



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Manual de usuario de instalaciones
eléctricas en baja tensión para casa
promedio, negocio pequeño, centro
de café internet, tienda de
abarrotes, de la Ciudad de México**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A N

Corona López Ivan Alberto

Montalvo Canuto Miguel Angel

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jesús María Francisco Hernández Morales



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirnos las puertas de su casa y pasar a ser parte de su alumnado, brindarnos la formación desde un nivel bachillerato, también, permitirnos desarrollar nuestras habilidades y ampliar nuestro conocimiento, con lo cual nos permitió concluir nuestro estudio a nivel licenciatura.

Agradecimientos:

A mis padres por darme la oportunidad de estudiar una carrera y apoyarme incondicionalmente a lo largo de este maravilloso viaje, a ayudarme a ser una persona de bien siendo ellos mis principales ejemplos a seguir.

A mis profesores por depositar su confianza en mí, por ser tolerantes, por compartir su sabiduría conmigo, por su esfuerzo y dedicación en cada clase llegando a desafiarme poniéndome retos que me ayudaron a superar mis metas día con día.

A mis amigos por brindarme su amistad y estar cuando los necesita.

Corona López Ivan Alberto

Agradecimientos

A mi familia por apoyarme en todo lo que he necesitado para continuar mis estudios, especialmente a mi madre que fue el principal ejemplo para convertirme en una persona de bien y que con mucho esfuerzo logro sacarme adelante. Por inculcarme valores, enseñarme a no darme por vencido, y perseverar hasta ver realizadas mis metas.

A mis profesores por transmitirme sus conocimientos tanto académicos como experiencias vividas, por la calidad de sus clases que me incentivaron a esforzarme más y por mantener siempre un ambiente de respeto.

A mis amigos por los buenos momentos, por el apoyo brindado, por esas desveladas realizando tareas, trabajos en equipo, exposiciones, por brindarme una distracción y disminuir el estrés acumulado.

Montalvo Canuto Miguel Angel

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE..... | 5 |
| ÍNDICE DE IMÁGENES..... | 7 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| CAPITULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD | 19 |
| 1.1 VOLTAJE | 21 |
| 1.2 CORRIENTE ELÉCTRICA..... | 22 |
| 1.2.1 Tipos de Corriente..... | 22 |
| 1.3 RESISTENCIA ELÉCTRICA | 23 |
| 1.3.1 Factores que afectan a la resistencia..... | 24 |
| 1.4 LEY DE OHM..... | 25 |
| 1.5 POTENCIA ELÉCTRICA | 26 |
| 1.5.1 Tipos de Potencia | 26 |
| 1.5.2 Factor de Potencia | 27 |
| 1.6 IMPEDANCIA..... | 28 |
| 1.6.1 Tipos de Impedancia | 28 |
| 1.7 LEYES DE KIRCHHOFF..... | 29 |
| 1.7.1 Ley de las corrientes o primera ley de Kirchhoff | 29 |
| 1.7.2 Ley de los voltajes o segunda ley de Kirchhoff..... | 30 |
| 1.8 CIRCUITOS ELÉCTRICOS..... | 30 |
| 1.8.1 Circuito Serie | 32 |
| 1.8.2 Circuito Paralelo..... | 32 |
| 1.8.3 Circuito Serie-Paralelo o Mixto | 33 |
| 1.8.4 Circuito Monofásico y Trifásico | 33 |
| CAPITULO 2 ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA | 37 |
| 2.1 CONDUCTORES. | 39 |
| 2.1.1 Tipos de Conductores..... | 39 |
| 2.2 CANALIZACIONES: TUBERÍAS..... | 48 |
| 2.2.1 Tubo conduit metálico pesado Tipo RMC | 48 |
| 2.2.2 Tubo conduit metálico semipesado Tipo IMC | 49 |
| 2.2.3 Tubo conduit metálico ligero Tipo EMT | 49 |
| 2.2.4 Tubo conduit metálico flexible Tipo FMC..... | 50 |
| 2.2.5 Tubo conduit metálico flexible ligero tipo FMT..... | 50 |
| 2.2.6 Tubo conduit no metálico tipo ENT..... | 51 |
| 2.2.7 Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFMC..... | 51 |
| 2.2.8 Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC..... | 51 |
| 2.2.9 Tubo conduit rígido de policloruro de vinilo tipo PVC | 53 |
| 2.2.10 Tubo conduit de polietileno | 54 |
| 2.2.11 Tubo conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC | 55 |
| 2.2.12 Tubo conduit de polietileno de alta densidad Tipo HDPE | 56 |
| 2.2.13 Designación métrica y tamaños comerciales..... | 56 |

| | | |
|---|--|------------|
| 2.2.14 | Tamaño mínimo y máximo | 57 |
| 2.2.15 | Marcado..... | 57 |
| 2.2.16 | Dobleces de tuberías..... | 58 |
| 2.3 | CONTACTOS..... | 59 |
| 2.3.1 | Tipos de Contactos..... | 59 |
| 2.4 | APAGADORES..... | 67 |
| 2.4.1 | Tipos de Apagadores..... | 67 |
| 2.5 | PROTECCIONES | 69 |
| 2.5.1 | Protecciones contra sobrecorriente | 71 |
| 2.5.2 | Protecciones contra falla a tierra..... | 76 |
| 2.6 | CAJAS | 77 |
| 2.6.1 | Tipos de Cajas | 77 |
| 2.7 | LÁMPARAS..... | 81 |
| 2.7.1 | Incandescentes..... | 81 |
| 2.7.2 | Fluorescentes | 82 |
| 2.7.3 | LED | 83 |
| 2.7.4 | Tonos de iluminación | 85 |
| 2.8 | CENTROS DE CARGA..... | 88 |
| 2.8.1 | Tipos de centro de carga..... | 88 |
| 2.9 | TIERRA FÍSICA | 93 |
| Elementos que lo componen..... | | 93 |
| Tipos de electrodo..... | | 94 |
| Conexiones básicas | | 95 |
| Electrodo de puesta a Tierra..... | | 99 |
| 2.10 | SIMBOLOGÍA | 103 |
| CAPITULO 3 METODOLOGÍA PARA CREAR UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | | 107 |
| 3.1 | PLANO DE OBRA CIVIL..... | 109 |
| 3.2 | DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS | 109 |
| 3.3 | CÁLCULO DE CORRIENTES POR CARGA O SALIDA | 110 |
| 3.4 | CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS..... | 110 |
| 3.5 | PROPUESTA DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS TUBERÍAS | 110 |
| 3.6 | DISTRIBUCIÓN DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS | 110 |
| 3.7 | SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS..... | 111 |
| 3.7.1 | Capacidad máxima de conducción..... | 111 |
| 3.7.2 | Caída de voltaje | 116 |
| 3.8 | SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS..... | 116 |
| 3.9 | SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE TIERRA FÍSICA DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS..... | 120 |
| 3.10 | SELECCIÓN DE LA TUBERÍA DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS..... | 120 |
| 3.11 | SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ALIMENTADOR..... | 123 |
| 3.12 | SELECCIÓN DE FUSIBLES DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL, EL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y SU TUBERÍA ASOCIADA ... | 126 |
| 3.13 | SELECCIÓN DE LAS SALIDAS, CAJAS DE JALADO, DE EMPALME Y DE PASO | 126 |
| 3.14 | DIAGRAMA UNIFILAR..... | 129 |
| CAPITULO 4 PRUEBAS PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS..... | | 135 |
| 4.1 | PRUEBA DE FALLA A TIERRA..... | 140 |

| | |
|--|------------|
| 4.2 PRUEBA DE CONTINUIDAD | 141 |
| 4.3 PRUEBA DE CORTOCIRCUITO | 141 |
| CAPITULO 5 DETECTANDO FALLAS HABITUALES Y COMO SOLUCIONARLAS | 143 |
| 5.1 APAGADOR DE FOCO | 147 |
| 5.2 APAGADOR DE ESCALERA O 3 VÍAS | 149 |
| 5.3 FUSIBLE EN EL NEUTRO | 151 |
| 5.4 ALAMBRES O CABLES EN LUGAR DE FUSIBLES | 153 |
| 5.5 INSTALACIÓN SIN CONDUCTOR DE TIERRA..... | 154 |
| 5.6 FUGAS DE ENERGÍA | 154 |
| CAPITULO 6 EJEMPLOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 157 |
| 6.1 EJEMPLO DE CASA | 159 |
| 6.2 EJEMPLO DE UN CAFÉ INTERNET..... | 186 |
| 6.2.1 Plano de obra civil..... | 186 |
| 6.2.2 Determinación de las cargas..... | 186 |
| 6.2.3 Cálculo de corrientes por carga o salida | 188 |
| 6.2.4 Clasificación de las cargas | 190 |
| 6.2.5 Cálculo adicional..... | 190 |
| 6.2.6 Propuesta de las trayectorias de la tubería | 195 |
| 6.2.7 Distribución de los circuitos derivados..... | 196 |
| 6.2.8 Selección del conductor de los circuitos derivados | 198 |
| 6.2.9 Selección de las protecciones de los circuitos derivados..... | 201 |
| 6.2.10 Selección del conductor de tierra física de los circuitos derivados..... | 202 |
| 6.2.11 Selección de la tubería para los circuitos derivados..... | 202 |
| 6.2.12 Selección del conductor alimentador y su tubería asociada | 204 |
| 6.2.13 Selección de fusibles del interruptor principal, el conductor de puesta a tierra y su tubería asociada..... | 207 |
| 6.2.14 Selección de las salidas, cajas de jalado, de empalme y de paso. | 207 |
| 6.2.15 Diagrama unifilar | 220 |
| CONCLUSIONES..... | 221 |
| BIBLIOGRAFÍA | 225 |
| NOTAS AL FINAL..... | 226 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1. Voltaje eléctrico. | 21 |
| Imagen 2. Corriente Eléctrica..... | 22 |
| Imagen 3. Corriente Directa | 22 |
| Imagen 4. Corriente Alterna..... | 23 |
| Imagen 5. Resistencia Eléctrica. | 24 |
| Imagen 6. La resistencia y la longitud. | 24 |
| Imagen 7. a) La resistencia y la sección transversal, b) La resistencia y la temperatura. | 25 |
| Imagen 8. Triángulo de la Ley de Ohm..... | 25 |
| Imagen 9. Triángulo de Potencias. | 27 |

| | |
|--|----|
| Imagen 10. Factor de potencia..... | 28 |
| Imagen 11. Circuito RL. | 28 |
| Imagen 12. Circuito cerrado de agua. | 31 |
| Imagen 13. Circuito eléctrico. | 31 |
| Imagen 14. Circuito Serie. | 32 |
| Imagen 15. Circuito Paralelo. | 32 |
| Imagen 16. Circuito Serie-Paralelo o Mixto. | 33 |
| Imagen 17. Circuito Monofásico de corriente Alterna..... | 33 |
| Imagen 18. Circuito Trifásico conexión Estrella con neutro..... | 34 |
| Imagen 19. Circuito Trifásico conexión Delta..... | 34 |
| Imagen 20. Desfasamiento entre circuitos fase A, fase B y fase C..... | 35 |
| Imagen 21. Relación entre voltajes en un circuito trifásico con conexión estrella y con neutro. | 35 |
| Imagen 22. Partes de un conductor. | 39 |
| Imagen 23. Precio internacional de la plata, del 6/6/2014 al 5/6/2015..... | 39 |
| Imagen 24. Precio internacional del cobre, del 6/6/2014 al 5/6/2015..... | 39 |
| Imagen 25. Cableado de fases..... | 43 |
| Imagen 26. Impresión en el exterior de un conductor. | 47 |
| Imagen 27. Tubo conduit metálico de pared gruesa. Izq. acero ; der. aluminio. | 49 |
| Imagen 28. Tubo conduit metálico de acero de pared delgada. | 50 |
| Imagen 29. Tubo Conduit metálico flexible Tipo FMC. | 50 |
| Imagen 30. Tubo Conduit metálico flexible ligero Tipo FMT. | 50 |
| Imagen 31. Tubo Conduit no metálico Tipo ENT..... | 51 |
| Imagen 32. Tubo Conduit metálico flexible con cubierta de PVC. | 51 |
| Imagen 33. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-A..... | 52 |
| Imagen 34. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-B..... | 52 |
| Imagen 35. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-C..... | 53 |
| Imagen 36. Tubo Conduit rígido de PVC. | 53 |
| Imagen 37. Tubo Conduit rígido de PVC (color gris). | 54 |
| Imagen 38. Tubo Conduit de polietileno corrugado. | 54 |
| Imagen 39. Instalación Conduit de polietileno. | 55 |
| Imagen 40. Fibra de vidrio..... | 55 |
| Imagen 41. Tubo Conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC..... | 56 |
| Imagen 42. Tubo Conduit de polietileno de alta densidad tipo HDPE..... | 56 |
| Imagen 43. Clasificación de Clavijas y Contactos hecha por la IEC. | 59 |
| Imagen 44. Contactos sin polarización ni tierra física..... | 61 |
| Imagen 45. Contacto sencillo polarizado sin tierra física..... | 61 |
| Imagen 46. Contacto Tipo B..... | 62 |
| Imagen 47. Contacto polarizado con tierra física..... | 62 |
| Imagen 48. Contactos de tensión restringida..... | 63 |
| Imagen 49. Funcionamiento de los contactos de tensión restringida de la marca Legrand. | 63 |
| Imagen 50. Funcionamiento de los contactos de tensión restringida de la marca Leviton. | 64 |
| Imagen 51. Parte frontal y posterior de un contacto doble (dúplex) de tierra aislada. | 64 |

| | |
|--|----|
| Imagen 52. Contacto doble con protección de falla a tierra clase A (vista frontal)..... | 65 |
| Imagen 53. Vista posterior de un contacto doble con protección de falla a tierra. | 66 |
| Imagen 54. Estructura interna de un apagador sencillo. | 67 |
| Imagen 55. Sobrecarga originada por demasiadas cargas sobre un circuito..... | 70 |
| Imagen 56. Cortocircuito..... | 70 |
| Imagen 57. Falla a tierra. La fase y la tierra se unen mediante la envolvente metálica del refrigerador y la persona..... | 71 |
| Imagen 58. Fusible Bussman de fusión lenta o elemento doble. | 71 |
| Imagen 59. Operación del eslabón-fusible. Fuente Mercury y Karp™..... | 73 |
| Imagen 60. Interruptor termomagnético QO, ubicación del elemento térmico y magnético. | 74 |
| Imagen 61. Dilatación Lineal. | 74 |
| Imagen 62. Comportamiento de la lámina bimetálica..... | 74 |
| Imagen 63. Imán..... | 75 |
| Imagen 64. Electroimán. | 75 |
| Imagen 65. Dispositivo magnético, del interruptor termomagnético QO..... | 75 |
| Imagen 66. Interruptor de circuito por falla a tierra..... | 77 |
| Imagen 67. Funcionamiento del interruptor por falla a tierra..... | 77 |
| Imagen 68. Cajas y sus tapas..... | 78 |
| Imagen 69. Cajas cuadradas y sobretapas. | 78 |
| Imagen 70. Tornillos para la puesta a tierra de cajas metálicas. | 79 |
| Imagen 71. Conexión de la caja metálica al conductor de puesta a tierra | 79 |
| Imagen 72. Cajas plásticas para empotrar. | 79 |
| Imagen 73. Caja plástica: El conductor de puesta a tierra se conecta al contacto dúplex | 80 |
| Imagen 74. Colocación de caja plástica en tabique | 80 |
| Imagen 75. Caja metálica después del aplanado | 80 |
| Imagen 76. Fijación de caja a muro de ladrillo..... | 80 |
| Imagen 77. Fijación de cajas. Se atornillan sobre refuerzos de canal metálico, previamente fijados a los postes o listones | 81 |
| Imagen 78. Lámpara incandescente. | 81 |
| Imagen 79. Lámpara incandescente halógena de espectro modificado. | 82 |
| Imagen 80. Principio de operación de lámpara fluorescente..... | 82 |
| Imagen 81. Partes de una lámpara compacta..... | 83 |
| Imagen 82. Obtención de la luz blanca en un LED..... | 84 |
| Imagen 83. Partes de una lámpara LED | 84 |
| Imagen 84. Relación entre el flujo luminoso y la potencia de los focos incandescentes | 85 |
| Imagen 85. Calentamiento de un cuerpo negro | 86 |
| Imagen 86. Relación de los grados Kelvin con algunas fuentes de luz | 86 |
| Imagen 87. Exposición de diferentes temperaturas de color | 87 |
| Imagen 88. Aplicación de las tonalidades: Izquierda: cálida; centro: neutra; derecha: fría..... | 87 |
| Imagen 89. Centros de carga..... | 88 |
| Imagen 90. Especificación del interruptor. | 89 |
| Imagen 91. Interruptores tipo cuchilla. Izq. 1 polo-1 tiro, Der. 1 polo-2 tiro. | 89 |

| | |
|---|-----|
| Imagen 92. Eslabón de fusibles tipo cartucho. | 89 |
| Imagen 93. Interruptor de seguridad con base para fusible (tipo cartucho clase H y K1)..... | 90 |
| Imagen 94. Centro de carga de distribución y conexiones de alimentación monofásica..... | 91 |
| Imagen 95. Conexión del interruptor principal: Izq. Monofásica, Der. Bifásica. | 91 |
| Imagen 96. Grados de Protección NEMA..... | 92 |
| Imagen 97. Búsqueda en Google de: Sistema de puesta a tierra, sistema de tierra física y tierra física. | 93 |
| Imagen 98. Conexión del electrodo. | 95 |
| Imagen 99. Conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra. | 95 |
| Imagen 100. Puente de unión principal en el medidor..... | 96 |
| Imagen 101. Conexiones posibles en el medidor cuando el puente principal está en el interruptor principal..... | 96 |
| Imagen 102. Conexión del conductor de puesta a tierra y tierra aislada..... | 97 |
| Imagen 103. Puente con el conduit metálico. | 97 |
| Imagen 104. Instalación de una varilla Copperweld en terreno con fondo rocoso. | 99 |
| Imagen 105. Excavación del pozo y tamizado de la tierra. | 102 |
| Imagen 106. Excavación de la zanja. | 102 |
| Imagen 107. Colocación de registro prefabricado. | 102 |
| Imagen 108. Conexión del electrodo y su respectivo conductor..... | 102 |
| Imagen 109. Pozo a tierra. | 102 |
| Imagen 110. Ejemplo de plano de Distribución. | 109 |
| Imagen 111. Diagrama unifilar..... | 129 |
| Imagen 112. Multímetro básico. | 137 |
| Imagen 113. Multímetro básico de gancho. | 137 |
| Imagen 114. Puntas sencillas. | 138 |
| Imagen 115. Punta sencilla dañada..... | 138 |
| Imagen 116. Punta con empuñadura unida o pegada al cable..... | 138 |
| Imagen 117. Multímetro Steren modelo MUL 100..... | 138 |
| Imagen 118. Ejemplos de colocación del selector para medir voltaje en una instalación monofásica de 127 [V]. | 139 |
| Imagen 119. Ejemplos de colocación del selector para detectar continuidad. | 139 |
| Imagen 120. Prueba de funcionamiento (Continuidad)..... | 140 |
| Imagen 121. Contacto a probar. | 140 |
| Imagen 122. Prueba de falla a tierra en contacto..... | 140 |
| Imagen 123. Prueba de cortocircuito en contacto. | 141 |
| Imagen 124. Puntas analógicas y digital | 146 |
| Imagen 125. Contacto de prueba..... | 146 |
| Imagen 126. Medición de voltaje..... | 146 |
| Imagen 127. Verificación del funcionamiento del probador digital | 146 |
| Imagen 128. Verificación del funcionamiento del probador analógico..... | 147 |
| Imagen 129. Prueba de alimentación del foco. | 147 |
| Imagen 130. Apagador apagado y foco retirado..... | 148 |

| | |
|---|-----|
| Imagen 131. Apagador de foco conectado correctamente. | 148 |
| Imagen 132. Terminales del portalámparas conectadas correctamente. | 149 |
| Imagen 133. Ubicación de la sección cálculo del consumo bimestral. | 151 |
| Imagen 134. Sección cálculo del consumo bimestral. | 151 |
| Imagen 135. Revisión de recibo y caja de fusibles. | 152 |
| Imagen 136. Fase en la caja de fusibles. | 152 |
| Imagen 137. Neutro en la caja de fusibles. | 152 |
| Imagen 138. Tornillo de puesta a tierra. | 153 |
| Imagen 139. Plano de obra civil planta baja. | 159 |
| Imagen 140. Plano de obra civil planta alta. | 160 |
| Imagen 141. Plano de obra civil planta baja con medidas. | 161 |
| Imagen 142. Plano de obra civil planta alta con medidas. | 162 |
| Imagen 143. Plano de obra civil planta baja con contactos y luminarios. | 163 |
| Imagen 144. Plano de obra civil planta alta con contactos y luminarios. | 164 |
| Imagen 145. Plano de Obra Civil Planta baja con canalizaciones para los diferentes circuitos derivados. | 165 |
| Imagen 146. Plano de Obra Civil Planta alta con canalizaciones para los diferentes circuitos derivados. | 166 |
| Imagen 147 Diagrama de distribución de conexiones dentro del centro de carga. | 182 |
| Imagen 148 Detalle de la distribución de los circuitos derivados dentro del centro de carga. | 183 |
| Imagen 149 Diagrama unifilar. | 184 |
| Imagen 150 Detalle de puesta a tierra. | 185 |
| Imagen 151. Plano de distribución del café internet. | 186 |
| Imagen 152. Plano de corte, área de PC con la ubicación de los contactos. | 187 |
| Imagen 153. Plano de corte, área del encargado, ubicación de los contactos y apagadores. | 187 |
| Imagen 154. Plano de corte del baño, ubicación de foco y apagador. | 188 |
| Imagen 155. Curvas de sensibilidad del ojo humano, fotópica(P) y escotópica(S). | 192 |
| Imagen 156. Conos y bastones en el ojo. | 192 |
| Imagen 157. Foco ahorrador 23W/865. | 193 |
| Imagen 158. Cotas de los focos (1) | 194 |
| Imagen 159. Cotas de los focos (2). | 194 |
| Imagen 160. Cotas de los focos (3) | 195 |
| Imagen 161. Propuesta de trayectorias de las tuberías del café-internet. | 195 |
| Imagen 162. Distribución de Circuitos. | 197 |
| Imagen 163. Número de portadores de corriente (Fase, Neutro, Regreso y Puentes). | 198 |
| Imagen 164. Plano con número y calibre conductores (No se indica el de tierra aislada). | 202 |
| Imagen 165. Plano con cédulas de tubería. | 204 |
| Imagen 166. Cajas de derivación CD1, CD2, CD3, CD4 y CD5 | 216 |
| Imagen 167. Cajas de derivación CD6 y CD7 | 217 |
| Imagen 168. Cajas de derivación CD8 | 217 |
| Imagen 169. Vista aérea. | 218 |
| Imagen 170. Cajas tipo PVC. | 219 |

| | |
|--|-----|
| Imagen 171. Diagrama Unifilar del Café-Internet..... | 220 |
|--|-----|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Comparativa de cables de alma de aleación de aluminio series 8000 y de cobre. | 41 |
| Tabla 2 Precios de los conductores con alma conductora de aleación de aluminio series 8000 y de cobre. | 41 |
| Tabla 3 Comparación de ampacidad de conductores de cobre y aluminio. | 42 |
| Tabla 4 Clasificación de acuerdo a la forma del alma conductora..... | 43 |
| Tabla 5 Aplicaciones y aislamientos de conductores de 600 volts | 44 |
| Tabla 6 Conductores para la industria de la construcción | 46 |
| Tabla 7 Designación métrica y tamaños comerciales | 57 |
| Tabla 8 Comparación del tipo polietileno y tipo ENT..... | 58 |
| Tabla 9 Clasificación de Clavijas y contactos hecha por World Standards. Obtenido de: http://www.worldstandards.eu/electricidad.htm#plugs el 4/08/2015 | 60 |
| Tabla 10 Apagador sencillo | 67 |
| Tabla 11 Apagador de tres vías | 68 |
| Tabla 12 Apagador de cuatro vías..... | 69 |
| Tabla 13 Clasificación de fusibles para bajo voltaje de acuerdo a UL 248..... | 72 |
| Tabla 14 Tabla para selección de lámpara ahorradora (LFC) de acuerdo a la potencia | 85 |
| Tabla 15 Simbología | 103 |
| Tabla 16 Ampacidades permisibles en conductores de cobre aislados | 112 |
| Tabla 17 Factores de ajuste por agrupamiento | 113 |
| Tabla 18 Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C..... | 114 |
| Tabla 19 Cargas de alumbrado general por tipo de inmueble..... | 115 |
| Tabla 20 Tabla de impedancia eléctrica para conductores de cobre..... | 117 |
| Tabla 21 Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores..... | 118 |
| Tabla 22 Magnitud de la protección contra sobrecarga de un motor | 119 |
| Tabla 23 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna | 119 |
| Tabla 24 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos .. | 120 |
| Tabla 25 Porcentaje máximo de ocupación | 120 |
| Tabla 26 Dimensiones aplicables a los conductores THW-LS/THHW-LS..... | 122 |
| Tabla 27 Dimensiones del cable de cobre desnudo..... | 123 |
| Tabla 28 Factores de demanda de cargas de alumbrado | 124 |
| Tabla 29 Número de fases de acuerdo a la demanda máxima. | 125 |
| Tabla 30 Volumen que es requerido considerar para cada conductor..... | 127 |
| Tabla 31 Cajas metálicas | 128 |
| Tabla 32 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit EMT y ENT..... | 130 |
| Tabla 33 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit FMC e IMC | 131 |
| Tabla 34 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit LFMC y RMC..... | 132 |
| Tabla 35 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit PVC..... | 133 |
| Tabla 36 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit (Nexflex y Poliflex) | 134 |
| Tabla 37 Número de Salidas y Cargas | 167 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 38 Número de salidas y cargas consideradas como alumbrado general. | 168 |
| Tabla 39 Número de Salidas y Cargas para circuitos de Otras Cargas. | 169 |
| Tabla 40 Número de Salidas para circuitos de 20[A] para Pequeños Aparatos eléctricos en unidades de vivienda. | 169 |
| Tabla 41 Número de salidas en circuitos de 20 [A] para Lavadoras en unidades de vivienda. | 169 |
| Tabla 42 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 1..... | 170 |
| Tabla 43 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 2..... | 170 |
| Tabla 44 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 3..... | 171 |
| Tabla 45 Circuito Derivado para Otras Cargas No. 4..... | 171 |
| Tabla 46 Circuito Derivado para Otras Cargas No. 5..... | 171 |
| Tabla 47 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 6..... | 171 |
| Tabla 48 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 7..... | 172 |
| Tabla 49 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 8..... | 172 |
| Tabla 50 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 9..... | 172 |
| Tabla 51 Circuito Derivado para Lavadora No. 10..... | 172 |
| Tabla 52 Número de Fases según la Demanda | 174 |
| Tabla 53 Balanceo de Cargas..... | 175 |
| Tabla 54 Cálculo preliminar de conductores..... | 175 |
| Tabla 55 Número de Conductores Activos, Factor de Agrupamiento y Longitud de Circuitos Derivados | 176 |
| Tabla 56 Calibre contra Impedancia..... | 179 |
| Tabla 57 Calibre Preliminar, Calibre Final, Protección y Conductor de puesta a tierra | 180 |
| Tabla 58 Área del conductor | 181 |
| Tabla 59 Área interior conduit | 181 |
| Tabla 60 Datos de placa | 188 |
| Tabla 61. Consumo de lámparas fluorescentes | 189 |
| Tabla 62 Características de las cargas | 189 |
| Tabla 63 Niveles de Iluminación..... | 191 |
| Tabla 64 Cargas de los contactos dúplex | 196 |
| Tabla 65 Corriente de los circuitos..... | 196 |
| Tabla 66 Cédulas de Tubería | 203 |
| Tabla 67 Factores de demanda para cargas de contactos en inmuebles que no son unidades de vivienda | 204 |
| Tabla 68 Balanceo de cargas considerando el factor de demanda..... | 206 |
| Tabla 69 Mediciones de cajas cuadradas..... | 210 |
| Tabla 70 Volumen y número de discos removibles de las cajas cuadradas a utilizar | 211 |
| Tabla 71 Costo Beneficio aproximado para una vivienda económica de 50 m ² | 222 |

Introducción

La electricidad en la actualidad es una necesidad, se encuentra en nuestros hogares permitiéndonos realizar actividades cotidianas y es tan común que muchas veces no nos preocupamos por las condiciones de la instalación o elementos encargados de llevarla hasta los dispositivos.

La instalación eléctrica es de vital importancia por lo que se debe de mantener en buenas condiciones, el no hacerlo puede ser un riesgo de incendio.

Las fallas eléctricas son una de las causas principales de los incendios en los hogares, de acuerdo al reporte del 2013 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés). El reporte estima que entre 45000 a 50000 se debieron a una falla o malfuncionamiento de la instalación de acuerdo a los datos otorgados por las estaciones de bomberos de los Estados Unidos de América desde el año 2000.

Esto representa el 13% de los incendios en los hogares, provocando 455 muertes al año mientras que en el periodo comprendido entre el 2007 al 2011 provocó 1500 heridos y 1500 millones de dólares en pérdidas.

En el reporte indica que el 63% involucró al cableado y accesorios, 74% citó algún fallo eléctrico o malfuncionamiento y casi la mitad (44%) de las muertes fueron causadas por incendios que iniciaron en el dormitorio, sala o en el cuarto de estudio. El aislamiento del cable fue lo primero en arder en el 32% de los casos.

“Se debe de tener en mente el riesgo de un incendio debido a causas eléctricas, este peligro se puede reducir siguiendo las guías de seguridad y tomando medidas tempranas” sugiere la vicepresidenta de comunicaciones de la NFPA, Lorraine Carli.¹

La NFPA da las siguientes recomendaciones.

- Evite colocar extensiones debajo de las alfombras o en áreas de paso, como las puertas.
- En hogares con niños pequeños asegúrese de usar contactos a prueba de manipulaciones (TR por sus siglas en inglés).
- Para evitar el uso de extensiones, considere agregar más circuitos o contactos por un electricista capacitado.
- Siga las indicaciones del fabricante para conectar el aparato al contacto.
- Conecte sólo un aparato de alto consumo a la vez a un contacto para evitar sobrecargarlo.

¹ Artículo adaptado de: *Nearly 50,000 home fires involved electrical failures or malfunctions*, Nfpa.org, [en línea], 1 de Mayo de 2013, [Consulta, 3 de Junio de 2013]. Disponible en: <http://www.nfpa.org/news-and-research/news-and-media/press-room/news-releases/2013/nearly-50000-home-fires-involved-electrical-failures-or-malfunctions>

- Sí los contactos o apagadores se sienten calientes, frecuentemente se funden los fusibles u operan los termomagnéticos, las luces se atenúan o parpadean llame a un electricista calificado.
- Coloque las lámparas de buro en superficies planas, alejadas de materiales que se puedan quemar y siempre coloque el foco de la potencia recomendada o menor.
- Asegúrese de que los circuitos que alimenten: la cocina, el baño, la lavandería, el sótano y al exterior tengan protección contra falla a tierra (GFCI por sus siglas en inglés).
- Los interruptores de circuito de falla de arco (AFCI por sus siglas en inglés) deberían instalarse en su casa para proteger sus contactos.
- Cuando esté comprando, vendiendo o remodelando una casa, haga que la revise un electricista capacitado.

Decidimos realizar este manual con la finalidad de hacer llegar a más personas la manera de realizar una instalación eléctrica apegada a la NOM 001-SEDE-2012.

El manual es una herramienta que tiene como primer objetivo ayudar a las personas a tener una instalación eléctrica segura. Segundo brindar a las personas los conocimientos mínimos necesarios para el diseño de una instalación eléctrica. Y por último enseñar a las personas como identificar fallas dentro de una instalación eléctrica y de este mismo modo como solucionarlas.

Este manual está dirigido a personas sin conocimientos en instalaciones eléctricas, razón por la que se tratan de dar detalles.

Este documento se divide en 6 capítulos. En el primer capítulo se describen los conceptos más básicos para comprender el contenido de este manual, así como la realización de una instalación eléctrica, se explica la importancia de estos conceptos a la hora de realizar una instalación eléctrica además se incluyen las fórmulas para obtener ciertos datos que son necesarios para los cálculos en la realización de la instalación.

En el segundo capítulo se tratan los elementos básicos y materiales utilizados en una instalación eléctrica como son los tipos de conductores, como y donde deben de usarse; las canalizaciones, contactos, clavijas, apagadores, protecciones, cajas, lámparas, centros de carga, sistemas de puesta a tierra y se describirá la simbología asociada.

En el tercer capítulo se describe la metodología para desarrollar una instalación eléctrica, el orden que debe llevarse para que sea correcta, los cálculos que deben realizarse en los diferentes pasos de nuestro proyecto, ajustes y modificaciones para que los resultados cumplan con la NOM-001-SEDE-2012.

En el cuarto capítulo se muestran las diferentes pruebas que se realizan en una instalación eléctrica antes de energizarla para verificar que las conexiones se realizaron de manera correcta. Las pruebas más comunes que se realizan son las de “prueba de falla a tierra”, “prueba de continuidad” y “prueba de corto circuito”.

En el quinto capítulo se explican las fallas más comunes que existen en las casas y negocios de los usuarios, provocadas por una mala definición del concepto asociado, una mala ejecución, en muchas de las ocasiones por ahorrar un poco de dinero en material, por no tener los conocimientos necesarios, o porque se desconocía el problema y la falla se encontraba presente. Se describirá como detectarlas y solucionarlas

En el sexto capítulo se desarrollan unos ejemplos en los cuales se muestra la metodología para diseñar una instalación eléctrica de tal manera que esta cumpla con la NOM-001-SEDE-2012 señalando las modificaciones que se deben hacer, ya sea desde número de circuitos derivados, como el tamaño de los conductores, tipos de materiales utilizados y tipo de protecciones.

Por último, se presentan las conclusiones obtenidas.

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

1.1 Voltaje

Voltaje es el término, aunque incorrecto no prohibido, con el que se suele conocer a la **diferencia de potencial**. El flujo de electrones requiere mantener una fuerza o tensión que empuje los electrones en forma continua. Esta fuerza generalmente se le conoce como **fuerza electromotriz o FEM**. La FEM es la diferencia de la carga eléctrica entre dos puntos. Con el fin de mantener esta diferencia, debe existir un exceso de electrones en un cierto lugar y una cierta diferencia o falta de electrones en otro lugar.

La FEM es la diferencia de potencia eléctrica de una carga entre dos puntos en un circuito eléctrico o campo eléctrico, es decir, el trabajo realizado por una fuerza externa (invisible) para mover la carga de un punto a otro. La unidad de medida es el **Volt [V]**. Es comúnmente representado por los símbolos ***E*** o ***V*** y se le conoce de también como **tensión eléctrica** y **potencial eléctrico**. (NOM-008-SCFI, 2002)

Diferencias en cargas netas para explicar voltaje

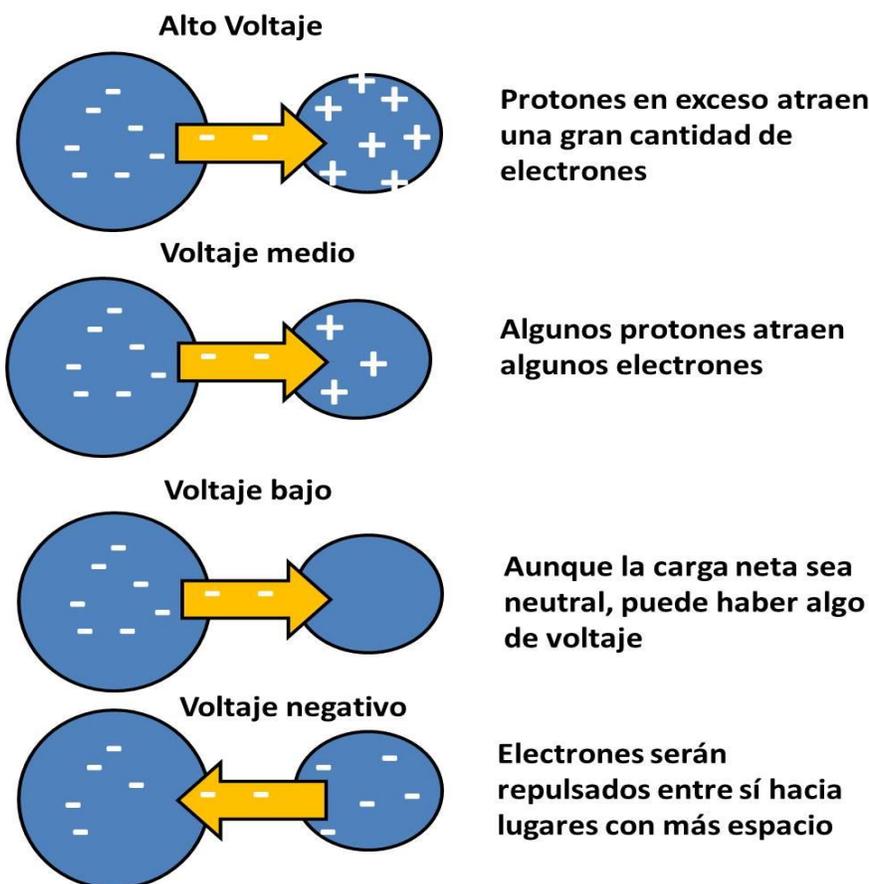
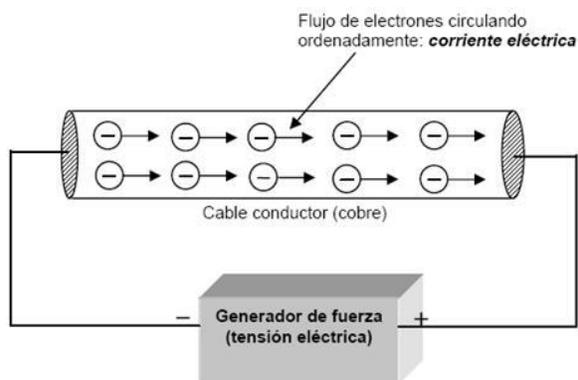


Imagen 1. Voltaje eléctrico.

Obtenido de: <https://www.emaze.com/@ALIOLQOF/tipos-de-electricidad> el 15/05/2015

1.2 Corriente Eléctrica

La corriente eléctrica es la electricidad en movimiento, es decir, un flujo continuo y controlado de electrones en un circuito eléctrico. Cuando se tiene una fuente de voltaje conectada a través de conductores a un dispositivo, las cargas eléctricas (electrones) fluyen desde la terminal negativa hacia la terminal positiva (ver Imagen 2) y la magnitud de carga que fluye en un tiempo determinado es la corriente eléctrica y su unidad es el **Ampere [A]**.



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Dónde:

ΔQ : Incremento de la Carga [C]

Δt : incremento del tiempo [s]

I: Intensidad de corriente eléctrica [A]

Imagen 2. Corriente Eléctrica.

Obtenido de: <http://mejoreslinks.masdelaweb.com/la-corriente-electrica/> el 25/05/2015

1.2.1 Tipos de Corriente

La Corriente directa (CD) también conocida como corriente continua (CC), se caracteriza porque los electrones fluyen en una sola dirección, pues la polaridad de la fuente es la misma. En la "Imagen 3" se muestra que una de las terminales o polos de la batería es siempre positiva y otra negativa. Los electrones fluyen de la terminal negativa (polo negativo) de la fuente de voltaje, recorren el circuito y retornan a la terminal positiva (polo positivo).

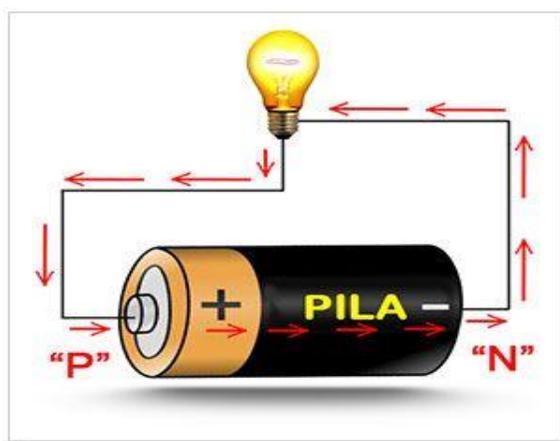


Imagen 3. Corriente Directa.

Obtenido de: <http://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm> el 25/05/2015

La corriente alterna (CA): una fuente de corriente alterna produce un voltaje que regularmente se va alternando, aumentando desde cero hasta un máximo positivo y decreciendo desde este máximo hasta cero, para continuar disminuyendo hasta un valor mínimo negativo y regresar nuevamente a cero; a esta variación se le llama *ciclo*. La corriente alterna es un tipo de corriente cuya polaridad se invierte periódicamente.

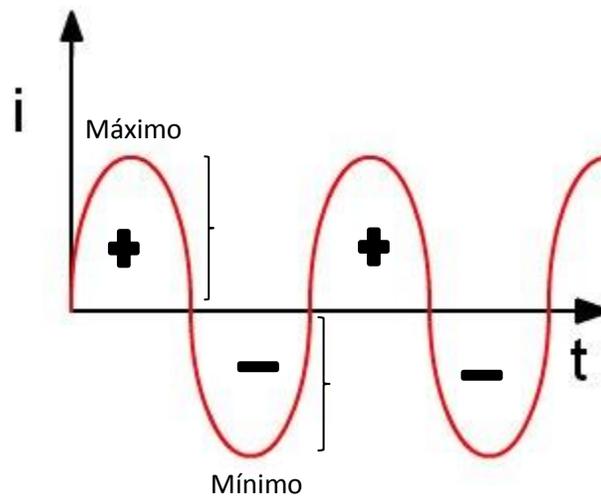


Imagen 4. Corriente Alterna.

Adaptado de: <http://mascorrientealterna.blogspot.mx/2015/06/corriente-alterna.html> el 30/05/2015

1.3 Resistencia Eléctrica

El flujo de electrones necesita un material que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. La oposición que presenta un material al flujo de electrones es conocida como **Resistencia Eléctrica**. En algunos aisladores, como la cerámica o los plásticos, los electrones están fuertemente amarrados a sus átomos. Mientras el voltaje no sea muy alto no se mueve ningún electrón. En todo conductor, el más mínimo voltaje mueve electrones, sin embargo, en aquellos materiales con una gran resistencia, se moverán muy pocos. En materiales con muy poca resistencia se moverán muchos electrones con muy poco voltaje.

La corriente o flujo de electrones libres en un circuito eléctrico encuentra oposición en todas las partes del circuito. Esta oposición es llamada **Resistencia Eléctrica**, y puede compararse a la **fricción**. La fricción (resistencia al movimiento) de un objeto, depende del tipo de superficie sobre la que se mueve. De manera parecida, los diferentes metales ofrecen distinta cantidad de oposición a la corriente de electrones.

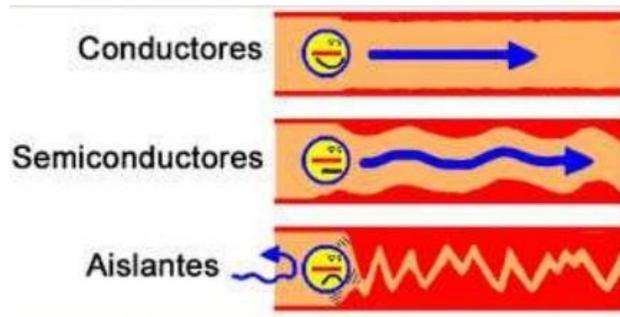


Imagen 5. Resistencia Eléctrica. Obtenido de: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/sistemaselectronicos/indexsistemaelectronicos_archivos/Page612.htm el 03/06/2015

1.3.1 Factores que afectan a la resistencia

La cantidad de oposición o resistencia que encuentra la corriente de electrones dentro de un metal (u otro material) depende de los siguientes factores:

El tipo de material.-Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido al arreglo de sus átomos (y otros factores). Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son *plata, cobre, oro y aluminio*. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia seguida por el cobre, luego el oro y aluminio (Condumex, 2011) .

La longitud del Alambre.- La resistencia de un alambre de metal aumenta directamente con su longitud; a mayor longitud de un alambre de metal habrá más colisiones entre los átomos y los electrones, con lo que se convierte en calor más energía de los electrones.

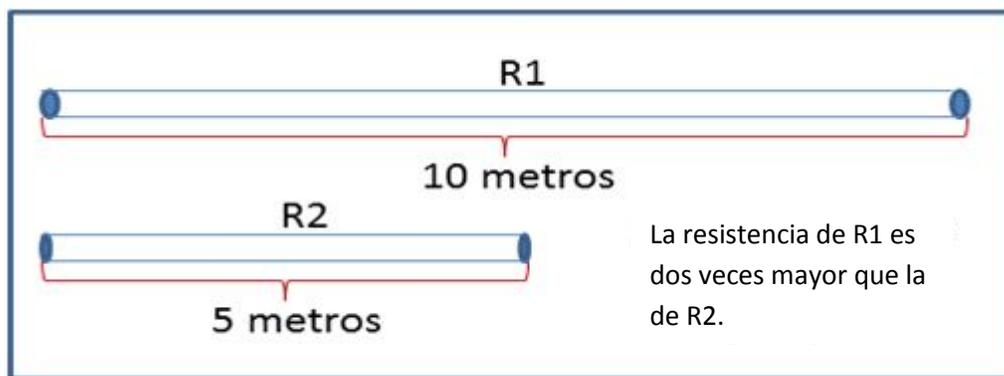


Imagen 6. La resistencia y la longitud. Obtenido de: <http://elbibliote.com/resources/Temas/html/473.php> el 7/06/2015

El área de la sección transversal. - A mayor amplitud en el camino de la corriente de electrones, más facilidad para su flujo a través del conductor. A mayor área de la sección transversal menor resistencia.

La temperatura del material. - A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en el cristal de metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá

mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. La resistencia aumenta con la temperatura en los metales.

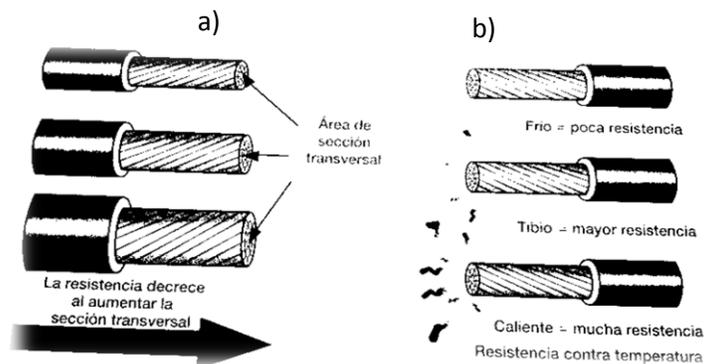


Imagen 7. a) La resistencia y la sección transversal, b) La resistencia y la temperatura.¹

La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el **Ohm** llamado así para honrar a “Georg S. Ohm, científico alemán del siglo XIX. Un ohm causa una caída de voltaje de 1[V] a una corriente de 1[A]. Su símbolo esta denotado por la letra griega Omega “Ω”.

1.4 Ley de Ohm

La Ley de Ohm nos dice que la corriente es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito. La expresión escrita de esta ley puede representarse mediante la siguiente ecuación algebraica:

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde:

I: Intensidad de corriente eléctrica, Ampere [A].

V: Tensión eléctrica, Volts [V].

R= Resistencia eléctrica, Ohm [Ω].

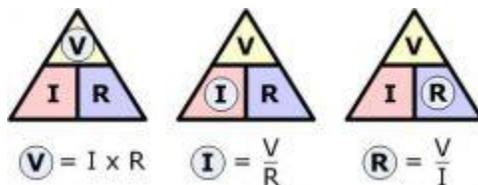


Imagen 8. Triángulo de la Ley de Ohm.

Obtenido de: <http://www.taringa.net/posts/info/19285813/Ley-de-ohm-y-leyes-de-kirchhoff.html> 8/06/2015

1.5 Potencia Eléctrica

Las características y aplicaciones de los circuitos eléctricos se han descrito hasta ahora en términos de la tensión (voltaje), la corriente y la resistencia, elementos que son importantes y esenciales para el estudio de los sistemas eléctricos, sin embargo, se puede decir que son incidentales para el propósito primario de cualquier circuito eléctrico, que es el de suministrar una potencia para desarrollar un trabajo.

Los sistemas eléctricos, ya sea una simple batería que opera a una campana, o una compleja instalación industrial que alimenta a un gran número de lámparas y motores eléctricos, que tiene el propósito de producir alumbrado y hacer girar motores para accionar bombas, ventiladores, transformadores, etc., o bien producir calor, tienen como propósito final desarrollar una potencia o un trabajo. En el análisis de cualquier circuito para las instalaciones eléctricas, se involucran aspectos de tensión (voltaje), resistencia y corriente eléctrica, pero las últimas consideraciones son siempre de potencia y trabajo, por lo que para la aplicación de los circuitos eléctricos es necesaria una clara comprensión de los términos “Potencia” y “Trabajo” y las relaciones de estos con el voltaje, la corriente y la resistencia eléctrica.

1.5.1 Tipos de Potencia

Existen tres tipos de potencia eléctrica:

- a) **Potencia Activa.** La denominada “potencia activa” representa en realidad la “potencia útil”, o sea, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando se pone en movimiento un mecanismo o maquinaria, la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico, la luz que proporciona una lámpara, etc. Por otra parte, la “potencia activa” es realmente la “potencia contratada” en la empresa eléctrica y que nos llega a la casa, la fábrica, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite, a través de la red de distribución de corriente alterna. La potencia consumida por todos los aparatos eléctricos que utilizamos normalmente, la registran los medidores que instala dicha empresa para cobrar el total de la energía eléctrica consumida cada mes. Su unidad de medida son los “Watts” en honor al ingeniero mecánico **James Watt** y se representan con la letra mayúscula [W]. La Potencia Activa se calcula de la siguiente manera:

$$P = VI * \cos(\phi)$$

Donde:

P: Potencia Activa, Watt [W].

V = Tensión Eléctrica, Volt [V].

I = Intensidad de Corriente, Ampere [A].

$\cos(\phi)$ = Factor de Potencia.

- b) **Potencia Reactiva.** La potencia reactiva es la que consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina o enrollado

para crear un campo electromagnético. Esas bobinas o enrollados que forman parte del circuito eléctrico de esos aparatos o equipos constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y de su eficiencia de trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia, mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el [VAR] y su múltiplo es el [kVAR] (Kilovolt-Amper-reactivo).

- c) **Potencia Aparente.** La potencia aparente o potencia total es la suma de la potencia activa y la reactiva. Estas dos potencias representan la potencia que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas. Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los consumidores, es decir, hasta los hogares, fábricas, industrias, etc.

1.5.2 Factor de Potencia

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" ($\cos \phi$) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

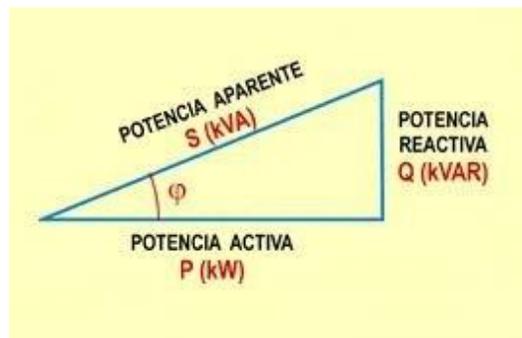


Imagen 9. Triángulo de Potencias.

Adaptado de <http://www.afinidadelctrica.com/articulo.php?IdArticulo=15> el 15/06/2015

En la "Imagen 9", se muestra un triángulo rectángulo donde la hipotenusa es la potencia aparente (**S**), su base es la potencia activa (**P**) y su altura es la potencia reactiva (**Q**). La relación de la potencia activa (**P**) con respecto a la potencia aparente (**S**) se le conoce como factor de potencia que representa la relación que existe entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Imagen 10. Factor de potencia. Obtenido de Ídem Imagen 9

1.6 Impedancia

La impedancia es la oposición al paso de la corriente alterna. A diferencia de la resistencia, en la impedancia se incluyen los efectos de acumulación y eliminación de carga (capacitancia) y/o inducción magnética (inductancia). Obviamente, este efecto es solo apreciable ante los cambios en el tiempo de la señal eléctrica, es decir, que la impedancia depende de otros parámetros y no solo del valor característico del elemento en cuestión asociado a nuestro circuito eléctrico (Resistor, Capacitor, Inductor) el valor de la resistencia, de capacitancia y/o inductancia, sino que también interviene la frecuencia y la constante π .

Cuando una resistencia y una inductancia se conectan en serie, se produce una caída de voltaje, tanto en la resistencia como en la reactancia inductiva, si se designa por V_R la caída de voltaje en la resistencia y V_L la caída de voltaje en la reactancia inductiva, el voltaje aplicado al circuito se calcula como:

$$V = \sqrt{(V_R)^2 + (V_L)^2}$$

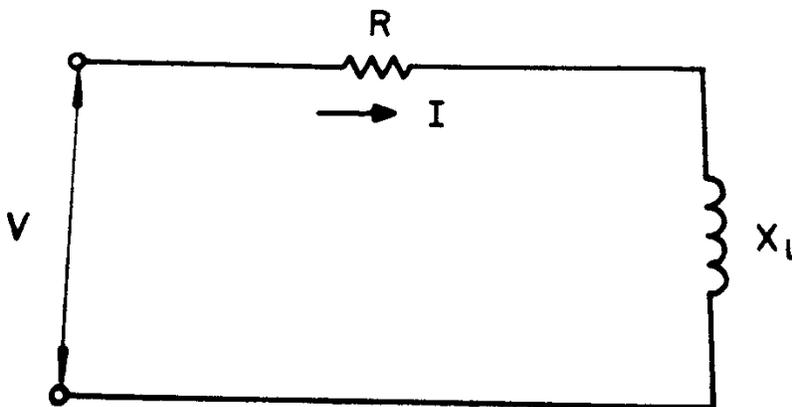


Imagen 11. Circuito RL.²

1.6.1 Tipos de Impedancia

Existen tres tipos diferentes de impedancias principalmente:

- Resistiva*. Antes ya mencionada
- Inductiva*. La reactancia inductiva es la oposición o resistencia que ofrecen al flujo de la corriente alterna por un circuito eléctrico cerrado formado por las bobinas o enrollados hechos de alambre de cobre, ampliamente utilizados en motores eléctricos, transformadores de tensión y otros dispositivos. Esta reactancia representa una "carga

inductiva” para el circuito de corriente alterna donde se encuentra conectada. Se representa por medio de “ X_L ” y se calcula de la siguiente manera:

$$X_L = 2\pi * fL \text{ Donde:}$$

$\pi = 3.1416$

f: Valor de la frecuencia en ciclo/segundo (Hertz [Hz])

L : Valor de la inductancia medida en Henry [H].

Nota. Para valores de frecuencia muy altos se considera un circuito abierto ya que tendríamos un valor de resistencia muy alto.

- c) *Capacitiva.* La reactancia capacitiva es la oposición o resistencia que ofrecen al flujo de la corriente eléctrica alterna los capacitores o condensadores. Esta reactancia representa una “carga capacitiva” para el circuito de corriente alterna donde se encuentra conectada. Se representa por medio de “ X_C ” y se calcula de la siguiente manera:

$$X_C = \frac{1}{2\pi * fC} \text{ Donde:}$$

$\pi = 3.1416$

f: Valor de la frecuencia en ciclo/segundo (Hertz [Hz])

L: Valor de la capacitancia medida en Farad [F].

