

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

**Actualizado con el Reglamento
Técnico de Instalaciones Eléctricas –
RETIE 2013 y algunos cambios que
establecerá el proyecto de RETIE 2017.**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Carlos Mario Díez Henao*

**Actualizado con el Reglamento
Técnico de Instalaciones Eléctricas –
RETIE 2013 y algunos cambios que
establecerá el proyecto de RETIE 2017.**

* Ingeniero electricista de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín del año 1976. Realizó estudios de Ingeniería Administrativa en la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín en el año de 1981.

Especialista en Energía y Transferencia de Tecnología IRI- Italia del año 1987.

Magíster en Gestión Educativa -Consejo Iberoamericano en Honor a la Calidad Educativa Año 2004.

Asesor en RETIE y RETILAP para inspecciones de instalaciones en el CIDET.

Docente de la Universidad Nacional y el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria.

Especialista en instalaciones eléctricas e iluminación vial. Ha participado durante 36 años en proyectos hidroeléctricos, industriales, viales y de edificaciones.

PRÓLOGO

CIDET, en su labor constante de buscar el mejoramiento continuo del sector y de promover las mejores prácticas como herramienta de productividad y competitividad, apoya la publicación de este libro escrito por el ingeniero Carlos Mario Díez Henao, como una guía para la ejecución de las labores profesionales de los técnicos, tecnólogos e ingenieros del sector eléctrico.

Esta tercera edición, contribuye a la formación, especialización y aplicación adecuada de la rigurosidad normativa en las Instalaciones eléctricas.

En los diez capítulos que nos presenta el texto, se desarrollan en forma suficiente todos los aspectos requeridos para el diseño y construcción de los distintos tipos de instalaciones eléctricas, teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana - NTC 2050 del Código Eléctrico Colombiano, la nueva actualización del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público- RETILAP y las normas de referencia a nivel internacional, así como también se hace especial énfasis en los principales elementos, métodos de cálculo y materiales empleados en las instalaciones eléctricas.

En los últimos años el diseño y la construcción de las instalaciones eléctricas han experimentado una gran transformación. Este libro contiene información vigente y actualizada, incorpora los últimos cambios y es material de referencia para este quehacer. Incluye material referente al diseño por computador y anotaciones relacionadas con procesos de contratación que puedan requerirse con base en criterios y disposiciones generales de la legislación colombiana.

El material presentado, la redacción y recopilación de la información incluida, y la gestión y cuidado de los asuntos de propiedad intelectual, son de la exclusiva responsabilidad del actor.

Desde CIDET, celebramos la iniciativa del ingeniero Díez Henao de buscar en nuestra Corporación un aliado ideal para difundir esta recopilación de sus experiencias académicas y profesionales. Esperamos que este ejercicio sea de utilidad y de transferencia de conocimientos hacia el sector eléctrico.

Carlos Ariel Naranjo

Valencia

Director Ejecutivo de CIDET

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	47
1.1 IMPORTANCIA DE UN BUEN DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	47
1.2 COMENTARIO SOBRE EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, TENIENDO EN CUENTA EL CONCEPTO DE AHORRO DE ENERGÍA	48
1.3 IMPORTANCIA DE LAS NORMAS EN UN BUEN DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	48
1.4 SITUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL PAÍS, FORMACIÓN DEL INGENIERO EN ESTE ASPECTO	48
CAPÍTULO II. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	51
2.1 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	51
2.1.1 Generalidades	51
2.1.2 Tuberías y tubos	52
2.1.3 Molduras o canalizaciones superficiales	57
2.1.4 Canaletas	58
2.1.5 Bandejas portacables	59
2.1.6 Ductos de barras	62
2.1.7 Cárcamos	63
2.1.8 Condulines de concreto	64
2.2 CAJAS Y CONDULETES	64
2.2.1 Generalidades	64
2.2.2 Tipos de cajas	65
2.2.3 Conduletes	71
2.3 CONDUCTORES	73
2.3.1 Materiales para la fabricación de los conductores	73

