



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13**

**Edgar Yanuario Laj Hun**

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL  
ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EDGAR YANUARIO LAJ HUN**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS NAVARRO FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2008.

Edgar Yanuario Laj Hun

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'E' followed by a vertical line and a diagonal stroke.

Guatemala, 03 de mayo del 2011

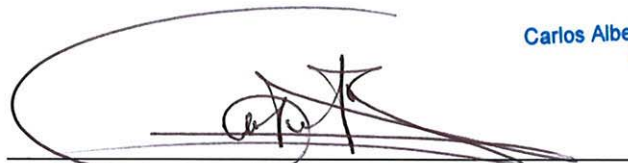
Ingeniero  
Romeo López  
**Coordinador Área de Electrotecnia**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Estimado Ingeniero López:

Por medio de la presente me permito informarle que he revisado completamente el trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13"**; desarrollado por el señor **Edgar Yanuario Laj Hun**.

Puedo concluir que dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos en el anteproyecto de tesis, para lo cual me complace dar la aprobación respectiva e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente,



Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes  
Ingeniero Electricista  
Colegiado 8339

Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes  
ASESOR  
Colegiado No. 8339



Guatemala, 28 de noviembre de 2011.  
Ref.EPS.DOC.1510.11.11.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar Yanuario Laj Hun** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **200010718**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

~~“Id y Enseñad a Todos”~~

  
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Electrónica



c.c. Archivo  
KIER/ra



Guatemala, 28 de noviembre de 2011.

Ref.EPS.D.1080.11.11.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edgar Yanuario Laj Hun**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Ref. EIME 94. 2011  
Guatemala, 28 de NOVIEMBRE 2011.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS  
DEL IGSS ZONA 13", del estudiante Edgar Yanuario Laj Hun,  
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Romeo Neftalí López Orozco  
Coordinador de Electrotécnica



RNLO/sro





REF. EIME 81. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; EDGAR YANUARIO LAJ HUN titulado: "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 28 DE NOVIEMBRE 2011.



DTG. 541.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL ANTIGUO HOSPITAL DE EMERGENCIAS DEL IGSS ZONA 13**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Yanuario Laj Hun**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 30 de noviembre de 2011.

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios todo poderoso</b>	Por darme la vida, la sabiduría y por ser mí guía en los momentos más importantes de mi vida.
<b>La Virgen María</b>	Por sus múltiples bendiciones recibidas a lo largo de toda mi vida.
<b>Mi padre</b>	Félix Eduardo Laj Coy (q.e.p.d)
<b>Mi madre</b>	Magda Irene Hun Macz por todo su amor, esfuerzo, apoyo, comprensión y paciencia, por brindarme los principios y la moral para conducirme en la vida; que sea para ti una pequeña recompensa.
<b>Mis hermanos</b>	Silmar Eduardo, Allan Israel y Luis Alfonso, por el apoyo incondicional y ser ejemplo de superación.
<b>Mis primos</b>	Sulan, Yury, Nancy, Antonio, Carlo, Mary y especialmente a Luis Miguel, por sus consejos y apoyo en mi vida universitaria.
<b>Mi novia</b>	Laura Welches, con mucho amor.
<b>Mis sobrinos</b>	Que luchen por alcanzar sus sueños.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios y darme la oportunidad de estudiar mi carrera universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser la fuente de conocimiento de la cual obtuve la preparación que me permite desarrollarme como profesional
<b>Instituto Guatemalteco de Seguridad Social</b>	Por haberme permitido realizar mi trabajo de graduación.
<b>Mi amigo</b>	Ingeniero Kenneth Issur Estrada Ruiz, por todo el apoyo y paciencia que ha tenido conmigo como consejero, mentor, guía, maestro y asesor, además de la amistad brindada a lo largo de mi vida.
<b>Mi madre</b>	Por la humildad con que me enseñó a vivir, por los valores y principios con los que me educo para enfrentar la vida sin temor alguno para lograr todo lo que me proponga.
<b>Mi novia</b>	Por su amor, confianza, comprensión y apoyo, por compartir alegrías y tristezas.

**Mis hermanos**

Por todo su apoyo y comprensión en los buenos y malos momentos, además del cariño inmenso que siempre nos hemos demostrado.

**Mis amigos**

Por la amistad brindada y que nunca permitieron que cayera y me mantuviera siempre con paso firme viendo la vida de forma optimista, Harry Ochaeta, Henry González, Erick Mazariegos, Mario Gómez, Sergio Cazzaly, Hernán Figueroa, Vinicio Montes, Johana Catalán y amigos de la AEI 2005-2006.

**Profesionales**

A todos aquellos profesionales que compartieron su amistad, tiempo, conocimiento y enseñanzas de la vida, especialmente a los Ingenieros Rodolfo Samayoa, Carlos Navarro, Francisco Rodas, Julio Barrios, Gilberto González, Kenneth Estrada, Murphy Paiz y Licenciado Walter Mazariegos.

**Mis familiares**

Les agradezco la ayuda, apoyo y cariño demostrado en mi etapa de estudiante, les agradezco porque gracias a ese granito de arena que pusieron pude alcanzar este logro, en especial a mis tíos Alfonso, Otto, Yanuario y Rubén, gracias por demostrarme su apoyo en vida, que en paz descansen.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XXIX
1. GENERALIDADES DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL	
1.1. Historia.....	1
1.2. Misión .....	2
1.3. Visión .....	2
1.4. Estructura .....	2
1.4.1. Junta Directiva .....	2
1.4.2. Gerencia.....	3
1.4.3. Consejo técnico.....	4
1.5. Programas de cobertura que atiende el IGSS .....	4
1.5.1. Programa de accidentes .....	4
1.5.2. Programa materno infantil .....	5
1.5.3. Programa de enfermedad .....	5
1.5.4. Programa de vejez, invalidez y sobrevivencia.....	6
1.6. Marco legal .....	7
2. GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
2.1. Instalación eléctrica .....	9
2.2.1. Acometida eléctrica.....	9

2.2.2.	Carga .....	10
2.2.3.	Demanda .....	10
2.1.3.1.	Factores que caracterizan la demanda.....	10
2.1.3.2.	Cálculo de la demanda máxima.....	12
2.2.	Instalación eléctrica por tipo de consumidor.....	13
2.2.1.	Instalación eléctrica domiciliar .....	13
2.2.2.	Instalación eléctrica comercial .....	14
2.2.3.	Instalación Eléctrica Industrial .....	14
2.3.	Elementos y materiales que constituyen una instalación eléctrica .....	15
2.3.1.	Tubería eléctrica .....	15
2.3.1.1.	Tubería tipo conduit (galvanizado o negro)...	16
2.3.1.2.	Tubo conduit metálico rígido para pared gruesa.....	16
2.3.1.3.	Tubo metálico para pared delgada .....	17
2.3.1.4.	Tubería tipo conduit .....	18
2.3.1.5.	Tubería PVC .....	18
2.3.1.6.	Tubería de tipo conduven .....	20
2.3.1.7.	Tubería de polietileno .....	20
2.3.1.8.	Calculo de tubería eléctrica .....	21
2.3.1.9.	Número máximo de cables en tubería metálica .....	23
2.3.2.	Cajas y accesorios.....	30
2.3.2.1.	Las cajas de conexión .....	30
2.3.2.2.	Conectores conduit.....	31
2.3.2.3.	Rieles de fijación sistema DIN .....	31
2.3.2.4.	Elementos de fijación.....	32
2.3.3.	Conductores eléctricos .....	32
2.3.3.1.	Calibre del conductor eléctrico.....	35
2.3.3.2.	Capacidad de conducción de corriente del conductor eléctrico.....	39

2.3.3.3.	Como seleccionar un conductor.....	41
2.3.3.3.1.	Cálculo de conductores por capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).....	42
2.3.3.3.1.1.	Factor de corrección por cantidad de conductores en tubería.....	43
2.3.3.3.1.2.	Factor de corrección por temperatura ambiente .....	44
2.3.3.3.1.3.	Factor de corrección por disipación del calor de la tubería.....	45
2.3.3.3.1.4.	Factor de corrección por tipo de circuito alimentador....	46
2.3.3.3.2.	Cálculo de conductores por caída de voltaje .....	47
2.3.3.4.	El aislamiento.....	51
2.3.3.4.1.	Las cubiertas protectoras.....	53
2.3.4.	Dispositivos de protección.....	53
2.3.4.1.	Tipos de dispositivos de protección .....	54
2.3.4.1.1.	Relevador.....	54
2.3.4.1.2.	Fusibles.....	55
2.3.4.1.3.	Interruptor .....	56



	2.3.4.1.3.1.	Tipos de disparo.....	60
	2.3.4.1.3.2.	Prueba de disparo de interruptores....	61
2.3.5.	Tableros eléctricos.....		62
	2.3.5.1.	Tablero de distribución y protección .....	65
	2.3.5.2.	Clasificación de los tableros de protección ..	66
2.3.6.	Apagador o interruptor .....		68
	2.3.6.1.	Montaje de interruptores .....	70
	2.3.6.2.	Tipos de interruptores .....	71
	2.3.6.2.1.	Apagador de uso general o interruptor monopolar .....	71
	2.3.6.2.2.	Interruptor de tres vías.....	71
	2.3.6.2.3.	Interruptor de cuatro vías.....	74
2.3.7.	Tomacorriente o enchufe eléctrico.....		74
	2.3.7.1.	Tipos de tomacorriente .....	74
	2.3.7.1.1.	Tomacorriente de uso general.....	74
	2.3.7.1.2.	Tomacorriente no polarizado ..	75
	2.3.7.1.3.	Tomacorriente polarizado .....	75
	2.3.7.1.4.	Tomacorriente de piso .....	76
	2.3.7.1.5.	Tomacorriente de uso industrial .....	77
	2.3.7.1.6.	Tomacorriente de uso exterior.....	77
	2.3.7.1.7.	Tomacorriente de uso especial .....	78
2.3.8.	Lámparas y luminarias.....		79
	2.3.8.1.	Lámparas Incandescentes.....	80
	2.3.8.1.1.	Lámparas no halógenas .....	82

	2.3.8.1.2.	Lámparas halógenas de alta y baja tensión .....	83
2.3.8.2.		Lámparas de descarga .....	85
	2.3.8.2.1.	Lámparas de vapor de mercurio a baja presión.....	85
	2.3.8.2.1.1.	Lámpara fluorescente ...	88
	2.3.8.2.1.2.	Lámpara fluorescente compacta o ahorradora de energía.....	88
	2.3.8.2.2.	Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.....	91
	2.3.8.2.2.1.	Lámparas de vapor de mercurio.....	91
	2.3.8.2.2.2.	Lámparas de luz de mezcla .	93
	2.3.8.2.2.3.	Lámparas con halogenuros metálicos.....	94
	2.3.8.2.3.	Lámparas de vapor de sodio a baja presión .....	96
	2.3.8.2.4.	Lámparas de vapor de sodio a alta presión .....	97
2.3.8.3.		Lámparas LED .....	99
2.3.8.4.		Cálculo de luminarias .....	101
	2.3.8.4.1.	Cálculo por el método de cavidades zonales.....	102

	2.3.8.4.1.1.	Calculando el factor de mantenimiento y de utilización.....	106
	2.3.8.4.2.	Cálculo por el método de punto por punto.....	113
2.3.9.		Cargas especiales .....	115
	2.3.9.1.	Arrancador .....	116
	2.3.9.2.	Protección contra sobre corriente o relé térmico .....	116
	2.3.9.3.	Elevación de la temperatura .....	116
	2.3.9.4.	Motores mayores a 1 HP .....	117
	2.3.9.5.	Motores menores de 1 HP .....	117
2.3.10.		Sistema de puesta a tierra .....	117
	2.3.10.1.	Red de tierras .....	118
	2.3.10.2.	Puesta a tierra .....	118
	2.3.10.3.	Unión solidad entre un sistema eléctrico y la tierra física.....	120
	2.3.10.4.	Factores que influyen en la resistividad del terreno.....	121
	2.3.10.5.	Electrodos de puesta a tierra .....	122
	2.3.10.6.	Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra .....	122
	2.3.10.7.	Consideraciones para un buen diseño de sistema de puesta a tierra de equipos eléctricos .....	124
	2.3.10.8.	Métodos de medición de tierra.....	125
	2.3.10.8.1.	Método Wenner o de los cuatro conductores .....	127
	2.3.10.8.1.	Método de Schulumberger ...	129

2.3.10.9.	Clasificación de los SPT según aplicación .....	129
2.3.10.9.1.	SPT para instalaciones eléctricas .....	129
2.3.10.9.2.	SPT para instalaciones eléctricas .....	129
2.3.10.9.3.	SPT para protección atmosférica .....	130
2.3.10.9.4.	SPT para protección electrostática .....	130
2.3.10.10.	Pararrayos.....	130
2.4.	Diagramas unifilares .....	131
2.5.	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas .....	132
2.5.1.	Mantenimiento correctivo .....	133
2.5.1.1.	Mantenimiento contingente .....	133
2.5.1.2.	Mantenimiento programable.....	134
2.5.2.	Mantenimiento preventivo .....	135
2.5.2.1.	Fases del mantenimiento preventivo.....	135
3.	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES</b>	
3.1.	Antecedentes.....	137
3.1.1.	Generalidades.....	137
3.1.1.1.	Tableros .....	138
3.1.1.1.1.	Condición actual de los tableros .....	138
3.1.1.1.2.	Características actuales de los tableros.....	140
3.1.1.1.3.	Protecciones instaladas .....	143
3.1.1.1.4.	Tubería instalada .....	145
3.1.1.1.5.	Conductores instalados.....	146

3.1.1.1.6.	Tipo de cargas instaladas.....	148
3.1.1.1.6.1.	Iluminación ..	148
3.1.1.1.6.1.	Fuerza .....	152
3.1.1.1.7.	Distribución de cargas .....	155
3.1.1.2.	Intensidad lumínica por ambientes .....	170
3.1.1.3.	Diagrama unifilar de las instalaciones .....	172
4.	<b>CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	
4.1.	Generalidades .....	175
4.1.1.	Distribución de cargas por circuito .....	176
4.1.2.	Cálculo de conductores .....	186
4.1.3.	Cálculo de protecciones.....	188
4.1.4.	Distribución de circuitos en tableros .....	189
4.1.5.	Cálculo de tableros y sus protecciones.....	196
4.1.6.	Distribución de tableros y cálculo de tablero principal ..	207
4.1.7.	Medición de la resistividad del terreno.....	209
5.	<b>COMPARACIONES TEÓRICA Y PRÁCTICAS</b>	
5.1.	Comparación de calibre de conductor y protección por circuito ..	213
5.2.	Comparación teórica - práctica de tableros .....	217
	CONCLUSIONES.....	219
	RECOMENDACIONES .....	221
	BIBLIOGRAFÍA.....	223
	ANEXOS.....	225

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Instalación eléctrica domiciliaria.....	13
2. Instalación eléctrica comercial.....	14
3. Instalación eléctrica industrial.....	15
4. Tubería tipo conduit.....	16
5. Tubería condulet.....	18
6. Cajas de conexión.....	30
7. Accesorios condulet.....	31
8. Rieles DIN.....	32
9. Calibre de conductores, designación AWG.....	35
10. Diagrama fasorial.....	48
11. Partes de un interruptor termomagnético.....	59
12. Partes de un interruptor termomagnético.....	59
13. Prueba de disparo de cortocircuito térmico y magnético.....	62
14. Tablero de caja o gabinete.....	64
15. Interruptor de cuchilla con protección de fusible.....	65
16. Tableros de protección.....	68
17. Apagador o interruptor.....	70
18. Interruptor monopolar.....	71
19. Posiciones del interruptor de tres vías.....	72
20. Posiciones del interruptor de cuatro vías.....	73
21. Tomacorriente de uso general.....	75
22. Tomacorriente con protección a tierra o polarizado.....	76
23. Tomacorriente de piso.....	76

24. Tomacorriente de uso industrial.....	77
25. Tomacorriente de intemperie.....	78
26. Tomacorriente especial de estufa y aire acondicionado.....	78
27. Espectro Electromagnético.....	80
28. Partes de una bombilla.....	83
29. Ciclo del halógeno.....	84
30. Lámpara halógena.....	84
31. Lámpara fluorescente.....	86
32. Arrancador.....	88
33. Lámpara compacta fluorescente o CFL.....	90
34. Lámpara de mercurio a alta presión.....	92
35. Lámpara de luz de mezcla.....	94
36. Lámpara con halogenuros metálicos.....	95
37. Lámpara de vapor de sodio a baja presión.....	97
38. Lámpara de vapor de sodio a alta presión.....	98
39. Lámparas LED.....	100
40. Iluminación con zonas de sombra e iluminación uniforme.....	106
41. Componentes de la iluminación para el cálculo por el método punto por punto.....	113
42. Varilla electroquímica.....	124
43. Medición de la resistividad con equipo Wenner.....	126
44. Medición método de Schlumberger.....	128
45. Tablero de distribución 2.....	138
46. Tablero de distribución 4.....	139
47. Tablero de distribución 6.....	139
48. Tablero de distribución 8.....	140
49. Estado de las protecciones.....	143
50. Estado de las conexiones en las protecciones.....	144
51. Estado de las protecciones.....	144

52. Tubería instalada.....	145
53. Empalmes de conductores.....	146
54. Estado de los conductores en las instalaciones.....	147
55. Tablero de distribución 8.....	147
56. Lámpara incandescente en cielo.....	148
57. Lámparas incandescente ojo de buey.....	149
58. Lámpara incandescente de farol.....	149
59. Lámpara fluorescente 4x17.....	150
60. Lámpara fluorescente 4x32.....	150
61. Lámpara de mercurio a alta presión con fotocelda.....	151
62. Lámpara incandescente para exterior de pared.....	151
63. Lámpara de vapor de sodio a alta presión.....	152
64. Tomacorriente de uso general.....	153
65. Tomacorriente en tubería expuesta.....	153
66. Tomacorriente uso especial 220 V.....	154
67. Tomacorriente uso especial 220 V.....	154
68. Tomacorriente uso especial 220 V.....	155
69. Diagrama unifilar de las instalaciones actuales.....	173

## **TABLAS**

I. Dimensiones de tubo conduit.....	17
II. Número máximo de cables en tubería metálica.....	24
III. Número máximo de cables en tubería metálica.....	25
IV. Número máximo de cables en tubería metálica.....	26
V. Número máximo de cables en tubería conduit PVC.....	27
VI. Número máximo de cables en ducto eléctrico PVC.....	28
VII. Número máximo de cables en ducto eléctrico PVC.....	29
VIII. Conversión de tamaños de conductor métrico- ingles.....	36



IX.	Capacidad de corriente de cables unipolares, bipolares y tripolares para 60 °C, temperatura ambiente de 30 °C.....	40
X.	Capacidad de corriente de cables THW para 75 °C, temperatura ambiente de 30 °C.....	41
XI.	Factores de corrección de capacidad de carga para más de tres conductores en tubería.....	44
XII.	Factores de corrección de capacidad de carga para temperatura ambiente superior a 30 °C.....	45
XII.	Valores de regulación de voltaje.....	48
XIV.	Clasificación de conductores eléctricos y tipos de aislamiento	52
XV.	Factores de reflexión de techos y paredes.....	107
XVI.	Cálculo de la relación local.....	108
XVII.	Cálculo del índice del local.....	109
XVII.	Tabla para el cálculo del factor de mantenimiento Fm y factor de utilización Fu.....	110
XIX.	Descripción del diámetro de tubería en instalaciones.....	145
XX.	Descripción del tipo de conductor en instalaciones.....	146
XXI.	Carga en tablero de distribución 1.....	156
XXII.	Carga en tablero de distribución 2.....	157
XXIII.	Carga en tablero de distribución 3.....	160
XXIV.	Carga en tablero de distribución 4.....	161
XXV.	Carga en tablero de distribución 5.....	163
XXVI.	Carga en tablero de distribución 6.....	164
XXVII.	Carga en tablero de distribución 7.....	165
XXVIII.	Carga en tablero de distribución 8.....	167
XXIX.	Carga en tablero de distribución 9.....	168
XXX.	Carga en tablero de distribución 10. ....	169
XXXI.	Valores de intensidad lumínica por ambientes.....	170
XXXII.	Caracterización de la carga.....	176

XXXIII.	Distribución de circuitos en tablero 1.....	189
XXXIV.	Distribución de circuitos en tablero 2.....	190
XXXV.	Distribución de circuitos en tablero 3.....	191
XXXVI.	Distribución de circuitos en tablero 4.....	192
XXXVII.	Distribución de circuitos en tablero 5.....	192
XXXVIII.	Distribución de circuitos en tablero 6.....	193
XXXIX.	Distribución de circuitos en tablero 7.....	194
XL.	Distribución de circuitos en tablero 8.....	195
XLI.	Distribución de circuitos en tablero 9.....	195
XLII.	Distribución de circuitos en tablero 10.....	196
XLIII.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 1.....	197
XLIV.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 2.....	198
XLV.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 3.....	199
XLVI.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 4.....	200
XLVII.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 5.....	201
XLVIII.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 6.....	202
XLIX.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 7.....	203
L.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 8.....	204
LI.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 9.....	205
LII.	Protección y especificaciones de tablero de distribución 10.....	206
LIII	Distribución centros de carga para cálculo de tablero principal..	207
LIV.	Protección y especificaciones de tablero principal.....	208
LV.	Especificaciones de diseño de la subestación.....	209
LVI.	Resistividad del suelo según ANSI/IEEE Std. 142-1982.....	210
LVII.	Comparación teórica practica de conductores y protecciones por circuito.....	213
LVIII.	Resumen de tableros levantamiento práctico.....	217
LIX.	Resumen de tableros levantamiento teórico.....	218



## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varphi$	Ángulo de desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente
$\sim 60 \text{ Hz}$	Corriente alterna de 60 Hz. El valor de la tensión también podría indicarse a la derecha del símbolo
$\Delta$	Intervalo de cambio del valor de una variable
<b>N</b>	Neutro
-	Polaridad negativa
+	Polaridad positiva
$\Omega$	Resistencia eléctrica en ohms
$\rho$	Resistividad eléctrica de un material
%	Valor en Porcentaje



## GLOSARIO

- Acometida** Se le denomina acometida al conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución de la empresa suministradora a la instalación eléctrica del inmueble servido.
- Aislante** Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por lo tanto, tampoco el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo.
- Ampacidad** Es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños (también conocida como corriente admisible). Esta corriente varía según las condiciones en que se encuentre el conductor, su sección, el material de su aislamiento y de la cantidad de conductores agrupados.

## **Amperímetro**

Es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Su composición básica es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente) con una resistencia en paralelo, llamada shunt. Los amperímetros tienen una resistencia interna muy pequeña, por debajo de 1 ohmio, con la finalidad de que su presencia no disminuya la corriente a medir cuando se conecta a un circuito eléctrico. El aparato descrito corresponde al diseño original, ya que en la actualidad los amperímetros utilizan un convertor analógico/digital para la medida de la caída de tensión en un resistor por el que circula la corriente a medir. La lectura del convertor es leída por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente eléctrica circulante.

## **Amperio**

Unidad de medida de la corriente eléctrica, que debe su nombre al físico francés André Marie Ampere, y representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor. (1 amperio = 1 coulomb/segundo).

<b>AWG</b>	Calibre de alambre estadounidense (cae, en inglés awg - american wire gauge) es una referencia de clasificación de diámetros. En muchos sitios de internet y también en libros y manuales, especialmente de origen norteamericano, es común encontrar la medida de conductores eléctricos (cables o alambres) indicados con la referencia awg.
<b>Cable</b>	Uno o más conductores reunidos, aislados o no entre sí.
<b>Capacidad eléctrica</b>	Razón entre el conductor y la carga eléctrica que transporta.
<b>Carga instalada</b>	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida de la empresa suministradora de energía.
<b>Circuito</b>	El lazo cerrado o camino por el que fluye una corriente eléctrica o un flujo magnético.
<b>Conductor</b>	Un material que ofrece una baja resistencia al paso de la corriente eléctrica.
<b>Consumo</b>	Es la cantidad de energía eléctrica utilizada por una instalación, durante un tiempo determinado.



<b>Corriente</b>	Un desplazamiento de cargas eléctricas medida en amperios. La corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material. En el sistema internacional de unidades se expresa en c/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio.
<b>Cortocircuito</b>	Una conexión entre dos puntos de un circuito a través de una fuente de energía eléctrica, mediante un camino de baja resistencia.
<b>DME</b>	Demanda media estimada
<b>Dimensionamiento</b>	Especificación de alguna medida cualquiera.
<b>Distribuidores</b>	Empresas dedicadas a vender energía eléctrica en determinadas regiones.
<b>Electrodo</b>	Varilla metálica, diseñada especialmente para enterrarla en el suelo y conectar en ella un sistema eléctrico aterrizado.
<b>Empalme de cable</b>	La conexión de un cable a otro de manera que la conductividad y el aislamiento en la unión sean de la misma calidad que la de los cables que intervienen.

<b>Energía</b>	La capacidad de un sistema para realizar un trabajo, es medida en kilovatios, la energía lleva implícita la variable tiempo y se mide en kilovatios por hora (kwh.) Y la potencia (demanda) en kilovatios (kw.).
<b>Extrapolación</b>	Método matemático para encontrar un valor.
<b>Filamento</b>	Es un alambre recto, en espiral sencillo o doble, hecho de tungsteno.
<b>Flexibilidad</b>	Cuando se refiere a una instalación, es aquella que permite realizar movimientos de forma libre.
<b>Flipón</b>	Es un interruptor termo magnético que está diseñado para protección de cortocircuitos y sobrecargas de un circuito eléctrico, puede desempeñar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento.
<b>Fusible</b>	Es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él, pasa de cierto valor predeterminado.
<b>Iluminación</b>	Cantidad de luz que alcanza un área unitaria de superficie, se mide en luxes.
<b>Interrupción</b>	Cuando la continuidad del servicio eléctrico es suspendida.

<b>Interruptor</b>	Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.
<b>Kilowatt/hora</b>	Una medida práctica de energía. Es la energía consumida en una hora cuando la potencia es de 1000 watt.
<b>Megger</b>	Instrumento de medición de valores de resistencia muy altos.
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>Ohm</b>	Unidad de medida de la resistencia eléctrica.
<b>Plano de montaje</b>	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se deben instalar las luminarias.
<b>Plano de trabajo</b>	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se necesita una iluminación determinada.
<b>Punto neutro</b>	Es el punto de un sistema polifásico que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.
<b>Red de tierras</b>	Conjunto de elementos que permiten la circulación y liberación de flujo de corriente.

<b>Red eléctrica</b>	Interconexión de dispositivos que permiten transportar la energía.
<b>SPT</b>	Sistema de puesta a tierra
<b>Trifásico</b>	Sistema eléctrico formado por tres líneas de tensión de igual magnitud, desfasadas 120 grados.
<b>Vatio</b>	Unidad de medida de la potencia eléctrica.



## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación se realiza un estudio eléctrico de las instalaciones del Antiguo Hospital de Emergencia del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, se incluye un informe respecto de las características y estados de los elementos que constituyen el sistema eléctrico actual de las instalaciones.

En el análisis de red se estudiaron los diferentes parámetros eléctricos del diseño de las instalaciones actuales de esta manera se presenta un estudio que nos permite tomar decisiones para la mejora del rendimiento económico y eléctrico.

Debido al equipo médico electrónico con que cuenta el hospital, tanto en lo sensible como en lo económico, es importante tomar en cuenta el estudio de puesta de tierra con que cuenta las instalaciones, ya que un sistema deficiente pone en riesgo la seguridad eléctrica del equipo electrónico conectado a la red.



# OBJETIVOS

## General

Realizar un estudio eléctrico de las instalaciones del Antiguo Hospital de Emergencias del IGSS, con el fin de identificar las deficiencias y proponer las mejoras mediante acciones correctivas y preventivas.

## Específicos

1. Evaluar las instalaciones eléctricas a fin de determinar las áreas en mal estado permitiendo dar soluciones a los problemas encontrados.
2. Desarrollar cálculos teóricos de los diferentes elementos que conforman las instalaciones eléctricas para tener parámetros de comparación con las cargas instaladas actualmente.
3. Determinar si la red de tierra actual es óptima y realizar cálculos para mejorar la misma si fuese necesario.





## INTRODUCCIÓN

El rendimiento, seguridad y buen funcionamiento de una instalación eléctrica depende de mantener ésta en óptimas condiciones, a través de un mantenimiento preventivo y correctivo cuando lo requiera, teniendo de esta forma un control de las instalaciones eléctricas para que con ello se prevea la durabilidad de dicha instalación.

Inicialmente una instalación se garantiza para un promedio de 20 años, para los cuales se calculan sobreesfuerzos eléctricos y una holgura de sobrecarga adecuada, sean estos por crecimiento de anexos a la infraestructura inicial o cortos circuitos.

Las instalaciones del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social tienen varias décadas de uso, por eso es importante reconocer que las instalaciones actualmente deben de rediseñarse a fin de cumplir con los requerimientos de seguridad y que las cargas actuales exigen.

En el presente trabajo se presenta el estudio eléctrico de las instalaciones actuales, donde se presentan los resultados de las mediciones realizadas, el análisis teórico, la interpretación de los resultados de los cuales se plantean las posibles soluciones, cuya implementación permitirá tener una red eléctrica eficiente y segura, que además prolongará su vida útil.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Historia**

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, es una institución que tiene por objeto proteger a todos los trabajadores que se encuentren laborando en empresas inscritas dentro del régimen de seguridad social, contribuyendo en proporción a porcentajes establecidos.

En Guatemala, como resultado de la Segunda Guerra Mundial y la difusión de ideas democráticas prepagadas por los países aliados. Se derrocó al gobierno interino del General Ponce Vaides quien había tomado el poder después de una dictadura de 14 años por el General Jorge Ubico, y se eligió un Gobierno democrático, bajo la presidencia del Dr. Juan José Arévalo Bermejo.

Durante este período de gobierno se gestionó la venida al país, de dos técnicos en materia de Seguridad Social. Ellos fueron el Lic. Oscar Barahona Streber (costarricense) y el Actuario Walter Dittel (chileno), para que realizaran un estudio de las condiciones económicas, geográficas, étnicas y culturales de Guatemala y se establecieran las bases de la seguridad social y se crea una institución encargada de su administración. El resultado de este estudio lo publicaron en un libro titulado Bases de la Seguridad Social en Guatemala y tomando como punto de partida dichos hallazgos se creó el 30 de octubre de 1,946 el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

## **1.2. Misión**

Garantizar servicios de seguridad social a los trabajadores guatemaltecos y sus familias, orientados a elevar su nivel de vida.

## **1.3. Visión**

Un país con trabajadores sanos, respaldados por servicios de salud y previsión, efectivos y modernos que contribuyan al bienestar integral del trabajador y su familia.

## **1.4. Estructura**

Los órganos superiores que integran la estructura organizacional del Instituto son:

- Junta directiva
- Gerencia
- Consejo Técnico

### **1.4.1. Junta Directiva**

Por disposición de la Ley, es la autoridad suprema de la institución y en consecuencia, le corresponde la dirección general de las actividades del instituto. Está formada por seis miembros propietarios y seis miembros suplentes nombrados así:

- Un propietario y un suplente nombrados por el Presidente de la República, mediante acuerdo emanado por conducto del Ministerio de Economía y Trabajo.
- Un propietario y un suplente nombrados por la Junta Monetaria del Banco de Guatemala, de entre cualesquiera de sus miembros, con la única excepción de los que lo sean de oficio. Si alguna de las personas designadas deja de tener la calidad de miembro de la Junta Monetaria, ésta deberá hacer el nuevo nombramiento que proceda por lo que falte para completar el respectivo periodo legal.
- Un propietario y un suplente nombrados por el Consejo Superior de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Un propietario y un suplente nombrados por el Colegio oficial de médicos y cirujanos.
- Un propietario y un suplente nombrados por los patronos que estén registrados conforme a la ley.
- Un propietario y un suplente nombrados por las asociaciones o sindicatos patronales que estén registrados conforme a la ley.

#### **1.4.2. Gerencia**

La Gerencia es el órgano ejecutivo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, teniendo a su cargo la administración y el gobierno del mismo así como el cumplimiento de las disposiciones que adopte la junta directiva.

Su nombramiento emana del Presidente de la República según artículo 289 inciso 14 de la Constitución de la República de 1,965 y artículo 1o. del Decreto del Presidente de la República No. 545.

### **1.4.3. Consejo Técnico**

El Consejo Técnico está compuesto de un conjunto de asesores en cada uno de los ramos de Actuario, Estadística, Auditoría, Inversiones y Médico-hospitalarias, quienes pueden tener también carácter de jefes de los respectivos departamentos administrativos, son nombrados por el gerente con aprobación, por lo menos, de cuatro miembros de la junta directiva teniendo como requisitos fundamentales: capacidad, título, experiencia y ética profesional.

## **1.5. Programas de cobertura que atiende el IGSS**

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, desde su inicio contempló como una meta y obligación cubrir los programas de accidentes de trabajo y los comunes, maternidad, enfermedades generales, invalidez, orfandad, viudez y vejez.

### **1.5.1. Programa de accidentes**

Se inició en la ciudad capital el 1 de enero de 1,948 y completó la cobertura en todo el país en 1,971, tiene alcance tanto para los accidentes de trabajo, como para los accidentes comunes. Tienen derecho a este programa, los trabajadores afiliados al régimen, las esposas o convivientes y los hijos menores de 5 años.

### **1.5.2. Programa materno infantil**

Se inició el 1 de mayo de 1,953, en el departamento de Guatemala y en el mes de septiembre extendió su cobertura a los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Baja Verapaz, Totonicapán; y a partir de febrero de 1979, se extendió a los demás departamentos con que cuenta el país.

Tienen derecho a los beneficios del programa, las trabajadoras afiliadas y las esposas de los trabajadores afiliados al Seguro Social, consistiendo las prestaciones en servicios de atención prenatal, atención del parto y subsidios por incapacidad temporal para el trabajo. En el caso de las trabajadoras afiliadas les corresponde el 100% de su salario por un período de 84 días de descanso pre y post natal, los hijos de los afiliados tienen derecho a la atención medica hasta los cinco años de edad.