Nota. Para valores de frecuencia muy altos se considera un circuito en corto ya que tendríamos un valor de resistencia muy bajo.

1.7 Leyes de Kirchhoff

Las leyes (o Lemas) de Kirchhoff fueron formuladas por Gustav Kirchhoff en 1845, mientras aún era estudiante. Son muy utilizadas en ingeniería eléctrica para obtener los valores de la corriente y el potencial en cada punto de un circuito eléctrico. Surgen de la aplicación de la ley de conservación de la energía.

Estas leyes nos permiten resolver los circuitos utilizando el conjunto de ecuaciones al que ellos corresponden.

1.7.1 Ley de las corrientes o primera ley de Kirchhoff

La ley de las corrientes o primera ley de Kirchhoff establece que en cada instante la suma algebraica de las corrientes en un nodo es igual a cero, esto es, la suma de las corrientes que entran al nodo es igual a la suma de las corrientes que salen del mismo.

Por lo tanto:

Corrientes entrantes al nodo = Corrientes salientes del nodo

La primera ley de Kirchhoff se cumple como consecuencia del Principio de conservación de la carga. El número de ecuaciones a escribir para un circuito de acuerdo a la primera ley de Kirchhoff se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

Número de ecuaciones de acuerdo a la primera ley de Kirchhoff = $n - 1$.

Donde: n representa el número de nodos en el circuito.

1.7.2 Ley de los voltajes o segunda ley de Kirchhoff

La ley de los voltajes o segunda ley de Kirchhoff expresa que la suma algebraica de las diferencias de voltaje existentes alrededor de cualquier trayectoria cerrada en un circuito eléctrico es igual a cero, o sea, la suma algebraica de los voltajes en cada trayectoria cerrada es igual a la suma algebraica de las caídas de voltaje ($I \cdot R$) en la propia trayectoria y en cada instante de tiempo, lo cual puede expresarse como:

$$\sum V = \sum IR.$$

1.8 Circuitos Eléctricos

Podemos comparar la corriente eléctrica con la corriente de agua. Basándonos en un concepto tan familiar para todos, como es la corriente del agua y sus efectos, podemos comprender la corriente eléctrica. Tomando en cuenta esto, describiremos algunas similitudes entre las corrientes de agua y eléctrica.

El agua usualmente se transmite de un lugar a otro a través de tubos y mangueras. Los tubos o las mangueras tienen un orificio por donde se transporta el agua. La cantidad de agua transmitida está en relación al área de la sección transversal de la manguera y la presión del agua. La pared del tubo o de la manguera tiene la función de evitar que el agua se salga del orificio del tubo. El espesor de la pared está relacionado con la presión que soporta el tubo: a mayor espesor de la pared, el tubo soporta mayor presión máxima. Las unidades que se emplean para medir la corriente de agua son volumen entre tiempo (litros por segundo [l/s]).

La corriente eléctrica es el flujo de cargas eléctricas, estas se transmiten de un lugar a otro a través de cables eléctricos, estos tienen un metal (generalmente de cobre o aluminio) el cual es conductor. La cantidad de corriente transmitida está dada por el área de la sección transversal del metal del conductor y la tensión aplicada. El aislamiento del cable tiene la función de evitar que la corriente eléctrica se salga del conductor metálico. El espesor del aislamiento está relacionado con el voltaje eléctrico que soporta el cable: a mayor espesor del aislamiento, el cable soporta mayor tensión. Las unidades que se emplean para medir la corriente eléctrica son *carga eléctrica entre tiempo* (Coulomb por segundo [C/s] y se denomina "Ampere" [A]).

Para que el agua se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de presión entre los dos lugares y que estén unidos mediante un tubo o una manguera. La unidad de la presión es el pascal [Pa].

Por otra parte, para que la corriente eléctrica se transmita de un lugar a otro, se requiere que exista una diferencia de tensión entre los dos lugares y que estén unidos mediante un cable. La unidad de la tensión es el volt [V].

Tomando en cuenta lo anterior podemos hacer una comparación entre un circuito cerrado de agua y un circuito eléctrico.

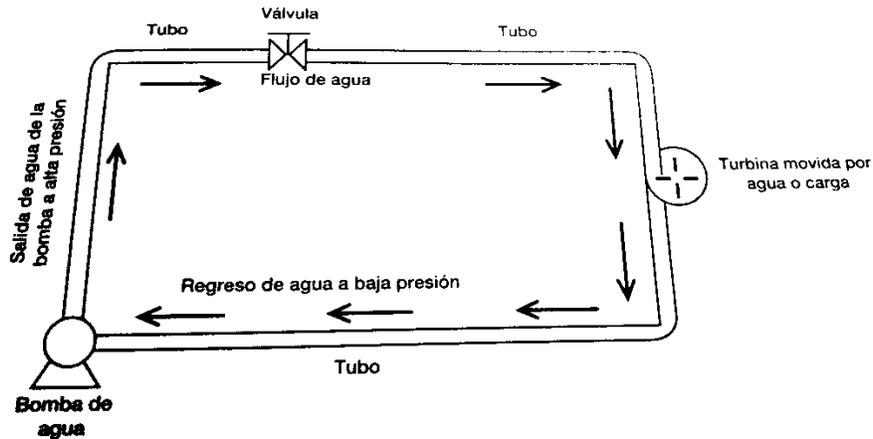


Imagen 12. Circuito cerrado de agua.¹

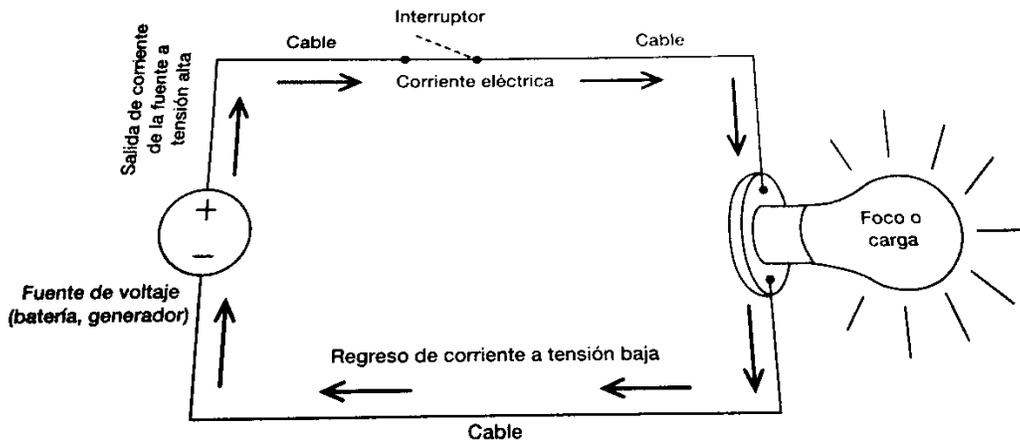
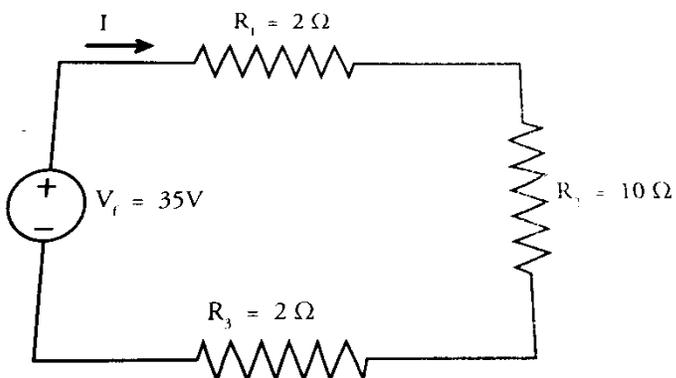


Imagen 13. Circuito eléctrico.¹

- En el circuito de agua, la presión del agua es elevada por medio de una bomba.
- En el circuito eléctrico, la tensión es elevada por la fuente.
- En el circuito de agua, ésta es transmitida por tubos.
- En el circuito eléctrico, las cargas eléctricas se transmiten por medio de cables.
- En el circuito de agua, la presión es usada para mover una turbina.
- En el circuito eléctrico, el voltaje es usado para alimentar una carga, por ejemplo, para encender un foco o para mover un motor.
- En el circuito de agua, ésta pierde presión después de pasar por la carga.
- En el circuito eléctrico, las cargas eléctricas (electrones) sufren una caída de tensión después de pasar por la carga.

1.8.1 Circuito Serie

Se le llama "Circuito Serie" a un circuito en el cual el valor de la corriente eléctrica que pasa por todos sus elementos es la misma, debido a la primera Ley de Kirchhoff. Por otra parte, tendremos una caída mayor de voltaje en donde se presenten valores más altos de resistencia; si desconectamos uno de los elementos del circuito tenemos un circuito abierto, **no pasa la corriente**, esto pasaba antes con la iluminación de navidad, si se nos fundía una bombilla el resto no funcionaba. Véase la siguiente figura:



I : Corriente constante
 V_f : Tensión de fuente
 R_1, R_2, R_3 : Resistencias

Imagen 14. Circuito Serie.¹

1.8.2 Circuito Paralelo

Se le llama "Circuito en Paralelo" a un circuito en el cual el voltaje en todos los elementos es el mismo, debido a la Segunda Ley de Kirchhoff y existirán tantas corrientes como ramales existan; si se desconecta un elemento seguirá habiendo flujo de corriente por los ramales restantes, así como habrá un mayor flujo de corriente por aquellos ramales cuya resistencia sea menor. Véase la siguiente figura:

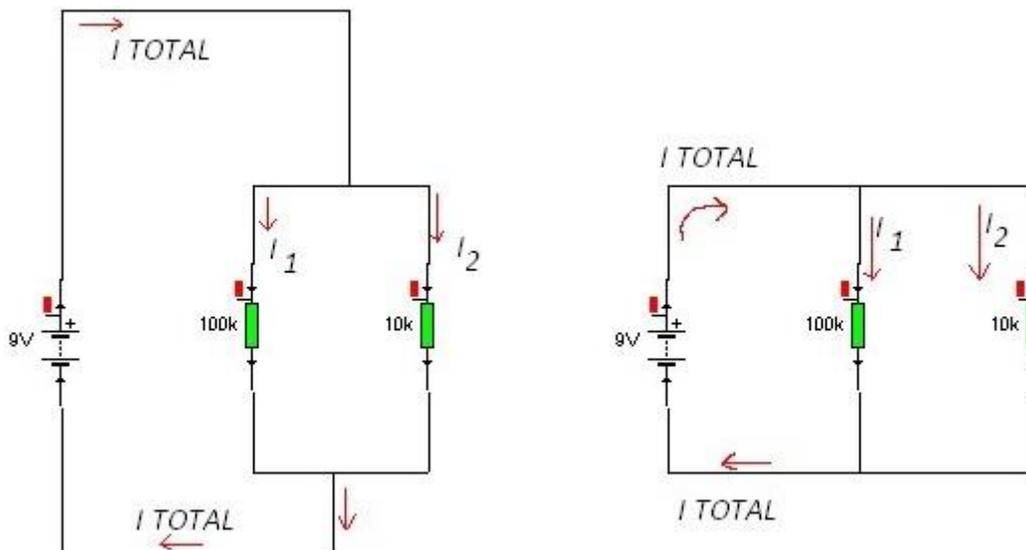


Imagen 15. Circuito Paralelo. Obtenido de: <https://sites.google.com/site/electronicadesdecero/tutoriales/circuitos-serie-y-paralelo> el 20/06/2015

1.8.3 Circuito Serie-Paralelo o Mixto

Un circuito serie-paralelo o mixto es lo que nos encontraremos en la realidad, y se trata de una mezcla de circuito serie y paralelo.

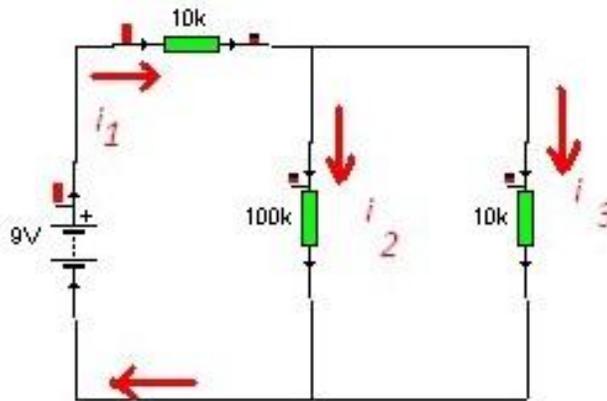


Imagen 16. Circuito Serie-Paralelo o Mixto. Obtenido de: ídem Imagen 15

1.8.4 Circuito Monofásico y Trifásico

En corriente alterna los circuitos pueden ser de una o más fases. Cuando es de una fase se les llama "Monofásico" y cuando son de tres se les llama "Trifásicos".

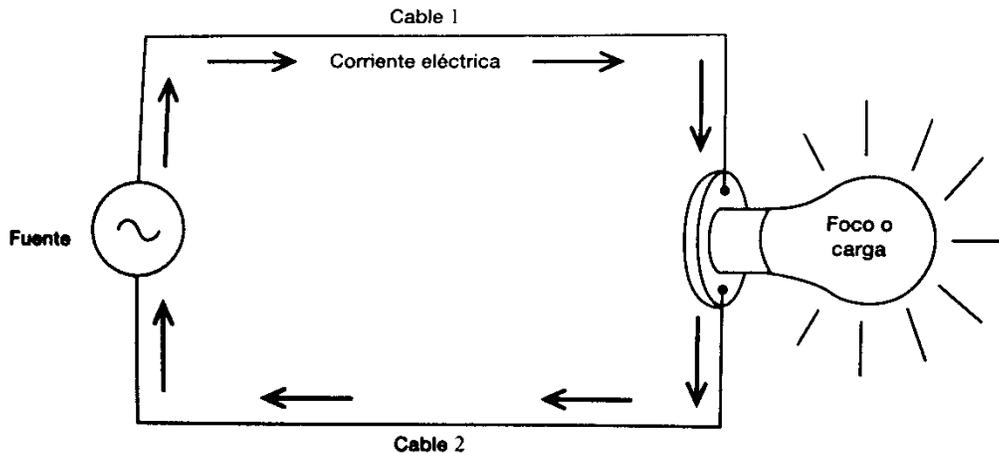


Imagen 17. Circuito Monofásico de corriente Alterna.¹

Existen dos tipos de circuitos trifásicos: con conexión estrella (ver "Imagen 18") y con conexión delta (ver Imagen 19"). Un circuito trifásico es como tener tres circuitos monofásicos, cada uno con una fuente de voltaje con una carga y conectados entre sí. Para diferenciar a los cables de los circuitos trifásicos, se les da el nombre de "Fase A", "Fase B" y "Fase C". Los voltajes son de la misma magnitud y están desfasados 120° uno con respecto del otro (ver "Imagen 20").

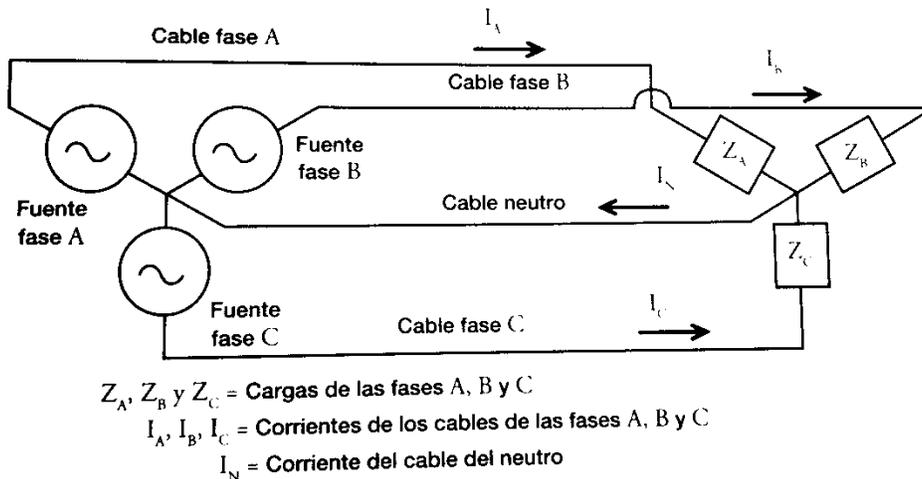


Imagen 18. Circuito Trifásico conexión Estrella con neutro.¹

Para circuitos con conexión en estrella, si el circuito está balanceado, la corriente que circula por el neutro es cero; en caso contrario, la corriente que circula por el neutro depende del desbalanceo, es decir, de la diferencia que exista entre las cargas de las fases A, B y C.

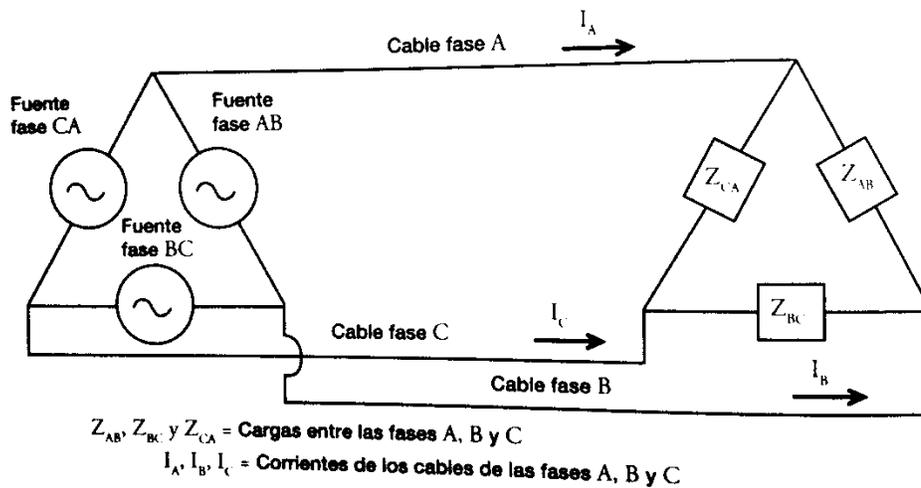


Imagen 19. Circuito Trifásico conexión Delta.¹

Mientras que los circuitos con conexión delta no poseen neutro y sólo están presentes los voltajes entre fases, estos se usan a nivel industrial para alimentar cargas trifásicas como motores, entre otras cargas, que necesitan dicho arreglo.

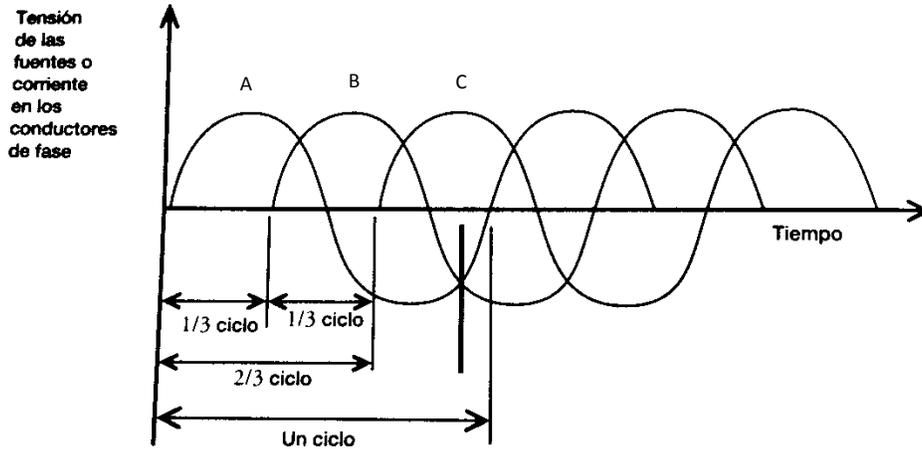
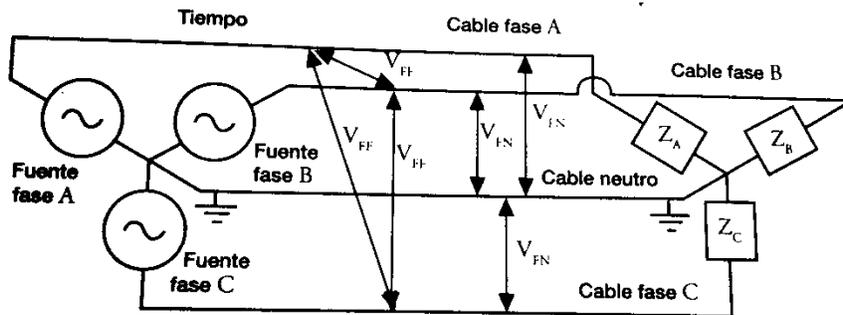


Imagen 20. Desfasamiento entre circuitos fase A, fase B y fase C.¹

En la "Imagen 21" se muestra la relación entre la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase o voltaje de fase a fase, y la magnitud de los voltajes entre los conductores de fase y neutro, llamado "voltaje de fase a neutro", para los circuitos con conexión en estrella. Por ejemplo, a las casas llegan dos conductores de la compañía suministradora: uno es una fase y otro es el neutro de un sistema con conexión en estrella. El voltaje en las casas es de 127 [V] y es un voltaje de fase a neutro. El circuito trifásico que origina los circuitos que alimentan las casas tiene un voltaje de fase a fase de $\sqrt{3} * (127 [V]) = 220 [V]$.



Z_A, Z_B y Z_C = Cargas de las fases A, B y C
 V_{FF} = Voltaje entre las fases o de fase a fase
 V_{FN} = Voltaje de fase a neutro

$$V_{FN} = \frac{V_{FF}}{1,73}$$

Imagen 21. Relación entre voltajes en un circuito trifásico con conexión estrella y con neutro.¹

Por lo tanto, los valores de voltaje para alimentar las viviendas son los siguientes:

$$V_{AN} = V_{BN} = V_{CN} = 127 [V]$$

$$V_{BA} = V_{CB} = V_{CA} = \sqrt{3} * V_{BN} = \sqrt{3} * V_{BN} = \sqrt{3} * V_{CN} = \sqrt{3} * 127[V]=220 [V]$$

Estas relaciones se cumplen siempre que la carga sea balanceada, lo cual sucede cuando:

$$Z_A = Z_B = Z_C$$

Donde:

V_{AN} : Voltaje de la fase A con respecto al neutro.

V_{BN} : Voltaje de la fase B con respecto al neutro.

V_{CN} : Voltaje de la fase C con respecto al neutro.

V_{BA} : Voltaje entre la fase B y A.

V_{CB} : Voltaje entre la fase C y B.

V_{CA} : Voltaje entre la fase C y A.

Z_A : Carga entre la fase A y el neutro.

Z_B : Carga entre la fase B y el neutro.

Z_C : Carga entre la fase B y el neutro.

CAPITULO 2

ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1 Conductores.

En las instalaciones eléctricas residenciales los elementos que van a servir de camino para que la corriente eléctrica circule son los conductores.

Los conductores están compuestos principalmente por: alma conductora y aislamiento.

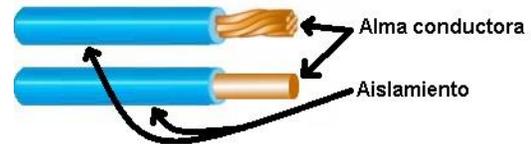


Imagen 22. Partes de un conductor.

2.1.1 Tipos de Conductores

Los conductores se clasifican de acuerdo al alma conductora y de acuerdo a su aislamiento.

Alma conductora

El alma conductora de los conductores para instalaciones eléctricas residenciales normalmente es de cobre. El mejor conductor es la plata y conduce un 7% más que el cobre, sin embargo, es un metal precioso y por lo tanto es más cara que el cobre. En las siguientes imágenes se muestran unas graficas del precio de la plata y el cobre.

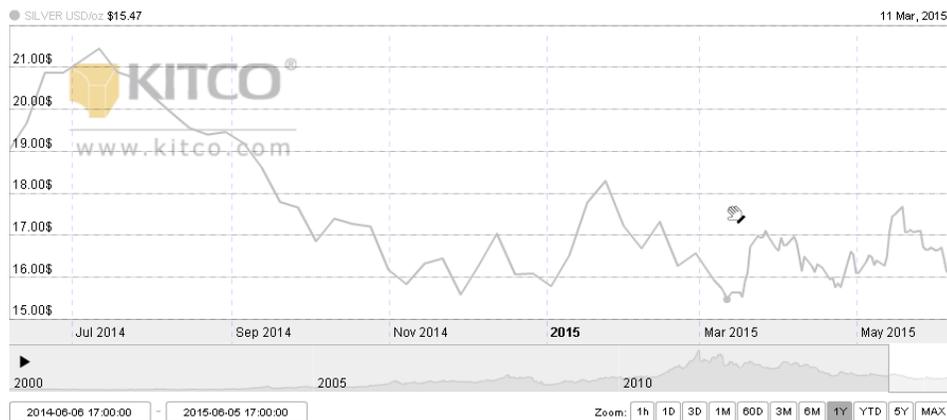


Imagen 23. Precio internacional de la plata, del 6/6/2014 al 5/6/2015.



Imagen 24. Precio internacional del cobre, del 6/6/2014 al 5/6/2015.

Para tener una idea de la diferencia de precio entre la plata y el cobre, arbitrariamente vamos a tomar el precio más bajo de la plata y para el cobre tomaremos el precio más alto, los cuales ya están previamente seleccionados en las gráficas. El precio de la plata es de 15 [USD/oztr] y el del cobre es de 3.25 [USD/lb].

$$\frac{\text{Precio de la plata}}{\text{Precio del cobre}} = \frac{15.47 \left[\frac{\text{USD}}{\text{oz tr}} \right]}{3.25 \left[\frac{\text{USD}}{\text{lb}} \right]} = \frac{15.47 \text{ [lb]}}{3.25 \text{ [oz tr]}}$$

donde: USD = dólares americanos
oztr = 1 onza troy
1 lb = 1 libra avoirdupois
1 lb = 14.583 oz tr

Entonces sustituyendo tenemos:

$$\frac{\text{Precio de la plata}}{\text{Precio del cobre}} = \frac{15.47 \text{ [lb]}}{3.25 \text{ [oz tr]}} \left(\frac{14.583 \text{ [oz tr]}}{1 \text{ [lb]}} \right)$$

$$\frac{\text{Precio de la plata}}{\text{Precio del cobre}} = 69.4$$

Esto significa que con el dinero que se necesita para comprar un kilogramo de plata se pueden comprar aproximadamente 70 kilogramos de cobre. Esto hace que la plata no se use para fabricar conductores para instalaciones eléctricas.

En los últimos años el cobre ha estado aumentando su precio y otra alternativa que se toma en cuenta son los conductores con alma de aluminio.

En 1882 la compañía Edison Electric inauguró la primera planta generadora, en esa época el aluminio era considerado un metal precioso e incluso llegó a ser más caro que el oro y la plata, mientras que el cobre era más económico. Los primeros conductores de aluminio se usaron en 1900 para servicios públicos y después de la segunda guerra mundial creció su uso en líneas de transmisión y distribución.

El aluminio puro no se puede usar como alma conductora ya que es muy suave, por lo que se mezcla el aluminio con otros materiales para obtener aleaciones de aluminio. La aleación de aluminio 1350 tiene una conductividad de 61% respecto al cobre, la aleación 6201 tiene una conductividad de 52%, estas aleaciones son usadas para conductores de transmisión y distribución.

A finales de los 60's en Estados Unidos se usaron conductores de aleación de aluminio 1350 en las instalaciones residenciales, lo que provocó fallas debido a la mala instalación, además existieron diferencias de expansión por temperatura entre la aleación y los tornillos de acero³. Este

conductor se prohibió para su instalación en Estados Unidos después del incendio en Beverly Hills Supper Club⁴.

A comienzos de 1972 se comenzaron a fabricar conductores de aleación de aluminio 8000, los cuales mejoran las propiedades de la aleación de aluminio 1350, y permite que se pueda usar en instalaciones residenciales. La aleación de aluminio serie AA 8000 es una familia de aleaciones que se conocen como aleaciones de grado eléctrico entre ellas se encuentra la AA-8176 y la AA 8030.

Para darnos una idea de la diferencia de precio entre conductores con alma de aleación de aluminio y de cobre compararemos los siguientes conductores fabricados por Condumex.

Tabla 1 Comparativa de cables de alma de aleación de aluminio series 8000 y de cobre.

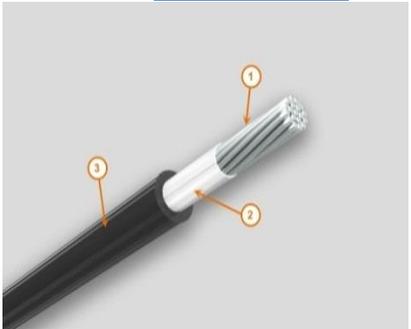
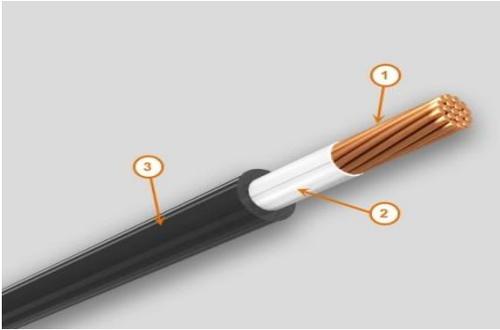
| <p>CABLE VULCANEL S8000 XLP TIPO XHHW-2 LS CT-SR RoHS, 90°C 600 V CONDUCTOR ALEACIÓN de ALUMINIO AA 8000. NORMA NMX-J-451</p> | <p>CABLE VULCANEL XLP TIPO XHHW-2 LS CT-SR RoHS, 90°C 600V. NORMA NMX-J-451</p> |
|---|--|
|  <p>1.- Conductor compacto de aleación de aluminio de series AA 8000 en temple suave con cableado clase B. 2.- Cinta separadora no higroscópica. 3.- Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) tipo XHHW-2 LS CT-SR RoHS 90 °C, 600 V.</p> |  <p>1.- Conductor de cobre suave cableado clase B. 2.- Cinta separadora no higroscópica. 3.- Aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) tipo XHHW-2 LS, CT-SR RoHS90 °C, 600 V.</p> |

Tabla 2 Precios de los conductores con alma conductora de aleación de aluminio series 8000 y de cobre.

| SERIE 8000 XHHW-2 LS CT-SR RoHS, 90°C 600V | | | CABLE VULCANEL XLP TIPO XHHW-2 LS CT-SR RoHS 90°C 600V. | | |
|--|-----------------|--------------|---|--------------------|---------------------------|
| CALIBRE AWG/KCM | CODIGO PRODUCTO | \$/100 m | CALIBRE AWG/KCM | CODIGO DE PRODUCTO | \$/100 m |
| 6 | 32010602DB | \$ 1,426.00 | 6 | 15000P005A | \$ 3,753.00 \$ 3,754.00 |
| 4 | 32010600FA | \$ 2,074.00 | 4 | 15000P006A | \$ 5,389.00 \$ 5,391.00 |
| 350 | 320106028B | \$ 9,856.00 | 350 | 15000P00FA | \$ 37,864.00 \$ 37,876.00 |
| 500 | 320106026B | \$ 12,991.00 | 500 | 15000P00IA | \$ 52,942.00 \$ 52,959.00 |
| 600 | 320106025B | \$ 15,974.00 | 600 | 15000P00JA | \$ 63,630.00 \$ 63,651.00 |

Información obtenida de la lista de precios al público del 16 de Enero del 2015 de Condumex.

Como queremos saber qué relación existe entre conductores de la misma capacidad de conducción. De la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2012(Utilización) tenemos lo siguiente:

Tabla 3 Comparación de ampacidad de conductores de cobre y aluminio.

| Tamaño o designación | | Temperatura nominal del conductor | |
|----------------------|-------------|-----------------------------------|----------|
| mm ² | AWG o kcmil | 90 °C | |
| | | XHHW-2 | |
| | | Cobre | Aluminio |
| 13.3 | 6 | 75 | 60 |
| 21.2 | 4 | 95 | 75 |

$$\frac{\$ \text{ Conductor de aluminio de 75 [A]}}{\$ \text{ Conductor de cobre de 75 [A]}} = \frac{\$2074}{\$3754} = .55$$

Esta relación sólo es para mostrar que el conductor de aleación de aluminio 8000 es más barato que el conductor de cobre.

¿Por qué no usamos conductores con alma conductora de aleación de aluminio 8000 en instalaciones eléctricas residenciales?

En México no se permite la fabricación de calibres menores de 13,3 [mm²] (6 AWG) debido a los riesgos. Esta decisión de México no quiere decir que los conductores de la serie AA 8000 sean peligrosos, sino porque en otros países han existido accidentes debido a malas instalaciones, así que para seguridad de los propios habitantes no se permite.

Los calibres permitidos no son compatibles con el tamaño de las terminales de contactos y apagadores que comúnmente se usan en instalaciones eléctricas residenciales los cuales soportan 15 [A] ó 20 [A]. Esto hace que su uso en los hogares sea en alimentadores de centros de carga.

Las instalaciones eléctricas realizadas en la Ciudad de México tienen accesorios para conectar conductores de cobre, los cuales pueden no ser compatibles con conductores de aluminio. Esto provocaría fallas y tragedias como el incendio en Beverly Hills Supper Club. Así los accesorios deben de ser compatibles con conductores de aluminio o compatibles con cobre y aluminio (bimetálicos).

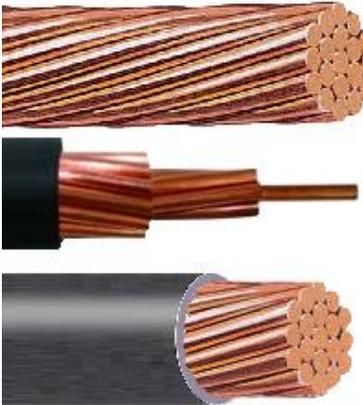
A pesar del precio si vamos a una pequeña tlapalería es muy raro encontrar conductores de aluminio y que la gente pida conductores con alma de aleación de aluminio series 8000, esto debido al uso común de conductores de alma de cobre.

En la Ciudad de México para instalaciones eléctricas residenciales por las razones mencionadas anteriormente el conductor más común es el de alma de cobre.

Tipos de acuerdo a la forma del alma conductora.

Esta se clasifica de acuerdo a la Tabla 4:

Tabla 4 Clasificación de acuerdo a la forma del alma conductora

| | | |
|---|--|---|
| <p><i>Alambre.</i> Está formado por un hilo de cobre.</p>  | <p><i>Cable.</i> Está formado por varios hilos de cobre cableados.</p>  | <p><i>Cordón.</i> Está formado por varios cables cableados.</p>  |
|---|--|---|

El cableado es el enrollamiento de alambres o cables generalmente sobre un alambre o cable central. En la siguiente imagen el primer grupo de cables están en paralelo (no cableado), y los otros tres grupos están cableados.



Imagen 25. Cableado de fases. Obtenido de Topcable: <https://www.youtube.com/watch?v=pqAY9CHqyU>

El cableado se realiza de manera automática con máquinas especiales, así para obtener un cable, el alambre central es movido a una velocidad constante mientras el resto de los alambres son enrollados en torno a este.

Los alambres, al aumentar su calibre disminuye su flexibilidad, es por eso que si tenemos dos conductores del mismo calibre uno alambre y otro cable, el cable será más flexible porque está formado por varios alambres de menor calibre, además de la flexibilidad, al tener más alambres permite que el calor generado, por el paso de la corriente, llegue más rápido al exterior del cable y esto dará como resultado que el cable tenga una menor temperatura en comparación al alambre.

En las instalaciones eléctricas residenciales es recomendable usar cables, su flexibilidad permite que sea más fácil de meter en las canalizaciones, empalmar y acomodar en las chulupas. Además

los tomacorrientes y apagadores normalmente tienen orificios de conexión rápida que sólo aceptan un calibre de alambre, normalmente calibre 2.08 [mm²] (14 [AWG]), mientras que en las terminales con tornillo se pueden conectar diferentes calibres.

Los cordones no son usados en instalaciones eléctricas residenciales, sin embargo, estos están presentes en varios de nuestros aparatos domésticos porque son más flexibles que los cables, estos conducen la electricidad desde la clavija del aparato hasta el interior del aparato, y por estar al exterior tienen una cubierta que protege al aislamiento de daños.

Aislamiento

El aislamiento es el recubrimiento con un aislante eléctrico alrededor del alma conductora.

El aislamiento sirve para evitar fugas de corriente, protegiendo a las personas, equipos, animales y evitando el contacto con las partes metálicas de la instalación eléctrica.

Entre los primeros aislantes de conductores que se comenzaron a usar se encuentran el papel y el hule natural, sin embargo, por la necesidad de utilizar los conductores en diferentes tipos de lugares ahora es muy común el uso de polímeros (hules sintéticos).

Entre los polímeros se encuentran los termoplásticos que se puede deformar o derretir al aplicarles calor, entre estos materiales se encuentran el PVC, Z1, PE, PU, Teftel, Teflón. También se encuentran los termoestables que pueden mantener su forma al aplicarle calor, entre estos materiales se encuentran el EPR, XLPE, EVA, SI, PCP, SBR.

En la siguiente tabla se muestran entre otras cosas los tipos de aislamientos y sus aplicaciones.

Tabla 5 Aplicaciones y aislamientos de conductores de 600 volts

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima del conductor | Aplicaciones previstas | Aislamiento | Recubrimiento externo ¹ |
|---|------------|----------------------------------|---|---|---|
| Etileno-propileno fluorado | FEP o FEPB | 90 °C | Lugares secos y húmedos | Etileno-propileno fluorado | Ninguno |
| | | 200 °C | Lugares secos | | Trenza de fibra de vidrio |
| | | | Para aplicaciones especiales ² | | Trenza de fibra de vidrio u otro material trenzado. |
| Aislamiento mineral (con cubierta metálica) | MI | 90 °C | Lugares secos y mojados | Oxido de magnesio ³ | Cobre o aleación de acero |
| | | 250 °C | Para aplicaciones especiales ² | | |
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor y al aceite | MTW | 60 °C | Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados. | Termoplástico retardante a la flama y resistente a la humedad, al calor y al aceite | Ninguno, cubierta de nylon o equivalente |
| | | 90 °C | Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos. | | |
| Papel | | 85 °C | Para conductores subterráneos de acometida | Papel | Cubierta de plomo |
| Perfluoroalcoxi | PFA | 90 °C | Lugares secos y húmedos | Perfluoroalcoxi | Ninguno |
| | | 200 °C | Lugares secos y aplicaciones especiales ² | | |

| | | | | | |
|--|---------|--------------------|---|--|---|
| Perfluoroalcoxi | PFAH | 250 °C | Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de aparatos o dentro de canalizaciones conectadas a aparatos (sólo de níquel o de cobre recubiertos de níquel) | Perfluoroalcoxi | Ninguno |
| Termofijo | RHH | 90 °C | Lugares secos y húmedos | | Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante a la flama ¹ |
| Termofijo resistente a la humedad | RHW | 75 °C | Lugares secos y mojados | Termofijo resistente a la humedad y retardante a la flama | Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante a la flama ⁴ |
| | RHW-2 | 90 °C | | | |
| Hule silicón | SA | 90 °C | Lugares secos y húmedos | Hule silicón | Trenza de fibra de vidrio u otro material. |
| | | 200 °C | Para aplicaciones especiales ² | | |
| Termofijo | SIS | 90 °C | Sólo para alambrado de tableros. | Termofijo retardante a la flama | Ninguno |
| Termoplástico y malla externa de material fibroso | TBS | 90 °C | Sólo para alambrado de tableros | Termoplástico | Recubrimiento no metálico retardante a la flama |
| Politetra-fluoroetileno | TFE | 250 °C | Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de aparatos o dentro de canalizaciones conectadas a aparatos (sólo de níquel o de cobre recubierto de níquel) | Politetra-fluoroetileno | Ninguno |
| Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama. | THHN | 90 °C | Lugares secos | Termoplástico retardante a la flama y resistente a la humedad y al calor | Cubierta de nylon o equivalente. |
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor y retardante a la flama. | THHW | 75 °C | Lugares mojados | Termoplástico retardante a la flama y resistente al calor y a la humedad. | Ninguno |
| | | 90 °C | Lugares secos | | |
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor, retardante a la flama, de emisión reducida de humos y gas ácido | THHW-LS | 75 °C | Lugares mojados | Termoplástico resistente a la humedad, al calor, retardante a la flama, de emisión reducida de humos y gas ácido | Ninguno |
| | | 90 °C | Lugares secos | | |
| Termoplástico retardante a la flama y resistente a la humedad y al calor | THW | 75 °C | Lugares mojados | Termoplástico retardante a la flama y resistente a la humedad y al calor | Ninguno |
| | THW-2 | 90 °C | Lugares secos y húmedos | | |
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor, retardante a la flama, de emisión reducida de humos y de gas ácido. | THW-LS | 75 °C | Lugares secos y mojados | Termoplástico resistente a la humedad, al calor, retardante a la flama, de emisión reducida de humos y de gas ácido. | Ninguno |
| Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor, a la humedad y retardante a la flama. | THWN | 75 °C | Lugares secos y húmedos | Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor, a la humedad y retardante a la flama. | Cubierta de nylon o equivalente |
| | THWN-2 | 90 °C | | | |
| Termoplástico resistente a la humedad y retardante a la flama. | TW | 60 °C | Lugares secos y mojados | Termoplástico resistente a la humedad y retardante a la flama. | Ninguno |
| Cable monoconductor subterráneo y circuitos derivados de un solo conductor (para cables de tipo UF con más de un conductor, ver el Artículo 340) | UF | 60 °C | Ver el Artículo 340 | Resistente a la humedad ⁴ | Integrado con el aislante |
| | | 75 °C ⁵ | | Resistente a la humedad y al calor | |

| | | | | | |
|--|--------|--------------------|--|--|---|
| Cable de acometida subterránea de un solo conductor | USE | 75 °C ⁵ | Ver el Artículo 340 ⁶ | Resistente al calor y a la humedad | Recubrimiento no metálico resistente a la humedad |
| | USE-2 | 90 °C | Lugares secos y mojados | | |
| Termofijo retardante a la flama y resistente al calor y a la humedad | XHHW | 90 °C | Lugares secos y húmedos | Termofijo retardante a la flama y resistente al calor y a la humedad | Ninguno |
| | | 75 °C | Lugares mojados | | |
| Termofijo retardante a la flama y resistente al calor y a la humedad | XHHW-2 | 90 °C | Lugares secos y mojados | Termofijo retardante a la flama y resistente al calor y a la humedad | Ninguno |
| Tetrafluoroetileno modificado con etileno. | Z | 90 °C | Lugares secos y húmedos | Tetrafluoroetileno modificado con etileno. | Ninguno |
| | | 150 °C | Lugares secos y aplicaciones especiales ² | | |
| Tetrafluoroetileno modificado con etileno. | ZW | 75 °C | Lugares húmedos | Tetrafluoroetileno modificado con etileno. | Ninguno |
| | | 90 °C | Lugares secos y mojados | | |
| | | 150 °C | Lugares secos y aplicaciones especiales ² | | |
| | ZW-2 | 90 °C | Lugares secos y mojados | | |

Nota: Tabla 310-104(a) de la NOM.

Podemos observar que las aplicaciones previstas se repiten como lugares secos, húmedos y mojados. Esto solo indica algunas condiciones del lugar donde se pueden instalar, o las condiciones que el aislamiento puede soportar sin sufrir daños, sin embargo, cada tipo de aislamiento tienen características diferentes algunos pueden resistir por si solos y algunos necesitan ser recubiertos para que tengan más resistencia al impacto y a la abrasión.

Los conductores que se usan en instalaciones eléctricas residenciales y en pequeños negocios pertenecen a la tabla anterior y son conocidos como conductores para la industria de la construcción.

Tabla 6 Conductores para la industria de la construcción

| Tipos de conductores para la industria de la construcción. | | Significado de las letras |
|--|--------|--|
| TW | THHN | T: Aislamiento termoplástico W: Resistente a la humedad H: Resistente al calor N: Aislamiento recubierto con nylon LS: Baja emisión de humos. R(Rubber): Aislamiento de hule sintético X: Aislamiento de polietileno de cadena cruzada |
| THW | XHHW | |
| THW-LS | XHHW-2 | |
| THWN | RHW | |
| THHW | RHW-2 | |
| THHW-LS | RHH. | |
| Notas: | | |
| El aislamiento termoplástico usado es el PVC. | | |
| R y X son aislamientos termofijos. | | |
| El aislamiento de hule sintético (R) puede ser: aislamiento de polietileno de cadena cruzada(XLP) o de aislamientos combinados: etileno propileno (EP o EPR) cubierto con polietileno clorado(CPE) y etileno propileno (EPR) cubierto con polietileno clorosulfonado (CSPE o CP) | | |

Actualmente los polímeros han permitido fabricar aislamientos que no solo evitan las fugas de corriente, sino que también permiten que los conductores se usen en diferentes lugares y que el alma conductora trabaje a diferentes temperaturas, además de que se les puede agregar propiedades de autoextinción.

La ventaja de los materiales con propiedades de autoextinción es que al existir un incendio estos sólo se queman mientras existan flamas donde está el conductor y cuando estas flamas se retiren el aislamiento del conductor se apagará. Sin embargo, una consecuencia al quemarse es que liberan gases halógenos (cloro, bromo o yodo), los cuales al mezclarse con la humedad del ambiente forman ácidos tóxicos y corrosivos. Estos gases son dañinos para la salud y al ser densos dificulta que las personas salgan del lugar y el trabajo de los bomberos.

Por esta razón, en construcciones de uso residencial, pequeños negocios o en cualquier lugar donde se concentre mucha gente, como oficinas, se recomienda que se usen conductores con aislamiento con emisión reducida de humos y gases ácidos. Estos están marcados como LS, entre estos conductores se encuentran los THW-LS y THHW-LS.

Es común que los conductores tengan marcado el aislamiento como “THW-LS/THHW-LS” o “THW-LS - THHW-LS”, esto significa que cubre a los dos tipos de aislamientos.

Actualmente por la gran cantidad de residuos que se desechan, varios fabricantes interesados en el cuidado del medio ambiente disminuyen la cantidad de sustancias consideradas tóxicas o venenosas (plomo, cadmio, cromo VI, PBB y PBD). Aquellos productos que cumplan con una concentración, en cada una de sus partes, menor al 1% de: plomo, cromo VI, PBB y PBD; y de 0.01% de cadmio, son marcados como RoHS⁵(por sus siglas en inglés **R**estriction of **H**azardous **S**ubstances –Restricción de sustancias peligrosas). Varios conductores en México cumplen con estos porcentajes y están marcados como RoHS.

En conclusión, de acuerdo al tipo de conductor y del aislamiento para casa habitación, pequeños negocios, edificios comerciales, almacenes, cines, teatros, edificios públicos, oficinas, centros recreativos, hoteles, hospitales, construcciones industriales y cualquier lugar donde exista concentración de gente se recomiendan usar como conductores **cables de cobre con aislamiento THW-LS/THHW-LS**, adicionalmente también pueden estar marcados como **RoHS**.

Los conductores deben de tener impreso en el aislamiento: la marca, el tipo de aislamiento, el calibre del conductor en milímetros cuadrados, temperatura máxima que soporta, el voltaje máximo que soporta y la norma con la que cumple.



Imagen 26. Impresión en el exterior de un conductor.

2.2 Canalizaciones: Tuberías

De acuerdo a la NOM se define como: “**Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM. Las canalizaciones incluyen, pero no están limitadas a, tubo conduit rígido metálico, tubo conduit rígido no metálico, tubo conduit metálico semipesado, tubo conduit flexible hermético a los líquidos, tuberías metálicas flexibles, tubo conduit metálico flexible, tuberías eléctricas no metálicas, tuberías eléctricas metálicas, canalizaciones subterráneas, canalizaciones en pisos celulares de concreto, canalizaciones en pisos celulares de metal, canaletas, ductos y electroductos.”

La definición nos indica que la canalización debe de ser especialmente diseñada para contener a los conductores eléctricos y debe de ser cerrada. Permiten que los conductores no estén a la vista, en caso de existir un corto circuito debido a fallas en el aislamiento, así las chispas producidas quedaran en el conduit. Además, dependiendo del material con el que se fabrique la canalización y del grosor podrá darles más protección a los conductores.

La NOM define: “**Tubo conduit:** Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.”

En la NOM se mencionan los siguientes:

1. Tubo conduit metálico semipesado Tipo IMC
2. Tubo conduit metálico pesado Tipo RMC
3. Tubo conduit metálico flexible Tipo FMC
4. Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos Tipo LFMC
5. Tubo conduit rígido de policloruro de vinilo Tipo PVC
6. Tubo conduit de polietileno de alta densidad Tipo HDPE
7. Tubo conduit subterráneo no metálico con conductores Tipo NUCC
8. Tubo conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC
9. Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos Tipo LFNC
10. Tubo conduit metálico ligero Tipo EMT
11. Tubo conduit metálico flexible ligero Tipo FMT
12. Tubo conduit no metálico Tipo ENT
13. Tubo conduit de polietileno

2.2.1 Tubo conduit metálico pesado Tipo RMC

También es conocido como tubo conduit de pared gruesa, es una tubería rígida, tiene sus extremos roscados, se manejan comúnmente tramos de 3.05 metros (10 pulgadas), aunque también se pueden encontrar tramos de 3 metros, 3.20 metros (10.5 pulgadas) y 6.1 metros (20 pulgadas), los tramos vienen con un cople en uno de sus extremos.

Se fabrica comúnmente de acero y las paredes, interior y exterior, están galvanizadas por inmersión en caliente, esto permite que se pueda usar en todas las condiciones atmosféricas, así como en cualquier tipo de inmueble.

Existen también de latón rojo el cual se puede usar directamente enterrado y para aplicaciones en piscinas. El de aluminio se usa donde se considere adecuado para el entorno y sí se usa enterrado en concreto o en contacto directo con la tierra, debe de tener una protección complementaria contra la corrosión.

Es poco común que este tipo de tubería esté protegida con esmalte o sin protección, porque se deben de tomar precauciones dependiendo del lugar donde se instale.

Se debe evitar que el conduit toque otros metales para que no se dañe, sólo se permiten usar los accesorios de aluminio con la tubería de acero si no están en lugares con sustancias corrosivas fuertes.



Imagen 27. Tubo conduit metálico de pared gruesa. Izq. acero ; der. aluminio.

Obtenido de: izq: <http://www.wheatland.com/images/electrical-conduit/RAC.jpg> ,

der: <http://www.wheatland.com/electrical-conduit/rigid-aluminum-conduit#brochures> el 28/07/2015

2.2.2 Tubo conduit metálico semipesado Tipo IMC

Este es conocido también como tubo conduit de acero semipesado, tubo conduit de acero de pared intermedia, tubo conduit metálico intermedio o tubo conduit metálico semipesado.

Es una tubería rígida, tiene sus extremos roscados, se manejan comúnmente tramos de 3.05 metros (10 pulgadas), el más común es el de acero galvanizado por inmersión en caliente en el exterior mientras que en el interior se puede galvanizar por inmersión en caliente o con pintura anticorrosiva.

El diámetro exterior y las roscas, para una misma designación métrica, es igual al de pared gruesa, por lo que los coples pueden ser compatibles con ambos tipos de tubería. Lo que cambia es el grosor de las paredes lo que hace que el semipesado pese aproximadamente dos terceras partes de lo que pesa el de pared gruesa.

2.2.3 Tubo conduit metálico ligero Tipo EMT

Es también conocido como tubo conduit metálico de pared delgada y tubo metálico rígido ligero. Es un tubo sin rosca, de pared delgada, comúnmente en tramos de 3.05 metros (10 pulgadas) y puede estar hecho de acero o de aluminio.



Imagen 28. Tubo conduit metálico de acero de pared delgada.

Obtenido de: <https://steeltubeinstitute.org/steel-conduit/types-of-steel-conduit/> el 28/07/2015

Este tipo de conduit comúnmente se maneja de acero, en la parte exterior está galvanizado electrolíticamente y en la parte interior tiene un esmalte que lo protege contra la corrosión.

2.2.4 Tubo conduit metálico flexible Tipo FMC

También conocido como “Greenfield” está hecho de una banda metálica helicoidal y engargolada lo que la hace flexible. Se fabrican de acero galvanizado.



Imagen 29. Tubo Conduit metálico flexible Tipo FMC.

Obtenido de: izq. http://www.electrician2.com/2008nec_pract_tests/NEC803/NEC814.HTM el 14/07/2015;
der. <http://www.tmflex.com/Detalle-Producto.aspx?pid=1&rid=2EPL> el 13/07/2015

Se puede usar en lugares secos, ocultos (no subterráneo ni empotrado en concreto vaciado o de agregado) o accesibles que no estén expuestos a daño físico. No se debe de usar en lugares mojados.

2.2.5 Tubo conduit metálico flexible ligero tipo FMT

Es flexible, metálica y hermética a los líquidos, sin cubierta no metálica.



Imagen 30. Tubo Conduit metálico flexible ligero Tipo FMT.

Obtenido de <http://www.metalhose.com/results.php?category=10> el 29/07/2015

Se puede usar para voltajes menores de 1000 V en lugares secos, ocultos (no subterráneo ni empotrado en concreto vaciado o de agregado) o accesibles que no estén expuestos a daño físico y máximo se puede usar en tramos de 1.8 m.

2.2.6 Tubo conduit no metálico tipo ENT

Es corrugado, flexible y de un material no metálico, el cual no excede las características de inflamabilidad, generación de humo y toxicidad del policloruro de vinilo rígido (no plastificado). Es resistente a la humedad, a atmósferas químicas y es retardante de flama.



Imagen 31. Tubo Conduit no metálico Tipo ENT. Obtenido de: www.poliflex.com el 30/06/2015

Se puede usar en los primeros tres pisos de las construcciones oculto en paredes, pisos y plafones, así como visible siempre que no esté sometido a daños físicos.

A partir del cuarto piso solo se permite que se use oculto en paredes, pisos y plafones que ofrezcan una barrera térmica nominal de 15 minutos, por si mismos o por su acabado.

2.2.7 Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFMC

Conduit que lleva una cubierta exterior hermética a los líquidos, no metálica y resistente a la luz del sol, sobre un núcleo central metálico flexible. Se conoce como “Licuatite”.



Imagen 32. Tubo Conduit metálico flexible con cubierta de PVC. Obtenido de <http://www.tmf.com.mx/Detalle-Producto.aspx?pid=1&rid=2ELTV> el 13/07/2015

Este se usa donde se requiera flexibilidad y/o protección contra líquidos, vapores y sólidos. No se debe de usar donde este expuesto a daños físicos.

2.2.8 Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC

Es un conduit no metálico resistente a las llamas y puede tener las siguientes características:

1. Un núcleo central interior liso y sin costuras, y una cubierta, unidas estrechamente y con una o más capas de refuerzo entre el núcleo y la cubierta, designadas como Tipo LFNC-A.

2. Una superficie interior lisa con refuerzo integral dentro de la pared del conduit, designada como Tipo LFNC-B.
3. Una superficie corrugada interna y externa sin refuerzos integrales dentro de la pared del conduit, designada como LFNC-C.

NOTA: La sigla FNMC es una designación alternativa para LFNC.

Este se usa donde se requiera flexibilidad para la instalación, operación o mantenimiento, y/o protección contra líquidos, vapores y sólidos. No se debe de usar donde este expuesto a daños físicos.