2.3.2	Calibre de los conductores	74
2.3.3	Uso de los conductores	90
2.3.4	Aislamiento de los conductores	91
2.3.5	Tipos de conductores y sus aplicaciones	92
2.3.6	Formación de los conductores eléctricos flexibles	103
2.3.7	Recubrimiento de los cables de media y alta tensión	107
2.3.8	Capacidad de corriente de los conductores	109
2.4	TOMACORRIENTES	113
2.4.1	Generalidades	113
2.4.2	Consideraciones para la selección de tomacorrientes	114
2.4.3	Normas y recomendaciones generales para la instalación de tomacorrientes	115
2.5	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	115
2.5.1	Generalidades	115
2.5.2	Protección contra sobrecorriente	116
2.5.3	Fusibles	116
2.5.4	Interruptores automáticos o breakers	119
2.5.5	Interruptores de seguridad	122
2.5.6	Confiabilidad de fusibles e interruptores automáticos	122
2.5.7	Relés	123
2.5.8	Contactores	127
2.6	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN, DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS Y CONTROL DE ALUMBRADO	130
2.6.1	Generalidades	130
2.6.2	Tableros de distribución y celdas de media tensión	134
2.6.3	Tableros de interruptores automáticos para alumbrado y fuerza	136
2.6.4	Tableros para control	138
2.7	INTERRUPTORES MANUALES	138
2.7.1	Generalidades	138
2.7.2	Criterios de Selección	139

2.7.2.1	Según el lugar de instalación	139
2.7.2.2	Tipo de trabajo al que será sometido	139
2.7.2.3	Valores nominales de funcionamiento	139
2.7.3	Normas generales para la instalación de interruptores manuales	140
2.7.4	Principales clases de interruptores manuales	140
2.7.5	Interruptores de resorte	140
2.7.5.1	Interruptores de cuchilla	140
2.7.5.2	Interruptor monopolar	141
2.7.5.3	Interruptores bipolares y tripolares	141
2.7.5.4	Interruptores de tres vías o conmutables	141
2.7.5.5	Algunos interruptores especiales	141
2.8	CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	142
2.8.1	Generalidades	142
2.8.2	Contadores de energía para corriente alterna	142
2.8.3	Definición de error de un contador de energía eléctrica	143
2.8.4	Pruebas	144
2.8.5	Placa de características	144
2.8.6	Normas para su localización	145
2.8.7	Recomendaciones para la instalación de varios contadores	145
2.8.8	Contadores especiales de energía eléctrica	146
2.8.9	Normas para la instalación de equipos de medida	147
2.8.10	Esquemas de conexión para contadores	147
2.8.11	Utilización de transformadores de medida con contadores	148
2.9	LÁMPARAS Y LUMINARIAS	149
2.9.1	Lámparas Incandescentes	149
2.9.1.1	Constitución y aplicación	149
2.9.1.2	Estructura y componentes	152
2.9.1.3	Influencia de la tensión de funcionamiento sobre el flujo luminoso, rendimiento luminoso y duración	153
2.9.1.4	Márgenes de tensión nominal	154
2.9.1.5	Tipos de lámparas incandescentes	154
2.9.2	Lámparas fluorescentes	156