### **1.5.3. Programa de enfermedad**

El 7 de noviembre de 1,968 entra en vigencia dicho programa en el departamento de Guatemala. En los años 1,978 y 1,979, se extendió conjuntamente con el programa materno infantil, a los nueve departamentos anteriormente citados. Tienen derecho a los servicios los trabajadores afiliados y sus esposas. A partir de 1,989 se extendió el programa de Enfermedad y Maternidad a los departamentos restantes, bajo la estrategia de atención primaria en salud.



#### **1.5.4. Programa de vejez, invalidez y sobrevivencia**

Este programa se inició en forma paulatina, primero brindando atención a los trabajadores del Instituto a partir del año de 1,971, incorporando luego, en el año de 1,977 a todos los trabajadores afiliados. En el año de 1,980 se inician las prestaciones que incluyen incapacidades parciales o totales consecutivas a secuelas de accidentes o lesiones patológicas generales, protección a niños sobrevivientes cuyos padres afiliados hubiesen fallecido, en cuyo caso se proporciona una pensión a la viuda hasta su fallecimiento y a los hijos menores hasta la edad de 18 años, además está contemplada la jubilación a la edad de 60 años.

Al respecto, la Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, en su artículo 28 establece lo siguiente: “El Régimen de Seguridad Social comprende protección y beneficio en caso de que incurran los siguientes riesgos de carácter social”.

- Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
- Maternidad
- Enfermedades generales
- Invalidez
- Orfandad
- Viudedad
- Vejez
- Muerte

La cobertura del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, según el Centro Interamericano de Seguridad Social y la Ley Orgánica del Instituto, coinciden en los distintos programas que actualmente proporciona el mismo a los afiliados y beneficiarios al Régimen de Seguridad Social.

## **1.6. Marco legal**

Con la promulgación de la Constitución de la República de Guatemala, el pueblo encontró garantías sociales en el Artículo 63, en el que literalmente dice: "Se establece el Seguro Social obligatorio".

La Ley regulará sus alcances, extensión y la forma en que debe de ser puesto en vigor. El 30 de octubre de 1,946, el Congreso de la República de Guatemala, emite el decreto número 295, "La Ley orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social". Se crea así una Institución autónoma, de derecho público de personería jurídica propia y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala.

Se crea así un régimen nacional, unitario y obligatorio. Esto significa que debe cubrir todo el territorio de la república, debe ser único para evitar la duplicación de esfuerzos y de cargas tributarias los patronos y trabajadores de acuerdo con la ley, deben de estar inscritos como contribuyentes, no pueden evadir esta obligación, pues ello significaría incurrir en la falta de previsión social.

La Constitución Política de la República de Guatemala, promulgada el 31 de mayo de 1985, instituyó la garantía de la seguridad social para beneficio de los habitantes de la nación, en el artículo 100, el cual textualmente dice: "Seguridad Social, el estado reconoce y garantiza el derecho a la seguridad social para beneficio de los habitantes de la nación. Su régimen se instituye como función pública, en forma nacional, unitaria y obligatoria".

El Estado, los empleadores y los trabajadores cubiertos por el régimen, con la única excepción de lo preceptuado por el artículo 88 de la Constitución, tiene obligación de contribuir a financiar dicho régimen y derecho a participar en su dirección, procurando su mejoramiento progresivo.

“La aplicación del régimen de seguridad social corresponde al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, que es una entidad autónoma con personalidad jurídica, patrimonio y funciones propias; goza de exoneración total de impuestos, contribuciones y arbitrios, establecidos o por establecerse. El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social debe participar con las instituciones de salud en forma coordinada.

El Organismo Ejecutivo asignará anualmente en el Presupuesto de Ingresos y Egresos del Estado, una partida específica para cubrir la cuota que corresponde al estado como tal y como empleador, la cual no podrá ser transferida ni cancelada durante el ejercicio fiscal y será fijada de conformidad con los estudios técnicos actuariales del Instituto, contra las resoluciones que se dicten en esta materia, proceden los recursos administrativos y el de lo contencioso-administrativo de conformidad con la ley. Cuando se trate de prestaciones que deba otorgar el régimen, reconocerán los tribunales de trabajo y previsión social”.

## **2. GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **2.1. Instalación eléctrica**

Se refiere a todos aquellos accesorios que se instalan para un servicio de distribución y/o consumo eléctrico.

En el diseño de una instalación eléctrica intervienen una serie de factores, una parte de ellos dependientes de la carga.

El primer requerimiento del sistema es que el servicio sea de calidad satisfactoria para asegurar la operación de todas las cargas. El conocimiento de las características de la carga permite lograr el mejor diseño de la instalación.

#### **2.1.1. Acometida eléctrica**

Las acometidas son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Las acometidas en baja tensión finalizan en la denominada caja general de protección mientras que las acometidas en alta tensión finalizan en un centro de transformación. Este es el punto donde comienzan las instalaciones internas.

### **2.1.2. Carga**

Cada elemento del sistema eléctrico que requiere ser alimentado, se puede definir como una carga eléctrica.

Se puede caracterizar la carga eléctrica en sistemas de baja tensión en tres grandes grupos:

- Carga de iluminación
- Carga de tomacorrientes
- Carga especial (generalmente de motores eléctricos)

Al hablar de carga, se debe considerar los siguientes conceptos:

- Carga total conectada: es la suma de la potencia nominal (KVA o KW) de todos los equipos que se encuentren en el inmueble servido.
- Capacidad o carga instalada: es la potencia total en KVA que la distribuidora pone exclusivamente a disposición del usuario en el punto de entrega.
- Demanda contratada: es la demanda máxima que la Distribuidora está comprometida a entregar al usuario de acuerdo al contrato.

### **2.1.3. Demanda**

Demanda, potencia requerida por el consumidor en un instante dado (KW).

En un sistema eléctrico, es la carga promedio, en un determinado intervalo de tiempo; expresada en kilovatios (KW), kilovoltio amperios (KVA), amperios (A) u otras unidades aplicables a la carga.

La demanda máxima es el valor de mayor interés porque es la condición normal más severa impuesta a un sistema.

En general para un grupo de cargas la máxima demanda de cada una de ellas no coincide con otras, en consecuencia la máxima demanda del grupo es menor que la suma de las máximas demandas individuales.

#### **2.1.3.1. Factores que caracterizan la demanda**

Los factores pueden aplicarse a la parte de la carga de los circuitos derivados que corresponden al alumbrado general, solo para efectos de cálculo de la capacidad del alimentador, pero no para determinar el número de circuitos derivados requeridos.

En el estudio de la demanda se debe considerar los siguientes factores:

- Factor de demanda: es la relación entre la demanda máxima de un sistema, y la carga total conectada al sistema.
- Factor de utilización: es la relación de la demanda máxima de un sistema y la capacidad medida por el sistema. El factor de utilización puede aplicarse a un sistema o parte del sistema, como por ejemplo el factor de utilización de un transformador o conductor. Indica la utilización máxima de equipo o instalación y es menor o igual a la unidad.

- Factor de carga: es la relación de la carga promedio en un determinado periodo de tiempo y la carga pico ocurrida en este intervalo.
- Factor de diversidad: es la suma de las demandas máximas individuales, dividido entre la demanda máxima coincidente.
- Factor de coincidencia: es la relación máxima demanda total coincidente de un grupo de cargas, y la suma de las máximas demandas individuales.
- Diversidad de carga: es la diferencia entre la suma de los picos de dos o más cargas individuales y el pico de las cargas combinadas.
- Factor de contribución: es el factor con que contribuye una carga individual a la máxima demanda.

### **2.1.3.2. Cálculo de la demanda máxima**

Al momento de diseñar un proyecto se debe tomar en cuenta esta demanda, ya que representa el mayor valor de las exigencias del circuito en condiciones normales de funcionamiento.

Puede determinarse sumándose las cargas de los circuitos derivados que estarán abastecidos por él, afectadas por los factores de demanda. El circuito alimentador debe tener, por lo menos, igual al valor de la demanda máxima en el mismo.

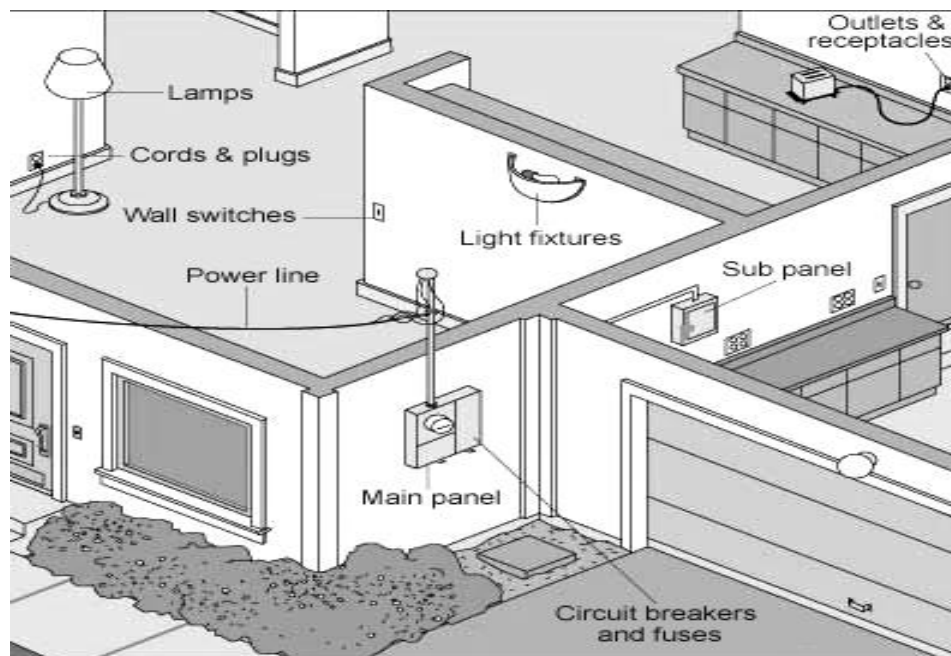
$$\text{Carga instalada} \times \text{factor de demanda} = \text{demanda media estimada} \quad 2.1$$

## 2.2. Instalación Eléctrica por tipo de consumidor

### 2.2.1. Instalación eléctrica domiciliar

En electricidad el término doméstico usualmente, se refiere a la corriente alterna (CA) de propósito general para suministro de energía eléctrica. Otro término acorde es "energía domiciliaria" o "energía residencial".

Figura 1. Instalación eléctrica domiciliaria



Fuente: <http://www.hometips.com/catimages>. 29/05/2009



### **2.2.2. Instalación eléctrica comercial**

En electricidad el término comercial usualmente, se refiere a la corriente alterna (ca) de propósito general a nivel comercial de energía eléctrica. Esto quiere decir que la distribución es para todo tipo de carga utilizada para los diferentes comercios y sus necesidades para brindar un determinado servicio.

Figura 2. **Instalación eléctrica comercial**

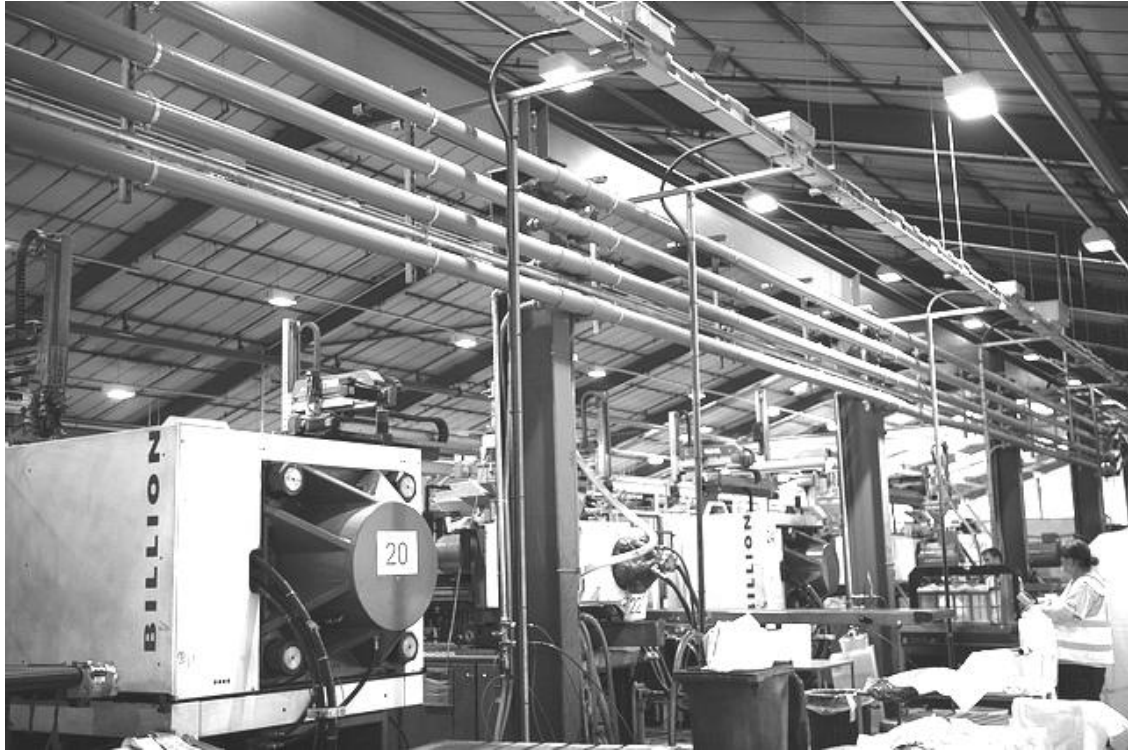


Fuente: <http://www.spe-limited.co.uk/images>. 29/05/2009

### **2.2.3. Instalación eléctrica industrial**

En electricidad el término industrial usualmente, se refiere a la corriente alterna (ca) de propósito general a nivel de industria con respecto a la maquinaria que consume energía eléctrica. Esto quiere decir que la distribución es para todo tipo de carga utilizada para los diferentes equipos, maquinaria, iluminación, motores, etc.

Figura 3. **Instalación eléctrica industrial**



Fuente: <http://www.flickr.com/photos.29/05/2009>

## **2.3. Elementos y materiales que constituyen una instalación eléctrica**

### **2.3.1. Tubería eléctrica**

Es el conjunto de tubos que forman una estructura determinada a las necesidades preestablecidas, que llevan uno o varios circuitos eléctricos en su interior.

### **2.3.1.1. Tubo tipo conduit (galvanizado o negro)**

El tubo conduit galvanizado de acero está diseñado para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, en áreas clasificadas de alto riesgo de explosión y en zonas de ambiente corrosivo.

Por el contrario el tubo tipo conduit negro, tiene la misma utilidad pero la palabra NEGRO indica que no está galvanizado, minimizando su capacidad de durabilidad en ambientes corrosivos.

Figura 4. **Tubería tipo conduit**



Fuente: Wikipedia / sección tubería. 29/05/2009

### **2.3.1.2. Tubo conduit metálico rígido para pared gruesa**

Este tipo de tubo conduit puede ser de acero o aluminio y se encuentra disponible en diámetros desde 1/2 pulgada hasta 6 pulgadas, como se observa en la tabla I.

El tubo de acero normalmente es galvanizado y puede ser empleado en muchas clases de trabajo dado su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo sobrepuesta, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedos.

Tabla I. **Dimensiones de tubo conduit**

<b>Diámetro nominal pulgadas</b>	<b>Diámetro interior útil pulgadas</b>	<b>Área interior pulgadas</b>
½	0,622	0,30
¾	0,824	0,53
1	1,049	0,86
1 ¼	1,380	1,50
1 ½	1,610	2,04
2	2,067	3,36
2 ½	2,469	4,79
3	3,168	7,28
3 ½	3,548	9,90
4	4,026	12,72
5	5,047	20,06
6	6,065	28,89

Fuente: Enríquez Harper, Gilberto. Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales. p. 115.

### **2.3.1.3. Tubo metálico para pared delgada**

Estos son similares a los de pared gruesa pero tiene su pared interna mucho más delgada, se pueden utilizar en instalaciones ocultas y visibles, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos, estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho usan sus propios conectores de tipo atornillado.

#### **2.3.1.4. Tubo tipo conduit**

Es llamada tubería conduit a la tubería que hace uso de los accesorios conduit, normalmente el tipo de tubería utilizada es conduit rígida y para instalaciones especiales se utiliza tubería flexible. La tubería conduit, está diseñada para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, en áreas clasificadas de difícil acceso y mínimo espacio, están provistas de tapaderas que funcionan como registros a cierta longitud, esto hace más fácil el proceso de verificación, medición y chequeo de la instalación. Además de traer una amplia gama de accesorios para diferentes tipos de instalaciones roscada para facilitar su alambrado y hacer empalmes y derivaciones de los conductores.

Figura 5. **Tubería conduit**



Fuente: <http://controlsystemco.com/galeria4/Electrica/>. 29/05/2009

#### **2.3.1.5. Tubería PVC**

La longitud de esta tubería es de 3,0 metros; la temperatura máxima que se recomienda es de 140 °F (60 °C).

Este tipo de tubería presenta ventajas como:

- Auto Extinguible. Una de las propiedades más importantes de la tubería PVC es que no propaga la flama, lo cual es una condición de seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Aislante. Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla de tierra.
- Seguridad. Al alambrar por las paredes lisas y libres de rebabas de la tubería PVC conduit permite un alambrado rápido y eficiente, sin peligro para el forro de los cables.
- Hermeticidad. Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Durabilidad. Para aplicaciones en donde se requiere de resistencia a la corrosión las tuberías de PVC son la mejor opción ya que no se ve afectada por la agresividad de los suelos, es por eso que el tiempo de vida útil es el de mayor durabilidad.
- Ligereza. La tubería PVC conduit eléctrica tiene un peso de cinco veces menos que el tubo metálico equivalente.
- Resistencia al impacto. La resistencia al impacto de las tuberías de PVC conduit permiten soportar el maltrato físico que normalmente reciben los materiales en obra.

Algunas de las aplicaciones en donde se recomienda utilizar este material son:

- Para protección de conductores eléctricos en instalaciones ocultas o visibles no expuestas al sol.
- Instalaciones de alumbrado público.
- Instalaciones eléctricas industriales.
- Instalaciones eléctricas de construcciones institucionales.
- Instalaciones eléctricas en general.

#### **2.3.1.6. Tubería de tipo conduven**

El tubo estructural, nace de la tecnología desarrollada en la fabricación de acero estructural de alta resistencia mecánica conformado en frío y soldado eléctricamente por alta frecuencia, formando tubos de sección circular, cuadrada, rectangular y en 12,00 m. de largo. La eficiencia de los Tubos Estructurales se debe a la forma de su sección transversal permitiéndole manejar solicitudes de flexo-compresión y alta compresión axial.

#### **2.3.1.7. Tubería de polietileno**

Las tuberías de plástico se utilizan cada vez más en aplicaciones industriales.

Las tuberías de polietileno se usan también para recubrir tubos de acero, proteger cables, en diversas aplicaciones industriales. Se emplean en las acometidas domésticas y en las redes de distribución que se sitúan en el exterior.

Se utilizan en aplicaciones sin apertura de zanja para renovar otras tuberías que ya están deterioradas y que son de plomo, fundición gris o fibrocemento. Se emplean para las acometidas domésticas y en las redes de distribución de agua potable.

El uso frecuente de los tubos de polietileno está relacionado con las características especiales del material:

- Gran flexibilidad.
- Instalación y manipulación fácil gracias a su ligereza.
- Resistencia a la corrosión, a los productos químicos y a los rayos ultravioleta.
- Ausencia de toxicidad, que las hace apropiadas para el transporte de agua potable

#### **2.3.1.8. Cálculo de tubería eléctrica**

Desde el punto de vista de ventilación sería deseable que todos los conductores estuvieran colocados de tal forma que el aire circulara libremente por su superficie.



Los conductores tienen una limitante en su capacidad de conducción de corriente debido a la baja disipación de calor, ya que el aislante tiene límite térmico bajo.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo o cualquier sistema de canalización debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo físico de acuerdo con la forma y el área transversal de la canalización de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores durante la instalación.

Además debe considerarse la cantidad adecuada de aire dentro de la tubería para que se disipe el calor que se genera internamente debido al efecto joule.

Para el cálculo del diámetro de tuberías donde irán alojados varios conductores, debe tomarse en cuenta la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluyendo el aislamiento) y el área transversal del tubo.

Esta relación se le llama factor de relleno. Según la norma NEC para un conductor el factor de relleno debe ser de 53%, para dos conductores se limita a un máximo de 31% y para 3 o más conductores a un 40%. También se toma en cuenta el factor de arreglo el cual es 0.80 por la norma NEC, esto es debido a que el área del conductor de cobre no es igual al área del conductor forrado.

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad 2.2$$

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\sum A_{\text{conductores}}}{FA \times FR} \quad 2.3$$

De las ecuaciones anteriores, se obtiene la siguiente ecuación para encontrar el diámetro del tubo:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{\text{conductores}}}{(\pi \times FA \times FR)}} \quad 2.4$$

Dónde:

- $\phi$  = Diámetro
- A = Sección de área transversal
- FA = Factor de arreglo
- FR = Factor de relleno

#### **2.3.1.9. Número máximo de cables en tubería metálica**

En las tablas número II, III, IV, V, VI y VII podemos observar el número máximo de cables en diversas tuberías:

Tabla II. **Número máximo de cables en tubería metálica**

Cables TF, TFN, TFFN, TW, THW, THHW

TIPO DE CABLE	CAL.	DIÁMETRO DE TUBERÍA									
		1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"
TF, TFN, TFFN	18	22	38	63	108	148	244				
	16	17	29	48	83	113	186				
TW	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	119	195	255	326
	10	5	8	14	24	33	55	36	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
THW, THHW	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106
TW, THW, THHW	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	1/0		1	1	2	3	6	10	16	20	26
	2/0		1	1	1	3	5	9	13	17	22
	3/0		1	1	1	2	4	7	11	15	19
	4/0			1	1	1	3	6	9	12	16
	250			1	1	1	3	5	7	10	13
	300			1	1	1	2	4	6	8	11
	350				1	1	1	4	6	7	10
	400				1	1	1	3	5	7	9
	500				1	1	1	3	4	6	7
	600				1	1	1	2	3	4	6
	700					1	1	1	3	4	5
	750					1	1	1	3	4	5
800					1	1	1	3	3	5	
900						1	1	2	3	4	
1000						1	1	2	3	4	

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Tabla III. **Número máximo de cables en tubería metálica**

**Cables THHN/THWN/THWN-2**

TIPO DE CABLE	CAL.	DIÁMETRO DE TUBERÍA									
		1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"
<b>THHN, THWN</b>	<b>14</b>	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
<b>THWN-2</b>	<b>12</b>	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	<b>10</b>	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	<b>8</b>	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	<b>6</b>	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	<b>4</b>	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	<b>3</b>	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	<b>2</b>	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	<b>1</b>	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	<b>1/0</b>	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	<b>2/0</b>		1	1	2	3	6	10	16	20	26
	<b>3/0</b>		1	1	1	3	5	8	13	17	22
	<b>4/0</b>		1	1	1	2	4	7	11	14	18
	<b>250</b>			1	1	1	3	6	9	11	15
	<b>300</b>			1	1	1	3	5	7	10	13
	<b>350</b>			1	1	1	2	4	6	9	11
	<b>400</b>				1	1	1	4	6	8	10
	<b>500</b>				1	1	1	3	5	6	8
	<b>600</b>				1	1	1	2	4	5	7
	<b>700</b>				1	1	1	2	3	4	6
	<b>750</b>					1	1	1	3	4	5
	<b>800</b>					1	1	1	3	4	5
	<b>900</b>					1	1	1	3	3	4
	<b>1000</b>					1	1	1	2	3	4

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Tabla IV. **Número máximo de cables en tubería metálica**

**Cables TTU**

TIPO DE CABLE	CAL.	DIÁMETRO DE TUBERÍA									
		1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"
TTU	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	1		1	1	1	3	5	9	13	17	22
	1/0		1	1	1	2	4	7	11	15	19
	2/0		1	1	1	2	4	6	10	13	17
	3/0			1	1	1	3	5	8	11	14
	4/0			1	1	1	3	5	7	9	12
	250				1	1	1	3	5	7	9
	300				1	1	1	3	5	6	8
	350				1	1	1	3	4	6	7
	400				1	1	1	2	4	5	7
	500					1	1	2	3	4	6
	600					1	1	1	3	4	5
	700						1	1	2	3	4
	750						1	1	2	3	4
	800						1	1	2	3	4
	900						1	1	1	3	3
	1000						1	1	1	2	3

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Tabla V. **Número máximo de cables en tubería conduit PVC**

Cables TF, TW, THW

TIPO DE CABLE	CAL.	DIÁMETRO DE TUBERÍA					
		1/2"	3/4"	1"	1-1/2"	2"	3"
TF	18	11	20	32	79	129	
	16	10	18	30	72	118	
TW	14	9	15	25	60	99	
THW		6	10	16	40	65	143
TW	12	7	12	19	47	78	171
THW		4	8	13	32	53	117
TW	10	5	9	15	36	60	131
THW		4	6	11	26	43	95
TW	8	2	4	7	17	28	62
THW		1	3	5	13	22	49
THW	6	1	2	4	10	16	36
	4	1	1	3	7	12	27
	2	1	1	2	5	9	20
	1		1	1	4	6	14
	1/0		1	1	3	5	12
	2/0		1	1	3	5	10
	3/0		1	1	2	4	9
	4/0			1	1	3	7
	250			1	1	2	6
	300			1	1	2	5
	350				1	1	4
	400				1	1	4

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Tabla VI. **Número máximo de cables en ducto eléctrico PVC**

		Cables THW				
		DIÁMETRO DE TUBERÍA				
TIPO DE CABLE	CAL.	2"	3"	4"	5"	6"
THW	14	65	143			
	12	53	117			
	10	43	95	163		
	8	22	49	85	133	
	6	16	36	62	97	141
	4	12	27	47	73	106
	2	9	20	34	54	78
	1	6	14	25	39	57
	1/0	5	12	21	33	49
	2/0	5	10	18	29	41
	3/0	4	9	15	24	35
	4/0	3	7	13	20	29
	250	2	6	10	16	23
	300	2	5	9	14	20
	350	1	4	8	12	18
	400	1	4	7	11	16
	500	1	3	6	9	14
	600	1	3	5	7	11
	700	1	2	4	7	10
	750	1	2	4	6	9

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Tabla VII. **Número máximo de cables en ducto eléctrico PVC**

		Cables TTU				
		DIÁMETRO DE TUBERÍA				
TIPO DE CABLE	CAL.	2"	3"	4"	5"	6"
TTU	14	63				
	12	50	111			
	10	39	87			
	8	24	52	91		
	6	15	33	56	89	129
	4	11	25	43	68	99
	2	8	19	32	51	74
	1	6	13	22	36	52
	1/0	5	11	19	30	44
	2/0	4	9	16	26	38
	3/0	3	8	14	22	32
	4/0	3	7	12	19	27
	250	1	5	9	14	20
	300	1	4	8	12	18
	350	1	4	7	11	16
	400	1	3	6	10	14
	500	1	3	5	8	12
	600	1	2	4	7	10
	700	1	1	4	6	9
	750	1	1	3	6	8
	800	1	1	3	5	8
	900	1	1	3	5	7
	1000	1	1	3	4	7

CALIBRES EN AWG/MCM

Fuente: <http://www.loscables.com> . 29/05/2009



## 2.3.2. Cajas y accesorios

### 2.3.2.1. Las cajas de conexión

Son de gran importancia en la instalación de sistemas eléctricos, ya que la finalidad de estos elementos es la de proteger y cubrir la línea de derivación al punto luz del sistema. Es decir, que por medio de estos dispositivos evitamos que las conexiones y derivaciones del cableado queden a la intemperie, reduciendo notablemente el riesgo de cortos circuitos, incendios o electrocución.

Se fabrican en los siguientes tipos:

- Cajas cuadradas, con 4" con perforaciones de  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y 1" de diámetro.
- Cajas rectangulares de  $3 \frac{5}{8}$ " de largo y  $2 \frac{1}{8}$ " de ancho con perforaciones para tubo de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro.
- Cajas octogonales de  $3 \frac{1}{2}$ ", con perforaciones para tubo de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

Figura 6. Cajas de Conexión



### 2.3.2.2. Conectores condulet

Permiten el montaje de accesorios tales como contactos, interruptores, luces piloto, estaciones de botones y otros. Están contruidos en aluminio libre de cobre y como acabado estándar pintado con pintura electrostática y opcional se encuentra el recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano rojo. Las hay de formas cuadradas, rectangulares y redondas.

Figura 7. **Accesorios condulet**

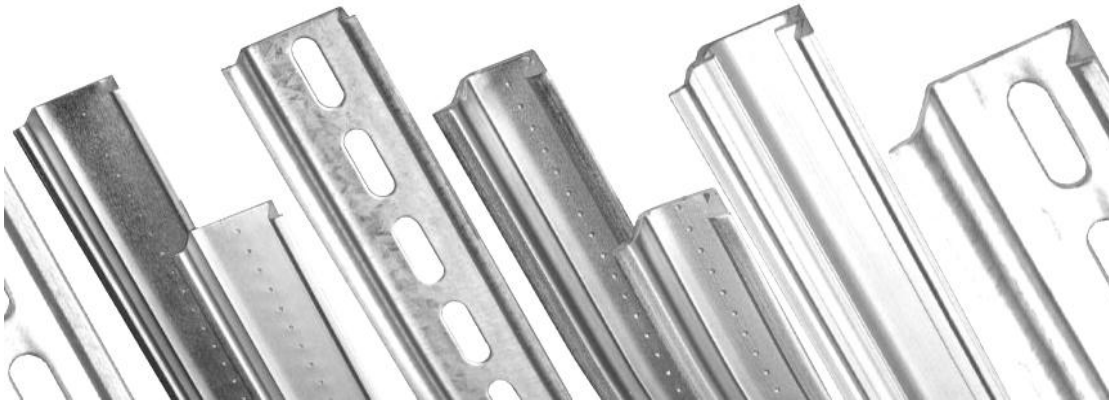


Fuente: Wikipedia / sección tubería. 29/05/2009

### 2.3.2.3. Rieles de fijación sistema DIN

Un riel DIN del tipo estándar es usualmente usado para montaje de flipones y en equipo de control industrial, en racks de equipo interior.

Figura 8. **Rieles DIN**



Fuente: <http://www.clas-sa.com/powermat/01.jpg>. 29/05/2009

#### **2.3.2.4. Elementos de fijación**

Los tubos instalados en superficie deben fijarse firmemente a techos y paredes mediante grapas, abrazaderas, etc.

#### **2.3.3. Conductores eléctricos**

Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al flujo de corriente eléctrica. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%.

Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semi duro y blando o recocido.

- Cobre de temple duro, conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

- Cobre recocido o de temple blando, conductividad del 100%. Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.

Las partes que componen los conductores eléctricos son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

El alma o elemento conductor, se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma como esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos, así tenemos:

Según su constitución:

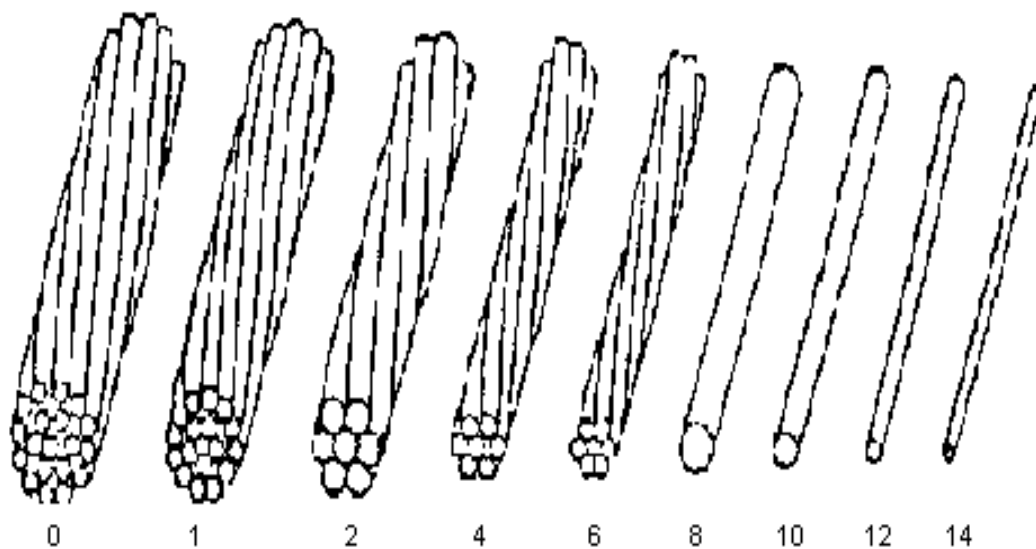
- Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.
- Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

Según el número de conductores:

- Mono conductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

- Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

Figura 9. **Calibre de conductores, designación AWG**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 11

### 2.3.3.1. **Calibre del conductor eléctrico**

El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en  $\text{mm}^2$ , o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en  $\text{mm}^2$ .

Como se puede observar en la tabla VIII, para un conductor con tamaño estándar ingles 12 con área medida en cmil de 6,530; corresponde un área métrica de  $3,31 \text{ mm}^2$ .

