respuesta_2/respuestas_2.htm)
- [6] SAMANTHA. Factor de potencia, Portal web, 2015.  
<http://es.slideshare.net/arrambide/factor-de-potencia-8155207>
- [7] GESTERNOVA S.A. gesternova, Página web, 2016.  
<http://blog.gesternova.com/los-armonicos-causas-consecuencias-y-soluciones/>
- [8] RESPONSABLE ANÓNIMO. ecured, Página web, 2015.  
[http://www.ecured.cu/Conexiones\\_en\\_sistemas\\_trif%C3%A1sicos\\_de\\_corriente\\_alterna](http://www.ecured.cu/Conexiones_en_sistemas_trif%C3%A1sicos_de_corriente_alterna)
- [9] GOBIERNO DE ARAGÓN.DEMO E-DUCATIVA CATEDU, Página web, 2015.  
[http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3018/html/es\\_trella1.JPG](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3018/html/es_trella1.JPG)
- [10] DIEGO CRAVOTTA. circuitos-elementalesencafactordepotenciadistorsin, Página web, 2015.  
<http://es.slideshare.net/ddscanio/circuitos-elementalesencafactordepotenciadistorsin>

- [11] EDVARD CSANYI. electrical-engineering-portal. Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/power-plants-on-board-of-big-ships-primary-distribution-schemes>
- [12] EDVARD CSANYI. electrical-engineering-portal. Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/radial-distribution-diagram.gif>
- [13] EDVARD CSANYI. electrical-engineering-portal. Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/compound-radial-distribution.gif>
- [14] EDVARD CSANYI. electrical-engineering-portal. Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/power-distribution-with-ring-circuit.gif>
- [15] EDVARD CSANYI. electrical-engineering-portal. Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/2015/11/big-ship-electric-power.jpg>
- [16] MANUEL FIGUERAS, Electricidad del barco, Volumen 16.  
Madrid: Tutor S.A., 2008, ISBN 978 84 7902 720 9. Página 58.
- [17] EDVARD CSANYI. what-parallel-redundancy-does-to-the-power-distribution-system, Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/what-parallel-redundancy-does-to-the-power-distribution-system>
- [18] RONI DOMÍNGEZ. características-cables-conductores, Página web, 2015.  
<http://faradayos.blogspot.com.es/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html#>
- [19] AENOR. UNE 21089:2002 / HD 308 S2 2001, Página web, 2015.  
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0026985#.Vt7UK5zJyh>
- [20] FRAN PIEIRO. Electronavia, Página web, 2015.  
[http://www.electronavia.com/archivos/codigo\\_colores.pdf](http://www.electronavia.com/archivos/codigo_colores.pdf)
- [21] RONI DOMÍNGUEZ. Características de los cables eléctricos: partes, calibre y ampacidad, Página web, 2015.  
[http://1.bp.blogspot.com/-jmfllW\\_u2fY/UtXab5MwnII/AAAAAAAAAnQ/I9GYTqQBYS0/s1600/tabla+de+calibre+de+conductores.png](http://1.bp.blogspot.com/-jmfllW_u2fY/UtXab5MwnII/AAAAAAAAAnQ/I9GYTqQBYS0/s1600/tabla+de+calibre+de+conductores.png)

- [22] PROCOBRE. Programa casa segura, Página web, 2015.  
<http://programacasasegura.org/imagenes/mx/wp-content/uploads/2013/12/Nom1-500x213.png>
- [23] RONI DOMÍNGEZ. tipos-de-canalizaciones-electricas, Página web, 2015.  
<http://faradayos.blogspot.com.es/2014/01/tipos-de-canalizaciones-electricas.html>
- [24] RESPONSABLE ANÓNIMO. rodelagpanama, Página web, 2015.  
<https://www.rodelagpanama.com/wp-content/uploads/R01011000060717.jpg>
- [25] MERCADOLIBRE.mlv-sl-p.mlstatic, Página web, 2015.  
[http://mlv-s1-p.mlstatic.com/15519-MLV20104743833\\_052014-O.jpg](http://mlv-s1-p.mlstatic.com/15519-MLV20104743833_052014-O.jpg)
- [26] RONI DOMÍNGUEZ. Tipos de canalizaciones eléctricas: características y aplicaciones, Página web, 2015.  