TABLA DE CONTENIDO

2921	Generalidades	156
2922	Aplicación	157
2923	Constitución	157
2924	Funcionamiento	157
2925	Equipo auxiliar de los tubos fluorescentes	158
2926	Color de luz de los tubos fluorescentes	164
2927	Influencia de la temperatura ambiente sobre el flujo luminoso de los tubos fluorescentes	165
2928	Influencia de la tensión de alimentación	165
2.9.3	Lámparas de descarga	165
2931	Generalidades	165
2932	Principio de funcionamiento	166
2933	Lámparas de vapor de mercurio	166
2934	Lámparas de vapor de sodio	170
2935	Lámparas de luz mixta	172
2936	Lámparas Metal Halide	173
2937	Reactancias para lámparas de alta intensidad de descarga	174
2938	Efecto estroboscópico y de interferencias radioeléctricas	175
2.9.4	Luminarias	175
2941	Generalidades	175
2942	Luminarias comerciales	176
2943	Luminarias industriales	177
2944	Luminarias para alumbrado de vías	179
2.10	TRANSFORMADORES	180
2.10.1	Generalidades	180
2.10.2	Elementos de transformadores	180
2.10.3	Clasificación de los transformadores	184
2.10.4	Transformadores especiales	186
2.10.5	Transformadores para medición	186
2.10.6	Reglamentación para transformadores	188
2.11	SISTEMAS DE EMERGENCIA Y DE "STAND BY" O RESERVA	189
2.11.1	Generalidades	189

2.11.2 Máquinas generadores	190
2.11.3 Baterías	191
2.11.4 Generación local	191
2.11.5 Doble alimentador	192
2.11.6 Sistemas de Potencia Ininterrumpida (UPS)	192
2.12 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	195
2.12.1 Terminal de captación	195
2.12.1.1 Punta Pararrayos ó terminal aéreo	195
2.12.1.2 Pararrayos radiactivo	196
2.12.1.3 Pararrayos electrónico (de impulsos de alta tensión)	197
2.12.2 Bajante	197
2.12.3 Toma de Tierra	197
2.12.4 Sistema de disipación de rayos y sobretensiones	197
2.12.5 DPS de baja tensión	199
2.13 ELEMENTOS DE MALLAS DE PUESTA A TIERRA	200
2.14 CAPACITORES	203
2.15 PRODUCTOS PARA INSTALACIONES CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS Y AMBIENTES ESPECIALES	205
2.16 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	205
BIBLIOGRAFÍA	207
CAPÍTULO III. MÉTODOS DE CABLEADO	209
3.1 PLANEAMIENTO Y PLANOS	209
3.2 SIMBOLOGÍA - CONVENCIONES ELÉCTRICAS	210
3.3 EL PRINCIPIO DE ALAMBRADO Y LOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN	215
3.3.1 Representación de plano eléctrico	215
3.3.2 Representación de sistemas eléctricos	216
3.3.3 Representación diagrama de conexiones	219
3331 Esquema de circuitos	219
3332 Esquema de conexiones	220

TABLA DE CONTENIDO

3333	Esquema de representación en el plano	220
3.4	CASOS TÍPICOS PARA SISTEMAS DE CABLEADO	223
3.4.1	Tomacorrientes	223
3411	Alimentación bifilar a tomacorrientes	223
3412	Alimentación trifilar a tomacorrientes	223
3.4.2	Lámparas incandescentes	225
3421	Lámpara incandescente controlada por un interruptor	225
3422	Lámpara incandescente controlada por un interruptor monopolar y con salida para tomacorriente	226
3423	Lámparas incandescentes accionadas por un interruptor monopolar	227
3424	Dos lámparas accionadas independientemente desde un interruptor de dos vías	228
3425	Lámpara accionada por un interruptor monopolar con lámpara piloto	229
3426	Control de una o más lámparas desde dos puntos diferentes	230
3427	Control de una o más lámparas desde tres puntos diferentes	231
3428	Control de una o más lámparas desde cuatro puntos diferentes	231
3.4.3	Lámparas fluorescentes	232
3.4.4	Instalación de elementos de uso frecuente	235
3441	Timbre accionado desde un solo punto	235
3442	Mando de un timbre desde dos o más puntos diferentes	236
3443	Instalación de alarmas	236
3444	Cerradura eléctrica o cantonera	237
3.5	OTROS CABLEADOS TÍPICOS	238
3.5.1	Circuitos de motores y controladores	238
3.5.2	Puesta a Tierra de una Lámpara "Rapid Start"	239
3.5.3	Lámpara y portalámpara conectada con cordón	239
3.5.4	Cableado en bandeja portacables	239
BIBLIOGRAFÍA		242