Tabla VIII. **Conversión de tamaños de conductor métrico-ingles**

**Conversión de tamaños de conductor – métrico↔ingles**

ÁREA CONDUCTOR MÉTRICO	TAMAÑOS ESTÁNDAR MÉTRICO	TAMAÑOS ESTÁNDAR INGLES	ÁREA CONDUCTOR INGLES
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	MCM o AWG	cmil
520	-	-	1,024,000
508	-	1000	1,000,000
500	500	-	987,000
			-
449	-	-	884,000
400	400	-	788,000
381	-	750	750,000
			-
380	-	-	748,000
322	-	-	634,000
305	-	600	600,000
			-
300	300	-	592,000
273	-	-	537,000
254	-	500	500,000
			-
240	240	-	474,000
231	-	-	455,000
230	-	400	400,000
			-
195	-	-	384,000
185	185	-	365,000
178	-	350	350,000
			-
165	-	-	325,000
152	-	300	300,000
150	150	-	296,000
			-
140	-	-	276,000
127	-	250	250,000
120	120	-	237,000
			-
119	-	-	234,000
			-
107	-	4/0 AWG	211,600
100	-	-	197,000
			-
95	95	-	187,000
85	-	3/0	167,800
72	-	-	141,800
			-
70	70	-	138,000

67	-	2/0	133,100
60.9	-	-	119,900
			-
54	-	1/0	105,600
51.6	-	-	101,600
50	50	-	98,500
			-
43.7	-	-	86,100
42	-	1	83,700
37	-	-	72,900
35	35	-	69,100
34	-	2	66,360
31.3	-	-	61,660
			-
27	-	3	52,620
25	25	-	49,300
22.4	-	-	44,128
			-
21	-	4	41,740
19	-	-	37,430
17	-	5	33,090
			-
16.1	-	-	31,717
16	16	-	31,600
13.6	-	-	26,792
			-
13.3	-	6	26,240
11.5	-	-	22,655
10.5	-	7	20,820
10.00	10.00	-	19,700
9.77	-	-	19,246
8.38	-	8	16,510
8.27	-	-	16,292
7.00	-	-	13,790
6.64	-	9	13,090
6.00	6.00	-	11,800
5.93	-	-	11,682
5.26	-	10	10,380
5.02	-	-	9,889
4.25	-	-	8,372
4.00	4.00	-	7,890
3.60	-	-	7,092
3.31	-	12	6,530
2.58	-	-	5,082



2.50	2.50	-	4.930
2.18	-	-	4.294
2.08	-	14	4.110
1.85	-	-	3.644
1.57	-	-	3.093
1.50	1.50	-	2.960
1.33	-	-	2.620
1.31	-	16	2.580
1.12	-	-	2.206
1.00	1.00	-	1.970
0.95	-	-	1.871
0.82	-	18	1.620
0.75	0.75	-	1.480
0.68	-	-	1.339
0.58	-	-	1.142
0.52	-	20	1.020
0.50	0.50	-	987
0.49	-	-	965
0.324	-	22	640
0.205	0.20	24	404
0.128	-	26	253
0.081	-	28	159
0.051	-	30	100
0.032	-	32	63.2
0.020	-	34	39.8
0.013	-	36	25.0
0.0080	-	38	15.7
0.0050	-	40	9.61
0.0032	-	42	6.25
0.0013	-	46	2.56

Fuente: *anixter wire & cable technical information handbook*

### **2.3.3.2. Capacidad de conducción de corriente del conductor eléctrico**

La capacidad conductora que tienen los diferentes tipos y calibres de alambres es la que puede conducir sin riesgo de sobre calentamiento del aislamiento, en la tabla IX se puede observar la capacidad de carga para los diferentes calibres según el tipo de cable.

Como sabemos, el calor no daña el cobre, pero en cambio, si daña el aislamiento, cuando se calienta más allá de lo normal, puede dañarse de varias maneras, daño que depende del grado de calentamiento y del tipo de aislamiento.

Sucede que algunos aislamientos se derriten, otros se endurecen y otros que se queman. Cualquiera que sea el efecto, una vez que se dañe, pierde sus propiedades aisladoras y por ende, puede ocasionar un corto circuito y por supuesto, incendios.

La intensidad máxima de corriente es la capacidad en amperes del conductor. El amperaje del conductor siempre debe incluir, además del tamaño del conductor el material de que está hecho, la temperatura del aire que lo rodea y si se encuentra en tubería o al aire libre.

La temperatura del conductor es la temperatura máxima del propio alambre cuando lleva toda su corriente nominal. La temperatura base del aire en el medio ambiente es de 86 °F (30° C), como podemos observar en la tabla IX, para un calibre 12 se tiene una capacidad de 20 amperios para cada uno de los tres conductores en una instalación con tubo.

**Tabla IX. Capacidad de corriente de cables unipolares, bipolares y tripolares para 60 °C, temperatura ambiente de 30 °C**

Tipos: TW		INSTALACIONES EN TUBO		INSTALACIONES AL AIRE LIBRE		
Calibre del conductor	Sección transversal	3 conductores unipolares o un cable tripolar	Un cable bipolar	Un cable unipolar	Un cable bipolar	3 conductores unipolares o un cable tripolar
AWG – MCM	mm <sup>2</sup>	Amperios	Amperios	Amperios	Amperios	Amperios
22	0,324	3	3	5	4	4
20	0,0517	5	6	8	7	6
18	0,821	7	8	10	9	8
16	1,31	10	11	15	14	13
14	2,08	15	27	20	18	17
12	3,31	20	21	25	23	22
10	5,26	30	30	40	35	33
8	8,37	40	40	55	48	45
6	13,30	55	55	80	68	63
4	21,15	70	---	105	---	87
2	33,63	95	---	140	---	119
1	42,41	110	---	165	---	145
1/0	53,51	125	---	195	---	155
2/0	67,44	145	---	225	---	180
3/0	85,02	165	---	260	---	210
4/0	107,2	195	---	300	---	240
250	126,7	215	---	340	---	265
300	152,0	240	---	375	---	300
350	177,4	260	---	420	---	330
400	202,7	280	---	455	---	360
500	253,4	320	---	515	---	415
600	304,0	355	---	575	---	450
750	380,0	400	---	655	---	515
1000	506,7	455	---	780	---	600

Nota:

1. La capacidad de corriente de la tabla es la máxima admisible, en las condiciones de instalación señaladas y ocasiona en los conductores una temperatura de 60 °C, cuando la temperatura ambiente máxima es de 30 °C.
2. Si la temperatura ambiente máxima es superior a 30 °C, se deben aplicar los factores de corrección de la Tabla VI.
3. Para cables instalados en tubo si el número de cables en cada tubo es mayor de tres, se deben aplicar los factores de corrección dados en la tabla VII.
4. Para cables que trabajan enrollados en carretes o tambores, como pueden, ser en algunos casos los cables Soldaflex o Biplastoflex, se deben aplicar los factores de corrección indicados en la tabla VIII.

Fuente: <http://usuarios.multimania.es/trabajoinstalacioneselectricas.doc>. 29/05/2009

Tabla X. **Capacidad de corriente de cables THW para 75 °C, temperatura ambiente de 30 °C**

Calibre del conductor	Sección transversal	3 conductores en el mismo tubo
AWG – MCM	mm <sup>2</sup>	Amperios
14	2,08	15
12	3,31	20
10	5,26	30
8	8,37	45
6	13,30	65
4	21,15	85
2	33,63	115
1/0	53,51	150
2/0	67,44	175
3/0	85,02	200
4/0	107,2	230
250	126,7	255
300	152,0	285
350	177,4	310
400	202,7	335
500	253,4	380
600	304,0	420
700	254,7	460
800	405,4	490
900	456,0	520
1000	506,7	545

Fuente: <http://usuarios.multimania.es/trabajoinstalacioneselectricas.doc>. 29/05/2009

### 2.3.3.3. **Cómo seleccionar un conductor**

De acuerdo al lugar donde se instalará un dispositivo específico, la selección adecuada del conductor se hace tomando en consideración dos factores:

- La capacidad de conducción de corriente (ampacidad)
- La caída de voltaje

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis, pero se consideran simultáneamente en la selección de un conductor, como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección, ya que de esta manera el conductor se comportará satisfactoriamente desde el punto de vista de caída de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

#### **2.3.3.3.1. Cálculo de conductores por capacidad de conducción de corriente (Ampacidad)**

Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contienen materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione como se indica en la tabla IX y X de la sección 2.3.3.2.

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente o ampacidad, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor.

La ecuación 2.5 es la utilizada para el cálculo de la corriente del circuito donde se toma en cuenta los factores de corrección, expresándolos en la ecuación 2.6, siendo el dato calculado el que nos determinará el calibre de conductor a utilizar según tabla IX o X, según el tipo de aislante del conductor.

$$I = \frac{S}{V \times \text{Factores de corrección}} \quad 2.5$$

$$I = \frac{S}{V \times (F_{sis} \times F_{\#c} \times F_{tub} \times F_{tem})} \quad 2.6$$

Dónde:

I	=	Corriente
S	=	Potencia en VA
V	=	Voltaje
F <sub>sis</sub>	=	factor de sistema continuo o no continuo
F <sub>#c</sub>	=	factor por número de conductores en tubería
F <sub>tub</sub>	=	factor de tubería por disipación de calor
F <sub>tem</sub>	=	factor de temperatura ambiente

El término ampacidad se define como la capacidad de conducción de corriente de un conductor, considerando los factores de agrupación, temperatura, servicio y canalizaciones utilizadas.

#### **2.3.3.3.1.1. Factor de corrección por cantidad de conductores en tubería.**

Existe reducción de la capacidad de transporte de corriente de los conductores por la cantidad de conductores que van dentro de una tubería, según lo indicado en la tabla XI.

Tabla XI. **Factores de corrección de capacidad de carga para más de tres conductores en tubería**

<b>NUMERO DE CABLES</b>	<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>
<b>4 a 6</b>	<b>0,80</b>
<b>7 a 9</b>	<b>0,70</b>
<b>10 a 20</b>	<b>0,50</b>
<b>21 a 30</b>	<b>0,45</b>
<b>31 a 40</b>	<b>0,40</b>
<b>41 o más</b>	<b>0,35</b>

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

Para aplicar correctamente los factores de corrección por cantidad de conductores no se deben tomar en cuenta los conductores que sirven como neutral o tierra, ya que se asume que por ellos no circula corriente alguna.

#### **2.3.3.3.1.2. Factor de corrección por temperatura ambiente.**

También existe reducción de la capacidad de transporte de corriente de los conductores debido a la temperatura ambiente según se muestra en la tabla XII.

Tabla XII. **Factores de corrección de capacidad de carga para temperatura ambiente superior a 30 °C**

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	TEMPERATURA DE RÉGIMEN DEL CONDUCTOR		
	60 °C	75 °C	90 °C
40	0,82	0,88	0,91
45	0,71	0,82	0,87
50	0,58	0,75	0,82
55	0,41	0,67	0,76
60		0,58	0,71
70		0,33	0,58
80			0,41

Fuente: <http://www.loscables.com>. 29/05/2009

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor. La capacidad de los conductores de acuerdo al tipo y calibre del conductor está dada en las tablas IX y X, y para temperaturas ambientes mayores de 30 °C debe multiplicarse por el factor dado en la tabla XII.

#### **2.3.3.3.1.3. Factor de corrección por disipación del calor de la tubería**

Para el cálculo de los conductores se debe tomar en cuenta el factor de las tuberías según su capacidad de disipar el calor al medio ambiente, tomándose únicamente el factor de 0,8 para tubería PVC y factor 1 para tuberías metálicas.



#### **2.3.3.3.1.4. Factor de corrección por tipo de circuito alimentador**

Los circuitos alimentadores en realidad reciben este nombre porque alimentan grupos de cargas. Para el cálculo de los conductores y los dispositivos de protección contra sobre corriente, agrupándose las cargas y aplicando los porcentajes correspondientes a los factores de utilización de acuerdo con sus condiciones de uso.

- Carga con ciclo de operación no continuo. Las cargas con ciclo de operación no continuo, son aquellas que operan por un periodo de tiempo menor de tres horas. La capacidad en VA de estas cargas, se calcula al 100% o bien aplicando factores de demanda, a ciertas cargas, basándose en sus condiciones de uso. Por ejemplo una carga conectada de 30 000 VA con ciclo de operación no continuo, se calcula al 100% y el tamaño del circuito se dimensiona a este valor. Algunos ejemplos de cargas de tipo de operación no continua, pueden ser aquellas de tipo portátil enchufables o bien conectadas en forma permanente, pero de operación por tiempos, no mayor de 3 horas.
- Carga con ciclo de operación continuo. Las cargas de ciclo de operación continuo, son aquellas que operan por tres o más horas. Estas cargas, no operan con ciclos variables o intermitentes. Por ejemplo, en la industria papelera existen máquinas que cortan y forman cajas de cartón en forma continua por períodos de 9 horas diarias. Este es un ejemplo típico de una carga con ciclo de operación continuo. Los VA de las cargas de ciclo de operación continuo se toman al 125% para obtener los VA de cálculo para el alimentador.

### 2.3.3.3.2. Cálculo de conductores por caída de voltaje.

Se llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal, entonces se tiene la ecuación 2.7

$$\Delta V = V_A - V_T \quad 2.7$$

Dónde:

- $\Delta V$  = Caída de voltaje en el conductor.
- $V_A$  = Valor del voltaje en el extremo alimentador.
- $V_T$  = Valor del voltaje en la terminal medida.

Si la caída de voltaje se expresa en forma porcentual se le conoce como regulación de voltaje, expresada en la ecuación 2.8

$$e = \frac{\Delta V}{V \text{ nominal}} \quad 2.8$$

Es necesario que la caída de tensión en los conductores no exceda de las estipuladas por las normas. La caída de tensión máxima permitidas por la NEC son expresadas en la tabla XIII.

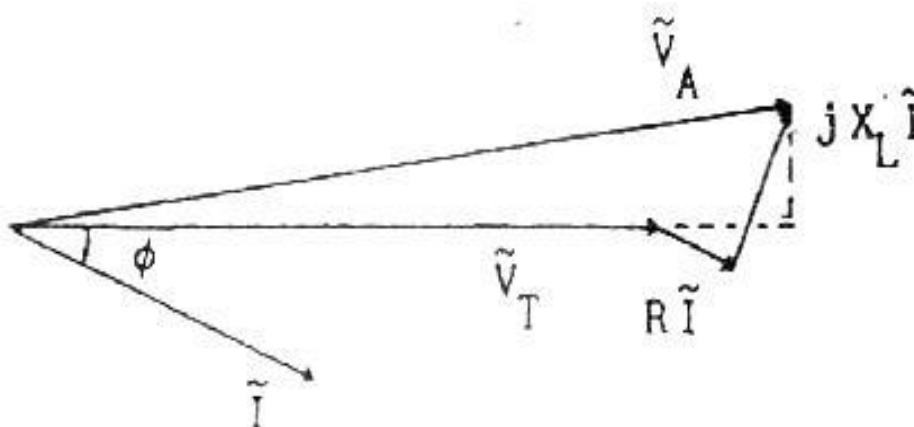
Tabla XIII. **Valores de regulación de voltaje**

Regulación de voltaje	Observaciones
3%	Para el circuito alimentador o principal
3%	Para circuito derivado
5%	Para que los dos circuitos no sobrepasen la tolerancia indicada

Fuente: Campero Littlewood, Eduardo. Instalaciones Eléctricas. Conceptos básicos y diseño. p. 86-87

Si se considera la transmisión de cierta potencia, a través de un alimentador que contenga resistencia y reactancia (inductiva o capacitiva), se puede construir un diagrama fasorial mostrado en la figura 10.

Figura 10. **Diagrama fasorial**



Fuente: Campero Littlewood, Eduardo. Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño. p. 75

$$\tilde{V}_A = \tilde{V}_t + R \cdot \tilde{I} + j \cdot X_L \cdot \tilde{I} \quad 2.9$$

En el caso de alimentadores caracterizados por una reactancia capacitiva, la ecuación 2.9 debe cambiar ésta por el parámetro de la reactancia inductiva, por ende cambia el diagrama ( $j \cdot X_L \cdot \tilde{I}$  por  $-j \cdot X_c \cdot \tilde{I}$ )

Debido a que:

$$\Delta V = |V_A| - |V_T| \quad 2.10$$

Es una cantidad bastante pequeña se acostumbra tomar solamente las componentes proyectadas sobre el voltaje de terminal de tal forma que:

$$\Delta V = V_A - V_T = R \cdot I \cos \varphi + X_L \cdot I \sin \varphi \quad 2.11$$

El valor de la componente reactiva depende de la distancia de separación entre los conductores y del tipo de forro, por lo que su valor debería calcularse para cada alimentador. Sin embargo para baja tensión y en calibres hasta de 4/0 AWG, la componente reactiva es bastante pequeña comparada con la resistiva, por lo que puede despreciarse. En estas condiciones se puede expresar la caída de voltaje en términos de la Ley de Ohm en ecuación 2.12.

$$\Delta V = R \cdot I = \rho \frac{L \cdot I}{A} \quad 2.12$$

Combinando la ecuación 2.8 y 2.12, obtenemos la ecuación 2.13:

$$A = \rho \frac{L \cdot I}{e \cdot V} \quad 2.13$$

Agregándole un factor c se obtendrá el resultado final que será:

$$A = \frac{c \cdot \rho \cdot L \cdot I}{e \cdot V} \quad 2.14$$

Dónde:

- A = Área o sección transversal en mm<sup>2</sup>
- $\rho$  = Resistividad del material conductor (ohm\*mm<sup>2</sup>/m)
- I = Corriente de carga en Amperios.
- L = Longitud del alimentador en metros.
- e = Caída de voltaje permitida en por ciento.
- V = Voltaje aplicado en Voltios (voltaje nominal).
- c = Circuitos monofásicos y bifásicos c = 2  
(Debido a que existe un hilo de retorno)  
Circuitos trifásicos c=  $\sqrt{3}$   
(El voltaje nominal corresponde al voltaje entre fases)

Aplicando la ecuación 2.14 podemos calcular la sección transversal para cada uno de los circuitos de nuestra instalación.

#### **2.3.3.4. El aislamiento**

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa. Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.

Se denomina aislación integral al aislante que cumple su función y la de revestimiento a la vez, de lo contrario tiene otra protección polimérica sobre el aislante como revestimiento o cubierta, en la tabla XIV se puede observar la clasificación de los conductores eléctricos y el tipo de aislamiento existente.

Tabla XIV. Clasificación de conductores eléctricos y tipos de aislamiento

Nombre Comercial	Tipo	Temp. Max en °C.	Material Aislante	Cubierta Exterior	Utilización
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardo de la flama, no metálica	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardo de la flama, no metálica	Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	Resistente a la humedad, retardo de la flama, no metálica	Locales húmedos y secos
Hule látex, resistente al calor	RUH	75	90% hule no molido, sin grano	Resistente a la humedad, retardadora a la flama, no metálica	Locales secos
Hule látex, resistente a la humedad	RUW	60	90% hule no molido, sin grano	Resistente a la humedad, retardadora a la flama, no metálica	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente al calor	THHN	90	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales secos
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THW	75	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales secos y húmedos
		90		Ninguna	Aplicaciones especiales dentro de equipos de alumbrado de destello. Limita a 1000 v o menos en circuito abierto
Termoplástico, resistente al calor y a la humedad	THWN	75	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales húmedos y secos
Poliétileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor	XHHW	75	Poliétileno vulcanizado, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
		90	Poliétileno vulcanizado, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico, resistente al calor a la humedad y a aceite	MTW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite retardador de la flama	Ninguna o Nylon	Alambrado de maquinas herramientas en locales húmedos
		90	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite retardador de la flama	Ninguna o Nylon	Alambrado de maquinas herramientas en locales secos

Fuente: Harper, Gilberto Enrique. El ABC de las Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 40-41

#### **2.3.3.4.1. Las cubiertas protectoras.**

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura». La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla o blindaje.

#### **2.3.4. Dispositivos de protección**

Los dispositivos de protección tienen por objeto resguardar la seguridad de la instalación y del edificio en caso de sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos que pudieran causar incendios u otros daños. En todo circuito, la corriente máxima que pueda circular debe quedar limitada de acuerdo al diseño y capacidad de conducción de la corriente de los conductores, en función de la intensidad y del tiempo, ya que el incremento de la temperatura es función de estos dos factores.

El mecanismo de disparo de los dispositivos de protección puede ser solamente térmico, termo-magnético y últimamente electrónico. Los dispositivos de protección pequeños usualmente son solamente térmicos, mientras los grandes incluyen también un disparo magnético ajustable.



### **2.3.4.1. Tipos de dispositivos de protección.**

Todo sistema de protección por sobrecorriente y cortocircuito, generalmente consta de una coordinación de protecciones individuales que pueden resumirse en tres tipos fundamentales:

- Relevadores
- Fusibles
- Interruptores

#### **2.3.4.1.1. Relevadores**

Se define al relevador como el dispositivo electromecánico que provoca un cambio en uno o más circuitos de control eléctrico, cuando la cantidad medida a la cual responde, cambia de una manera prescrita.

Todos los relevadores utilizados para protección de cortocircuitos y muchos otros tipos, también funcionan en virtud de la corriente y/o tensión proporcionada a éstos por los transformadores de corriente y tensión conectados en diversas combinaciones al elemento del sistema que va a protegerse.

Por cambios individuales o relativos en estas dos magnitudes las fallas señalan su presencia, tipo y localización a los relevadores de protección. Para cada tipo y localización de falla, hay alguna diferencia característica en estas magnitudes así como varios tipos de equipos de protección por relevadores disponibles, cada uno de los cuales está diseñado para reconocer una diferencia particular y funcionan en respuesta a ésta.

Existen más diferencias posibles en estas magnitudes de las que uno pueda sospechar. Las diferencias en cada magnitud son posibles en una o más de las que siguen:

- Magnitud
- Frecuencia.
- Angulo de fase.
- Duración.
- Razón de cambio
- Dirección u orden de cambio
- Armónicas o forma de onda

Entonces, cuando tensión y corriente se consideran en combinación o relativas a magnitudes similares en diferentes localidades, existen relevadores disponibles para propósitos de discriminación.

#### **2.3.4.1.2. Fusibles**

Los fusibles son autodestructivos. Cuando actúan, cortando un circuito, deben reponerse para establecer el servicio. Están constituidos por un cartucho de porcelana en cuyo interior se aloja el conductor fusible generalmente de una cinta o un alambre de aleación de plomo - estaño, que posee un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede del límite para el cual ha sido diseñado en un medio de extinción de aleación de plomo.

Tipos de fusible, según normas americanas:

- Fusible de tapón. Utilizado en casas de habitación con capacidades de 10, 15 y 20 amperios.
- Fusible de cartucho. Que pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amperios, estos fusibles son renovables ya que si se funde el elemento fusible, puede ser reemplazado.
- Fusibles ordinarios.
- Fusibles limitadores de corriente.

#### **2.3.4.1.3. Interruptores**

Existen tres tipos: térmico, magnético y termo magnético.

Los de tipo magnético protegen contra cortocircuitos, en funcionamiento normal, ésta pasa por la bobina del electroimán creando un campo magnético débil. Si la intensidad es mayor de un determinado valor, el campo magnético creado es suficientemente fuerte como para poner en funcionamiento un dispositivo mecánico que interrumpe la corriente eléctrica. El valor de esta corriente suele ser de entre 3 y 20 veces mayor que la corriente nominal, protegiendo al circuito de cortocircuitos.

Se suelen usar para proteger motores con arrancadores cuando estos últimos disponen de protección térmica integrada. (La protección térmica es la encargada de interrumpir la corriente en condiciones de sobrecarga).

Los de tipo térmico actúan contra sobre corrientes, usa un elemento bimetalico, el cual se calienta y se dobla en una situación de sobrecorriente; este desplazamiento permite liberar el pestillo de corte. Este tipo es frecuentemente usado en circuitos de control de motores. Estos interruptores a menudo poseen un elemento que compensa el efecto de la temperatura ambiente sobre el rango de corriente del aparato.

Los de tipo termomagnético son dispositivos de protección de circuitos que ejecutan principalmente dos funciones; abrir y cerrar un circuito por medio del accionamiento manual de una palanca e interrupción automática de circuitos, bajo condiciones de sobrecargas mantenidas o de corto circuito, en la figura 11 y 12 podemos observar las partes del interruptor termomagnético.

Cuando se abre un interruptor automático para despejar una falla, la palanca se mueve a su posición disparada, (*tripped*), es decir el punto intermedio entre las posiciones de conectado (*on*), y desconectado (*off*), lo cual indica claramente que el interruptor ha funcionado. Una vez eliminada la causa de la falla el interruptor puede volver a cerrarse moviendo la palanca a la posición *off*, y luego a la posición de conectado *on*.

Los interruptores termomagnéticos tienen las características de disparo libre, lo que significa que los contactos del interruptor no pueden mantenerse cerrados bajo condiciones de falla, están diseñados con el fin de proteger a los conductores aislados, en contra de calentamiento excesivo que puede dañar el material aislante del conductor y al mismo conductor. No solo deben permitir el paso de corriente del circuito en todo momento bajo condiciones normales y efectuar el disparo bajo condiciones de sobrecarga, sino también deberán tener la capacidad suficiente de interrupción, para poder interrumpir con éxito la corriente de corto circuito que pueda producirse bajo las condiciones de sobrecorrientes más desfavorables.

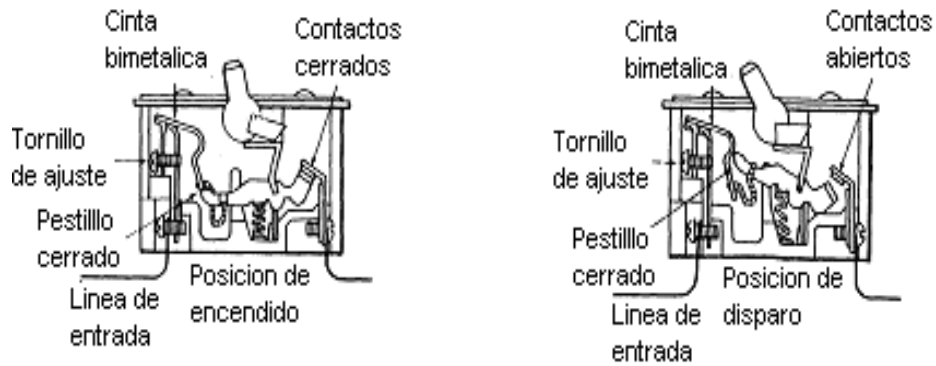
Los interruptores se clasifican en tamaños según su rango, lo que comúnmente se conoce como tamaño del marco (*frame size*). Se define como un grupo de interruptores del mismo tamaño y configuración física, en donde el tamaño del marco está expresado en amperios y corresponde al de mayor rango en amperios de dicho grupo.

Actualmente el rango de interruptores termomagnéticos es muy grande y variado, ya que varían entre cada fabricante, por lo que se hacen dos grupos dependiendo del uso y operación: en caja moldeada (*molded case*) y de potencia o de aire (*air circuit breakers – draw out*). Al especificar interruptores se hace referencia a su tamaño de marco (*frame size*) indicando lo siguiente: rango en amperios, voltaje, capacidad interruptiva en kiloamperios, si tiene unidad de disparo intercambiable y para los de rango mayor; si son termomagnéticos, de estado sólido o de potencia (aire).

En la categoría de rango normal, los interruptores se fabrican para uno, dos y tres polos, desde 15 A hasta 100 A y de 125 A hasta 225 A. Dentro de este rango ninguno tiene el mecanismo de disparo intercambiable, y solamente algunos de los de mayor rango de este grupo (225 amperios) y de alta capacidad interruptiva, poseen ajuste del disparo instantáneo magnético.

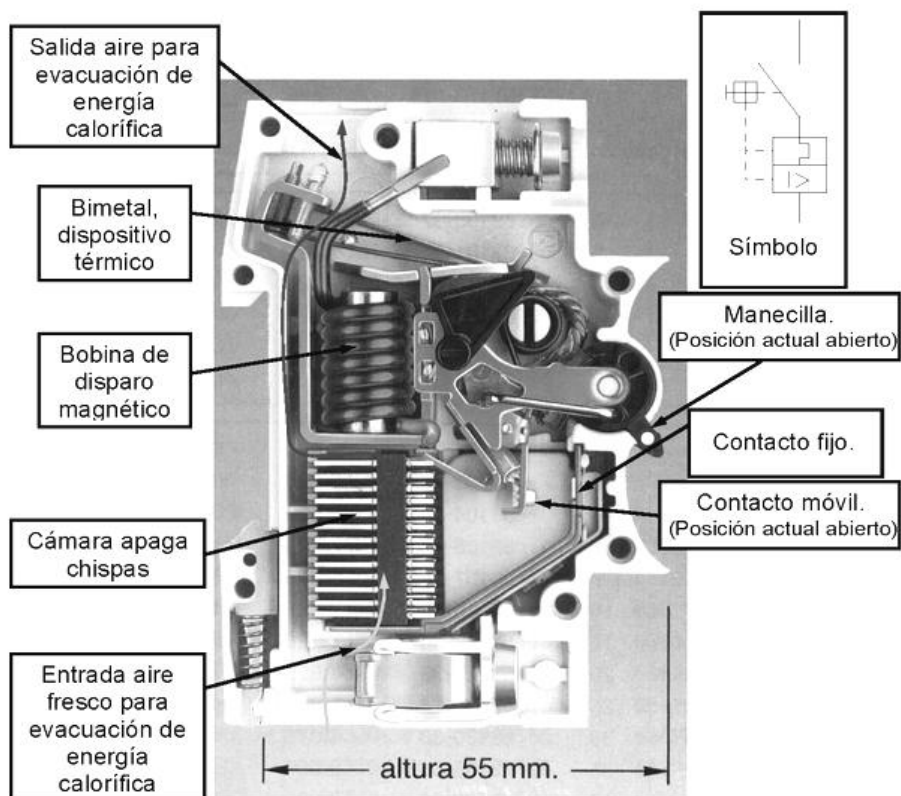
Los interruptores de un polo son para voltajes de 120/240 V. Los de dos y tres polos pueden ser para 240 V, 480 V y 600 V. La capacidad de interrupción de corriente varía desde los 10 000 amperios como mínimo hasta 65 000 amperios para los de alta capacidad. Los elementos de disparo de sobrecarga térmica no son ajustables pero el disparo instantáneo magnético puede ajustarse desde aproximadamente 5 veces menos, hasta unas 10 veces más rápido tomando como referencia el rango de disparo nominal. Un elemento de disparo no intercambiable significa que el rango de tiempo en que debe dispararse, es calibrado en la fábrica.

Figura 11. Partes de un interruptor termomagnético



Fuente: Harper, Enrique. El ABC de las instalaciones eléctricas. p. 20

Figura 12. Partes de un interruptor termomagnético



Fuente: [www.telemecanique.electric.mx.com](http://www.telemecanique.electric.mx.com). 29/05/2009

#### **2.3.4.1.3.1. Tipos de disparos**

El disparo de un interruptor por sobrecorriente se debe a la acción térmica. Este accionamiento se obtiene con un elemento que responde a la corriente de sobrecarga.

Las unidades de disparo basadas en microprocesadores más avanzadas, a través del uso de varios métodos, ofrecen advertencias tempranas de condición específica o alarmas de condiciones detectadas.

Muchas de estas características pueden ser indicadas directamente por la unidad de disparo, indicadas por un dispositivo accesorio o bien indicado por una pantalla de una computadora remota. Lo que es disponible y cómo se logra depende de la unidad de disparo específica.

Algunos ejemplos típicos de estas advertencias y alarmas anticipadas son:

- Disparo por sobrecarga. Se dispara cuando sube la corriente, o sea cuando la corriente rebasa el nivel para proporcionar una advertencia anticipada de la condición.
- Disparo de retardo largo. El disparo de retardo largo opera después del disparo del interruptor de circuito causado por una condición de sobrecarga.
- Disparo por cortocircuito. La alarma de disparo por cortocircuito opera después del disparo del interruptor de circuito debido a condiciones tales como disparo instantáneo o disparo de retardo corto.
- Disparo por falla de conexión a tierra. El disparo del interruptor de circuito debido a condiciones que rebasan los valores de falla de conexión a tierra.

### 2.3.4.1.3.2. Prueba de disparo de interruptores

Las pruebas de disparo de interruptores son:

- Prueba de corto circuito térmico. Se realiza cuando la corriente pasa por un conductor paralelo a una tira bimetálica, calentándola en función del cuadrado de la corriente ( $I^2$ ) y el tiempo ( $t$ ), así como a la disipación de calor del mecanismo.

Al calentarse, la tira bimetálica se encorva, empujando una palanquita del mecanismo de disparo, con lo que los contactos se abren rápidamente por la acción de un resorte tensado.

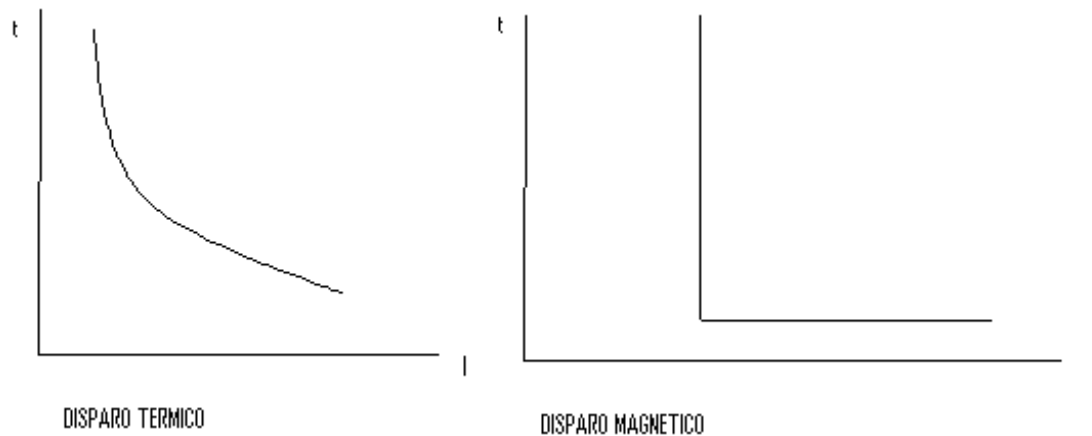
Al dispararse, la palanca externa queda en una posición intermedia, indicando el disparo. Primero se tiene que bajar la palanca para reponer el mecanismo de disparo, y luego subirla, para cerrar nuevamente el circuito. En la figura 13 podemos observar la gráfica del disparo térmico en función de la corriente y el tiempo.

- Prueba de disparo magnético, el disparo magnético se utiliza para la protección más rápida en caso de un cortocircuito. Consiste en una bobina conectada en serie con la corriente, que al sobrepasar están en un cierto valor, atrae su armadura, que esta interconectada mecánicamente en el mecanismo de disparo.

El elemento magnético generalmente es ajustable en cuanto a la corriente de disparo, el tiempo es fijo, casi instantáneo. En la figura 14 podemos observar la gráfica del disparo magnético en función de la corriente y el tiempo.



Figura 13. Prueba de disparo de cortocircuito térmico y magnético



Fuente: Koenigsberger, Rodolfo. Instalaciones Eléctricas. p. 84

### 2.3.5. Tableros eléctricos

El tablero eléctrico es la parte principal de la instalación eléctrica, en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. Consiste en una caja donde se montan los interruptores automáticos respectivos, cortacircuitos y fusibles, y el medidor de consumo.

Funciones del tablero:

- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual de cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.

De acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Caja o gabinete individual de medidor, es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
- Tablero principal de distribución, es aquel que se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
- Tablero o gabinete colectivo de medidores, es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso, los cubiles o gabinetes que albergan a los interruptores principales se comportan como tableros principales.
- Tablero secundario de distribución, es el segundo nivel y lo abastece el tablero principal, suministrando a su vez corriente a otros equipos o tableros de distribución de tercer nivel.
- Tablero de distribución local es la unidad que suministra corriente a un equipo determinado.

Figura 14. **Tablero de caja o gabinete**



Fuente: [www.squared.com](http://www.squared.com). 29/05/2009

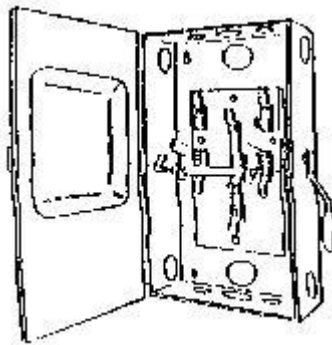
De acuerdo a su aplicación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Tablero Residencial o Centro de Carga (TR)
- Centro de Distribución de Potencia (CDP)
- Centro de Fuerza (CDF)
- Centro de Control de Motores (CCM)
- Tableros de Distribución (TD)
- Tableros de Alumbrado (TA)
- Consolas y Pupitres de Mando (CPM)
- Celdas de Seccionamiento (CSEC)
- Subestaciones (S/E)

### 2.3.5.1. Tablero de distribución y protección

En cualquier instalación eléctrica, el punto de conexión después del medidor de energía eléctrica, lo constituye el tablero de distribución puede estar constituido de uno o más interruptores de cuchilla con palanca y protección de fusibles o de una combinación de fusible y termomagnético. Se fabrican para instalación interior bajo techo o para instalación a la intemperie.

Figura 15. Interruptor de cuchilla con protección de fusible



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 25

El origen de los tableros y centros de carga fue como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos para reducir calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.

Los tableros con zapatas principales son los más comunes, la alimentación del tablero se realiza directamente a las barras del bus por medio de zapatas de conexión. Se debe contar con un medio de protección externo.

El tablero con interruptor principal, recibe el circuito alimentador a través de un interruptor termomagnético que forma parte integral de él y le brinda un medio de protección y conexión general.

El circuito alimentador o línea de alimentación, refiriéndonos a tableros y centros de carga, sería aquel circuito que proporcione la energía eléctrica al tablero. El circuito derivado, se da ese nombre a cada uno de los que alimentan el tablero a través de cada uno de sus interruptores, los cuales también reciben el nombre de derivados.

Fases, hilos y número de polos, cuando a un tablero lo alimenta una línea de corriente o dos, se dice que es de una fase, siendo en estos dos casos absolutamente necesaria la conexión del hilo neutro. Cuando al tablero llegan las tres líneas de corriente, se dice que es de tres fases. El número de hilos en el tablero queda definido por la suma de los cables de línea y neutro que lo alimentan.

### **2.3.5.2. Clasificación de los tableros de protección**

De acuerdo a su capacidad interruptiva, los tableros disponibles son:

- Tableros con AIC hasta 10 000 amperios simétricos. Son utilizados en instalaciones residenciales, comerciales y oficinas, se caracterizan porque los interruptores termomagnéticos son del tipo de enchufar (*plug-in*), también puede especificarse para empernar (*bolt-on*). Naturalmente se utilizan para servicio liviano, tales como: alumbrado, tomas y pequeñas cargas con aire acondicionado, generalmente se emplean como subtableros (ST).

- Tableros con AIC mayor de 10 000 amperios simétricos. En este caso los interruptores termomagnéticos son de empernar, se emplean como tableros generales (TG); su carga normalmente consiste en equipos grandes y también subtableros. Generalmente se instalan lo más cerca posible de la subestación y máquinas de mayor consumo.

De acuerdo al montaje.

- Superficial o adosado, van montados sobre la pared y asegurados con pernos, o sobre bases de concreto.
- Empotrado, van ocultos dentro de la pared, generalmente son pequeños; de manera que puedan empotrarse en una pared normal.
- Autosoportado, el tablero se fija directamente sobre el piso.

De acuerdo al número de fases:

- Monofásico, 3 hilos.
- Monofásico, 4 hilos.
- Trifásico, 3 hilos.
- Trifásico, 4 hilos.
- Trifásico, 5 hilos.

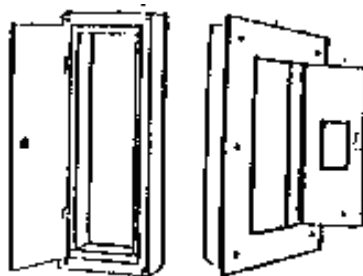
De acuerdo al voltaje:

- 240 / 120 v.
- 208 / 120 v.
- 480 / 277 v.
- 600 v.

De acuerdo al número de espacios específicos o capacidad:

- Monofásico: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30 y 42.
- Trifásico: 3, 12, 18, 24, 30, y 42

Figura 16. **Tableros de protección**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 28

### **2.3.6. Apagador o interruptor**

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa, por lo general, para controlar aparatos pequeños domésticos y comerciales así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los interruptores es manual, los voltajes nominales no deben exceder de 600 voltios.

Debe tenerse especial cuidado de no usar los interruptores para manejar corrientes que exceden a su valor nominal de voltaje, por lo que se debe observar que los datos de voltaje y corriente estén impresos en las características del interruptor, como un dato del fabricante.

Invariablemente en cualquier instalación eléctrica; todos los interruptores se deben instalar de manera tal que se puedan operar manualmente y desde un lugar fácilmente accesible. El centro de la palanca (*switch*) de operación de los interruptores no debe quedar a más de 2,00 metros sobre el nivel del piso en ningún caso. En el caso particular de interruptores para alumbrado en casas de habitación, oficinas y centros comerciales se instalan entre 1,20 y 1,35 metros sobre el nivel del piso.

De la calidad de los materiales empleados para hacer los contactos dependerá la vida útil del interruptor. Para la mayoría de los interruptores domésticos se emplea una aleación de latón (60% cobre, 40% zinc). Esta aleación es muy resistente a la corrosión y es un conductor eléctrico apropiado. El aluminio es también buen conductor y es muy resistente a la corrosión.

En los casos donde se requiera una pérdida mínima se utiliza cobre puro por su excelente conductividad eléctrica. El cobre bajo condiciones de condensación puede formar óxido de cobre en la superficie interrumpiendo el contacto.

Para interruptores donde se requiera la máxima confiabilidad se utilizan contactos de cobre pero se aplica un baño con un metal más resistente al óxido como lo son el estaño, aleaciones de estaño/plomo, níquel, oro o plata. La plata es de hecho mejor conductora que el cobre y además el óxido de plata conduce electricidad.



Figura 17. **Apagador o interruptor**



Fuente: <http://www.bticino.com.mx/productos/>. 29/05/2009

### **2.3.6.1. Montaje de interruptores**

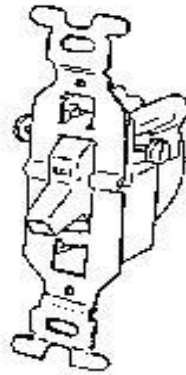
Existen dos tipos de montaje de interruptores:

- Tipo sobrepuesto o superficial. Los interruptores que se usen en instalaciones visibles con conductores aislados sobre aisladores, se deben colocar sobre bases de material aislante que separen a los conductores por los menos 12 mm de la superficie sobre la cual se apoya la instalación.
- Tipo empotrado. Los interruptores que se alojan en cajas de instalaciones ocultas se deben montar sobre una placa o chasis que este a ras con la superficie de empotramiento y sujeto a la caja. Los interruptores instalados en cajas metálicas empotradas y no puestas a tierra y que puedan ser alcanzados desde el piso, se deben proveer de tapas de material aislante incombustible.

Los interruptores que se instalan en lugares húmedos, mojados o a la intemperie, se deben alojar en cajas a "prueba de intemperie" o bien estar ubicados de manera que se evite la entrada de humedad o agua.

### **2.3.6.2. Tipos de interruptores**

Figura 18. **Interruptor monopolar**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 24

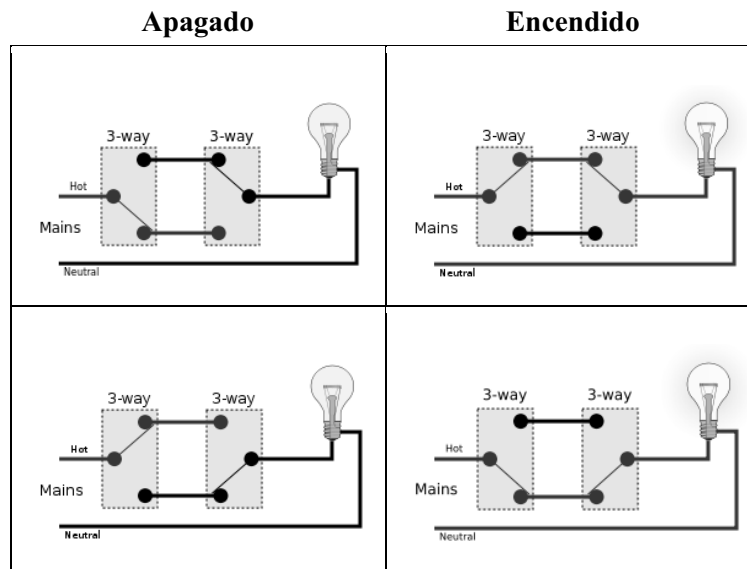
#### **2.3.6.2.1. Apagador de uso general o interruptor monopolar**

Es el más simple con dos terminales que se usa para "encender" o "apagar" una lámpara u otro aparato desde un punto sencillo de localización.

#### **2.3.6.2.2. Interruptor de tres vías**

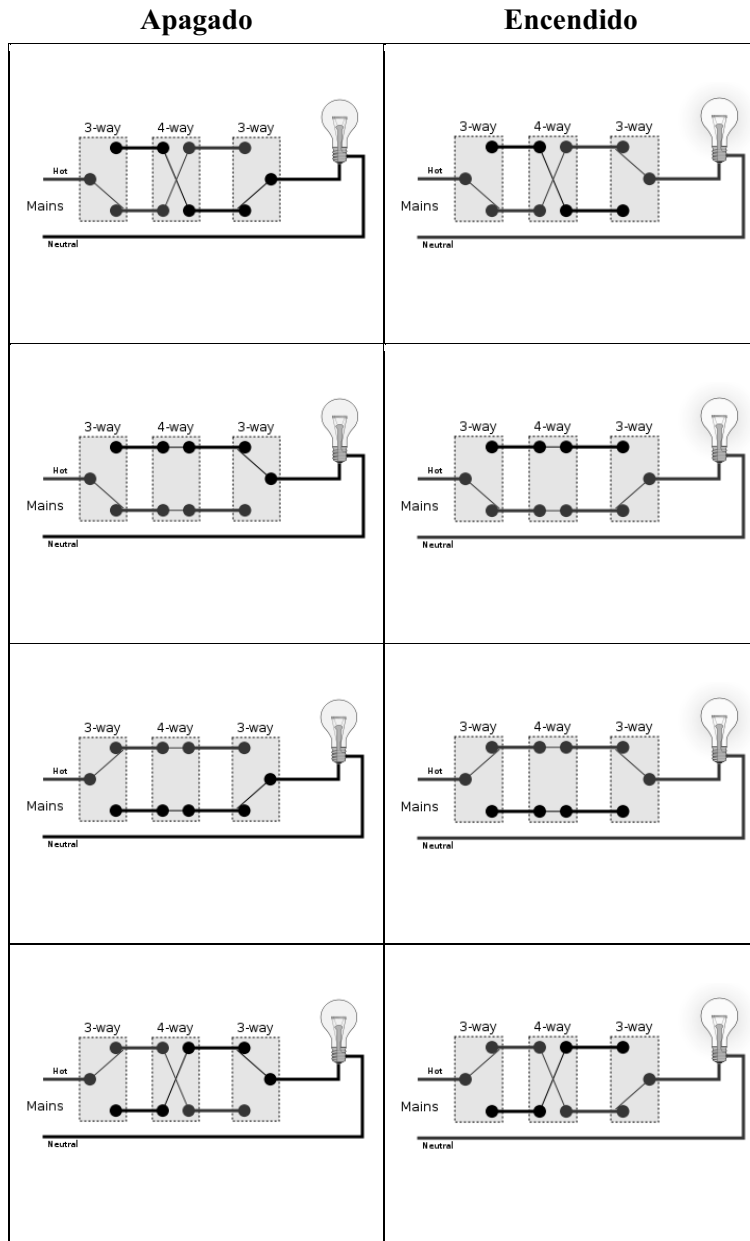
Los llamados interruptores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos interruptores de tres vías para cada instalación o parte de instalación en donde se requiere este tipo de control. Por lo general este tipo de interruptores tienen tres terminales.

Figura 19. Posiciones del interruptor de tres vías



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:3-way\\_switches](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:3-way_switches). 29/05/2009

Figura 20. Posiciones del interruptor de cuatro vías



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:4-way\\_switches](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:4-way_switches). 29/05/2009

### **2.3.6.2.3. Interruptor de cuatro vías**

En el caso de que se desee controlar un circuito de alumbrado desde tres o más puntos distintos, entonces se usan los llamados apagadores de cuatro vías que tienen cuatro terminales. Cuando se usan apagadores de cuatro vías es necesario usar también dos apagadores de tres vías en el mismo circuito, de manera que el interruptor de cuatro vías quede en medio de los dos de tres.

### **2.3.7. Tomacorriente o enchufe eléctrico**

Punto de un sistema eléctrico desde el que se puede alimentar un aparato eléctrico.

Un enchufe es un dispositivo formado por dos elementos, la clavija y la toma de corriente (tomacorriente), que se conectan uno al otro para establecer una conexión eléctrica que permita el paso de la corriente a dispositivos portátiles tales como lámparas, taladros portátiles, radios, televisores, tostadoras, licuadoras, lavadoras, batidoras, secadoras de pelo, rasuradoras eléctricas, etc. Los conductores deben ser de calibre mínimo AWG 10.

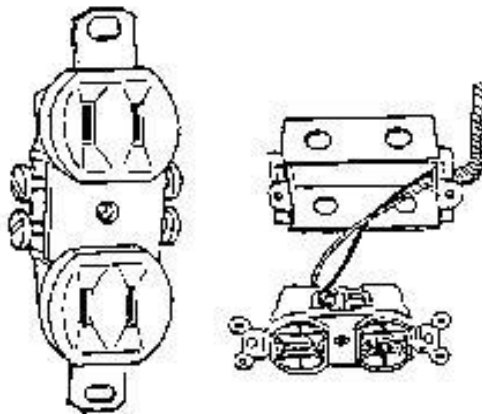
#### **2.3.7.1. Tipos de tomacorriente**

##### **2.3.7.1.1. Tomacorriente de uso general**

En los casos más comunes son sencillos, pero se pueden instalar en cajas combinados con interruptores. Estos tomacorrientes deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 amperios para 125 voltios y no menor de 10 amperios para 250 voltios, y los tomacorrientes deben ser de tal tipo que no se puedan usar como portalámparas.

Los tomacorrientes se localizan aproximadamente de 30 a 40 cm, respecto al nivel de piso terminado. En caso de cocinas de casas de habitación, es común instalar los tomacorrientes a una altura de 1,20 metros (SNP).

Figura 21. **Tomacorriente de uso general**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 26

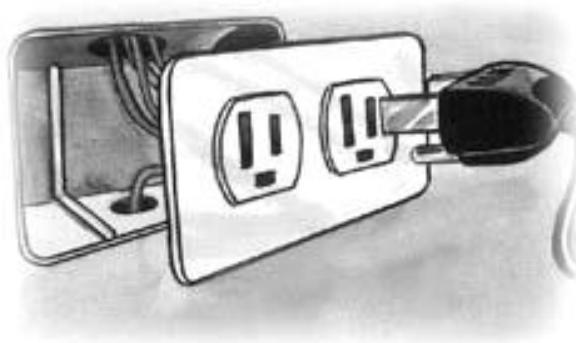
#### **2.3.7.1.2. Tomacorriente no polarizado**

Este tomacorriente únicamente tiene 2 puntos de conexión, el vivo o positivo y el negativo; este tipo de tomacorriente no es recomendable para aparatos que necesiten una protección adecuada contra sobrecargas y descargas atmosféricas.

#### **2.3.7.1.3. Tomacorriente polarizado**

Este tomacorriente se caracteriza por tener tres puntos de conexión, el vivo o positivo, el negativo y el de tierra física, es muy importante el uso de estos tomacorrientes.

Figura 22. **Tomacorriente con protección a tierra o polarizado**



Fuente: [www.procobreperu.org/publicaciones.htm](http://www.procobreperu.org/publicaciones.htm). 29/05/2009

#### **2.3.7.1.4. Tomacorriente de piso**

Se utiliza para proteger la instalación eléctrica en lugares no tradicionales o instalados sobre materiales especiales (alfombras, loza, madera). Son de caja metálica con tapa de bronce.

Figura 23. **Tomacorriente de piso**

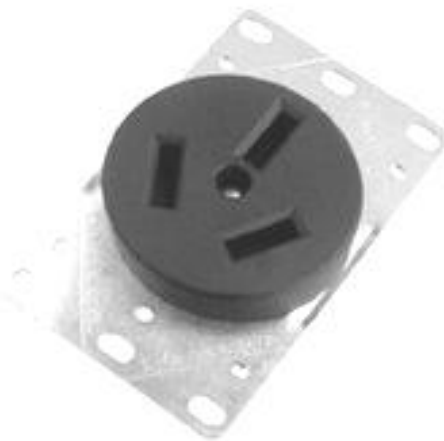


Fuente: [http://www.laferreteriaadigital.com/imagenes\\_web/](http://www.laferreteriaadigital.com/imagenes_web/). 29/05/2009

#### **2.3.7.1.5. Tomacorriente de uso industrial**

Tomacorriente de uso industrial, dispositivo diseñado para que cumpla la función de distribuidor de potencia, que puede ser monofásico y trifásico.

Figura 24. **Tomacorriente de uso industrial**



Fuente: <http://tumayorferretero.net/>. 29/05/2009

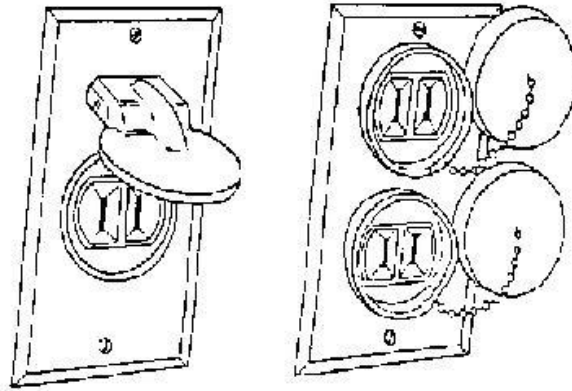
#### **2.3.7.1.6. Tomacorriente de uso exterior**

Tomacorriente de uso exterior o para uso en intemperie, las clavijas y tomacorrientes deben tener un grado de protección que le proporcionarán cerramiento contra la penetración de cuerpos sólidos y al agua, de acuerdo a la aplicación o condiciones ambientales que se esperan.

Los tomacorrientes instalados en lugares sujetos a la lluvia o salpicadura de agua deben tener una cubierta protectora o encerramiento a prueba de intemperie.



Figura 25. **Tomacorriente de intemperie**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 26

#### 2.3.7.1.7. **Tomacorriente de uso especial**

Se utiliza para manejo de corrientes mayores o iguales a 20 Amperios o para suministrar tensiones generalmente superiores a 120 voltios.

Figura 26. **Tomacorriente especial de estufa y aire acondicionado**



Tomacorriente para estufa eléctrica.

Tomacorriente para aire acondicionado

Fuente: <http://www.cidet.org.co>. 29/05/2009

### **2.3.8. Lámpara y luminarias**

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

Se tienen varios tipos de lámparas, entre las que tenemos:

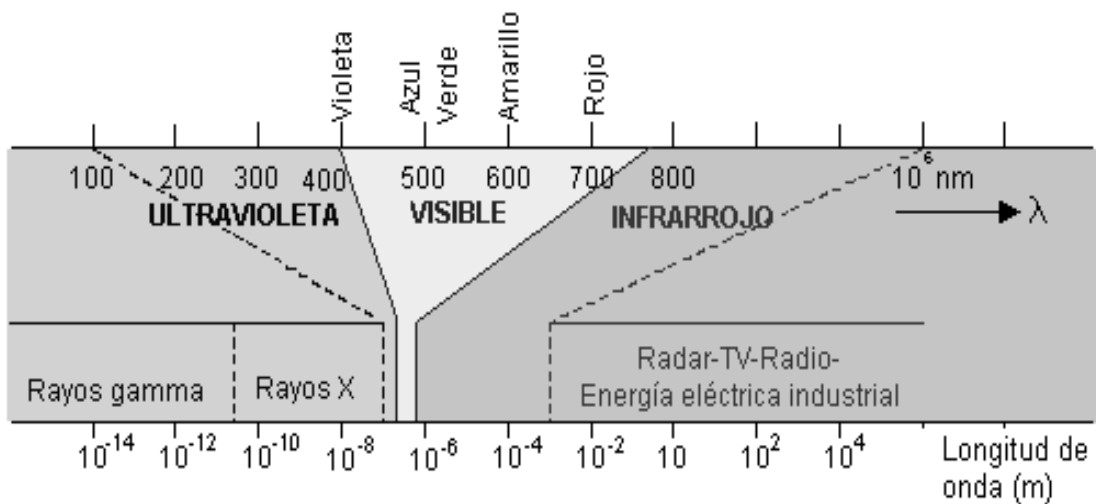
- **Lámparas incandescentes**
  - Lámparas no halógenas
  - Lámparas halógenas de alta y baja tensión
  
- **Lámparas de descarga**
  - Lámparas de vapor de mercurio a baja presión
    - Lámparas fluorescentes
    - Lámpara fluorescente compacta o de bajo consumo
  - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
    - Lámparas de vapor de mercurio
    - Lámparas de luz de mezcla
    - Lámparas con halogenuros metálicos
  - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
  - Lámparas de vapor de sodio a alta presión
  
- **Lámparas LED**

### 2.3.8.1. Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

Todos los cuerpos calientes emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz.

Figura 27. **Espectro Electromagnético**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

La incandescencia se puede obtener de dos maneras:

- La primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas.
- La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas). En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.

La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1 000 horas para las normales, para las halógenas es de 2 000 horas para aplicaciones generales y de 4 000 horas para las especiales.

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de wolframio que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas.

El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen.

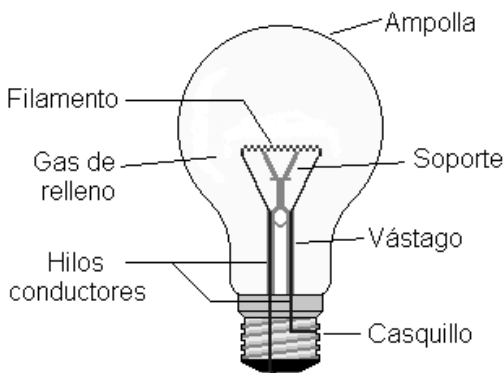
#### **2.3.8.1.1. Lámparas no halógenas**

Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior.

La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo del filamento.

Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1 000 horas, una potencia entre 25 y 2 000 W y unas eficacias entre 7,5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

Figura 28. **Partes de una bombilla**



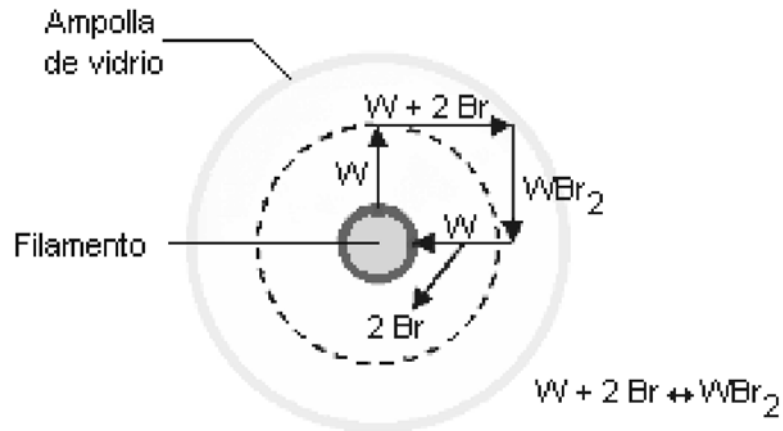
Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

#### **2.3.8.1.2. Lámparas halógenas de alta y baja tensión**

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla.

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ , al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio ( $\text{WBr}_2$ ). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de  $260\text{ }^\circ\text{C}$ ) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en W que se deposita sobre el filamento y Br que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar.

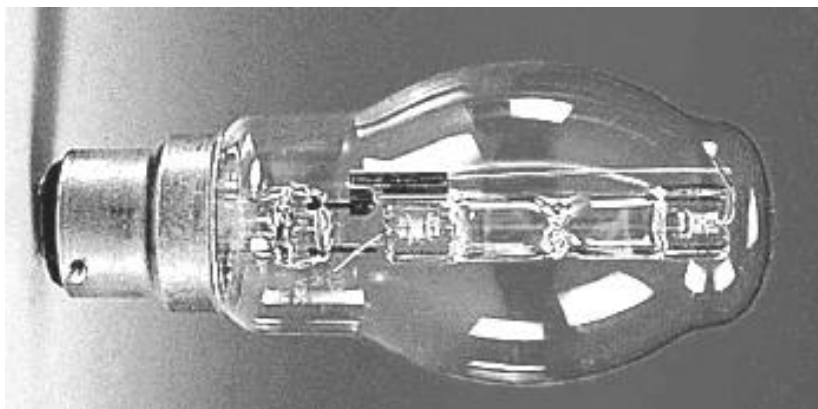
Figura 29. **Ciclo del halógeno**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro.

Figura 30. **Lámpara halógena**



Fuente: <http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.html>. 29/05/2009

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2 000 W) según el uso al que estén destinadas. Las lámparas halógenas se utilizan normalmente en alumbrado por proyección y cada vez más en iluminación doméstica.

### **2.3.8.2. Lámparas de descarga**

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

#### **2.3.8.2.1. Lámparas de vapor de mercurio a baja presión**

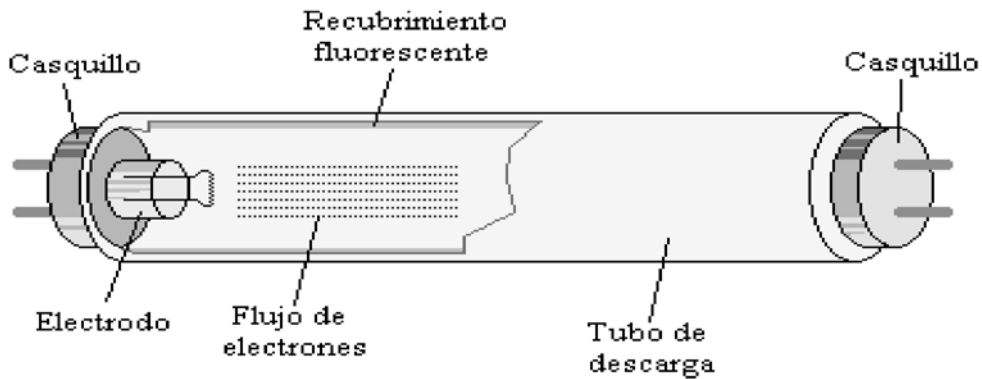
##### **2.3.8.2.1.1. Lámparas fluorescentes**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0,8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253,7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

De la composición de estas sustancias dependerá la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación de estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.



Figura 31. **Lámpara fluorescente**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/linca.html>. 29/05/2009

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

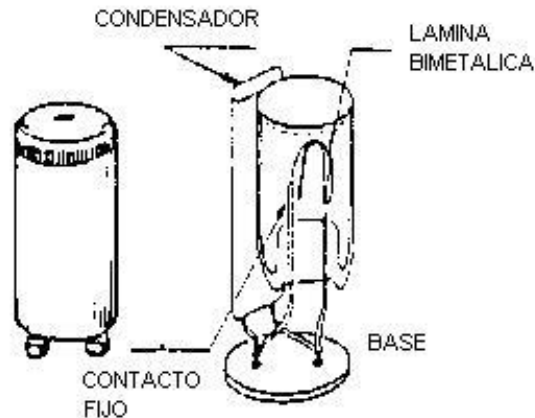
La duración de estas lámparas se sitúa entre 5 000 y 7 000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía, conocidas como ahorradoras de luz.

Figura 32. **Arrancador**



Fuente: C.F.P. Ricaldone, Instalaciones Eléctricas Residenciales. p. 23

#### **2.3.8.2.1.2. Lámpara fluorescente compacta o ahorradora de energía**

El funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía CFL es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manejable.

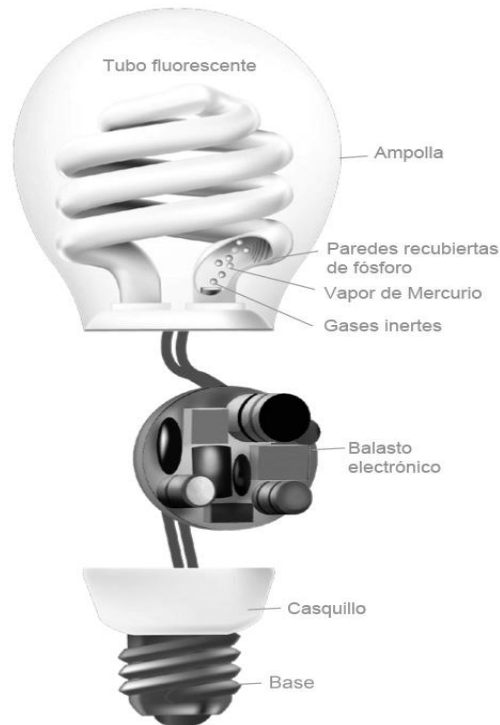
Cuando enroscamos la lámpara CFL en un portalámparas (igual al que utilizan la mayoría de las lámparas incandescentes) y accionamos el interruptor de encendido, la corriente eléctrica alterna fluye hacia el balasto electrónico, donde un rectificador diodo de onda completa se encarga de convertirla en corriente directa y mejorar, a su vez, el factor de potencia de la lámpara. A continuación un circuito oscilador, compuesto fundamentalmente por un circuito transistorizado en función de amplificador de corriente, un enrollado o transformador (reactancia inductiva) y un capacitor o condensador (reactancia capacitiva), se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia, que llega a alcanzar entre 20 mil y 60 mil ciclos o hertz por segundo.

La función de esa frecuencia tan elevada es disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico que se crea dentro de las lámparas fluorescentes cuando se encuentran encendidas. De esa forma se anula el efecto estroboscópico que normalmente se crea en las antiguas lámparas fluorescentes de tubo recto que funcionan con balastos electromagnéticos (no electrónicos). En las lámparas fluorescentes antiguas el arco que se origina posee una frecuencia de sólo 50 ó 60 hertz, la misma que le proporciona la red eléctrica doméstica a la que están conectadas.

Para el alumbrado general el efecto estroboscópico es prácticamente imperceptible, pero en una industria donde existe maquinaria funcionando, impulsadas por motores eléctricos, puede resultar peligroso debido a que la frecuencia del parpadeo de la lámpara fluorescente se puede sincronizar con la velocidad de giro de las partes móviles de las máquinas, creando la ilusión óptica de que no están funcionando, cuando en realidad se están moviendo. En las lámparas CFL no se manifiesta ese fenómeno, pues al ser mucho más alta la frecuencia del parpadeo del arco eléctrico en comparación con la velocidad de giro de los motores, nunca llegan a sincronizarse ni a crear efecto estroboscópico.

Desde el mismo momento en que los filamentos de una lámpara CFL se encienden, el calor que producen ioniza el gas inerte que contiene el tubo en su interior, creando un puente de plasma entre los dos filamentos. A través de ese puente se origina un flujo de electrones, que proporcionan las condiciones necesarias para que el balasto electrónico genere una chispa y se encienda un arco eléctrico entre los dos filamentos. En este punto del proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, cuya misión será la de mantener el arco eléctrico durante todo el tiempo que permanezca encendida la lámpara. El arco eléctrico no es precisamente el que produce directamente la luz en estas lámparas, pero su existencia es fundamental para que se produzca ese fenómeno.

Figura 33. **Lámpara compacta fluorescente o CFL**



Fuente: <http://diver-noticias.blogspot.com/2009/05/lamparas-de-bajo-consumo-lamparas.html>

A partir de que los filamentos de la lámpara se apagan, la única misión del arco eléctrico será continuar y mantener el proceso de ionización del gas inerte. De esa forma los iones desprendidos del gas inerte al chocar contra los átomos del vapor de mercurio contenido también dentro de tubo, provocan que los electrones del mercurio se exciten y comiencen a emitir fotones de luz ultravioleta. Dichos fotones, cuya luz no es visible para el ojo humano, al salir despedidos chocan contra las paredes de cristal del tubo recubierto con la capa fluorescente. Este choque de fotones ultravioletas contra la capa fluorescente provoca que los átomos de flúor se exciten también y emitan fotones de luz blanca, que sí son visibles para el ojo humano, haciendo que la lámpara se encienda.