<http://1.bp.blogspot.com/--wb5zOtWNLk/UtvZisNwOil/AAAAAAAAApY/DCUd8Nmb6oU/s1600/Tubo+imc.jpg.png>
- [27] INTERFLEX S.L. interflex, Página web, 2015.  
[http://www.interflex.es/imatges/productes/INTERFLEX\\_Tubs\\_Met%C3%A1l%C2%B7lics%20Flexibles\\_Interflex%20copia.jpg](http://www.interflex.es/imatges/productes/INTERFLEX_Tubs_Met%C3%A1l%C2%B7lics%20Flexibles_Interflex%20copia.jpg)
- [28] ODIBAKAR S.A. odibakar, Página web, 2015.  
[http://www.odibakar.com/upload/fotos/web/foto\\_87.jpg](http://www.odibakar.com/upload/fotos/web/foto_87.jpg)
- [29] Inversiones Chung S.A.C. electroindustrialjm, Página web, 2015.  
[http://electroindustrialjm.com/archivos/fotos/3061d6\\_liquid-tight-condui-flexible.jpg](http://electroindustrialjm.com/archivos/fotos/3061d6_liquid-tight-condui-flexible.jpg)
- [30] FERNANDO ANIBAL OLMEDO PÉREZ. cdn.anunico-st. Página web, 2015.  
[http://cdn2.anunico-st.com/foto/2013/03/canaleta\\_metalica\\_para\\_cable\\_electrico\\_canaleta\\_metalica\\_para\\_cable\\_voz\\_y\\_datos-513f66d75190eb8e54b9271a2.jpg](http://cdn2.anunico-st.com/foto/2013/03/canaleta_metalica_para_cable_electrico_canaleta_metalica_para_cable_voz_y_datos-513f66d75190eb8e54b9271a2.jpg)
- [31] ALICIA GRANDA DEVOTO. unelsac, Página web, 2015.  
<http://www.unelsac.com/images/products/canaletas-ranuradas.jpg>
- [32] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página143.
- [33] ALFONSO CARLOS DOMÍNGUEZ GÓMEZ. roble.pntic.mec , Página web, 2015.  
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/4.html>
- [34] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/17130-4332539.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/17130-4332539.jpg)

- [35] AMAZON LEG DEPT. ecx.images-amazon, Página web, 2015.  
[http://ecx.images-amazon.com/images/I/31aHJXebRdL\\_SY450.jpg](http://ecx.images-amazon.com/images/I/31aHJXebRdL_SY450.jpg)
- [36] ELDON HOLDING. eldon , Página web, 2015.  
<http://www.eldon.com/Templates/Commerce/Pages/ServeAsset.aspx?asset=2788544>
- [37] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/17130-4343619.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/17130-4343619.jpg)
- [38] VÍCTOR ANDRÉS MARTÍN MORENO. vam-comunicaciones-ferroviarias, Página web, 2015.  
<http://vam-comunicaciones-ferroviarias.blogspot.com.es/2012/12/que-es-carril-din-what-is-din-lane.html>
- [39] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página19.
- [40] UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA. eei.upc, Portal web, 2016.  
<http://www.eei.upc.edu/continguts/APUNTS/GRAU%20QU%20C3%8DMICA/1B/FISICA2/Pr%C3%A0ctica%200/Lectura%20Los%20instrumentos%20de%20medida.pdf>
- [41] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página23.
- [42] VICENTE GARCÍA. hispavila, Página web, 2015.  
[http://hispavila.com/total/3ds/tutores/divstension\\_files/vdiv3.gif](http://hispavila.com/total/3ds/tutores/divstension_files/vdiv3.gif)
- [43] ROER GONZALEZ. luzplantas, Página web, 2015.  
<http://www.luzplantas.com/como-funciona-un-wheatstone-bridge/>
- [44] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/15751-2417303.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/15751-2417303.jpg)
- [45] AGUSTÍN. answers.yahoo, Página web, 2015.  
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20101123182935AAAkqAi>
- [46] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/70086-4552863.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/70086-4552863.jpg)
- [47] EMPERANO PRUNONOSA GIL .celsaspain, Página web, 2015.  
[http://www.celsaspain.com/typo3temp/\\_processed\\_/csm\\_FD96n\\_45-55Hz\\_e49f23d258.png](http://www.celsaspain.com/typo3temp/_processed_/csm_FD96n_45-55Hz_e49f23d258.png)



- [48] MERCADOLIBRE.mlv-sl-p.mlstatic, Página web, 2015.  