CAPÍTULO IV. INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES	243
4.1 CRITERIOS DE DISEÑO	243
4.1.1 Necesidades básicas	244
4.1.2 Estudio de planos arquitectónicos	244
4.121 Acabados	244
4.122 Techos, pisos y paredes	244
4.123 Áreas a iluminar	245
4.124 Localización de elementos	245
4.1.3 Elementos principales de las instalaciones eléctricas residenciales	245
4.131 Acometida	245
4.132 Contador	246
4.133 Tablero de distribución	246
4.134 Protección del contador	246
4.135 Redes Interiores	247
4.1.4 Generalidades de la alimentación	247
4.141 Cocina	247
4.142 Comedor	248
4.143 Salón	248
4.144 Alcobas	248
4.145 Baños	248
4.146 Escalas	248
4.147 Pasillos y exteriores	249
4.148 Sótanos y garajes	249
4.149 Cuarto de lavado y planchado	249
4.2. OTROS REQUISITOS	250
4.2.1 Acometidas	250
4.211 Calibre	250
4.212 Canalización	250
4.213 Longitud y protección	250
4.2.2 Aparatos de medida y control	250
4.221 Aceptación y localización de contadores	251
4.2.3 Tableros de distribución y protección	252

TABLA DE CONTENIDO

4.2.4	Conexión a tierra	253
4.2.5	Circuitos de alumbrado, tomas y aire acondicionado	253
4.2.6	Conductores	254
4.3	ARTÍCULOS APLICABLES DE LA NORMA NTC 2050	254
4.4	ELABORACIÓN DE UN PROYECTO	256
4.4.1	Demanda residencial	256
4.4.2	Determinación del factor de demanda residencial	257
4421	Cálculo de la acometida	257
4422	Selección del contador	257
4423	Cálculo del conductor para los circuitos ramales	257
4.4.3	Protecciones y seguridad	259
4431	Protección contra cortocircuitos	259
4432	Protección contra sobrecargas	259
4433	Protección contra la energización involuntaria de partes metálicas	259
4.4.4	Memorias de cálculo	260
4.4.5	Cotización de la obra	260
4.4.6	Elaboración de los planos	260
4461	Vista de planta de la residencia	260
4462	Cuadro de cargas	261
4463	Localización general del proyecto	263
4464	Diagrama unifilar	263
4465	Convenciones y notas	263
4466	Detalles	263
4467	Presentación del plano	263
4.4.7	Ejemplo	264
4471	Cálculo de la carga demandada realizado según la Norma NTC 2050	264
4472	Cálculos realizados según el diseño eléctrico teniendo en cuenta las Necesidades del arquitecto proyectista y aplicando la Norma NTC 2050	266
4.5	PRUEBAS	272
4.5.1	Prueba de la toma de tierra	272