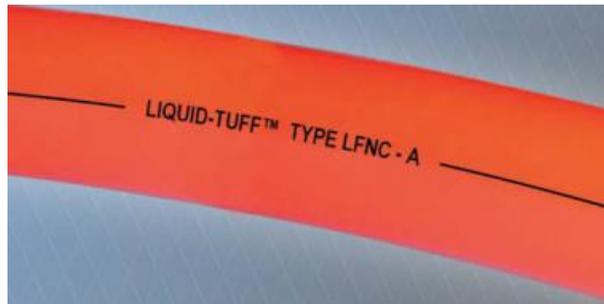


Imagen 33. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-A. Obtenido de: <http://www.afcweb.com/liquid-tuff-conduit/ul-orange-type-lfnc-a/> el 18/08/2015

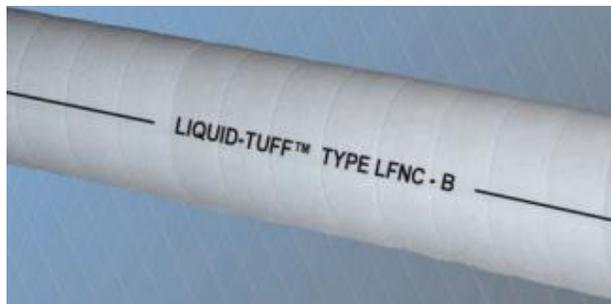


Imagen 34. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-B. Obtenido de: <http://www.afcweb.com/liquid-tuff-conduit/type-lfnc-b/> el 18/08/2015



Imagen 35. Tubo Conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC-C. Obtenido de: https://www.heyco.com/Liquid_Tight_Conduit_Fittings/product.cfm?product=Liquid-Tight-Tubing-III§ion=Liquid_Tight_Conduit_Fittings el 18/08/2015

2.2.9 Tubo conduit rígido de policloruro de vinilo tipo PVC

Como su nombre lo indica es rígido y fabricado con PVC y se instala oculto en paredes, pisos y plafones, se permite instalarse visiblemente si está diseñado para ese fin, y también enterrado en rellenos de cascajo. Es autoextinguible y no se permite su uso expuesto a los rayos del sol.

Este se puede encontrar en color verde olivo, en uno de sus extremos esta abocinado (con campana), el otro extremo es liso y se vende en tramos de 3 metros, en los tipos:

- Ligero, se fabrica en designación métrica 16(tamaño comercial 1/2) hasta la designación métrica 53(tamaño comercial 2), este es el tipo básico y se instala de acuerdo a lo dicho anteriormente.
- Pesado, se fabrica en designación métrica 16(tamaño comercial 1/2) hasta la designación métrica 155(tamaño comercial 6), adicionalmente puede emplear en instalaciones subterráneas.



Imagen 36. Tubo Conduit rígido de PVC. Obtenido de: izq. <http://biosumex.com.mx/index.php>, med. http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-560287131-tuberia-de-pvc-conduit-tipo-pesado-_JM, der. <http://www.amanco.com.mx/tuberia-conduit/> el 28/07/2015

Este se puede encontrar también en color gris, aunque es poco común, en uno de sus extremos esta abocinado (con campana), el otro extremo es liso, se vende en tramos de 6 metros en designación métrica 16(tamaño comercial 1/2) hasta la designación métrica 155(tamaño comercial 6), en los tipos:

- Cedula 40, se instala al igual que la de tipo pesado, este también se encuentra en tramos de 3 metros

- Cedula 80, esta puede ser instalada expuesta en áreas con riesgo de daño físico, pero no a los rayos del sol.



Imagen 37. Tubo Conduit rígido de PVC (color gris). Obtenido de: izq. <http://biosumex.com.mx/index.php.jpg> el 28/07/2015, todas las demás de http://www.cantexinc.com/Products/Schedule_40/index.php el 29/07/2015

2.2.10 Tubo conduit de polietileno

Los tubos conduit de polietileno son resistentes a la humedad, pero no son resistentes a la flama, se instala oculto en paredes, pisos y plafones, enterrado en rellenos de cascajo y pueden ser de dos tipos: semirrígida (interior liso) y flexible, (interior corrugado).

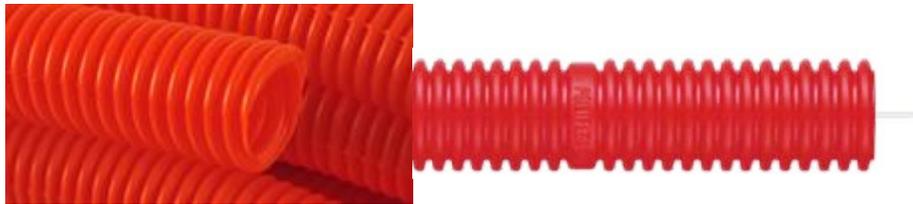


Imagen 38. Tubo Conduit de polietileno corrugado. Obtenido de: izq. <http://www.politubo.com/flexiducto.php> el 13/07/2015, der. www.poliflex.com el 13/07/2015

Puede ir enterrado en la tierra a 50 centímetros de profundidad cubierto por una capa de concreto de 5 centímetros.



Imagen 39. Instalación Conduit de polietileno. Obtenido de: <http://electrica.mx/wp-content/uploads/2015/07/not3.jpg> el 29/07/2015

2.2.11 Tubo conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC

También se conoce como tubo conduit de fibra de vidrio, sin embargo, la fibra de vidrio es el refuerzo de la resina termofija, que puede ser epoxi, fenólica o vinylester.



Imagen 40. Fibra de vidrio. Obtenido de izq. https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_vidrio el 9/07/2015, der. <http://s2.subirimagenes.com/fondosycapturas/3920299dsc01837.jpg> el 9/07/2015

El conduit está compuesto por una resina termofija, lo que permite que no se derrita con la presencia de calor y la fibra de vidrio le brinda mayor rigidez, es ligera, y de acuerdo a su construcción, ya sea por el tipo de resina, las proporciones y distribución de la fibra de vidrio, o la forma de los extremos y coples o cualquier otro elemento que se le agregue para mejorar las propiedades, dará como resultado tuberías para diferentes aplicaciones.

Este conduit es usado en la industria para aplicaciones especiales porque es ligera y además resistente a los corrosivos químicos, y el tipo XW puede estar expuesto a daño físico.

Los lugares de aplicación, así como la manera de instalación de los estos conduits está en las fichas de producto que ofrecen los fabricantes y en caso de que las fichas no existan, los interesados deben de comunicarse con el fabricante para que los oriente.



Imagen 41. Tubo Conduit de resina termofija reforzada Tipo RTRC. Obtenido de: <http://championfiberglass.com/> el 13/07/2015

2.2.12 Tubo conduit de polietileno de alta densidad Tipo HDPE

El conduit de polietileno de alta densidad es más rígido y resistente al impacto, además de que soporta temperaturas más altas que el fabricado con polietileno de baja densidad, existe liso, corrugado y corrugado por fuera con la pared interna lisa.



Imagen 42. Tubo Conduit de polietileno de alta densidad tipo HDPE. Obtenido de: http://pvcdemonterrey.com.mx/?page_id=5 el 29/07/2015

Se usa comúnmente para instalaciones subterráneas, puede ir directamente enterrado o enterrado en cascajo y no se permite que este expuesto ni que se instale en el interior de edificios.

2.2.13 Designación métrica y tamaños comerciales

La designación métrica y los tamaños comerciales se usan solo para identificar a los conduits y no representan las dimensiones reales del diámetro, es por eso que se manejan sin unidades de medida.

Tabla 7 Designación métrica y tamaños comerciales

| Designación métrica | Tamaño comercial |
|---------------------|------------------|
| 12 | $\frac{3}{8}$ |
| 16 | $\frac{1}{2}$ |
| 21 | $\frac{3}{4}$ |
| 27 | 1 |
| 35 | $1\frac{1}{4}$ |
| 41 | $1\frac{1}{2}$ |
| 53 | 2 |
| 63 | $2\frac{1}{2}$ |
| 78 | 3 |
| 91 | $3\frac{1}{2}$ |
| 103 | 4 |
| 129 | 5 |
| 155 | 6 |

2.2.14 Tamaño mínimo y máximo.

La designación métrica mínima para tuberías es de 16 (tamaño comercial 1/2).

La designación métrica máxima es:

- 21(3/4) para FMT.
- 53(2) para ENT, Polietileno.
- 103(2 1/2) para EMT, FMC, LFMC, LFNC, IMC.
- 155(6) para PVC, RTRC, HDPE, RMC.

El tamaño 12(3/8) se usa para contener las terminales de los motores.

2.2.15 Marcado

Los conduit deben de estar marcados con el nombre del fabricante, marca comercial u otra marca descriptiva mediante la cual se pueda identificar a la empresa responsable del producto, la designación métrica, tipo de conduit y el marcado debe ser suficientemente durable para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El tipo ENT, PVC, RTRC, Polietileno y HDPE debe de marcarse el tipo de material, y, los tipos LFNC y LFMC el tamaño comercial.

La distancia entre las marcas debe de ser:

- 3 metros para RMC, EMC, ENT, PVC, Polietileno (corrugado), RTRC y HDPE.
- 2 metros para Polietileno (liso).
- 1.5 metros para IMC.
- 0.6 metros para LFNC.

En las descripciones anteriores sobre los conduit se mencionan las características mínimas con las que deben de cumplir, si algún tipo se ofrece con alguna característica adicional esta debe de estar marcada también.

Se pueden dar confusiones del tipo porque muchas veces no vienen marcado el tipo sino solo las características. Por ejemplo, los conduit de material de polietileno y corrugados, pertenecen al tipo polietileno cuando no resisten a la flama y sí resisten a la flama pertenecen al tipo ENT. Si tenemos un conduit corrugado de polietileno resistente a la flama y que puede estar expuesto a los rayos del sol, pertenece al tipo ENT y su característica adicional es la resistencia a los rayos del sol.

Tabla 8 Comparación del tipo polietileno y tipo ENT

| TIPO POLIETILENO | TIPO ENT |
|--|--|
| Ofrece aislamiento, resistencia a la humedad, a los agentes químicos, al impacto y al aplastamiento. | • Con retardante a la flama • Con retardante a la flama |
| <p>Vivienda de interés medio</p> <p>Recomendado para instalaciones residenciales. El más resistente al impacto y aplastamiento.</p> <p>Colado por bombeo</p> <p>POLIFLEX NARANJA Vivienda de interés medio</p> <p>POLIFLEX ROJO Colado por bombeo</p> <p>BENEFICIOS Ofrece aislamiento, resistencia a la humedad, a los agentes químicos, al impacto y al aplastamiento.</p> <p>BENEFICIOS Recomendado para instalaciones residenciales. El más resistente al impacto y aplastamiento.</p> | <p>Las paredes, pisos y techos deben ofrecer a la Instalación eléctrica una resistencia de al menos 15 minutos de exposición al fuego, como se indica en el artículo 362 de la NOM-001-SEDE-2012.</p> <p>• Con protección de los rayos UV</p> <p>Ideal para instalaciones en jardines o instalaciones expuestas.</p> <p>Instalaciones eléctricas bajo tierra (enterrado en concreto) o en exteriores.</p> <p>POLIFLEX VERDE EDIFICACIÓN VERTICAL</p> <p>POLIFLEX NEGRO Instalaciones eléctricas bajo tierra (enterrado en concreto) o en exteriores.</p> <p>BENEFICIOS Las paredes, pisos y techos deben ofrecer a la Instalación eléctrica una resistencia de al menos 15 minutos de exposición al fuego, como se indica en el artículo 362 de la NOM-001-SEDE-2012.</p> <p>BENEFICIOS • Con retardante a la flama • No necesita pintura • Fácil transpiración • Con protección de los rayos UV • Con retardante a la flama</p> <p>BENEFICIOS Ideal para instalaciones en jardines o instalaciones expuestas.</p> |

Consultado en poliflex.com.mx el 30/06/2015 3:23 PM

Se observa que este fabricante diferencia con colores sus conduits, e indica donde se aplican comúnmente, facilitando la elección.

2.2.16 Dobleces de tuberías.

Entre puntos de alambrado ya sean cajas de conexión, gabinetes de centro de carga e interruptores de cuchillas, las tuberías deben de tener como máximo cuatro vueltas de 90° o que las vueltas sumen 360°, entre puntos de alambrado, excepto las de polietileno que debe de tener máximo dos vueltas de 90° o que las vueltas sumen 180°.

2.3 Contactos.

Los contactos son la salida de nuestra instalación eléctrica. En ellos vamos a conectar nuestros aparatos domésticos mediante sus clavijas. Estos van montados sobre cajas, también conocidas como chalupas o charolas.

Los contactos también son conocidos como tomacorrientes o tomas de corriente.

2.3.1 Tipos de Contactos.

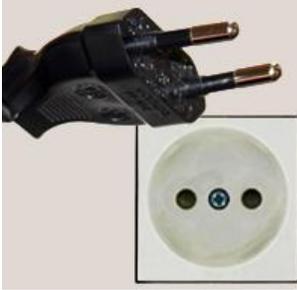
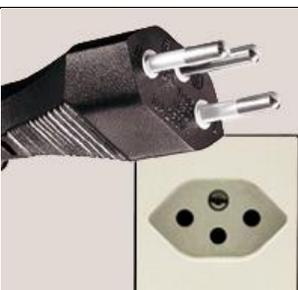
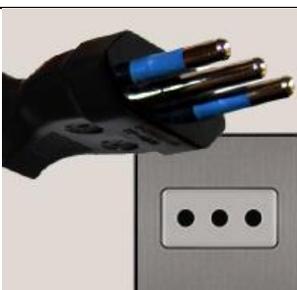
Tipos de contactos residenciales en el mundo

En México el voltaje de operación es de 127 [V] y la frecuencia es de 60 [Hz], sin embargo, esto no es igual en todo el mundo, de igual forma también existen diferentes tipos de contactos.



Imagen 43. Clasificación de Clavijas y Contactos hecha por la IEC. Obtenido de: <http://www.iec.ch/worldplugs/map.htm#> el 2/08/2015

Tabla 9 Clasificación de Clavijas y contactos hecha por World Standards. Obtenido de: <http://www.worldstandards.eu/electricidad.htm#plugs> el 4/08/2015

| | | |
|--|--|--|
|  <p>A</p> |  <p>B</p> |  <p>C</p> |
|  <p>D</p> |  <p>E</p> |  <p>F</p> |
|  <p>G</p> |  <p>H</p> |  <p>I</p> |
|  <p>J</p> |  <p>K</p> |  <p>L</p> |
|  <p>M</p> |  <p>N</p> |  <p>O</p> |

Se puede observar que en la "Tabla 9" se muestra un contacto más que en la "Imagen 43", esto sucede porque estas clasificaciones no se consideran oficiales, sin embargo, estas clasificaciones con letras sirven de referencia.

Tipos de contactos residenciales en México.

Contactos Tipo A

Los contactos del tipo A tienen dos ranuras planas colocadas en paralelo.

Contactos sin polarización ni tierra física

Tienen las dos ranuras del mismo tamaño.



Imagen 44. Contactos sin polarización ni tierra física

Contactos polarizados sin tierra física.

Tiene una ranura más grande que la otra.



Imagen 45. Contacto sencillo polarizado sin tierra física

En la ranura de mayor tamaño está la terminal del neutro y en la de menor tamaño la terminal de la fase.

La razón por la que la fase debe de corresponder con la ranura más pequeña es porque si al contacto se la demanda más corriente de la nominal las terminales se calentaran, sin embargo, la

terminal de fase al ser más pequeña se calentará más que la terminal del neutro, lo que provocará que se derrita primero y por lo tanto también será la primera en desconectarse.

No es coincidencia que la ranura más grande sea la que está del lado derecho, se han colocado así las imágenes porque esa es la forma en la que deben de estar instalados los contactos. Esto se consideró tomando en cuenta que el corazón se encuentra del lado izquierdo.

Sí usamos la mano derecha para conectar una clavija al contacto, tenemos más riesgo de tocar accidentalmente la fase, sin embargo, sí esto sucede la corriente entrará por la mano derecha y saldrá por los pies, sin atravesar el corazón.

Sí usamos la mano izquierda para conectar una clavija al contacto tenemos menos riesgo de tocar accidentalmente la fase.

Contactos Tipo B

Tienen dos ranuras planas en paralelo, una más grande que la otra y un orificio. En la ranura de mayor tamaño está la terminal del neutro, en la de menor tamaño la terminal de la fase y en el orificio se encuentra la terminal de tierra.

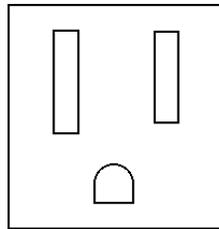


Imagen 46. Contacto Tipo B

Contactos polarizados con tierra física

La terminal de tierra va conectada a la tierra física (cable de tierra desnudo). Esto permite garantizar la seguridad del usuario en caso de que el conductor de fase toque el chasis del equipo conectado.



Imagen 47. Contacto polarizado con tierra física

Este es uno de los contactos más usados en el hogar actualmente, ya que las clavijas que son para los contactos polarizados sin tierra, así como los contactos sin polarizar ni tierra, son compatibles con estos contactos.

Contactos de Tensión Restringida (TR)

Las terminales van conectadas igual que los contactos polarizados con tierra física. Su diferencia se encuentra en las ranuras del neutro y fase, las cuales cuentan con un mecanismo de obstrucción que evita tocar las terminales, si no se introduce la clavija, y además están grabados como TR (Tamper Resistant, a prueba de manipulaciones).



Imagen 48. Contactos de tensión restringida

Estos son conocidos también como “protección contra niños” ya que este mecanismo impide que los niños tengan contacto con las terminales al interior de las ranuras al introducir objetos metálicos extraños.

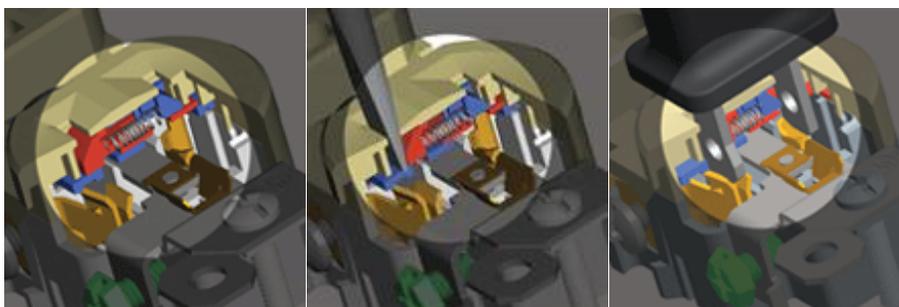


Imagen 49. Funcionamiento de los contactos de tensión restringida de la marca Legrand.

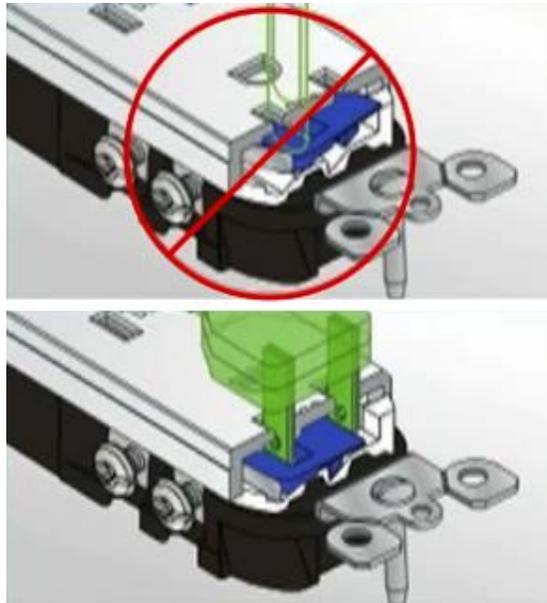


Imagen 50. Funcionamiento de los contactos de tensión restringida de la marca Leviton.

Contactos de Tierra aislada o de voltaje regulado

La terminal de tierra va conectada a la tierra aislada (cable de tierra con aislante) y las partes metálicas del chasis del contacto van conectados a tierra física (cable de tierra desnudo).

Estos contactos se usan para conectar equipo electrónico debido a que disminuyen el ruido de la red eléctrica.

Estos contactos se reconocen porque son de color naranja, en la parte de enfrente están grabados con un triángulo, este es el símbolo de tierra aislada, y adicionalmente pueden traer escrito en sus respectivas tapas la leyenda "TIERRA AISLADA". Por la parte de atrás tiene un tornillo color verde que indica tierra aislada, este tornillo tiene continuidad con la terminal de tierra, sin embargo, este no tiene continuidad con ninguna parte metálica del chasis.



Imagen 51. Parte frontal y posterior de un contacto doble (dúplex) de tierra aislada.

Contactos con protección de falla a tierra

Estos tienen las mismas conexiones que los contactos polarizados con tierra física, además tienen un circuito de protección que corta la corriente, en caso de que exista una falla a tierra y adicionalmente cuenta con unas conexiones de salida para proteger a otros contactos o circuitos.

Este circuito mide continuamente la diferencia de corriente entre fase y neutro, y si la diferencia es mayor al límite, entre 4 y 6 [mA], el circuito interrumpe el suministro de energía a los contactos y a las terminales de salida. Éste cuenta además con dos botones: el botón "TEST", el cual, al ser oprimido, simula una falla a tierra, lo que provoca que el circuito corte el suministro eléctrico, si el suministro no se corta el dispositivo ya no sirve, y el botón "RESET", el cual al ser oprimido vuelve a permitir el paso de corriente en caso de que el circuito de protección lo haya interrumpido.

Se debe de poner especial atención al comprar este tipo de contactos debidos a que existe la clase A que es para la protección de personas y la clase B que es para protección de equipos. La clase B no se debe de usar para proteger a personas porque los contactos de esta clase interrumpen la corriente cuando la diferencia de corriente entre fase y neutro es mayor a 20 [mA].



Imagen 52. Contacto doble con protección de falla a tierra clase A (vista frontal).

Como ya mencionamos anteriormente este tiene bornes de entrada y salida, por lo que hay que tener cuidado al momento de conectar.



Imagen 53. Vista posterior de un contacto doble con protección de falla a tierra.

En la "Imagen 53" se puede observar la palabra "LOAD" y debajo de estas se observa una flecha doble, la cual señala la ubicación de los bornes que corresponden a la salida, en esta se pueden conectar otras cargas, como contactos y/o apagadores, las cuales también estarán protegidas contra fallas a tierra. Se debe de observar en el manual cuanta carga soporta el dispositivo de protección.

También se puede observar en la imagen la palabra "LINE" y debajo de estas se observa una flecha doble, la cual señala la ubicación de los bornes que corresponden a la entrada del contacto.

En los bornes señalados por las flechas observamos las palabras "WHITE", la cual corresponde al conductor neutro, y "HOT" que corresponde a la fase.

2.4 Apagadores.

Son dispositivos de tipo electromecánico que permiten y/o interrumpen el paso de la corriente eléctrica, su corriente de operación es máximo de 15[A] y son utilizados normalmente para prender/apagar luminarias.

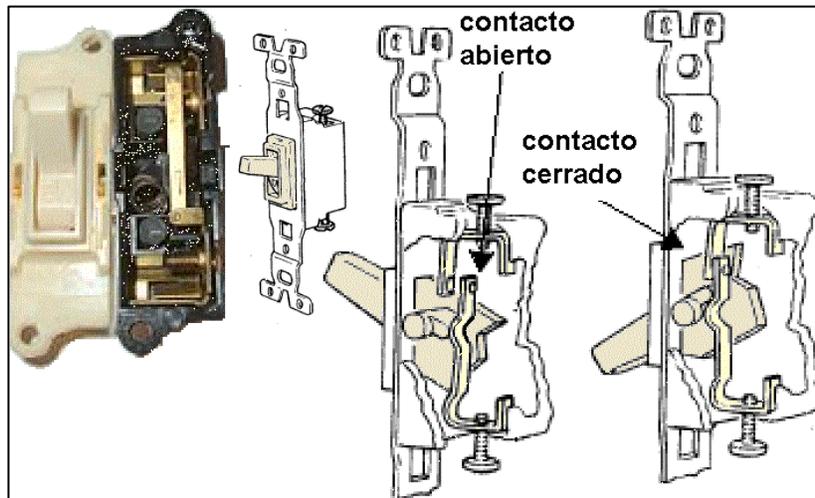


Imagen 54. Estructura interna de un apagador sencillo.

En el interior se observan láminas de cobre por las cuales circulara la corriente y estas estarán separadas o unidas según la posición del mecanismo.

Los apagadores van montados sobre charolas y se ubican entre 1.20 y 1.35 m sobre el nivel del piso ya terminado.

2.4.1 Tipos de Apagadores.

Apagador sencillo

Este consta de dos terminales y se usa para encender y/o apagar desde un solo punto.

Tabla 10 Apagador sencillo



Apagador de tres vías (tipo escalera).

Este consta de tres terminales, una que es común y las otras dos que se pueden poner en contacto con la terminal común de acuerdo a la posición del mecanismo. Se usan para encender y/o apagar desde dos puntos.

Tabla 11 Apagador de tres vías



Se puede usar para lugares con dos salidas, dormitorios, pasillos y escaleras.

Apagador de cuatro vías

Este consta de cuatro terminales y se usa para encender y/o apagar desde 3 o más puntos. En el interior cuenta con 4 contactos fijos, que corresponden a cada terminal, y un bloque de tres contactos móviles cortocircuitados entre sí.

Tabla 12 Apagador de cuatro vías



2.5 Protecciones

Las protecciones de una instalación eléctrica permiten minimizar los efectos a conductores, equipos y personas, cuando se presenta una falla.

Las fallas pueden originarse en nuestra instalación eléctrica residencial, como sobrecarga, cortocircuito o falla a tierra. La sobrecarga y el cortocircuito pueden causar sobrecorriente.

Una sobrecorriente se tiene cuando se exceda la corriente continua máxima (corriente nominal) para un elemento de la instalación eléctrica.

Una sobrecarga se puede presentar cuando se enciende un motor o cuando se energiza un transformador. Estas ocurren normalmente y al ser de duración breve no tiene efecto nocivo en los componentes del circuito.

También se pueden originar por motores defectuosos, equipo sobrecargado o demasiadas cargas sobre un circuito. Estas provocan sobrecargas permanentes, las cuales son nocivas debido al aumento de temperatura en conductores y otros componentes, lo que causa un deterioro en el aislamiento disminuyendo su tiempo de vida, además, puede causar incendios en caso de que la temperatura sea suficiente para encender el aislamiento o a cualquier material cercano al conductor, también puede hacer que el aislamiento se derrita y deje de cubrir al alma conductora, lo que puede provocar un cortocircuito



Imagen 55. Sobrecarga originada por demasiadas cargas sobre un circuito.

De acuerdo a Cooper Bussman, la corriente de sobrecarga comúnmente es de entre 1 y 6 veces la corriente nominal (Bussman by Eaton, 2014).

Un cortocircuito se puede originar al hacer contacto el conductor de fase con el conductor neutro. Y de acuerdo a Cooper Bussman, el valor de la corriente puede ser de cientos de veces la corriente nominal, esto puede provocar en milésimas de segundos daño severo al aislamiento, la fundición de los conductores, la vaporización del metal, la ionización de los gases, la formación de arcos e incendios.

La falla a tierra se produce cuando la corriente que llega por la fase regresa a su origen por la tierra, ya sea que el conductor de fase este en contacto directo con la tierra o que se conecten (la tierra y el conductor de fase) mediante otro elemento.



Imagen 56. Cortocircuito. Obtenido de: izq. <http://img.terra.com.br/i/2010/02/28/1460786-7882-atm14.jpg> el 06/08/2015, der. http://1.bp.blogspot.com/AmnD736p_f4/Uucjr_hJHMI/AAAAAAAAxQ/pnnsT3HVkF0/s1600/cortocircuito.jpg el 06/08/2015



Imagen 57. Falla a tierra. La fase y la tierra se unen mediante la envolvente metálica del refrigerador y la persona.

2.5.1 Protecciones contra sobrecorriente

Fusible

La NOM define al fusible como:

” Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente.”

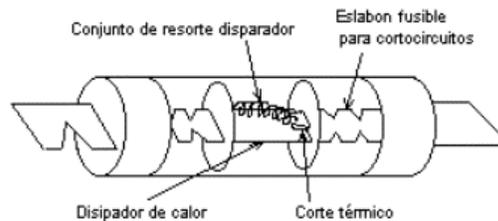


Imagen 58. Fusible Bussman de fusión lenta o elemento doble. Obtenido de: <http://www.oocities.org/televisioncity/9387/Imagenes/Fusible010.gif> el 03/08/2015

Tabla 13 Clasificación de fusibles para bajo voltaje de acuerdo a UL 248

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Class CB</p> |  <p>Class CA</p> |  <p>Tipo tapón</p> |
|  <p>Class CC</p> | <p>Class K</p>  <p>Class K1</p> <p>Class K5</p> | |
|  <p>Class CC</p> |  <p>Class T</p> |  <p>Class J</p> |



Imágenes obtenidas de diferentes tiendas en línea, principalmente www.galco.com.

La corriente pasa por el eslabón-fusible, mientras no se presente una sobrecarga permanente o un cortocircuito el eslabón-fusible permanecerá en buen estado y en caso de ocurrir se fundirá.

Operación del eslabón-fusible de las marcas Mercury y Karp



Imagen 59. Operación del eslabón-fusible. Fuente Mercury y Karp™.

En la "Imagen 59" se muestra la operación del eslabón fusible, para este caso, pertenecen a fusibles clase H renovables para 250[V] de fusión rápida o elemento sencillo.

Interrupor Termomagnético

El interruptor termomagnético es un dispositivo de protección contra sobrecorriente que cuenta con un elemento térmico que abre el circuito en caso de sobrecarga y un elemento magnético que se acciona en caso de cortocircuito.

Dispositivo térmico

El dispositivo térmico cuenta con una placa bimetálica, esta tiene la característica de que se deforma al aumentar su temperatura. El principio de esta deformación se debe a la característica que tienen los metales de aumentar su longitud proporcional a su temperatura.

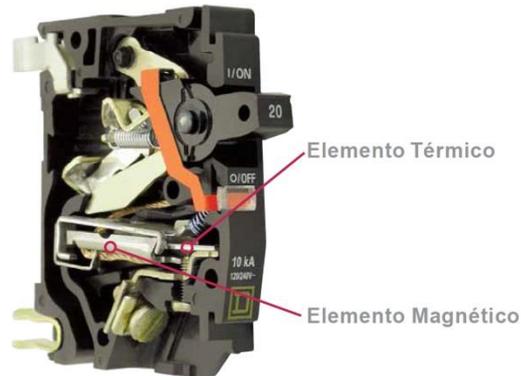


Imagen 60. Interruptor termomagnético QO, ubicación del elemento térmico y magnético. Obtenido de: http://www.schneider-electric.com.mx/documents/soporte/electriqo-magazine/electri-qo_vol01.pdf el 13/08/2015

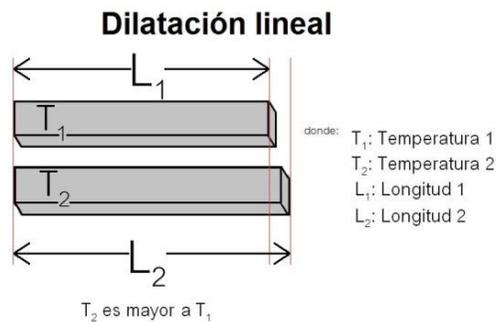


Imagen 61. Dilatación Lineal. Adaptado de: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/CR_FichasTematicas/2011/Fichas_72-5/139309_fisica_2.jpg, el 19/08/2015

La lámina bimetálica se compone de dos placas de diferente metal, y al pasar corriente se incrementa la temperatura como consecuencia también aumenta de longitud, sin embargo, una placa aumenta más que la otra provocando la curvatura.

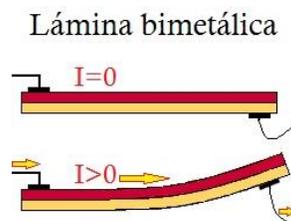


Imagen 62. Comportamiento de la lámina bimetálica. Adaptado de: <http://www.galeon.com/termometria/termostato.gif> el 19/08/2015

Dispositivo magnético

El dispositivo magnético tiene un electroimán, este adopta las propiedades de un imán natural cuando a través de su bobina circula corriente, por lo que es capaz de atraer metales ferromagnéticos, además su fuerza magnética es proporcional a la corriente.



Imagen 63. Imán. Adaptado de <http://www.faxter.es/Portals/0/Biblioteca/B%20-%20ImanElectroiman.gif> el 19/08/2015

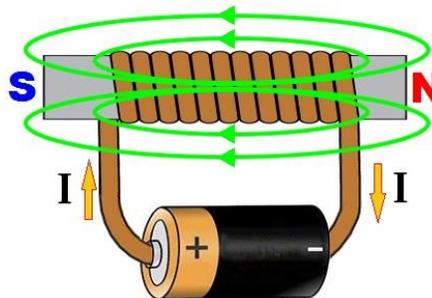


Imagen 64. Electroimán.

Además, cuenta con una placa móvil metálica, que será atraída por el electroimán, y un resorte que se opone a la fuerza magnética del electroimán.

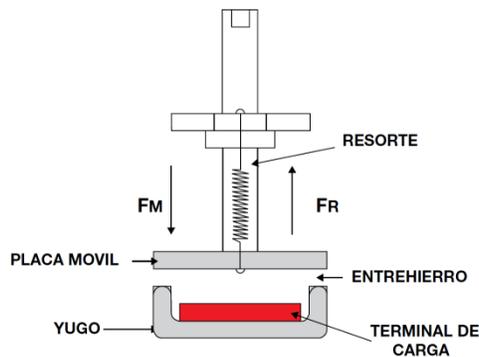


Imagen 65. Dispositivo magnético, del interruptor termomagnético QO.

La placa bimetálica y el electroimán están conectados en serie y a través de ellos circula la corriente, la disposición de estos dentro del interruptor termomagnético varía de acuerdo al fabricante, así como los mecanismos de apertura, sin embargo, los mecanismos abren el interruptor cuando la placa bimetálica alcance la curvatura deseada o cuando la placa móvil llegue a la posición deseada

El interruptor termomagnético también cuenta con una palanca que permite abrir el circuito manualmente, esta palanca cuenta con un orificio para poder asegurar su posición en abierto o

cerrado. Al asegurar la palanca se evita que se encienda o apague un circuito accidentalmente, sin embargo, aunque se asegure en la posición de encendido el interruptor se abrirá en caso de existir una falla.

Los interruptores cuentan con un indicador que sirve para saber que el interruptor abrió el circuito por una falla. Para volver a cerrar el circuito después de ocurrir una falla la palanca debe moverse hacia la posición de abierto y después hacia la posición de cerrado.

Los interruptores termomagnéticos de uso doméstico son para el hogar, oficina y pequeños negocios porque son construidos para que sean fáciles de instalar y funcionen sin necesidad de mantenimiento. Los interruptores termomagnéticos domésticos, usados comúnmente, tienen una capacidad interruptiva de 10 000 amperes (10 [kA]), voltaje nominal de 120/240 volts y se encuentran disponibles, de acuerdo al número de polos, en las siguientes corrientes nominales:

- 1 polo: 10 [A], 15 [A], 20 [A], 30 [A], 40 [A], 50 [A], 60 [A].
- 2 polos: 10 [A], 15 [A], 20 [A], 30 [A], 40 [A], 50 [A], 60 [A], 70 [A], 100 [A], 125 [A], 150 [A].
- 3 polos: 10 [A], 15 [A], 20 [A], 30 [A], 40 [A], 50 [A], 60 [A], 70 [A], 80 [A], 90 [A], 100 [A].

Para instalarse en el centro de carga se usan de tipo enchufable porque es más rápida la instalación que el de atornillable.

En sus dimensiones el ancho se considera $\frac{3}{4}$, aunque el ancho, altura y profundidad puede ser diferente entre fabricantes.

2.5.2 Protecciones contra falla a tierra

La corriente de falla a tierra es menor que la corriente nominal del conductor, por lo tanto, sí en la instalación eléctrica se tiene sólo conductor de fase y conductor de neutro y se presenta una falla a tierra, ni el interruptor termomagnético ni el fusible abrirán el circuito.

Puesta a tierra

En la imagen "Imagen 57" el conductor de fase está en contacto con la carcasa metálica y para disminuir el riesgo de que las personas toquen una parte metálica energizada se instala el conductor de tierra, este conductor se conecta a todas las partes metálicas de la instalación eléctrica, además en el interruptor principal se conectará a un sistema de puesta a tierra y al conductor de neutro, esto provoca un cortocircuito en caso de que la fase toque una parte metálica de la instalación eléctrica y operara la protección contra sobrecorriente.

Interruptor de circuito por falla a tierra (ICFT)

Es un dispositivo de protección que cuenta con un dispositivo diferencial que abre el circuito en caso de que se presente una falla a tierra.



Toma con protección GFCI

Imagen 66. Interruptor de circuito por falla a tierra

En el dispositivo diferencial la fase y el neutro pasan a través de un anillo de acero, cuando pase corriente por los conductores, estos generarán un flujo magnético en el anillo de acero, sin embargo, el flujo magnético será igual a cero mientras la corriente de fase y la corriente de neutro sean iguales. Cuando ocurra una falla a tierra se producirá un flujo magnético en el anillo de acero y existirá corriente en la bobina sensora. Esta corriente entra a un circuito de disparo el cual se encarga de abrir la fase.

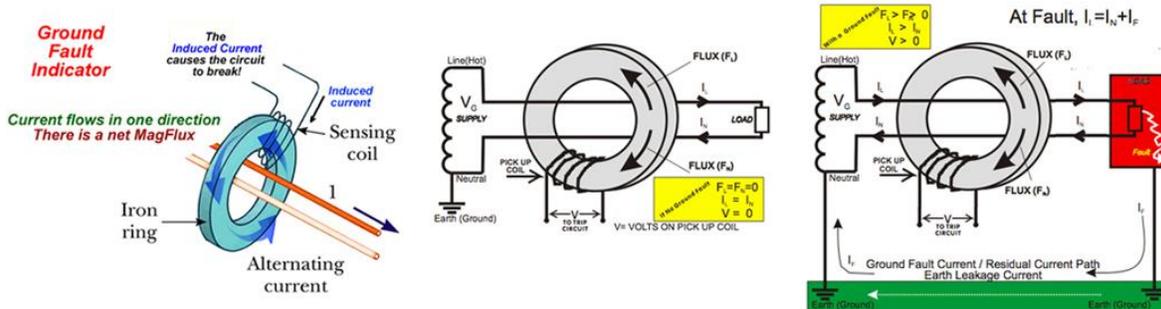


Imagen 67. Funcionamiento del interruptor por falla a tierra. Obtenido de: http://www.screenlightandgrip.com/images/generators/SB_CT_Op_Montage.jpg el 17/09/2015

Los interruptores de circuito por falla a tierra para proteger a las personas son clase A, y abren el circuito cuando la diferencia de corriente sea de entre 4 a 6 [mA] o mayor, estos por sus siglas en inglés se conocen como GFCI “Ground Fault Circuit Interrupter”.

2.6 Cajas

Las cajas son parte de la canalización con tubería (conduit), instaladas en donde puedan ser accesibles, mediante las cuales se puede tener acceso a los conductores. Estas sirven para: unir conduit, permitir el jalado de los conductores, realizar empalmes; alojar dispositivos (apagadores, receptáculos, portalámparas u otro); y como salidas (de luminarias u otros dispositivos).

2.6.1 Tipos de Cajas

En la Ciudad de México las cajas que se usan comúnmente en instalaciones eléctricas residenciales son las metálicas galvanizadas.

Estas cajas se pueden clasificar por su forma en:

- Cajas rectangulares: También conocidas como “caja chalupa” o “chalupas” se usan principalmente para alojar los apagadores y contactos, o cualquier otro dispositivo diseñado para montarse o alojarse en estas.
- Cajas octagonales: Estas también se les llama “circulares”, aunque no los son, mientras que las tapas de acuerdo al fabricante pueden ser de forma octagonal o circular. Estas se usan principalmente para colocar portalámparas o para montar otros dispositivos, se les puede colocar tapa en caso de no montar o alojar un dispositivo, siendo esta una caja de paso o derivación, sus tapas pueden ser sin disco removible (tapa ciega) o con un disco (este puede usarse como salida para luminarias u otros dispositivos)
- Cajas cuadradas: Estas tienen un uso similar a las octagonales y también pueden usarse las que tienen una medida comercial 4" y 4 11/16", al igual que las rectangulares, con el uso de una sobretapa.



Imagen 68. Cajas y sus tapas. Imágenes tomadas de: www.homedepot.com.mx excepto tapa circular (<http://troqueladosalfayomega.com/>) el 14/04/2016

En la siguiente imagen se muestran sobretapas para montar un dispositivo diseñado para caja rectangular, las sobretapas realizadas además de permitir colocar el dispositivo como las planas, también permiten que se pueda cubrir la sobretapa dejando libre el espacio para el dispositivo, como por ejemplo con yeso.



Imagen 69. Cajas cuadradas y sobretapas. Imágenes tomadas de: www.homedepot.com.mx, www.tamsacajasdereregistro.com.mx, www.hubbell-rtb.com y www.voltech.com.mx el 14/04/2016

Si se requiere colocar una sobretapa a una caja cuadrada ya instalada, es necesario saber si es de tamaño comercial 4" ó 4 11/16", si los orificios de la caja están en la esquina o separados de esta y sobre todo si la sobretapa es para colocar el dispositivo que deseamos (apagadores o contactos).

En este tipo de instalaciones no es común utilizarla, sin embargo, puede ser útil para sustituir una caja rectangular cuando por esta pasen varios conductores y sea difícil acomodar nuestros contactos y/o apagadores.

Como estas cajas son metálicas, por seguridad deben de conectarse al conductor de puesta a tierra, la mejor manera de hacer la conexión es mediante un tornillo diseñado para tal fin.



Imagen 70. Tornillos para la puesta a tierra de cajas metálicas.
(Fuente: Steel City, Raco e Ideal)

Este tornillo tiene la capacidad de hacer la cuerda en el orificio (tornillo autoroscante), tienen un diámetro máximo de 4.826 mm (#10-32 UNF), esto quiere decir que el orificio de la caja debe de ser del #10, en caso de que la caja no lo tenga se recomienda hacer el orificio en el fondo de la caja con una broca del #21 la cual tienen un diámetro equivalente de .159" (4.0386 mm), el cual es el diámetro mínimo del tornillo y tiene una longitud de 3/8 de pulgada (.95 cm)



Imagen 71. Conexión de la caja metálica al conductor de puesta a tierra
(Fuente: <http://www.idealind.com/US/EN/Products/Wire-Termination/>)

Además de las cajas metálicas existen cajas de plástico, estas son útiles porque no son conductoras, y por lo tanto no se conectan al conductor de puesta a tierra, además son recomendables en lugares húmedos. Y a pesar de que no se conectan al conductor de puesta a tierra, este debe estar presente en el circuito y conectarse a los dispositivos que así lo requieran.



Imagen 72. Cajas plásticas para empotrar, (Imágenes obtenidas de: www.muchomaterial.com, nexflex.com.mx, www.casamyers.com.mx y www.homedepot.com.mx)



Imagen 73. Caja plástica: El conductor de puesta a tierra se conecta al contacto dúplex (Fuente: www.poliflex.mx)

Estas cajas metálicas y plásticas se instalan empotradas a los muros y techos. La instalación en el muro, se realiza primero ranurándolo lo necesario para que la caja entre, después se mojan las paredes del hueco realizado, posteriormente se le coloca a la superficie mezcla de cemento en el hueco y por último se inserta la caja, cuidando que esta quede alineada y que no quede tapada la salida para el conduit, en caso de que este no se encuentre aún conectado a la caja. Cuando se realiza el aplanado se mete en el interior papel, generalmente de los bultos usados en la construcción, para evitar que entre mezcla en la caja.



Imagen 74. Colocación de caja plástica en tabique (Fuente: sugarmtnfarm.com)



Imagen 75. Caja metálica después del aplanado

Cuando los muros son de ladrillo, y estos se quieren apreciar generalmente no se les aplica ninguna placa de aplanado, por lo que la ranuración debe de ser lo más justa posible, permitiendo que entre la caja, por lo que no se deja mucho espacio para colocar mezcla, en este caso la caja se fija al fondo del hueco con clavos o pijas.



Imagen 76. Fijación de caja a muro de ladrillo

Si en la vivienda se llegara a colocar un muro o plafón de tablaroca se pueden usar las cajas metálicas y en caso de usar las cajas plásticas estas deben de ser resistentes a la flama, como las fabricadas con PVC. El PVC tiene la característica de ser autoextinguible, por lo que es ideal para usarse en tablaroca, también se pueden usar cajas de polietileno que cuentan con retardantes a la flama, estas suelen ser de color verde. Para que tengan una buena fijación, es recomendable atornillar las cajas a la perfilería.



Imagen 77. Fijación de cajas. Se atornillan sobre refuerzos de canal metálico, previamente fijados a los postes o listones (Fuente: Panel Rey)

2.7 Lámparas

Las lámparas son "*la fuente de luz*" (NOM-001-SEDE, 2012) o "*la fuente fabricada para producir una radiación óptica visible*" (NOM-028-ENER, 2010), la más conocida es la lámpara de filamento incandescente o foco incandescente.



Imagen 78. Lámpara incandescente. Obtenido de: [_http://www.fryelectricinc.com/2013/02/proper-light-bulb-disposal/](http://www.fryelectricinc.com/2013/02/proper-light-bulb-disposal/) el 21/03/2016

Durante muchos años en México se ha utilizado la lámpara incandescente convencional, una de los más usadas era la de 100 [W] de potencia y en la NOM-028-ENER-2010«Eficiencia energética de lámparas para uso general» se establecieron eficacias mínimas, como esta lámpara no cumple se fue retirando del mercado.

2.7.1 Incandescentes

Su principio de funcionamiento es gracias al fenómeno de la incandescencia el cual consiste en la emisión de luz visible cuando ciertos materiales se han calentado lo suficiente. La corriente eléctrica pasa a través del filamento de tungsteno, el cual posee una alta resistencia, lo que

provoca que se caliente a una temperatura de 2500 grados centígrados. Para evitar que el filamento se queme, el bulbo de cristal está relleno de gas argón.

Las clásicas incandescentes se han retirado poco a poco de los anaqueles y en su lugar se están colocando lámparas incandescentes de halógeno de espectro modificado. Estas se diferencian de las convencionales porque aparte del gas argón, tienen gases halógenos como yodo y bromo. Adicionalmente, los gases y el filamento se encierran en un bulbo pequeño de cuarzo, todo lo anterior permite que la temperatura del filamento alcance los 3000 grados centígrados, haciendo que sea más eficiente que la incandescente convencional.



Imagen 79. Lámpara incandescente halógena de espectro modificado. Obtenido de: <http://www.xataka.com.mx/hogar-digital/philips-dice-adios-a-los-focos-de-100-w-el-21/03/2016>

2.7.2 Fluorescentes

Estas lámparas se llaman fluorescentes porque tienen como principio de funcionamiento la fluorescencia, propiedad que tienen ciertos materiales para emitir luz visible cuando estos son bombardeados con rayos ultravioleta o incluso luz visible.

Esta lámpara se compone de un bulbo de vidrio de forma tubular relleno de gas argón y vapor de mercurio, la pared interna del bulbo está impregnada de fósforo y en cada extremo tiene un electrodo, los cuales son alimentados por un balastro. Cuando está en funcionamiento existe una gran descarga eléctrica entre los electrodos, la cual al chocar con los átomos de mercurio produce rayos ultravioletas, estos rayos impactan con el fósforo produciendo luz visible.

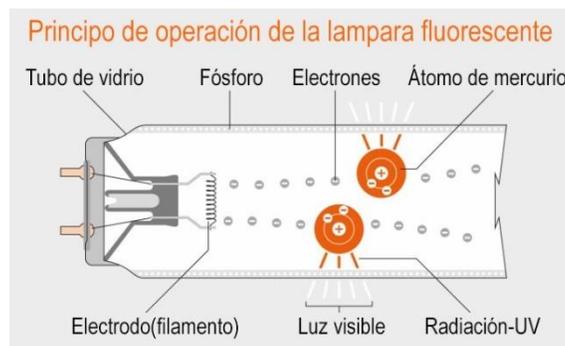


Imagen 80. Principio de operación de lámpara fluorescente. Adaptado de Osram

Estas lámparas se conectan a la línea eléctrica mediante un balastro, este proporciona el voltaje necesario para encender, una vez encendida proporciona el voltaje suficiente para evitar que se apague, además, limita la corriente de la descarga. Anteriormente se usaban balastos electromagnéticos y estos provocaban 120 descargas por segundo en el tubo lo cual era percibido como un parpadeo, actualmente, esto se evita con el uso de balastos electrónicos los cuales pueden realizar más de 20 mil descargas por segundo.

En el caso de las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (LFCA o LFC), conocidas como “lámparas ahorradoras” o “focos ahorradores”, cuentan con un casquillo con rosca al igual que las incandescentes e incluyen un balastro electrónico.



Imagen 81. Partes de una lámpara compacta. Obtenido de: http://www.asifunciona.com/electronica/af_cfl/img_cfl/af_000004_8.jpg el 23/03/2016

2.7.3 LED

El diodo emisor de luz, mejor conocido como LED (Light Emitting Diode), por sus siglas en inglés, tiene como principio de funcionamiento la electroluminiscencia la cual consiste en la emisión de luz visible cuando una corriente eléctrica pasa a través de ciertos materiales.

El LED que se usa en iluminación general es de color blanco, para lograr este color se coloca una capa de fosforo encima de un LED azul, mejor conocido como chip LED azul, esto significa que gracias al fenómeno de la fluorescencia parte de la luz azul que entra a la capa de fosforo, se convierte en luz amarilla que mezclada con la luz azul restante se obtiene luz blanca brillante. Este LED azul, descubierto en 1993, fue gracias a los trabajos de Hiroshi Amano, Shuji Nakamura e Isamu Akasaki, y por esta aportación se les otorgó el premio Nobel de Física en 2014.⁶

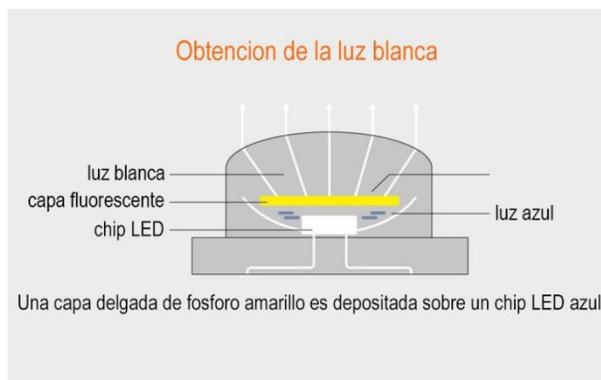


Imagen 82. Obtención de la luz blanca en un LED (Adaptada de Osram)

El chip led, no se puede conectar directamente al voltaje de línea, este necesita de un driver, que tiene la función de proporcionar el voltaje y la corriente necesaria, afortunadamente en los “focos LED” este ya viene integrado, además para alcanzar los niveles de iluminación de una lámpara incandescente, se ponen los chips necesarios, esto hace que se acumule el calor, por lo que otro elemento importante es el disipador.



Imagen 83. Partes de una lámpara LED
(Fuente: <http://brillanteiluminacion.mx/blog/componentes-de-los-focos-led/>)

Sustitución de lámparas incandescentes convencionales o clásicas.

En la edición especial 2014 de la Revista del Consumidor dice: *“Por décadas, hemos comprado lámparas según cuanta energía consumen (watts), sin importar la cantidad de luz que emiten (lúmenes). Sin embargo, los lúmenes son aquellos que nos indican cuanta luz emite una lámpara. A mas lúmenes, se obtiene una luz mas brillante; con menos lúmenes se obtiene una luz mas tenue. En pocas palabras, son a la luz lo que los kilos a las manzanas o los litros a la gasolina.”*

Normalmente en los empaques de las lámparas viene la equivalencia, en watts, que esta tiene con una clásica, para facilitarle al usuario la sustitución, así por ejemplo una lámpara de 72 [W] halógena equivale a una de 100 [W] incandescente. Las lamparas halógenas son recomendables para los baños y para cualquier otro lugar donde las luces se prendan varias veces al día y por pocos minutos.

Para el caso de las fluorescentes, también muestran la equivalencia en los empaques, sin embargo, al sustituir, se puede observar una menor iluminación, así que podemos guiarnos por la tabla siguiente realizada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) para seleccionar las lámparas fluorescentes de acuerdo a su potencia.

Tabla 14 Tabla para selección de lámpara ahorradora (LFC) de acuerdo a la potencia

| Incandescente (lámpara ineficiente) | Flourescente compacta (lámpara eficiente) |
|--|---|
| 100 W | 26 W |
| 75 W | 20 W |
| 60 W | 13W |
| 40 W | 11 W |

Obtenido de: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/tu_iluminacion el 17/03/2016

Como se mencionó anteriormente, lo que importan son los lúmenes, la siguiente imagen obtenida del estudio de calidad de lámparas, realizado por la PROFECO, muestra el flujo luminoso que corresponden a los focos incandescentes clásicos.



Imagen 84. Relación entre el flujo luminoso y la potencia de los focos incandescentes

Obtenido de: http://www.economia.gob.mx/files/economia_todos/lamparas.pdf el 20/03/2016

Actualmente, la mejor opción es la fluorescente, y es recomendable que se adquieran de marcas conocidas, o bien, que tengan el sello fide, o también pueden auxiliarse de la revista del consumidor. Estas recomendaciones y la gráfica igualmente se pueden aplicar a los focos led, los cuales son mas eficientes y por lo tanto a la larga ahorraremos más, sin embargo, su costo de adquisición es más alto, aunque está disminuyendo paulatinamente, esto causa que se prefiera a las fluorescentes.

2.7.4 Tonos de iluminación

Las lámparas fluorescentes y LED de color blanco se presentan en diferentes tonos como: cálido, neutro o frío. Otra manera de referirse a estos tonos es como "Temperatura de color" la cual esta dada en grados Kelvin. Esta temperatura de color, no indica la temperatura a la que opera la lámpara, lo que indica es la similitud de su luz a la emitida por un cuerpo negro calentado a cierta

temperatura. En la imagen de abajo se observa un cuerpo negro calentado el del lado izquierdo es el que tiene menor temperatura y el de la derecha es el que tiene la mayor temperatura.

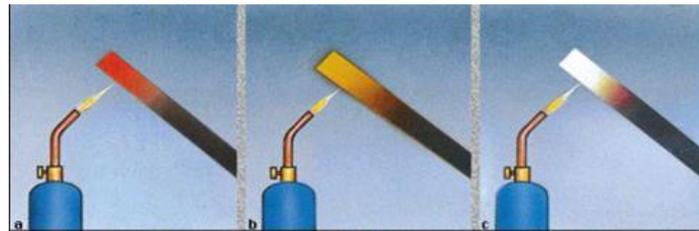


Imagen 85. Calentamiento de un cuerpo negro⁷

Un cuerpo negro es idealmente aquel que absorbe todas las fuentes de luz, y que emite una radiación de acuerdo a la temperatura a la que se encuentre. Esto es algo teórico, pero en la realidad este efecto de emisión de luz se puede observar al calentar una barra de metal.