[http://mla-s1-p.mlstatic.com/frecuencim9etro-riel-din-tablero-automatizacion-industrial-6837-MLA5115620813\\_092013-F.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/frecuencim9etro-riel-din-tablero-automatizacion-industrial-6837-MLA5115620813_092013-F.jpg)
- [49] DANIEL DIAZ GONZALEZ. osciloscopio, Página web, 2015.  
<http://osciloscopio.org/wp-content/uploads/2014/09/osciloscopio-barato.jpg>
- [50] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 87.
- [51] ANDRÉS ANTONIO GIL MARTÍN. Material para diversificación: las máquinas eléctricas para el alumnado de alto nivel, Página web, 2015.  
[http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_26/ANDRES\\_A\\_GIL\\_1.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_26/ANDRES_A_GIL_1.pdf)
- [52] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 143.
- [53] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 89.
- [54] FRANCISCO URBINA. batanga, Página web, 2015.  
<http://www.batanga.com/curiosidades/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>
- [55] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 102.
- [56] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 93.
- [57] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed.,  
Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 104.
- [58] FRANCISCO URBINA. batanga, Página web, 2015.  
<http://www.batanga.com/curiosidades/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>
- [59] GUILLERMO MORERA. tuveras, Página web, 2015.  
<http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>
- [60] ELOY LAVADO MÁRQUEZ. nichese, Página web, 2015.  
<http://www.nichese.com/sincrono.html>
- [61] ELECTRONICA. motoresclases, Página web, 2015.  
<http://motoresclases.blogspot.com.es/>

- [62] FLORENCIO JESÚS CEMBRANOS NISTAL, Motores síncronos. ACTA Revista digital, Vol 1. [Revista on-line], 2015,  
[http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/029001.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/029001.pdf)
- [63] GUERARD MISÉS GARCÍA. Motores con imanes permanentes, Página web, 2015  
<http://www.monografias.com/trabajos100/motores-iman-permanentes/motores-iman-permanentes.shtml>
- [64] ALAN ORDWAY. cmappublic, Página web, 2015  
<http://cmappublic.ihmc.us/rid=1M52P4D5Q-JHRTT9-21QY/Rotor%20con%20anillos%20rozantes.jpg>
- [65] ELOY LAVADO MÁRQUEZ. nichese, Página web, 2015.  
<http://www.nichese.com/rotor.html>
- [66] RICARDO GIMBEL. gimbelmexicana, Página web, 2015.  
<http://gimbelmexicana.com/tienda/img/Fotos2/14COLECT002NV.jpg>
- [67] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed., Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 145.
- [68] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed., Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 163.
- [69] JESÚS FRAILE MORA, Máquinas eléctricas, Vol1.7ª ed., Madrid:Garceta Grupo Editorial, 2015, ISBN 9788416228133. Página 167.
- [70] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página33.
- [71] CHAO HUI CHEN. Iled, Página web, 2015.  
<http://www.iled.com/es/w-lm-a-cog-led-filament-bulb-13.html>
- [72] RESPONSABLE ANÓNIMO. mis-bombillas, Página web, 2015.  
<http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Foto-inc/Rustika MF 230 60-11.jpg>
- [73] RESPONSABLE ANÓNIMO. mis-bombillas, Página web, 2015.  
<http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Osram Vela 230 15.htm>
- [74] ELECTROREM. electrorem, Página web, 2015.  
<http://www.electrorem.es/1051bombillas-incandescente/-lampara-esferica-clara-e27-25w-230v.html>
- [75] AMAZON LEGAL DEPT. images-amazon, Página web, 2015.  
<http://ecx.images-amazon.com/images/I/41E9v2gpEYL. SX342 QL70 .jpg>

- [76] AC GRUPO DISTRIBUIDOR SL. actienda-dlu, Página web, 2015.  
<http://www.actienda-dlu.com/511-835-large/par-38-230v-80w-e27-extensiva-verde.jpg>
- [77] PHILIPS INTERNATIONAL. images.philips, Página web, 2015.  
[http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/LP\\_RT\\_LRDD6698\\_IPAR38\\_E-GVP-es\\_ES-001?wid=1250&\\$jpglarge\\$](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/LP_RT_LRDD6698_IPAR38_E-GVP-es_ES-001?wid=1250&$jpglarge$)
- [78] FERREBRIC. ferrebric, Página web, 2015.  