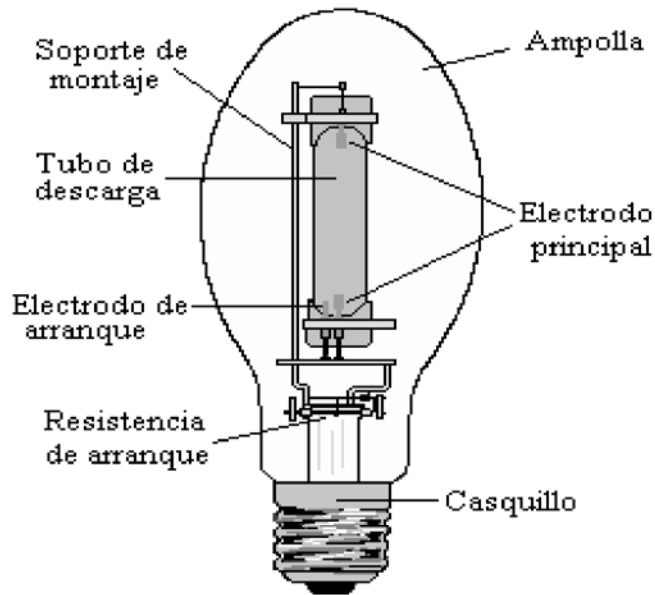
### **2.3.8.2.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**

#### **2.3.8.2.2.1. Lámpara de vapor de mercurio a alta presión**

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Figura 34. **Lámpara de mercurio a alta presión**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

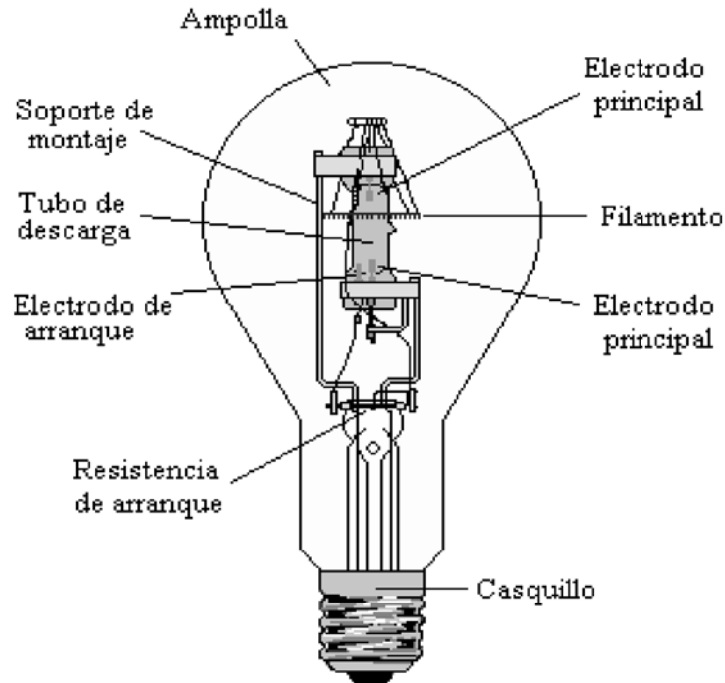
#### **2.3.8.2.2. Lámparas de luz de mezcla**

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia. Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3 600 K.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas. Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.



Figura 35. **Lámpara de luz de mezcla**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/linca.html>. 29/05/2009

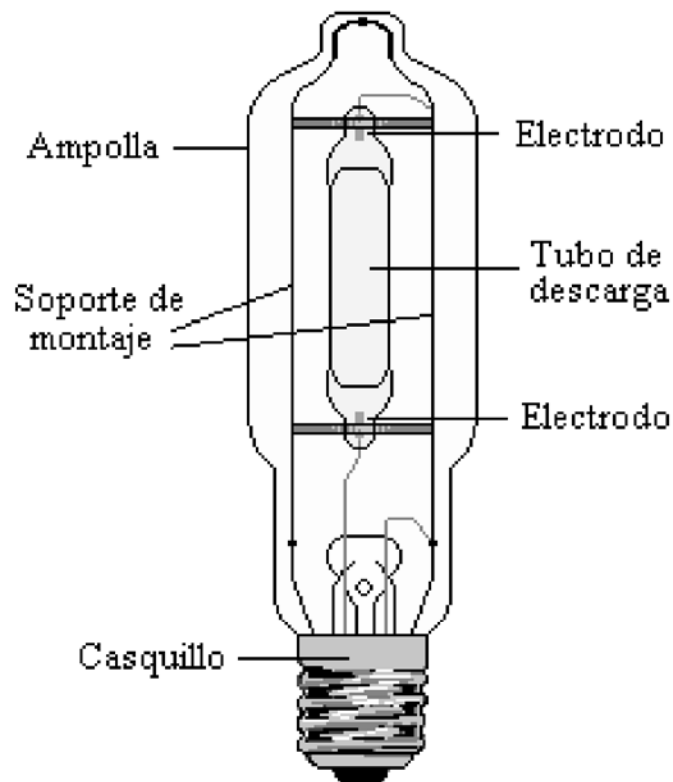
### **2.3.8.2.2.3. Lámparas con halógenos metálicos**

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3 000 a 6 000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10 000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga.

Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, ya que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V). Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

Figura 36. **Lámpara con halogenuros metálicos**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

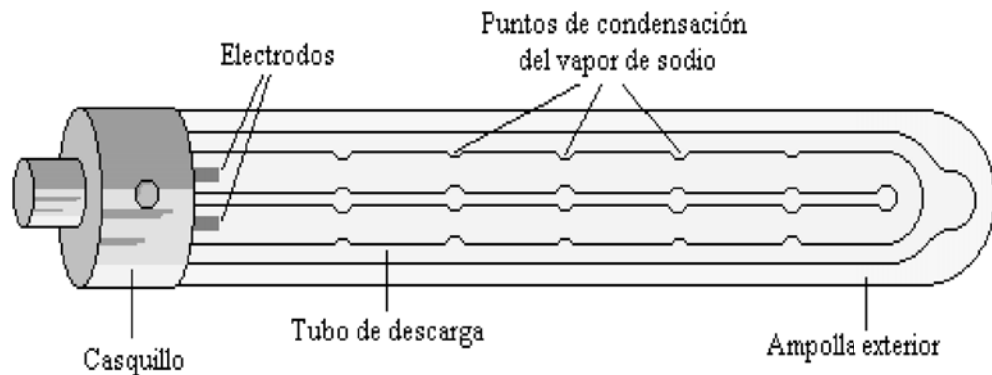
### **2.3.8.2.3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión**

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589,0 nm y 589,6 nm) muy próximas entre sí. La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15 000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6 000 y 8 000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible.

Figura 37. **Lámpara de vapor de sodio a baja presión**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

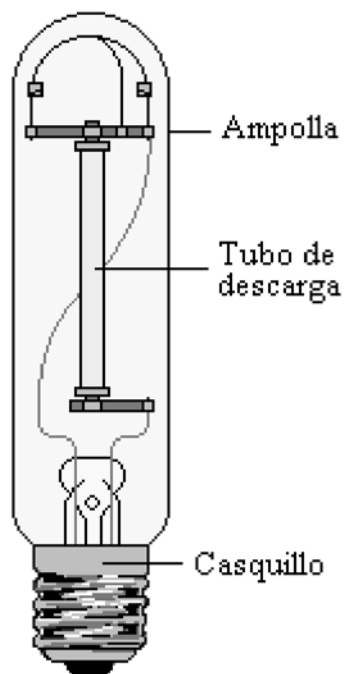
El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo ( $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

#### **2.3.8.2.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión**

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ( $T_{\text{color}} = 2\ 100\ \text{K}$ ) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ( $\text{IRC} = 25$ , aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los  $130\ \text{lm/W}$  sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

Figura 38. **Lámpara de vapor de sodio a alta presión**



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>. 29/05/2009

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20 000 horas y su vida útil entre 8 000 y 12 000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1 000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

### **2.3.8.3. Lámparas LED**

Una lámpara de LED es una lámpara de estado sólido que usa LEDs (Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas de LED están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de LED se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentando ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como lo es su elevado costo inicial.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los LED se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de LED tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de LED tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

Figura 39. **Lámparas LED**



Fuente: <http://www.european3e.com/images/productos/>. 02/06/2009

La lámpara LED alcanza su propósito agrupando varios LEDs pequeños en una manera ordenada, de tal modo creando una viga unificada. Las ventajas inherentes del LED incluyen:

- Alta durabilidad, ningún filamento o tubo que se pueda romper.
- Alta vida, los LED duran aproximadamente 50 000 a 100 000 horas.
- Consumo de baja electricidad, reducción en el pago de servicios eléctricos.
- Flexibilidad en el tamaño, puede utilizar varios LEDs en un mismo dispositivo, dependiendo de la iluminación que requiera;
- Baja generación de calor, genera menor calor a comparación de las bombillas tradicionales.
- También debido a su bajo consumo de energía, el LED puede ser encendido por medio de celdas solares de carga las cuales pueden abastecer el mismo por un tiempo prolongado.

#### **2.3.8.4. Cálculo de luminarias**

Se pueden definir dos niveles en la iluminación de interiores: local y general. El primero se refiere a las necesidades de la luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El segundo, el nivel general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas. También puede llamarse alumbrado general por zonas, cuando se deciden niveles de iluminación diferentes para cada zona, lo cual resulta más económico.



Además de definir el nivel de iluminación general se requiere cuidar la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, o las sombras indeseables.

#### **2.3.8.4.1. Cálculo por el método de cavidades zonales**

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado de interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado.

Los tipos de iluminación para interiores, son las diversas formas en que se deben ubicar las fuentes luminosas para solucionar problemas visuales, los cuales deben estar en forma proporcional para satisfacer una adecuada operatividad visual a realizarse en determinado ambiente constructivo.

- Iluminación directa, es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.
- Iluminación semi-directa, es la que la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminosos que se refleja en las paredes techos y mobiliario.
- Iluminación indirecta, es en la que la fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.

- Iluminación semi-indirecta, es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.
- Iluminación difusa, es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes.

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas.

El nivel de iluminación recomendado se considera de acuerdo al tipo de actividad que se va a desarrollar, utilizando la cantidad de luxes necesarios para el óptimo desarrollo de las actividades.

El método de los lúmenes se emplea para el cálculo del nivel de iluminación medio de espacios interiores independientemente de donde se ubiquen los puestos de trabajo.

Se aplica la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi_T}{S} F_m \cdot F_u \quad 2.15$$

Dónde:

- E = Nivel de iluminación recomendado, lux
- $\Phi_T$  = flujo de todas las luminarias del espacio a iluminar, lumen
- S = superficie del espacio a iluminar, m<sup>2</sup>
- F<sub>m</sub> = factor de mantenimiento, adimensional
- F<sub>u</sub> = factor de utilización, adimensional

Considerando un local rectangular, determinamos en la ecuación 2.16 la superficie del espacio en función del ancho y largo del local. El flujo total de todas las luminarias se calcula con la ecuación 2.17 en función de la cantidad de N luminarias distribuidas en grupos de n lámparas por el flujo de cada lámpara.

$$S = A \cdot L \quad 2.16$$

$$\Phi_T = N \cdot n \cdot \Phi_{\text{lámpara}} \quad 2.17$$

Dónde:

- A = ancho del local, m
- L = largo del local, m
- N = número de luminarias en el local
- n = número de lámparas en una luminaria
- $\Phi_{\text{lámpara}}$  = flujo luminoso de una lámpara, lumen

Sustituyendo estas ecuaciones en la inicial, tenemos la ecuación 2.18:

$$E = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\text{lampara}}}{A \cdot L} F_m \cdot F_u \quad 2.18$$

En esta expresión la principal incógnita suele ser el número de luminarias N, debido a que:

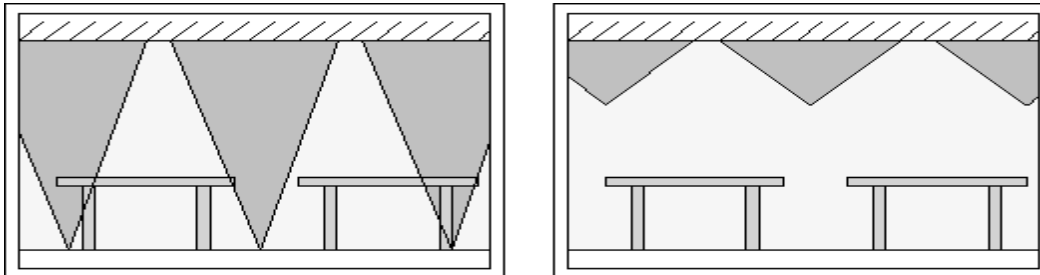
- El valor de E lo proponemos nosotros (por ejemplo 750 lux para una oficina).
- El valor de n lo proponemos nosotros de acuerdo al tipo de luminaria a utilizar (por ejemplo 3 fluorescentes por luminaria).
- Las dimensiones A y L del local son medidas.
- F<sub>m</sub> y F<sub>u</sub> se obtienen en tabla XVIII según factores indicados en el inciso 2.3.8.4.1.1.
- $\Phi_{\text{lampara}}$ , flujo luminoso de la lámpara, en el catálogo del fabricante.

Despejando N, queda:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot L}{n \cdot \Phi_{\text{lampara}} F_m \cdot F_u} \quad 2.19$$

De esta forma calculamos nuestro número de luminarias para determinada zona o plano de trabajo. Para garantizar la uniformidad en la iluminación y evitar zonas de sombra, la distancia entre luminarias debe ser inferior a un determinado valor que podemos obtener en la segunda columna de la tabla XVIII.

Figura 40. **Iluminación con zonas de sombra e iluminación uniforme**



Fuente: <http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. 02/06/2009

#### **2.3.8.4.1.1. Cálculo del factor de mantenimiento y de utilización**

El factor de mantenimiento. Para este factor hay que considerar tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil, la depreciación luminosa de la lámpara, la pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la lámpara, y superficie reflectora y transmisora de la luminaria.

De acuerdo a estas variables, el factor de mantenimiento puede ser bueno, regular o malo, siendo el criterio a utilizar:

- Es bueno cuando se limpian y se reponen las lámparas por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas.
- Es regular cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas se reponen cuando se funden.
- Es malo cuando el mantenimiento es deficiente y las condiciones atmosféricas sucias.

Su valor se lee directamente en la segunda columna de la tabla XVIII de acuerdo a la luminaria escogida, ejemplo para la tercera luminaria que corresponde a la industrial abierta, para un mantenimiento malo le corresponde un  $F_m = 0,5$ .

El factor de utilización, es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas. Muy importante, complejo y difícil de calcular. Depende de, el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión de techos paredes y pisos, y el factor de mantenimiento.

Primero, se calcula la reflexión de techos y paredes de acuerdo a la tabla XV que se muestra a continuación.

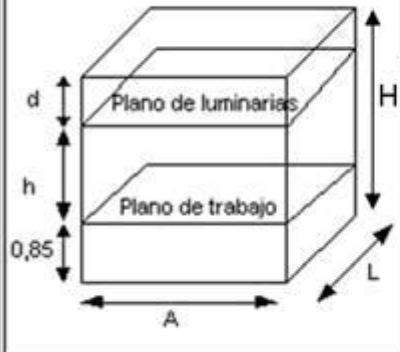
**Tabla XV. Factores de reflexión de techos y paredes**

<b>Factor de reflexión en % de techos y paredes</b>		
<b>Color de paredes y techos</b>	<b>Luz blanca día</b>	<b>Luz incandescente y fluorescente blanca cálida</b>
Blanco	70 – 90 %	70 – 90 %
Beige claro	70 – 80 %	70 – 80 %
Amarillo y crema claro	60 – 75 %	60 – 70 %
Techos acústicos blancos	60 – 75 %	60 – 75 %
Verde muy claro	70 – 80 %	60 – 70 %
Verde claro y rosa	45 – 65 %	40 – 55 %
Azul claro	45 – 55 %	40 – 50 %
Gris claro	40 – 50 %	40 – 50 %
Rojo claro	30 – 50 %	35 – 55 %
Marrón claro	30 – 40 %	35 – 45 %
Beige oscuro	25 – 35 %	30 – 40 %
Marrón, verde, azul, oscuros	5 – 20 %	10 – 25 %
Negro	3 – 4 %	4 – 5 %

Fuente: <http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. 02/06/2009

Segundo, se calcula la relación de local (factor RL) de acuerdo a la tabla XVI, en donde se considera la proporción de las dimensiones del local, respecto de la ubicación física de la luminaria.

Tabla XVI. **Cálculo de la relación local**

	Tipo de luminaria	Relación del local, RL
	Directas, semidirectas, directas-indirectas y general difusa	$RL = \frac{AL}{h(A+L)}$
	Indirectas y semiindirectas	$RL = \frac{3AL}{2h(A+L)}$

Fuente: <http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. 02/06/2009

Dónde:

- H = altura del local, m
- h = altura de montaje de las luminarias, m
- A = ancho del local, m
- L = largo del local, m
- d = suspensión de la luminaria, m

La altura de montaje (h) se calcula según ecuación 2.20, siendo esta la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano de trabajo, considerando generalmente el plano de trabajo a 0,85 m del suelo. Si las luminarias están empotradas, el valor de d = 0, entonces se obtiene la ecuación 2.21 para el cálculo de la altura de montaje.

$$h = H - d - 0.85m \quad 2.20$$

$$h = H - 0.85m \quad 2.21$$

Tercero, se calcula el índice local el cual es una letra y se determina de acuerdo al valor calculado para el factor RL como se muestra en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Cálculo del índice del local**

<b>Índice del local</b>	<b>Relación de local</b>
J	Menos de 0,7
I	0,70 a 0,89
H	0,90 a 1,11
G	1,12 a 1,37
F	1,38 a 1,74
E	1,75 a 2,24
D	2,25 a 2,74
C	2,75 a 3,49
B	3,50 a 4,49
A	Más de 4,50

Fuente: <http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. 02/06/2009

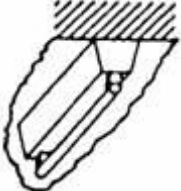
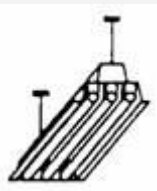

Cuarto, buscamos la luminaria propuesta en la tabla XVIII, donde se obtiene el valor del factor de mantenimiento (Fm) y con los valores del índice del local (la letra) y, la reflexión de techos y paredes, obtenemos el factor de utilización Fu.



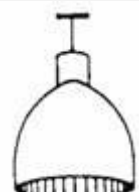


Ejemplo, para una luminaria industrial abierta, con un factor de mantenimiento malo, vemos en la tabla XVIII que le corresponde un valor de Fm igual a 0,5 y una distancia entre luminarias inferior a 0,8-h. Si se asume un índice del local C, reflexión de techo del 75% y de pared 30%, vemos en la tabla XVIII que el valor del factor de utilización correspondiente es de Fu igual a 0,67.

Tabla XVIII. **Tabla para el cálculo del factor de mantenimiento Fm y factor de utilización Fu.**

Tipo de luminaria	Factor de mantenimiento, Fm	Reflexión techo, %	75 %			50 %			30 %	
		Reflexión pared, %	50	30	10	50	30	10	30	10
	Distancia entre Luminarias	Índice del local	Factor o coeficiente de utilización, Fu							
Fluorescente empotrado abierto 	<b>Factor mant.</b> Bueno 0,75 Medio 0,65 Malo 0,55  <b>Distancia</b> Inferior a 0,8·h	J	0,40	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35	0,37	0,35
		I	0,48	0,46	0,45	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43
		H	0,52	0,50	0,50	0,51	0,49	0,49	0,48	0,48
		G	0,55	0,54	0,53	0,54	0,53	0,51	0,51	0,50
		F	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52
		E	0,60	0,59	0,57	0,59	0,58	0,56	0,57	0,55
		D	0,65	0,62	0,60	0,62	0,61	0,59	0,59	0,58
		C	0,66	0,64	0,61	0,64	0,62	0,61	0,61	0,60
		B	0,67	0,65	0,64	0,65	0,63	0,62	0,62	0,61
		A	0,68	0,66	0,65	0,66	0,65	0,63	0,64	0,62

<p>Fluorescente simple descubierto</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,53</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 1·h</p>	J	0,32	0,27	0,23	0,32	0,26	0,23	0,25	0,23
		I	0,40	0,35	0,31	0,39	0,34	0,30	0,34	0,30
		H	0,44	0,39	0,36	0,43	0,39	0,35	0,36	0,35
		G	0,48	0,43	0,40	0,46	0,42	0,39	0,41	0,39
		F	0,52	0,47	0,43	0,50	0,46	0,42	0,45	0,42
		E	0,57	0,52	0,48	0,55	0,51	0,47	0,50	0,46
		D	0,62	0,56	0,52	0,59	0,55	0,51	0,54	0,51
		C	0,65	0,59	0,54	0,62	0,57	0,54	0,56	0,53
		B	0,69	0,63	0,59	0,65	0,61	0,58	0,60	0,58
		A	0,71	0,66	0,62	0,67	0,63	0,60	0,61	0,60
<p>Luminaria industrial abierta</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,68 Medio 0,58 Malo 0,50</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 1·h</p>	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
		I	0,47	0,42	0,39	0,46	0,41	0,38	0,40	0,37
		H	0,51	0,47	0,44	0,50	0,47	0,43	0,46	0,43
		G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,51	0,47	0,50	0,47
		F	0,58	0,54	0,51	0,57	0,53	0,51	0,52	0,50
		E	0,63	0,60	0,57	0,62	0,59	0,56	0,58	0,55
		D	0,68	0,64	0,61	0,66	0,64	0,61	0,63	0,60
		C	0,70	0,67	0,63	0,68	0,65	0,63	0,64	0,62
		B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,68	0,67	0,67	0,66
		A	0,74	0,72	0,70	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67
<p>Luminaria directa con rejilla difusora</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,7 Medio 0,6 Malo 0,5</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 1·h</p>	J	0,33	0,28	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,26
		I	0,39	0,36	0,34	0,39	0,35	0,34	0,35	0,34
		H	0,43	0,40	0,38	0,42	0,40	0,38	0,39	0,38
		G	0,46	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41
		F	0,48	0,46	0,43	0,47	0,45	0,43	0,45	0,43
		E	0,52	0,50	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47
		D	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	0,52	0,51
		C	0,57	0,55	0,52	0,56	0,53	0,52	0,53	0,52
		B	0,59	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54
		A	0,60	0,58	0,56	0,59	0,57	0,56	0,56	0,55

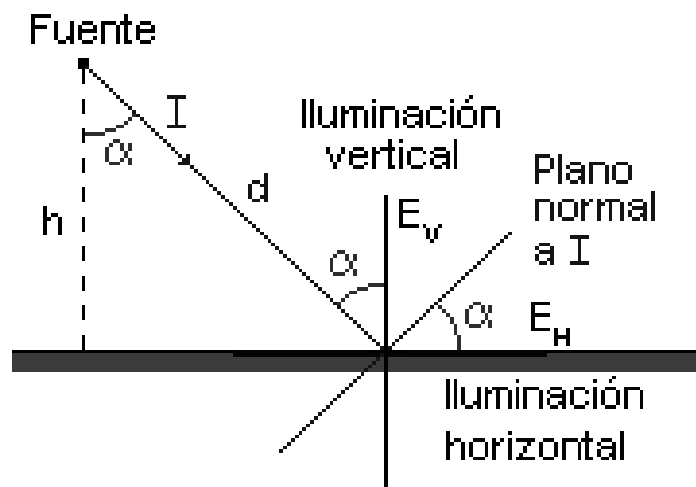
<p>Esférica de vidrio</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,75 Medio 0,70 Malo 0,60</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 1,2·h</p>	J	0,24	0,19	0,16	0,22	0,18	0,15	0,16	0,14
		I	0,29	0,25	0,22	0,27	0,23	0,20	0,21	0,19
		H	0,33	0,28	0,26	0,30	0,26	0,24	0,24	0,21
		G	0,37	0,32	0,29	0,33	0,29	0,26	0,26	0,24
		F	0,40	0,36	0,31	0,36	0,32	0,29	0,29	0,26
		E	0,45	0,40	0,36	0,40	0,36	0,33	0,32	0,29
		D	0,48	0,43	0,39	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
		C	0,51	0,46	0,42	0,45	0,41	0,38	0,37	0,34
		B	0,55	0,50	0,47	0,49	0,45	0,42	0,40	0,38
		A	0,57	0,53	0,49	0,51	0,47	0,44	0,41	0,40
<p>Reflector de haz estrecho</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,75 Medio 0,70 Malo 0,50</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 0,6·h</p>	J	0,43	0,40	0,39	0,42	0,40	0,39	0,40	0,38
		I	0,51	0,50	0,49	0,50	0,49	0,48	0,49	0,46
		H	0,55	0,54	0,53	0,54	0,53	0,52	0,53	0,52
		G	0,59	0,58	0,57	0,58	0,56	0,55	0,56	0,55
		F	0,61	0,60	0,58	0,59	0,58	0,58	0,58	0,57
		E	0,64	0,63	0,62	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60
		D	0,68	0,65	0,64	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63
		C	0,69	0,67	0,65	0,67	0,66	0,64	0,64	0,64
		B	0,70	0,68	0,67	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65
		A	0,71	0,70	0,68	0,69	0,67	0,67	0,67	0,66
<p>Reflector de haz medio ancho</p> 	<p><b>Factor mant.</b> Bueno 0,75 Medio 0,70 Malo 0,50</p> <p><b>Distancia</b> Inferior a 1,1·h</p>	J	0,40	0,36	0,34	0,39	0,36	0,34	0,36	0,33
		I	0,48	0,45	0,43	0,47	0,44	0,43	0,44	0,42
		H	0,52	0,50	0,48	0,51	0,49	0,47	0,49	0,47
		G	0,55	0,53	0,52	0,55	0,52	0,51	0,52	0,51
		F	0,58	0,56	0,53	0,56	0,55	0,53	0,55	0,53
		E	0,62	0,60	0,58	0,61	0,59	0,57	0,58	0,57
		D	0,66	0,63	0,61	0,64	0,62	0,61	0,62	0,61
		C	0,67	0,65	0,62	0,66	0,64	0,62	0,63	0,62
		B	0,69	0,67	0,66	0,67	0,65	0,64	0,65	0,64
		A	0,70	0,68	0,67	0,69	0,67	0,65	0,66	0,64

Fuente: <http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM>. 02/06/2009

#### 2.3.8.4.2. Cálculo por el método de punto por punto

A diferencia del método de cavidades zonales donde se calcula el nivel medio de iluminación sobre un plano de trabajo considerando el aporte de las reflexiones de paredes, techo y piso y además la incidencia de un factor de mantenimiento o conservación de la instalación, el método punto por punto se basa en la cantidad real de luz que se produce en un punto del área iluminada.

Figura 41. Componentes de la iluminación para el cálculo por el método punto por punto.



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/graficos/iluint29.gif>. 02/06/2009

Este método se utiliza si lo que se desea es conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos, para ellos se sigue el siguiente esquema:

- Determinar  $\alpha$  (ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la luminaria).

- Determinar I (intensidad de flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente).
- Determinar  $E_H$  o  $E_V$  (Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal o vertical, expresado en Lux)

Para aplicar el método del punto por punto se debe tener siempre en cuenta que se puede utilizar con fuentes de luz puntuales como las lámparas incandescentes y de descarga, pero no con tubos fluorescentes. Las fórmulas a emplear para el cálculo del nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal o vertical, son la 2.22 y la 2.23

$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad 2.22$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sen \alpha}{h^2} \quad 2.23$$

Dónde:

- I = Intensidad luminosa en una dirección dada en candelas.
- $\alpha$  = Angulo formado por el rayo de luz y la vertical que pasa por la luminaria.
- h = Altura de montaje de la luminaria normal al plano horizontal que contiene al punto.
- $E_H$  = Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal en lux.
- $E_V$  = Nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical en lux.

Este método es el que le permite al luminotécnico determinar la iluminancia en un punto específico del espacio.

También es el método que utilizan los software para cálculo de iluminación para verificar puntualmente los valores de iluminancia sobre una grilla preestablecida, luego de que el mismo programa realizará un cálculo de iluminancia promedio por alguno de los métodos del flujo luminoso. También es la forma por la cual se podrán obtener con dichos programas los valores promedio, mínimos y máximos de iluminancia.

### **2.3.9. Cargas especiales**

Se consideran cargas especiales aquellos equipos que hacen uso de motores para su funcionamiento, los cuales requieren una instalación individual y especial de acuerdo a las características del motor.

Los conductores que alimentan un motor deben tener una ampacidad no menor a un 125 % de la corriente a plena carga del motor, en el caso de motores de múltiples velocidades, la selección del conductor de alimentación se basará en la mayor de las corrientes de placa que presenta dicho motor.

Cuando se trata de alimentar más de un motor, el calibre del conductor alimentador para dos o más motores se calcula para el 125% de la mayor corriente a plena carga más la corriente a plena carga de los otros motores, como se expresa en la figura 2.24.

$$I = 1,25 \times I(\text{motormayor}) + \text{Suma}(I \text{ de otros motores}) \quad 2.24$$

### **2.3.9.1. Arrancador**

El arrancador consiste en su forma más simple en un dispositivo que conecta y desconecta un motor de la red y que además realiza funciones de protección contra sobrecarga del motor.

### **2.3.9.2. Protección contra sobre corriente o relé térmico**

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

### **2.3.9.3. Elevación de la temperatura**

La altura sobre el nivel del mar afecta la elevación de temperatura en un motor. En instalaciones altas sobre el nivel del mar, la densidad del aire permite una menor disipación del calor, producido en los devanados a través de los ductos de ventilación.

Una densidad relativa del aire baja, es suficientemente para transportar el calor en forma efectiva, esta condición se obtiene de una altura desde el nivel del mar hasta unos 1 000 MSNM. Con alturas superiores se presenta una degradación en la potencia del motor. Se establece que por cada 100 MSNM de exceso sobre 1 000 MSNM el motor se degrada 1%.

#### **2.3.9.4. Motores mayores a 1 HP**

Para un motor que tiene una potencia mayor de 1 HP, que se usa para un ciclo de trabajo continuo, el dispositivo de protección contra sobrecarga puede ser externo, actuando y operando por la corriente de operación del mismo y se ajusta para abrir a no más del 125% de la corriente a plena carga, para motores marcados con un factor de servicio no menor de 1,15 y para motores con una elevación de temperatura no superior a 40° C

#### **2.3.9.5. Motores menores de 1 HP**

No están permanentemente instalados y usan métodos de arranque manual, se considera que están protegidos contra sobrecarga por la protección del circuito derivado si el motor está dentro de la zona de vista del arrancador.

#### **2.3.10. Sistema de puesta a tierra (SPT)**

Parte del Sistema de Protección externo contra rayos (SPCR), destinada a conducir y dispersar en el suelo la corriente de la descarga atmosférica.



### **2.3.10.1. Red de tierras**

La física acepta la convención que el globo terráqueo tiene un potencial eléctrico de cero voltios, en la práctica esto es muy importante, ya que el suelo es considerado como un conductor de la corriente eléctrica, de manera que un conductor conectado a ella pasa a tener el mismo potencial y este es también llamado "TIERRA" (*earth, ground*). El término MASA es utilizado cuando no se trata de una tierra verdadera, sino de un chasis, un soporte metálico o bastidor.

También es representada comúnmente por las siglas GND o en algunos instrumentos por las letras E o G. En el tendido de cables es indicado con el aislante de color verde, amarillo, verde-amarillo o un cable desnudo.

La instalación de un sistema de puesta a tierra, permite la protección de las personas y los bienes, contra los efectos de las caídas de rayos, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y contactos indirectos por corrientes de fugas a tierra. Por lo tanto, la ejecución correcta del sistema de puesta a tierra brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

### **2.3.10.2. Puesta a tierra**

Se le llama sistema de puesta a tierra, a la unión eléctrica entre todas las masas metálicas de una instalación y por lo menos un electrodo dispensor enterrado en el suelo, con el fin de conseguir una unión con la menor resistencia eléctrica posible entre las masas y la tierra. Si esa unión se realiza sin interposición de impedancia alguna, se dice que es una puesta a tierra directa, en caso contrario sería una vinculación indirecta.

Se entiende por masa a las partes metálicas accesibles de los elementos de la instalación y de los aparatos eléctricos, separados de las partes bajo tensión por su aislamiento funcional. Asimismo, los contactos indirectos son aquellos que se establecen con piezas conductoras (elementos inactivos) que, sin estar normalmente bajo tensión, pueden estarlo por un defecto de su aislamiento. Su peligrosidad está en que los usuarios se acerquen a las masas sin saber que están energizadas.

Con el sistema de puesta a tierra se busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión. De esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra, en lugar de hacerlo por el cuerpo de la persona.

Las normas de aplicación establecen que, en las instalaciones eléctricas en general se conectarán al sistema de puesta a tierra:

- Las instalaciones de pararrayos.
- Las instalaciones de antenas, tanto de TV como de FM.
- Los tomacorrientes y las masas metálicas de baños y cocinas.
- Las estructuras metálicas y las armaduras de columnas y muros de hormigón.
- Las instalaciones ejecutadas con tubos metálicos de: agua y calefacción, así como calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas, y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable bajo tensión.

- Sistemas eléctricos en c.c. de no más de 300 V, a menos que:
  - Suministren energía a sistemas industriales en áreas limitadas y sean equipados con un detector de tierra.
  - Operen a menos de 50 V entre conductores.
  - Sean alimentados con un rectificador desde un sistema en corriente alterna aterrizada.
- Sistemas eléctricos en corriente alterna cuando el voltaje a tierra esté entre 50 y 150 V.
- Sistemas de corriente alterna de menos de 50 V si están alimentados por transformadores de sistemas a más de 150 V a tierra o por sistemas no aterrizados.

Por este motivo, en los aparatos y en la instalación eléctrica, hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente al sistema de puesta a tierra. En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

### **2.3.10.3. Unión sólida entre un sistema eléctrico y la tierra física**

Proporcionando el potencial de referencia ( $V=0$ ) en la barra equipotencial, o según el caso en el punto Neutro y en las masas que se le conectan. De modo que durante el funcionamiento normal o durante fallas asegura:

- La protección de las personas contra la energización accidental de las masas por acumulación de carga estática o por falla ( $I_f$ ) directa o indirecta.
- El correcto funcionamiento del propio sistema y sus periféricos de protección, comunicaciones, control, automatismos, flujo y procesamiento de datos, así como de todas las cargas conectadas a él.

Las NTIE (1981) establecen que para que una conexión a tierra sea segura, el valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohm en el caso de instalaciones de edificios, menor o igual a 5 ohmios en el caso de subestaciones eléctricas y plantas industriales, y menor o igual a 1 ohmio en el caso de Generadoras y subestaciones Grandes.

#### **2.3.10.4. Factores que influyen en la resistividad del terreno**

Desde el punto de vista eléctrico, un terreno se caracteriza por su resistividad. Es importante que la resistividad sea lo más baja posible. Puesto que los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un terreno dado tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La resistividad aparente, no es constante en el tiempo y se ve afectado por varios factores, siendo los principales.

- Naturaleza del terreno
- Humedad
- Temperatura
- Salinidad
- Estratigrafía
- Variaciones estacionales

### **2.3.10.5. Electrodo de puesta a tierra**

Son las varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y con menor resistividad eléctrica. Son muy importantes en terrenos sin vegetación y cuya superficie al quedar expuesta a los rayos del sol, está completamente seca.