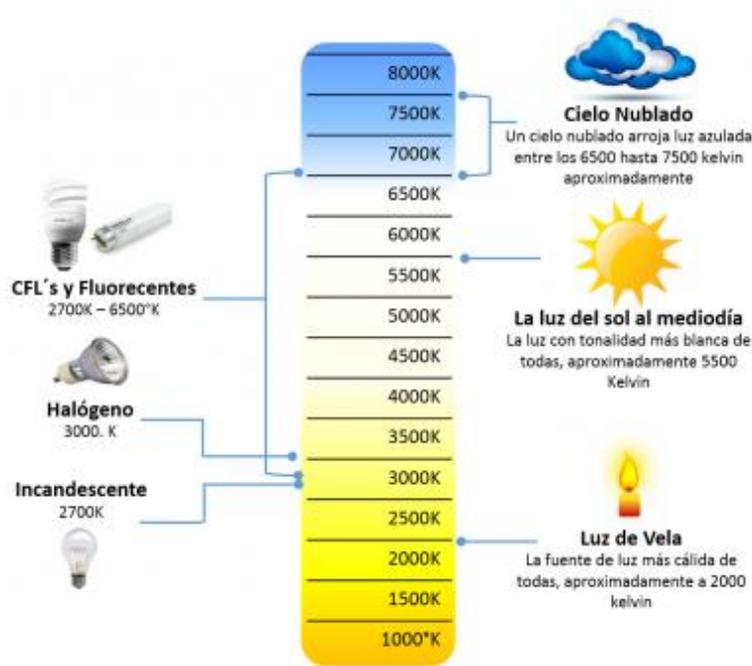


Imagen 86. Relación de los grados Kelvin con algunas fuentes de luz⁷



Imagen 87. Exposición de diferentes temperaturas de color

Obtenido de: <https://aeonlightinglatino.wordpress.com/2013/10/17/temperatura-del-color/> el 19/02/2017

Havells México⁷ sugiere lo siguiente:

- Las temperaturas cálidas (1 700 [K] a 3 000 [K]) generan un ambiente de relajación y se colocan en restaurantes de comida a la carta o en salas, estancias de hoteles, restaurantes y habitaciones.
- Las temperaturas neutras (de 3 500 [K] y hasta 5 000 [K]) generan un ambiente de limpieza y se colocan en oficinas, escuelas, hospitales y en general lugares de trabajo. En interiores residenciales, una opción adecuada de uso puede ser una cocina o en ciertos casos, espacios con cierta actividad constante, como pasillos.
- Las temperaturas frías (5 700 [K] hasta 8 000 [K]) generan un ambiente eficiente y sobre todo de actividad constante. Se utilizan más en lugares de trabajo donde hay actividades de precisión. De cierta manera, no se recomienda el uso de temperaturas de este tipo para aplicaciones residenciales, ya que lo que se busca es el confort y la tranquilidad para este tipo de aplicaciones.



Imagen 88. Aplicación de las tonalidades: Izquierda: cálida; centro: neutra; derecha: fría.⁷

De acuerdo a lo anterior en las viviendas se recomienda la luz cálida (también conocida como soft white, warm white), con temperatura de color de 2700-3000[K], ya que es nuestro sitio de descanso y además de la cocina, la luz neutra (luz clara) se puede usar en cuartos de estudio o bien usar lámparas de mesa con esta tonalidad cuya temperatura de color sea de 3500[K]-5000[K]. Y de acuerdo a las tablas de la CONUEE si vamos a substituir un foco incandescente de 100 [W], el fluorescente o LED deberá de tener un flujo luminoso mínimo de 1560 lúmenes (Para otras potencias ver la "Imagen 84").

2.8 Centros de Carga

De acuerdo a (Bratu & Campero, 1995, pág. 117):

” Por centro de carga se entiende el conjunto de elementos agrupados en determinado lugar desde donde se controla la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona (sección o rama). Puede tratarse de solamente un tablero que contenga todos los elementos, o también puede ser un conjunto de interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos colocados en un muro y que juntos desarrollen la función de controlar la distribución de la energía a circuitos derivados.”



Imagen 89. Centros de carga.

Obtenidas de: izq.: <http://www.horacero.com.mx/nacional/cfe-pagara-30-mdp-en-nuevos-medidores/> ; der.: <https://iguerrero.wordpress.com/2009/03/16/instalacion-de-un-banco-bifasico-de-medidores/> el 6/11/2016

2.8.1 Tipos de centro de carga

Los centros de carga, en una instalación residencial, controlan la alimentación de la energía gracias a que cuentan con interruptores manuales, así como de protecciones que quitan el suministro de energía eléctrica de manera automática en caso de alguna falla, tienen zapatas o terminales donde se conectan las fases, pueden contar con barra de neutros, barra de tierras y todos estos componentes están resguardados por un gabinete metálico.

Centro de Carga Principal

Las especificaciones de CFE indican que “EL INTERRUPTOR ESTARÁ A UNA DISTANCIA NO MAYOR A 5000 mm DEL MEDIDOR”, este “interruptor” se encuentra después del medidor y tiene la finalidad de permitir o interrumpir el paso de la energía eléctrica a toda la vivienda.

Por ejemplo, para una instalación eléctrica con servicio monofásico se especifica:

- 4 BASE ENCHUFE DE 4 TERMINALES, 100 AMPERES
- 5 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (PREFERENTEMENTE) O DE CARTUCHO FUSIBLE 2 POLOS, 1 TIRO, 250 VOLTS, 30 AMPERES, A PRUEBA DE AGUA CUANDO QUEDE A LA INTEMPERIE
- 6 REDUCCION DE PVC DE 22 mm (1 1/4") A 12.7 mm (1/2")

Imagen 90. Especificación del interruptor, tomado de: CFE EM-BT101

Como este manual está dirigido a personas sin conocimientos previos, intentaremos detallar que es lo que CFE pide en esta especificación.

“Interruptor termomagnético (preferentemente) o de cartucho fusible”: se refiere a las protecciones.

“2 polos”: se refiere al número de fases que se pueden conectar, esto quiere decir que debe de tener dos terminales o zapatas, aisladas entre sí y con el gabinete en el que se encuentren.

“1 tiro”: Tiro se refiere al número de conexiones eléctrica que puede hacer el interruptor. En nuestro caso debemos de contar con un interruptor manual que realice una conexión. No se debe de confundir tiro con el número de posiciones del interruptor, en nuestro caso el interruptor manual tendrá 2 posiciones: interruptor abierto o apagado (OFF) e interruptor cerrado o encendido (ON).

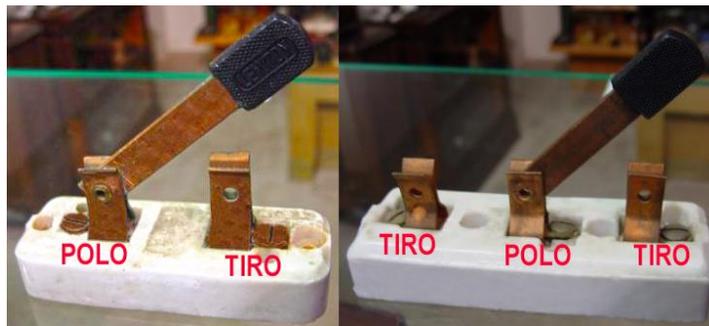


Imagen 91. Interruptores tipo cuchilla. Izq. 1 polo-1 tiro, Der. 1 polo-2 tiro. Adaptadas de: <http://www.rare-earth-magnets.com/resistance> el 10/11/2016

“250 volts”: Indica el voltaje nominal de operación (Como se pide que sea de 2 polos es el voltaje fase-fase). El valor nominal de alimentación para el servicio monofásico en las viviendas es de 127 V (voltaje fase-neutro) y para el servicio bifásico de 220 V (voltaje fase-fase).

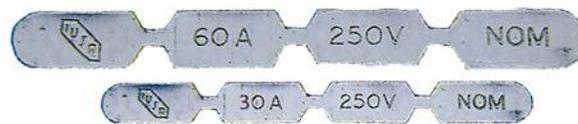


Imagen 92. Eslabón de fusibles tipo cartucho. Obtenida de: <http://ws.iusa.com.mx/imagenes/Catalogo/Fusibles/Detalle/376984.jpg> el 7/11/2016

“30 Amperes”: Indica la corriente mínima que deben de soportar las zapatas, donde se conectara(n) la(s) fase(s).

“a prueba de agua cuando quede en la intemperie”: Esto nos indica el grado de protección que debe de brindar el gabinete de acuerdo a su ubicación. Los gabinetes que se fabrican para uso en vivienda para uso interior son NEMA Tipo 1 y para uso exterior NEMA Tipo 3R (también se puede usar en el interior), ver “Imagen 96”.

El gabinete que se usará será de acuerdo a la protección, como podemos ver se permite usar interruptor termomagnético o fusible, es más común usar fusible. De acuerdo a Eaton “caja de interruptores” y “caja de fusibles” es un sinónimo de centro de carga, y esto es válido porque en las viviendas nuestro centro de carga es un tablero (gabinete) que contiene un conjunto de interruptores (ver la definición de Bratu).

Por lo tanto, podemos tener dos tipos de centro de carga principal, de acuerdo a las protecciones, de las cuales ya hemos hablado (ver “2.5 Protecciones”), por lo que solo hablaremos de las cajas (tablero o gabinete) en las cuales se instalarán.

Caja de fusibles: También conocida como “Interruptor de seguridad con fusible” es un gabinete metálico con tapa abatible que trae de fábrica un interruptor tipo cuchilla de 1 tiro, el cual permite quitar o poner la alimentación a nuestra instalación, cuenta con una base para fusibles tipo cartucho (clase H), en la cual también se pueden colocar fusibles clase K1, y con tornillo de puesta a tierra. Se fabrican del tipo bifásico y trifásico, con zapatas principales de 30 y 60 A, así como para uso en interior (Tipo 1) y en intemperie (Tipo 3R), y el tipo de montaje es para sobreponer (ver la “Imagen 93”).

Este es el dispositivo que más se usa en instalaciones eléctricas residenciales para desconectar toda la instalación.



Imagen 93. Interruptor de seguridad con base para fusible (tipo cartucho clase H y K1).
Adaptado de: www.igesa.com y www.muchomaterial.com el 19/10/2016

Caja de interruptores: Es un gabinete metálico con tapa atornillable, el cual cuenta con zapatas principales de 30 o 60 A, barra de tierras unida al gabinete y la base para el interruptor termomagnético correspondiente. Se fabrican del tipo bifásico y trifásico, la tapa puede ser de 1, 2 ó 3 ventanas, el tipo de montaje puede ser para sobreponer o empotrar, la mayoría son para uso interior (Tipo 1), aunque existen algunos para uso a la intemperie (Tipo 3R). Este gabinete se

conoce también como tablero, sin embargo, los tableros para uso residencial se les llama “centros de carga”. Note que el centro de carga principal o interruptor principal no cuenta con barra de neutro.

Centro de Carga de Distribución

Estos centros de carga se encuentran después del interruptor principal, generalmente en las viviendas se cuenta con uno que se debe de ubicar en un área accesible fácilmente y en el interior. En este caso se usa un tablero de uso residencial con interruptores los cuales serán de acuerdo a la protección que necesite cada circuito derivado.

La característica más importante que distingue a la caja de interruptores para usarse en el centro de carga de distribución es que este cuenta con barra de neutros aislada del gabinete (ver "Imagen 94"), mientras que también puede contar con barra de tierras.

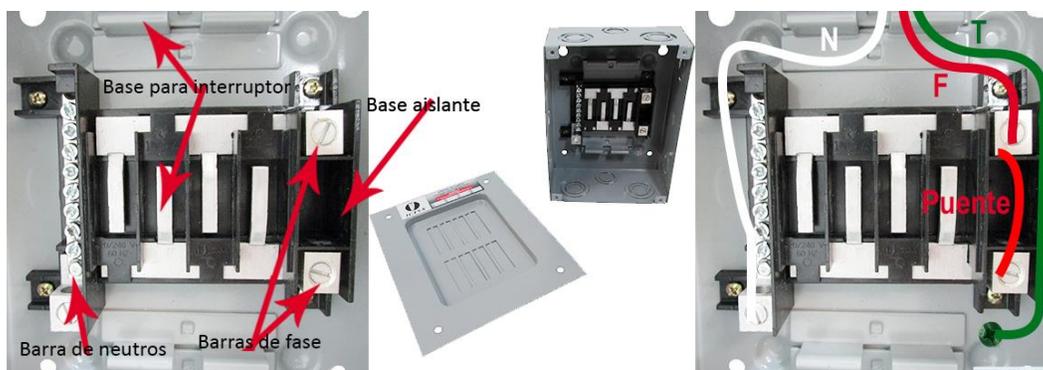


Imagen 94. Centro de carga de distribución y conexiones de alimentación monofásica. Adaptado de: www.muchoaterial.com el 19/10/2016

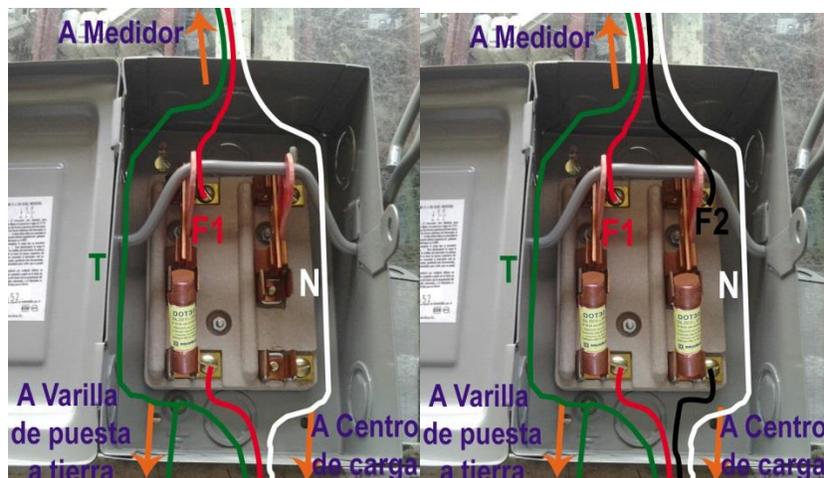


Imagen 95. Conexión del interruptor principal: Izq. Monofásica, Der. Bifásica. Adaptado de: https://http2.mlstatic.com/interruptor-2x30-igesa-D_NQ_NP_22329-MLM20228693391_012015-F.jpg el 8/11/2016

Grados de protección NEMA

National Electrical Manufacturers Association

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) es una organización de normalización en Washington, EE.UU., que publica una serie de estándares técnicos, ella misma no ensaya ni certifica productos.

La siguiente clasificación NEMA hace referencia básicamente a la protección de personas contra el contacto involuntario con objetos del equipo, así como a la protección frente a influencias externas sobre un armario.

| Grado de protección | Descripción |
|---------------------|---|
| NEMA 1 | Instalación interior, protege contra la caída de suciedad |
| NEMA 2 | Instalación interior, protege contra la caída de suciedad y el goteo de agua |
| NEMA 3 | Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 3R | Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 3S | Instalación interior o exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además, los mecanismos externos permanecen operativos a pesar de la formación de hielo |
| NEMA 4 | Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua y agua proyectada; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 4X | Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua, agua proyectada y corrosión; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario |
| NEMA 5 | Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos |
| NEMA 6 | Protección interior o exterior contra caída de suciedad, chorro de agua y entrada de agua a causa de la inmersión parcial, limitada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo |
| NEMA 6P | Protección interior o exterior contra proyección de agua y entrada de agua a causa de la inmersión prolongada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo |
| NEMA 12 | Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos. |
| NEMA 13 | Protección interior contra polvo, caída de suciedad, salpicaduras de agua y aceite, así como medios refrigerantes no corrosivos |

2016 © Rittal Disprel, S.A.

Imagen 96. Grados de Protección NEMA. Obtenido de: http://www.rittal.com/es-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp el 6/04/2017

2.9 Tierra física

En instalaciones eléctricas se conoce como tierra o tierra física a los elementos conductores que tienen el mismo potencial (voltaje) que la tierra o suelo y además están conectados con ésta.

En circuitos electrónicos se utiliza el término tierra virtual a aquel punto que tenga el mismo potencial (voltaje) que la tierra o suelo, sin embargo, este punto no está directamente conectado a esta.

De acuerdo a la NOM, todos los elementos conductores de una instalación eléctrica que tienen el mismo potencial (voltaje) que la tierra o suelo y además están conectados con ésta, se conoce como sistema de puesta a tierra.

En instalaciones eléctricas se usan los términos tierra física o sistema de tierra física para referirse al sistema de puesta a tierra, aunque son incorrectos, no están prohibidos.

The image shows a Google search interface with three search results side-by-side. The first search is for 'sistema de puesta a tierra', the second for 'sistema de tierra física', and the third for 'tierra física'. Each search result includes a title, a brief description, and a list of image thumbnails. The search results are annotated with red and green boxes and lines, highlighting specific text and links. For example, in the first search, 'Toma de tierra - Wikipedia, la enciclopedia libre' is circled in red. In the second search, 'abc de los sistemas de puesta a tierra y pararrayos - MASS' is circled in green. In the third search, 'Toma de tierra - Wikipedia, la enciclopedia libre' is circled in red, and 'abc de los sistemas de puesta a tierra y pararrayos - MASS' is circled in green. There are also red lines connecting the highlighted text across the different search results.

Imagen 97. Búsqueda en Google de: Sistema de puesta a tierra, sistema de tierra física y tierra física.

Elementos que lo componen

- Tierra o suelo: Este es el terreno sobre el cual se encuentra nuestra construcción, y con el que queremos conectar nuestro sistema. En la Ciudad de México, se puede encontrar desde tierra húmeda, como en los alrededores del lago de Xochimilco, hasta roca volcánica en Ciudad Universitaria.
- Compuestos para sistema de tierra (Intensificadores de terreno): Sales, geles o resinas que se agregan al suelo para disminuir su resistividad. Dependiendo del tipo de compuesto que se use, se puede agregar cubriendo el electrodo, se puede mezclar con el terreno

alrededor del electrodo y para el caso de algunas sales que provocan una corrosión más rápida al electrodo, las sales se mezclan con el terreno alrededor del electrodo a excepción del terreno que este en contacto con el electrodo.

- Electrodo de Puesta a Tierra: Elemento conductor, generalmente metálico, que estará en contacto directo con el terreno. Este nos brinda la conexión con la tierra, por eso debe de ir enterrado en el terreno para asegurar la conexión.
- Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra: Es un cable, generalmente de cobre y sin aislamiento, que sirve para conectar el electrodo al medio de desconexión principal o equipo de la acometida.
- Conductor de tierra o puesta a tierra: Cable de cobre, generalmente desnudo, que sirve para conectar el medio de desconexión principal con las terminales de puesta a tierra de los equipos y con las partes metálicas de la instalación eléctrica.
- Conductor de tierra aislada o puesta a tierra aislada. Cable de cobre, con aislamiento color verde o verde con franja amarilla, que sirve para conectar el medio de desconexión principal con las terminales de tierra aislada de los equipos o contactos.
- Puente de Unión Principal: Es una conexión entre el conductor puesto a tierra de la acometida con el conductor del electrodo. Para nuestro caso el conductor puesto a tierra es el conductor de neutro de la acometida y el puente, puede ser un cable, tornillo o cualquier terminal diseñada para ese fin. El puente se encuentra en el medio de desconexión principal o equipo de acometida.
- Puentes de unión: Son conexiones entre el conductor de puesta a tierra y los elementos metálicos de la instalación eléctrica, así como con cualquier elemento metálico que pueda quedar energizado.

Tipos de electrodo

Los electrodos permitidos por la NOM son:

- Tubería metálica para agua
- Acero estructural del edificio o estructura
- Electrodo recubierto en concreto
- Anillo de puesta a tierra
- Electrodos de varilla y tubería
- Otros electrodos
- Electrodos de placa
- Otros sistemas o estructuras metálicas subterráneas locales

Electrodos no permitidos por la NOM:

- Sistemas de tubería metálica subterránea para gas.
- Aluminio

Conexiones básicas

1. Conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo de puesta a tierra: El electrodo más común es la varilla Copperweld y este se une a su conductor mediante un conector mecánico.



Imagen 98. Conexión del electrodo.

Obtenido de: <https://www.erico.com/category.asp?category=R2396#catalog-applications> el 20/11/2015

2. Conductor del electrodo de puesta a tierra con el medio de desconexión principal o equipo de la acometida: Esta conexión se realiza en alguno de los tres puntos permitidos: En el punto de conexión entre los conductores del suministrador (bajada) y los conductores de acometida del usuario, en el medidor y en el interruptor principal (ver "Imagen 99"). CFE pide la conexión en el medidor (ver "Imagen 100"), aunque de acuerdo a lo permitido por la NOM es recomendable que se realice en el interruptor principal, porque es accesible y se puede revisar el estado de la conexión, permitiendo corregirla en caso de ser necesario.

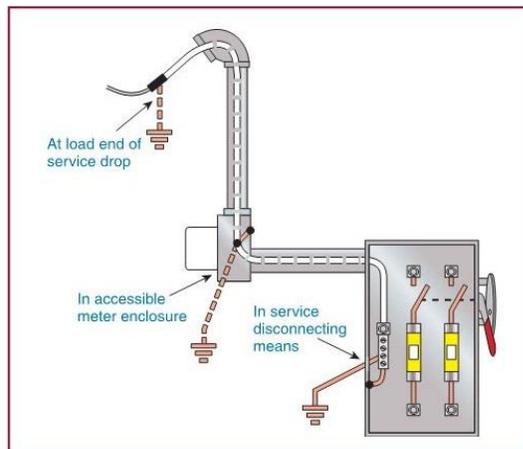


Imagen 99. Conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra.

Obtenido de: <http://forums.mikeholt.com/showthread.php?t=173236> el 24/02/2017

3. Puente de Unión Principal: Este es el único que conectara al neutro con el sistema de puesta a tierra, con el objetivo de tener un punto de referencia en la instalación eléctrica, por lo que se realizara en donde se conecte el conductor del electrodo de

puesta a tierra, en nuestro caso en el medidor o en el medio de desconexión principal. CFE pide que esta conexión se haga en el medidor (ver "Imagen 100"), en esta opción el puente es la placa para conexión a tierra auxiliada del tornillo para presionar a los conductores.



Imagen 100. Puente de unión principal en el medidor

En el caso de que el conductor de puesta a tierra se conecte al interruptor principal (ver "Imagen 99" e "Imagen 102"), el puente es la barra de tierras por lo tanto las conexiones en el medidor será una de las mostradas en la "Imagen 101", si se hace de acuerdo a la opción de la izquierda, el conductor desnudo se usara para aterrizar la base del medidor y en su otro extremo se conectara al electrodo de puesta a tierra, mientras que en la opción de la derecha el neutro servirá para aterrizar la base del medidor (**¡cuidado!**, esto sólo está permitido en el equipo de acometida y en el interruptor principal en cualquier otro lado de la instalación sólo se permite aterrizar con el conductor de puesta a tierra).



Imagen 101. Conexiones posibles en el medidor cuando el puente principal está en el interruptor principal.

Izq.: carcasa aterrizada con un conductor de electrodo de puesta a tierra,

Der. : Carcasa aterrizada con el conductor puesto a tierra (neutro).

- Conexión de puesta a tierra y tierra aislada.
Mientras que el de puesta a tierra se conectará a todas las partes metálicas de la instalación y los dispositivos que así lo requieran (ver "Imagen 71", "Imagen 94" y *contactos tipo B*) el de tierra aislada solo se conectará a los dispositivos que lo necesitan como a los contactos de tierra aislada (ver "Imagen 51") y ambos partirán desde el interruptor principal (ver "Imagen 102").

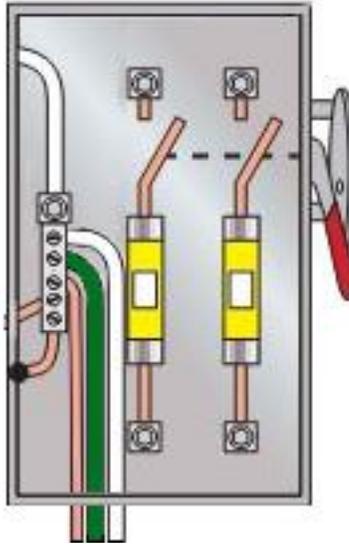


Imagen 102. Conexión del conductor de puesta a tierra y tierra aislada. En este caso el puente principal está en el interruptor principal por lo tanto las conexiones en el medidor deben de estar de acuerdo a las opciones de la "Imagen 101". Si el puente principal está de acuerdo a la "Imagen 100" el neutro no se conecta en el interruptor principal. Adaptada y obtenida de ídem "Imagen 99".

4. Puentes de Unión.

- Con el equipo de la acometida. Estos tienen la función de aterrizar las carcasas del medidor y del interruptor principal, esos puentes son el tornillo con la terminal de puesta a tierra (placa en el medidor y barra en el interruptor). Ver "Imagen 99", "Imagen 100", "Imagen 101" e "Imagen 102".
- Con las cajas de conexión: Estas se realizarán siempre que sean metálicas (ver "Imagen 71")
- Con las canalizaciones metálicas. El puente mediante un conductor se recomienda cuando se desea tener la menor interferencia en los conductores, como en empresas de telecomunicaciones. Cuando no se desee esto o no sea necesario, como en el caso de una vivienda, es suficiente que las canalizaciones metálicas estén firmemente apretadas mediante su contratuerca y monitor, en el caso de conduits metálico de pared gruesa y media, o mediante el conector recto para las de pared delgada.



Imagen 103. Puente con el conduit metálico.
Obtenido de: izq. <https://www.thebuildingcodeforum.com/>

- Partes metálicas del edificio. Este se debe de realizar con cualquier parte metálica que pueda energizarse, esto es común en lugares donde se tiene equipo con carcasa metálica, así como en lugares donde la estructura metálica del edificio está expuesta. En la vivienda no suelen existir estas condiciones y no es muy común usarlo, sin embargo, actualmente existen regaderas eléctricas, por lo que sí la tubería de agua que la alimenta es metálica se debe de realizar esta conexión, así como con cualquier parte metálica que este en el baño (recuerde que en el baño también debe de existir protección diferencial (ver "Imagen 53" y "2.5.2 Protecciones contra falla a tierra") y en caso de no realizar estas conexiones es mejor no colocar la regadera eléctrica.
- Con otro sistema de puesta a tierra. En edificios donde existen transformadores y/o equipos de telecomunicación y/o albercas y/o pararrayos o cualquier otro elemento o dispositivo que requiera "su propio sistema de puesta a tierra". Estos sistemas se deberán conectar entre sí y de acuerdo a la NOM solo puede existir un puente de unión principal, en el equipo de acometida o en el transformador (si se cuenta con uno).

En la vivienda solo se tendría un sistema, sí el electrodo de puesta a tierra, está dentro del límite del terreno y se tienen las conexiones como las mostradas en la " Imagen 102" e "Imagen 101(derecha)", sí CFE requiere la necesidad de colocar una varilla Copperweld al exterior del domicilio y las conexiones son de acuerdo a la " Imagen 102" e "Imagen 101(izquierda)" entonces podemos considerar que tenemos un sistema de puesta a tierra para el medidor y otra para la instalación eléctrica. Por lo tanto, la varilla de afuera como la de adentro deben de unirse mediante el puente aquí tratado y el calibre del conductor del puente será igual al calibre de los conductores de los electrodos de puesta a tierra 8.37 [mm²] (8 [AWG]). ¡No conecte el puente a los conductores de los electrodos, conéctelo siempre a los electrodos!

5. Electrodo con el terreno: Esta conexión se ve sencilla, en muchos casos se puede tomar a la ligera. Sin embargo, para que esta conexión tenga una buena conducción, la tierra debe de estar compactada y libre de piedras en las partes cercanas del electrodo mientras que en los lugares en donde la resistividad del terreno es alta (lugares con roca) se puede requerir de intensificadores de terreno.

De acuerdo a la NOM la varilla Copperweld debe de estar en contacto con el terreno como mínimo 2.44 [m]. Dicha varilla con una longitud de 3[m] se puede enterrar fácilmente en terrenos blandos, por lo que se cumplirá con la NOM mientras que en terrenos donde no se pueda enterrar la varilla de 3[m], por contar con fondo rocoso, la varilla debe de hacer contacto con el terreno por lo menos 2.44 [m], sí se coloca verticalmente o a 45°. Sí estas dos maneras no son posibles la varilla se puede enterrar

horizontalmente, en cuyo caso de acuerdo a la NOM la varilla se colocará en una zanja de por lo menos 75 [cm] de profundidad y sí es posible enterramos la varilla de 3 [m], de lo contrario enterramos por lo menos 2.44 [m] de la varilla.

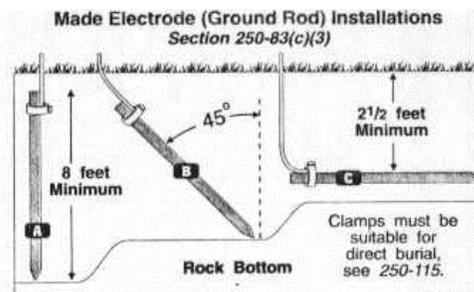


Fig. 12-26 Made Electrode (Ground Rod) Installations [Section 250-83(c)(3)].

Imagen 104. Instalación de una varilla Copperweld en terreno con fondo rocoso.
Obtenido de: <http://www.ruelsa.com/1notas/tierras/pe80.html> el 24/05/2017

Conductor de tierra o puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra, también conocido como “tierra de seguridad”, inicia desde el interruptor principal y se conecta en cada parte metálica de los dispositivos (caja de interruptores, cajas de conexión metálicas y contactos), así como en cualquier otra parte metálica que pueda tener contacto con el conductor de fase.

Este es recomendable que sea cable de cobre desnudo, aunque también puede tener aislamiento de color verde o verde con franja amarilla. A cada circuito se le debe de calcular el calibre que corresponda a este conductor. En conduits donde pasen 2 o más circuitos, sólo se colocará un conductor de puesta a tierra en dicho conduit y este será el que tenga el mayor calibre de acuerdo a los circuitos.

Electrodo de puesta a Tierra

Todos los elementos del sistema de puesta a tierra son importantes y mantener en buena condición las conexiones del sistema permite una operación rápida. Para saber si una conexión está en buen estado, se debe de observar visualmente que no tenga corrosión y que no esté floja. Esto es posible realizarlo para aquellas conexiones a las que se pueda acceder, como amarres entre conductores o la conexión de un conductor con alguna terminal.

El electrodo de puesta a tierra, tiene una conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante un conector diseñado para este propósito. Sí esta conexión no se entierra se podrá ver su estado y si además se protege mediante un registro, también se protege contra la corrosión.

La otra conexión se realiza entre el electrodo y el terreno y/o los intensificadores de tierra, esta conexión no es posible revisarla visualmente. A simple vista se puede determinar si está húmedo el terreno, mientras que para ver el estado del electrodo se debe de desenterrar.

Para revisar esta conexión se usa un instrumento de medición llamado Telurómetro conocido como “Terrometro”, que mide el valor de resistencia a tierra del electrodo o de los electrodos de puesta a tierra. De acuerdo a la NOM el valor de la resistencia de puesta a tierra no debe ser mayor a 25 Ohm.

De los tipos de electrodos permitidos una buena opción es la varilla Copperweld, además de ser económica se puede encontrar con más facilidad porque CFE la pide para nuevos contratos.

Instalación de la varilla Copperweld

Para mejorar la conexión entre la varilla y el terreno, así como tener una menor resistencia a tierra en terrenos blandos que tengan rocas pequeñas o sea arenoso y sea posible excavar por lo menos a tres metros de profundidad se recomienda la siguiente instalación:

Materiales

- 1 varilla Copperweld de 16 [mm] (5/8 de pulgada) de diámetro o mayor y de 3 metros de longitud
- 1 conector mecánico para la varilla y el conductor de puesta a tierra
- 3 bultos de 50 kg de bentonita sódica
- 1 pala
- 1 bote
- 1 escalera de 3 metros
- 1 pisón de metal de 40 [kg]
- 1 tamiz o cernidor colador de tierra (rejilla de 12 [mm])
- 1 registro prefabricado para puesta a tierra
- 1 flexómetro
- 1 caja de conexiones cuadrada de PVC con tapa, para conduit de 13 mm [1/2]
- 1 codo de PVC de 13 mm [1/2]
- 1 conector para PVC de 13 mm [1/2]
- 2 conectores de 13 mm [1/2] para conduit metálico de pared delgada
- Conduit de PVC de 13 mm [1/2] (el necesario)
- Conduit metálico de pared delgada de 13 mm [1/2] (el necesario)
- 1 tramo de cable de cobre desnudo calibre 8.37 [mm²] (8 [AWG]), el necesario para conectar un extremo al interruptor principal y el otro a la varilla.

Instrucciones

- 1.-Seleccionaremos dentro del terreno una superficie cuadrada de un metro de lado o bien circular de un metro de diámetro (esta puede ser mayor o menor el objetivo es que se pueda excavar). Cuidar que esta superficie no quede pegada a los muros, darle una separación mínima de 60 centímetros, con el fin de evitar que el muro se deslice.

2.- Con el flexómetro medimos la altura del registro y cavamos a dicha profundidad, la tierra obtenida se separa.

3.- Cavamos otros 3 metros de profundidad y la tierra obtenida se pasa por el colador de tierra para retirarle las piedras y hojas.

4.-La tierra que obtuvimos del colador (tierra cernida) la revolvemos con los 3 bultos de bentonita sódica.

5.-La tierra con bentonita se va agregando a la excavación en capas de 10 [cm] y se apisona para que quede compacta. Si se necesita se puede agregar un poco de agua, para ayudar a la compactación. El agua se debe de agregar para humedecer la tierra, pero no en exceso para evitar formar lodo.

6.-Una vez que terminemos de agregar la tierra con bentonita, agregamos agua hasta inundar el pozo.

7.- Una vez que el agua sea absorbida por el pozo, justo en el centro clavamos la varilla con el mazo, dejando 5 centímetros afuera.

8.- Se hace una zanja para colocar el conduit de PVC con una profundidad igual a la altura del registro, este debe de ir desde la excavación hasta el muro donde se ubica la acometida o interruptor principal. En este muro ubicaremos una caja de conexión de PVC, a 10 [cm] sobre el nivel del suelo, donde se conectará el tubo de PVC. El tubo de PVC y la caja deberán de ir empotrados en el muro.

9.-Se coloca el registro prefabricado en el centro del pozo, así como la tubería de PVC desde el registro hasta la caja de conexión de PVC. La pared se restaura con mezcla de cemento mientras que la zanja y el hoyo se rellenan con la tierra restante, la que se separó en el punto 2.

10.-Se coloca la tubería de pared delgada desde la caja de conexión de PVC hasta la caja de fusibles. En caso de que se necesiten curvas estas se deberán de realizar con un doblador o bien usar codos y de no ser posible se puede usar tubería metálica flexible hermética a los líquidos

11.-Una vez lista la canalización se conecta el conductor del electrodo de puesta a tierra, con el electrodo y con la caja de fusibles.

En las imágenes siguientes se muestran algunos pasos (imágenes extraídas de <https://www.youtube.com/watch?v=wtz0nYtQxbo> el 3/12/2015).



Imagen 105. Excavación del pozo y tamizado de la tierra.



Imagen 106. Excavación de la zanja.



Imagen 107. Colocación de registro prefabricado.



Imagen 108. Conexión del electrodo y su respectivo conductor.

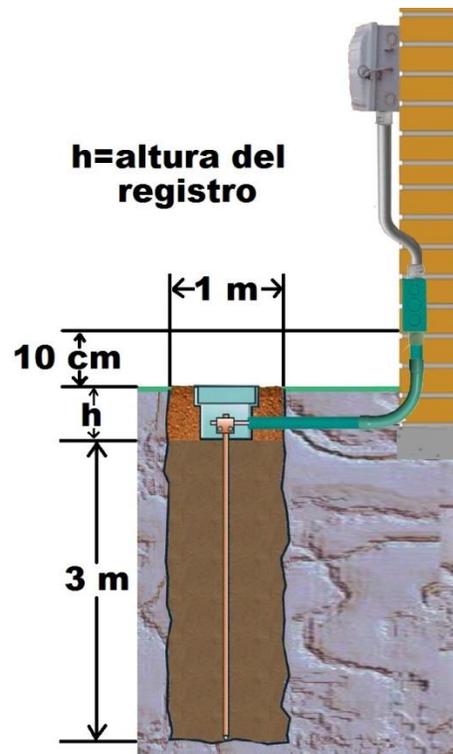


Imagen 109. Pozo a tierra.
(La imagen no está a escala, es solo para fines ilustrativos)

Sí el terreno es rocoso, como en los pedregales de la Ciudad de México se puede hacer lo siguiente:

- a) Realice una zanja de por lo menos 2.44 [m] de longitud y 75 [cm] de profundidad, (el ancho de la zanja de 25 [cm] o menor si no es posible), "ver Imagen 104".
- b) Coloque un bulto y medio de bentonita de manera uniforme en la zanja y conecte el electrodo a su respectivo conector, mediante un conector diseñado para estar directamente enterrado, se distingue porque tiene grabado "DB" o "Direct Burial".
- c) Coloque el electrodo en la zanja y cúbralo con el resto de la bentonita.
- d) Rellene la zanja con la tierra que sacó al inicio, colocando capas de 10 [cm] y compáctelas, cuidando no golpear el conductor.
- e) El registro se colocará encima de donde se hizo la conexión con el electrodo, por lo que al llegar a la profundidad suficiente (h), se inundará la zanja.
- f) Se pone la canalización y el registro en su lugar, pasos 8, 9 y 10.
- g) Se conecta el conductor a la caja de fusibles.

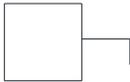
Para saber si la resistencia a tierra es menor a 25 ohm, debe de medirse con un telurómetro.

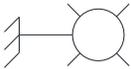
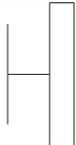
2.10 Simbología

Algunos elementos de la instalación eléctrica necesitan representarse en planos, tablas o diagramas. En la "Tabla 15" se presentan algunos símbolos.

Tabla 15 Simbología

| | |
|---|---|
|  | Acometida |
|  | Conductor ó canalización por muro y techo |
|  | Canalización por piso |
|  | Medidor |

| | |
|---|---|
|  | <p>Interruptor principal (caja de fusibles)</p> |
|  | <p>Electrodo de puesta a tierra</p> |
|  | <p>Fusible</p> |
|  | <p>Centro de carga</p> |
|  | <p>Interruptor termomagnético</p> |
|  | <p>Receptáculo sencillo</p> |
|  | <p>Receptáculo doble(dúplex)</p> |
|  | <p>Receptáculo (dúplex) con protección de falla a tierra</p> |
|  | <p>Receptáculo doble(dúplex) con tierra aislada</p> |
|  | <p>Receptáculo doble(dúplex) de tensión restringida “protección contra niños”</p> |
|  | <p>Lámpara incandescente</p> |

| | |
|---|--|
|  | <p>Lámpara fluorescente</p> |
|  | <p>Arbotante incandescente</p> |
|  | <p>Arbotante incandescente de intemperie</p> |
|  | <p>Arbotante Fluorescente</p> |
|  | <p>Apagador sencillo TR</p> |
|  | <p>Apagador de tres vías o de escalera</p> |
|  | <p>Apagador de 4 vías</p> |
|  | <p>Motor</p> |
|  | <p>Caja de conexión</p> |

CAPITULO 3

METODOLOGÍA PARA CREAR UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A continuación, se presenta la metodología para realizar instalaciones eléctricas residenciales, apegadas en términos generales en la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012.

3.1 Plano de obra civil

Existen diferentes tipos de planos en la construcción de edificaciones, como son: planos de cimentación, planos estructurales, planos de distribución, planos de ocupación, plano arquitectónico, planos hidráulicos, etc. Para ejecutar una instalación eléctrica basta el plano de distribución. Como podemos observar en la "Imagen 110", el plano de distribución nos permite identificar las áreas que el arquitecto y el dueño de la casa han definido para los diferentes usos. A partir de este momento podemos comenzar con el diseño de la instalación eléctrica.



Imagen 110. Ejemplo de plano de Distribución.

3.2 Determinación de las cargas

El primer paso para el diseño de una instalación eléctrica es la determinación de las cargas eléctricas que se requiere alimentar. Para realizar esto es necesario conocer los requerimientos del cliente y los requisitos mínimos que indica la NOM-001-SEDE-2012.

En el plano de distribución el cual se conoce como "de Planta", comenzaremos a ubicar contactos y alumbrado. Para ubicar la posición horizontal y vertical de los componentes eléctricos, es recomendable conocer físicamente la construcción o los planos de corte y elevación del inmueble.

3.3 Cálculo de corrientes por carga o salida

Para determinar la corriente que consume cada salida o carga, se necesita conocer su potencia aparente en [VA] (Volt-Amperes). Y la corriente se obtiene empleando las siguientes fórmulas:

$$S = VI \text{ Para sistemas monofásicos.}$$

$$S = \sqrt{3}VI \text{ Para sistemas trifásicos}$$

Dónde:

S= Potencia eléctrica aparente en VA [volts-amperes]

V= Voltaje en volts. Para sistemas monofásicos es igual a voltaje de fase a neutro y para trifásicos es igual a voltaje de fase a fase.

I= Intensidad de corriente en Amperes [A]

3.4 Clasificación de las cargas

Dentro de las instalaciones eléctricas en baja tensión uso doméstico existen 4 tipos principales de carga las cuales son:

- A) Alumbrado General
- B) Pequeños Aparatos
- C) Otras Cargas
- D) Lavadora

Dentro de la categoría de **Alumbrado General** se incluye a todos los luminarios, contactos de recamaras, baños y cocheras.

En la categoría de **Pequeños Aparatos** se incluye contactos de sala, comedor, cocina, estancia, y áreas similares, así como contactos para refrigeradores.

Por otra parte, en la categoría de **Otras Cargas** se incluyen lo que son equipos de alto consumo, motores, estufa eléctrica, hornos de microondas y secadores de ropa.

Y finalmente la categoría **Lavadora** se incluyen todos los contactos para lavadoras.

3.5 Propuesta de las trayectorias de las tuberías

Para este apartado se hace un trazado sobre el tipo de tubería que llevara nuestra instalación eléctrica (sobre loza, muro o piso), también procurando no llevar más de tres circuitos derivados por una trayectoria esto con la intención de disminuir el área de la sección transversal de las tuberías, así como para evitar sobrecalentamiento por ocupación del área de la tubería.

3.6 Distribución de los circuitos derivados

Para la distribución de los circuitos derivados, primero se hace una propuesta de la localización del centro de cargas procurando ubicarlo en una zona central de todo el terreno con la idea de reducir las distancias (longitudes en metros de los circuitos derivados); por otra parte se agrupan las cargas de acuerdo al tipo de carga y su localización, tratando de obtener circuitos derivados de no

más de 20 [A] con un óptimo de 15 [A], esto es recomendable porque los contactos para vivienda se fabrican de esos valores de corriente como máximo.

3.7 Selección del conductor de los circuitos derivados

Dentro de la "NOM-001-SEDE-2012. Utilización" existen diferentes tablas con características de los conductores dentro de las cuales está la de "*Capacidad Máxima de Conducción*" a diferentes temperaturas, [mm²] área de la sección transversal, entre otras. En la "sección 2.1" se concluyó que se usarán cables de cobre con aislamiento THW-LS/THHW-LS (*ver Imagen 26*), por lo que sólo falta determinar el calibre el cual dependerá de la carga del circuito y de la longitud del mismo.

3.7.1 Capacidad máxima de conducción

Una vez que se obtiene la corriente que va a circular por un circuito o alimentador se busca un conductor que tenga una ampacidad igual o mayor a dicha corriente.

De acuerdo a la NOM, "**Ampacidad:** corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente, bajo las condiciones de uso, sin exceder su rango de temperatura."

En la "Tabla 16" se muestran para los diversos calibres de conductores de cobre aislados, sus ampacidades correspondientes a las temperaturas de 60[°C], 75[°C] y 90 [°C].

Los valores que utilizaremos son los de la columna de 60[°C], aunque los conductores de cobre tipo **THHW-LS/THW-LS** como se ve en la "Tabla 16" pueden soportar que el conductor tenga una temperatura máxima de 75[°C] (**THW-LS**) y de 90[°C] (**THHW-LS**).

La razón por la que no se eligen los valores de estas temperaturas es porque por norma en las terminales de equipos para circuitos de 100 amperes o menos o marcadas para conductores con tamaño 2.08[mm²] a 42.4[mm²] (14[AWG] a 1[AWG]), deben utilizarse conductores con temperatura de operación del aislamiento de 60[°C](este no es nuestro caso) o bien conductores con temperatura de operación del aislamiento mayor, siempre y cuando la ampacidad de estos conductores se determine tomando como base la ampacidad a 60[°C](este si es nuestro caso). Esto significa que sí la temperatura en el conductor supera los 60[°C], no se garantiza que el conductor este apretado firmemente en las terminales.

Corrección de ampacidad por agrupamiento

En el caso de que en un conduit existan más de 3 conductores portadores de corriente se deberá de corregir la ampacidad, tomada de la "Tabla 16", de cada conductor ubicado en el conduit de acuerdo a la "Tabla 17".

Tabla 16 Ampacidades permisibles en conductores de cobre aislados

| Tamaño o designación | | Temperatura nominal del conductor | | |
|----------------------------|-------------|-----------------------------------|---|---|
| | | 60 °C | 75 °C | 90 °C |
| mm ² | AWG o kcmil | TIPOS | TIPOS | TIPOS |
| | | TW, UF | RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW | TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2 |
| 0.824 | 18" | — | — | 14 |
| 1.31 | 16" | — | — | 18 |
| 2.08 | 14" | 15 | 20 | 25 |
| 3.31 | 12" | 20 | 25 | 30 |
| 5.26 | 10" | 30 | 35 | 40 |
| 8.37 | 8 | 40 | 50 | 55 |
| 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 |
| 53.49 | 1/0 | 125 | 150 | 170 |
| 67.43 | 2/0 | 145 | 175 | 195 |
| 85.01 | 3/0 | 165 | 200 | 225 |
| 107.2 | 4/0 | 195 | 230 | 260 |
| 127 | 250 | 215 | 255 | 290 |
| 152 | 300 | 240 | 285 | 320 |
| 177 | 350 | 260 | 310 | 350 |
| 203 | 400 | 280 | 335 | 380 |
| 253 | 500 | 320 | 380 | 430 |
| 304 | 600 | 350 | 420 | 475 |
| 355 | 700 | 385 | 460 | 520 |
| 380 | 750 | 400 | 475 | 535 |
| 405 | 800 | 410 | 490 | 555 |
| 456 | 900 | 435 | 520 | 585 |
| 507 | 1000 | 455 | 545 | 615 |
| 633 | 1250 | 495 | 590 | 665 |
| 760 | 1500 | 525 | 625 | 705 |
| 887 | 1750 | 545 | 650 | 735 |
| 1013 | 2000 | 555 | 665 | 750 |

Parte extraída de la 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 conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Tabla 17 Factores de ajuste por agrupamiento

| Número total de conductores portadores de corriente en el conduit | Porcentaje de los valores en la "Tabla 16", ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario. |
|---|---|
| 4-6 | 80 |
| 7-9 | 70 |
| 10-20 | 50 |
| 21-30 | 45 |
| 31-40 | 40 |
| 41 y más | 35 |

Tabla 310-15(b)(3)(a). - Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable. (Extraída de la NOM)

En el caso de aplicar la corrección por agrupamiento, se debe de cumplir que la ampacidad corregida sea igual o mayor a la corriente del circuito o alimentador. Si esta ampacidad es menor entonces se selecciona el calibre inmediato superior y se vuelve a comprobar tantas veces como sea necesario hasta que se cumpla la condición.

Corrección de ampacidad por temperatura

En la Ciudad de México se considera la temperatura ambiente de 30 °C por lo que no es necesario hacer la corrección por temperatura. En la "Tabla 18" se muestran los factores de corrección por temperatura.

Por lo tanto, la capacidad máxima del cable (ampacidad), se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Ampacidad corregida} = \text{Ampacidad(FA)(FT)}$$

Dónde:

FA: Factor de agrupamiento, de acuerdo a la "Tabla 17"

FT: Factor de temperatura, de acuerdo a la "Tabla 18"

Se selecciona el calibre del conductor cuya ampacidad corregida sea igual o mayor (la más cercana) a la corriente del circuito.

$$\text{Ampacidad corregida} \geq \text{Capacidad mínima del circuito}$$

Por lo tanto, despejando la ampacidad, queda de la siguiente manera:

$$\text{Ampacidad(FA)(FT)} \geq \text{Capacidad mínima del circuito}$$

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{\text{Capacidad mínima del circuito}}{(\text{FA})(\text{FT})}$$

1. Para circuitos de alumbrado general por ser cargas continuas:

$$\text{Capacidad mínima del circuito} = 1.25 I_{Total}$$

Dónde:

I_{Total} : es la suma de las cargas del circuito.

Tabla 18 Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C

| Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación: | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|
| Temperatura ambiente (°C) | Rango de temperatura del conductor | | |
| | 60 °C | 75 °C | 90 °C |
| 10 o menos | 1.29 | 1.20 | 1.15 |
| 11-15 | 1.22 | 1.15 | 1.12 |
| 16-20 | 1.15 | 1.11 | 1.08 |
| 21-25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26-30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 31-35 | 0.91 | 0.94 | 0.96 |
| 36-40 | 0.82 | 0.88 | 0.91 |
| 41-45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46-50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51-55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56-60 | - | 0.58 | 0.71 |
| 61-65 | - | 0.47 | 0.65 |
| 66-70 | - | 0.33 | 0.58 |
| 91-75 | - | - | 0.50 |
| 76-80 | - | - | 0.41 |
| 81-85 | - | - | 0.29 |

Tabla 310-15(b)(2)(a) de la NOM-001.

2. Para circuitos de otras cargas:

$$\text{Capacidad mínima del circuito} = I_{OC}$$

$$I_{OC} = 1.25 \sum I_{continuas} + \sum I_{no\ continuas} + 1.25 I_{Motor\ mayor} + \sum I_{Motores}$$

Dónde:

$\sum I_{continuas}$: es la suma de todas las cargas continuas

$\sum I_{no\ continuas}$: es la suma de todas las cargas no continuas

$I_{Motor\ mayor}$: Es la corriente a plena carga del motor de mayor capacidad

$\sum I_{Motores}$: Es la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores

Las cargas continuas son aquellas que están en operación por más de 3 horas.

3. Para circuitos de pequeños aparatos y lavadora

Capacidad mínima del circuito = 20[A]

Y se debe cumplir que:

$$I_{Total} \leq 20[A]$$

Dónde:

I_{Total} es la suma de las cargas del circuito.

La NOM pide como mínimo dos circuitos de aparatos pequeños de 20[A] y por lo menos 1 circuito independiente para lavadora, de 20[A].

En unidades de vivienda la NOM pide una carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de 33[VA/m²] (ver Tabla 19). La carga unitaria se obtiene dividiendo la suma de todas las potencias aparentes de alumbrado que se encuentren en el hogar entre el área de la construcción.

Tabla 19 Cargas de alumbrado general por tipo de inmueble

| Tipo del inmueble | Carga unitaria (VA/m ²) |
|--|-------------------------------------|
| Bancos | 39 ^b |
| Casas de huéspedes | 17 |
| Clubes | 22 |
| Cuarteles y auditorios | 11 |
| Depósitos (almacenamiento) | 3 |
| Edificios de oficinas | 39 ^b |
| Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento) | 22 |
| Hospitales | 22 |
| Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta | 22 |
| Iglesias | 11 |
| Juzgados | 22 |
| Lugares de almacenamiento | 3 |
| Peluquerías y salones de belleza | 33 |
| Restaurantes | 22 |
| Tiendas | 33 |
| Unidades de vivienda | 33 |
| En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares: | |
| En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares: | |
| Vestíbulos, pasillos, closets, escaleras | 6 |
| Lugares de reunión y auditorios | 11 |
| Bodegas | 3 |

Tabla 220-12 de la NOM

La NOM considera que los contactos de uso general deben tener una potencia aparente de por lo menos 180[VA] y el área se debe de calcular a partir de las dimensiones exteriores, en nuestro caso al ser vivienda no se debe de considerar patios abiertos, las cocheras ni los espacios no utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro.

3.7.2 Caída de voltaje

Una vez que se ha elegido el calibre del conductor, se calcula que caída de voltaje se va a tener, lo que depende de la longitud del circuito. En circuitos derivados la caída de tensión no debe de ser mayor al 3% y la caída de tensión máxima combinada de circuitos alimentadores y derivados no debe de ser mayor al 5%, esto proporcionará una razonable eficiencia de funcionamiento. Este porcentaje se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{V_0} * 100$$

Dónde:

ΔV = Caída de tensión en el conductor, en porcentaje

I=Corriente eléctrica del circuito (Capacidad mínima del circuito), en amperes [A]

L=Longitud del circuito (desde el centro de carga hasta su contacto o carga más lejano), en [km]

V_0 =Voltaje fase a neutro, en volts [V]

Z=Impedancia eléctrica del cable, en ohm/km, se obtiene de la "Tabla 20"

En la "Tabla 20" se muestran las impedancias de los conductores de acuerdo al calibre del conductor, estas se obtuvieron a partir de los valores de las reactancias y resistencias, extraídas de la tabla 9 de la NOM-001, los cuales de acuerdo a la nota 1 de dicha tabla se consideran representativos para los tipos de alambres para 600 volts o menos que operen a 60 [Hz]. Para conduit de plástico podemos usar los valores correspondientes al conduit de PVC.

La NOM permite una caída máxima de voltaje del 5%, considerando el circuito derivado con mayor caída y el alimentador. Y la máxima caída que pueden tener (circuito derivado con mayor caída y el alimentador) es del 3%. Se recomienda una caída menor al 3% para circuitos derivados y menor al 2% para el alimentador. Si la caída de voltaje es mayor se selecciona el calibre inmediato superior y se vuelve a comprobar tantas veces como sea necesario hasta que se cumpla la condición.

3.8 Selección de las protecciones de los circuitos derivados

Interrupción Termomagnético

Para proteger los cables de los circuitos derivados, así como sus cargas, se usa el interruptor termomagnético. Su capacidad será igual al valor inmediatamente superior a la corriente del circuito y para calibres de hasta 5.26 [mm²] (10[AWG]) no será mayor a la ampacidad del cable.

Como vimos en la sección 3.6 recomendamos circuitos que tuviesen como máximo una carga de 15 y 20 amperes, por lo tanto, el valor del interruptor será de alguno de estos valores.

Los valores comerciales de interruptores termomagnéticos son: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 amperes.