[http://www.ferrebric.com/1570-large\\_default/bombilla-eco-halogena-standard-clara-e27-milanno.jpg](http://www.ferrebric.com/1570-large_default/bombilla-eco-halogena-standard-clara-e27-milanno.jpg)
- [79] EBAY Y.N.C. i.ebayimg, Página web, 2015.  
[http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFgxMjQ1/z/wHwAAOSwxCXT9yyJ/\\$\\_35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFgxMjQ1/z/wHwAAOSwxCXT9yyJ/$_35.JPG)
- [80] AMAZON LEGAL DEPT. images-amazon, Página web, 2015.  
[http://ecx.images-amazon.com/images/I/31K%2BoJQVdNL\\_SY445.jpg](http://ecx.images-amazon.com/images/I/31K%2BoJQVdNL_SY445.jpg)
- [81] RESPONSABLE ANÓNIMO. barcelonaled, Página web, 2015.  
[http://www.barcelonaled.com/9107-large\\_default/e27-roja-1w.jpg](http://www.barcelonaled.com/9107-large_default/e27-roja-1w.jpg)
- [82] WIKIMEDIA FOUNDATION.upload.wikimedia, Página web, 2015.  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Gluehlampe\\_01\\_KMJ.jpg/180px-Gluehlampe\\_01\\_KMJ.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Gluehlampe_01_KMJ.jpg/180px-Gluehlampe_01_KMJ.jpg)
- [83] DAVID MARTINEZ. Tecnologyc, Página web, 2015.  
<http://tecnologyc.com/wp-content/2009/11/bombilla-led-halogeno-bajo-consumo-gu10-66-led-no-encontrara-mejor-precio.jpg>
- [84] ANTONIO BURGOS LOVOS. Grevilux, Página web, 2015.  
<http://www.grevilux.com/wp-content/uploads/2012/02/Bombilla-halogena-Halostar-Starlite-QT12-GY635.jpg>
- [85] NERSOLAR. nersolar, Página web, 2015.  
<http://www.nersolar.es/blog/wp-content/uploads/2014/06/bombilla-led-de-primerageneracion.jpg>
- [86] ORANGENUT SL .carmultimediazone, Página web, 2015.  
<http://www.carmultimediazone.com/WebRoot/Store/Shops/accesorioscoche/MediaGallery/361088034-1.jpg>
- [87] AMAZON LEGAL DEPT. images-amazon, Página web, 2015.  
[http://ecx.images-amazon.com/images/I/41dsHwO%2BriL\\_SX342.jpg](http://ecx.images-amazon.com/images/I/41dsHwO%2BriL_SX342.jpg)

- [88] LEDBOX SL. ledbox, Página web, 2015.  
<http://img10330-4.ledbox.es/images/subproductos/10330-4/grande/10330-4.jpg>
- [89] RESPONSABLE ANÓNIMO.ledyluz, Página web, 2015.  
[http://www.ledyluz.net/images/13\\_fluorescente11.jpg](http://www.ledyluz.net/images/13_fluorescente11.jpg)
- [90] RECIOMANEL. Iluminika, Página web, 2015.  
<http://www.iluminika.com/blog/wp-content/uploads/2014/06/R7-1.jpg>
- [91] WIKIMEDIA FOUNDATION.wikipedia, Página web, 2015.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca\\_Edison](https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca_Edison)
- [92] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página43.
- [93] TIMOTHY ALEXANDER STEINERT. aliimg, Página web, 2015.  
<http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v0/1918002398/Barco-digital-proyectores-cine-%C3%A1mpara-de-xen%C3%B3n-OSRAM-OSRAM-XBO-4000-W-DHP-bombilla-del-proyector.jpg>
- [94] JOSE ANTONIO GARCIA. asifunciona, Página web, 2015.  
[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_fluorescentes/af\\_fluorescentes\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_fluorescentes/af_fluorescentes_1.htm)
- [95] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página55.
- [96] JOSE ANTONIO GARCIA. asifunciona, Página web, 2015.  
[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_halogenas/af\\_halogena\\_3.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_halogenas/af_halogena_3.htm)
- [97] JOSE ANTONIO GARCIA. asifunciona, Página web, 2015.  
[http://www.asifunciona.com/fisica/ke\\_led/ke\\_led\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm)
- [98] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página37.
- [99] DAVID ROSALÉN MORALES. cálculo estructural e instalaciones de pabellón polideportivo, Página web, 2015.  