Los electrodos se fabrican con tubos o varillas de acero galvanizado o bien con varillas de *copperweld*, debido a su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión. Ahora bien, todo metal convertido en electrodo e introducido en un terreno más o menos húmedo, se corroe debido a las siguientes causas:

- Reacción química entre el agua del terreno y el electrodo
- Ataque de los agentes químicos contenidos en el terreno
- Corrientes eléctricas que atraviesan el terreno
- Corrientes galvánicas

### **2.3.10.6. Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra**

Se puede clasificar los materiales que forman el pozo de puesta a tierra, de la siguiente manera:

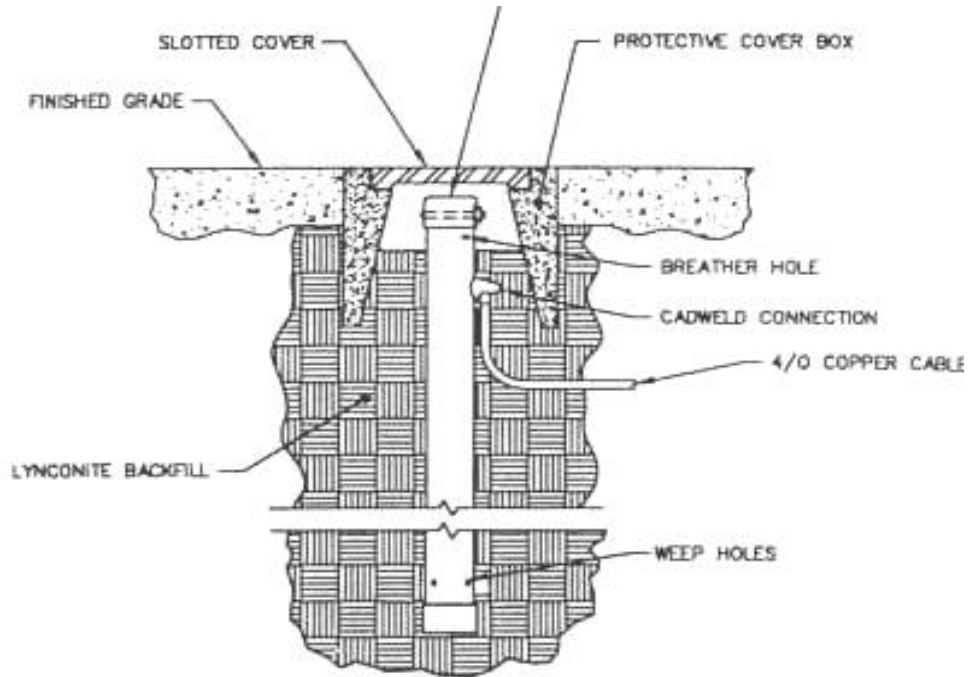
- Material circundante al electrodo
- Elementos químicos para reducir la resistencia de puesta a tierra
- Conectores entre el electrodo y conductor de puesta a tierra
- Protección externa del pozo

La elección e instalación de los materiales debe ser tal que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme a las normas de protección y se mantenga la estabilidad de la resistencia
- Las corrientes de falla a tierra y fuga circulen sin peligro, según sollicitaciones térmicas y electromecánicas
- La solidez y protección mecánica estén aseguradas, según condiciones estimadas de influencia externa

Ahora bien, el problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociado con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el pozo. El relleno ideal debe compactarse fácilmente, no ser corrosivo, ser buen conductor eléctrico, y no debe dañar el ambiente, ni perjudicar la vida o la fauna. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio, el sulfato de cobre, o compuestos químicos patentados (THOR GEL, GEM, GAP, etc.) cumple con esos requisitos.

Figura 42. Varilla electroquímica.



Fuente: Chávez, Rolando. Análisis comparativo de métodos de medición de redes de tierra, p. 29.

### 2.3.10.7. Consideraciones para un buen diseño de sistema de puesta a tierra de equipos eléctricos

El trayecto a tierra desde circuitos, equipos y cubiertas conductoras debe:

- Ser permanente y continuo
- Tener suficiente capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente de falla probable que pueda circular en él
- Tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar la tensión a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito

Un sistema de puesta a tierra bien diseñado, considera:

- La conexión de la varilla de tierra
- Conectar a tierra el tubo conduit metálico del conductor del sistema de puesta a tierra.
- Emplear las charolas y, las tuberías metálicas roscadas como conductores de puesta a tierra
- Usar los interruptores automáticos con detector de falla a tierra en los garajes, cocinas, y obras en construcción.

El cableado del conductor del sistema de puesta a tierra junto con los cables de líneas y del neutro del mismo circuito por dentro de la misma canalización metálica.

### **2.3.10.8. Métodos de medición de tierra**

#### **2.3.10.8.1. Método Wenner o de los cuatro conductores**

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

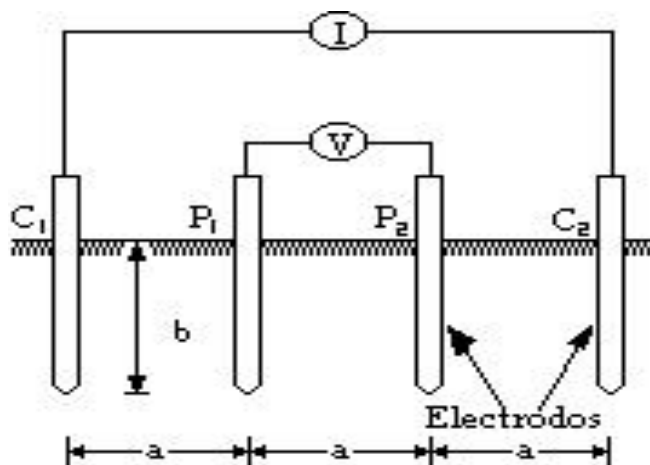
El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2.



Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón  $V/I$  es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

En la figura 43 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores.

Figura 43. **Medición de la resistividad con equipo Wenner**



Fuente: <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.html>. 08/06/2009

La resistividad aparente está dada por la ecuación 2.25.

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot R}{\left[ 1 + \left( \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} \right) - \left( \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}} \right) \right]} \quad 2.25$$

Dónde:

- $\rho$  = Resistividad promedio a la profundidad (a) en ohm-m.
- a = Distancia entre electrodos en metros.
- b = Profundidad de enterrado de los electrodos en metros.
- R = Lectura del terrometro en ohm.

Si la distancia enterrada (b) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (a), o sea  $a > 20b$ , se puede simplificar la ecuación 2.25 quedando la ecuación 2.26.

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \qquad 2.26$$

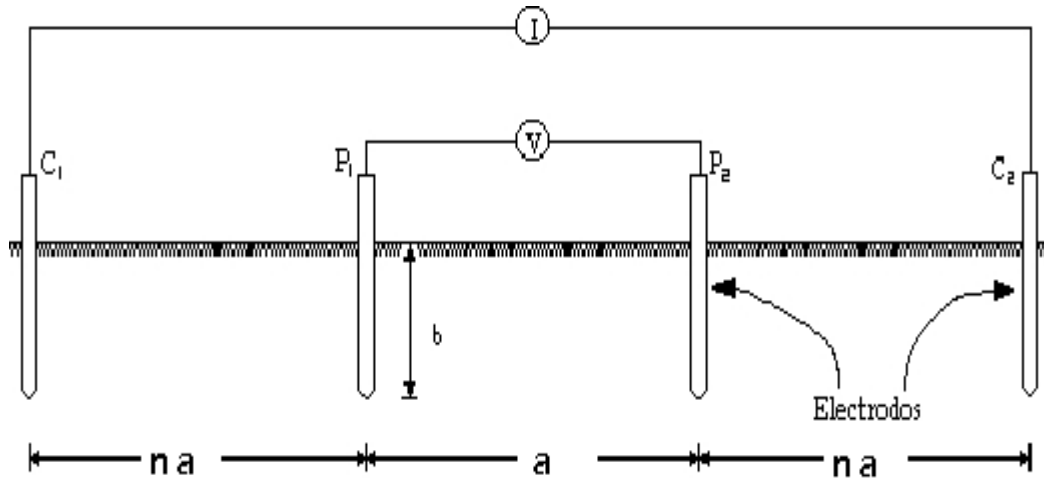
La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras, para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas, y que con ellas se obtenga el promedio.

#### **2.3.10.8.2. Método de Schlumberger**

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos ( $n \cdot a$ ) de la separación base de los electrodos internos (a). La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura 44.

Figura 44. **Medición método de Schlumberger**



Fuente: <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.html>. 08/06/2009

Con este método la resistividad está dada por la ecuación 2.27.

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot R(n + 1) \cdot n a \quad 2.27$$

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner.

Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

### **2.3.10.9. Clasificación de los SPT según aplicación**

#### **2.3.10.9.1. SPT para instalaciones eléctricas**

En instalaciones eléctricas se utiliza el llamado SPT de servicio o funcional. Su propósito es limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con cables de tensiones más elevadas. También sirve para mantener alguna parte de los circuitos de alimentación al potencial de tierra, como pueden ser los centros de la estrella en generadores y transformadores.

Este tipo de SPT se logra al unir, mediante un conductor apropiado, una parte de la instalación eléctrica con la tierra.

#### **2.3.10.9.2. SPT para equipos eléctricos**

En este caso se utiliza el SPT conocido como puesta a tierra de protección y consiste en la puesta a tierra de las masas metálicas de los equipos eléctricos para brindar protección contra contactos indirectos eliminando los potenciales de contacto al derivar las corrientes de falla que pudieran poner en peligro la vida y la propiedad. También permite que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos. Se consigue al conectar todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse al punto de conexión del SPT. En ocasiones se realizan puestas a tierras conjuntas, funcionales y de protección.

#### **2.3.10.9.3. SPT para protección atmosférica**

La puesta a tierra de pararrayos es la encargada de llevar a tierra las sobre tensiones producidas por las descargas atmosféricas sobre los descargadores y los pararrayos. Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades. Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada a la tierra que cubre los equipos o edificios a proteger.

#### **2.3.10.9.4. SPT para protección electrostática**

Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos. Se obtiene al unir todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando la tierra como referencia. Cada sistema de tierras debe cerrar únicamente el circuito eléctrico que le corresponde.

#### **2.3.10.10. Pararrayos**

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, el cual consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger. La trayectoria de una descarga atmosférica depende de las condiciones de humedad y contaminación de la atmósfera y de los objetos que se encuentren en la superficie terrestre.

Debido a que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres, esquinas de estructuras o edificios, por tal razón un objeto está razonablemente protegido cuando queda bajo un cono cuyo vértice superior es la punta de la barra y que tiene una base de radio igual a dos veces la altura de la punta.

## **2.4. Diagrama unifilar**

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol como se puede observar en la figura 69 de la sección 3.1.1.3.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas.

Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla, depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado.

Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencia que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición.

## **2.5. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas**

El mantenimiento es la acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación. El mantenimiento debe ser tanto periódico como permanente, preventivo y correctivo.

El mantenimiento es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada. Es importante notar que, basados en el servicio y su calidad deseada, debemos escoger los equipos que nos aseguren obtener este servicio; el equipo queda en segundo término, pues si no nos proporciona lo que pretendemos, debemos cambiarlo por el adecuado. Por ello, hay que recordar que el equipo es un medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir.

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

### **2.5.1. Mantenimiento correctivo**

Mantenimiento correctivo: acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor al establecimiento.

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Este tipo de mantenimiento se divide en dos ramas, correctivo contingente y correctivo programable.

#### **2.5.1.1. Mantenimiento contingente**

El mantenimiento correctivo contingente se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y tenemos que actuar en forma emergente y, en el mejor de los casos, bajo un plan contingente.

Las labores que en este caso deben realizarse, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicio; es decir, que esta se coloque dentro de los límites esperados por medio de arreglos provisionales, así, el personal de conservación debe efectuar solamente trabajos indispensables, evitando arreglar otros elementos del equipo o hacer otro trabajo adicional, que quite tiempo para volverla a poner en funcionamiento con una adecuada fiabilidad, que permite la atención complementaria cuando el mencionado servicio ya no se requiera o la importancia de este sea menor y, por lo tanto, al ejecutar estos trabajos se reduzcan las pérdidas.



### **2.5.1.2. Mantenimiento programable**

El mantenimiento correctivo programable se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o máquinas que están proporcionando un servicio trivial y éste, aunque necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas. De esta forma, puede compaginarse estos trabajos con los programas de mantenimiento o preservación.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

## **2.5.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

### **2.5.2.1. Fases del mantenimiento preventivo**

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.



### **3. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

#### **3.1 Antecedentes**

Se llevó a cabo la evaluación visual de las instalaciones eléctricas de todo el edificio del antiguo hospital de emergencias del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, procediendo a realizar pruebas con las protecciones de los tableros para determinar la distribución de las cargas de cada uno de los circuitos.

Durante la inspección se logró detectar el mal estado de varios accesorios eléctricos, estos daños en su mayoría fueron provocados por la falta de mantenimiento y el uso constante de dichas instalaciones, las cuales han sufrido un crecimiento vertical de la carga respondiendo a las necesidades que exigen los servicios de dicha institución.

##### **3.1.1 Generalidades**

Se consideró el estado de las instalaciones eléctricas, tomando en cuenta las cargas de cada circuito con sus respectivos componentes eléctricos.

A continuación se describe el estado en que se encontró los dispositivos que conforman la instalación eléctrica del edificio:

### **3.1.1.1. Tableros**

#### **3.1.1.1.1. Condición actual de los tableros**

En la inspección realizada a todos los tableros se observó problemas en la distribución de las cargas y falta de señalización de los circuitos, desorden y falso contacto en la unión mecánica de los conductores, falta de protección física hacia el ambiente (varios tableros no contaban con tapaderas metálicas) como se puede observar en la figura 45, 47 y 48.

**Figura 45. Tablero de distribución 2**



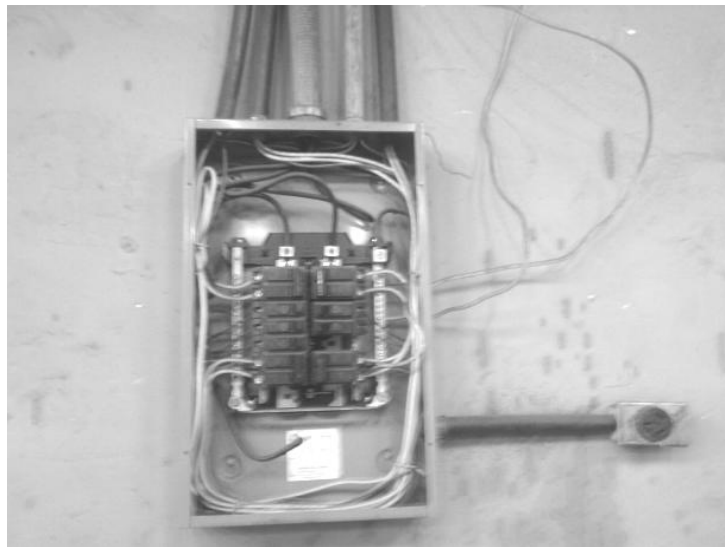
Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

**Figura 46. Tablero de distribución 4**



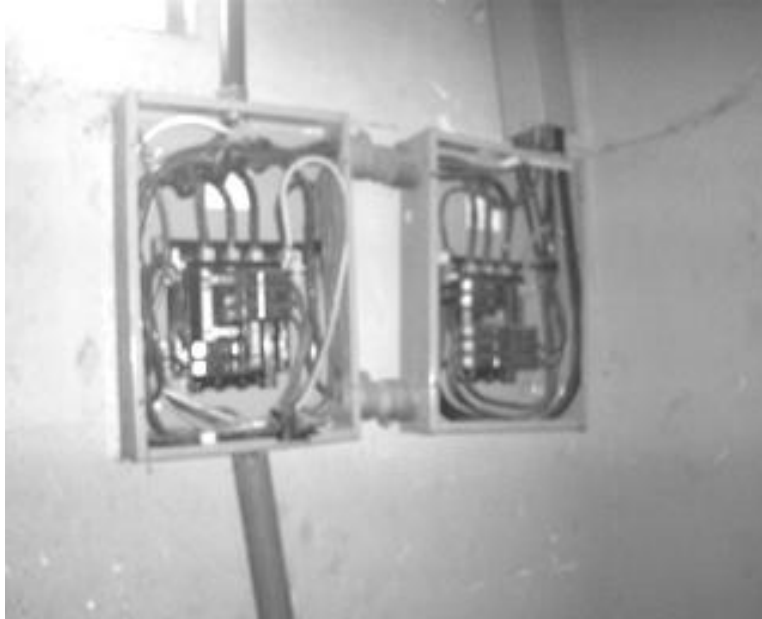
Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

**Figura 47. Tablero de distribución 6**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 48. **Tablero de distribución 8**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

#### **3.1.1.1.2. Características actuales de los tableros**

En la actualidad en el edificio se tienen instalados los siguientes tableros:

##### **Tablero de Distribución 1**

Tipo Centro de Carga

Barras de 225 Amperios, 42 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x100, conductor # 2 THHN

### **Tablero de Distribución 2**

Tipo Centro de Carga

Barras de 200 Amperios, 30 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x175, conductor # 1/0

### **Tablero de Distribución 3**

Tipo Centro de Carga

Barras de 150 Amperios, 24 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x175, conductor # 1/0

### **Tablero de Distribución 4**

Tipo Centro de Carga

Barras de 150 Amperios, 30 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x100, conductor # 2 THHN

### **Tablero de Distribución 5**

Tipo Centro de Carga

Barras de 150 Amperios, 24 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x100, conductor # 2 THHN

### **Tablero de Distribución 6**

Tipo Centro de Carga

Barras de 200 Amperios, 30 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x200, conductor # 2/0



### **Tablero de Distribución 7**

Tipo Centro de Carga

Barras de 200 Amperios, 30 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x70, conductor # 2 THHN

### **Tablero de Distribución 8**

Tipo Centro de Carga

Barras de 150 Amperios, 24 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x200, conductor # 2/0

### **Tablero de Distribución 9**

Tipo Centro de Carga

Barras de 125 Amperios, 24 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x150, conductor # 2 THHN

### **Tablero de Distribución 10**

Tipo Centro de Carga

Barras de 125 Amperios, 24 polos.

Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x175, conductor # 2/0

### **Tablero Principal**

Tipo S4

Barras de 800 Amperios, 42 polos.

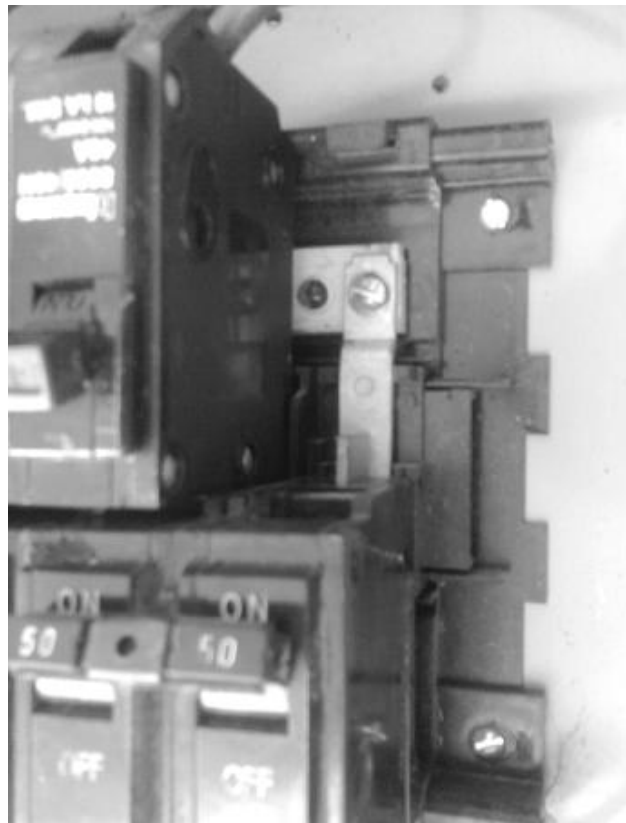
Voltaje 240 voltios, 3 fases, 5 hilos.

Interruptor 3x600, conductor # 3/0

### 3.1.1.1.3. Protecciones instaladas

Se observó mal contacto de algunos interruptores con el tablero, debido a presencia de óxido producto de la falta de mantenimiento y de sus protecciones físicas (tapaderas metálicas). Se encontraron residuos de conductores de circuitos no operativos, los cuales no han sido eliminados físicamente.

Figura 49. Estado de las protecciones



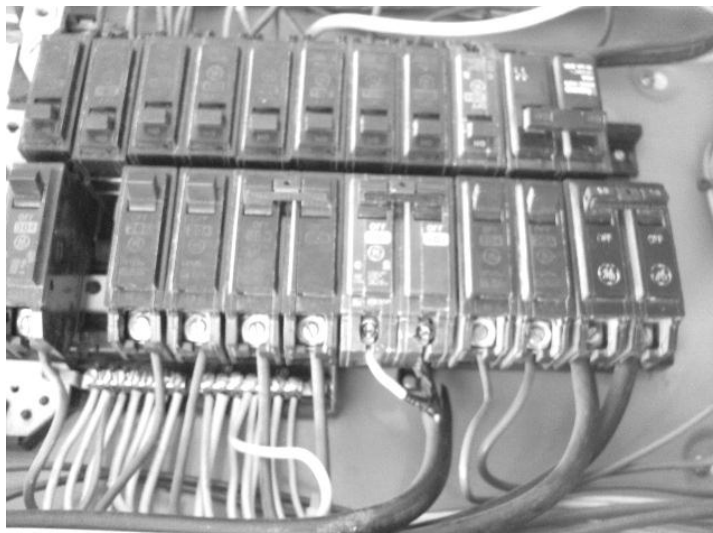
Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 50. **Estado de las conexiones en las protecciones**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 51. **Estado de las protecciones.**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

#### 3.1.1.1.4. Tubería instalada

Se realizó una inspección de las tuberías utilizadas en el edificio, siendo estas de tubo conduit metálico, instaladas en forma sobrepuesta y empotrada.

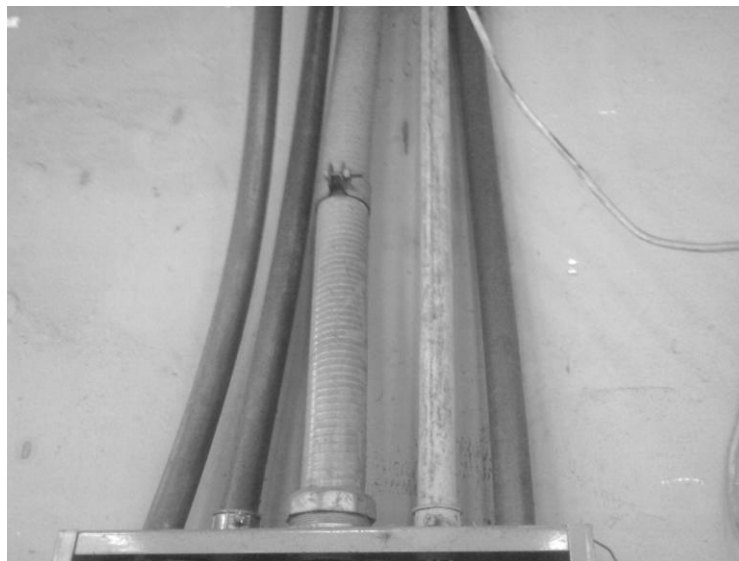
La tubería encontrada en las instalaciones se registra en la siguiente tabla.

Tabla XIX. Descripción del diámetro de tubería en instalaciones.

DESCRIPCIÓN	Ø Tubería
Entrada a Tablero Principal	2 ductos HG de 4"
Entrada principal a los sub tableros	2" 3" 4"
Distribución a Tomacorrientes y luminarias	1/2" 3/4" 1"

Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Tubería instalada.



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

### 3.1.1.1.5. Conductores instalados

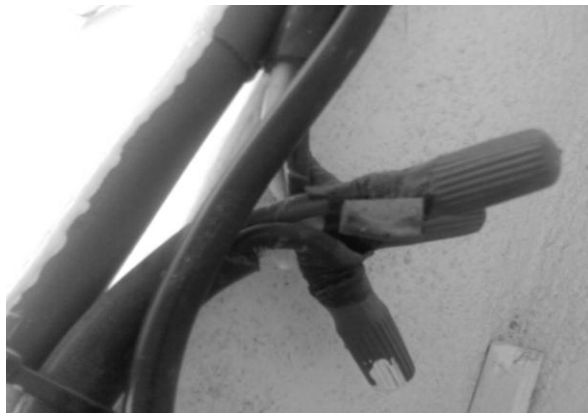
Se encontró conductores de tipo TSJ, cable paralelo, alambre y cable. Se encontró deterioro en los aislantes de los conductores debido a daños provocados por roedores y otro tipo de animales, también por exposición al calor provocado por diferentes factores. Estos daños en los conductores son potencialmente peligrosos ya que pueden provocar corto circuito. El calibre de conductores encontrados en las instalaciones se registra en la siguiente tabla.

Tabla XX. Descripción del tipo de conductor en instalaciones.

DESCRIPCIÓN	Conductor
Acceso a tablero principal	3/0
De tablero principal a los tableros de distribución	2, 1/0, 2/0
Tableros de distribución a circuitos	14 , 12 , 10, 08, 06

Fuente: Elaboración propia.

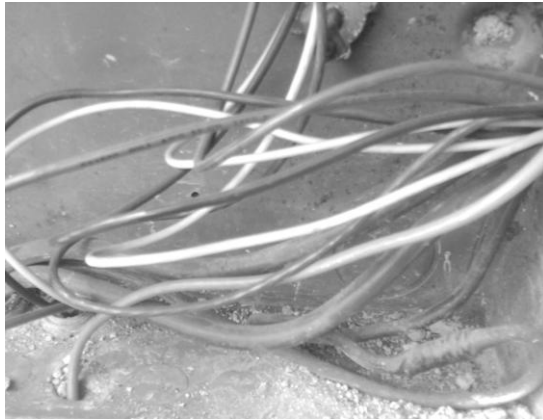
Figura 53. Empalmes de conductores.



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Debido a trabajos de obra civil de reparación y mantenimiento, no se ha tenido el cuidado de mantener el orden y adecuado mantenimiento de los conductores. Se observa en la figura 54 el desorden y la falta de tubería en la pared, quedando el cable dentro de la mezcla de concreto. En la figura 55 se observa el tipo de conductor utilizado en el tablero de distribución 8.

Figura 54. **Estado de los conductores en las instalaciones.**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 55. **Tablero de distribución 8**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

### **3.1.1.1.6. Tipo de cargas instaladas**

#### **3.1.1.1.6.1. Iluminación**

Se encontraron luminarias de tipo incandescente, fluorescente y de alta descarga de sodio. Se observó falta de mantenimiento debido a que se encontró difusores y pantallas con exceso de polvo, falta de remplazo de elementos quemados como lámparas, focos, balastos y arrancadores.

En la figura 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 y 63 observamos las diferentes luminarias encontradas en las instalaciones.

**Figura 56. Lámpara incandescente en cielo.**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 57. **Lámparas incandescente ojo de buey**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 58. **Lámpara incandescente de farol**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones



Figura 59. **Lámpara fluorescente 4x17**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 60. **Lámpara fluorescente 4x32**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 61. **Lámpara de mercurio a alta presión con fotocelda**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 62. **Lámpara incandescente para exterior de pared**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 63. **Lámpara de vapor de sodio a alta presión**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

#### **3.1.1.1.6.1. Fuerza**

Se encontraron circuitos de fuerza de uso general, polarizados (para conexión a tierra), de intemperie y de fuerza especial. Se encontraron varios tomacorrientes quebrados y con presencia de corto circuito los cuales aún continúan siendo usados.

En la figura 64, 65, 66, 67 y 68 observamos los distintos tomacorrientes encontradas en las instalaciones.

Figura 64. **Tomacorriente de uso general**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 65. **Tomacorriente en tubería expuesta**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 66. **Tomacorriente uso especial 220 V**



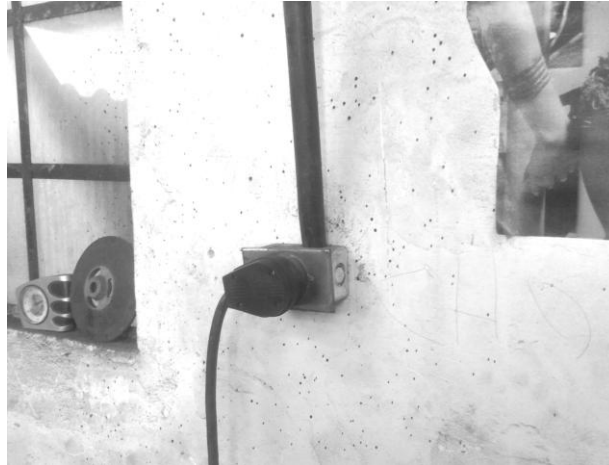
Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 67. **Tomacorriente uso especial 220 V**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

Figura 68. **Tomacorriente uso especial 220 V**



Fuente: Elaboración propia, fotografía de instalaciones

#### **3.1.1.1.7. Distribución de cargas**

Se realizó una inspección de campo a los tableros del edificio haciendo pruebas a todas las protecciones con el objetivo de identificar los lugares a los que alimenta cada circuito y el tipo de carga que sirven.

Las tablas a continuación muestran el resumen de lo encontrado, tipo de carga, demanda media estimada y la fase a la que se encuentra conectada.

Se muestra la información agrupada de acuerdo al tablero en que se encuentra conectada la carga.

Tabla XXI. Carga en tablero de distribución 1

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
1	1x20	# 12			862	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
2	1x20	# 12			600	Iluminación: 6 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
3	1x20	# 12		1048		Iluminación: 8 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
4	1x20	# 12	655			Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
5	1x20	# 12	786			Iluminación: 6 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
6	1x20	# 12		1293		Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
6ª	1x20	# 12			200	Iluminación: 1 lámpara fluorescente de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
7	1x20	# 12	700			Iluminación: 7 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
8	1x20	# 12	917			Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
A	1x20	# 10	720			Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
B	1x20	# 10		576		Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
C	1x30	# 10		936		Fuerza: 13 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
D	1x20	# 10			432	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
E	1x20	# 10		504		Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
F	1x20	# 10			792	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
G	1x20	# 10		288		Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
H	1x20	# 10	648			Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
I	1x20	# 10	576			Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
J	1x30	# 10			544	Fuerza y fuerza especial: 2 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V 2 tomacorrientes dobles uso especial 500VA, 120V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>5002</b>	<b>4645</b>	<b>3430</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 1, Clínicas 8, 9, 10, 11, 12 y baños clínica 12 y 13.
- Circuito 2, pasillo entre clínicas 8, 9, 10, 11, 14, 13.
- Circuito 3, clínica Procedimientos, 15, 14, 13, 3, 4, infectología.
- Circuito 4, clínicas 7,6, 5, 4, 3.
- Circuito 5, sala de espera 1.
- Circuito 6, clínica de Estabilización, 1, 2, pasillo.
- Circuito 6A, caseta 2do. Nivel.
- Circuito 7, sala de Espera 2.
- Circuito 8, pasillo entre clínicas 17, archivos, baños.
- Circuito A, clínicas 9, 10, 11, 12.
- Circuito B, clínicas 5, 6, 7, 8.
- Circuito C, clínicas 3, 4, sala de espera.
- Circuito D, clínicas de estabilización.
- Circuito E, administración, jefatura de consulta externa.
- Circuito F, secretarias TV 1.
- Circuito G, sala de espera 3, TV 2.
- Circuito H, clínica 14, 15, Procedimientos, Clínica 4 de Infectología.
- Circuito I, clínica 13, secretarias, clínica 3 de infectología.
- Circuito J, caseta de 2do. Nivel.

**Tabla XXII. Carga en tablero de distribución 2**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
9	1x20	# 12		908		Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
10	1x20	# 12	461			Iluminación: 3 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V



**Continuación Tabla XXII...**

11	1x20	# 12	900			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
12	1x20	# 12			992	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 2 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
13	1x20	# 12	400			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
14	1x20	# 12	892			Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
15	1x20	# 10		900		Iluminación: 6 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
16	1x20	# 12	1014			Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
17	1x20	# 12			1114	Iluminación: 8 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
18	1x20	# 10		792		Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
18A	1x20	# 12		450		Iluminación: 3 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
I2	1x30	# 10	280			Iluminación y fuerza: 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 1 tomacorriente doble uso general 180VA, 120V
K	1x20	# 10			504	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
L	1x20	# 10		576		Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
M	1x20	# 10		360		Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
N	2x40	# 6	400	400		Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
O	1x20	# 10	360			Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
P	1x20	# 12			576	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Q	1x20	# 10			864	Fuerza: 12 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
R	1x20	# 10		216		Fuerza: 3 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
S	1x30	# 10			576	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
T	1x20	# 12			792	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
U	1x20	# 10			288	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
V	2x40	# 10	100		100	Fuerza especial: 1 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>4807</b>	<b>5716</b>	<b>4692</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 9, caja y prest., Pasillo, clínica 16, 17.
- Circuito 10, área limpieza, sala de espera infectología, clínica 1 y 2.
- Circuito 11, baños, patio, pasillo, fachada, infectología.
- Circuito 12, psicología, patio, entrega limpio.
- Circuito 13, recibo sucio.
- Circuito 14, comedor personal.
- Circuito 15, iluminación exterior archivo.
- Circuito 16, iluminación archivo.
- Circuito 17, iluminación mezanine y/o bodega farmacia.
- Circuito 18, auditorium (2do. nivel)
- Circuito 18A, iluminación exterior auditorium.
- Circuito I2, cuarto de baterías.
- Circuito K, clínicas 1, 2, Sala de espera de infectología.
- Circuito L, clínica 16 y 17.
- Circuito M, recibo sucio.
- Circuito N, recibo sucio.
- Circuito O, entrega limpio.
- Circuito P, psicología.
- Circuito Q, archivos y registros médicos.
- Circuito R, bodega farmacia y/o mezanine.
- Circuito S, caja y prestaciones, S.S. H, S.S. M
- Circuito T, auditorium (2do. Nivel)
- Circuito U, comedor de personal.
- Circuito V, comedor de personal.