Tabla 20 Tabla de impedancia eléctrica para conductores de cobre

| Área mm ² | Tamaño (AWG o kcmil) | Ohm al neutro por kilómetro | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--|------------------|--|---------------------|------------------|---|---------------------|------------------|
| | | X _L (Reactancia) para todos los conductores | | Resistencia (R) en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento | | | Impedancia obtenida mediante: $Z = \sqrt{(X_L)^2 + (R)^2}$ | | |
| | | Conduit de PVC o Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero |
| 2.08 | 14 | 0.19 | 0.24 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.202 | 10.202 | 10.203 |
| 3.31 | 12 | 0.177 | 0.223 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | 6.602 | 6.602 | 6.604 |
| 5.26 | 10 | 0.164 | 0.207 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.903 | 3.903 | 3.905 |
| 8.36 | 8 | 0.171 | 0.213 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.566 | 2.566 | 2.569 |
| 13.3 | 6 | 0.167 | 0.21 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 1.619 | 1.619 | 1.624 |
| 21.15 | 4 | 0.157 | 0.197 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.032 | 1.032 | 1.039 |
| 26.67 | 3 | 0.154 | 0.194 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.834 | 0.834 | 0.843 |
| 33.62 | 2 | 0.148 | 0.187 | 0.62 | 0.66 | 0.66 | 0.637 | 0.676 | 0.686 |
| 42.41 | 1 | 0.151 | 0.187 | 0.49 | 0.52 | 0.52 | 0.513 | 0.541 | 0.553 |
| 53.49 | 1/0 | 0.144 | 0.18 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.416 | 0.453 | 0.43 |
| 67.43 | 2/0 | 0.141 | 0.177 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.359 | 0.359 | 0.374 |
| 85.01 | 3/0 | 0.138 | 0.171 | 0.253 | 0.269 | 0.259 | 0.288 | 0.302 | 0.31 |
| 107.2 | 4/0 | 0.135 | 0.167 | 0.203 | 0.22 | 0.207 | 0.244 | 0.258 | 0.266 |
| 127 | 250 | 0.135 | 0.171 | 0.171 | 0.187 | 0.177 | 0.218 | 0.231 | 0.246 |
| 152 | 300 | 0.135 | 0.167 | 0.144 | 0.161 | 0.148 | 0.197 | 0.21 | 0.223 |
| 177 | 350 | 0.131 | 0.164 | 0.125 | 0.141 | 0.128 | 0.181 | 0.192 | 0.208 |
| 203 | 400 | 0.131 | 0.161 | 0.108 | 0.125 | 0.115 | 0.17 | 0.181 | 0.198 |
| 253 | 500 | 0.128 | 0.157 | 0.089 | 0.105 | 0.095 | 0.156 | 0.166 | 0.184 |
| 304 | 600 | 0.128 | 0.157 | 0.075 | 0.092 | 0.082 | 0.148 | 0.158 | 0.177 |
| 380 | 750 | 0.125 | 0.157 | 0.062 | 0.079 | 0.069 | 0.14 | 0.148 | 0.171 |
| 507 | 1000 | 0.121 | 0.151 | 0.049 | 0.062 | 0.059 | 0.131 | 0.136 | 0.162 |

En donde se necesite protección contra falla a tierra el interruptor termomagnético también deberá tener la protección para este tipo de falla. Estos se conocen como “interruptores con protección GFI”. Los valores comerciales de interruptores termomagnéticos-GFI de un polo para uso doméstico son: 15, 20 y 30 amperes.

En el caso de que se instale un contacto con protección contra falla a tierra, este debe de ser instalado en la primera caja de salida del circuito derivado y será complementado con el interruptor termomagnético, los valores disponibles son de 15 y 20 amperes. De acuerdo al fabricante se debe de revisar cuantos contactos adicionales se pueden proteger.

Protecciones para la bomba de agua

En caso de tener una bomba de agua, es preferible que cuente con un circuito independiente, el valor del interruptor termomagnético contra cortocircuito se selecciona de la columna "Interruptor automático de tiempo inverso" de la "Tabla 21" y como el motor de la bomba en los hogares es monofásico, se elige de dicha fila.

Tabla 21 Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores

| Tipo de motor | En porcentaje de la corriente a plena carga | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Fusible sin retardo de tiempo ¹ | Fusible de dos elementos ¹ (con retardo de tiempo) | Interruptor automático de disparo instantáneo | Interruptor automático de tiempo inverso ² |
| Motores monofásicos | 300 | 175 | 800 | 250 |
| Motores polifásicos de corriente alterna distintos a los de rotor devanado | 300 | 175 | 800 | 250 |
| De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes | 300 | 175 | 800 | 250 |
| De diseño B energéticamente eficientes | 300 | 175 | 1100 | 250 |
| Sincrónicos ³ | 300 | 175 | 800 | 250 |
| Con rotor devanado | 150 | 150 | 800 | 150 |
| De corriente continua (tensión constante) | 150 | 150 | 250 | 150 |

² Los valores de la última columna también cubren los valores nominales de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como se describe en 430-52(c)(1), Excepción 1 y 2.

También debe de tener una protección contra sobrecarga, esta se debe de ubicar lo más cerca de la bomba, el valor se calcula de acuerdo a la "Tabla 22".

Tabla 22 Magnitud de la protección contra sobrecarga de un motor

| Tipo de motor | Porcentaje para la selección de la protección del dispositivo contra sobrecarga |
|--|---|
| Motores con un factor de servicio marcado de 1.15 ó más | 125 por ciento |
| Motores con un aumento de temperatura marcado de 40 °C o menos | 125 por ciento |
| Todos los demás motores | 115 por ciento |

El valor máximo del interruptor termomagnético que se usara para protección contra cortocircuito, de acuerdo a la "Tabla 21" será del 250% el valor de la corriente nominal a plena carga y el valor de la protección de la bomba contra sobrecarga de acuerdo a la "Tabla 22" será del 115% de la corriente nominal a plena carga.

El valor de la corriente nominal a plena carga se obtiene de los datos de placa y en caso de no tenerlos obtenerla de la "Tabla 23".

Tabla 23 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna

| kW | hp | 115 volts | 127 volts | 208 volts | 230 volts |
|-----|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Amperes | | | |
| 0.1 | ¹ / ₁₆ | 4.4 | 4 | 2.4 | 2.2 |
| 0.2 | ¹ / ₈ | 5.8 | 5.3 | 3.2 | 2.9 |
| 0.3 | ¹ / ₆ | 7.2 | 6.5 | 4 | 3.6 |
| 0.4 | ¹ / ₅ | 9.8 | 8.9 | 5.4 | 4.9 |
| 0.6 | ³ / ₁₆ | 13.8 | 11.5 | 7.6 | 6.9 |
| 0.8 | 1 | 16 | 14 | 8.8 | 8 |
| 1.1 | ¹ / ₂ | 20 | 18 | 11 | 10 |
| 1.5 | 2 | 24 | 22 | 13.2 | 12 |
| 2.3 | 3 | 34 | 31 | 18.7 | 17 |
| 3.8 | 5 | 56 | 51 | 30.8 | 28 |
| 5.6 | ⁷ / ₂ | 80 | 72 | 44 | 40 |
| 7.5 | 10 | 100 | 91 | 55 | 50 |

Tabla 430-248 de la NOM

3.9 Selección del conductor de tierra física de los circuitos derivados

El tamaño de este conductor se selecciona de acuerdo a la "Tabla 24".

Tabla 24 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos

| Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes) | Tamaño | |
|---|-----------------|----------------|
| | mm ² | AWG o kcmil |
| 15 | 2.08 | 14 |
| 20 | 3.31 | 12 |
| 60 | 5.26 | 10 |
| 100 | 8.37 | 8 |
| 200 | 13.3 | 6 |
| 300 | 21.2 | 4 |
| 400 | 33.6 | 2 |
| 500 | 33.6 | 2 |
| 600 | 42.4 | 1 |
| 800 | 53.5 | 1/0 |
| 1000 | 67.4 | 2/0 |
| 1200 | 85 | 3/0 |
| 1600 | 107 | 4/0 |
| 2000 | 127 | 250 |
| 2500 | 177 | 350 |
| 3000 | 203 | 400 |
| 4000 | 253 | 500 |
| 5000 | 355 | 700 |
| 6000 | 405 | 800 |

3.10 Selección de la tubería de los circuitos derivados

En la "Tabla 25" se muestra que la tubería no se ocupara al 100%, esta ocupación dependerá del número de conductores que pasen a través de ésta.

Tabla 25 Porcentaje máximo de ocupación

| Número de conductores | Todos los tipos de conductores |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | 53% |
| 2 | 31% |
| Más de 2 | 40% |

Para obtener el diámetro de la tubería se obtiene el área transversal total que ocuparan los conductores, que es igual a la suma del área transversal de cada conductor que pase por dicha tubería. El área que le corresponde a cada conductor se obtendrán de la "Tabla 26" para conductores aislados y de la "Tabla 27" para conductores desnudos.

Una vez que se obtiene el área total que ocupan los conductores, se selecciona el diámetro correspondiente para el tipo de tubería, de acuerdo a la "Tabla 32", "Tabla 33", "Tabla 34", "Tabla 35" ó "Tabla 36". Estas ya tienen el área total disponible de acuerdo al número de conductores a usar, con el fin de ahorrar tiempo. En caso de no usar alguno de los tubos conduit, presentados en dichas tablas, se tiene que obtener el área interna o en su caso el diámetro interno del tubo conduit a usar, este dato lo suministra el fabricante.

Sí, el fabricante sólo suministra el diámetro interno, el área interna se obtiene con la siguiente fórmula:

$$ATIT = \frac{3.1416}{4} DIT^2$$

Donde:

ATIT: Área transversal interna del tubo conduit, en [mm²]

DIT: Diámetro interno del tubo conduit, en [mm].

Para saber si el tubo conduit cumple con el factor de ocupación, se usa la siguiente fórmula.

$$POC = \frac{ATC}{ATIT} * 100$$

Donde:

POC: Porcentaje de ocupación del tubo conduit

ATC. Suma de las áreas transversales de cada cable que va a alojar el tubo, en [mm²]

Tabla 26 Dimensiones aplicables a los conductores THW-LS/THHW-LS

| Tipo | Tamaño | | Diámetro aproximado | Área aproximada |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|
| | mm ² | AWG o kcmil | mm | mm ² |
| TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2 | 2.08 | 14 | 3.378 | 8.968 |
| TW, THHW, THW, THW-2 | 3.31 | 12 | 3.861 | 11.68 |
| | 5.26 | 10 | 4.47 | 15.68 |
| | 6.63 | 8 | 5.994 | 28.19 |
| TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2* | 8.37 | 6 | 7.722 | 46.84 |
| | 21.2 | 4 | 8.941 | 62.77 |
| | 26.7 | 3 | 9.652 | 73.16 |
| | 33.6 | 2 | 10.46 | 86 |
| | 42.4 | 1 | 12.5 | 122.6 |
| | 53.5 | 1/0 | 13.51 | 143.4 |
| | 67.4 | 2/0 | 14.68 | 169.3 |
| | 85 | 3/0 | 16 | 201.1 |
| | 107 | 4/0 | 17.48 | 239.9 |
| | 127 | 250 | 19.43 | 296.5 |
| | 152 | 300 | 20.83 | 340.7 |
| | 177 | 350 | 22.12 | 384.4 |
| | 203 | 400 | 23.32 | 427 |
| | 253 | 500 | 25.48 | 509.7 |
| | 304 | 600 | 28.27 | 627.7 |
| | 355 | 700 | 30.07 | 710.3 |
| | 380 | 750 | 30.94 | 751.7 |
| | 405 | 800 | 31.75 | 791.7 |
| | 456 | 900 | 33.38 | 874.9 |
| 507 | 1000 | 34.85 | 953.8 | |
| 633 | 1250 | 39.09 | 1200 | |
| 760 | 1500 | 42.21 | 1400 | |
| 887 | 1750 | 45.1 | 1598 | |
| 1013 | 2000 | 47.8 | 1795 | |

Parte extraída de la Tabla 5 de la NOM

Tabla 27 Dimensiones del cable de cobre desnudo

| Tamaño (AWG o kcmil) | Área | Conductores | | | |
|----------------------------|-----------------|----------------------|----------|----------|-----------------|
| | | Trenzado | | Total | |
| | mm ² | Cantidad de hilos | Diámetro | Diámetro | Área |
| | | | mm | mm | mm ² |
| 14 | 2.08 | 7 | 0.62 | 1.85 | 2.68 |
| 12 | 3.31 | 7 | 0.78 | 2.32 | 4.25 |
| 10 | 5.261 | 7 | 0.98 | 2.95 | 6.76 |
| 8 | 8.367 | 7 | 1.23 | 3.71 | 10.76 |
| 6 | 13.3 | 7 | 1.56 | 4.67 | 17.09 |
| 4 | 21.15 | 7 | 1.96 | 5.89 | 27.19 |
| 3 | 26.67 | 7 | 2.2 | 6.6 | 34.28 |
| 2 | 33.62 | 7 | 2.47 | 7.42 | 43.23 |

Parte extraída de la Tabla 8 de la NOM

3.11 Selección del conductor alimentador

La NOM-001 define: **“Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.” En nuestro caso el alimentador va de la caja de fusibles al centro de carga.

Primero obtendremos la potencia aparente del alumbrado,

$$S_{alumbrado} = 127 * 1.25 \sum I_{alumbrado}$$

Dónde:

$\sum I_{alumbrado}$: Es la suma de todas las cargas de alumbrado de la vivienda (sin corregir), sí la carga de alumbrado ya fue corregida no se multiplica por 1.25, en [VA]

De acuerdo a la NOM, la potencia aparente de cada circuito de pequeños aparatos y de lavadora debe tener una potencia aparente de por lo menos 1500 [VA]. Se permite que las potencias aparentes de estos circuitos se sumen a la del alumbrado y se obtenga su demanda máxima.

$$DM_{alumbrado} = \frac{FD * CTC}{100}$$

Donde:

$DM_{alumbrado}$: Demanda máxima de alumbrado, en [VA]

FD: Factor de demanda

CTC: Carga total conectada, en [VA]

El factor de demanda (FD) se obtiene de la "Tabla 28" (que corresponde a la Tabla 220-42 de la NOM) y el CTC es la carga total conectada de alumbrado. Como se permite que la carga aparente de "pequeños aparatos" y "lavadora", el CTC se obtiene de la siguiente manera:

$$CTC = S_{alumbrado} + S_{Pequeños aparatos} + S_{Lavadora}$$

Donde:

$S_{alumbrado}$: Potencia aparente del alumbrado, en [VA]

$S_{Pequeños aparatos}$: Potencia aparente de circuitos de pequeños aparatos (cada circuito tendrá una potencia aparente de por lo menos 1500 [VA])

$S_{Lavadora}$: Potencia aparente de Lavadora (potencia aparente de por lo menos 1500 [VA] (sí la calculada fuera menor) o bien la potencia aparente calculada (sí esta es mayor a 1500 [VA])).

Tabla 28 Factores de demanda de cargas de alumbrado

| Tipo de inmueble | Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes) | Factor de demanda (%) |
|--|--|-----------------------|
| Almacenes | Primeros 12 500 o menos | 100 |
| | A partir de 12 500 | 50 |
| Hospitales* | Primeros 50 000 o menos | 40 |
| | A partir de 50 000 | 20 |
| Hoteles y moteles, incluyendo los apartamentos sin cocina para los inquilinos* | Primeros 20 000 o menos | 50 |
| | De 20 001 a 100 000 | 40 |
| | A partir de 1 00000 | 30 |
| Unidades de vivienda | Primeros 3000 o menos | 100 |
| | De 3001 a 120 000 | 35 |
| | A partir de 120 000 | 25 |
| Todos los demás | Voltamperes totales | 100 |

* Los factores de demanda de esta Tabla no se deben aplicar a la carga calculada de los alimentadores que dan suministro a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como salas de operaciones, comedores y salas de baile.

Se observa que el factor de demanda se aplica de forma escalonada para obtener la demanda máxima de alumbrado que debe de soportar el alimentador.

La demanda máxima total que soporta el alimentador en unidades de vivienda es la suma de la demanda máxima de alumbrado más las potencias aparentes de los circuitos "otras cargas".

$$DM_{total} = DM_{alumbrado} + S_{otras cargas}$$

Dónde:

$S_{otras cargas}$: Potencia aparente de los circuitos de otras cargas, en [VA]

El suministrador (CFE) de acuerdo a la demanda máxima total, determina el número de fases a emplear.

Tabla 29 Número de fases de acuerdo a la demanda máxima.

| Demanda contratada | Fases |
|--------------------|-------|
| 0-5 [kW] | 1 |
| 5 [kW]-10 [kW] | 2 |
| Mayor a 10 [kW] | 3 |

Se puede solicitar dos o tres fases, si algún aparato así lo requiere.

La demanda máxima obtenida está en [VA], por lo que tenemos que pasarla a [kW].

$$P = \frac{DM_{total} * FP}{1000}$$

Dónde:

P: Potencia Real, en [kW]

DM: Demanda máxima total, en [VA]

FP: Factor de potencia

Si el factor de potencia no se conoce, puede tomarse F.P.=1.

De acuerdo al número de fases se balancea la carga, la corriente de alumbrado debe de estar corregida por el factor de demanda. Este factor se obtiene de la siguiente manera.

$$FD = \frac{DM_{alumbrado} * 100}{CTC}$$

El objetivo del balanceo de carga es que la corriente en cada fase sea muy parecida. Una vez obtenida la corriente que circulara por cada fase del alimentador, se selecciona la corriente mayor y la menor para poder saber el desbalanceo con la ayuda de la siguiente fórmula.

$$\%D = \frac{I_{mayor} - I_{menor}}{I_{mayor}} * 100$$

Es recomendable que %D ≤ 5%

Tomando la carga mayor se seleccionan los conductores del alimentador.

$$I_{mayor} \leq \text{Ampacidad(FA)(FT)}$$

Se comprueba que cumpla con la caída de voltaje

$$\Delta V = \frac{2ZLI_{mayor}}{V_0} * 100$$

Dónde:

ΔV = Caída de tensión en el conductor, en porcentaje.

I_{mayor} =Corriente mayor del alimentador, en [A].

L: Longitud del alimentador (desde la caja de fusibles hasta el centro de carga), en [km].

V_0 =Voltaje fase a neutro, en [V].

Z=Impedancia eléctrica del cable, en [ohm/km].

La caída de voltaje deberá ser menor al 2%.

3.12 Selección de fusibles del interruptor principal, el conductor de puesta a tierra y su tubería asociada

Los fusibles deben de tener un valor igual o al siguiente valor comercial, al de la corriente total, ó bien el de la corriente mayor en caso de tener 2 o 3 fases. El valor del fusible debe de ser superior al del interruptor termomagnético de mayor valor nominal ubicado en el centro de carga. Y el conductor de puesta a tierra se selecciona de acuerdo al valor nominal del fusible.

Los fusibles usados en el hogar son clase H y sus valores comerciales son:

Tipo cartucho: 30 [A] y 60 [A].

Tipo navaja: 100 [A].

El conductor de puesta a tierra se obtiene de acuerdo a la "Tabla 24".

Y se calcula la tubería (*Ver sección 3.10*).

3.13 Selección de las salidas, cajas de jalado, de empalme y de paso

Una vez que se ha seleccionado la tubería, conductores, contactos, portalámparas y cualquier dispositivo que se fije a las cajas, se calculará el tamaño de las mismas. La "Tabla 30" sirve de apoyo para obtener el volumen mínimo de la caja.

Tabla 30 Volumen que es requerido considerar para cada conductor

| Tamaño o designación | | Espacio libre dentro de la caja para cada conductor |
|----------------------|-----|---|
| mm ² | AWG | cm ³ |
| 0.824 | 18 | 24.6 |
| 1.31 | 16 | 28.7 |
| 2.08 | 14 | 32.8 |
| 3.31 | 12 | 36.9 |
| 5.26 | 10 | 41 |
| 8.37 | 8 | 49.2 |
| 13.3 | 6 | 81.9 |

Se observa, en la "Tabla 30", los calibres de los conductores y en la columna derecha se da el volumen que dichos conductores ocuparán, los conductores que no salen ni entran no se contarán dentro del volumen, tal es el caso de puentes para aterrizar las cajas metálicas.

Se cuentan:

- Los conductores de fase y neutro que pasan a través de la caja (aquellos que no se conectan en dicha caja) y aquellos que entran a la caja y se conectan a un dispositivo,
- En el caso de los conductores de puesta a tierra desnudos que lleguen a la caja sólo se contara como uno y sí son de diferente calibre, se considerará el de mayor calibre, lo mismo se aplica para los de tierra aislada.
- En el caso de que en la caja exista un contacto doble, o bien, una placa armada con la combinación de contacto(s) y/o apagador(es), se considerará que el volumen que ocupan es el equivalente a dos veces el volumen que ocupa el conductor de mayor calibre que se conecte a estos dispositivos.

En la "Tabla 31" se muestra el volumen mínimo que tienen las cajas metálicas de acuerdo a sus medidas exteriores, aquellas cajas que no tiene ninguna de las medidas mostradas en dicha tabla deben de tener el volumen marcado. En caso de elegir alguna caja plástica, que no tenga el volumen marcado, se puede aplicar la tabla anterior de acuerdo a sus dimensiones.

A pesar de que esto es lo que se calcula al último, es recomendable que se pregunte en la tlapalería más cercana o donde vaya a adquirir las cajas, las medidas exteriores para conocer su volumen, pero además para saber cuál es el diámetro de las tuberías que aceptan. Esto se recomienda para todo el material a emplear de esta manera se ahorrará tiempo al diseñar la instalación y sobre todo al salir a comprar los materiales que necesita.

Se puede observar que las chalupas, de 10 [cm] x 5.40 [cm] aceptan menos conductores que las cajas cuadradas por lo tanto, se recomienda que a través de las chalupas sólo pase un circuito, el correspondiente al apagador(s) y/o contacto(s) ubicados en dicha chalupa, mientras que las cajas cuadradas mediante el uso de sus tapas reductoras pueden servir para colocar apagadores y/o

contactos, así como servir de paso a conductores de otros circuitos. En general las cajas permiten el jalado de los cables.

Tabla 31 Cajas metálicas

| Tamaño comercial de la caja | | Volumen mínimo | Número máximo de conductores* | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|
| centímetros | | | cm ³ | mm ² (AWG) | | | | | |
| | | | 0.824 (18) | 1.31 (16) | 2.08 (14) | 3.31 (12) | 5.26 (10) | 8.37 (8) | 13.3 (6) |
| 10 x 3.2 | Redonda/octagonal | 205 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 2 |
| 10 x 3.8 | Redonda/octagonal | 254 | 10 | 8 | 7 | 6 | 6 | 5 | 3 |
| 10 x 5.4 | Redonda/octagonal | 353 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 4 |
| 10 x 3.2 | Cuadrada | 295 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 |
| 10 x 3.8 | Cuadrada | 344 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 4 |
| 10 x 5.4 | Cuadrada | 497 | 20 | 17 | 15 | 13 | 12 | 10 | 6 |
| 12 x 3.2 | Cuadrada | 418 | 17 | 14 | 12 | 11 | 10 | 8 | 5 |
| 12 x 3.8 | Cuadrada | 484 | 19 | 16 | 14 | 13 | 11 | 9 | 5 |
| 12 x 5.4 | Cuadrada | 689 | 28 | 24 | 21 | 18 | 16 | 14 | 8 |
| 7.50 x 5 x 3.8 | De Dispositivo | 123 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 7.50 x 5 x 5 | De Dispositivo | 164 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 7.50 x 5 x 5.7 | De Dispositivo | 172 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 7.50 x 5 x 6.5 | De Dispositivo | 205 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 2 |
| 7.50 x 5 x 7 | De Dispositivo | 230 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| 7.50 x 5 x 9 | De Dispositivo | 295 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 |
| 10 x 5.40 x 3.8 | De Dispositivo | 169 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 10 x 5.40 x 4.8 | De Dispositivo | 213 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 2 |
| 10 x 5.40 x 5.4 | De Dispositivo | 238 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| 9.50 x 5 x 6.5 | Caja/tándem de mampostería | 230 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| 9.50 x 5 x 9 | Caja/tándem de mampostería | 344 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 4 |
| Profundidad mínima 4.45 | FS -Cubierta/tándem individual | 221 | 9 | 7 | 6 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| Profundidad mínima 6.03 | FD - Cubierta/tándem individual | 295 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 |
| Profundidad mínima 4.45 | FS - Cubierta/tándem múltiples | 295 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 |
| Profundidad mínima 6.03 | FD Cubierta/tándem múltiple | 395 | 16 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 4 |

Tabla 314-16(a) de la NOM.

3.14 Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es la representación gráfica de la instalación eléctrica, sin importar el número de conductores estos sólo se representan con una línea, las cargas y elementos se representan mediante sus símbolos, en el caso de los de vivienda, se dibuja solo un símbolo por tipo de carga en cada circuito, se pueden mostrar los calibres de los conductores, valor de las protecciones, número de cargas y sus potencias, así como la carga del circuito entre otros datos. En él se puede apreciar en forma resumida la instalación, los detalles de ubicación de los dispositivos o trayectorias se encuentran en el plano de distribución o en el diagrama eléctrico, por lo que no es necesario ponerlos aquí.

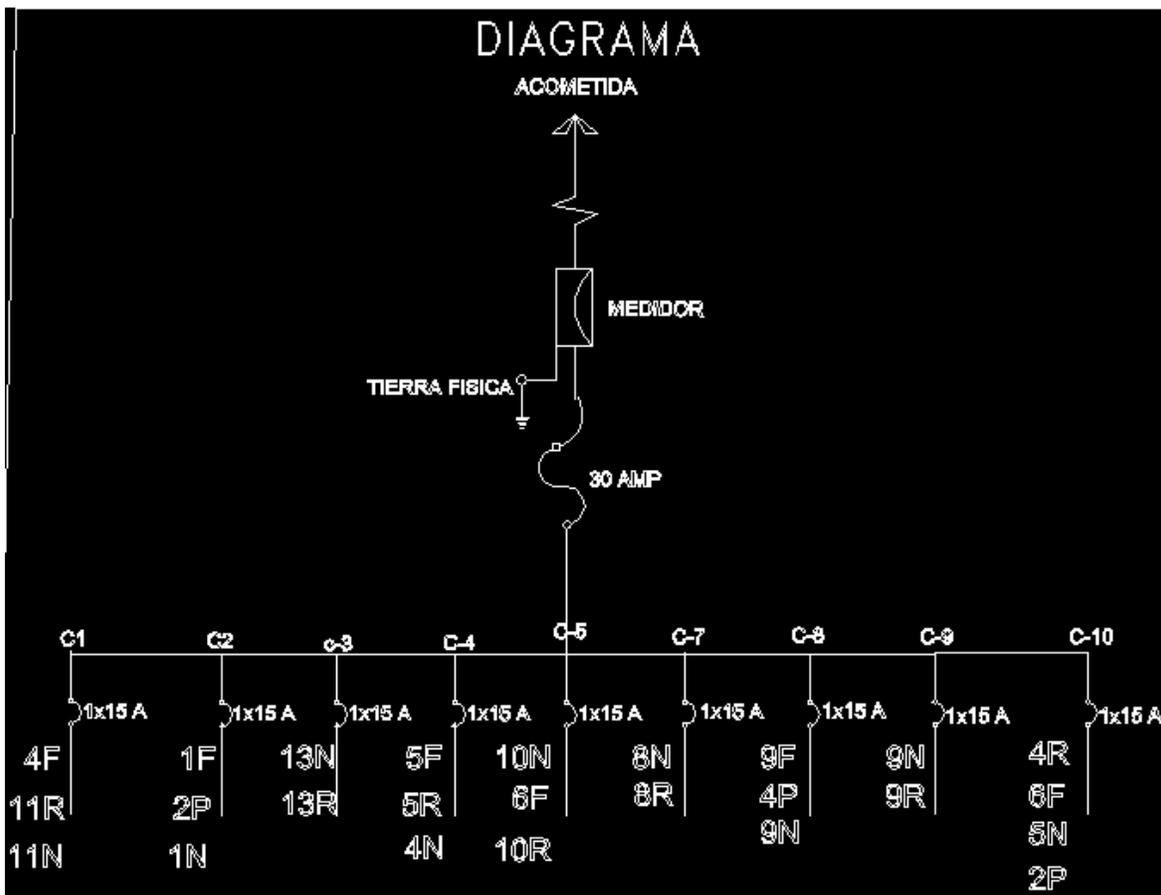


Imagen 111. Diagrama unifilar.

Tabla 32 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit EMT y ENT

| Artículo 358 – Tubo conduit metálico (EMT)(Pared delgada) | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm² | mm² | mm² | mm² |
| 16 | ½ | 15.8 | 196 | 104 | 61 | 78 |
| 21 | ¾ | 20.9 | 343 | 182 | 106 | 137 |
| 27 | 1 | 26.6 | 556 | 295 | 172 | 222 |
| 35 | 1 ¼ | 35.1 | 968 | 513 | 300 | 387 |
| 41 | 1 ½ | 40.9 | 1314 | 696 | 407 | 526 |
| 53 | 2 | 52.5 | 2165 | 1147 | 671 | 866 |
| 63 | 2 ½ | 69.4 | 3783 | 2005 | 1173 | 1513 |
| 78 | 3 | 85.2 | 5701 | 3022 | 1767 | 2280 |
| 91 | 3 ½ | 97.4 | 7451 | 3949 | 2310 | 2980 |
| 103 | 4 | 110.1 | 9521 | 5046 | 2951 | 3808 |
| Artículo 362 – Tubo conduit no metálico (ENT) | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm² | mm² | mm² | mm² |
| 16 | ½ | 14.2 | 158 | 84 | 49 | 63 |
| 21 | ¾ | 19.3 | 293 | 155 | 91 | 117 |
| 27 | 1 | 25.4 | 507 | 269 | 157 | 203 |
| 35 | 1 ¼ | 34 | 908 | 481 | 281 | 363 |
| 41 | 1 ½ | 39.9 | 1250 | 663 | 388 | 500 |
| 53 | 2 | 51.3 | 2067 | 1095 | 641 | 827 |

Tabla 33 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit FMC e IMC

| Artículo 348 – Tubo conduit metálico flexible (FMC) | | | | | | |
|---|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 12 | 3/8 | 9.7 | 74 | 39 | 23 | 30 |
| 16 | 1/2 | 16.1 | 204 | 108 | 63 | 81 |
| 21 | 3/4 | 20.9 | 343 | 182 | 106 | 137 |
| 27 | 1 | 25.9 | 527 | 279 | 163 | 211 |
| 35 | 1 1/4 | 32.4 | 824 | 437 | 256 | 330 |
| 41 | 1 1/2 | 39.1 | 1201 | 636 | 372 | 480 |
| 53 | 2 | 51.8 | 2107 | 1117 | 653 | 843 |
| 63 | 2 1/2 | 63.5 | 3167 | 1678 | 982 | 1267 |
| 78 | 3 | 76.2 | 4560 | 2417 | 1414 | 1824 |
| 91 | 3 1/2 | 88.9 | 6207 | 3290 | 1924 | 2483 |
| 103 | 4 | 101 | 8107 | 4297 | 2513 | 3243 |

| Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC) (Pared media) | | | | | | |
|---|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 16 | 1/2 | 16.8 | 222 | 117 | 69 | 89 |
| 21 | 3/4 | 21.9 | 377 | 200 | 117 | 151 |
| 27 | 1 | 28.1 | 620 | 329 | 192 | 248 |
| 35 | 1 1/4 | 36.8 | 1064 | 564 | 330 | 425 |
| 41 | 1 1/2 | 42.7 | 1432 | 759 | 444 | 573 |
| 53 | 2 | 54.6 | 2341 | 1241 | 726 | 937 |
| 63 | 2 1/2 | 64.9 | 3308 | 1753 | 1026 | 1323 |
| 78 | 3 | 80.7 | 5115 | 2711 | 1586 | 2046 |
| 91 | 3 1/2 | 93.2 | 6822 | 3616 | 2115 | 2729 |
| 103 | 4 | 105.4 | 8725 | 4624 | 2705 | 3490 |

Tabla 34 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit LFMC y RMC

| Artículo 350 – Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos (LFMC) | | | | | | |
|---|------------------|------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 12 | 3/8 | 12.5 | 123 | 65 | 38 | 49 |
| 16 | 1/2 | 16.1 | 204 | 108 | 63 | 81 |
| 21 | 3/4 | 21.1 | 350 | 185 | 108 | 140 |
| 27 | 1 | 26.8 | 564 | 299 | 175 | 226 |
| 35 | 1 1/4 | 35.4 | 984 | 522 | 305 | 394 |
| 41 | 1 1/2 | 40.3 | 1276 | 676 | 395 | 510 |
| 53 | 2 | 51.6 | 2091 | 1108 | 648 | 836 |
| 63 | 2 1/2 | 63.3 | 3147 | 1668 | 976 | 1259 |
| 78 | 3 | 78.4 | 4827 | 2559 | 1497 | 1931 |
| 91 | 3 1/2 | 89.4 | 6277 | 3327 | 1946 | 2511 |
| 103 | 4 | 102.1 | 8187 | 4339 | 2538 | 3275 |
| Artículo 344 –Tubo conduit metálico pesado (RMC) (Pared Guesa) | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 16 | 1/2 | 16.1 | 204 | 108 | 63 | 81 |
| 21 | 3/4 | 21.2 | 353 | 187 | 109 | 141 |
| 27 | 1 | 27 | 573 | 303 | 177 | 229 |
| 35 | 1 1/4 | 35.4 | 984 | 522 | 305 | 394 |
| 41 | 1 1/2 | 41.2 | 1333 | 707 | 413 | 533 |
| 53 | 2 | 52.9 | 2198 | 1165 | 681 | 879 |
| 63 | 2 1/2 | 63.2 | 3137 | 1663 | 972 | 1255 |
| 78 | 3 | 78.5 | 4840 | 2565 | 1500 | 1936 |
| 91 | 3 1/2 | 90.7 | 6461 | 3424 | 2003 | 2584 |
| 103 | 4 | 102.9 | 8316 | 4408 | 2578 | 3326 |
| 129 | 5 | 128.9 | 13050 | 6916 | 4045 | 5220 |
| 155 | 6 | 154.8 | 18821 | 9975 | 5834 | 7528 |

Tabla 35 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit PVC

| Tubo conduit PVC (Pared delgada) Fuente: Condumex | | | | | | |
|---|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 13 | ½ | 15.8 | 196 | 104 | 61 | 78 |
| 19 | ¾ | 21.3 | 356 | 189 | 110 | 142 |
| 25 | 1 | 27 | 572 | 303 | 177 | 228 |
| 32 | 1 ¼ | 35.6 | 995 | 527 | 308 | 398 |
| 38 | 1 ½ | 41 | 1320 | 700 | 409 | 528 |
| 50 | 2 | 52.7 | 2180 | 1155 | 676 | 872 |
| Tubo conduit PVC tipo Pesado Fuente: Cresco y Rexolit | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 13 | ½ | 18.3 | 263.02 | 139.4 | 81.54 | 105.2 |
| 19 | ¾ | 23.7 | 441.15 | 233.81 | 136.76 | 176.5 |
| 25 | 1 | 30.4 | 725.84 | 384.7 | 225.01 | 290.34 |
| 32 | 1 ¼ | 39 | 1194.59 | 633.13 | 370.32 | 477.84 |
| 38 | 1 ½ | 44.5 | 1555.29 | 824.3 | 482.14 | 622.12 |
| 50 | 2 | 55.7 | 2463.67 | 1305.75 | 763.74 | 985.468 |
| 60 | 2 ½ | 67.6 | 3567.88 | 18.90.98 | 1106.04 | 1427.152 |
| 75 | 3 | 83.3 | 5776.01 | 3061.29 | 1790.56 | 2310.4 |
| 100 | 4 | 108.3 | 9280.04 | 4918.42 | 2876.81 | 3712.02 |
| 150 | 6 | 160.1 | 20131.38 | 10669.63 | 6420.73 | 8052.55 |
| Tubo conduit PVC Cedula 40 Fuente: Durman | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 13 | ½ | 15.2 | 181.46 | 96.17 | 56.25 | 72.58 |
| 19 | ¾ | 20.4 | 326.85 | 173.23 | 101.32 | 130.74 |
| 25 | 1 | 26.1 | 535.02 | 283.56 | 165.86 | 214.01 |
| 32 | 1 ¼ | 34.5 | 934.82 | 495.45 | 289.79 | 373.93 |
| 38 | 1 ½ | 40.4 | 1281.9 | 679.41 | 397.39 | 512.76 |
| 50 | 2 | 52 | 2123.72 | 1125.57 | 658.35 | 849.49 |
| 60 | 2 ½ | 62 | 3019.07 | 1600.11 | 935.91 | 1207.63 |
| 75 | 3 | 77.18 | 4678.42 | 2479.56 | 1450.31 | 1871.37 |
| 100 | 4 | 101.6 | 8107.32 | 4296.88 | 2513.27 | 3242.93 |
| 150 | 6 | 153.2 | 18433.48 | 9769.74 | 5714.38 | 7373.39 |

Tabla 36 Dimensiones y áreas internas disponibles del tubo conduit (Nexflex y Poliflex)

| Tubo conduit de polietileno corrugado. Nexflex Naranja | | | | | | |
|--|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 16 | ½ | 14.5 | 165.13 | 97 | 57 | 74 |
| 21 | ¾ | 18.7 | 274.65 | 173 | 101 | 131 |
| 27 | 1 | 25 | 490.87 | 284 | 166 | 214 |
| Tubo conduit de polietileno corrugado. Nexflex Rojo | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 16 | ½ | 12.5 | 122.72 | 65.04 | 38.04 | 49.09 |
| 21 | ¾ | 17.3 | 235.06 | 124.58 | 72.87 | 94.02 |
| 27 | 1 | 23.3 | 426.38 | 225.98 | 132.18 | 170.55 |
| Tubo conduit de polietileno corrugado. Poliflex Naranja | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 12 | ⅜ | 11 | 95.03 | 50.37 | 29.46 | 38.01 |
| 16 | ½ | 14.5 | 165.13 | 87.52 | 51.19 | 66.05 |
| 21 | ¾ | 18.3 | 263.02 | 139.4 | 81.54 | 105.21 |
| 27 | 1 | 24.3 | 463.77 | 245.8 | 143.77 | 185.51 |
| 35 | 1¼ | 31.5 | 779.31 | 413.03 | 241.59 | 311.72 |
| 41 | 1½ | 37.25 | 1089.79 | 577.59 | 337.83 | 435.92 |
| Tubo conduit de polietileno corrugado. Poliflex Rojo | | | | | | |
| Designación métrica | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
| | | mm | mm ² | mm ² | mm ² | mm ² |
| 16 | ½ | 13.5 | 143.14 | 75.86 | 44.37 | 57.26 |
| 21 | ¾ | 18.3 | 263.02 | 139.4 | 81.54 | 105.21 |
| 27 | 1 | 24.3 | 463.77 | 245.8 | 143.77 | 185.51 |
| Tubo conduit tipo ENT: Poliflex verde y Poliflex negro (Se pueden usar los datos de Poliflex rojo) | | | | | | |

CAPITULO 4

PRUEBAS PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS

Las pruebas para detección de fallas se realizan para saber si una instalación eléctrica se encuentra conectada correctamente.

Para realizar estas pruebas necesitaremos de un multímetro y para evitar daños a las personas que realizan las pruebas, así como al multímetro, debemos desenergizar nuestra instalación.

1) Multímetro.

En electricidad es de interés poder medir el voltaje, la corriente y la resistencia eléctrica. Los dispositivos que miden esto son el voltímetro, amperímetro y el óhmetro, respectivamente. Actualmente, estos tres dispositivos están incluidos en un solo aparato, que se conecta según el uso de cada uno de ellos.

Multímetro básico: Este es usado para medir voltaje tanto en alterna como en directa (ACV y DCV), corriente en directa (DCA), resistencia (Ω), así como prueba de diodos ($\rightarrow|$), entre otros. Este tipo de multímetro es el más fácil de encontrar en las tiendas de electrónica, así como en lugares de venta de material eléctrico.



Imagen 112. Multímetro básico.

Multímetro de gancho básico: Este es usado para medir voltaje tanto en alterna como en directa (ACV y DCV), corriente en alterna (ACA), resistencia (Ω), mide la resistencia del aislamiento ($M\Omega$). Para medir continuidad el multímetro se pone en resistencia en la escala de 200, si el multímetro suena indicara continuidad. El gancho permite medir la corriente eléctrica sin abrir el circuito.



Imagen 113. Multímetro básico de gancho.

En las pruebas se medirá voltaje y se comprobará la continuidad, por lo que los dos tipos de multímetros cumplen con el propósito, sin embargo, si desea comprar un multímetro es recomendable uno de gancho porque este nos permite medir corriente en alterna sin la necesidad de abrir el circuito.

El único inconveniente de los multímetros básicos son sus puntas de prueba, porque se puede separar la punta del cable si sufren un tirón o si esta se gira. Estas se distinguen porque la empuñadura es cilíndrica y hueca, por cuyo interior pasa el cable.



Imagen 114. Puntas sencillas.



Imagen 115. Punta sencilla dañada.

Se recomienda adquirir adicionalmente puntas con la empuñadura unida o pegada al cable o bien comprar un multímetro de gancho que cuente con este tipo de puntas.



Imagen 116. Punta con empuñadura unida o pegada al cable.



Imagen 117. Multímetro Stereon modelo MUL 100.

2) Instalación desenergizada.

Es preferible quitar los fusibles, así como las pastillas de la instalación y sí es posible colocar un candado, esto con el fin de evitar que otra persona accidentalmente energice la instalación garantizando que la instalación sea segura mientras se realizan las pruebas.

Los fusibles, las pastillas, así como las llaves del candado las deben de tener la persona o personas que está realizando las pruebas, para evitar que alguna persona ajena a las pruebas las vuelva a colocar.

Además, con el multímetro comprobamos que no exista voltaje en los puntos donde vamos a realizar las pruebas, el voltaje debe de ser de 0 [V]. Si el valor es diferente de cero significa que quitamos los interruptores incorrectos o que existen fallas en el aislamiento, antes de seguir con las pruebas se debe de encontrar la causa.



Imagen 118. Ejemplos de colocación del selector para medir voltaje en una instalación monofásica de 127 [V].

Una vez que se compruebe que el voltaje es de 0 [V] en los puntos donde se van a hacer las pruebas y que estén retirados los fusibles e interruptores termomagnéticos, se pondrá el multímetro en la opción de continuidad para la realización de las pruebas.

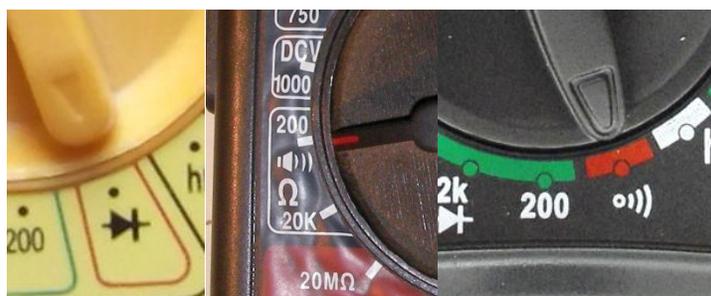


Imagen 119. Ejemplos de colocación del selector para detectar continuidad.

Posteriormente nos cercioramos que el multímetro funcione y marque continuidad uniendo las puntas de prueba.



Imagen 120. Prueba de funcionamiento (Continuidad).

Se observa que en la pantalla no marca cero, esto puede suceder porque el multímetro está midiendo la resistencia de las puntas de prueba, sin embargo, el indicador audible sonará y sí el multímetro tiene un indicador de led, este se deberá encender. Una vez que estamos seguros que el multímetro trabaja correctamente procederemos a la realización de las pruebas.

4.1 Prueba de Falla a Tierra

Para saber que no sea una falla sólida (unión del neutro con la tierra), colocaremos una punta en el conductor de fase y otro en el conductor de tierra. Si el multímetro no suena, quiere decir que la falla sólida no existe.

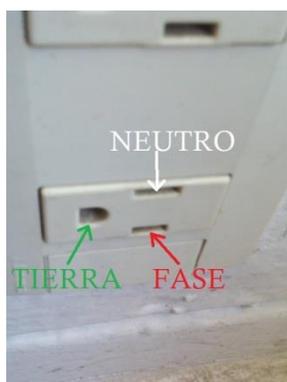


Imagen 121. Contacto a probar.



Imagen 122. Prueba de falla a tierra en contacto.

4.2 Prueba de continuidad

Esta prueba se realiza para saber si dos puntos están conectados entre sí. Por ejemplo, para comprobar si que existe continuidad entre la fase de un contacto y la fase del interruptor termomagnético que protege al circuito donde se encuentra dicho contacto, se coloca una punta del multímetro en la fase del contacto y la otra en la terminal de salida del interruptor termomagnético.

Si nuestro multímetro marca continuidad quiere decir que esta correcto y si no marca continuidad, puede ser porque no están conectados los cables, porque el cable se rompió o porque el cable de fase está conectado a la terminal de neutro o de tierra del contacto.

Esta prueba tiene el inconveniente de que las puntas del multímetro son cortas, así que debemos de auxiliarnos del cable necesario, el cual puede ser colocado en cualquiera de las dos puntas, esta prueba se realiza para el conductor de fase, el conductor de neutro, así como entre los conductores de tierra y las partes metálicas de la instalación eléctrica.

4.3 Prueba de cortocircuito

En esta prueba colocaremos una punta en el conductor de fase y otra en el conductor de neutro, el multímetro no deberá de marcar continuidad, en caso de que la marque quiere decir que esta falla existe.



Imagen 123. Prueba de cortocircuito en contacto.

Para realizar fácilmente cualesquiera de las tres pruebas mencionadas se deben de usar los cables de color de acuerdo a la norma y dichas pruebas deben de hacerse, para asegurarnos que, durante la instalación del cable, este no se haya trozado o dañado su aislamiento.

Si no hay ninguna de las fallas mencionadas puede energizar la instalación.

CAPITULO 5
DETECTANDO FALLAS
HABITUALES Y COMO
SOLUCIONARLAS

En el momento en el que realizamos una instalación eléctrica o instalamos algún accesorio es posible que no quede correctamente, ya sea porque nos equivocamos o simplemente porque ignoramos la manera correcta de realizar las conexiones. En este capítulo mostraremos algunas fallas que suelen encontrarse en las instalaciones eléctricas domésticas.

Varias de las detecciones se realizarán con una punta probadora de voltaje, por lo que enseñaremos la forma de usarla.

Punta detectora de voltaje

Las puntas detectoras de voltaje o puntas buscapolos son de gran utilidad, permiten saber si un conductor tiene voltaje, existen tanto analógicas y digitales.

Puntas analógicas

Por su forma pueden ser tipo pluma o tipo desarmador, estas indican la presencia de voltaje mediante una luz roja o amarilla.

Las puntas detectoras más sencillas son aquellas que son transparentes, cuentan con la punta metálica, una resistencia, un pequeño foco y una terminal, todos estos elementos se encuentran conectados en serie.

Cuando se realiza una prueba la punta metálica se pone en contacto con el conductor o elemento, y sosteniendo firmemente el mango de plástico se coloca un dedo en la terminal de la tapa, esto tiene como objetivo cerrar el circuito, si existe voltaje en el punto de prueba entonces circulará una pequeña corriente y se encenderá el foco indicador.

Estas tienen la ventaja de que, con presencia de poca luz, el indicador se verá mejor, por el contrario, si hay demasiada luz el indicador se verá más tenue.

Puntas digitales

Se usan como las puntas analógicas, sin embargo, estas indican la presencia de voltaje, de forma escalonada, mediante una pequeña pantalla.

Es recomendable adquirir una punta de voltaje digital ya que la pantalla enciende cuando hay voltaje y es más fácil visualizarlo, incluso pueden indicar aproximadamente que voltaje está presente.

La punta analógica económica es también útil, sin embargo, no lo es para aquellas personas que no tienen buena vista para su uso en el día, para evitar esto seleccione puntas que tengan un rango de 0 [V] a 127 [V] y que tengan en su mango una pequeña lupa para poder ver correctamente si el foco se enciende o no. Si el rango es mayor (0 [V] a 220 [V] o 0 [V] a 500 [V]) cuando exista presencia de voltaje la luz será más tenue y si además no tenemos un punto claro para observarla, puede ocurrir que erróneamente determinemos que no existe voltaje y podríamos sufrir un accidente. Su ventaja está cuando se revisa una falla en la noche porque la luz

es más fácil de percibir, a comparación de la pantalla de la punta digital, que no cuenta con iluminación.



Imagen 124. Puntas analógicas y digital (Fuente: Catalogo Truper).

Sin importar que punta detectora usemos, debemos de medir el voltaje, esto es útil cuando estamos determinando cual es la fase y el neutro.

Antes de usar la punta detectora debemos de verificar que funcione, para esto podemos auxiliarnos de un contacto energizado que posea las terminales en buenas condiciones.

1. Con un multímetro medimos el voltaje de fase a neutro del contacto.



Imagen 125. Contacto de prueba.



Imagen 126. Medición de voltaje.

2. Colocamos la punta detectora en la fase, esta debe de indicar la presencia de voltaje.

3. Colocamos la punta detectora en el neutro, esta no debe de indicar la presencia de voltaje.



Imagen 127. Verificación del funcionamiento del probador digital; izquierda: fase; derecha: neutro.

Si no cuenta con un contacto en buenas condiciones puede hacer esto en el centro de carga o en la caja de fusibles.

La medición de voltaje con el multímetro entre fase y neutro es para saber que voltaje existe en la línea, sin embargo, si éste marca 0 [V], puede indicar que el neutro está abierto.

En algunos contactos la punta del probador no entra, por lo que nos podemos auxiliar de las puntas del multímetro.



Imagen 128. Verificación del funcionamiento del probador analógico. Izquierda: fase; derecha: neutro.

Siempre se debe de verificar la presencia de voltaje con un probador de voltaje, antes de realizar alguna reparación en el cableado.

5.1 Apagador de foco

Descripción de la falla: El apagador del foco interrumpe el neutro.

Debido a que el foco enciende es común que se considere que la instalación está bien, sin embargo, representa un riesgo al momento de cambiar el foco, incluso con el foco apagado debido a que en el portalámparas estará presente el voltaje y existe riesgo de una descarga eléctrica.

Como detectarla: Para la detección utilizaremos un detector de voltaje.

Primero verificamos si el foco lo podemos prender y apagar con el interruptor, esto se hace con el fin de observar que existe voltaje en el circuito.



Imagen 129. Prueba de alimentación del foco.

Ponemos el interruptor en la posición de apagado y retiramos el foco con mucho cuidado.



Imagen 130. Apagador apagado y foco retirado.

Colocamos la punta del detector de voltaje en el casquillo y posteriormente en el contacto central. Sí se detecta voltaje en cualquiera de las dos terminales esta falla está presente.



Imagen 131. Apagador de foco conectado correctamente. Izquierda: casquillo; derecha: contacto central.

Como solucionarla:

El objetivo es que el apagador interrumpa la fase, por lo que el cable del neutro lo uniremos y el de fase pasará a través del interruptor.

- 1.- Desenergizamos el circuito mediante el interruptor termomagnético.
- 2.- Destapamos la caja de conexión donde se encuentra el interruptor y con el probador de voltaje verificamos que se encuentre desenergizada. Sí existiera voltaje busque el interruptor termomagnético correcto y vuelva a verificar.
- 3.- Desconecte el conductor neutro del interruptor, únalo mediante un amarre y aíslalo.
- 4.- Abra el conductor de fase y conéctelo al interruptor.
- 5.- Cierre la caja de conexiones.
- 6.- Vuelva a energizar.

Puede realizar la prueba de nuevo para verificar, si esta correcto se verá como en la "Imagen 131".

Adicionalmente ponga el interruptor en la posición de encendido y coloque la punta en el casquillo y posteriormente en el contacto central. Al colocar la punta en el contacto central, este debe de

indicar presencia de voltaje. Sí por lo contrario indica presencia de voltaje en el casquillo apague el interruptor y cambie de posición los cables de la base.



Imagen 132. Terminales del portalámparas conectado correctamente.

5.2 Apagador de escalera o 3 vías

Descripción de la falla: Al instalar los apagadores de 3 vías o conocidos como “apagadores para escalera”, llamados así porque es el lugar más común donde se colocan, o bien no encienden el foco o funcionan de manera incorrecta.

Este funcionamiento incorrecto se puede ver de la siguiente manera: Se colocan los dos apagadores de este tipo en cada extremo de la escalera. Cuando llegamos en la noche prendemos el foco desde abajo. Subimos y lo apagamos. Nos levantamos antes de amanecer y lo prendemos arriba y lo apagamos abajo. Este funcionamiento se ve normal hasta que un día, nos levantamos tarde y no encendemos el foco. Y al llegar en la noche al intentar encenderlo desde abajo este no enciende. Otra opción es que un día lleguemos temprano y no encendamos desde abajo el foco. En la mañana al intentar encender el foco desde arriba este no encenderá.

Como detectarla: Esta detección se hace sí el funcionamiento no es el correcto, como el mencionado anteriormente, aunque también se puede hacer abriendo las cajas donde se encuentran los apagadores y verificar que ambos apagadores son de 3 vías o para escalera, así como observar que estén conectados.

Como solucionarla:

Una vez que hemos detectado la falla, debemos de identificar los elementos de este circuito.

- 1.- Bajamos el interruptor termomagnético que corresponde al circuito, abrimos las cajas donde están ubicados los interruptores y quitamos el foco correspondiente.
- 2.- Identificamos la fase, para esto sacamos el apagador más cercano a los termomagnéticos, generalmente el interruptor que se encuentra en la parte de abajo de la escalera, lo desconectamos cuidando que las puntas de los conductores no toquen ninguna parte metálicas. Volvemos a subir el interruptor de seguridad y con la punta detectora buscamos cuál de los 3 conductores es la fase.
- 3.- Con ayuda del multímetro en la posición de continuidad buscamos cuales son las terminales para los puentes en el apagador. Por lo que pondremos las puntas en 2 terminales y moveremos el

interruptor y el multímetro no debe de marcar continuidad, (sí marca continuidad, cambie de terminal una de las puntas). Normalmente las terminales de los puentes son del mismo color.

4.- Teniendo identificado el conductor de fase y las terminales del apagador, bajamos el interruptor y conectamos el apagador correctamente.

5.- Ahora iremos al siguiente apagador y lo desconectaremos, cuidando que las puntas no toquen ninguna parte metálica.

6.- Ahora detectaremos los puentes, para esto subimos el interruptor y buscamos que conductor tiene presencia de voltaje. Una vez detectado el primer puente, presionamos el primer interruptor, para ponerlo en su otra posición y detectamos que cable tiene voltaje, ese será el segundo puente.

7.- Bajamos el interruptor del circuito y procedemos a conectar el segundo apagador correctamente.

8.- Se cierran las dos cajas y se coloca el foco nuevamente.

Sí en la primera caja no encontramos la fase (paso 2), se buscará en la otra. En caso de no encontrarla en ninguna de las dos, significa que nuestros apagadores están interrumpiendo el neutro. Por lo que antes de seguir con el paso 3 debemos de encontrar la fase.

- a) Con el interruptor apagado, colocamos el foco y energizamos.
- b) En este punto los cables conectados a los dos apagadores estarán descubiertos por lo que identificamos en cual está presente la fase.
- c) Realizamos los pasos 3, 4, 5 y 6.
- d) Bajamos el interruptor y conectamos los puentes en el otro apagador.
- e) Debemos de buscar la fase, sí solo nos queda un cable en la caja pasaremos a (i), sí el circuito pasa a través de las cajas para alimentar contactos u otros apagadores pasaremos a (ii).
 - i. El cable que pasa a través de la caja lo cortamos mientras que el tramo que está del lado de los puentes se empalma al conductor que desconectamos del apagador y el otro tramo lo conectamos al apagador.
 - ii. Sí hay contactos en esa caja, existirán amarres, mientras que la sección de cable que estaba conectada al interruptor, estará unida al conductor neutro, así que lo cambiamos al de fase. Ahora tenemos que buscar el conductor que está mal conectado a la fase, así que abrimos la caja donde está la base portalámparas, si la fase y el neutro pasan por ahí, lo más probable es que exista un amarre que conecte la fase a una terminal de la base, por lo que se cambiara el amarre al neutro.