[https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Proyectos/DavidRozalen/07-Anejos2a5.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/DavidRozalen/07-Anejos2a5.pdf)
- [100] RESPONSABLE ANÓNIMO. profesormolina, Página web, 2015.  
[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)
- [101] KEYENCE CORPORATION. Keyence, Página web, 2015.  
[http://www.keyence.com.mx/img/products/series/pz-g\\_ws\\_sr\\_pz\\_g\\_thrubeam\\_2.gif](http://www.keyence.com.mx/img/products/series/pz-g_ws_sr_pz_g_thrubeam_2.gif)

- [102] SERGIO ABRAZA GRACIANI. schadler, Página web, 2015.  
<http://www.schadler.cl/index.php/productos-schadler/automatizacion/sensores-opticos/schadler-sensor-barrera>
- [103] JENNY CHACÓN. electra, Página web, 2015.  
<http://www.electra.cl/ecommerce/img/p/2408-251-thickbox.jpg>
- [104] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m2/15137-6823887.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/15137-6823887.jpg)
- [105] HANNES. answers.yahoo, Página web, 2015.  
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20120903155944AABPL5B>
- [106] OMEGA ENGINEERING. omega, Página web, 2015.  
[http://es.omega.com/prodinfo/images/StrainGage\\_Graphic1.gif](http://es.omega.com/prodinfo/images/StrainGage_Graphic1.gif)
- [107] VICTOR CAMPILLO ACEBO. integración y control, Página web, 2015.  
[http://www.integracionycontrol.com/web/images/productos/sensorline/velocidad/ge/2477/3c\\_2477\\_g600x450\\_96dpi.jpg](http://www.integracionycontrol.com/web/images/productos/sensorline/velocidad/ge/2477/3c_2477_g600x450_96dpi.jpg)
- [108] AYLING WAYNE. intertechnology, Página web, 2015.  
<http://www.intertechnology.com/Kistler/images/8795A.gif>
- [109] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/5895-6692759.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/5895-6692759.jpg)
- [110] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/9250-2439129.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/9250-2439129.jpg)
- [111] RESPONSABLE ANÓNIMO. barcelonaled, Página web, 2015.  
[http://img.nauticexpo.es/images\\_ne/photo-g/30310-3336349.jpg](http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/30310-3336349.jpg)
- [112] BENOIT CHARLES CLAUDE LEBRETON. solarplanet, Página web, 2015.  
[http://solarplanet.com.mx/images/Pictures/ProductosYSoluciones/CatalogoProductos/Sistemas\\_Solares\\_Termicos\\_Industriales/Sensores-de-temperatura-pt100.jpg](http://solarplanet.com.mx/images/Pictures/ProductosYSoluciones/CatalogoProductos/Sistemas_Solares_Termicos_Industriales/Sensores-de-temperatura-pt100.jpg)
- [113] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/13569-8124509.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/13569-8124509.jpg)
- [114] DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRONICA UNIVERSIDAD DE VIGO .dte.uvigo, Portal web, 2015.  
<http://www.dte.uvigo.es/recursos/capacitivos/funcionamiento/funcionamiento.htm>
- [115] RESPONSABLE ANÓNIMO. profesormolina, Página web, 2015.  
[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/tipos.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/tipos.htm)

- [116] JOSÉ HERNÁNDEZ. smdelectronicayalgomas, Página web, 2015.  
<http://smdelectronicayalgomas.blogspot.com.es/2011/08/como-funcionan-los-piezoelectricos.html#.Vt6vX5zJyh>
- [117] WIKIMEDIA FOUNDATION.wikipedia, Página web, 2015.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_de\\_efecto\\_Hall](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_efecto_Hall)
- [118] SENSING SL. sensores-de-medida, Página web, 2015.  
[http://www.sensores-de-medida.es/uploads/img/sensor\\_de\\_presion\\_industrial\\_aep\\_t\\_p12.jpg](http://www.sensores-de-medida.es/uploads/img/sensor_de_presion_industrial_aep_t_p12.jpg)
- [119] UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO. ehu, Página web, 2015.  
<http://www.ehu.es/acustica/espanol/electricidad/transes/transes.html>
- [120] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página 68.
- [121] SIEMENS. mall.industry.siemens, Página web, 2015.
- [122] SIEMENS. industry.siemens, Página web, 2015.  