4.5.2 Pruebas de continuidad	274
4.5.3 Prueba de aislamiento	275
4.6 COMENTARIO FINAL	275
BIBLIOGRAFÍA	275
CAPÍTULO V. REGULACIÓN DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA	277
5.1 CONSIDERACIONES GENERALES	277
5.2 CONCEPTO DE REGULACIÓN DE TENSIÓN	279
5.3 EFECTOS OCASIONADOS EN DIFERENTES EQUIPOS DEBIDO A LA CAÍDA DE TENSIÓN	280
5.3.1 Efectos generales	280
5.3.2 Efectos en lámparas incandescentes	280
5.3.3 Efectos en lámparas fluorescentes	281
5.3.4 Efectos en lámparas de alta intensidad de descarga	281
5.3.5 Efectos en motores de inducción	282
5.3.6 Efectos en motores sincrónicos	283
5.3.7 Efectos en procesos de calentamiento con infrarrojo	283
5.3.8 Efectos en equipos de calentamiento con resistencias	283
5.3.9 Efectos en aparatos equipados con tubos electrónicos	283
5.3.10 Efectos en capacitores	284
5.3.11 Efectos en aparatos que operan con solenoides	284
5.3.12 Efectos en equipos electrónicos (o de estado sólido)	284
5.3.13 Síntesis sobre estos efectos	285
5.4. LÍMITE PARA LA CAÍDA DE TENSIÓN	285
5.5 MÉTODOS PARA MEJORAR LA REGULACIÓN DE TENSIÓN	286
5.5.1 Equilibrando la carga sobre los alimentadores primarios	286
5.5.2 Aumentando el calibre de los conductores	286
5.5.3 Cambiando la alimentación de monofásica a polifásica	287
5.6 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN	287
5.6.1 Circuitos monofásicos bifilares y trifilares con carga monofásica	287
5.6.2 Circuitos trifásicos con cargas monofásicas balanceadas	288

TABLA DE CONTENIDO

5.6.3	Circuitos trifásicos	288
5.7	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ECONÓMICO	288
5.8	EJEMPLOS BÁSICOS	297
5.8.1	Circuito monofásico a dos hilos	297
5.8.2	Circuito monofásico a tres hilos	297
5.8.3	Circuitos trifásicos	298
5.8.4	Cálculo de acometidas	298
5.9	CONCLUSIONES	304
	BIBLIOGRAFÍA	305
CAPÍTULO VI. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS		307
6.1	IMPORTANCIA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	307
6.2	ASPECTOS GENERALES	308
6.2.1	Descripción y tipos de edificios	308
6.2.2	Sistemas eléctricos requeridos en los edificios	309
6.2.3	Aspectos básicos del diseño eléctrico	310
6.2.4	Selección de materiales para instalaciones eléctricas	310
6.3	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	311
6.3.1	Tipos de sistemas de distribución	312
6.3.2	Sistemas de alimentación	314
6321	Alimentación Vertical	314
6322	Alimentación horizontal	314
6.3.3	Sistemas de emergencia, de reserva legalmente requeridos y de reserva opcionales	315
6.3.4	Elementos	316
6341	Línea de acometida	318
6342	Celda de media tensión	318
6343	Línea distribuidora	318
6344	Contador de energía y centralizaciones	318
6345	Acometida individual	319
6346	Tableros	319
6.3.5	Niveles de tensión	319

6351	Niveles de tensión y su utilización	319
6352	Selección del nivel de tensión	320
6.3.6	Sistemas de distribución eléctrica para edificios situados dentro del área de la parrilla de Medellín	320
6.4	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA EDIFICIOS	322
6.4.1	Acometida	323
6.4.2	Selección del equipo de transformación	323
6.4.3	Elementos de protección y maniobra en media y baja tensión	324
6.4.4	Equipos de medición	325
6.4.5	Centralización de medidores	325
6.4.7	Dispositivo de protección contra sobretensión (DPS)	327
6.4.8	Disposición física	327
6.5	EDIFICIOS RESIDENCIALES	329
6.5.1	Planeamiento y metodología	329
6.5.2	Evaluación de cargas	330
6.5.2.1	Primer método	330
6.5.2.2	Segundo método	330
6.5.3	Sistemas de distribución	338
6.5.4	Diseño de las instalaciones eléctricas de alumbrado y tomacorrientes	339
6.5.4.1	Apartamentos y viviendas	339
6.5.4.2	Zonas comunes	340
6.6	EDIFICIOS DE OFICINAS COMERCIALES	341
6.6.1	Planeación	341
6.6.1.1	Servicios de energía	342
6.6.1.2	Consideraciones de la carga	342
6.6.1.3	Sistemas especiales	342
6.6.1.4	Energía “Stand by” y de emergencia	343
6.6.2	Evaluación de cargas	343
6.6.3	Sistema de distribución	348
6.6.4	Diseño de las instalaciones eléctricas interiores	350
6.7	OTROS EDIFICIOS	357
6.7.1	Auditorios	357