En caso de que solo lleguen los conductores que se conectan a la base portalámparas, jale uno de los cables, mientras otra persona observa en que caja se mueve, y ver donde está conectado. Uno estará conectado a un interruptor

(esto está correcto se solucionó previamente en b) y c)) y el otro estará conectado al conductor de fase, así que lo conectaremos al neutro.

- f) Se cierran las cajas de los interruptores, se observa que la base del foco está correctamente conectada (el neutro al casquillo) y se procede a colocar la base en su lugar para poner el foco.

5.3 Fusible en el neutro

Descripción de la falla: Esta falla se da debido a que el neutro, en la caja de fusibles, cuenta con un fusible. Esto sucede cuando la alimentación es monofásica y como la caja de fusibles es también para alimentación bifásica, además de monofásica, tiene dos bases portafusibles. La colocación de un fusible en el neutro representa un riesgo de seguridad, cuando existe un cortocircuito en el hogar el fusible que suele fundirse primero es el que interrumpe a la fase.

En los casos en el que el fusible en el neutro se funde primero, se pensará que ya no existe alimentación, sin embargo, la instalación seguirá energizada porque el fusible de la fase no se fundió y existe riesgo de recibir una descarga eléctrica. Otra manera en la que el fusible del neutro se puede fundir antes que el de la fase es que a través del neutro de la acometida se reciba una descarga atmosférica o rayo.

Como detectarla: Esta se hace de manera visual, si nuestro servicio es monofásico (esto viene indicado en el recibo) y observamos que tenemos dos fusibles, esta falla está presente. En las imágenes obtenidas de: (http://www.cfe.gob.mx/casa/4_Informacionalcliente/Paginas/Conoce-tu-recibo.aspx), se observa donde se encuentra este dato en el recibo y el servicio es monofásico sí "Hilos=1", (ver "Imagen 133" e "Imagen 134").

Conoce el recibo



| Cuenta | Uso | Tarifa | Hilos |
|---------------------------------------|-----------|--------|-------|
| 18DL10A014400056 | Doméstico | 01 | 1 |
| Característica: Facturación colectiva | | | |

Imagen 134. Sección cálculo del consumo bimestral.

Imagen 133. Ubicación de la sección cálculo del consumo bimestral.

En la "Imagen 135" se presenta la falla.

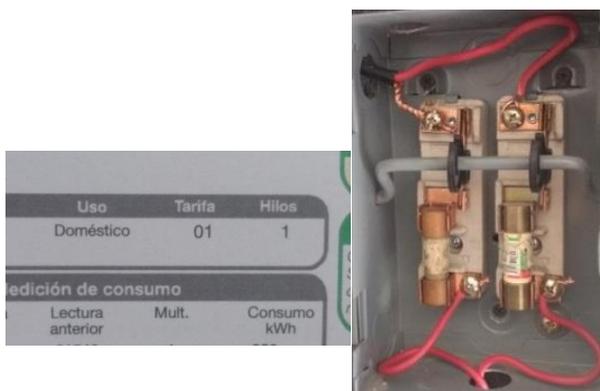


Imagen 135. Revisión de recibo y caja de fusibles.

De acuerdo al recibo hay una fase y en la caja hay dos fusibles por lo tanto el neutro está interrumpido por un fusible.

Como solucionarla:

Con ayuda del detector de voltaje identificamos cual es la fase y el neutro, una vez identificado el neutro quitamos el fusible correspondiente y unimos el neutro.



Imagen 136. Fase en la caja de fusibles.



Imagen 137. Neutro en la caja de fusibles.

Advertencia: Esta maniobra la debe de hacer un electricista capacitado y que cuente con el equipo de seguridad correspondiente como zapatos dieléctricos, guantes y desarmadores aislados. Esto es porque en la caja de fusible el conductor de fase de la acometida esta energizado y existe el riesgo de una descarga eléctrica y/o electrocución sí no se toman las medidas de seguridad necesarias.

Adicional: En la "Imagen 137" se observó que el neutro marcaba 12 [V], esto es porque no hay sistema de puesta a tierra, además de que la prueba se realizó con carga por lo que existía corriente circulando, lo que provocó una diferencia de voltaje. En el interruptor principal la punta digital debe de verse como en la "Imagen 127, izquierda".



Imagen 138. Tornillo de puesta a tierra.

5.4 Alambres o cables en lugar de fusibles

Descripción de la falla: La colocación de un alambre o cable en una base portafusibles ocurre cuando constantemente este fusible se funde, esto hace pensar erróneamente que ese fusible no sirve o que es de mala calidad. Lo que realmente sucede es que el fusible está haciendo su trabajo, e indica que está pasando una corriente mayor a su corriente nominal.

Esta falla también suele estar acompañada de la anterior (fusible en el neutro), cuando esto sucede es común que “siempre se funde el mismo fusible” el cual corresponde a la fase mientras que del neutro no se funde y se piensa que ese fusible “salió bueno”. Como conclusión ponen un alambre o cable en lugar del “fusible malo”.

Como detectarla:

De manera visual, si se observa en la base portafusibles alambres o cables en lugar de fusibles, esta falla está presente.

Como solucionarla:

Primero debemos de abrir el interruptor de la caja de fusibles para desenergizar la base portafusibles, bajar la palanca, quitamos el alambre o cable que se encuentre en la base portafusibles con mucho cuidado, usar guantes de carnaza para evitar hacer contacto con la fase.

Quitamos el fusible o cable de la otra base y revisamos que las 2 bases estén en buen estado. Con la punta detectora de voltaje observamos en que base alimenta la fase y le colocamos el fusible que quitamos anteriormente, sí no había ningún fusible colocar uno de 30 [A].

Esta falla suele estar acompañada de fusible en el neutro por lo que debemos de desconectarlo de las terminales de la base portafusibles y unirlo.

Antes de energizar se debe de observar que la base portafusibles sujete bien al fusible y tenga un buen contacto, sí no es así, se deberá de cambiar la caja.

Recuerde que el fusible se fundirá cuando exista una falla, sin embargo, si después de hacer esto el fusible se funde muy seguido, probablemente exista una sobrecarga en el sistema y/o fallas de aislamiento. Por lo que se deberá actualizar la instalación eléctrica.

5.5 Instalación sin conductor de Tierra

Descripción de la falla: La instalación eléctrica no cuenta con conductor de puesta a tierra y/o electrodo de puesta a tierra. Esta no es una falla de funcionamiento y los dispositivos pueden funcionar de manera correcta, sin embargo, es una falla de seguridad ya que el tener el sistema de puesta a tierra es para proteger al usuario.

Como detectarla:

Esta se hace de manera visual, basta con destapar un contacto y revisar si en la caja está presente un conductor desnudo o de color verde conectado a la terminal de tierra del contacto. Actualmente CFE pide que el medidor esté conectado a tierra y que el conductor neutro este puesto a tierra mediante el puente principal. Sin embargo, no colocan el conductor de puesta a tierra y esto no representa seguridad para el usuario, por lo que es necesario que se instale el sistema de puesta a tierra de manera completa.

Como solucionarla:

Se debe de revisar el diseño de la instalación eléctrica para determinar si sólo es necesario agregar los conductores de puesta a tierra, así como sus calibres, o también se deben de cambiar conductores, contactos, cajas, tuberías, etc.

5.6 Fugas de energía

Descripción de la falla: Al presentarse fallas de aislamiento, la corriente puede regresar por la tierra, o bien puede existir una falla de arco en paralelo (arqueo entre fase y neutro), en ambos casos existirá un consumo de energía.

Como detectarla: Las fugas de energía aumentan el consumo, por lo que se podría observar un aumento en el recibo, para determinar que el aumento del recibo es debido a las fugas, se deben de desconectar todas las cargas de la instalación eléctrica. Una vez desconectadas se observa el medidor y si este sigue girando (si es de los tradicionales) quiere decir que esta falla existe.

Como solucionarla:

Para determinar en donde está dañado el aislamiento, primero bajamos todos los interruptores termomagnéticos y revisamos el medidor, si este gira debemos de cambiar los conductores del alimentador, si el medidor no giró o los conductores ya se cambiaron, subimos uno a uno los interruptores termomagnéticos y en aquel circuito donde se presente movimiento en el medidor, revisaremos todos sus amarres para ver si están bien aislados, si es necesario se hace de nuevo y se aísla de manera correcta y volvemos a revisar si el medidor gira, si este sigue girando cambiaremos el cableado del circuito correspondiente.

Una vez que terminemos subimos todos los interruptores termomagnéticos y volvemos a revisar el medidor, si este ya no se mueve quiere decir que se corrigió la falla, si esta se sigue moviendo volvemos a repetir los pasos anteriores.

CAPITULO 6

EJEMPLOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

6.1 Ejemplo de Casa

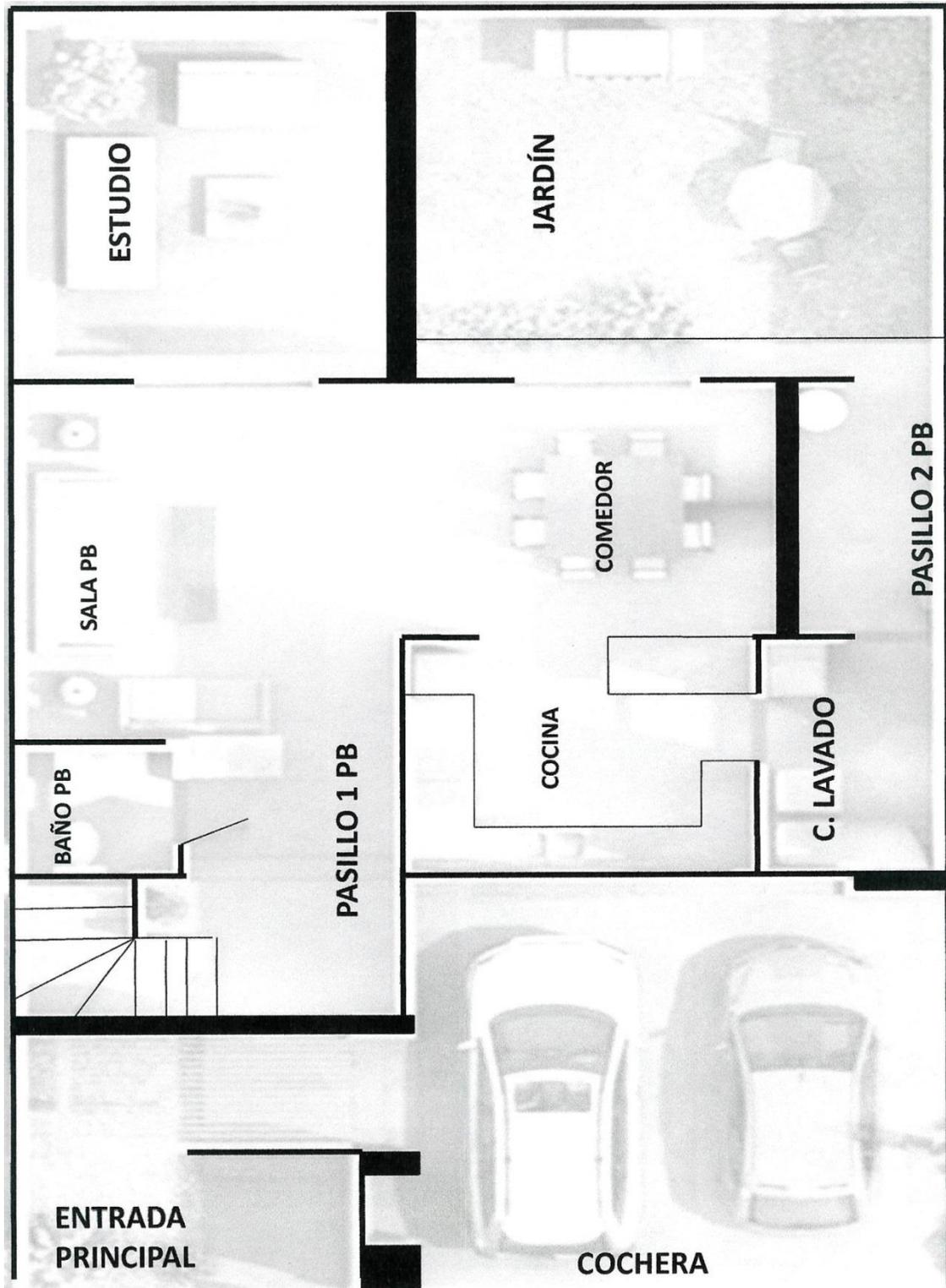


Imagen 139. Plano de obra civil planta baja.

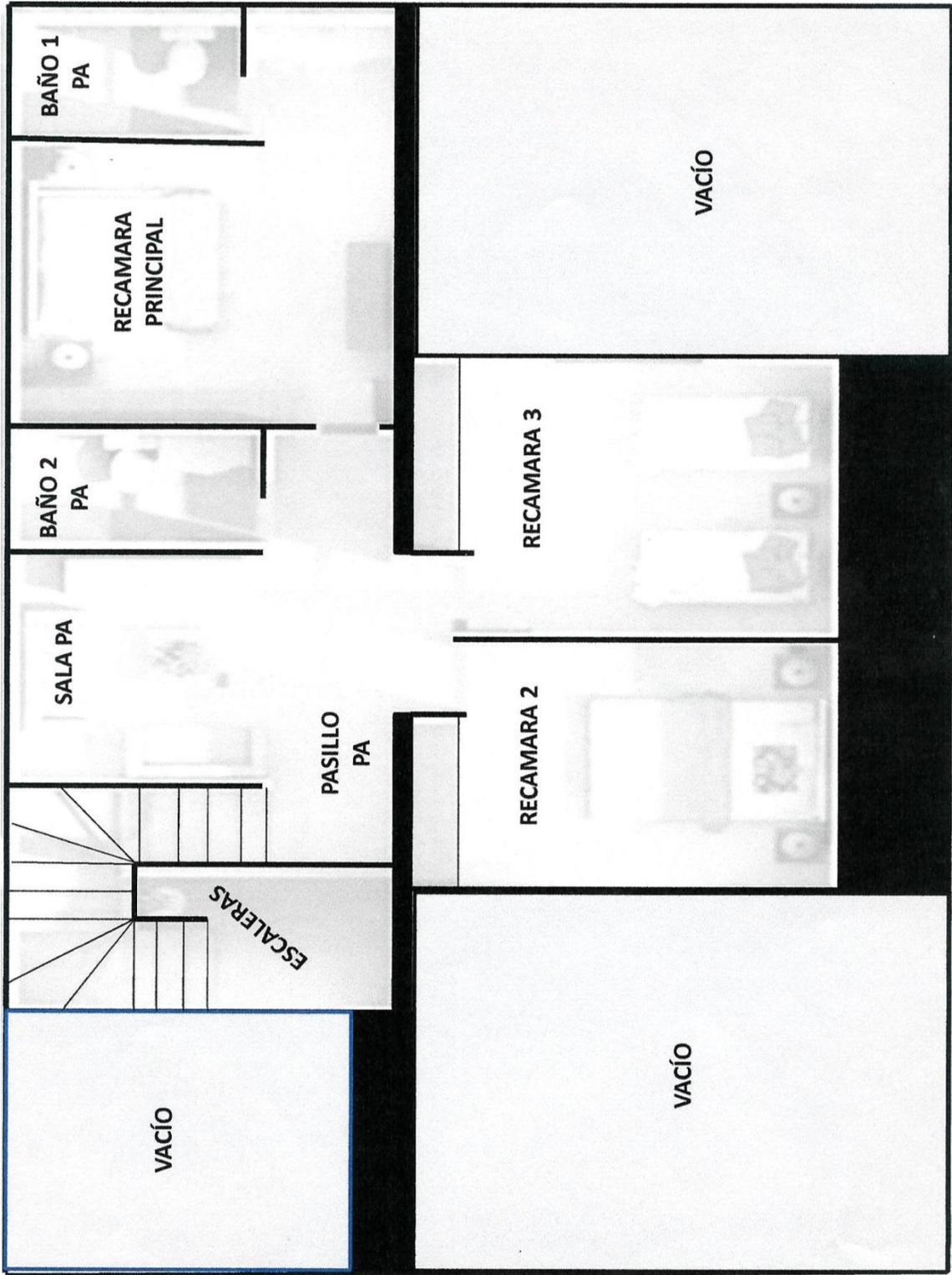


Imagen 140. Plano de obra civil planta alta.

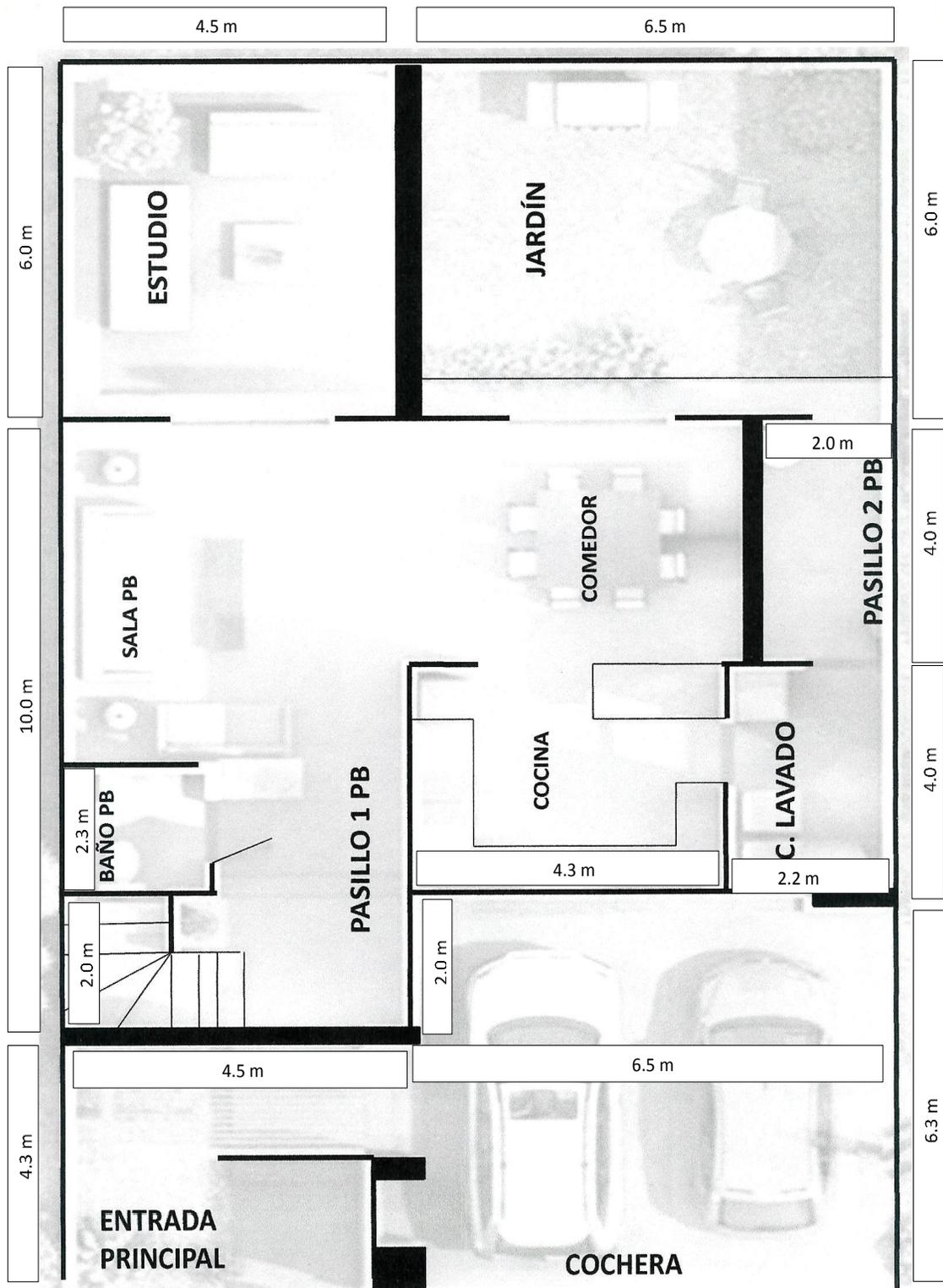


Imagen 141. Plano de obra civil planta baja con medidas.

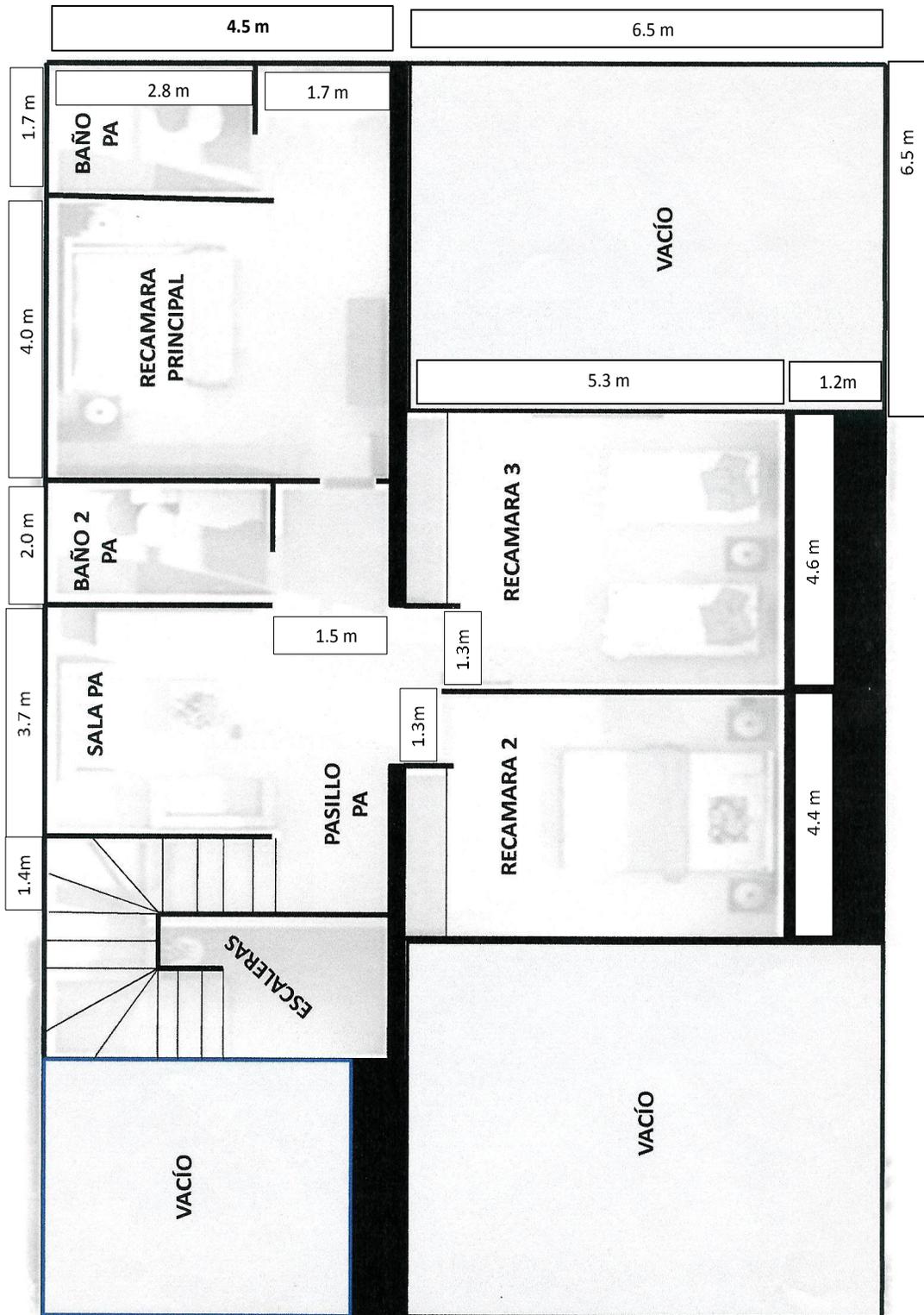


Imagen 142. Plano de obra civil planta alta con medidas.



Imagen 143. Plano de obra civil planta baja con contactos y luminarios.

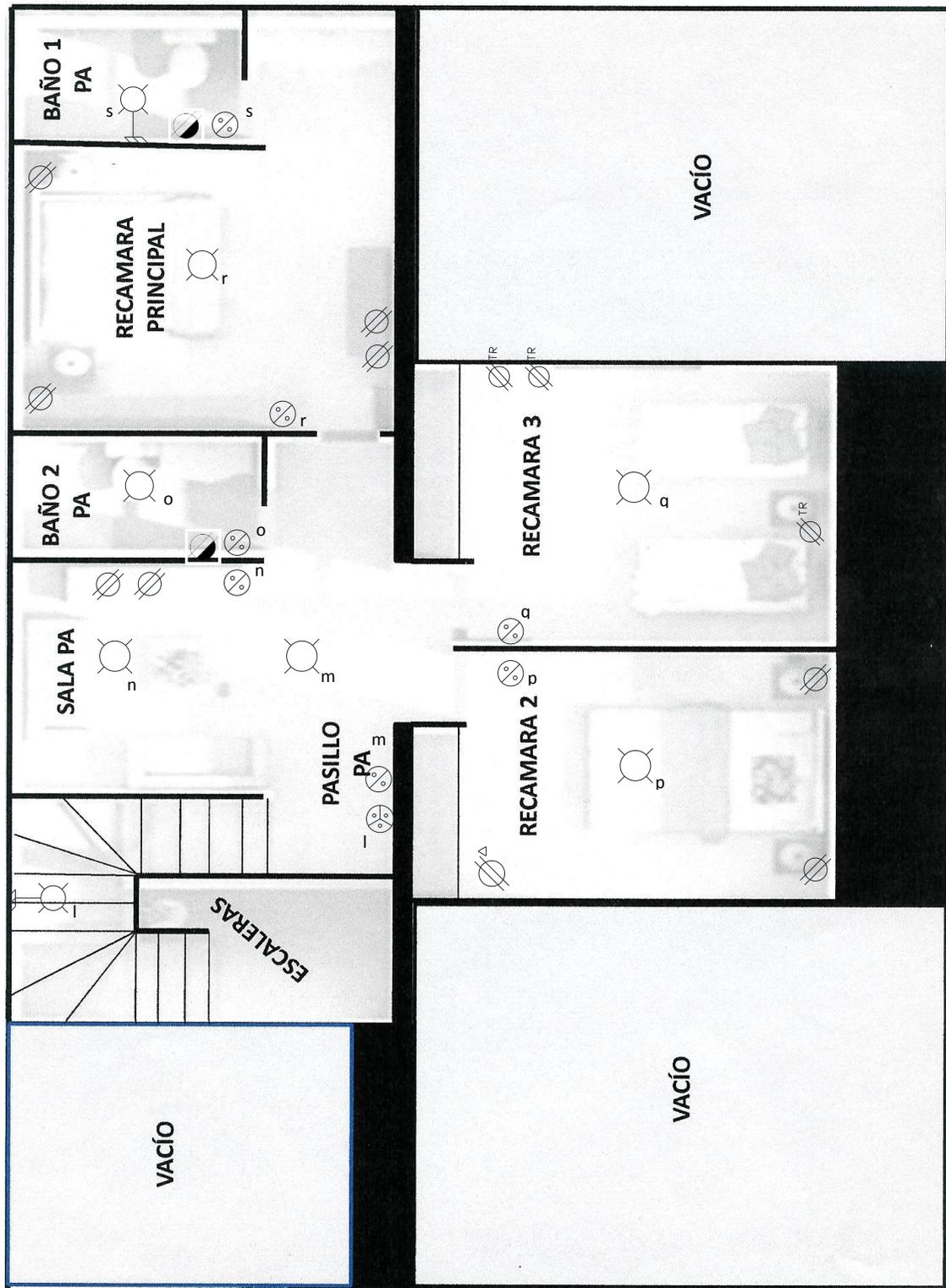


Imagen 144. Plano de obra civil planta alta con contactos y luminarios.

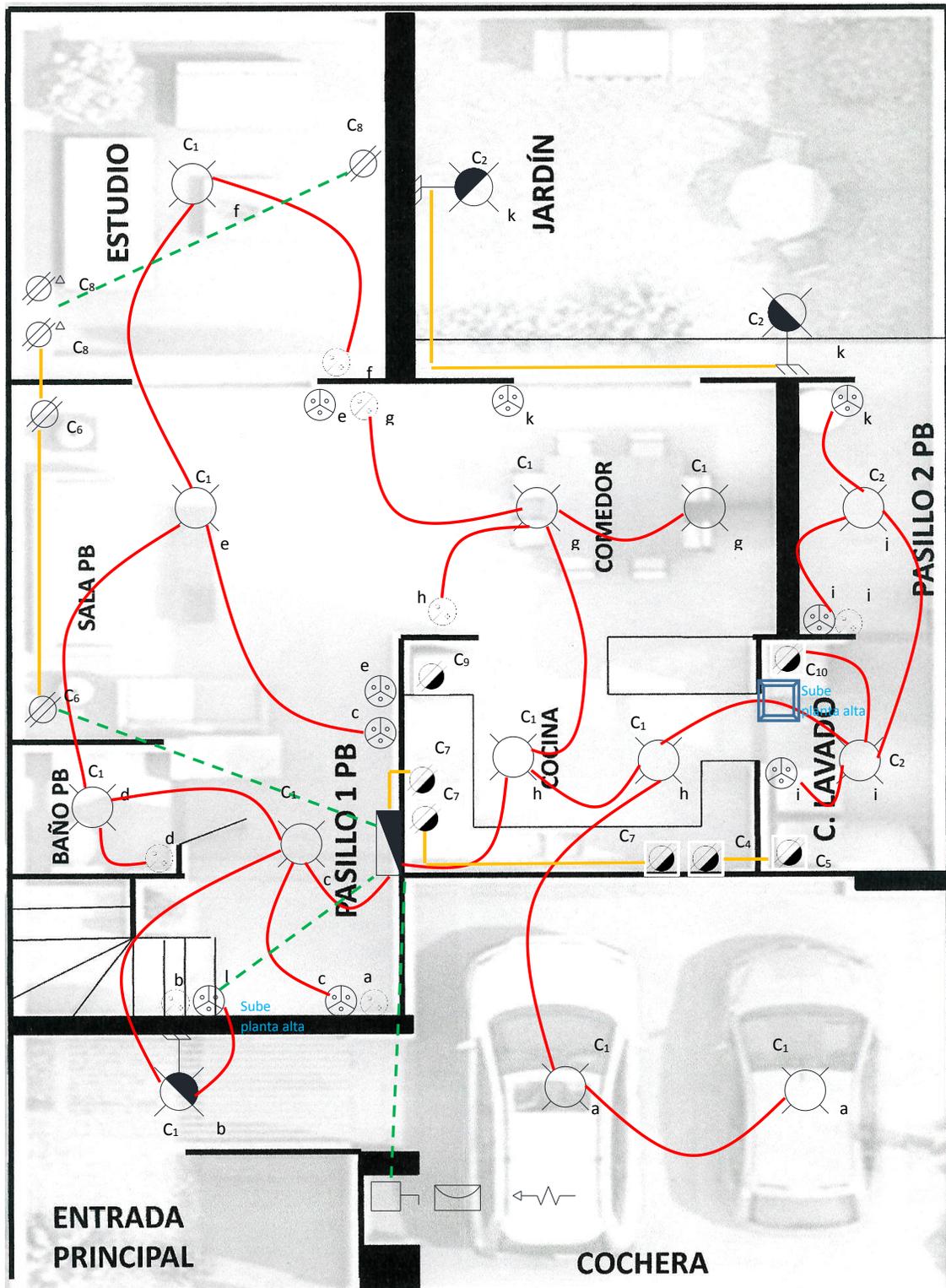


Imagen 145. Plano de Obra Civil Planta baja con canalizaciones para los diferentes circuitos derivados.

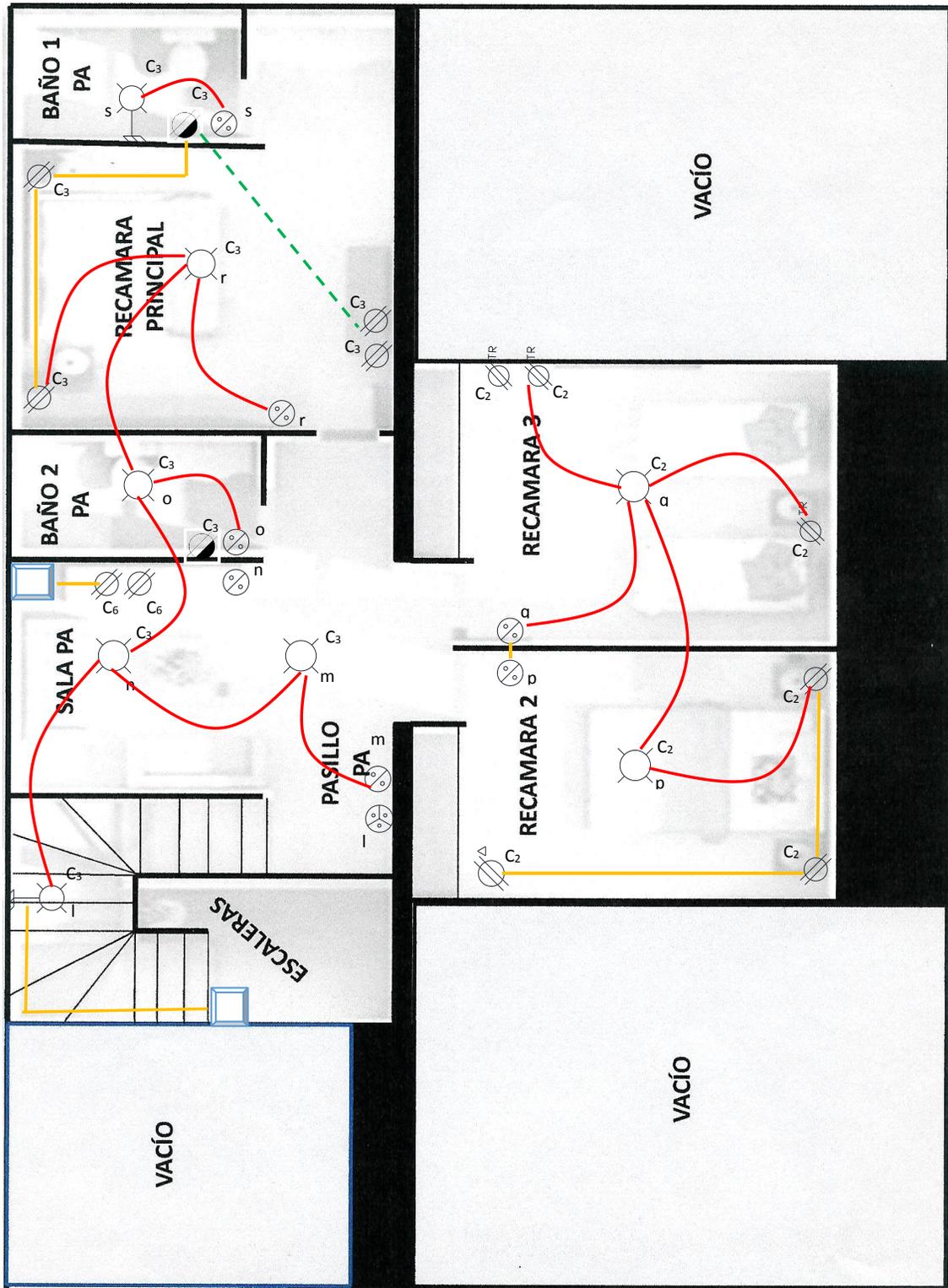
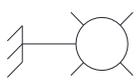


Imagen 146. Plano de Obra Civil Planta alta con canalizaciones para los diferentes circuitos derivados.

CONTEO GENERAL

Tabla 37 Número de Salidas y Cargas

| No. | Área de ocupación |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Entrada Principal | | | 1 | | | | |
| 2 | Cochera | 2 | | | | | | |
| 3 | Pasillo 1 PB | 1 | | | | | | |
| 4 | Baño PB | 1 | | | 2 | | | |
| 5 | Sala PB | 1 | | | | | | |
| 6 | Comedor | 2 | | | | | | |
| 7 | Cocina | 2 | | | | 5 | | |
| 8 | Cuarto de Lavado | 1 | | | | 2 | | |
| 9 | Pasillo 2 PB | 1 | | | | | | |
| 10 | Estudio | 1 | | | 1 | | 2 | |
| 11 | Jardín | | | 2 | | | | |
| 12 | Escaleras | | 1 | | | | | |
| 13 | Pasillo PA | 1 | | | | | | |
| 14 | Sala PA | 1 | | | 2 | | | |
| 15 | Baño 1 PA | | 1 | | | 1 | | |
| 16 | Recamara Principal | 1 | | | 4 | | | |
| 17 | Baño 2 PA | 1 | | | | 1 | | |
| 18 | Recamara 2 | 1 | | | 2 | | 1 | |
| 19 | Recamara 3 | 1 | | | | | | 3 |
| Total | | 18 | 2 | 3 | 11 | 9 | 3 | 3 |

CLASIFICACIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS

Tabla 38 Número de salidas y cargas consideradas como alumbrado general.

| No. | Área de ocupación |  0.2 [A] |  0.2[A] |  0.2 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] | Total [A] |
|---|--------------------|--|---|--|--|---|--|--|--------------|
| 1 | Entrada Principal | | | 1 | | | | | 0.2 |
| 2 | Cochera | 2 | | | | | | | 0.4 |
| 3 | Pasillo 1 PB | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 4 | Baño PB | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 5 | Sala PB | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 6 | Comedor | 2 | | | | | | | 0.4 |
| 7 | Cocina | 2 | | | | | | | 0.4 |
| 8 | Cuarto de Lavado | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 9 | Pasillo 2 PB | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 10 | Estudio | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 11 | Jardín | | | 2 | | | | | 0.4 |
| 12 | Escaleras | | 1 | | | | | | 0.2 |
| 13 | Pasillo PA | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 14 | Sala PA | 1 | | | | | | | 0.2 |
| 15 | Baño 1 PA | | 1 | | | 1 | | | 1.7 |
| 16 | Recamara Principal | 1 | | | 4 | | | | 6.2 |
| 17 | Baño 2 PA | 1 | | | | 1 | | | 1.7 |
| 18 | Recamara 2 | 1 | | | 2 | | 1 | | 4.7 |
| 19 | Recamara 3 | 1 | | | | | | 3 | 4.7 |
| Subtotal [A] | | 3.6 | 0.4 | 0.6 | 9 | 3 | 1.5 | 4.5 | 22.6 |
| Total [A] Ajuste por carga continua = (Subtotal)(1.25) | | | | | | | | | 28.25 |

Tabla 39 Número de Salidas y Cargas para circuitos de Otras Cargas.

| Número | Área de ocupación |  13 [A] |  16.5 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|---|-----------|
| 7 | Cocina | 1 | | 13 |
| 8 | Cuarto de Lavado | | 1 | 16.5 |
| Total [A] | | 13 | 16.5 | 29.5 |

Tabla 40 Número de Salidas para circuitos de 20[A] para Pequeños Aparatos eléctricos en unidades de vivienda.

| Número | Área de ocupación |  4[A] |  4[A] |  15[A] |  4[A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|---|---|---|-----------|
| 5 | Sala PB | 2 | | | | 8 |
| 7 | Cocina | | 3 | 1 | | 27 |
| 10 | Estudio | 1 | | | 2 | 12 |
| 14 | Sala PA | 2 | | | | 8 |
| Total [A] | | 20 | 12 | 15 | 8 | 55 |

Tabla 41 Número de salidas en circuitos de 20 [A] para Lavadoras en unidades de vivienda.

| Número | Área de ocupación |  20[A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|--|-----------|
| 8 | Cuarto de Lavado | 1 | 13 |
| Total [A] | | 13 | 13 |

CIRCUITOS DERIVADOS

Tabla 42 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 1.

| Número | Área de ocupación |  0.2 [A] |  0.2 [A] | Total [A] |
|---------------------------|-------------------|--|---|-----------|
| 1 | Entrada Principal | | 1 | 0.20 |
| 2 | Cochera | 2 | | 0.40 |
| 3 | Pasillo 1 PB | 1 | | 0.20 |
| 4 | Baño PB | 1 | | 0.20 |
| 5 | Sala PB | 1 | | 0.20 |
| 6 | Comedor | 2 | | 0.40 |
| 7 | Cocina | 2 | | 0.40 |
| 10 | Estudio | 1 | | 0.20 |
| Subtotal [A] | | 2.0 | 0.2 | 2.20 |
| Total [A] = Subtotal*1.25 | | | | 2.75 |

Tabla 43 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 2.

| Número | Área de ocupación |  0.2 [A] |  0.2 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] | Total [A] |
|---------------------------|-------------------|--|--|--|---|--|-----------|
| 8 | Cuarto de Lavado | 1 | | | | | 0.20 |
| 9 | Pasillo 2 PB | 1 | | | | | 0.20 |
| 11 | Jardín | | 2 | | | | 0.40 |
| 18 | Recamara 2 | 1 | | 2 | 1 | | 4.70 |
| 19 | Recamara 3 | 1 | | | | 3 | 4.70 |
| Subtotal [A] | | 0.80 | 0.40 | 3.00 | 1.50 | 4.50 | 10.20 |
| Total [A] = Subtotal*1.25 | | | | | | | 12.75 |

Tabla 44 Circuito Derivado para Alumbrado General No. 3.

| Número | Área de ocupación |  0.2 [A] |  0.2 [A] |  1.5 [A] |  1.5 [A] | Total [A] |
|---------------------------|--------------------|--|--|---|--|-----------|
| 12 | Escaleras | | 1 | | | 0.20 |
| 13 | Pasillo PA | 1 | | | | 0.20 |
| 14 | Sala PA | 1 | | | | 0.20 |
| 15 | Baño 1 PA | 1 | | | 1 | 1.70 |
| 16 | Recamara Principal | 1 | | 4 | | 6.20 |
| 17 | Baño 2 PA | | 1 | | 1 | 1.70 |
| Subtotal [A] | | 0.80 | 0.40 | 6.00 | 3.00 | 10.20 |
| Total [A] = Subtotal*1.25 | | | | | | 12.75 |

Tabla 45 Circuito Derivado para Otras Cargas No. 4.

| Número | Área de Ocupación |  13 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|-----------|
| 7 | Cocina | 1 | 13 |
| Total [A] | | 13 | 13 |

Tabla 46 Circuito Derivado para Otras Cargas No. 5.

| Número | Área de Ocupación |  16.5 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|-----------|
| 8 | Cuarto de lavado | 1 | 16.5 |
| Total [A] | | 16.5 | 16.5 |

Tabla 47 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 6.

| Número | Área de Ocupación |  4 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|--|-----------|
| 5 | Sala PB | 2 | 8 |
| 14 | Sala PA | 2 | 8 |
| Total [A] | | 16 | 16 |

Tabla 48 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 7.

| Número | Área de Ocupación |  4 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|--|-----------|
| 7 | Cocina | 3 | 12 |
| Total [A] | | 12 | 12 |

Tabla 49 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 8.

| Número | Área de Ocupación |  4 [A] |  4 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|--|--|-----------|
| 10 | Estudio | 1 | 2 | 12 |
| Total [A] | | 4 | 8 | 12 |

Tabla 50 Circuito Derivado para Pequeños Aparatos No. 9.

| Número | Área de Ocupación |  15 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|-----------|
| 7 | Cocina | 1 | 15 |
| Total [A] | | 15 | 15 |

Tabla 51 Circuito Derivado para Lavadora No. 10.

| Número | Área de Ocupación |  13 [A] | Total [A] |
|-----------|-------------------|---|-----------|
| 8 | Cuarto de Lavado | 1 | 13 |
| Total [A] | | 13 | 13 |

Factor de Demanda.

Es el porcentaje del uso de la instalación.

$$FD = \frac{DM}{CTC} \times 100$$

Donde:

FD = Factor de Demanda.

DM = Demanda Máxima [VA].

CTC = Carga Total Conectada [VA].

$$CTC_x = VI_x$$

$$CTC_{AG} = V * I_{AG} \implies 127 [V] * 28.25 [A]$$

$$\underline{CTC_{AG} = 3587.75 [VA]}$$

$CTC_{PA} = 1500 [VA] * \text{No. De Circuitos Derivados.}$

$CTC_{LAV} = 1500 [VA] * \text{No. De Circuitos Derivados.}$

Según la sección 220-52 de la NOM-001-SEDE-2012.

$$\underline{CTC_{PA} = 1500 [VA] * 4 = 6000 [VA]}$$

$$\underline{CTC_{LAV} = 1500 [VA] * 1 = 1500 [VA]}$$

$$CTC = CTC_{AG} + CTC_{PA} + CTC_{LAV} = 3587.75 + 6000 + 1500 = \mathbf{11087.75 [VA]}$$

$$DM = \frac{FD * CTC}{100} [VA]$$

Tomando en cuenta la Tabla 220-42 de la NOM-001-SEDE-2012, ver "Tabla 1" se tiene entonces que:

Los primeros 3000 [VA] se tiene un 100% Factor de Demanda por lo que:

$$DM = \frac{100 * 3000 [VA]}{100} = 3000 [VA]$$

Los siguientes 8087.75 [VA] se tiene un Factor de Demanda de 35 % por lo que:

$$DM = \frac{35 * 8087.75}{100} = 2830.7125 [VA]$$

$$\mathbf{DM = 3000 + 2830.7125 = 5830.7125 [VA]}$$

$$FD = \frac{DM [VA]}{CTC [VA]} \times 100$$

$$FD = \frac{5830.7125}{11087.75} \times 100$$

$$FD = 52.58\%$$

$$DM_{oc} = 29.5 [A] \times 127 [V] = 3746.5 [VA]$$

$$DM = 5830.7125 + 3746.5 = 9577.2125 [VA]$$

Tabla 52 Número de Fases según la Demanda

| Demanda Contratada [kW] | Número de Fases |
|---------------------------------|-----------------|
| Menor o igual a 5 | Una Fase |
| Mayor de 5 y menor o igual a 10 | Dos Fases |
| Mayor a 10 y menor o igual a 25 | Tres Fases |

Como no conocemos el factor de potencia, aplicaremos a la siguiente fórmula el valor de 1 que es el mayor valor que puede tomar, para obtener la demanda mayor que se puede presentar en [kW].

$$P = \frac{DM * FP}{1000}$$

Donde:

P = Demanda máxima real, en [kW].

DM = Demanda máxima aparente, en [VA].

FP = Factor de Potencia.

$$P = PA * FP = (9577.2125 [VA] * 1) / 1000 = 9.58 [kW]$$

Por lo tanto se tendrá una instalación de 2 fases.

Tabla 53 Balanceo de Cargas.

| CENTRO DE CARGAS | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|-------------|--------------|
| Circuito | I Total de Cto. | Ajuste de I por carga continúa. I*1.25 | Cargas no continuas | Factor de Demanda | I con Factor de Demanda | Protección | FASE A | FASE B |
| C1 AG | 2.20 | 2.75 | | 52.58 % | 1.45 | 15 | * | |
| C2 AG | 10.20 | 12.75 | | 52.58 % | 6.70 | 15 | | + |
| C3 AG | 10.20 | 12.75 | | 52.58 % | 6.70 | 15 | * | |
| C4 OC | | | 13.00 | 100% | 13.00 | 15 | | + |
| C5 OC | | | 16.50 | 100% | 16.50 | 20 | * | |
| C6 PA | | | 16.00 | 52.58 % | 8.41 | 20 | * | |
| C7 PA | | | 12.00 | 52.58 % | 6.30 | 20 | | + |
| C8 PA | | | 12.00 | 52.58 % | 6.30 | 20 | | + |
| C9 PA | | | 15.00 | 52.58 % | 7.89 | 20 | | + |
| C10 LAV | | | 13.00 | 52.58 % | 6.84 | 20 | * | |
| Total | | | | | 80.09 | | 39.9 | 40.19 |
| Protección de la fase A | | | | | | | 60 | |
| Protección de la fase B | | | | | | | | 60 |

Nota: Las mediciones están dadas en Amperes [A].

Tabla 54 Cálculo preliminar de conductores.

| Calibre del conductor en [mm ²] (AWG) | Corriente máxima que soporta el conductor |
|---|---|
| 2.08 (14 AWG) | 15 [A] |
| 3.31 (12 AWG) | 20 [A] |
| 5.26 (10 AWG) | 30 [A] |
| 8.37 (8 AWG) | 40 [A] |
| 13.3 (6 AWG) | 55 [A] |
| 21.2 (4 AWG) | 70 [A] |

De acuerdo con la tabla 310-15(b)(3)(a) de la NOM-001-SEDE-2012, ver "Tabla 17", se tiene lo siguiente:

Tabla 55 Número de Conductores Activos, Factor de Agrupamiento y Longitud de Circuitos Derivados

| Número de Circuito | Conductores Activos | Factor de Agrupamiento | Longitud [m] |
|--------------------------|---------------------|------------------------|--------------|
| C ₁ AG | 8 | 0.7 | 27 |
| C ₂ AG | 8 | 0.7 | 30 |
| C ₃ AG | 4 | 0.8 | 30 |
| C ₄ OC | 6 | 0.8 | 8 |
| C ₅ OC | 6 | 0.8 | 9 |
| C ₆ PA | 4 | 0.8 | 19 |
| C ₇ PA | 6 | 0.8 | 8 |
| C ₈ PA | 4 | 0.8 | 20 |
| C ₉ PA | 2 | 1.0 | 7 |
| C ₁₀ LAV | 8 | 0.7 | 15 |
| C _{Alimentador} | 3 | 1.0 | 8 |

Aplicando la siguiente fórmula se tiene que para cada circuito derivado le corresponde lo siguiente:

$$FT * FA * I_{MAX} > I_C$$

Donde:

FT: Factor de Temperatura = 0.91, Tabla 310-15(b)(2)(a) de la NOM-001-SEDE-2012, ver "Tabla 18".

FA: Factor de Agrupamiento, Tabla 310-15(b)(3)(a) de la NOM-001-SEDE-2012, ver "Tabla 17".

Circuito 1

$$C_1 = 0.91 * 0.7 * 15 > 2.75$$

$$C_1 = 9.55 > 2.75 ; \text{ calibre} = 2.08 [\text{mm}^2] \text{ (14 AWG)}$$

Circuito 2

$$C_2 = 0.91 * 0.7 * 15 > 12.75$$

$C_2 = 9.55 > 12.75 ;$ No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor

$$C_2 = 0.91 * 0.7 * 20 > 12.75$$

$C_2 = 12.74 > 12.75 ;$ No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor

$$C_2 = 0.91 * 0.7 * 30 > 12.75$$

$$C_2 = 19.11 > 12.75 ; \text{ calibre} = 5.26[\text{mm}^2] \text{ (10 AWG)}$$

Circuito 3

$$C_3 = 0.91 * 0.8 * 15 > 12.75$$

$C_3 = 10.92 > 12.75$; *No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor*

$$C_3 = 0.91 * 0.8 * 20 > 12.75$$

$$C_3 = 14.56 > 12.75 ; \text{ calibre} = 3.31 [\text{mm}^2] \text{ (12 AWG)}$$

Circuito 4

$$C_4 = 0.91 * 0.8 * 15 > 13.00$$

$C_4 = 10.92 > 13.00$; *No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor*

$$C_4 = 0.91 * 0.8 * 20 > 13.00$$

$$C_4 = 14.56 > 13.00 ; \text{ calibre} = 3.31 [\text{mm}^2] \text{ (12 AWG)}$$

Circuito 5

$$C_5 = 0.91 * 0.8 * 20 > 16.5$$

$C_5 = 14.56 > 16.5$; *No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor*

$$C_5 = 0.91 * 0.8 * 30 > 16.5$$

$$C_5 = 21.84 > 16.5 ; \text{ calibre} = 5.26 [\text{mm}^2] \text{ (10 AWG)}$$

Circuito 6

$$C_6 = 0.91 * 0.8 * 20 > 16.00$$

$C_6 = 10.92 > 16.00$; *No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor*

$$C_6 = 0.91 * 0.8 * 30 > 16.0$$

$$C_6 = 21.84 > 16.0 ; \text{ calibre} = 5.26 [\text{mm}^2] \text{ (10 AWG)}$$

Circuito 7

$$C_7 = 0.91 * 0.8 * 20 > 12.00$$

$$C_7 = 14.56 > 12.00; \text{ calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (12 AWG)}$$

Circuito 8

$$C_8 = 0.91 * 0.8 * 20 > 12.00$$

$$C_8 = 14.56 > 12.00; \text{ calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (12 AWG)}$$

Circuito 9

$$C_9 = 0.91 * 1.0 * 20 > 15.00$$

$$C_9 = 18.20 > 15.00; \text{ calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (12 AWG)}$$

Circuito 10

$$C_{10} = 0.91 * 0.7 * 20 > 13.00$$

$C_{10} = 12.74 > 13.00$; *No cumple por lo que se aumenta en uno el tamaño del conductor*

$$C_{10} = 0.91 * 0.7 * 30 > 13.00$$

$$C_{10} = 19.11 > 13.00; \text{ calibre} = 5.26 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (10 AWG)}$$

Circuito Alimentador tomaremos solo la fase de mayor corriente, pero la aplicaremos a ambas.

$$C_{\text{Alimentador}} = 0.91 * 1 * 55 > 40.20$$

$$C_{\text{Alimentador}} = 50.05 > 40.20; \text{ calibre} = 13.3 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (6 AWG)}$$

Determinación del conductor por ajuste de Caída de Tensión.

Utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{2 * Z * L * I_C}{V_0} X 100$$

Donde:

ΔV : Caída de Tensión [V]

Z: Impedancia del conductor [Ω/km]

L: Longitud del circuito en [km]

I_C : Corriente del circuito [A]

V_0 : Tensión de entrada [V]

La diferencia máxima permitida es menor o igual a 5%. Este porcentaje usualmente se divide en 2 circuito alimentador y circuitos derivados. A su vez se recomienda que para circuitos alimentadores el porcentaje permitido sea menor o igual al 2% y el 3% restante sea para los circuitos derivados.