[https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/27/JPG/G\\_NSEO\\_ES\\_01557j.JPG](https://mall.industry.siemens.com/collaterals/files/27/JPG/G_NSEO_ES_01557j.JPG)  
<http://statics.exclusiveone.com/exone/Siemens-Indus-Sector-Lasttrennschalter-3KM5230-1AB01-IU-125A-UE-690V-3p-Sicherungs-517377318--large.jpg>
- [123] RESPONSABLE ANÓNIMO. rexel, Página web, 2015.  
[https://www.rexel.nl/shopimages/rexelnlnew/2/7/0/2700325725\\_320.jpg](https://www.rexel.nl/shopimages/rexelnlnew/2/7/0/2700325725_320.jpg)
- [124] AKI. aki, Página web, 2015.  
[http://catalogo.aki.es/modules/catalog\\_download.php?id=545](http://catalogo.aki.es/modules/catalog_download.php?id=545)
- [125] RESPONSABLE ANÓNIMO. electricalswitch, Página web, 2015.  
<http://www.electricalswitch.es/product/1-1-2.jpg>
- [126] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página 103.
- [127] FERRETERIA YELAMO. ferreteriyelamo, Página web, 2015.  
[http://www.ferreteriyelamo.es/72-large\\_default/contactor-telem-230v-11kw-lc1d25p7.jpg](http://www.ferreteriyelamo.es/72-large_default/contactor-telem-230v-11kw-lc1d25p7.jpg)
- [128] GUSTAVOSACALINI. El-Contactores-electromagnetico. Página web, 2015.  
<http://www.taringa.net/posts/info/5840932/El-Contactores-electromagnetico.html>
- [129] THEERMAL EQUIPMENT SALES CO. thermalinc, Página web, 2015.  
[http://www.thermalinc.com/power/pics/Contactor\\_EEC.jpg](http://www.thermalinc.com/power/pics/Contactor_EEC.jpg)

- [130] SCHNEIDER ELECTRIC. schneiderelectric , Página web, 2015.  
[https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2014/enero/pdf/ESMKT02023A14\\_Industry\\_CAPT\\_04\\_PDF.pdf](https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2014/enero/pdf/ESMKT02023A14_Industry_CAPT_04_PDF.pdf)
- [131] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página 106.
- [132] TIMOTHY ALEXANDER STEINERT. alicdn, Página web, 2015.  
[http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB10\\_J1HVXXXXczXVXXq6xXFXXa/Di&acute;metro-6-mm-x-73-mm-horno-el&acute;ctrico-30-110C-NC-Control-de-temperatura-termostato-capilar.jpg](http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB10_J1HVXXXXczXVXXq6xXFXXa/Di&acute;metro-6-mm-x-73-mm-horno-el&acute;ctrico-30-110C-NC-Control-de-temperatura-termostato-capilar.jpg)
- [133] OSCAR GALVIS. shoptown, Página web, 2015.  
[http://cdn.shoptown.co/live/3361465/3472141/Print\\_medium\\_PressSwitch\\_KPI36\\_aug09\\_bsq.jpg](http://cdn.shoptown.co/live/3361465/3472141/Print_medium_PressSwitch_KPI36_aug09_bsq.jpg)
- [134] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/25159-2713329.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/25159-2713329.jpg)
- [135] GENE HAYNES. waterheatertimer, Página web, 2015.  
<http://waterheatertimer.org/images/LADT-Contact-block-2-200.jpg>
- [136] BUCK XAVIER. elcodis, Página web, 2015.  
[http://elcodis.com/photos/21/32/213238/4683394\\_sml.jpg](http://elcodis.com/photos/21/32/213238/4683394_sml.jpg)
- [137] JAVIER CANIPAROLI. sensores-de-final-de-carrera, Página web, 2015.  
<http://es.slideshare.net/JavierCaniparoli/sensores-de-final-de-carrera>
- [138] W.W.GRAINER. grainger, Página web, 2015.  
[http://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4AJ35\\_AS01?\\$mdmain\\$](http://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4AJ35_AS01?$mdmain$)
- [139] BENEDICTO ÁLVARO ANIORTE HERNÁNDEZ. distribucioneselectricas. Página web, 2015.  
[http://distribucioneselectricas.com/6616-thickbox\\_default/final-de-carrera-1nc1na-cabeza-rueda-xck-p2118p16-telemecanique.jpg](http://distribucioneselectricas.com/6616-thickbox_default/final-de-carrera-1nc1na-cabeza-rueda-xck-p2118p16-telemecanique.jpg)
- [140] RAJVIR SINGH. PLC E-Learning Session1, Página web, 2015.  