Tabla XXIII. Carga en tablero de distribución 3

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
19	1x20	# 12		761		Iluminación: 3 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V
20	1x20	# 12	1069			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
22	1x20	# 12			808	Iluminación: 1 lámpara fluorescente de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes emp. losa 100W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
22A	1x20	# 12	694			Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
23	1x30	# 12	847			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 7 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
W	1x20	# 10	936			Fuerza: 13 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X	1x20	# 10			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X1	1x20	# 10		576		Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X2	1x20	# 10			288	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Y	1x20	# 10		576		Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Z	1x20	# 10		144		Fuerza: 2 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Z1	1x30	# 8	100		100	Fuerza especial: 1 tomacorriente uso especial 500VA, 240V
AA	2x40	# 10			288	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AA1	1x20	# 12 TSJ	72			Fuerza: 1 tomacorriente doble uso general 180VA, 120V
AB	1x20	# 10		792		Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AV	2x20	# 10		1200	1200	Iluminación: 2 lámparas reflectores de 1200W, 240V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>3718</b>	<b>4049</b>	<b>3404</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 19, planta telefónica, informática, prestaciones.
- Circuito 20, banco, iluminación exterior s/pared, prestaciones.
- Circuito 22, iluminación lobby o entrada principal.
- Circuito 22A, jefatura consulta externa, admisión.
- Circuito 23, farmacia.
- Circuito W, vestíbulo ingreso, S.S. H. y M., clínicas 1, 2.
- Circuito X, planta Telefónica, informática, banco.
- Circuito X1, banco Banrural.
- Circuito X2, banco Banrural.
- Circuito Y, farmacia.
- Circuito Z, jefatura de Farmacia.
- Circuito Z1, cuarto frio.
- Circuito AA, prestaciones.
- Circuito AA1, control de informática.
- Circuito AB, admisión.
- Circuito AV, iluminación exterior en parque prestaciones, poste 7.

Tabla XXIV. **Carga en tablero de distribución 4**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
24	1x20	# 12	361			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
24 <sup>a</sup>	1x20	# 12		600		Iluminación: 4 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
25	1x20	# 12	1175			Iluminación: 9 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
25 <sup>a</sup>	1x20	# 12		261		Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
26	1x20	# 12		611		Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 1 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V

27	1x20	# 12	400			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
28	1x20	# 12		600		Iluminación: 2 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
AC	1x20	# 10			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AD	1x20	# 10			504	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AE	1x20	# 10			792	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AF	1x20	# 10			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AG	1x20	# 10	288			Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AH	2x40	# 8	400	400		Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AI	2x40	# 8	400	400		Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>3024</b>	<b>2872</b>	<b>2736</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 24, vestidores damas, hombres, bodega.
- Circuito 24A, S.S. H. y M., pasillo, bodega.
- Circuito 25, multi restaurantes.
- Circuito 25A, multi restaurantes.
- Circuito 26, pérgola frente a multi restaurantes.
- Circuito 27, pasillos multi restaurantes.
- Circuito 28, multi restaurantes exterior.
- Circuito AC, multi restaurantes.
- Circuito AD, multi restaurantes.
- Circuito AE, multi restaurantes.
- Circuito AF, multi restaurantes.
- Circuito AG, televisores en multi restaurantes.
- Circuito AH, multi restaurantes.
- Circuito AI, multi restaurantes.

Tabla XXV. **Carga en tablero de distribución 5**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
42 <sup>a</sup>	1x20	# 12		522		Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
43	1x20	# 12			1114	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
BF	1x20	# 10	432			Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BG	1x20	# 10	360			Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BH	1x30	# 12		648		Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BI	1x20	# 12			1381	Iluminación y fuerza: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BJ	2x15	# 14	870	870		1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AV1	3x20	# 8	6000	6000	6000	Iluminación: 15 lámparas reflectores de 1200W, 240V
<b>Total de carga instalada por fase</b>			<b>7662</b>	<b>8040</b>	<b>8495</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 42A, archivos rayos "X".
- Circuito 43, recursos Humanos.
- Circuito BF, archivos rayos "X".
- Circuito BG, recursos Humanos.
- Circuito BH, recursos Humanos.
- Circuito BI, baños recursos humanos. (fuerza e iluminación)
- Circuito BJ, cisterna.
- Circuito AV1, iluminación exterior, poste 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del parqueo.

**Tabla XXVI. Carga en tablero de distribución 6**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
30	1x20	# 12	653			Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
30 <sup>a</sup>	1x20	# 12		953		Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V
31	1x20	# 12			922	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 1 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V
32	1x20	# 12	711			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 6 lámparas incandescentes ojo de buey 75W, 120V
33	1x20	# 12		378		Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
34	1x20	# 12			481	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 1 lámpara reflector para exterior 150W, 120V
35	1x20	# 12		600		Iluminación: 3 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 3 lámparas incandescentes emp. losa 100W, 120V
AJ	1x20	# 10	504			Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AK	1x20	# 10		720		Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AL	1x20	# 10			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AM	1x20	# 10	504			Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AN	1x20	# 10		288		Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AO	1x20	# 10			576	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AP	1x20	# 10		865		Fuerza: 12 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AQ	2x40	# 8	200		200	Fuerza especial: 2 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>2572</b>	<b>3804</b>	<b>2899</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 30, jefatura de desechos sólidos, baños hombres.
- Circuito 30A, sala de espera, baño mujeres.
- Circuito 31, clínica 1, 2, lobby.
- Circuito 32, sala de espera, clínica 3, salón reuniones, lobby.
- Circuito 33, primer nivel y baño de primer nivel.
- Circuito 34, sótano quimioterapia.
- Circuito 35, pérgola.
- Circuito AJ, sala de espera, clínica 2, 3 (quimioterapia)
- Circuito AK, clínica 1, sala de reuniones (quimioterapia)
- Circuito AL, jefatura, desechos sólidos, área infusión.
- Circuito AM, primer nivel (quimioterapia)
- Circuito AN, sótano (quimioterapia)
- Circuito AO, infusión.
- Circuito AP, infusión.
- Circuito AQ, laboratorio (sótano)

Tabla XXVII. **Carga en tablero de distribución 7**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
38	1x20	# 12		914		Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
39	1x20	# 12		650		Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V 1 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V
40	1x20	# 12			1286	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 8 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
40 <sup>a</sup>	1x20	# 12	1022			Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 5 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
41	1x20	# 12		1556		Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 1 lámpara reflector para exterior 150W, 120V



42	1x20	# 12	592			Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
AW	1x20	# 10	432			Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AX	1x20	# 10	576			Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AY	2x40	# 8		100	100	Fuerza especial: 1 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AZ	1x20	# 10	288			Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BA	1x20	# 10			432	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BB	1x20	# 10			288	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BC	1x20	# 10			648	Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BD	1x20	# 10			360	Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BE	1x20	# 10	216			Fuerza: 3 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>3126</b>	<b>4228</b>	<b>2106</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 38, bodega 2.
- Circuito 39, garita de seguridad.
- Circuito 40A, oficinas administrativas 2do. nivel.
- Circuito 40, oficinas administrativas primer nivel.
- Circuito 41, vestidores 2do. Nivel.
- Circuito 42, servicios varios.
- Circuito AW, bodega 2.
- Circuito AX, garita de seguridad.
- Circuito AY, garita de seguridad (220v.)
- Circuito AZ, servicios Varios.
- Circuito BA, vestidores 2do. Nivel.
- Circuito BB, segundo nivel colindante a vestidores.
- Circuito BC, compras primer nivel.
- Circuito BD, contratos segundo nivel.
- Circuito BE, financiera segundo nivel.

Tabla XXVIII. **Carga en tablero de distribución 8**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
36	1x20	#12	1306			Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
37	1x20	#12		1306		Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
37 <sup>a</sup>	1x20	#12			600	Iluminación: 6 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V
AR	1x20	#12			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AR1	2x15	#12	400		400	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AR2	3x20	#12	487	487	487	Carga especial: 1 torno de banco de 3 HP, 3F, 240V
AR3	3x20	#12	140	140	140	Carga especial: 1 cepillo de banco de 1HP, 3F, 240V
AR4	3x20	#12	150	150	150	Carga especial: 1 Frisadora de banco de 1HP, 3F,
AR5	2x20	#12	107	107		Carga especial: 1 barreno de banco de 0.5 HP, 240V
AR6	2x20	#12		113	113	Carga especial: 1 esmeril de banco de 0.5 HP, 240V
AR7	2x20	#12	53		53	Carga especial: 1 sierra de banco de 0.5 hp, 240V
AR8	1x30	#10	500	500		Carga especial: Calentador para ducha 2500W, 240
AR9	1x30	#10		500	500	Carga especial: Calentador para ducha 2500W, 240
<b>Total de DME por fase</b>			<b>3143</b>	<b>3303</b>	<b>3163</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 36, unidad de mantenimiento.
- Circuito 37, unidad de mantenimiento.
- Circuito 37A, vestidores y baños mantenimiento.
- Circuito AR, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR1, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR2, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR3, unidad de mantenimiento.

- Circuito AR4, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR5, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR6, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR7, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR8, unidad de mantenimiento.
- Circuito AR9, unidad de mantenimiento.

Tabla XXIX. **Carga en tablero de distribución 9**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
AT	2x40	# 6	1200	1200		Ventiladores
AS	2x70	# 6		1600	1600	Auto claves
AS1	2x70	# 6	1600	1600		Auto claves
AT1	2x40	# 6		1200	1200	Ventilador
AU1	1x15	# 14			360	Fuerza 2 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>2800</b>	<b>5600</b>	<b>3160</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito AT, ventiladores.
- Circuito AS, autoclaves
- Circuito AS1, autoclaves
- Circuito AT1, ventiladores
- Circuito AU1, gradas.

Tabla XXX. **Carga en tablero de distribución 10**

CIRCUITO No.	INTERRUPTOR En Amperios	CONDUCTOR THHN	DME EN FASE			DESCRIPCIÓN DE LA CARGA
			A	B	C	
45	1x20	# 12	539			Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
AW	1x20	#12			720	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AW1	2x40	# 8	400	400		Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AW2	2x15	# 14	373	373		Carga Especial 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AW3	2x15	# 14		373	373	Carga Especial 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AW4	2x15	# 14	373		373	Carga Especial 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
<b>Total de DME por fase</b>			<b>1685</b>	<b>1146</b>	<b>1466</b>	

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

Las áreas correspondientes a los circuitos son las siguientes:

- Circuito 45, Área sistema Hidroneumático.
- Circuito AW, Área sistema Hidroneumático.
- Circuito AW1, Área sistema Hidroneumático.
- Circuito AW2, Área sistema Hidroneumático.
- Circuito AW3, Área sistema Hidroneumático.
- Circuito AW4, Área sistema Hidroneumático.

### 3.1.1.2. Intensidad lumínica por ambientes

Los valores medidos de intensidad de iluminación en los ambientes de las instalaciones, son óptimos de acuerdo a mediciones realizadas, estando por debajo o muy cerca del valor necesario aquellos ambientes que cuentan con luminarias defectuosas o que su rendimiento se ve afectado por la falta de mantenimiento de pantallas y/o difusores.

Tabla XXXI. Valores de intensidad lumínica por ambientes

<b>Ambiente</b>	<b>Medido Min – Max</b>	<b>Recomendado</b>
Clínicas 8	269 – 343	300
Clínicas 9	280 – 380	300
Clínicas 10	270 – 340	300
Clínicas 11	266 – 350	300
Clínicas 12	259 – 353	300
Baños clínica 12 y 13	30 – 40	100
Pasillo entre clínicas 8, 9, 10, 11, 14, 13	80 – 144	100
Clínica Procedimientos	279 – 315	300
Clínica 15	280 – 315	300
Clínica 14	270 – 304	300
Clínica 13	272 – 345	300
Clínica 3	292 – 333	300
Clínica 4	276 – 345	300
Infectología	483 – 550	500
Clínicas 7	278 – 350	300
Clínicas 6	280 – 370	300
Clínicas 5	276 – 342	300
Sala de espera 1	45 – 55	50

Clínica de Estabilización 1	263 – 353	300
Clínica de Estabilización 2	280 – 380	300
Pasillo	88 – 134	100
Caseta 2do. Nivel	44 – 55	50
Sala de Espera 2	55 – 98	50
Pasillo entre clínicas 17	60 – 90	100
Archivos	80 – 133	100
Baños	70 – 134	100
Caja y prestaciones	459 – 539	500
Pasillo	93 – 158	100
Clínica 16	270 – 340	300
Clínica 17	288 – 345	300
Área limpieza	89 – 135	100
Sala de espera	48 – 75	50
Clínica 1	270 – 340	300
Clínica 2	275 – 350	300
Baños	59 – 115	100
Psicología	259 – 335	300
Entrega limpio	280 – 348	300
Recibo sucio.	270 – 365	300
Comedor personal.	125 – 200	120
Archivo	89 – 140	100
Mezanine y/o bodega farmacia, embalaje fino	479 – 550	500
Auditórium (2do. nivel)	291 – 357	300
Informática	509 – 580	500
Prestaciones	200 – 250	300
Banco Banrural	282 – 311	300
Iluminación lobby o entrada principal	56 – 90	50
Jefatura consulta externa	261 – 355	300
Admisión	80 – 138	100
Farmacia	267 – 353	300
Vestidores damas	35 – 75	50
Vestidores hombres	68 – 80	50
Bodega, embalaje tosco	70 – 100	100

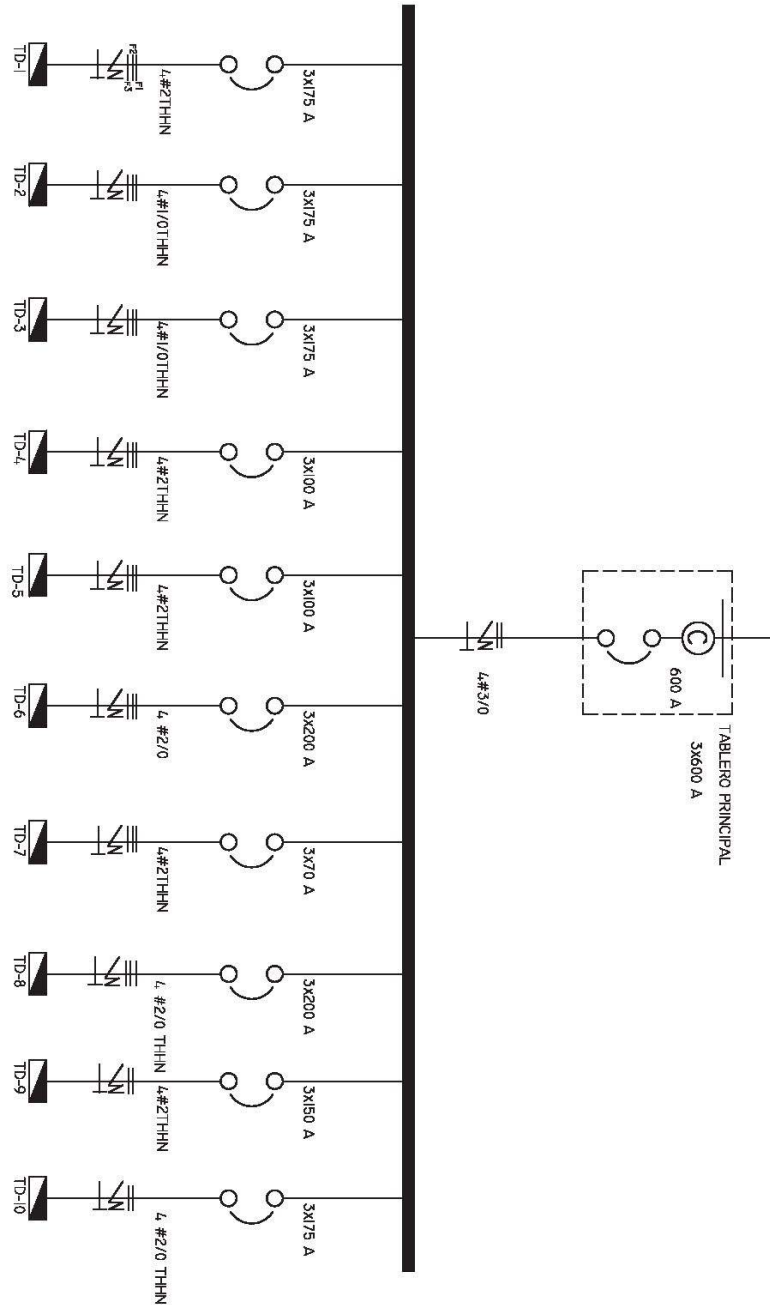
Servicio Sanitario H y M	62 – 98	50
Multi restaurantes.	283 – 415	300
Pasillos multi restaurantes	92 – 160	100
Archivos rayos “X”.	529 – 555	500
Recursos Humanos.	285 – 323	300
Baños recursos humanos	82 – 122	100
Jefatura desechos sólidos	303 – 340	300
Baños hombres.	90 – 113	100
Sala de espera	39 – 75	50
Baño mujeres.	78 – 134	100
Baño de primer nivel.	82 – 140	100
Sótano quimioterapia.	159 – 240	200
Pérgola.	81 – 135	100
Bodega 2, embalaje tosco	188 – 255	200
Garita de seguridad.	259 – 387	300
Oficinas administrativas segundo nivel.	277 – 334	300
Oficinas administrativas primer nivel.	282 – 353	300
Vestidores 2do. nivel.	76 – 123	100
Unidad de mantenimiento, trabajo medio.	959 – 1235	1000
Vestidores	77 – 124	100
Baños mantenimiento.	60 – 90	100
Área sistema Hidroneumático.	70 – 83	100

Fuente: Elaboración propia, inspección de campo

### 3.1.1.3. Diagrama unifilar de las instalaciones

En la figura 69 podemos observar el diagrama unifilar de las instalaciones actuales de los ramales principales, tableros de distribución y el tablero principal.

Figura 69. Diagrama unifilar de las instalaciones actuales



Fuente: Elaboración propia, realizado en programa AutoCAD





## 4. CÁLCULOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### 4.1. Generalidades

Para empezar el cálculo de los circuitos de la instalación eléctrica debemos tomar varias consideraciones que afectan una instalación eléctrica como el tipo de uso, si es una instalación temporal o definitiva, presupuesto que tenemos para la obra, seguridad, viabilidad, etc.

En esta sección procederemos a calcular todos los elementos que conforman una instalación eléctrica que detallamos a continuación, para ellos haremos uso de los fundamentos teóricos de la información contenida en el capítulo 2.

- Distribuir los circuitos eléctricos.
- Cálculo de conductores.
- Cálculo de tubería.
- Cálculo protecciones.
- Selección de tablero.

Ya teniendo la información básica de nuestros circuitos generales, procedemos a realizar nuestros cálculos de diseño para la selección de conductores, tableros y protecciones.

La carga de los circuitos de iluminación, fuerza y los circuitos especiales, no se modifican, ya que su distribución actual se considera óptima, procediendo al cálculo de sus respectivos conductores y protecciones.

#### 4.1.1. Distribución de cargas por circuito

Para comenzar la distribución de cargas en un circuito, se especifica el tipo y se agrupan de acuerdo a su función, para nuestro caso no se podrá reorganizar debido al gran costo que representaría realizar algún cambio de la tubería empotrada y por la predisposición de los ambientes que ya se encuentran definidos por las instalaciones actuales, quedando los circuitos con las cargas ya definidas, quedando únicamente verificar si los conductores utilizados corresponden a las necesidades de dichas cargas, así como las protecciones con que ya se cuentan, tomando en cuenta el balance de carga de acuerdo a las conexiones encontradas.

Tomando en cuenta lo expuesto en relación a las mediciones realizadas y los datos encontrados al caracterizar la carga, la distribución de la carga en cada uno de los circuitos se muestra en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Caracterización de la carga**

<b>CIRCUITO No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA CARGA</b>
1	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
2	Iluminación: 6 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V

3	Iluminación: 8 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
4	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
5	Iluminación: 6 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
6	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
6ª	Iluminación: 1 lámpara fluorescente de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
7	Iluminación: 7 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
8	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
A	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
B	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
C	Fuerza: 13 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
D	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
E	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
F	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
G	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
H	Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
I	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V

J	Fuerza y fuerza especial: 2 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V 2 tomacorrientes dobles uso especial 500VA, 120V
9	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
10	Iluminación: 3 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
11	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
12	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 2 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
13	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
14	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
15	Iluminación: 6 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
16	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
17	Iluminación: 8 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V

18	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
18 <sup>a</sup>	Iluminación: 3 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
I2	Iluminación y fuerza: 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 1 tomacorriente doble uso general 180VA, 120V
K	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
L	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
M	Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
N	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
O	Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
P	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Q	Fuerza: 12 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
R	Fuerza: 3 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
S	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
T	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
U	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
V	Fuerza especial: 1 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V

19	Iluminación: 3 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V
20	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
22	Iluminación: 1 lámpara fluorescente de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 3 lámparas incandescentes emp. losa 100W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
22A	Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
23	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 7 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
W	Fuerza: 13 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X1	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
X2	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Y	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Z	Fuerza: 2 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
Z1	Fuerza especial: 1 tomacorriente uso especial 500VA, 240V

AA	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AA1	Fuerza: 1 tomacorriente doble uso general 180VA, 120V
AB	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AV	Iluminación: 2 lámparas reflectores de 1200W, 240V
24	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
24A	Iluminación: 4 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V
25	Iluminación: 9 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
25A	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
26	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 1 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V
27	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
28	Iluminación: 2 lámparas reflectores para exterior 150W, 120V 2 lámparas reflectores con foto celda 150W, 120V
AC	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AD	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AE	Fuerza: 11 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AF	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V



AG	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AH	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AI	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
42 <sup>a</sup>	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
43	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
BF	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BG	Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BH	Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BI	Iluminación y fuerza: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BJ	1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AV1	Iluminación: 15 lámparas reflectores de 1200W, 240V
30	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
30 <sup>a</sup>	Iluminación: 5 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V
31	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 3 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V 1 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V
32	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 6 lámparas incandescentes ojo de buey 75W, 120V

33	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V
34	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V 1 lámpara reflector para exterior 150W, 120V
35	Iluminación: 3 lámparas incandescentes de farol 100W, 120V 3 lámparas incandescentes emp. losa 100W, 120V
AJ	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AK	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AL	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AM	Fuerza: 7 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AN	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AO	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AP	Fuerza: 12 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AQ	Fuerza especial: 2 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
38	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
39	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 2 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 1 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V 1 lámpara reflector con foto celda 150W, 120V
40	Iluminación: 7 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V 8 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V

40A	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 5 lámparas incandescentes en cielo 100W, 120V
41	Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara incandescente en cielo 100W, 120V 1 lámpara reflector para exterior 150W, 120V
42	Iluminación: 4 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 1 lámpara fluorescente de 4X17W, 120V
AW	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AX	Fuerza: 8 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AY	Fuerza especial: 1 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AZ	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BA	Fuerza: 6 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BB	Fuerza: 4 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BC	Fuerza: 9 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BD	Fuerza: 5 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
BE	Fuerza: 3 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
36	Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
37	Iluminación: 10 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V
37A	Iluminación: 6 lámpara incandescente emp. losa 100W, 120V

AR	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AR1	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AR2	Carga especial: 1 torno de banco de 3 HP, 3F, 240V
AR3	Carga especial: 1 cepillo de banco de 1HP, 3F, 240V
AR4	Carga especial: 1 Frisadora de banco de 1HP, 3F,
AR5	Carga especial: 1 barreno de banco de 0.5 HP, 1f, 3h
AR6	Carga especial: 1 esmeril de banco de 0.5 HP, 1f, 3h
AR7	Carga especial: 1 sierra de banco de 0.5 hp, 1f, 3h
AR8	Carga especial: Calentador para ducha 2500, 240V
AR9	Carga especial: Calentador para ducha 2500, 240V
AU1	Fuerza: 1 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
45	Iluminación: 2 lámparas fluorescentes de 4X32W, 120V 4 lámparas fluorescentes de 4X17W, 120V
AW	Fuerza: 10 tomacorrientes dobles uso general 180VA, 120V
AW1	Fuerza especial: 4 tomacorrientes uso especial 500VA, 240V
AW2	Carga especial: 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AW3	Carga especial: 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V
AW4	Carga especial: 1 Bomba Hidroneumática 2.5 HP, 240V

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones

#### **4.1.2. Cálculo de conductores**

Para la realización del cálculo de conductores, tomamos como punto de partida la carga instalada, quien es la que define la corriente que tendrá que soportar el conductor.

Existen varios criterios para calcular el calibre de conductor a utilizar, siendo el método de ampacidad el que cumple con todas las expectativas técnicas por el tipo de instalación que tenemos, en donde las distancias de carga a tablero son cortas.

El procedimiento del cálculo de todos los circuitos se desarrolla de la misma forma, motivo por el cual solo se desarrollara el cálculo para un circuito. Para el desarrollo de los demás circuitos únicamente cambia los datos de la carga y las condiciones bajo las cuales trabaja, dichas condiciones están contempladas en los fundamentos teóricos del capítulo 2.

## Circuito 1

Iluminación: Lámpara fluorescente

Factor de potencia = 0.98 (definido por el fabricante)

5 luminarias fluorescentes de 4X32W, 120V

$$\rightarrow P = 640 \text{ Watts} \quad \rightarrow S = P / \text{f.p.} = 654 \text{ VA}$$

3 luminarias fluorescentes de 4X17W, 120V

$$\rightarrow P = 204 \text{ Watts} \quad \rightarrow S = P / \text{f.p.} = 209 \text{ VA}$$

$$I_{\text{nom}} = S / (\phi V) = (654 + 209) / (\sqrt{1} * 120) = 7,19 \text{ A}$$

Se calcula la corriente de tabla en función a los siguientes factores:

Temperatura ambiente  $\rightarrow$  factor si es mayor de 40°, factor 1.

Conductores dentro de tubería  $\rightarrow$  1 conductor vivo, factor 1.

Tipo de tubería  $\rightarrow$  tubería metálica, factor 1

Tipo de servicio  $\rightarrow$  continuo, factor 1

I de tabla = I nom / producto de factores

$$I_{\text{tabla}} = 7,19 / (1*1*1*1) = 7,19 \text{ A}$$

Se busca referencia de conductor de acuerdo al resultado obtenido en cálculo anterior en tabla IX de conductores de la sección 2.3.3.2.

El calibre mínimo utilizado en instalaciones eléctricas es el número 14 para iluminación y número 10 para potencia, de manera que si se obtiene por medio de la tabla un conductor con un diámetro menor a estos, se omite y se escoge el valor antes mencionado de acuerdo a la finalidad del circuito.

### **4.1.3. Cálculo de protecciones**

La realización del cálculo de protecciones se realiza de la misma forma para todos los circuitos, para fines prácticos solo se desarrollará el cálculo para la protección de un circuito.

#### **Circuito 1**

$$I_{\text{protección}} = 1.25 * I_{\text{nom}} = 8,99 \text{ A}$$

Se busca referencia de protección en tabla proporcionada por los diferentes fabricantes de acuerdo al resultado obtenido en cálculo anterior, se selecciona la protección que se adapte a nuestros cálculos en función a materiales y equipos existentes en el medio.

Se puede observar en el Anexo A las tablas A-1 y A-2 que corresponden a las características de los interruptores termomagnéticos que se encuentran en el mercado de dos distintas marcas.

Aunque se tenga en el cálculo una corriente pequeña de tabla y a su vez la corriente de protección, la selección del calibre mínimo de conductor utilizado es el número 14 para iluminación y número 10 para potencia, debiendo calcular la protección adecuada de acuerdo a la capacidad de éstos conductores, teniendo para el calibre número 14 una protección de 15 A que será utilizada en el circuito 1 como se observa en la tabla XXXIII.

#### 4.1.4. Distribución de circuitos en tableros

De acuerdo a los valores obtenidos de conductores y sus respectivas protecciones, distribuimos las cargas de los circuitos entre las fases, tratando de que la carga total por fase sea igual, quedando los datos de los cálculos anteriores como se observa en la tabla XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII, XXXVIII, XXXIX, XL, XLI y XLII.

Tabla XXXIII. Distribución de circuitos en tablero 1

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Flipon	No. De Polos	FASES		
				D.M.E		I nom	I Tabla	THHN No.			A	B	C
1	Iluminación	862	1	862	120	7.18	7.18	14	1x15	1			862
2	Iluminación	600	1	600	120	5.00	5.00	14	1x15	1	600		
3	Iluminación	1,048	1	1,048	120	8.73	8.73	14	1x15	1	1,048		
4	Iluminación	655	1	655	120	5.46	5.46	14	1x15	1		655	
5	Iluminación	786	1	786	120	6.55	6.55	14	1x15	1	786		
6	Iluminación	1,293	1	1,293	120	10.78	10.78	14	1x15	1			1,293
6A	Iluminación	200	1	200	120	1.67	1.67	14	1x15	1	200		
7	Iluminación	700	1	700	120	5.83	5.83	14	1x15	1			700
8	Iluminación	917	1	917	120	7.64	7.64	14	1x15	1			917
A	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	1x20	1	720		
B	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	1x15	1		576	
C	Fuerza	2,340	0.4	936	120	19.50	19.50	10	1x25	1		936	
D	Fuerza	1,080	0.4	432	120	9.00	9.00	10	1x15	1	432		
E	Fuerza	1,260	0.4	504	120	10.50	10.50	10	1x15	1		504	
F	Fuerza	1,980	0.4	792	120	16.50	16.50	10	1x20	1		792	
G	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	1x15	1		288	
H	Fuerza	1,620	0.4	648	120	13.50	13.50	10	1x20	1		648	
I	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	1x15	1	576		
J	Fuerza especial	1,360	0.4	544	120	11.33	11.33	10	1x15	1			544
		<b>22,101</b>		<b>13,077</b>		<b>184.18</b>				<b>19</b>	<b>4,362</b>	<b>4,399</b>	<b>4,316</b>

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.