Tabla 56 Calibre contra Impedancia.

| Calibre | Impedancia [Ω/km] |
|---------------|----------------------------|
| 2.08 (14 AWG) | 10.2 |
| 3.31 (12 AWG) | 6.56 |
| 5.26 (10 AWG) | 3.94 |
| 8.37 (8 AWG) | 2.56 |
| 13.3 (6 AWG) | 1.62 |

$$C_A \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 1.62)(0.008)(40.2)}{127} X 100 = 0.82\% \text{ Es menor a } 2\%; \text{ Calibre} = 13.3 [\text{mm}^2] \text{ (6 AWG).}$$

$$C_1 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 10.2)(0.027)(2.75)}{127} X 100 = 1.20\% \text{ Es menor a } 3\%; \text{ Calibre} = 2.08 [\text{mm}^2] \text{ (14 AWG).}$$

$$C_2 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 3.94)(0.03)(12.75)}{127} X 100 = 2.37\% \text{ Es menor a } 3\%; \text{ Calibre} = 5.26 [\text{mm}^2] \text{ (10 AWG).}$$

$$C_3 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 6.56)(0.030)(12.75)}{127} X 100 = 3.95\% \text{ No es menor a } 3\% \text{ por lo que se verifica con el calibre siguiente.}$$

$$C_3 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 3.94)(0.030)(12.75)}{127} X 100 = 2.37\% \text{ Es menor a } 3\%; \text{ Calibre} = 5.26 [\text{mm}^2] \text{ (10 AWG).}$$

$$C_4 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 6.56)(0.008)(13.0)}{127} X 100 = 1.07\% \text{ Es menor a } 3\%; \text{ Calibre} = 2.08 [\text{mm}^2] \text{ (12 AWG).}$$

$$C_5 \rightarrow \Delta V = \frac{(2 * 3.94)(0.009)(16.5)}{127} X 100 = 0.92\% \text{ Es menor a } 3\%; \text{ Calibre} = 3.31 [\text{mm}^2] \text{ (10 AWG).}$$

$$C_6 \rightarrow \Delta V = \frac{(2*3.94)(0.019)(16.0)}{127} X100 = 1.88\% \text{ Es menor a } 3\% ; \text{ Calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} (10 \text{ AWG}).$$

$$C_7 \rightarrow \Delta V = \frac{(2*6.56)(0.008)(12.0)}{127} X100 = 0.99\% \text{ Es menor a } 3\% ; \text{ Calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} (12 \text{ AWG}).$$

$$C_8 \rightarrow \Delta V = \frac{(2*6.56)(0.020)(12.0)}{127} X100 = 2.47\% \text{ Es menor a } 3\% ; \text{ Calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} (12 \text{ AWG}).$$

$$C_9 \rightarrow \Delta V = \frac{(2*6.56)(0.007)(15.0)}{127} X100 = 1.08\% \text{ Es menor a } 3\% ; \text{ Calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} (12 \text{ AWG}).$$

$$C_{10} \rightarrow \Delta V = \frac{(2*3.94)(0.015)(13.0)}{127} X100 = 1.20\% \text{ Es menor a } 3\% ; \text{ Calibre} = 3.31 \text{ [mm}^2\text{]} (10 \text{ AWG}).$$

Tabla 57 Calibre Preliminar, Calibre Final, Protección y Conductor de puesta a tierra

| Número de Circuito | Corriente [A] | Calibre Preliminar | ΔV | Calibre Final | Protección [A] | Calibre de Puesta a Tierra |
|--------------------|---------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1 | 2.75 | 2.08[mm ²] (14 AWG) | 1.20 | 2.08[mm ²] (14 AWG) | 15 | 2.08 [mm ²] 14 AWG |
| 2 | 12.75 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 2.37 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 15 | 2.08 [mm ²] 14 AWG |
| 3 | 12.75 | 3.31[mm ²] (12 AWG) | 2.37 | 5.26[mm ²] (10 AWG) | 15 | 2.08 [mm ²] 14 AWG |
| 4 | 13.00 | 3.31[mm ²] (12 AWG) | 1.07 | 3.31[mm ²] (12 AWG) | 15 | 2.08 [mm ²] 14 AWG |
| 5 | 16.50 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 0.92 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| 6 | 16.00 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 1.88 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| 7 | 12.00 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 0.99 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| 8 | 12.00 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 2.47 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| 9 | 15.00 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 1.08 | 3.31 [mm ²] (12 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| 10 | 13.00 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 1.20 | 5.26 [mm ²] (10 AWG) | 20 | 3.31 [mm ²] 12 AWG |
| CA | 40.20 | 13.3[mm ²] (6 AWG) | 0.82 | 13.3[mm ²] (6 AWG) | 2X60 | 5.26 [mm ²] 10 AWG |

NOTA: El calibre del conductor de puesta a tierra fue referenciado de la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, ver "Tabla 24".

CÁLCULO DE LA TUBERÍA

$$POC = \frac{ATC}{ATIT} X100 \leq 40\%$$

Donde:

POC: Porcentaje de Ocupación de Conduit.

ATC: Área total del Conductor.

ATIT: Área Total del Interior del Tubo.

Tabla 58 Área del conductor

| Calibre del Conductor | Área [mm ²] |
|-----------------------|-------------------------|
| 2.08 (14 AWG) | 8.97 |
| 3.31 (12 AWG) | 11.7 |
| 5.26 (10 AWG) | 15.7 |
| 8.37 (8 AWG) | 28.2 |
| 13.3 (6 AWG) | 46.8 |

Tabla 59 Área interior conduit

| Tubería en [mm] | Área Interior en [mm ²] |
|-----------------|-------------------------------------|
| 13 (1/2 [in]) | 196 |
| 19 (3/4 [in]) | 356 |
| 25 (1 [in]) | 572 |

Calculando el tramo de tubería con 8 conductores activos se tiene que:

$$ATC = (5 * 8.97) + (1 * 11.7) + (4 * 15.7) = 119.35 [mm^2]$$

Se hará el primer cálculo utilizando tubería de 13 [mm] (1/2 [in])

$$POC = \frac{119.35 [mm^2]}{196 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 60.9\% \leq 40\%$ No cumple, por lo que se aumentará a tubería de 19 [mm] (3/4 [in]).

$$POC = \frac{119.35 [mm^2]}{356 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 33.52\% \leq 40\%$ Por lo tanto, el tamaño de la tubería será de 19 [mm] (3/4 [in]).

Calculando el tramo de tubería con 6 conductores activos se tiene que:

$$ATC = (5 * 11.7) + (2 * 15.7) = 89.9 [mm^2]$$

Se hará el primer cálculo utilizando tubería de 13 [mm] (1/2 [in])

$$POC = \frac{89.9 [mm^2]}{196 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 45.86\% \leq 40\%$ No cumple, por lo que se aumentará a tubería de 19 [mm] (3/4 [in]).

$$POC = \frac{89.9 [mm^2]}{356 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 25.25\% \leq 40\%$ Por lo tanto, el tamaño de la tubería será de 19 [mm] (3/4 [in]).

Calculando el tramo de tubería que llega al alimentador:

$$ATC = (3 * 46.8) + (2 * 15.7) + (2 * 11.7) = 195.2 [mm^2]$$

Se hará el primer cálculo utilizando tubería de 19 mm (3/4 [in])

$$POC = \frac{195.2 [mm^2]}{356 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 54.83\% \leq 40\%$ No cumple, por lo que se aumentará a tubería de 25 [mm].

$$POC = \frac{195.2 [mm^2]}{572 [mm^2]} \times 100 \leq 40\%$$

$POC = 34.12\% \leq 40\%$ Por lo tanto, el tamaño de la tubería será de 25 [mm] (1 [in]).

DIAGRAMA DE CONEXIONES

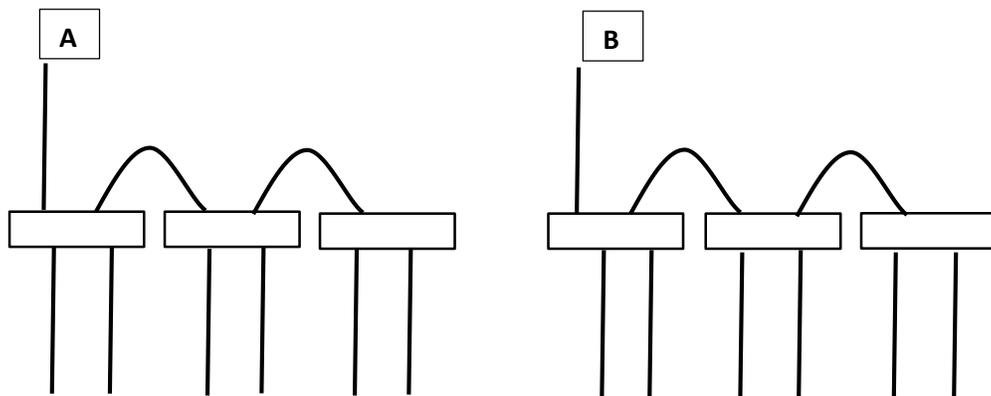


Imagen 147 Diagrama de distribución de conexiones dentro del centro de carga.

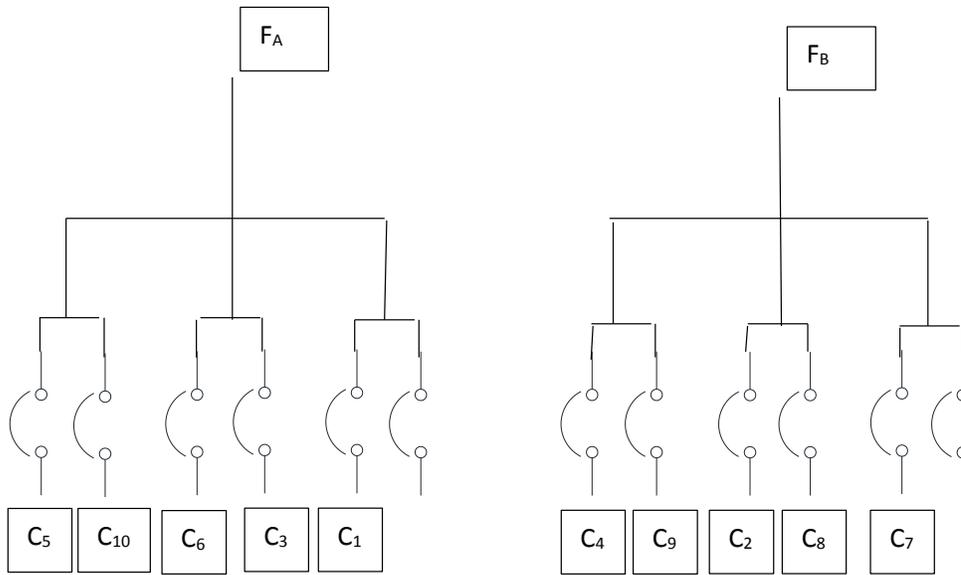


Imagen 148 Detalle de la distribución de los circuitos derivados dentro del centro de carga.

DIAGRAMA UNIFILAR

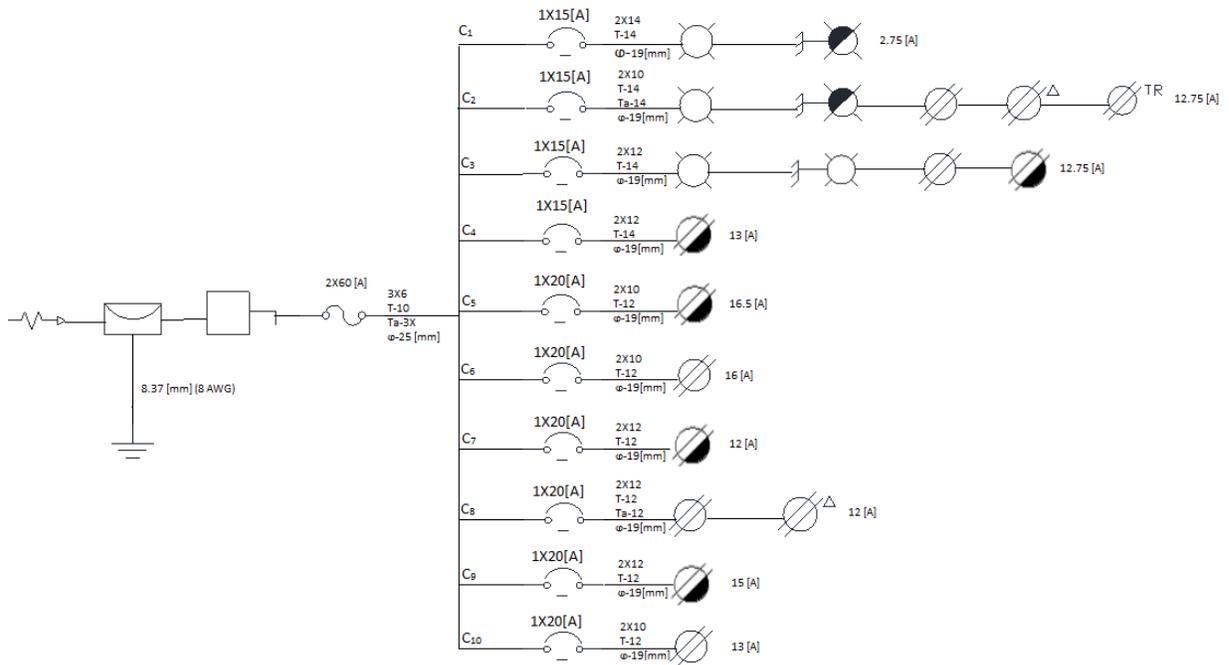


Imagen 149 Diagrama unifilar.

NOTAS GENERALES

- El diseño fue con base a la NOM-001-SEDE-2012 y Manual Técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión.
- Simbología: consultar Tabla 15.
- Todas las tuberías serán de 19 [mm] para estandarizar salvo el tramo del alimentador que en este caso se utilizara de 25 [mm].
- Detalle de puesta a tierra.

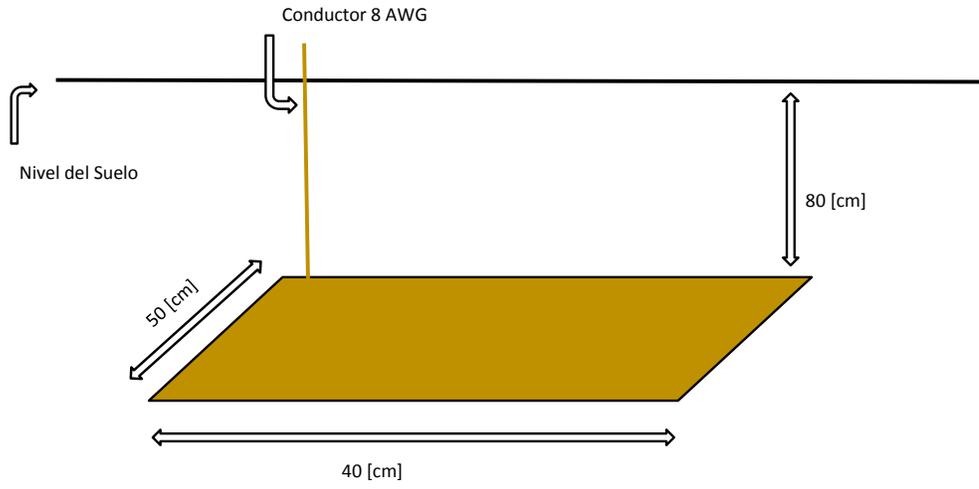


Imagen 150 Detalle de puesta a tierra

6.2 Ejemplo de un CAFÉ INTERNET

Al colocar un negocio es común que el local sea rentado y no cuenta con el mobiliario ni la instalación eléctrica acorde a las necesidades o tipo de negocio a colocar. Por eso es importante acondicionar, además del mobiliario, la instalación eléctrica.

6.2.1 Plano de obra civil

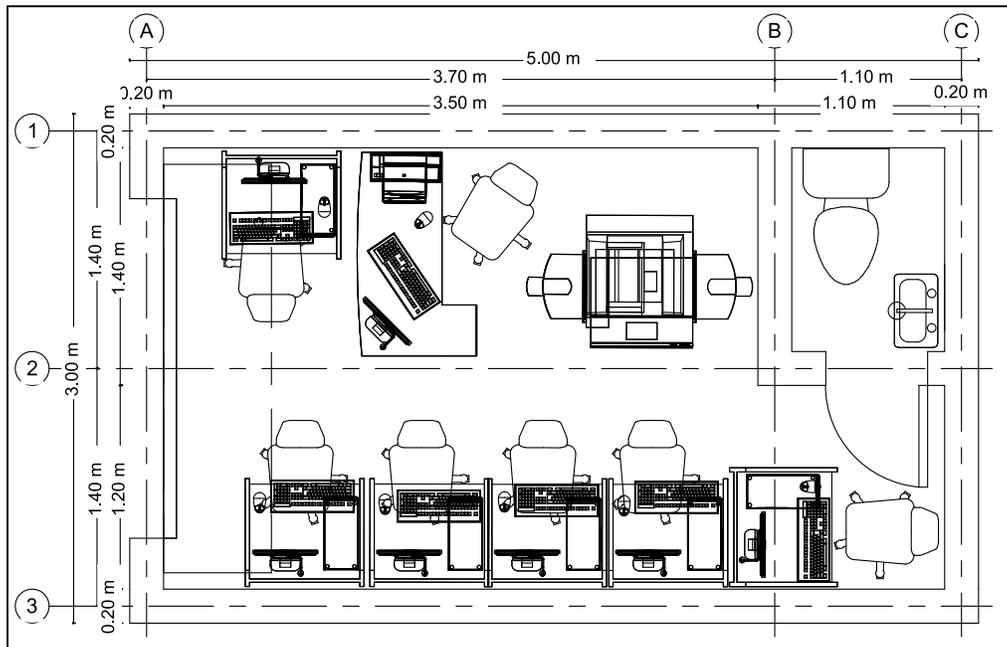


Imagen 151. Plano de distribución del café internet.

6.2.2 Determinación de las cargas

En este ejemplo las cargas eléctricas que se requieren alimentar de acuerdo a la "Imagen 151" son:

- 1 fotocopiadora, 7 Computadoras (CPU y monitor), 1 impresora.

También se brindará el servicio de actualización de equipo de cómputo, mantenimiento y reparación, por lo que el cliente requiere alimentar:

- 2 CPU.

Por ser un café internet necesitará alimentar:

- 1 modem y 1 switch de 16 puertos (para 9 CPU's, 1 fotocopiadora y 1 impresora).

El local será atendido por una persona principalmente, sin embargo, se prevé que exista un ayudante por lo que también se requiere alimentar:

- 2 cargadores de celular o Tablet.

Para la iluminación se requiere alimentar:

- 1 foco para el baño y 5 para el área de cómputo. Todos ahorradores equivalentes a los incandescentes de 100 [W].

Todo lo anterior será alimentado por un centro de carga, el cual se ubicará cerca del área del encargado.

En la mesa del encargado, además de la impresora y su PC, se colocarán: el modem, el switch, los celulares o Tablet; y cerca de la mesa se requerirá conectar 2 CPU's (para reparación, mantenimiento o actualización).

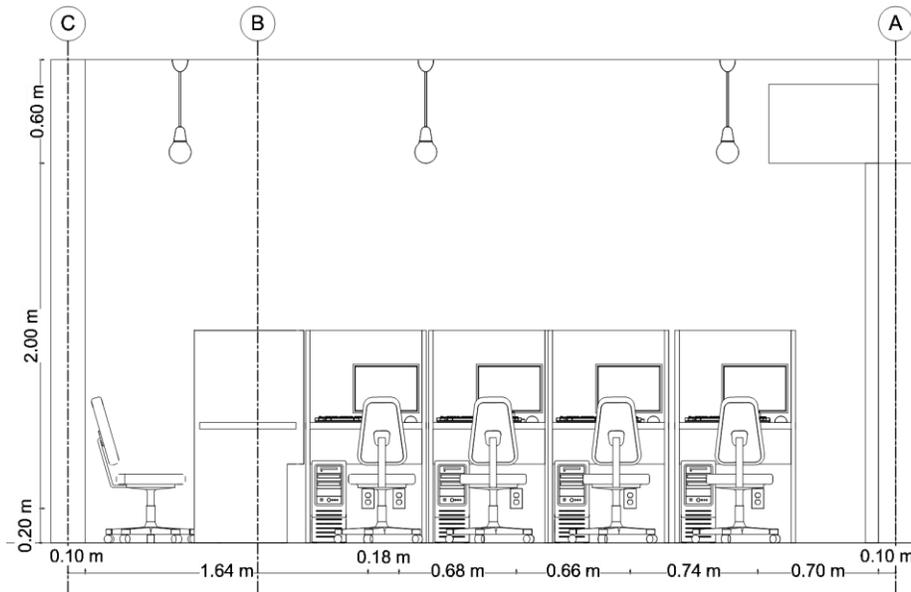


Imagen 152. Plano de corte, área de PC con la ubicación de los contactos.

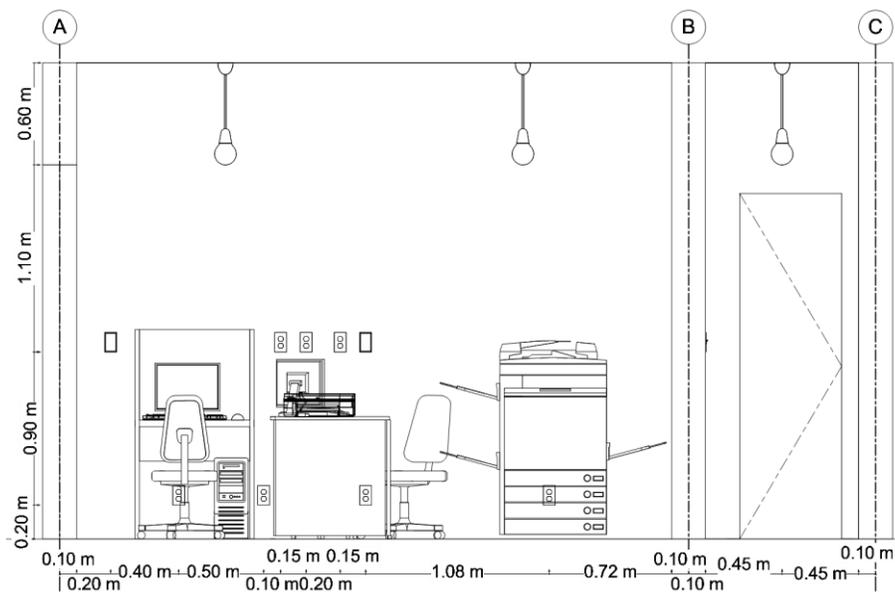


Imagen 153. Plano de corte, área del encargado, ubicación de los contactos y apagadores.

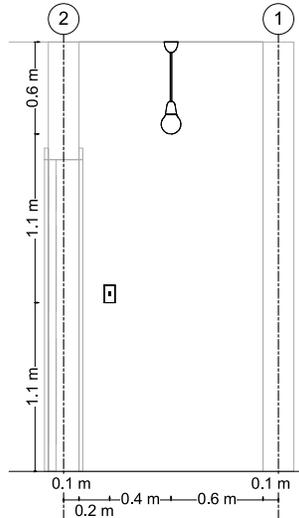


Imagen 154. Plano de corte del baño, ubicación de foco y apagador.

6.2.3 Cálculo de corrientes por carga o salida

En la "Tabla 60" se muestran los valores de corriente obtenida de las hojas de datos o de las placas de los productos.

Tabla 60 Datos de placa

| Producto | Corriente | Voltaje nominal | Frecuencia | Consumo de energía | Consumo de energía en modo de reserva/reposo |
|---|-----------------|--|---------------------|--------------------|--|
| Fotocopiadora Canon Color imageRUNNER C2620 | 15[A] | 120[V] | 60[Hz] | | |
| CPU | 6[A] | 100-127[V] | 47-63[Hz] | | |
| Monitor plano de 17 pulgadas DELL E170S | 2,0[A] (máximo) | 100 a 240 VAC | 50 ó 60[Hz] + 3[Hz] | 17[W] (típico) | Menos de 1 watt |
| Impresora EPSON L120 | 0.5-0.3 [A] | 100-240[V] (voltaje de entrada 90 a 264 [V]) | 50 a 60[Hz] | 10 [W] | |
| MODEM* | 0.3-0.6[A] | 127[V] | 60[Hz] | | |
| Switch de 8 o 16 puertos* | 0.3-0.6[A] | 127[V] | 60[Hz] | | |

*Datos comunes de la fuente de alimentación externa

Se planea instalar 5 focos ahorradores en el área del café internet y uno en el baño, todos equivalentes a los incandescentes de 100[W]. De acuerdo a la "Tabla 14" se observa que las equivalentes son hasta de 26[W] y en la "Tabla 61" se muestra otro sondeo de Profeco.

Tabla 61. Consumo de lámparas fluorescentes

| Tensión de alimentación de 120 volts | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Consumo en [W] | |
| Lámpara Fluorescente | Foco incandescente |
| 15 | 60 |
| 18 a 22 | 75 |
| 23 a 28 | 100 |
| 39 | 150 |

Fuente: http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2011/bol198_lamp_ahorradoras.asp

Como no se conoce la marca y modelo de lámparas ahorradoras que se usarán se tomará el valor mayor que será de 28[W], además estas comúnmente tienen un factor de potencia del 0.5 o mayor, se elige el valor de 0.5 y se determinará su corriente.

$$I = \frac{P}{V * f.p} = \frac{28[W]}{127[V] * 0.5} = 0.441[A]$$

Además, se ofrecerá el servicio de actualización de equipo de cómputo, mantenimiento y reparación. Para esto se espera conectar dos CPU's y se requieren dos contactos de uso general para cargadores de celular o laptops.

Se considerará una corriente de 6[A] para cada CPU que se espera reparar y para los contactos de uso general una potencia aparente de 180[VA].

Por lo tanto, la corriente de los contactos será:

$$I = \frac{180[VA]}{127[V]} = 1.41[A]$$

De acuerdo al Manual de Condumex se puede considerar una corriente de 1.5 [A].

Tabla 62 Características de las cargas

| Producto o carga | Corriente [A] | Voltaje [V] | Potencia Aparente [VA] |
|--------------------------|---------------|-------------|------------------------|
| Fotocopiadora | 15 | 120 | 1800 |
| CPU | 6 | 127 | 762 |
| Monitor | 2 | 127 | 254 |
| Impresora | 0.5 | 127 | 63.5 |
| Modem | 0.6 | 127 | 76.2 |
| Switch | 0.6 | 127 | 76.2 |
| Focos ahorradores | 0.441 | 127 | 56 |
| Contactos de uso general | 1.5 | 127 | 180 |

6.2.4 Clasificación de las cargas

Alumbrado general: Focos ahorradores y contactos de uso general.

A diferencia de las unidades de vivienda donde hay circuitos de “Pequeños Aparatos” y “Otras Cargas”, estos circuitos sólo son aplicables a unidades de vivienda, sin embargo, por comodidad recomendaremos agruparlos como en los circuitos de la vivienda y quedarían de la siguiente manera.

Pequeños aparatos: Impresora, modem, switch.

Otras cargas: Fotocopiadora, CPU, Monitor.

La clasificación se recomienda hacer de la siguiente manera, para contactos de uso general que van con el alumbrado, se conectarán aparatos con un consumo de hasta 1.5 [A], para pequeños aparatos de 1.5 [A] hasta 4[A] y para otras cargas aparatos con una corriente mayor a 4[A].

Y al leer el párrafo anterior se preguntará ¿Por qué la impresora y el switch no se colocó en alumbrado general?, y la razón es porque son aparatos electrónicos, que además se conectarán, mediante cable Ethernet, entre sí, con las computadoras y con la fotocopiadora, creando una red. Por lo tanto, como las computadoras necesitan contactos de tierra aislada los dispositivos que estén en red con estas también se conectarán a este tipo de contactos.

El monitor como esta en conjunto con el CPU y por comodidad estarán en el mismo circuito, se clasifico en otras cargas.

La actividad en un café internet es similar a una oficina y de acuerdo a la "Tabla 19" la carga unitaria mínima para alumbrado general deberá de ser de 39 [VA/m²]. Se tiene un área de 15[m²] entonces:

$$Carga\ unitaria = \frac{6(56[VA]) + 2(180[VA])}{15[m^2]} = 46.4[VA/m^2]$$

No se puede agregar la carga de pequeños aparatos a alumbrado general por que no es vivienda y porque sólo se usó el termino por comodidad.

6.2.5 Cálculo adicional

Se comprobará el nivel de iluminación, como referencia se utiliza la “Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.” En la "Tabla 63" se muestran los niveles de iluminación y se considera como una sala de cómputo, esto principalmente porque se ofrecerá el servicio de reparación y mantenimiento del hardware del equipo, lo que requiere iluminación suficiente para distinguir los detalles y esto adicionalmente beneficiará a los clientes que vayan al “café - internet” a capturar datos. Por lo tanto, el nivel mínimo de iluminación requerido es de 500 luxes.

Tabla 63 Niveles de Iluminación

| Tarea Visual del Puesto de Trabajo | Área de Trabajo | Niveles Mínimos de Iluminación (luxes) |
|---|--|--|
| En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos. | Exteriores generales: patios y estacionamientos. | 20 |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos. | Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia. | 50 |
| En interiores. | Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas. | 100 |
| Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina. | Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería. | 200 |
| Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina. | Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas. | 300 |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio. | Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios. | 500 |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas. | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad. | 750 |
| Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos. | Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos. | 1000 |
| Alto grado de especialización en la distinción de detalles. | Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. | 2000 |

Tabla 1 de la NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Se ha planeado instalar cinco lámparas ahorradoras equivalente a las incandescentes de 100[W] (1560 [lumen]), por lo que se considerará un coeficiente de utilización de 0.3, por ser fluorescentes.

$$E = \frac{1560 \text{ [lumens]} * 0.3}{(3.5[m] * 2.6[m]) + (1.2[m] * 1.1[m])} = 224.57 \text{ [luxes]}$$

El coeficiente de utilización es la relación de los lúmenes de la luminaria que llegan al área de trabajo entre los lúmenes que salen de dicha luminaria.

Hasta aquí es un nivel bajo incluso para oficina y poner por lo menos seis focos ahorradores más en esa área se ve excesivo. Sin embargo, aún no se ha considerado la temperatura de color, mientras que en la "sección 2.7.4" se mencionan que tonos de color son recomendables para cada actividad, aquí se mostrara los cálculos para obtener la iluminación de acuerdo a la necesidad. En esta área se pueden usar focos fluorescentes de temperatura neutra o de temperatura fría.

En las viviendas y pequeños comercios la posición de las luminarias es de acuerdo a la experiencia, y la selección de la lámpara ahorradora es de acuerdo a la que sea más agradable, lo cual es la parte más importante. En la "Imagen 87. Exposición de diferentes temperaturas de color" se observa que la luz se va volviendo azul al aumentar la temperatura de color, para explicar que sucede en el ojo se citara un artículo del Ing. Alex Ramírez.

“en 1962 el científico alemán Herman Bouma encontró que la longitud de onda de la luz y por lo tanto el color de la luz tenía un efecto directo en el tamaño de su pupila y que la reducción era mayor con las radiaciones azules de 490 nm que las de 555 nm, contrario a la teoría de 1924. Una pupila de menor tamaño favorece la agudeza visual al mejorar la profundidad de campo y permitir una mejor acomodación del ojo. Análogamente y como lo sabe cualquier aficionado a la fotografía, una menor apertura del lente permite una mayor profundidad de campo y las imágenes se ven más definidas. Se comprobó desde entonces que una lámpara con alta temperatura de color que produce luz azulada permite ver mejor los detalles y crear la sensación de tener un ambiente más iluminado que una lámpara de luz cálida aun cuando un luxómetro fotópico registre los mismos luxes.”⁸

En la "Imagen 155" se muestra la sensibilidad de los conos en el día, curva fotópica y la sensibilidad de los bastones en la noche, curva escotópica.

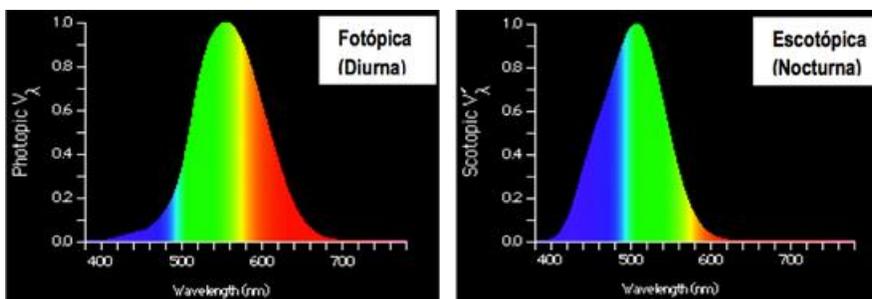


Imagen 155. Curvas de sensibilidad del ojo humano, fotópica(P) y escotópica(S).⁸

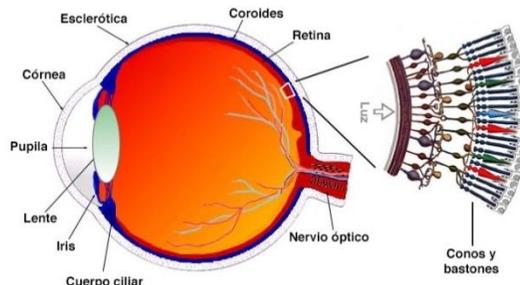


Imagen 156. Conos y bastones en el ojo.

Fuente: <http://www.blueconemonochromacy.org/es/how-the-eye-functions/>

Las curvas mostradas son para el día y la noche sin iluminación artificial, como la iluminación artificial es utilizada en la noche esto da como resultado un área que no es lo suficiente oscura

para considerar la curva escotópica, ni se tiene la iluminación que brinda el sol en el día para considerar la curva fotópica, razón por la que las medidas de un luxómetro fotópico no serán del todo convincentes comparado con lo que percibe el ojo.

Con los 5 focos ahorradores se espera una iluminancia de 224.57 *luxes fotópicos*, para obtener lo que percibe el ojo se obtendrá lo que el Ing. Ramírez llama "*lúmens verdaderos o tlm por sus siglas en inglés (true lumen)*" y esto se obtiene de acuerdo a lo propuesto por el doctor Dr. Berman⁸.

$$tlm = \varphi \left(\frac{S}{P} \right)^n$$

Donde:

tlm: Lúmenes verdaderos

Φ : Flujo luminoso, en lúmens

$\left(\frac{S}{P} \right)$: Relación entre la curva escotópica y fotópica (depende de las características de la luminaria)

n: exponente que depende de la tarea.

Para el uso de la computadora el Dr. Berman propuso a n=1, el foco ahorrador será de luz fría. Arbitrariamente se seleccionó el foco mostrado en la "Imagen 157", el cual tiene un índice de reproducción cromática igual o mayor a 80 y una temperatura de color de 6500 K, por lo tanto, su valor S/P es de 2.14⁹.



Imagen 157. Foco ahorrador 23W/865. (Fuente: <http://www.lacomex.com.mx>)

$$tlm = 1426(2.14)^1 = 3051.6 \text{ lúmens verdaderos}$$

Usando este valor se tiene que:

$$E = \frac{5 * 3051.6 \text{ lúmens verdaderos} * 0.3}{(3.5m * 2.6m) + (1.2m * 1.1m)} = 439.28 \text{ luxes verdaderos}$$

Este valor obtenido es menor a 500 luxes, por lo que se agregará otro foco ahorrador.

$$E = \frac{6 * 3051.6 \text{ lumens verdaderos} * 0.3}{(3.5m * 2.6m) + (1.2m * 1.1m)} = 527.15 \text{ luxes verdaderos}$$

Para que quede simétrico y la distribución de iluminación sea uniforme se pondrán 8 focos ahorradores en total (ver "Imagen 158", "Imagen 159" e "Imagen 160").

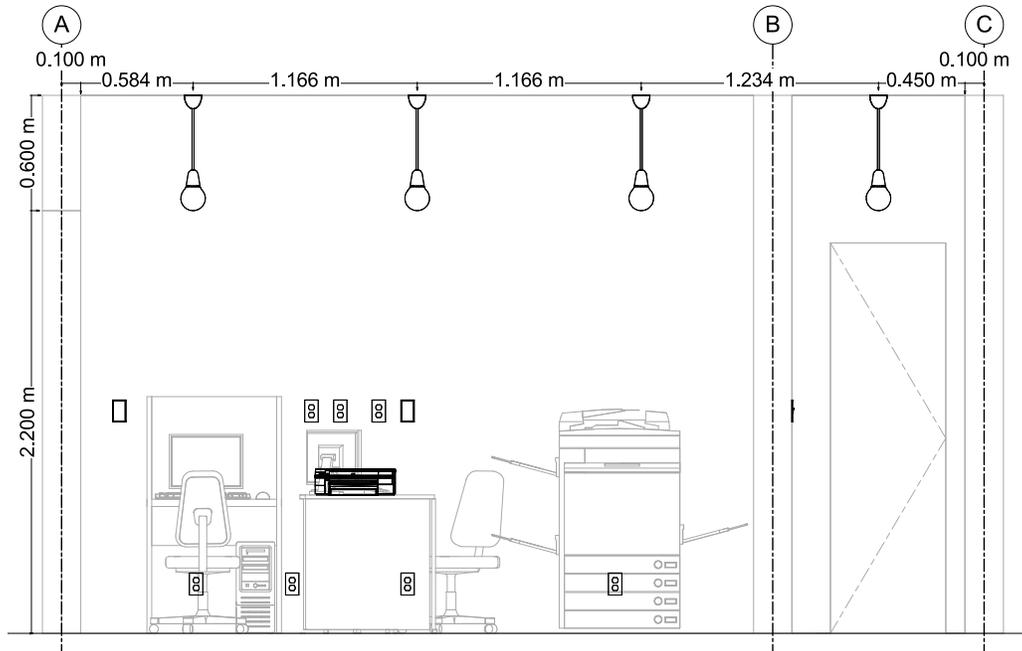


Imagen 158. Cotas de los focos (1), (entre B y C está el foco del baño).

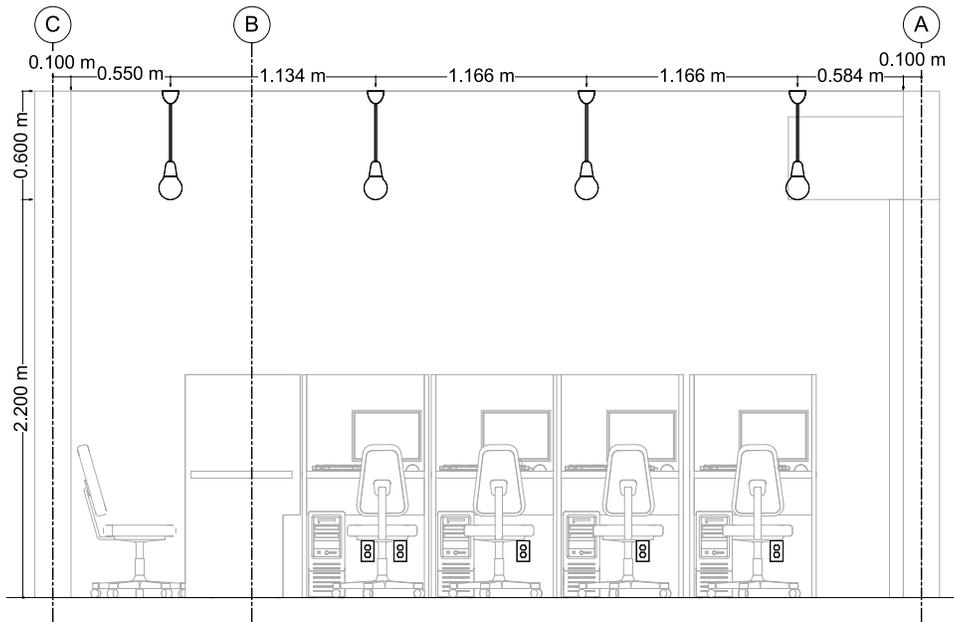


Imagen 159. Cotas de los focos (2).

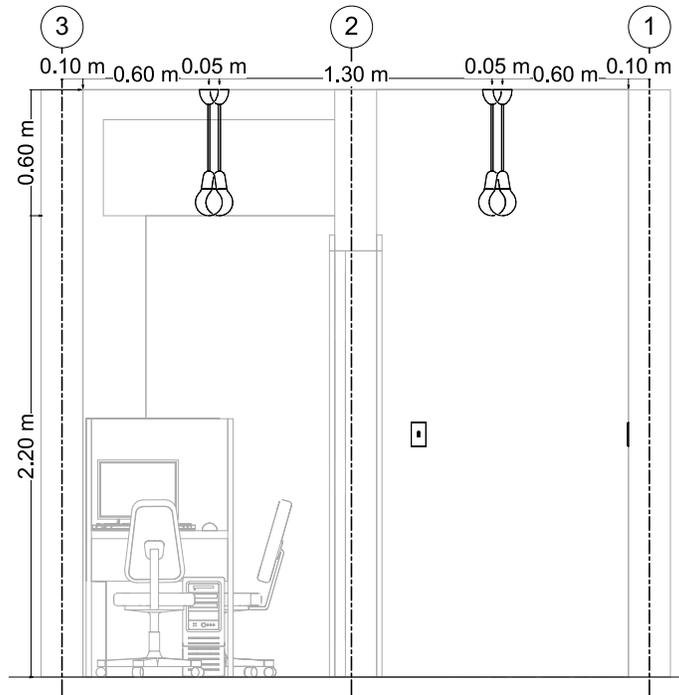


Imagen 160. Cotas de los focos (3), los dos focos externos son el del fondo y el del baño.

6.2.6 Propuesta de las trayectorias de la tubería

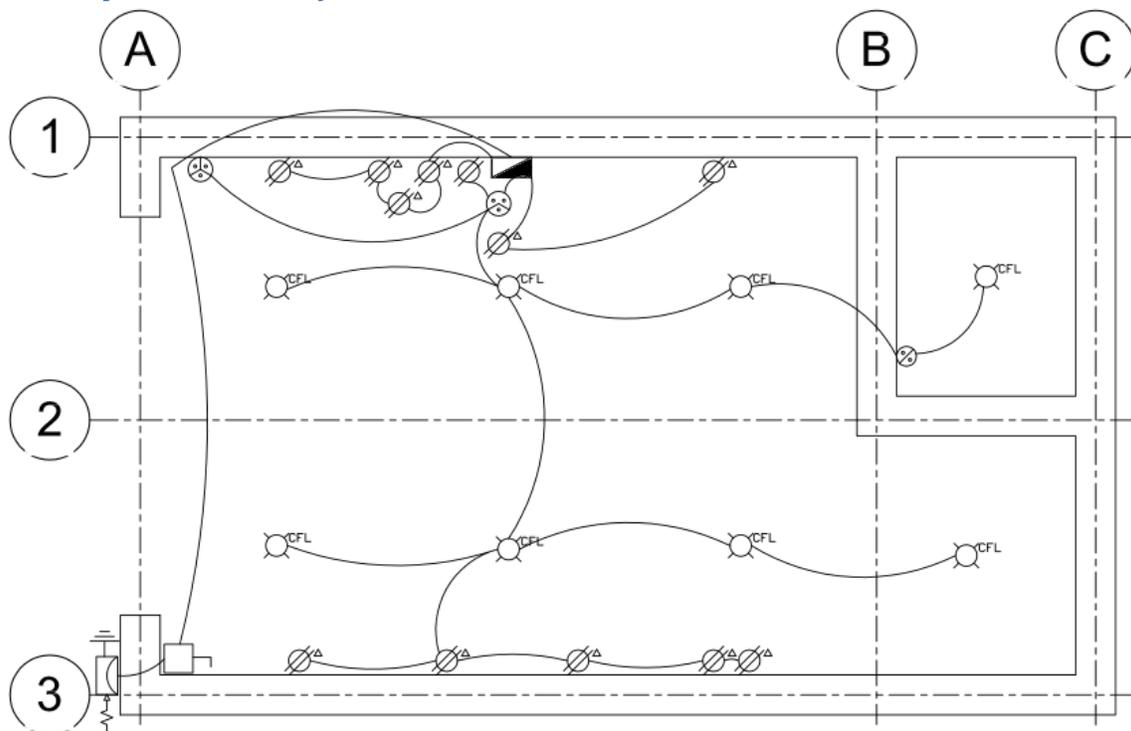


Imagen 161. Propuesta de trayectorias de las tuberías del café-internet.

6.2.7 Distribución de los circuitos derivados

Se propondrán los circuitos cuidando que la suma de corrientes de las cargas no pase de 20 amperes y cada circuito tendrá cargas de una misma clasificación.

Cada carga necesita un contacto sencillo, como se muestra en los cortes y en las trayectorias, se usarán contactos dobles (dúplex) por lo que se determinara la carga que tendrán.

Tabla 64 Cargas de los contactos dúplex

| Aparatos | Corriente | Símbolo |
|-----------------------------|---------------|--|
| 2 contactos generales | 2 x 1.5 [A] |  |
| Switch y Modem | 0.6[A]+0.6[A] |  |
| Impresora | 0.5[A] |  |
| Fotocopiadora | 15[A] |  |
| Computadora (CPU y Monitor) | 6[A]+2[A] |  |
| 2 CPU | 2X6[A] |  |

Tabla 65 Corriente de los circuitos

| Circuito |  |  |  |  |  |  |  | Corriente del circuito |
|----------|---|---|---|---|---|---|--|--|
| C1 | 8 | 1 | | | | | | $(8 \cdot 0.441[A]) + 3[A]$ $= 6.53[A]$ |
| C2 | | | 1 | 1 | | | | $1.2[A] + 0.5[A]$ $= 1.7[A]$ |
| C3 | | | | | 1 | | | 15[A] |
| C4 | | | | | | 2 | | $2 \times 8[A] = 16[A]$ |
| C5 | | | | | | 2 | | $2 \times 8[A] = 16[A]$ |
| C6 | | | | | | 1 | | 8[A] |
| C7 | | | | | | 2 | | $2 \times 8[A] = 16[A]$ |
| C8 | | | | | | | 1 | 12[A] |

Las cargas de alumbrado se deben considerar cargas continuas y como se espera que las otras cargas funcionen más de tres horas al día, también se corregirá la corriente por ser cargas continuas.

Corrientes mínimas de los circuitos:

$$I_{C1} = 1.25 \times 6.53[A] = \mathbf{8.1625[A]}$$

$$I_{C2} = 1.25 \times 1.7[A] = \mathbf{2.125[A]}$$

$$I_{C3} = 1.25 \times 15[A] = \mathbf{18.75[A]}$$

$$I_{C4} = 1.25 \times 16[A] = \mathbf{20[A]}$$

$$I_{C5} = 1.25 \times 16[A] = \mathbf{20[A]}$$

$$I_{C6} = 1.25 \times 8[A] = \mathbf{10[A]}$$

$$I_{C7} = 1.25 \times 16[A] = \mathbf{20[A]}$$

$$I_{C8} = 1.25 \times 12[A] = \mathbf{15[A]}$$

Se obtuvieron 8 circuitos por lo tanto el centro de carga deberá contener 8 espacios para los interruptores termomagnéticos.

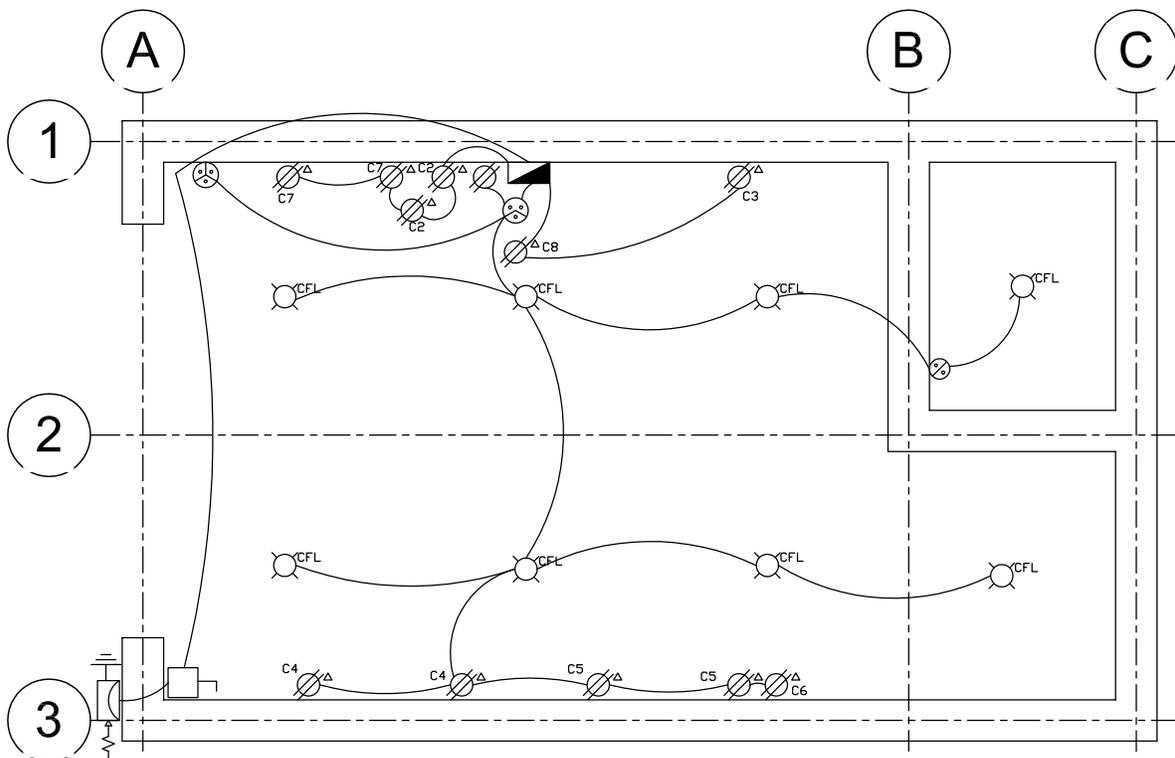


Imagen 162. Distribución de Circuitos.

En la "Imagen 162" las cargas del Circuito 1 son aquellas que no están marcadas.

6.2.8 Selección del conductor de los circuitos derivados

Cálculo por ampacidad

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{\text{Capacidad mínima del circuito}}{(\text{FA})(\text{FT})}$$

La temperatura de diseño se considerará de 30[°C] en la Ciudad de México, por lo que el factor de temperatura (F.T.) es igual a 1.

Para obtener los factores de agrupamiento se determina el número de conductores portadores de corriente que pasaran por las tuberías. Estos son la fase, el neutro, el regreso de las luminarias, así como los puentes de los apagadores de 3 vías.

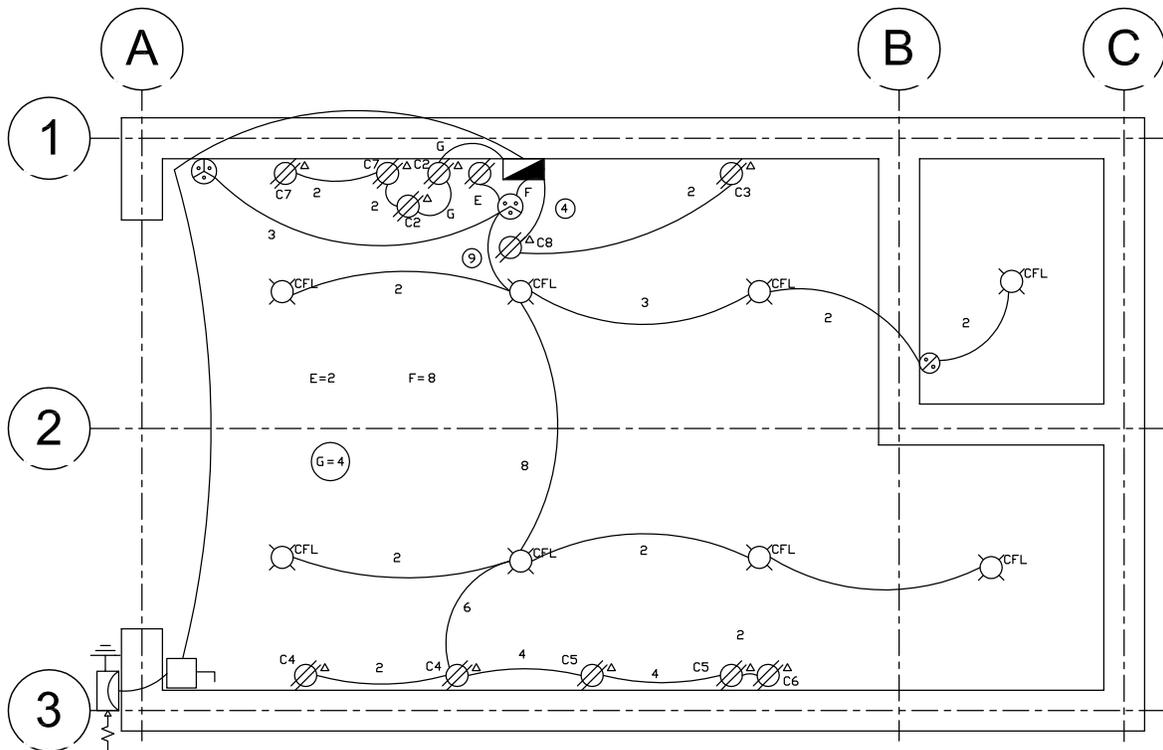


Imagen 163. Número de portadores de corriente (Fase, Neutro, Regreso y Puentes).

Se observa que el número de portadores de corriente es diferente en las tuberías, por lo que se seleccionara el número más alto, el cual se ubicará en el tramo más saturado, en la "Imagen 163" se encerraron en círculo estos números, por lo que quedara como:

- Circuito: 1, 4, 5 y 6

Número de portadores de corriente = 9 por lo tanto F.A.=0.7

- Circuito: 2 y 7

Número de portadores de corriente = 4 por lo tanto F.A.=0.8

- Circuito: 3 y 8

Número de portadores de corriente = 4 por lo tanto F.A.=0.8

Por lo tanto, con lo obtenido se procede a calcular el calibre de los conductores.

C1:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{8.1625 \text{ A}}{(0.7)(1)} = 11.6625 \text{ A} \Rightarrow 2.08 \text{ mm}^2(14 \text{ AWG})$$

C2:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{2.125 \text{ A}}{(0.8)(1)} = 2.65625 \text{ A} \Rightarrow 2.08 \text{ mm}^2(14 \text{ AWG})$$

C3:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{18.75 \text{ A}}{(0.8)(1)} = 23.4375 \text{ A} \Rightarrow 5.26 \text{ mm}^2(10 \text{ AWG})$$

C4:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{20 \text{ A}}{(0.7)(1)} = 28.57 \text{ A} \Rightarrow 5.26 \text{ mm}^2(10 \text{ AWG})$$

C5:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{20 \text{ A}}{(0.7)(1)} = 28.57 \text{ A} \Rightarrow 5.26 \text{ mm}^2(10 \text{ AWG})$$

C6:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{10 \text{ A}}{(0.7)(1)} = 14.29 \text{ A} \Rightarrow 2.08 \text{ mm}^2(14 \text{ AWG})$$

C7:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{20 \text{ A}}{(0.8)(1)} = 25 \text{ A} \Rightarrow 5.26 \text{ mm}^2(10 \text{ AWG})$$

C8:

$$\text{Ampacidad} \geq \frac{15 \text{ A}}{(0.8)(1)} = 18.75 \text{ A} \Rightarrow 3.31 \text{ mm}^2(12 \text{ AWG})$$

Cálculo por caída de voltaje

Para determinar las caídas de voltajes usaremos la fórmula siguiente (ver 3.7.2).

$$\Delta V = \frac{2ZLI}{V_0} * 100$$

Determinaremos la longitud (L) de cada circuito, el centro de carga está a una altura de 1.70 [m] y ubicado en el centro entre A y B, en el muro de carga 1 (en el área del encargado).