<https://www.youtube.com/watch?v=ObYwsUhr3Y0>
- [141] EBAY Y.N.C. i.ebayimg, Página web, 2015.  
<http://i.ebayimg.com/images/i/170986773754-0-1/s-l1000.jpg>
- [142] DEIMER PÉREZ, como programar un plc logo! manualmente, Página web, 2015.  
<https://www.youtube.com/watch?v=j25L3QdXRal>



- [143] UNIMAT. programmingcontroller, Página web, 2015.  
[http://www.programminglogiccontroller.com/photo/pl2321952-tipo\\_m\\_dulo\\_de\\_entrada\\_del\\_plc\\_siemens\\_compatible\\_s7\\_200\\_m\\_dulo\\_del\\_transistor\\_de\\_la\\_extensi\\_n\\_d\\_el\\_plc.jpg](http://www.programminglogiccontroller.com/photo/pl2321952-tipo_m_dulo_de_entrada_del_plc_siemens_compatible_s7_200_m_dulo_del_transistor_de_la_extensi_n_d_el_plc.jpg)
- [144] MOUSER ELECTRONICS. New at Mouser Electronics: Phoenix Contact PLC Logic, Página web, 2015.  
[https://www.youtube.com/watch?v=rZV2ez29x9c&list=PLJzZxAH7ychHYV71Dwe4QXjw\\_sFiat0Xfcy](https://www.youtube.com/watch?v=rZV2ez29x9c&list=PLJzZxAH7ychHYV71Dwe4QXjw_sFiat0Xfcy)
- [145] RESPONSABLE ANÓNIMO. media.cirrusmedia, Página web, 2015.  
[http://media.cirrusmedia.com.au/PT\\_Media\\_Library/ServiceLoad/Article/New-programmable-logic-relay-system-ina-highly-compact-package-651689-l.jpg?width=300&height=300&mode=max](http://media.cirrusmedia.com.au/PT_Media_Library/ServiceLoad/Article/New-programmable-logic-relay-system-ina-highly-compact-package-651689-l.jpg?width=300&height=300&mode=max)
- [146] RESPONSABLE ANÓNIMO. overcontrols, Página web, 2015.  
[http://www.overcontrols.com/archivos/fotos/011b66\\_t-130393418402846624.jpg](http://www.overcontrols.com/archivos/fotos/011b66_t-130393418402846624.jpg)
- [147] ABB COLOMBIA. ¿Qué es un Variador de Velocidad?, Página web, 2015.  
Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=z\\_6YlBjqq04](https://www.youtube.com/watch?v=z_6YlBjqq04)
- [148] ABB CHILE. Tutorial: Uso Variador de Frecuencia para Eficiencia Energética en Minería, Página web, 2015.  
[https://www.youtube.com/watch?v=F0HaUTH8RII&list=PL8q\\_cfXUYW-JF5SiaKi4-8cZzatldPP5p](https://www.youtube.com/watch?v=F0HaUTH8RII&list=PL8q_cfXUYW-JF5SiaKi4-8cZzatldPP5p)
- [149] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed., Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página 82.
- [150] LUIS FRINO. frino, Página web, 2015.  
<http://www.frino.com.ar/simbolos/Fusibles.gif>
- [151] ALFONSO CARLOS DOMÍNGEZ PALACIOS GÓMEZ. roble, Página web, 2015.  
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/2.2.1.html>
- [152] EDELCO SA. distribuidoradematereleselectricos, Página web, 2015.  
[http://distribuidoradematereleselectricos.com/edelco/494-thickbox\\_default/fusibles-hrc-tipo-am-proteccion-de-motor-dimension-14-x-51-mm.jpg](http://distribuidoradematereleselectricos.com/edelco/494-thickbox_default/fusibles-hrc-tipo-am-proteccion-de-motor-dimension-14-x-51-mm.jpg)
- [153] LEDCONTROL SA. ledcontrols, Página web, 2015.  
[http://www.ledcontrols.com.mx/i/c/4b687d8c85c2f\\_fusibletipocigarro.jpg](http://www.ledcontrols.com.mx/i/c/4b687d8c85c2f_fusibletipocigarro.jpg)



- [154] AC GRUPO DISTRIBUIDOR ELÉCTRICO, Página web, 2015.  