TABLA DE CONTENIDO

6.7.2	Bancos	357
6.7.3	Grandes almacenes	358
6.7.4	Hospitales	358
6.7.5	Terminales de transporte	359
6.8	INSTALACIONES Y EQUIPOS ESPECIALES EN LOS EDIFICIOS	359
6.8.1	Sistemas de bombeo	359
6.8.2	Ascensores	362
6.8.3	Piscinas	368
6.8.4	Sistema de aire acondicionado	369
	6841 Tipos de sistemas de aire acondicionado	372
	6842 Tipos de equipos	375
6.8.5	Sistema de puesta a tierra	376
	6851. Puesta a tierra de sistemas de bajo voltaje (600V y menores)	376
	6852 Puesta a tierra de sistemas mayores de 600V	377
	6853. Elementos de un sistema de puesta a tierra de un edificio	377
	6854. Elementos que se conectan al sistema de puesta a tierra	382
	6855. Procedimiento para el cálculo del conductor de la malla de un edificio	383
	6.8.5.6 Puesta a tierra de computadores	386
6.8.6	Sistema de protección contra las descargas atmosféricas	388
	6861 Métodos de protección	389
	6862 Modelo electro geométrico	389
	6863 Ejemplo de aplicación del método electro geométrico:	391
	6864 Conducción de la descarga a tierra	392
	6865 Disipación de la corriente	394
6.8.7	Sistemas de comunicación	394
	6871 Instalaciones telefónicas	394
	6872 Instalaciones para la recepción de sonido e imagen	398
	6873 Circuito cerrado de televisión	398
	6874 Instalaciones de Citofonía	399
6.9	EDIFICIOS INTELIGENTES	399
6.9.1	Definición	400

6.9.2	En el presente	403
6921	Elementos de la estructura	404
6922	Elementos de los sistemas	404
6923	Elementos de los servicios	405
6924	Elementos de administración	407
6.9.3	Equipos Representativos para el manejo del edificio inteligente	407
6931	Sistemas para el manejo del edificio	412
6932	Comunicación y señales:	414
6.9.4	Sistemas de cableado en edificios inteligentes.	415
6941	Canalización convencional en sistemas eléctricos	415
6942	Aspectos a considerar en el diseño de un sistema de cableado estructurado	417
6943	Características y ventajas del sistema de cableado estructurado	419
6944	Canalizaciones y cableado no convencional	425
6945	Artículos que regulan el diseño y planeamiento de canalizaciones y cableado no convencionales	427
6946	Subsistemas que componen el cableado estructurado en un edificio inteligente	428
6.10	PRESENTACIÓN DE UN PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN UN EDIFICIO	439
6.10.1	Planos requeridos para la presentación de un proyecto de instalación eléctrica de un edificio	439
6.10.2	Requisitos exigidos por las Empresas Públicas de Medellín para Proyectos de instalaciones eléctricas en edificios	440
6.1021	Proyectos de redes de energía	440
6.1022	Solicitudes	440
6.1023	Equipo de medida	441
	BIBLIOGRAFÍA	441
	CAPÍTULO VII. INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES	443
7.1	ETAPAS DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL	443
7.1.1	Estudio de factibilidad	443
7.1.2	Diseño	443