Para el circuito de alumbrado se considera la longitud desde el centro de carga hasta el foco más lejano (L_A) y la longitud desde el centro de carga hasta el apagador de 3 vías más lejano. En el centro de carga no se realizará la derivación hacia los apagadores de 3 vías, esta se realizará en una caja de conexión, que aún no se ha propuesto.

$$L_A = (2.8 - 1.7)m + (2.60 - 0.6)m + (4.6 - 0.550 - 1.134 - 0.584)m + 0.6m = 6.032m$$

$$L_B = (1.7 - 1.1)m + (1.75 - 0.2)m = 2.15m$$

$$L_{C1} = 6.032m + 2.15m = 8.182m = \mathbf{8.182m} \left(\frac{1 \text{ km}}{1000m} \right) = \mathbf{0.008182 [km]}$$

$$L_{C2} = (1.7 - 1.1)m + (1.75 - 0.2 - 0.4 - 0.5 - 0.1)m = 1.15m = \mathbf{0.00115 [km]}$$

$$n = (1.75 - 0.72)m + (1.7 - .2)m = 2.53m = \mathbf{0.00253 km}$$

$$L_{C4} = (2.8 - 1.7)m + 2.6m + (2.8 - 0.2)m + (1.75 - 0.2)m = 7.85m = \mathbf{0.00785 [km]}$$

$$L_{C5} = (2.8 - 1.7)m + 2.6m + (2.8 - 0.2)m + (4.6 - 1.75 - 1.64 - 0.18)m = 7.33m \\ = \mathbf{0.00733[km]}$$

$$L_{C6} = (2.8 - 1.7)m + 2.6m + (2.8 - 0.2)m + (4.6 - 1.75 - 1.64)m = 7.51m \\ = \mathbf{0.00751[km]}$$

$$L_{C7} = (1.70 - 0.2)m + (1.75 - 0.2 - 0.4)m = 2.65m = \mathbf{0.00265[km]}$$

$$L_{C8} = (1.7 - 0.2)m + (1.08 + 0.75 - 1.75)m = 1.58m = \mathbf{0.00158[km]}$$

Los cálculos de las longitudes se realizaron de acuerdo a las cotas.

Se considera que la tubería será de PVC y de la "Tabla 20" se obtiene la impedancia (Z) de cada conductor.

- Conductor 2.08 [mm²] (14 AWG) Z=10.202[ohm/km]
- Conductor 3.31 [mm²] (12 AWG) Z=6.602[ohm/km]
- Conductor 5.26 [mm²] (10 AWG) Z=3.903[ohm/km]

Una vez obtenidos todos los datos se procede a realizar los cálculos de caída de voltaje:

$$\Delta V_{C1} = \frac{2 \times 10.202 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.008182 \text{ km} \times 8.1625 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 1.07 \%$$

$$\Delta V_{C2} = \frac{2 \times 10.202 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00115 \text{ km} \times 2.125 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.039 \%$$

$$\Delta V_{C3} = \frac{2 \times 3.903 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00253 \text{ km} \times 18.75 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.29 \%$$

$$\Delta V_{C4} = \frac{2 \times 3.903 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00785 \text{ km} \times 20 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.93 \%$$

$$\Delta V_{C5} = \frac{2 \times 3.903 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00733 \text{ km} \times 20 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.90 \%$$

$$\Delta V_{C6} = \frac{2 \times 10.202 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00751 \text{ km} \times 10 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 1.21 \%$$

$$\Delta V_{C7} = \frac{2 \times 3.903 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00265 \text{ km} \times 20 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.33 \%$$

$$\Delta V_{C8} = \frac{2 \times 6.602 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times 0.00158 \text{ km} \times 15 \text{ A}}{127 \text{ V}} * 100 = 0.25 \%$$

Todos los circuitos tienen una caída de voltaje menor a 3% por lo que son correctos.

6.2.9 Selección de las protecciones de los circuitos derivados

Las protecciones se seleccionarán de acuerdo a los valores disponibles comercialmente (ver 5.2.1) para el caso de la protección del circuito de iluminación este tendrá protección contra falla a tierra, por alimentar al baño, por lo que los valores serán los siguientes:

$$2.08[\text{mm}^2](14 \text{ AWG}) \text{ y } 8.1625[\text{A}] \Rightarrow I_{TM1} = 15[\text{A}](GFI)$$

$$2.08 [\text{mm}^2](14 \text{ AWG}) \text{ y } 2.125[\text{A}] \Rightarrow I_{TM2} = 10[\text{A}]$$

$$5.26 [\text{mm}^2](10 \text{ AWG}) \text{ y } 18.75[\text{A}] \Rightarrow I_{TM3} = 20[\text{A}]$$

$$5.26 [\text{mm}^2](10 \text{ AWG}) \text{ y } 20[\text{A}] \Rightarrow I_{TM4} = 20[\text{A}]$$

$$5.26 [\text{mm}^2](10 \text{ AWG}) \text{ y } 20[\text{A}] \Rightarrow I_{TM5} = 20[\text{A}]$$

$$2.08 [\text{mm}^2](14 \text{ AWG}) \text{ y } 10[\text{A}] \Rightarrow I_{TM6} = 10[\text{A}]$$

$$5.26[\text{mm}^2](10 \text{ AWG}) \text{ y } 20[\text{A}] \Rightarrow I_{TM7} = 20[\text{A}]$$

$$3.31[\text{mm}^2](12 \text{ AWG}) \text{ y } 15[\text{A}] \Rightarrow I_{TM8} = 15[\text{A}]$$

6.2.10 Selección del conductor de tierra física de los circuitos derivados

La selección va de acuerdo al valor de la protección, estos valores se obtienen de la "Tabla 24":

$$I_{TM1} = 15[\text{A}] \text{ (GFI)} \Rightarrow 2.08[\text{mm}^2](14 \text{ AWG})$$

$$I_{TM2} = 10[\text{A}] \Rightarrow 2.08[\text{mm}^2](14 \text{ AWG})$$

$$I_{TM3} = 20[\text{A}] \Rightarrow 3.31[\text{mm}^2](12 \text{ AWG})$$

$$I_{TM4} = 20[\text{A}] \Rightarrow 3.31[\text{mm}^2](12 \text{ AWG})$$

$$I_{TM5} = 20[\text{A}] \Rightarrow 3.31[\text{mm}^2](12 \text{ AWG})$$

$$I_{TM6} = 10[\text{A}] \Rightarrow 2.08[\text{mm}^2](14 \text{ AWG})$$

$$I_{TM7} = 20[\text{A}] \Rightarrow 3.31[\text{mm}^2](12 \text{ AWG})$$

$$I_{TM8} = 15[\text{A}] \Rightarrow 2.08[\text{mm}^2](14 \text{ AWG})$$

Los circuitos desde 2 hasta 8 llevarán contactos de tierra aislada por lo también llevarán el conductor correspondiente, del mismo calibre al calculado para el de puesta a tierra.

6.2.11 Selección de la tubería para los circuitos derivados

En el plano se colocan los calibres y números de conductores que pasaran por cada tramo de tubería.

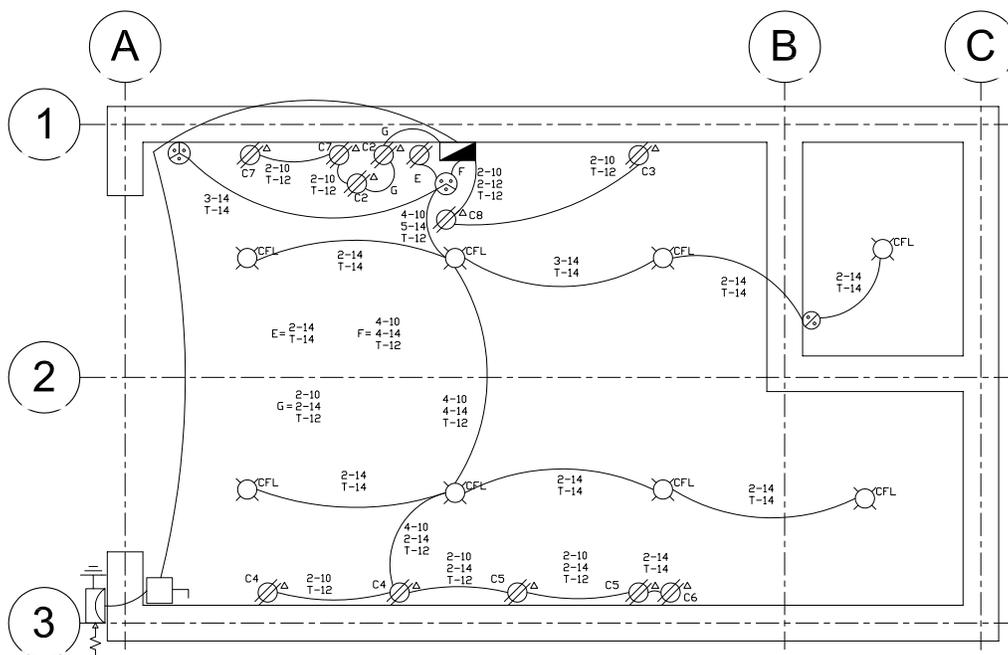


Imagen 164. Plano con número y calibre conductores (No se indica el de tierra aislada).

En la "Imagen 164" se observa que hay tramos que llevan el mismo número y calibre de conductores, por lo que es mejor agruparlos, esto se hace mediante el uso de cédulas, como se muestra en la "Imagen 165", con el fin de evitar repetir cálculos o confusiones en el plano (principalmente por el tamaño de la imagen mostrada).

Las áreas transversales de los conductores aislados se obtienen de las "Tabla 26", de la "Tabla 27" para los conductores desnudos y la tubería será de PVC por lo que se selecciona de la "Tabla 35", su designación métrica (en milímetros) y entre paréntesis su tamaño comercial (en pulgadas).

Tabla 66 Cédulas de Tubería

| | |
|---|---|
| <p>E 2-14 2x8.968 mm²=17.936 mm² T-14 1x2.68 mm²=2.68 mm² Área total =20.616 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> | <p>J 4-10 4x15.68 mm²=62.72 mm² 5-14 5x8.968 mm²=44.84mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =123.49 mm² Diámetro de la tubería es de 19 mm (¾)</p> |
| <p>F 4-10 4x15.68 mm²=62.72 mm² 4-14 4x8.968 mm²=35.872 mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =114.552 mm² Diámetro de la tubería es de 19 mm (¾)</p> | <p>K Tuberías de los circuitos 3 y 8 2-10 2x15.68 mm²=31.36 mm² 2-12 2x11.68 mm²=23.36 mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =70.65 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> |
| <p>G 2-10 2x15.68 mm²=31.36 mm² 2-14 2x8.968 mm²=17.936 mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =65.226 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> | <p>L 4-10 4x15.68 mm²=62.72 mm² 2-14 2x8.968 mm²=17.936 mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =96.586 mm² Diámetro de la tubería es de 19 mm (¾)</p> |
| <p>H 2-10 2x15.68 mm²=31.36 mm² T-12 1x4.25 mm²=4.25 mm² Ta-12 1x11.68 mm²=11.68 mm² Área total =47.29 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> | <p>M 2-14 2x8.968 mm²=17.936 mm² T-14 1x2.68mm²=2.68 mm² Ta-14 1x8.968mm²=8.968 mm² Área total =29.584 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> |
| <p>I 3-14 3x8.968 mm²=26.904 mm² T-14 1x2.68 mm²=2.68 mm² Área total =29.584 mm² Diámetro de la tubería es de 13 mm (½)</p> | |

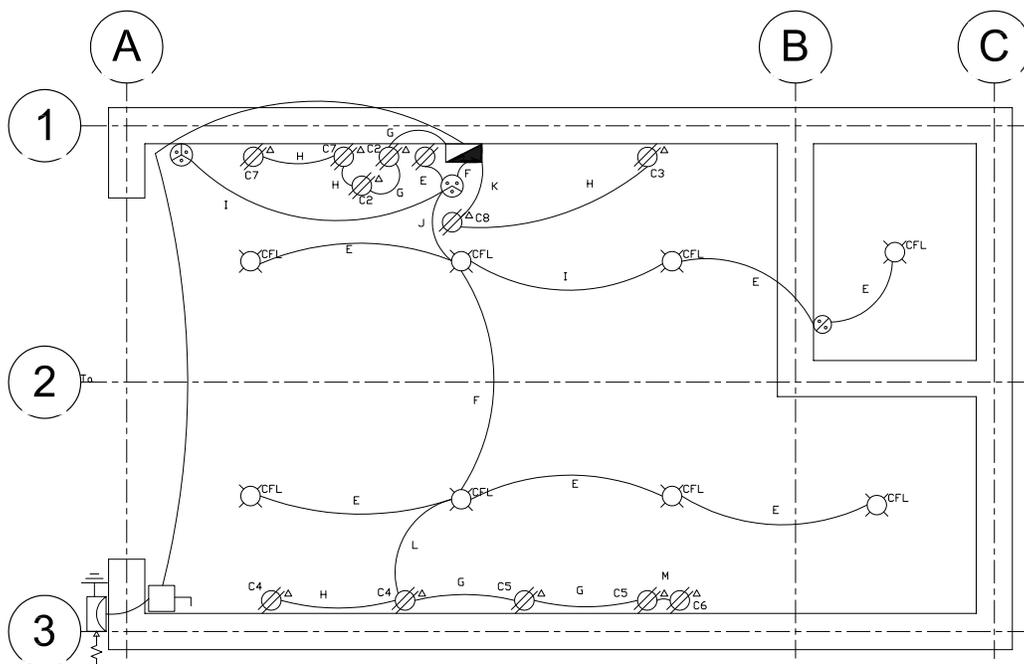


Imagen 165. Plano con cédulas de tubería.

6.2.12 Selección del conductor alimentador y su tubería asociada

Para realizar la selección se debe de calcular la carga total y esta dependerá del factor de demanda. De acuerdo a la "Tabla 28", un café- internet pertenece al tipo de inmueble "Todos los demás" el cual tiene un factor de demanda del 100%, Por lo tanto, la demanda máxima de alumbrado será igual a su potencia aparente:

$$DM_{alumbrado} = S_{alumbrado} = 127 V \times 8.1625 A = 1036.6375 [VA]$$

Nota: no se multiplicó por 1.25 porque ya está corregida.

Como no es vivienda, no se agrega la carga de pequeños aparatos (usado en este ejemplo como comodidad) a la carga de alumbrado general.

Para lugares que no son lugares de vivienda, se permiten los siguientes factores de demanda a los circuitos de contactos (aquellos que no pertenezcan a alumbrado general).

Tabla 67 Factores de demanda para cargas de contactos en inmuebles que no son unidades de vivienda

| Parte de la carga de contactos a la que se aplica el factor de demanda (volt amperes) | Factor de demanda (%) |
|---|-----------------------|
| Primeros 10 [kVA] o menos | 100 |
| A partir de 10 [kVA] | 50 |

Tabla 220-44 de la NOM

Primero calculamos la potencia aparente total de los contactos.

$$S_{\text{contactos}} = 127 V \times (2.125 A + 18.75 A + 20 A + 20 A + 10 A + 20 A + 15 A) \\ = 13446.125 [VA]$$

De acuerdo a la "Tabla 67":

$$DM_{\text{contactos}} = (10000 VA \times 1) + (3447.125 \times 0.5)VA = 11723.5625 [VA]$$

Por lo tanto, la demanda máxima es:

$$DM_{\text{total}} = DM_{\text{alumbrado}} + DM_{\text{contactos}}$$

$$DM_{\text{total}} = 1036.6375 VA + 11723.5625 VA = 12760.2 [VA]$$

La demanda contratada está en potencia real por lo que se necesita conocer el factor de potencia. De acuerdo a Cooler Master (<http://www.coolermaster.com/service/tutorial.html>) el factor de potencia para fuentes de PC con corrección de factor de potencia pasivo es de entre 75 y 85 %, mientras que las que tienen corrección por factor de potencia activo es de alrededor del 95%(se distinguen porque no tienen selector de voltaje).

La fuente usada en los CPU, en este caso tiene selector por lo que se seleccionará un factor de potencia del 75% y por ser los CPU la mayor carga se considerará el factor de potencia total del 75%.

$$P = \frac{12760.2 VA * .75}{1000} = 9.57 [kW]$$

Por lo tanto, la demanda contratada será de 9.57 kW y de acuerdo a la "Tabla 29", corresponde a 2 fases, por lo tanto, hay que dividir la carga entre las 2 fases.

La corriente que deberá de pasar idealmente por cada fase es de:

$$I = \frac{DM_{\text{total}}}{127V \times \text{No. de fases}} = \frac{12760.2 VA}{127 V \times 2} = 50.237 [A]$$

Se deben de tomar en cuenta las corrientes aplicándoles el factor de demanda correspondiente, por lo que se necesita el factor de demanda general para alumbrado y para contactos. El factor de demanda general de alumbrado es del 100%, porque la demanda máxima total de alumbrado es igual a la potencia aparente de alumbrado, mientras que el de contactos se debe de calcular.

$$FD_{G\text{contactos}} = \frac{DM_{\text{contactos}}}{S_{\text{contactos}}} \times 100 = \frac{11723.5625 VA}{13446.125 VA} \times 100 = 87.19\%$$

Tabla 68 Balanceo de cargas considerando el factor de demanda

| Número de circuito | Corriente de circuito [A] | Factor de demanda de la carga | Corriente considerando el factor de demanda [A] | Fase A [A] | Fase B [A] |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---|------------|------------|
| 1 | 8.1625 | 100 % | 8.1625 | 8.1625 | |
| 2 | 2.125 | 87.19% | $2.125 \times .8719 = 1.85$ | | 1.85 |
| 3 | 18.75 | 87.19% | $18.75 \times .8719 = 16.35$ | 16.35 | |
| 4 | 20 | 87.19% | $20 \times .8719 = 17.44$ | | 17.44 |
| 5 | 20 | 87.19% | $20 \times .8719 = 17.44$ | 17.44 | |
| 6 | 10 | 87.19% | $10 \times .8719 = 8.72$ | 8.72 | |
| 7 | 20 | 87.19% | $20 \times .8719 = 17.44$ | | 17.44 |
| 8 | 15 | 87.19% | $15 \times .8719 = 13.08$ | | 13.08 |
| | | | | 50.6725[A] | 49.81[A] |

Se calcula el factor de desbalanceo:

$$\%D = \frac{50.6725 A - 49.81 A}{50.6725 A} * 100 = 1.7\%$$

El valor es menor al 5% por lo tanto es aceptable.

La corriente mayor es la de la fase A por lo que se toma ese valor para determinar el conductor.

De acuerdo a la "Tabla 16" el calibre es de 13.3 mm² (6 AWG) el cual tiene una ampacidad de 55[A].

Se consideran tres conductores portadores de corriente: la fase A, la fase B y el neutro por lo tanto no necesita corrección por agrupamiento.

Cálculo por caída de voltaje

El interruptor principal se ubica a 25 [cm] de la pared frontal y a 1.80 [m] de altura.

La longitud del alimentador es:

$$L_{Alim} = (2.8 - 1.8)m + 2.6m + (2.8 - 1.8)m + (1.75 - 0.25)m = 6.1m = 0.0061 km$$

De la "Tabla 20" se obtiene que la impedancia del conductor 13.3 mm² (6 AWG) contenido en conduit de PVC, es de 1.619 ohm/km.

$$\Delta V_{Alim} = \frac{2 \times 1.619 \frac{ohm}{km} \times 0.0061 km \times 50.6725 A}{127 V} * 100 = 0.79 \%$$

La caída de voltaje del alimentador es menor al 2%, por lo que el conductor es correcto.

6.2.13 Selección de fusibles del interruptor principal, el conductor de puesta a tierra y su tubería asociada.

Como se vio en la "sección 3.12" los valores comercialmente disponibles para los tipo cartucho es de 30 [A] y 60 [A], por lo que se selecciona un fusible con valor nominal de 60 [A] y de acuerdo a la "Tabla 24" el calibre del conductor de puesta a tierra correspondiente es de 5.26 [mm²] (10 AWG).

Se calcula la tubería del alimentador:

$$3-6 \text{ } 3 \times 46.84 \text{ mm}^2 = 140.52 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$T-10 \text{ } 1 \times 6.76 \text{ mm}^2 = 6.76 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$Ta-10 \text{ } 1 \times 15.68 \text{ mm}^2 = 15.68 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\text{Área total} = \mathbf{162.96 \text{ [mm}^2\text{]}}$$

Diámetro de la tubería es de **25 [mm] (1 pulgada)**

6.2.14 Selección de las salidas, cajas de jalado, de empalme y de paso.

Hasta el momento se ha considerado que las chalupas y las cajas de salida de las luminarias son también cajas de paso, ahora se calculará el volumen mínimo que deben de tener estas cajas.

Se colocará el número de circuito y entre paréntesis las tuberías a las que se conecta.

Contactos:

C1 (E):

$$\text{Conexión 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$T-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contacto doble 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total} = \mathbf{164 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

C2 (G, G; G, H):

$$\text{De paso 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$\text{Conexión 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contacto doble 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total} = \mathbf{287 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

C3 (H):

$$\text{Conexión 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contacto doble 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total} = \mathbf{237.8 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

C4 (H, L, G):

$$\text{De paso 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$2-14 = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Conexión 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contacto doble 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total} = \mathbf{385.4 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

C4 (H):

$$\begin{aligned} \text{Conexión 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{T-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Ta-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Contacto doble 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{Total} &= \mathbf{237.8 \text{ [cm}^3\text{]}} \end{aligned}$$

C5 (G, G; G, M):

$$\begin{aligned} \text{De paso 2-14} &= 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\ \text{Conexión 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{T-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Ta-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Contacto doble 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{Total} &= \mathbf{303.4 \text{ [cm}^3\text{]}} \end{aligned}$$

C6 (M):

$$\begin{aligned} \text{Conexión 2-14} &= 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\ \text{T-14} &= 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\ \text{Ta-14} &= 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\ \text{Contacto doble 2-14} &= 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\ \text{Total} &= \mathbf{196.8 \text{ [cm}^3\text{]}} \end{aligned}$$

C7 (H, H; H):

$$\begin{aligned} \text{Conexión 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{T-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Ta-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Contacto doble 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{Total} &= \mathbf{237.8 \text{ [cm}^3\text{]}} \end{aligned}$$

C8 (K, H):

$$\begin{aligned} \text{De paso 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{Conexión 2-12} &= 2 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 73.8 \text{ cm}^3 \\ \text{T-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Ta-12} &= 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\ \text{Contacto doble 2-10} &= 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3 \\ \text{Total} &= \mathbf{311.6 \text{ [cm}^3\text{]}} \end{aligned}$$

Apagadores (un apagador por placa)**C1 (I):**

$$\text{Conexión 3-14} = 3 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 98.4 \text{ cm}^3$$

$$\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ modulo apagador 3 vías 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total} = \mathbf{164 \text{ [cm}^3\text{]}}$$

En el plano se observa que la tubería F, que va del centro de carga hacia el apagador de tres vías, ubicado en el área de encargado, en dicho tramo se instalará una caja de conexiones, a la cual se moverá la tubería J, que va de dicho apagador a la luminaria y ahora va de esa caja a la luminaria. La tubería que va del centro de carga a la caja será F1 y la que va de dicha caja al apagador será la F2. Por lo tanto, el volumen de la caja para el apagador será:

C1 (I, E, J, F2)

$$\begin{aligned}
 &\text{De paso 2-14 } 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Conexión 3-14 } = 3 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 98.4 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &1 \text{ modulo apagador 3 vías 1-14} = 1 \times 32.8 \\
 &\quad \text{cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{229.6 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

Apagador baño

C1 (E):

$$\begin{aligned}
 &\text{De paso 1-14 } 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Conexión 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &1 \text{ modulo apagador 3 vías 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{164 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

Luminarias:

Como se observó en los planos de corte los focos colgarán, el conductor que se colocará desde la caja hasta el foco será bipolar conocido generalmente como de uso rudo. Así que la caja servirá como caja de empalmes, además el cable de uso rudo soportará al foco por lo que en el interior de la caja se considera la instalación del soporte para dicho cable.

C1 (E):

$$\begin{aligned}
 &\text{Empalmes 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Soporte 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{131.2 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

C1 (I, E)

$$\begin{aligned}
 &\text{Empalmes 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Paso 1 } \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Soporte 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{164 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

C1 (E, J, I, F):

$$\begin{aligned}
 &\text{Empalmes 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Paso 3-14 } = 3 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 98.4 \text{ cm}^3 \\
 &\text{4-10} = 4 \times 41 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Ta-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Soporte 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{434.6 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

C1 (E, F, E, L):

$$\begin{aligned}
 &\text{Empalmes 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Paso 2-14 } = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3 \\
 &\text{4-10} = 4 \times 41 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Ta-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\
 &\text{T-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Soporte 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3 \\
 &\text{Total} = \mathbf{401.8 \text{ [cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

Selección de las cajas

Se seleccionan las cajas de las luminarias que serán cuadradas, se colocará el tamaño comercial de acuerdo a la "Tabla 31" (lado X profundidad) en centímetros seguido del tamaño comercial (lado X lado) en pulgadas.

$$C1 (E): 131.2 \text{ cm}^3 \Rightarrow 10 \times 3.2(4 \times 4)$$

$$C1 (E, I): 164 \text{ cm}^3 \Rightarrow 10 \times 3.2(4 \times 4)$$

$$C1 (E, J, I, F): 434.6 \text{ cm}^3 \Rightarrow 10 \times 5.4(4 \times 4)$$

$$C1 (E, F, E, L): 401.8 \text{ cm}^3 \Rightarrow 10 \times 5.4(4 \times 4)$$

Las medidas comerciales generalmente no indican su profundidad, estas indican sus lados y el diámetro de las tuberías que se pueden unir. Por lo que lo más recomendable es ir al lugar donde se comprará el material para tomar las medidas de las cajas para posteriormente compararlas con las de la "Tabla 31", esto se debe de hacer para evitar perder el tiempo buscando cajas cuyas medidas no están disponibles.

Para este ejemplo se acudió al lugar más cercano y esto fue lo que se encontró (*ver "Imagen 170"*):

- Chalupa 4 x 2, profundidad de 4.8 cm, discos removibles: 2 de 13 mm y 6 de 13/19mm.
- Caja cuadrada 3 x 3, profundidad 3.5 cm, discos removibles: 10 de 13mm.
- Caja cuadrada 4 x 4, profundidad 4.1 cm, discos removibles: 3 de 13mm, 2 de 19mm y 8 de 13/19mm.
- Caja cuadrada 5 x 5, profundidad 4.8 cm, discos removibles: 6 de 13mm, 5 de 19mm y 4 de 25mm.

Tabla 69 Mediciones de cajas cuadradas

| | Medida comercial | Medidas internas reales[cm] |
|-----------------|------------------|-----------------------------|
| Chalupa | 4 x 2 | 9.5x5.4x4.8 |
| Cajas Cuadradas | 3 x 3 | 7.4 x 3.5 |
| | 4 x 4 | 9.8 x 4.1 |
| | 5 x 5 | 11.5x 4.8 |

El volumen de la chalupa de acuerdo a la "Tabla 31" es de 213 cm^3 .

Se considera el volumen de la caja cuadrada de $10\text{cm} \times 3.8\text{cm}$ que es de 344 cm^3 , para la caja de 4X4.

Para obtener el volumen de la caja de 5 x 5 aplicaremos una regla de 3 tomando en cuenta el volumen de la caja cuadrada de 12×3.8 (484cm^3).

$$V = 484 \text{ cm}^3 \left(\frac{4.8 \text{ cm}}{3.8 \text{ cm}} \right) = 611 \text{ cm}^3$$

El volumen de la caja de 3 x 3 no se encuentra en la "Tabla 31", por lo que se tomaron sus medidas internas, las cuales dieron 7.4 cm de lado y 3.5 cm de profundidad, se supondrá que la medida comercial es de 7.5 x 3.5, para calcular su volumen arbitrariamente se descontara medio centímetro por lado y un milímetro a la profundidad:

$$V_{3 \times 3} = 7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \times 3.4 \text{ cm} = 166.6 [\text{cm}^3]$$

Tabla 70 Volumen y número de discos removibles de las cajas cuadradas a utilizar

| | Medida comercial | Volumen [cm³] | Discos removibles |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Chalupa | 4 x 2 | 213 | 2 de 13 mm y 6 de 13/19mm |
| Cajas Cuadradas | 3 x 3 | 166.6 | 10 de 13mm |
| | 4 x 4 | 344 | 3 de 13mm, 2 de 19mm y 8 de 13/19mm. |
| | 5 x 5 | 611 | 6 de 13mm, 5 de 19mm y 4 de 25mm. |

De acuerdo a los volúmenes obtenidos de las cajas encontradas, para las luminarias se usarán:

$$C1 (E): 131.2 \text{ cm}^3 \Rightarrow 3 \times 3$$

$$C1 (E,I): 164 \text{ cm}^3 \Rightarrow 3 \times 3$$

$$C1 (E,J,I,F): 434.6 \text{ cm}^3 \Rightarrow 5 \times 5$$

$$C1 (E,F,E,L): 401.8 \text{ cm}^3 \Rightarrow 5 \times 5$$

Se procede a la selección de las chalupas para los contactos y apagadores, las cuales tienen un tamaño comercial en pulgadas de 4X2, y de acuerdo a lo obtenido anteriormente su volumen es de 213 [cm³].

Contactos

Por el momento se obtuvo que los contactos y apagadores que se colocarán en las chalupas serán:

$$C6 (M): 196.8 \text{ cm}^3$$

$$C1 (E) \text{ y } C1 (I): 164 \text{ cm}^3$$

Varios contactos y un apagador superan el volumen que permiten las chalupas por lo que se disminuye el número de conductores que pasan en su interior y se agregan cajas cuadradas para que sirvan para realizar las derivaciones.

La caja que conecta a F1, F2 y J aún no se calcula, por lo que es el momento de hacerlo (ver "Imagen 166").

CD1 (F1, F2, J)

$$\text{Empalmes 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Paso 3-14} = 3 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 98.4 \text{ cm}^3$$

$$4-10 = 4 \times 41 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ta-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$\text{T-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=**401.8 [cm³]**, se usará **Caja 5 X 5**

En el apagador es suficiente con quitar un conductor de paso para usar la chalupa, se agregará una caja de conexiones "CD2" en el tramo F2, y a esa caja se conectarán los tramos provenientes de los apagadores de 3 vías. El tramo F2 será el que está entre las dos cajas cuadradas, y se llamará F3 al que va de la nueva caja hacia el apagador de 3 vías del encargado.

C1 (E, F3)

$$\text{De paso 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Conexión 3-14} = 3 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 98.4 \text{ cm}^3$$

$$\text{T-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ modulo apagador 3 vías 1-14} = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

Total=**196.8 [cm³]** por lo tanto se usará la **chalupa**

Por la disposición de los circuitos, el tramo K cruzará con el circuito 1 por lo que la caja CD2 se colocará en la trayectoria del tramo K (ver "Imagen 166").

CD2 (I, F2, F3, K, K)

$$\text{De paso 5-14} = 5 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3$$

$$2-10 = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$2-12 = 2 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 73.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ta-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$\text{T-12} = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total= **393.6 [cm³]**, se usará **Caja 5X5**

Los conductores del circuito 2 y 7 se separarán mediante una caja de paso y como el circuito uno cruza con estos circuitos, el cruce se realizará en dicha caja (ver "Imagen 166").

CD3 (G, H, I, M, I):

$$\text{De paso 5-14} = 5 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3$$

$$2-10 = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=**319.8 [cm³]**, se usará **Caja 4 x 4**

Se calcula el volumen mínimo para los contactos del circuito 2

C2 (F3, E; E)

$$2-14 = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$T-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$Ta-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

Total=**131.2 [cm³]**, por lo tanto, se usará **chalupa**

El volumen requerido para los contactos del circuito 7 (C7 (H, H; H)): es de **237.8 [cm³]**, volumen superior a la chalupa a usar (**213 [cm³]**) para evitar que exista atascamiento se recomienda poner una caja de derivación, cuya función es almacenar el excedente de cable que va hacia los contactos (ver "Imagen 166"). El volumen mínimo de dicha caja será:

CD4 (H, H, H):

$$\text{De paso 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=**155.8 [cm³]**, se usará **Caja 3 x 3**

Se derivará el circuito 3 y 8 en una caja (ver "Imagen 166"), y su volumen será de:

CD5 (K, H, N):

$$\text{De paso 2-10} = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$2-12 = 2 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 73.8 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=229.6 [cm³], se usará Caja 4 x 4

El volumen que se calculó para el contacto de circuito 3, es de **237.8 [cm³] (CH (3))**, se usará la chalupa y la caja CD5 servirá para guardar el excedente de los conductores. Mientras que el volumen requerido para el contacto del circuito 8 es:

C8 (N) :

$$2-12 = 2 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 73.8 \text{ cm}^3$$

$$T-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

$$Ta-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

Total=139.4 [cm³], por lo tanto, se usará Chalupa

Se necesitó introducir la cedula N cuyas características son las siguientes:

N

$$2-12 \ 2 \times 11.68 \text{ mm}^2 = 23.36 \text{ mm}^2$$

$$T-14 \ 1 \times 2.68 \text{ mm}^2 = 2.68 \text{ mm}^2$$

$$Ta -14 \ 1 \times 8.968 \text{ mm}^2 = 8.968 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área total} = \mathbf{35.008 [mm^2]}$$

Diámetro de la tubería es de **13 [mm] (½)**

Para derivar los conductores de los circuitos 4, 5 y 6, hacia su contacto correspondiente, se utilizarán 2 cajas de conexión (ver "Imagen 167").

CD6 (H, L, G, H):

$$\text{De paso 4-10} = 4 \times 41 \text{ cm}^3 = 164 \text{ cm}^3$$

$$2-14 = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=303.4 [cm³], se usará Caja 4 x 4

CD7 (M, G, H, H):

$$\text{De paso 2-14} = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$2-10 = 2 \times 41 \text{ cm}^3 = 82 \text{ cm}^3$$

$$T-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

$$Ta-12 = 1 \times 36.9 \text{ cm}^3 = 36.9 \text{ cm}^3$$

Total=221.4 [cm³], se usará Caja 4 x 4

Se agregará una caja de derivación para el baño (ver "Imagen 168"):

CD8 (E, E, E):

$$2-14 = 2 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 65.6 \text{ cm}^3$$

$$T-14 = 1 \times 32.8 \text{ cm}^3 = 32.8 \text{ cm}^3$$

Total=98.4 [cm³], se usará una Caja 3 x 3

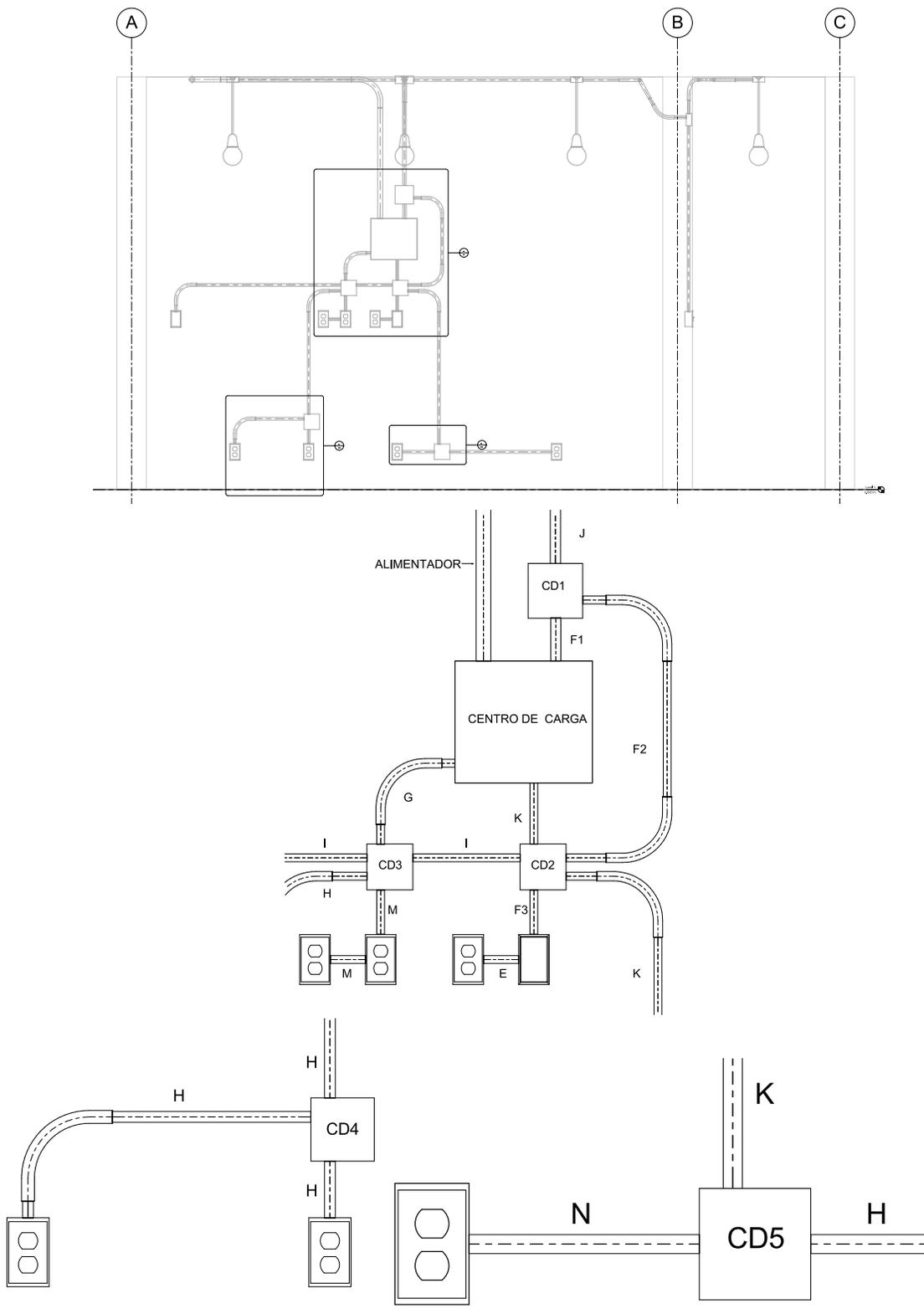


Imagen 166. Cajas de derivación CD1, CD2, CD3, CD4 y CD5

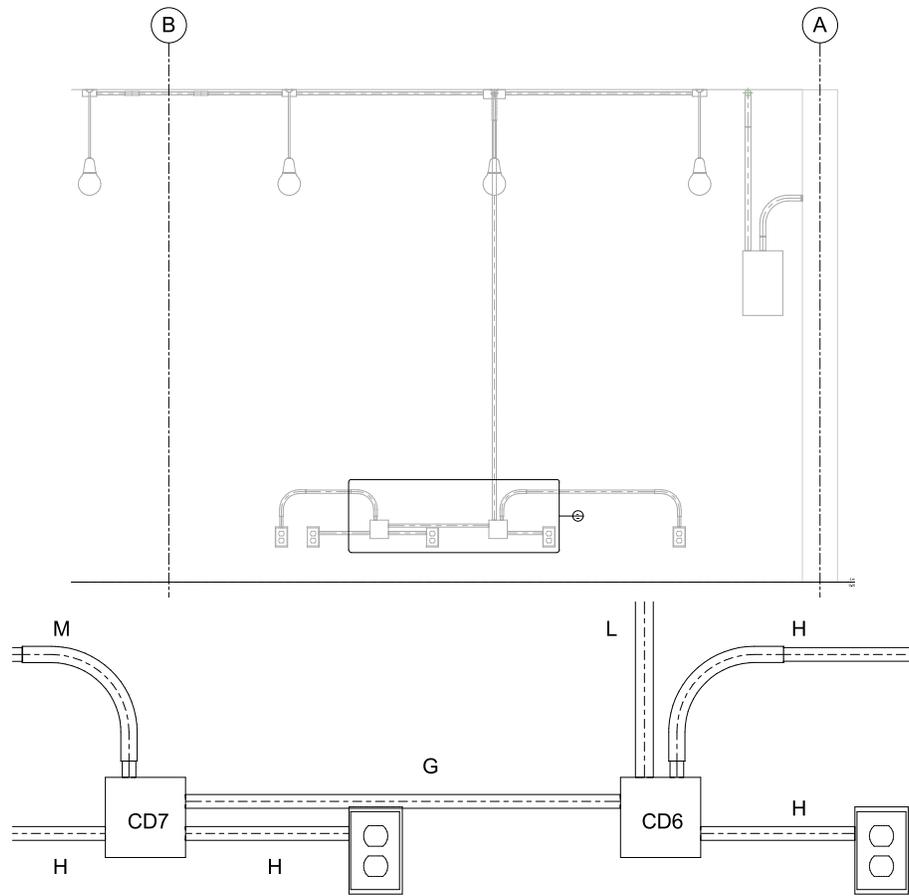


Imagen 167. Cajas de derivación CD6 y CD7

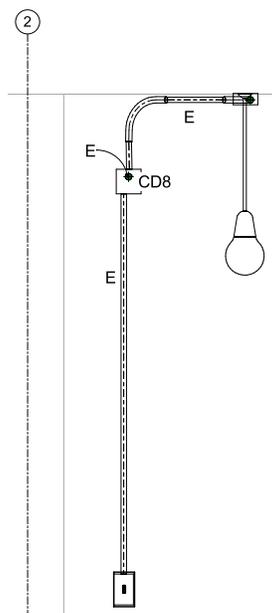


Imagen 168. Cajas de derivación CD8

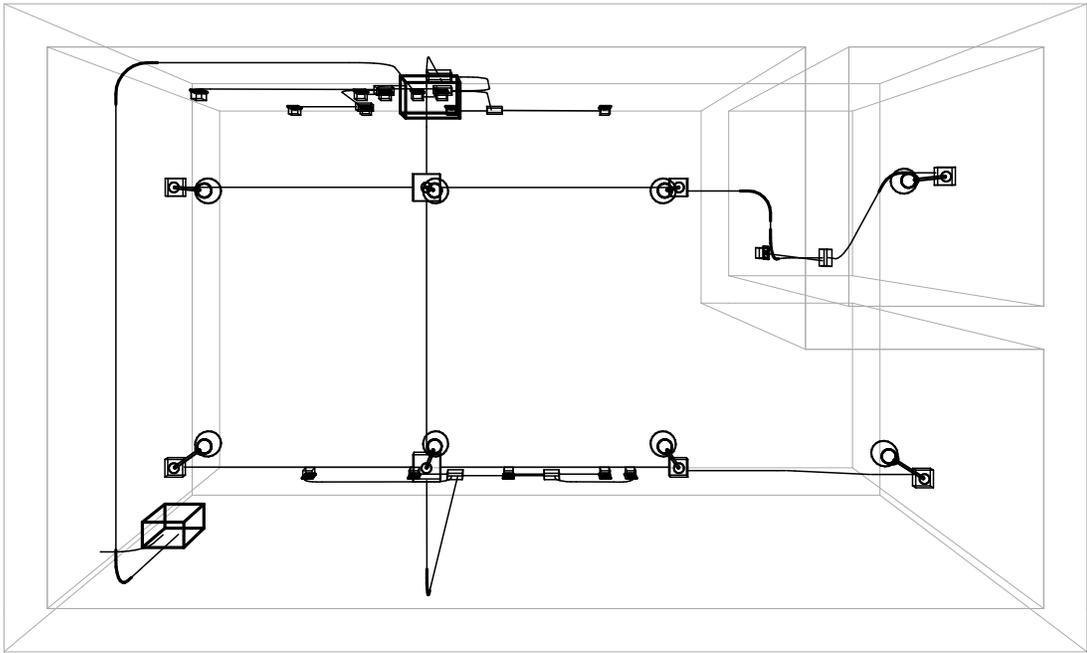


Imagen 169. Vista aérea.

Mediciones a las cajas de conexión



Imagen 170. Cajas tipo PVC.

6.2.15 Diagrama unifilar

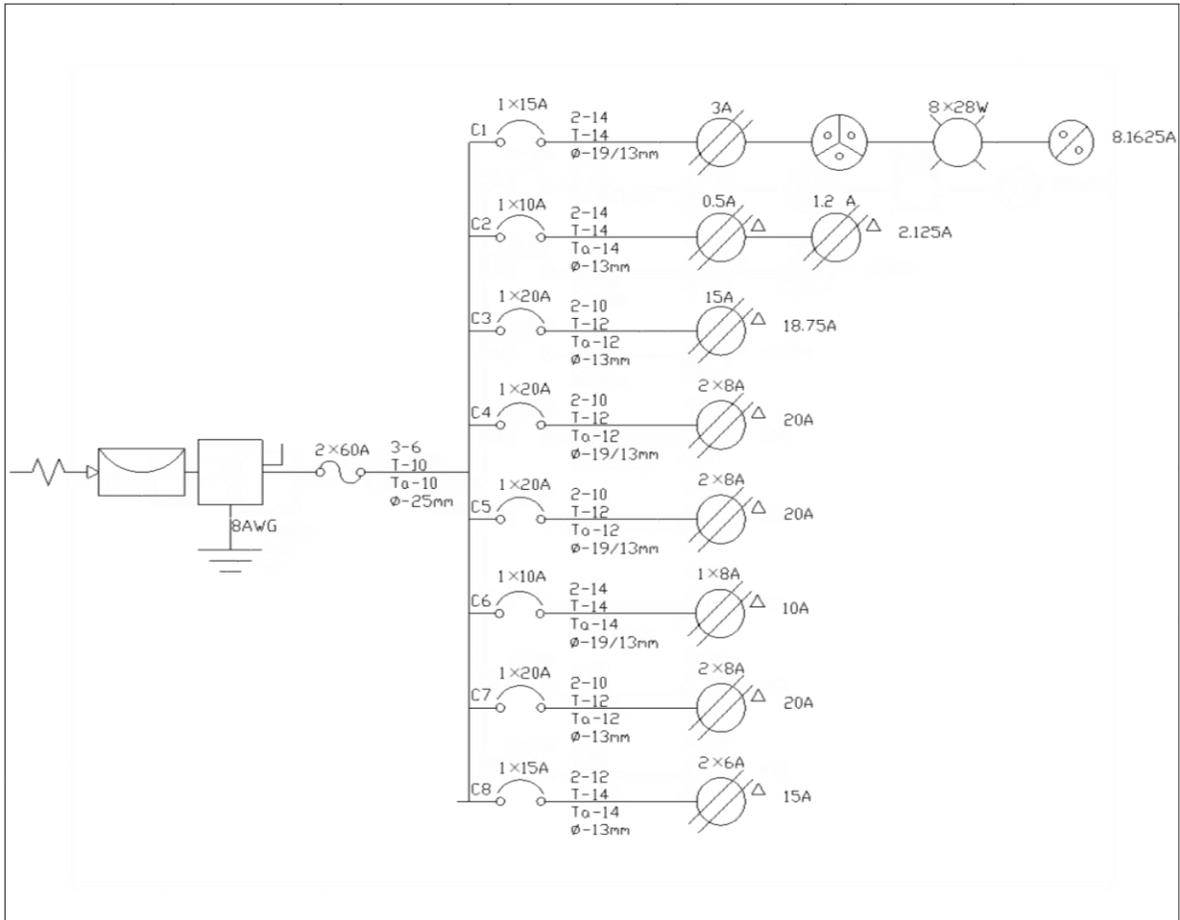


Imagen 171. Diagrama Unifilar del Café-Internet.

CONCLUSIONES

El tener una instalación eléctrica segura es posible gracias a que la metodología y los ejemplos presentados están en apego a la NOM. Además, si uno mismo realiza la instalación, mediante las pruebas para la detección de fallas se puede corroborar que esta se realizó de manera correcta.

En cuanto al conocimiento mínimo para diseñar una instalación eléctrica es suficiente con lo que se brinda en la metodología y auxiliándose de los conceptos básicos de electricidad. Esto además es complementado con los ejemplos y con el capítulo 2, el cual ayuda a conocer los elementos de la instalación eléctrica.

Durante la realización del capítulo de detección de fallas de este manual se mostró a las personas como revisar y reparar fallas comunes con la finalidad de que lo lleven a cabo en sus casas y negocios.

Para tener una idea de lo necesario para la realización de una instalación eléctrica segura estimamos que el costo de una instalación eléctrica segura (diseñada de acuerdo a la metodología aquí presentada) para una vivienda económica de 50 [m²], 6 circuitos (3 con protección de falla a tierra) y el sistema de puesta a tierra con la instalación de la varilla Copperweld de acuerdo a lo recomendado en esta tesis es aproximadamente de \$27438.00. Gracias a esta inversión se evitan fallas de corto circuito, descargas eléctricas e incendios, lo que puede causar además de pérdidas económicas o del patrimonio también quemaduras, ya sea por descarga eléctrica o fuego, sofocamiento o asfixia por gases tóxicos e incluso en el peor de los casos la muerte.

Los beneficios de tener una buena instalación a nivel sociedad para el sector salud implican menos gastos por hospitalización y una atención más rápida debido al menor número de emergencias; en cuanto a los equipos de rescate (protección civil, cuerpo de bomberos, cuerpo de policías) tendrán menor carga de trabajo y en cuanto a la red eléctrica nacional esta presentará menos variaciones de tensión, una mayor vida útil y disminución de los costos de mantenimiento, así como la disminución de pérdidas económicas y un aumento en la seguridad debido al menor número de apagones.

Aunque el costo es aproximado sirve para tener una idea de cuánto dinero se debe de dedicar a la instalación eléctrica en la construcción de una vivienda y lo más recomendable es que esta se diseñe al mismo tiempo que la estructura de la casa para que al momento de poner la canalización esta sea la correcta.

Así mismo se concluye que la realización del pozo a tierra se debe de realizar en el momento que se prepare el terreno para la cimentación y que se mida la resistencia a tierra, para el caso de que esta sea mayor a 25 ohm pueda ser corregida.

Tabla 71 Costo Beneficio aproximado para una vivienda económica de 50 m²

| Concepto | Beneficio | Costo Aproximado |
|--|---|--|
| Instalar fusibles, interruptores termomagnéticos y cables del calibre de acuerdo a la NOM | Se evita la sobrecarga del conductor y se protege contra cortocircuito el conductor. Lo que se traduce en una mejor conservación del aislamiento y disminuye la posibilidad de fugas de energía, las cuales impactan en el recibo de luz. | \$8027.00 |
| Instalación del sistema de puesta a tierra | Se protege a las personas contra una falla a tierra evitando gastos por curaciones u hospitalizaciones. En el medidor ayuda a tener una referencia a tierra y que este realice una medición correcta del consumo. | \$12000.00 |
| Instalaciones de los conductores de acuerdo al color | Ayuda a realizar las conexiones correctas de manera rápida, lo que evita el riesgo de recibir descargas eléctricas. | Este no tiene un costo adicional. |
| Instalación del cableado con el aislamiento del tipo de baja emisión de humo (LS, Low Smoke) y autoextinguible. THW-LS/THHW-LS | En caso presentarse un incendio la baja emisión de humo permitirá evacuar de manera rápida. Además, en caso de presentarse algún cortocircuito el aislamiento se apagará evitando la propagación de un incendio. | El conductor con baja emisión de humos es en promedio 50% más caro que uno que NO tiene este tipo de aislamiento. EL costo está considerado en el primer punto. |
| Instalación del Interruptor de circuito por falla a tierra (ICFT, GFCI por sus siglas en inglés) en zonas húmedas. | Evitar morir debido a una descarga eléctrica en zonas húmedas, salvaguardando la vida de los usuarios. | \$2500.00 |
| Instalación de la canalización de acuerdo a la Norma | Evita saturar la canalización evitando cortocircuitos, además, con esto mantiene los conductores a la temperatura de operación adecuada aumentando el tiempo de vida del aislamiento. | \$4821.00 |
| | Total | \$27438 |

Este manual cubre las instalaciones de vivienda económica y negocio pequeño, por lo que no es del todo completa y aún puede ser ampliada para su uso en todo tipo de inmuebles. Sin embargo, puede ser aplicable a algunas viviendas de interés social ya sea para corregir la instalación eléctrica o bien para auxiliar en la revisión de la instalación eléctrica antes de adquirir el inmueble.

BIBLIOGRAFÍA

Bratu, N., & Campero, E. (1995). *Instalaciones eléctricas Conceptos basicos y diseño* (Segunda ed.). D.F., México: Alfaomega.

Bussman by Eaton. (2014). *SPD Electrical protection handbook*.

CFE. (Enero de 2013). *MEDICIÓN PARA ACOMETIDAS MONOFÁSICAS ESPECIFICACIÓN DCMBT100*.
Obtenido de
http://lapem.cfe.gob.mx/normas/carga_pagina_construccion.asp?pag=DCMBT100.pdf

Condumex. (2011). *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión* (Sexta ed.). D.F., México: Servicios Condumex, S.A. de C.V.

Enríquez Harper, G. (2006). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. D.F., México: Limusa.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización). Diario Oficial de la Federación, Edición Vespertina, Distrito Federal, México, 29 de Noviembre de 2012.
Disponible en: <http://dof.gob.mx/index.php?year=2012&month=11&day=29>

Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 27 de Noviembre de 2002. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=718870&fecha=27/11/2002

Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 30 de Diciembre de 2008.
Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5076393&fecha=30/12/2008

Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 6 de Diciembre de 2010. Disponible en:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5169747&fecha=06/12/2010

NOTAS AL FINAL

¹ Imágenes obtenidas del *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión*. Imagen 7 de pág. 25, Imagen 12 e Imagen 13 de pág. 39, Imagen 14 de pág. 43, Imagen 17 de pág. 48, Imagen 18 de pág. 49, Imagen 19 e Imagen 20 de pág. 50 e Imagen 21 de pág. 51.

² Imagen obtenida de *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*, pág. 45.

³ Booker, Breck; Southwire, *Evaluation of Aluminum Cable Presentation for IEEE OCS*, [en línea], 14 de Septiembre de 2011, [consulta, 6 de Mayo de 2017]. Disponible en:
<http://grouper.ieee.org/groups/railtransit/ocs/OCSarchive2011/AluminumPresentationIEEE%5BCompatibilityMode%5D.pdf>

⁴ State Fire Marshal Division, *History of Fire and Fire Codes*, [en línea], 2006, pág. 97, [consulta, 20 de Mayo de 2017]. Disponible en:
http://www.dps.state.ia.us/fm/inspection/history/History_of_Fire_and_Fire_Codes.pdf

⁵ El RoHS es una directiva que adoptó la Comunidad Europea en febrero de 2003 (2002/95/CE) y está orientada a reducir el uso de algunas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos. Fuentes:
<http://www.asiap.org/AsIAP/index.php/raee/300-articulos/3004-que-es-el-rohs-y-por-que-es-importante> y
<https://es.wikipedia.org/wiki/RoHS>.

⁶ "The Nobel Prize in Physics 2014". *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Web. 2 Jun 2017.

<http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/>

⁷ Información e imágenes obtenidas de: Havells México, *La temperatura de color y su uso en iluminación de interiores*, [en línea], 23 de Noviembre de 2016, [consulta, 19 de Febrero de 2017]. Disponible en:
<http://havellsmexico.com.mx/la-temperatura-de-color-y-su-uso-en-iluminacion-de-interiores/>

⁸ Ramírez, Alex, "*Paradigma de la Medición de la Luz (Primera parte)*", [en línea], 21 de Octubre de 2013, [consulta, 20 de Febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.iluminet.com/paradigma-medicion-luz/>

⁹ Carrillo, Camilo, *Alumbrado Exterior*, [en línea], 11 de octubre de 2011, pág. 16, [consulta, 20 de Febrero de 2017]. Disponible en:
http://grupo_ene.webs.uvigo.es/publicaciones/Bloque%20Iluminaci%C3%B3n%20Exterior%2010_presentacion.pdf