[http://www.elmaterialelectrico.com/633-1208-large\\_default/fusible-ceramico-tipo-neozed-d02-de-50-a.jpg](http://www.elmaterialelectrico.com/633-1208-large_default/fusible-ceramico-tipo-neozed-d02-de-50-a.jpg)
- [155] BENOIT GILLES CORENTIN THIERCELIN. directindustry, Página web, 2015.  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m2/fusible-nh-29667-2665805.jpgv](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/fusible-nh-29667-2665805.jpgv)
- [156] ALFONSO CARLOS DOMÍNGUEZ GÓMEZ. roble.pntic.mec , Página web, 2015.  
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/4.html>
- [157] RESPONSABLE ANÓNIMO. automatismoindustrial, Página web, 2015.  
<https://automatismoindustrial.files.wordpress.com/2012/10/curva-fusibles.gif>
- [158] ZONER SOFTWARE A.S. proficad, Página web, 2015.  
<https://gallery.proficad.com/simbolos/instalaciones/aparamenta-y-dispositivos-de-control-y-proteccion/rele-termico-3P.html>
- [159] INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS Y DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO. pntic, Página web, 2015.  
<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf>
- [160] DANILO LONGHINI CAGLIARI. allesservicos, Página web, 2015.  
<http://allesservicos.com.br/rele-termico-nr2-36>
- [161] S.B.M. reles-magneticos-magnetotermicos, Página web, 2015.  
<http://tecnologiaelectron.blogspot.com.es/2014/04/reles-magneticos-magnetotermicos-el.html>
- [162] AXEL. inghelcomponent, Página web, 2015.  
[http://www.inghelcomponent.com/public/68267547\\_Schema\\_monofase.jpg](http://www.inghelcomponent.com/public/68267547_Schema_monofase.jpg)
- [163] ANDRÉS ÁLVAREZ. bricolaje-casa, Página web, 2015.  
<http://bricolaje-casa.com/wp-content/uploads/2011/09/interruptores-magnetot%C3%A9rmicos.jpg>
- [164] VÍCTOR MANUEL CÁCERES SILVA. vcelectric, Página web, 2015.  
<http://www.vcelectric.cl/imagenes/SeccionMagnetotermico.png>
- [165] ALFONSO CARLOS DOMÍNGUEZ PALACIOS GÓMEZ. roble, Página web, 2015.  
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html>
- [166] ANTONIO BUENO. portaleso, Página web, 2015.  
[http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_simbolos/imagenes/conductor83.jpg](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_simbolos/imagenes/conductor83.jpg)

- [167] MERCADOLIBRE.mlv-sl-p.mlstatic, Página web, 2015.  
[http://mla-s1-p.mlstatic.com/cable-sintenac-2-x-6-mm-y-disyuntor-schneider-2-x-40-a-216801-MLA20400977925\\_082015-O.jpg](http://mla-s1-p.mlstatic.com/cable-sintenac-2-x-6-mm-y-disyuntor-schneider-2-x-40-a-216801-MLA20400977925_082015-O.jpg)
- [168] GUILLERMO MORERA. 1.bp.blogspot, Página web, 2015.  
[http://1.bp.blogspot.com/-lqQhAQYbLUM/Upe0h7\\_uhml/AAAAAAAAADI/cp\\_-iz57UkA/s640/diferencial.gif](http://1.bp.blogspot.com/-lqQhAQYbLUM/Upe0h7_uhml/AAAAAAAAADI/cp_-iz57UkA/s640/diferencial.gif)
- [169] R. CASANOVAS *et al*, Fase-B. Tecnología electricidad, vol.1. 1ª ed.,  
Barcelona: VICENS-VIVES, 1976, ISBN 84 316 0700 9. Página 104.
- [170] EDVARD CSANYI. 3-overcurrent-protective-device-ratings-you-must-properly-select, Página web, 2015.  
<http://electrical-engineering-portal.com/3-overcurrent-protective-device-ratings-you-must-properly-select#2>
- [171] Manual Micrologic Siemens
- [172] Manual hélice de proa.
- [173] TIM MARSHMAN. blackboxproductions, Página web, 2015.  
[http://www.blackboxproductions.com.au/externalmedia/2m25-rgc2-\(1\).jpg](http://www.blackboxproductions.com.au/externalmedia/2m25-rgc2-(1).jpg)