TABLA DE CONTENIDO

7.1.2.1 Ingeniería básica	444
7.1.2.2 Ingeniería de detalle	444
7.1.3 Construcción o montaje	444
7.1.4 Operación y mantenimiento	444
7.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO	444
7.2.1 Seguridad	445
7.2.2 Confiabilidad	445
7.2.3 Simplicidad en la operación	445
7.2.4 Regulación de tensión	445
7.2.5 Mantenimiento	445
7.2.6 Flexibilidad	446
7.2.7 Costo inicial y de operación	446
7.3 PLANEAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA INDUSTRIAL	446
7.3.1 Estudio de la carga	447
7.3.2 Demanda	447
7.3.3 Carga estimada de alumbrado	448
7.3.4 Carga estimada de fuerza	450
7.3.5 Estimación de la carga total	451
7.3.6 Selección de la capacidad del transformador	452
7.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	453
7.5 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL	454
7.6 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	454
7.6.1 Sistema radial simple	455
7.6.2 Sistema radial expandido	456
7.6.3 Sistema selectivo primario	456
7.6.4 Sistema lazo primario	457
7.6.5 Sistema selectivo secundario	458
7.6.6 Sistema malla secundaria	459
7.6.7 Sistema en anillo	459
7.6.8 Selección del Nivel de Tensión	461
7.6.8.1 Selección del Voltaje de Utilización	461

	7.6.8.2 Selección del Nivel de Alimentación Principal	461
7.7	CONTROL Y AUTOMATISMO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	464
	7.7.1 Generalidades	464
	7.7.2 Sistema de comunicación	464
	7721 Aparatos	465
	7722 Redes de comunicación	467
	7.7.3 Conexión de Controladores Lógicos Programables (PLCs) y Aplicaciones Utilizando Computadores Personales (PCs)	467
7.8	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	470
	7.8.1 Generalidades	470
	7.8.2 Lugares clasificados peligrosos	471
	7821 Lugares Clase I	472
	7822 Lugares Clase II	473
	7823 Lugares Clase III	475
	7.8.3 Procedimiento General para Realizar una Clasificación de Áreas en una Industria	487
7.9	INSTALACIONES DE ALUMBRADO	493
	7.9.1 Sistema de Alumbrado	493
	7.9.2 Selección del nivel de iluminación	493
	7.9.3 Características de construcción que influirán en la selección y ubicación de las luminarias	495
	7.9.4 Cálculo de los voltiamperios de las luminarias	496
	7.9.5 Parpadeo en el sistema de alumbrado debido a cambios en el nivel de tensión	496
7.10	INSTALACIONES DE FUERZA	497
	7.10.1 Sistemas de Fuerza	497
	7.10.2 Clasificación de los Circuitos Derivados	497
	7.10.3 Consideraciones para determinar la carga de los circuitos derivados	497
	7.10.4 Cálculo de los Circuitos Derivados para Motores	498
	7.10.4.1 Medios de Desconexión y de Protección de los Circuitos Derivados	499
	7.10.4.2 Cálculo de la Corriente Nominal del Motor	499

TABLA DE CONTENIDO

7.1043	Cálculo de los Alimentadores para Motores	504
7.1044	Cálculo de las Protecciones para Motores	505
7.10.5	Control de motores	507
7.1051	Centro de control de motores	507
7.1052	Elementos de control para motores de c.a	507
7.1053	Arranque de motores de c.a	507
7.10.6	Regulación de tensión	508
7.11	PROTECCIONES	509
7.11.1	Dispositivos de Protección	509
7.11.2	Requerimientos de protección	509
7.1121	Transformadores	509
7.1122	Alimentadores	510
7.1123	Generadores	511
7.1124	Motores	514
7.11.3	Coordinación	516
7.1131	Coordinación de relés	517
7.1132	Coordinación de interruptores de baja tensión	523
7.1133	Coordinación de fusibles	523
7.1134	Coordinación entre diferentes dispositivos	524
7.12	SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	524
7.12.1	Generalidades	524
7.12.2	Factores que determinan la puesta a tierra de un sistema	524
7.12.2.1	Continuidad de servicio	524
7.12.2.2	Fallas múltiples a tierra	525
7.12.2.3	Incendios por arco	525
7.12.2.4	Localización de fallas	525
7.12.2.5	Seguridad	525
7.12.2.6	Peligros por tensiones anormales	525
7.12.2.7	Sobretensión del sistema de potencia	525
7.12.3	Ventajas de la Operación con Redes Puestas a Tierra	526
7.12.4	Métodos recomendados para la Puesta a Tierra de Redes Industriales	526
7.12.5	Componentes de un Sistema de Puesta a Tierra	528