Tabla XXXIV. Distribución de circuitos en tablero 2

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
				D.M.E		I nom	I Tabla	THHN No.				A	B	C
9	Iluminación	908	1	908	120	7.57	7.57	14	9.46	1x15	1	908		
10	Iluminación	461	1	461	120	3.84	3.84	14	4.80	1x15	1	461		
11	Iluminación	900	1	900	120	7.50	7.50	14	9.38	1x15	1			900
12	Iluminación	992	1	992	120	8.27	8.27	14	10.33	1x15	1		992	
13	Iluminación	400	1	400	120	3.33	3.33	14	4.17	1x15	1		400	
14	Iluminación	892	1	892	120	7.43	7.43	14	9.29	1x15	1	892		
15	Iluminación	900	1	900	120	7.50	7.50	14	9.38	1x15	1	900		
16	Iluminación	1,014	1	1,014	120	8.45	8.45	14	10.56	1x15	1	1,014		
17	Iluminación	1,114	1	1,114	120	9.28	9.28	14	11.60	1x15	1			1,114
18	Iluminación	792	1	792	120	6.60	6.60	14	8.25	1x15	1			792
18A	Iluminación	450	1	450	120	3.75	3.75	14	4.69	1x15	1		450	
12	Fuerza	280	1	280	120	2.33	2.33	10	2.92	1x15	1			280
K	Fuerza	1,260	0.4	504	120	10.50	10.50	10	13.13	1x15	1		504	
L	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
M	Fuerza	900	0.4	360	120	7.50	7.50	10	9.38	1x15	1			360
N	Fuerza especial	2,000	0.4	800	240	8.33	8.33	10	10.42	2x15	2	400	400	
O	Fuerza	900	0.4	360	120	7.50	7.50	10	9.38	1x15	1	360		
P	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
Q	Fuerza	2,160	0.4	864	120	18.00	18.00	10	22.50	1x25	1			864
R	Fuerza	540	0.4	216	120	4.50	4.50	10	5.63	1x15	1		216	
S	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
T	Fuerza	1,980	0.4	792	120	16.50	16.50	10	20.63	1x25	1			792
U	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1		288	
V	Fuerza especial	500	0.4	200	240	2.08	2.08	10	2.60	2x15	2	100	100	
		24,383		15,215		192.78					26	5,035	5,078	5,102

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XXXV. Distribución de circuitos en tablero 3

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
				D.M.E		I nom	I Tabla	THHN No.				A	B	C
19	Iluminación	761	1	761	120	6.34	6.34	14	7.93	1x15	1			761
20	Iluminación	1,069	1	1,069	120	8.91	8.91	14	11.14	1x15	1		1,069	
22	Iluminación	808	1	808	120	6.73	6.73	14	8.42	1x15	1			808
22A	Iluminación	694	1	694	120	5.78	5.78	14	7.23	1x15	1	694		
23	Iluminación	847	1	847	120	7.06	7.06	14	8.82	1x15	1	847		
W	Fuerza	2,340	0.4	936	120	19.50	19.50	10	24.38	1x25	1			936
X	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1	720		
X1	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
X2	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1			288
Y	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1			576
Z	Fuerza	360	0.4	144	120	3.00	3.00	10	3.75	1x15	1	144		
Z1	Fuerza especial	500	0.4	200	240	2.08	2.08	10	2.60	2x15	2	100	100	
AA	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1			288
AA1	Fuerza	180	0.4	72	120	1.50	1.50	10 TSJ	1.88	1x15	1			72
AB	Fuerza	1,980	0.4	792	120	16.50	16.50	10	20.63	1x25	1		792	
AV	Iluminación	2,400	1	2,400	240	10.00	10.00	14	12.50	2x15	2	1,200	1,200	
		18,059		11,171		138.41					18	3,705	3,737	3,729

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XXXVI. Distribución de circuitos en tablero 4

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
						D.M.E	I nom					I Tabla	THHN No.	A
24	Iluminación	361	1	361	120	3.01	3.01	14	3.76	1x15	1	361		
24A	Iluminación	600	1	600	120	5.00	5.00	14	6.25	1x15	1		600	
25	Iluminación	1,175	1	1,175	120	9.79	9.79	14	12.24	1x15	1			1,175
25A	Iluminación	261	1	261	120	2.18	2.18	14	2.72	1x15	1		261	
26	Iluminación	611	1	611	120	5.09	5.09	14	6.36	1x15	1	611		
27	Iluminación	400	1	400	120	3.33	3.33	14	4.17	1x15	1			400
28	Iluminación	600	1	600	120	5.00	5.00	14	6.25	1x15	1		600	
AC	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1		720	
AD	Fuerza	1,260	0.4	504	120	10.50	10.50	10	13.13	1x15	1			504
AE	Fuerza	1,980	0.4	792	120	16.50	16.50	10	20.63	1x25	1	792		
AF	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1		720	
AG	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1	288		
AH	Fuerza especial	2,000	0.4	800	240	8.33	8.33	10	10.42	2x15	2	400		400
AI	Fuerza	2,000	0.4	800	240	8.33	8.33	10	10.42	2x15	2	400		400
		15,568		8,632		113.07					16	2,852	2,901	2,879

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XXXVII. Distribución de circuitos en tablero 5

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
						D.M.E	I nom					I Tabla	THHN No.	A
42A	Iluminación	522	1	522	120	4.35	4.35	14	5.44	1x15	1	522		
43	Iluminación	1,114	1	1,114	120	9.28	9.28	14	11.60	1x15	1		1,114	
BF	Fuerza	1,080	0.4	432	120	9.00	9.00	10	11.25	1x15	1			432
BG	Fuerza	900	0.4	360	120	7.50	7.50	10	9.38	1x15	1			360
BH	Fuerza	1,620	0.4	648	120	13.50	13.50	10	16.88	1x20	1	648		
BI	Iluminación	1,381	1	1,381	120	11.51	11.51	14	14.39	1x20	1			1,381
BJ	Fuerza	3,480	0.5	1,740	240	14.50	14.50	10	18.13	2x15	2	870	870	
AV1	Iluminación	18,000	1	18,000	240	75.00	75.00	2	93.75	3x100	3	6,000	6,000	6,000
		28,097		24,197		144.64					11	8,040	7,984	8,173

Circuito	Descripción	HP	Ef	f.p.	S = VA	FD
BJ	Bomba hidroneumatica	2.50	0.67	0.80	3480	0.50

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XXXVIII. Distribución de circuitos en tablero 6

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
						D.M.E	I nom					I Tabla	THHN No.	A
30	Iluminación	653	1	653	120	5.44	5.44	14	6.80	1x15	1	653		
30A	Iluminación	953	1	953	120	7.94	7.94	14	9.93	1x15	1		953	
31	Iluminación	922	1	922	120	7.68	7.68	14	9.60	1x15	1			922
32	Iluminación	711	1	711	120	5.93	5.93	14	7.41	1x15	1			711
33	Iluminación	378	1	378	120	3.15	3.15	14	3.94	1x15	1		378	
34	Iluminación	481	1	481	120	4.01	4.01	14	5.01	1x15	1		481	
35	Iluminación	600	1	600	120	5.00	5.00	14	6.25	1x15	1			600
AJ	Fuerza	1,260	0.4	504	120	10.50	10.50	10	13.13	1x15	1	504		
AK	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1	720		
AL	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1	720		
AM	Fuerza	1,260	0.4	504	120	10.50	10.50	10	13.13	1x15	1		504	
AN	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1	288		
AO	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
AP	Fuerza	2,160	0.4	865	120	18.00	18.00	10	22.50	1x25	1			865
AQ	Fuerza	1,000	0.4	400	240	4.17	4.17	10	5.21	2x15	2	200	200	
		16,138		9,275		130.32					16	3,085	3,092	3,098

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XXXIX. Distribución de circuitos en tablero 7

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda máxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
				D.M.E		I nom	I Tabla	THHN No.				A	B	C
38	Iluminación	914	1	914	120	7.62	7.62	14	9.52	1x15	1	914		
39	Iluminación	650	1	650	120	5.42	5.42	14	6.77	1x15	1			650
40	Iluminación	1,286	1	1,286	120	10.72	10.72	14	13.40	1x15	1			1,286
40A	Iluminación	1,022	1	1,022	120	8.52	8.52	14	10.65	1x15	1	1,022		
41	Iluminación	1,556	1	1,556	120	12.97	12.97	14	16.21	1x20	1		1,556	
42	Iluminación	592	1	592	120	4.93	4.93	14	6.17	1x15	1		592	
AW	Fuerza	1,080	0.4	432	120	9.00	9.00	10	11.25	1x15	1	432		
AX	Fuerza	1,440	0.4	576	120	12.00	12.00	10	15.00	1x15	1		576	
AY	Fuerza	500	0.4	200	240	2.08	2.08	10	2.60	2x15	2	100		100
AZ	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1	288		
BA	Fuerza	1,080	0.4	432	120	9.00	9.00	10	11.25	1x15	1		432	
BB	Fuerza	720	0.4	288	120	6.00	6.00	10	7.50	1x15	1			288
BC	Fuerza	1,620	0.4	648	120	13.50	13.50	10	16.88	1x20	1			648
BD	Fuerza	900	0.4	360	120	7.50	7.50	10	9.38	1x15	1	360		
BE	Fuerza	540	0.4	216	120	4.50	4.50	10	5.63	1x15	1			216
		14,620		9,460		119.75					16	3,116	3,156	3,188

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XL. Distribución de circuitos en tablero 8

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
						I nom	I Tabla					THHN No.	A	B
36	Iluminación	1,306	1	1,306	120	10.88	10.88	14	13.60	1x15	1	1,306		
37	Iluminación	1,306	1	1,306	120	10.88	10.88	14	13.60	1x15	1			1,306
37A	Iluminación	600	1	600	120	5.00	5.00	14	6.25	1x15	1		600	
AR	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1		720	
AR1	Fuerza	2,000	0.4	800	240	8.33	8.33	10	10.42	2x15	2	400		400
AR2	Fuerza	3,650	0.4	1,460	240	8.78	8.78	10	10.98	3x15	3	487	487	487
AR3	Fuerza	1,045	0.4	418	240	2.51	2.51	10	3.14	3x15	3	140	140	140
AR4	Fuerza	1,124	0.4	450	240	2.70	2.70	10	3.38	3x15	3	150	150	150
AR5	Fuerza	538	0.4	215	240	2.24	2.24	10	2.80	2x15	2		107	107
AR6	Fuerza	562	0.4	225	240	2.34	2.34	10	2.93	2x15	2	113		113
AR7	Fuerza	266	0.4	106	240	1.11	1.11	10	1.39	2x15	2	53	53	
AR8	Fuerza	2,500	0.4	1,000	240	10.42	10.42	10	13.02	2x15	2	500	500	
AR9	Fuerza	2,500	0.4	1,000	240	10.42	10.42	10	13.02	2x15	2		500	500
		19,197		9,606		90.62			113.28		25	3,149	3,257	3,203

Circuito	Descripción	HP	Ef	f.p	S = VA	FD	
AR2	Torno	3F	3.00	0.73	0.84	3650	0.40
AR3	Cepillo	3F	1.00	0.83	0.86	1045	0.40
AR4	Frisadora	3F	1.00	0.80	0.83	1124	0.40
AR5	Barreno		0.50	0.77	0.90	538	0.40
AR6	Esmeril		0.50	0.80	0.83	562	0.40
AR7	Sierra		0.50	0.83	0.86	266	0.40

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLI. Distribución de circuitos en tablero 9

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
						I nom	I Tabla					THHN No.	A	B
AT	Fuerza	4,000	0.6	2,400	240	16.67	16.67	10	20.83	2x25	2	1,200		1,200
AS	Fuerza	8,000	0.4	3,200	240	33.33	33.33	8	41.67	2x50	2	1,600	1,600	
AS1	Fuerza	8,000	0.4	3,200	240	33.33	33.33	8	41.67	2x50	2		1,600	1,600
AT1	Fuerza	4,000	0.6	2,400	240	16.67	16.67	10	20.83	2x25	2	1,200		1,200
AU1	Fuerza	360	1	360	120	3.00	3.00	10	3.75	1x15	1		360	
		24,360		11,560		103.00			128.75		9	4,000	3,560	4,000

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLII. **Distribución de circuitos en tablero 10**

Circuito	Descripción	Carga Instalada VA	F. D.	Demanda maxima estimada	Vn	Corrientes		Calibre Conductor	Inominal del flipon	Flipon	No. De Polos	FASES		
				D.M.E		I nom	I Tabla	THHN No.				A	B	C
45	Iluminación	539	1	539	120	4.49	4.49	14	5.61	1x15	1		539	
AW	Fuerza	1,800	0.4	720	120	15.00	15.00	10	18.75	1x20	1			720
AW1	Fuerza	2,000	0.4	800	240	8.33	8.33	10	10.42	2x15	2	400	400	
AW2	Fuerza	1,866	0.4	746	240	7.78	7.78	10	9.72	2x15	2	373	373	
AW3	Fuerza	1,866	0.4	746	240	7.78	7.78	10	9.72	2x15	2	373		373
AW4	Fuerza	1,866	0.4	746	240	7.78	7.78	10	9.72	2x15	2	373		373
		9,937		4,298		51.15					10	1,519	1,312	1,466

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

#### 4.1.5. Cálculo de tableros y sus protecciones

La realización del cálculo del tablero y su protecciones, se realiza de la misma forma para todos los circuitos, para fines prácticos solo se desarrollará el cálculo para la protección del tablero 1.

#### Tablero 1

En la tabla XXXIII obtenemos el valor total de la DME del tablero.

$$DME = 13,077 \text{ VA}$$

$$I \text{ diseño} = ( DME * 1,25 ) / (\sqrt{3} * 240) = 39,32 \text{ A}$$

$$\text{Capacidad de barras} = 2 * I \text{ diseño} = 78,64 \text{ A}$$

$$\text{Número de polos} = \# \text{ espacios} * \text{factor crecimiento} = 19 * 1,5 = 29 \text{ polos}$$

$$I \text{ flipon} = I_{nom} * 1.25 = 31.50 * 1.25 = 39.75 \text{ A}$$

En base a los resultados, se selecciona tablero, conductor y protección de acuerdo a existencia en el mercado, pueden existir algunas variantes en materiales de acuerdo al fabricante, para nuestros cálculos podemos observar las especificaciones propuestas para cada tablero en las tablas XLIII, XLIV, XLV, XLVI, XLVII, XLVIII, XLIX, L, LI y LII.

Tabla XLIII. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 1**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
13 077	240	39,37	78,74

Cálculo de número de polos

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
19	1,5	29	30

Conductores alimentadores y protección de tablero

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
13 077	240	31,50	39,37	39,37	3x40	6

Tablero

Capacidad de barras	200 A
No. de polos	30
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	6
No. de fases	3
Interruptor	3x40 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.



Tabla XLIV. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 2**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
15 215	240	45,81	91,61

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
26	1,5	39	42

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
15 215	240	36,64	45,81	45,81	3x50	6

**Tablero**

<b>Capacidad de barras</b>	<b>200 A</b>
<b>No. de polos</b>	<b>42</b>
<b>Tensión nominal</b>	<b>240 V</b>
<b>Calibre conductor #</b>	<b>6</b>
<b>No. de fases</b>	<b>3</b>
<b>Interruptor</b>	<b>3x50 A</b>

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLV. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 3**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
11 171	240	33,63	67,26

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
18	1,5	27	30

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
11 171	240	26,91	33,63	33,63	3x40	8

**Tablero**

Capacidad de barras	200 A
No. de polos	30
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	8
No. de fases	3
Interruptor	3x40 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLVI. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 4**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
8 632	240	25,99	51,97

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
16	1,5	24	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
8 632	240	20,79	25,99	25,99	3x30	10

**Tablero**

Capacidad de barras	150 A
No. de polos	24
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	10
No. de fases	3
Interruptor	3x30 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLVII. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 5**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras calculada
24 197	240	72,85	145,69

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
11	1,5	17	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
24 197	240	58,28	72,85	72,85	3x80	2

**Tablero**

Capacidad de barras	150 A
No. de polos	24
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	2
No. de fases	3
Interruptor	3x80 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLVIII. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 6**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de Barras
9 275	240	27,92	55,85

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
16	1,5	24	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
9 275	240	22,34	27,92	27,92	3x30	10

**Tablero**

Capacidad de barras	150 A
No. de polos	24
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	10
No. de fases	3
Interruptor	3x30 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla XLIX. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 7**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de Barras
9 460	240	39,42	78,83

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
16	1,5	24	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
9 460	240	22,78	28,48	28,48	3x30	10

**Tablero**

Capacidad de barras	150 A
No. de polos	24
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	10
No. de fases	3
Interruptor	3x30 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla L. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 8**

<b>D.M.E</b>	<b>Volt.</b>	<b>I diseño</b>	<b>Capacidad de Barras</b>
9 609	240	28,93	57,86

**Cálculo de número de polos**

<b>No. de espacios</b>	<b>Factor (instalación futura)</b>	<b>No. de espacios por factor</b>	<b>Especificación de polos a utilizar</b>
13	1,5	20	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

<b>D.M.E</b>	<b>Vn</b>	<b>I nominal acometida</b>	<b>Inominal cable</b>	<b>I nominal flipón principal</b>	<b>FLIPÓN</b>	<b>Calibre conductor THHN No.</b>
9 609	240	23,14	28,93	28,93	3x30	10

**Tablero**

<b>Capacidad de barras</b>	<b>150 A</b>
<b>No. de polos</b>	<b>24</b>
<b>Tensión nominal</b>	<b>240 V</b>
<b>Calibre conductor #</b>	<b>10</b>
<b>No. de fases</b>	<b>3</b>
<b>Interruptor</b>	<b>3x30 A</b>

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla LI. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 9**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de Barras
11 560	240	34,80	69,61

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
9	1,5	14	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
11 560	240	27,84	34,80	34,80	3x40	8

**Tablero**

Capacidad de barras	150 A
No. de polos	24
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor #	8
No. de fases	3
Interruptor	3x40 A

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.



Tabla LII. **Protección y especificaciones de tablero de distribución 10**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
4 298	240	12,94	25,88

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
10	1,5	15	24

**Conductores alimentadores y protección de tablero**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	Inominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
4 298	240	10,35	12,94	12,94	3x15	12

**Tablero**

<b>Capacidad de barras</b>	<b>150 A</b>
<b>No. de polos</b>	<b>24</b>
<b>Tensión nominal</b>	<b>240 V</b>
<b>Calibre conductor #</b>	<b>12</b>
<b>No. de fases</b>	<b>3</b>
<b>Interruptor</b>	<b>3x15 A</b>

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

#### 4.1.6. Distribución de tableros y cálculo de tablero principal

El cálculo del tablero principal se realiza de la misma forma que el cálculo de los tableros principales, teniendo en cada ramal los datos de los tableros calculados anteriormente.

Tabla LIII. Distribución centros de carga para cálculo de tablero principal

DISTRIBUCIÓN DE CENTROS DE CARGA PARA EL CALCULO TABLERO PRINCIPAL											
Tablero	Demanda máxima estimada	Vn	Inominal	Calibre Conductor	Flipón	Capacidad de Barras por fase	No. de Polos	FASES			
	D.M.E							A	B	C	
1	13077	240	28,8	6	3X40	200	3	4 362	4 399	4 316	
2	15215	240	36,64	6	3X50	200	3	5 035	5 078	5 102	
3	11171	240	26,91	8	3X40	200	3	3 705	3 737	3 729	
4	8632	240	20,79	10	3X30	150	3	2 852	2 901	2 879	
5	24197	240	56,78	4	3X80	150	3	8 040	7 984	8 173	
6	9275	240	22,34	10	3X30	150	3	3 085	3 092	3 098	
7	9460	240	22,78	10	3X30	150	3	3 116	3 156	3 188	
8	9609	240	20,88	10	3X30	150	3	3 149	3 257	3 203	
9	11560	240	27,84	8	3X40	150	3	4 000	3 560	4 000	
10	4298	240	10,35	10	3X15	150	3	1 519	1 312	1 466	
116494		274,11						30	38 863	38 476	39 154

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla LIV. **Protección y especificaciones de tablero principal**

D.M.E	Volt.	I diseño	Capacidad de barras
116 494	240	350,72	701,43

**Cálculo de número de polos**

No. de espacios	Factor (instalación futura)	No. de espacios por factor	Especificación de polos a utilizar
30	1,5	45	54

**Conductores Alimentadores y protección de tablero principal**

D.M.E	Vn	I nominal acometida	I nominal cable	I nominal flipón principal	FLIPÓN	Calibre conductor THHN No.
116 494	240	280,57	350,72	350,72	3x350 JXD2	600 cmil

**Tablero**

Capacidad de barras	400 A
No. de polos	54
Tensión nominal	240 V
Calibre conductor	600 cmil
No. de fases	3

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

Tabla LV. **Especificaciones de diseño de la Subestación**

<b>Diseño Subestación</b>					
D.M.E. TOTAL	Factor de instalación futura	Capacidad de subestación = D.E.M x Finst. Futura	Capacidad de subestación	=	Subestación transformadores de distribución
116 494	1,2	139 792,80	150 KVA	=	3x50 KVA

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

#### **4.1.7. Medición de la resistividad del terreno**

Como primer paso para calcular nuestro sistema de tierras tenemos que medir la resistividad del terreno para tener un buen parámetro para el cálculo. La resistividad puede variar ampliamente en terrenos que tengan las mismas características, su valor cambia con las estaciones. La resistencia es también influenciada por la temperatura, la cual debe ser aproximadamente de:

- 10  $\Omega$  para sistemas de potencia
- 5  $\Omega$  para sistemas de bajo voltaje

Según normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala utilizadas en territorio nacional, el valor de resistencia máximo será de 25 ohmios.

Tabla LVI. Resistividad del suelo según ANSI/IEEE Std. 142-1982

Tipo de suelo	Resistividad ( $\Omega$ -m)			Resistencia de una varilla de 5/8" (166mm) x 10 pies (3m) ( $\Omega$ )		
	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx
Relleno de: Ceniza, carbón, residuos de agua salmuera, agua salada	23.70	5.90	70.00	8.00	2.00	23.00
Arcilla pizarra, barro, tierra negra	40.60	3.40	163.00	13	1.1	54
- mezclado con grava y arena	158.00	10.20	1350.00	52	4	447
Grava, arena o piedras con arcilla o tierra negra	940.00	590.00	4580.00	311.00	195.00	1516.00

Fuente: Bratu Serban, Neagu; Campero Littlewood, Eduardo. Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño. p. 191

Para calcular la resistencia a tierra por el método de varillas y teniendo ya definida la resistividad del suelo en que se trabajará, se procede al cálculo. Para el terreno se propone tomar el dato de 940  $\Omega$ -m, debido al tipo de terreno existente.

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad 4.1$$

Dónde:

- R = Resistencia a tierra en ohm.
- $\rho$  = Resistividad específica del suelo en ohm-m.
- L = Longitud de la varilla en metros.
- a = Diámetro de la varilla en m.

$$R = \frac{940}{2 \cdot \pi \cdot 3} \left( \ln \frac{4 \cdot 3}{0,01588} - 1 \right) = 8,86 \Omega \quad 4.2$$

Este nivel de resistencia se mantiene aún durante el invierno, pues ya que las instalaciones del antiguo hospital de emergencias del instituto Guatemalteco de Seguridad Social se encuentra ubicado a 124 msnm, considerándose esta dentro del rango esperado y normado para su uso. Debiéndose cavar un pozo de 6 X 6 m<sup>2</sup> de área superficial por 1 m de profundidad, donde en las esquinas del pozo se instalaran varillas o picas de 5/8 de pulgadas por 10 pies de largo, de calibre 2/0 AWG de cobre desnudo por su capacidad de corriente, que es de 189 amperios según tabla.

Las varillas o picas deberán estar bajo lo superficie del terreno por lo menos 0,30 m, para evitar posibles voltajes de contactos y de paso, tanto con personas como con objetos, debido a la ubicación de las mismas.



## 5. COMPARACIONES TEÓRICA Y PRÁCTICA

### 5.1. Comparación de calibre de conductor y protección por circuito

Después de realizado el cálculo de todos los circuitos, se puede observar que se tiene instalado un conductor de diámetro mucho mayor al necesario. Por tal motivo se puede indicar que los circuitos no necesitan cambio de conductor, ni protección.

Tabla LVII. **Comparación teórica practica de conductores y protecciones por circuito**

Circuito	Descripción	Cálculo Practico		Cálculo Teórico	
		THHN No.	Flipon	THHN No.	Flipon
1	Iluminación	12	1x20	14	1x15
2	Iluminación	12	1x20	14	1x15
3	Iluminación	12	1x20	14	1x15
4	Iluminación	12	1x20	14	1x15
5	Iluminación	12	1x20	14	1x15
6	Iluminación	12	1x20	14	1x15
6 <sup>a</sup>	Iluminación	12	1x20	14	1x15
7	Iluminación	12	1x20	14	1x15
8	Iluminación	12	1x20	14	1x15
A	Fuerza	10	1x20	10	1x20
B	Fuerza	10	1x20	10	1x15
C	Fuerza	10	1x30	10	1x25
D	Fuerza	10	1x20	10	1x15
E	Fuerza	10	1x20	10	1x15
F	Fuerza	10	1x20	10	1x20
G	Fuerza	10	1x20	10	1x15
H	Fuerza	10	1x20	10	1x20
I	Fuerza	10	1x20	10	1x15
J	Fuerza especial	10	1x30	10	1x15







AZ	Fuerza	10	1x20	10	1x15
BA	Fuerza	10	1x20	10	1x15
BB	Fuerza	10	1x20	10	1x15
BC	Fuerza	10	1x20	10	1x20
BD	Fuerza	10	1x20	10	1x15
BE	Fuerza	10	1x20	10	1x15
36	Iluminación	12	1x20	14	1x15
37	Iluminación	12	1x20	14	1x15
37A	Iluminación	12	1x20	14	1x15
AR	Fuerza	12	1x20	10	1x20
AR1	Fuerza	12	2x15	10	2x15
AR2	Fuerza	12	3x20	10	3x
AR3	Fuerza	12	3x20	10	3x
AR4	Fuerza	12	3x20	10	3x
AR5	Fuerza	12	2x20	10	2x
AR6	Fuerza	12	2x20	10	2x
AR7	Fuerza	12	2x20	10	2x
AR8	Fuerza	10	2x30	10	2x
AR9	Fuerza	10	2x30	10	2x
AT	Fuerza	6	2x40	10	2x25
AS	Fuerza	6	2x70	8	2x50
AS1	Fuerza	6	2x70	8	2x50
AT1	Fuerza	6	2x40	10	2x25
AU1	Fuerza	14	1x15	10	1x15
45	Iluminación	12	1x20	14	1x15
AW	Fuerza	12	1x20	10	1x20
AW1	Fuerza	8	2x40	10	2x15
AW2	Fuerza	14	2x15	10	2x15
AW3	Fuerza	14	2x15	10	2x15
AW4	Fuerza	14	2x15	10	2x15

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

## 5.2. Comparación teórica - práctica de tableros

La distribución actual de la carga de los tableros, en su mayoría no tiende a ser uniforme, esto provoca que exista desbalance en las fases, no cumpliendo con el máximo del 5% de desbalance permisible.

Tabla LVIII. Resumen de tableros levantamiento práctico

LEVANTAMIENTO PRÁCTICO											
Tablero	Demanda máxima estimada	Vn	Inominal	Calibre Conductor	Flipon	Capacidad de barras por fase	No. de polos del tablero	FASES			balance de cargas
	D.M.E							A	B	C	
1	13 077	220	31,496	# 2	3*100	225	42	5 002	4 645	3 430	9,30%
2	15 215	240	36,645	# 1/0	3*75	200	30	4 807	5 716	4 692	6,73%
3	11 171	240	26,905	# 1/0	3*75	150	24	3 718	4 049	3 404	5,77%
4	8 632	240	20,79	# 2	3*100	150	30	3 024	2 872	2 736	3,33%
5	24 197	240	58 278	# 2	3*100	150	24	7 662	8 040	8 495	3,44%
6	9 275	240	22,339	# 2/0	*3200	200	30	2 572	3 804	2 899	13,28%
7	9 460	240	22,784	# 2	3*70	200	30	3 126	4 228	2 106	22,43%
8	9 609	240	23,143	# 2	3*200	150	24	3 143	3 303	3 163	1,66%
9	11 560	240	27,842	# 2	3*150	125	24	2 800	5 600	3 160	24,22%
10	4 297	240	10,349	# 2/0	3*175	125	24	1 685	1 146	1 466	12,54%

116 493

37 539 43 403 35 551

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

De acuerdo a nuestros cálculos podemos observar que se puede mejorar notablemente el balance de cargas con una redistribución de los circuitos en lo que respecta a su conexión a fase.

Tabla LIX. **Resumen de tableros levantamiento teórico**

<b>LEVANTAMIENTO TEÓRICO</b>											
Tablero	Demanda máxima estimada	Vn	Inominal	Calibre Conductor	Flipon	Capacidad de barras por fase	No. de polos del tablero	FASES			balance de cargas
	D.M.E							A	B	C	
1	13 077	240	28,8	6	3X40	200	19	4 362	4 399	4 316	0,69%
2	15 215	240	36,64	6	3X50	200	42	5 035	5 078	5 102	0,44%
3	11 171	240	26,91	8	3X40	200	30	3 705	3 737	3 729	0,28%
4	8 632	240	20,79	10	3X30	150	24	2 852	2 901	2 879	0,56%
5	24 197	240	56,78	4	3X80	300	30	8 040	7 984	8 173	0,80%
6	9 275	240	22,34	10	3X30	150	24	3 085	3 092	3 098	0,14%
7	9 460	240	22,78	10	3X30	150	24	3 116	3 156	3 188	0,76%
8	9 609	240	20,88	10	3X30	150	24	3 149	3 257	3 203	0,62%
9	11 560	240	27,84	8	3X40	150	24	4 000	3 560	4 000	3,80%
10	4 297	240	10,35	10	3X15	150	24	1 519	1 312	1 466	4,82%

116 493

38 863 38 476 39 154

Fuente: Elaboración propia, cálculo de las instalaciones.

## CONCLUSIONES

1. Las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas del antiguo hospital de emergencias del IGSS, cumplen con las condiciones mínimas para soportar la carga instalada.
2. Debido al uso excesivo de los dispositivos eléctricos, varios de estos han sufrido deterioro, por lo que se estima que su tiempo vida útil ha llegado a su fin.
3. Se carece de un plan de mantenimiento y operación de los circuitos eléctricos.
4. Se tiene mala distribución de los circuitos y su respectiva carga, provocando un desbalance considerable, lo cual repercute en los costos de operación de las instalaciones.



## RECOMENDACIONES

1. Elaborar y llevar a cabo un plan de mantenimiento correctivo, estableciendo prioridad a los circuitos y dispositivos dañados lo antes posible para evitar posibles accidentes.
2. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para evitar el deterioro y colapso de los circuitos que aún se encuentran en óptimo estado, de manera de prolongar su vida útil y evitar posibles accidentes.
3. Realizar cambio de cargas eléctricas en la distribución de tableros, para tener mayor eficiencia de los circuitos involucrados, mejorando el balance de cargas y disminuir los costos de operación de las instalaciones.





## BIBLIOGRAFÍA

1. BECERRIL L., Diego Onésimo. *Instalaciones eléctricas prácticas*. México: Escuela Superior de Ingeniería; Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional, 2002. 238 p.
2. BRATU SERBAN, Neagu; CAMPERO LITTLEWOOD, Eduardo. *Instalaciones eléctricas: conceptos básicos y diseño*. 2a. ed. México: Alfaomega, 1994. 150 p.
3. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. México: Limusa, 2000. 227 p.
4. \_\_\_\_\_ . *Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. México: Limusa, 2005. 468 p.
5. KOENIGSBERGER, Rodolfo. *Instalaciones eléctricas*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1982. 156 p.
6. LÓPEZ HERNÁNDEZ, Gonzalo. *Manual para instalaciones eléctricas*. 3a. ed. México: Limusa, 2004. 187 p.
7. RE, Vitorio. *Instalación de puesta a tierra*. España: Marcombo, 1999. 96 p.



## ANEXOS

### A. Interruptores termomagnéticos General Electric

#### THQP 120/240 Vac

# of Poles	Ampere Rating	Wire Range <sup>1</sup>	120/240 Vac Interrupting Rating	Product Number
1	15	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP115
1	20	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP120
1	25	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP125
1	30	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP130
1	35	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP135
1	40	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP140
1	45	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP145
1	50	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP150

#### THQP 120/240 Vac, Internal Common Trip

# of Poles	Ampere Rating	Wire Range <sup>1</sup>	120/240 Vac Interrupting Rating	Product Number
2	15	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP215
2	20	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP220
2	25	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQP225
2	30	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP230
2	35	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP235
2	40	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP240
2	45	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP245
2	50	8-4 Cu/8-4 Al	10kA	THQP250

<sup>1</sup>Solid or stranded for 14-10 AWG.

<sup>2</sup>UL listed as SWD (Switching Duty) rated. Suitable for switching 120 Vac fluorescent lighting loads.

<sup>3</sup>Recommended for use as main or submain breaker only.

<sup>4</sup>Not UL listed.

UL listed as HACR (heating, air conditioning and refrigeration).

#### TQL and THQL 240 Vac, Internal Common Trip

# of Poles	Ampere Rating	Wire Range <sup>1</sup>	240 Vac Interrupting Rating	Product Number
3	10		5kA	TQL32010
3	15	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQL32015
3	20	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQL32020
3	25	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQL32025
3	30	14-8 Cu/12-8 Al	10kA	THQL32030
3	35	8-3 Cu/8-3 Al	10kA	THQL32035
3	40	8-3 Cu/8-3 Al	10kA	THQL32040
3	45	8-3 Cu/8-3 Al	10kA	THQL32045
3	50	8-3 Cu/8-3 Al	10kA	THQL32050
3	60	8-3 Cu/8-3 Al	10kA	THQL32060
3	70	6-1/0 Cu/4-1/0 Al	10kA	THQL32070
3	80	6-1/0 Cu/4-1/0 Al	10kA	THQL32080
3	90	6-1/0 Cu/4-1/0 Al	10kA	THQL32090
3	100	6-1/0 Cu/4-1/0 Al	10kA	THQL32100

15-100 ampere UL Listed as HACR (heating, air conditioning and refrigeration).

Fuente: <http://www.proelca.com/node/43>. 12/08/2009

## B. Interruptores termomagnéticos General Electric

Tabla de selección											
Marco	Corriente nominal A	Rango de disparo instantáneo		Interruptor tipo completo	No. Catálogo anterior	No. Catálogo actual	Peso Aprox. Kg				
		mínimo	máximo								
ED2 3 polos 240 V.c.a.	15 20 30 40 50 60 70 100			ED23B015 ED23B020 ED23B030 ED23B040 ED23B050 ED23B060 ED23B070 ED23B100	3000 4481 3000 4482 3000 4483 3000 4484 3000 4485 3000 4486 3000 4487 3000 4488	A7B10000002704 A7B10000002705 A7B10000002706 A7B10000002707 A7B10000002708 A7B10000002709 A7B10000002710 A7B10000002711	1,72				
QJ2 3 polos 240 V.c.a.	70 100 100 150 200 225			QJ23B070 QJ23B100 QJ23B100 QJ23B150 QJ23B200 QJ23B225	4000 1346 4000 1347 4002 2057 4000 1348 4001 5363 4000 1350	A7B10000001517 A7B10000001520 A7B10000001523 A7B10000001523 A7B10000001525 A7B10000001526	2,0				
CQD 3 polos 220/440 V.c.a.	15 20 30 40 50 70 100			CQD315 CQD320 CQD330 CQD340 CQD350 CQD370 CQD3100	4000 1429 4000 1430 4000 1431 4000 1432 4000 1433 4000 1434 4000 1435	A7B10000001146 A7B10000001147 A7B10000001148 A7B10000001149 A7B10000001150 A7B10000001151 A7B10000001145	1,0				
ED4, 3 polos 240/480V.c.a.	15 20 30 40 50 70 100 125			ED43B015 ED43B020 ED43B030 ED43B040 ED43B050 ED43B070 ED43B100 ED43B125	3001 0892 3001 0893 3001 0894 3001 0895 3001 0896 3001 0897 3001 0898 3001 0899	A7B10000002712 A7B10000002713 A7B10000002714 A7B10000002715 A7B10000002716 A7B10000002717 A7B10000002718 A7B10000002719					
ED6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	15 20 30 40 50 70 100 125			ED63B015 ED63B020 ED63B030 ED63B040 ED63B050 ED63B070 ED63B100 ED63B125	3000 4489 3000 4490 3000 4491 3000 4492 3000 4493 3000 4494 3000 4495 3000 4496	A7B10000002720 A7B10000002721 A7B10000002722 A7B10000002723 A7B10000002724 A7B10000002725 A7B10000002726 A7B10000002727	1,72				
FXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	150 175 200 225 250	800 900 900 1 100 1 100	1 500 2 000 2 000 2 500 2 500	FXD63B150 FXD63B175 FXD63B200 FXD63B225 FXD63B250	4000 1336 4000 1594 4000 1595 4000 1596 4000 1597	A7B10000001245 A7B10000001246 A7B10000001247 A7B10000001249 A7B10000001251	4,55				
JXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	300 400	1 250 2 000	2 500 4 000	JXD63B300 JXD63B400	4000 1598 4000 1599	A7B10000001404 A7B10000001405	8,85				
LXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	500 600	3 000 3 000	6 000 6 000	LXD63B500 LXD63B600	4000 1600 4000 1601	A7B10000001421 A7B10000001422	8,85				
LMXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	700 800	4 000 4 000	8 000 8 000	LMXD63B700 LMXD63B800	4000 1351 4000 1352	A7B10000001417 A7B10000001418	27,90				
NXD6 3 polos 600 V.c.a. 600 V.c.c.	1 000 1 200	5 000 5 000	10 000 * 10 000 *	ND63B100 ND63B120	4000 1339 4000 1340	A7B10000001472 A7B10000001473	27,90				
Datos Técnicos											
Marco tamaño / tipo		ED2	QJ2	CQ2	ED4	ED6	FXD6	JXD6	LXD6	LMXD6	ND6
Max. corriente nominal (In <sub>max</sub> ) a 40°C	60 Hz	100	225	100		125	250	400	600	800	1200
Capacidad interruptiva UL	240V	10 000 A	10 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A	65 000 A
Amperes Simétricos RMS	480V			14 000 A	14 000 A	25 000 A	35 000 A	35 000 A	35 000 A	50 000 A	50 000 A
	600V					18 000 A	18 000 A	25 000 A	25 000 A	25 000 A	25 000 A

NOTA: La operación automática de todos los interruptores arriba indicadas, se realiza por medio de los dispositivos térmicos y magnéticos, localizados en cada polo y poseen características de disparo con retardo de tiempo inverso y disparo instantáneo para la protección de circuitos. Los interruptores han sido calibrados para llevar al 100% de su corriente nominal y a una temperatura ambiente de 40°C. El disparo magnético instantáneo, se ajusta en forma fácil y accesible, desde el frente del interruptor para los marcos con corriente nominal de 250 A y mayores.

\* Sin ensamblar