7.12.6	Diseño de una malla de puesta a tierra	532
7.12.7	Medida de la Resistencia de Puesta a Tierra	549
7.13	FACTOR DE POTENCIA	559
7.13.1	Conceptos	559
7.13.2	Beneficios al mejorar el factor de potencia	560
7.13.2.1	Reducción de las pérdidas del sistema	560
7.13.2.2	Aumento de la capacidad del sistema	561
7.13.2.3	Mejoramiento de la regulación de tensión	562
7.13.2.4	Disminución de los costos de energía	562
7.13.3	Métodos para Corregir el Factor de Potencia	563
7.13.3.1	Operación de Motores de Inducción a Plena Carga	563
7.13.3.2	Motores Sincrónicos	565
7.13.3.3	Capacitores	566
7.14	PRESENTACION DE UN PROYECTO	574
7.14.1	Memorias de Cálculo	574
7.14.2	Planos Principales	577
7.14.3	Especificaciones	577
7.14.4	Lista de Materiales	578
7.14.5	Requisitos Exigidos por las Empresas Públicas de Medellín para la presentación de Proyectos de Instalaciones Eléctricas	578
7.14.5.1	Procedimiento para la elaboración de un proyecto	578
7.14.5.2	Tipos de proyectos	580
7.14.5.3	Documentación anexa	583
7.14.5.4	Notas	584
7.14.5.5	Sistemas de Unidades y Símbolos utilizados en los planos	584
7.14.5.6	Reglas para el uso de símbolos y unidades	584
7.14.5.8	Equipo de Medida	585
	BIBLIOGRAFÍA	586
	CAPÍTULO VIII. ILUMINACIÓN	587
8.1	EL OJO Y LA VISIÓN	587
8.1.1	El mecanismo visual	587

TABLA DE CONTENIDO

8.1.2	Características visuales del ojo	588
8.1.3	Factores Objetivos del Proceso Visual	589
8.2	LA LUZ - CARACTERÍSTICAS Y MEDIDAS	590
8.2.1	El espectro radiante	590
8.2.2	Definiciones	591
8221	Intensidad Luminosa (I)	591
8222	Flujo Luminoso (Φ)	591
8223	Iluminación (E):	592
8224	Luminancia (B)	594
8.2.3	Medidas	595
8231	Fotometría	595
8232	Cantidades Medibles	595
8233	Medidas de iluminación	596
8234	Medidas de luminancia	596
8.2.4	Uso de instrumentos	596
8.2.5	Curvas de distribución luminosa	597
8.3	PROYECTOS DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO	599
8.3.1	Cantidad de Luz	600
8.3.2	Calidad de Luz	600
8.4	NIVELES DE ILUMINACION	602
8.5	PROYECTO DE INSTALACIONES INTERIORES DE ALUMBRADO	609
8.5.1	Introducción	609
8.5.2	Método de cálculo de los lúmenes	611
8521	Cálculo del número de lámparas y luminarias requeridas	622
8522	Fijación del emplazamiento de las luminarias	623
8.5.3	Método de cálculo punto por punto para interiores	624
8531	Cálculo de la componente de iluminación directa	624
8.5.4	Cálculos diversos por el método punto por punto	625
8541	Fuente Puntual	625
8542	Fuente lineal de longitud infinita	626
8543	Fuente superficial de área infinita	627
8544	Haz paralelo de luz	628

8.5.5	Procedimiento general para cálculos de iluminación	629
8.5.6	Uso racional de la energía	630
8.6	ALUMBRADO DE ÁREAS CON PROYECTORES	635
8.6.1	Procedimiento para el cálculo de iluminación con proyectores	635
8.6.2	Aplicaciones en edificios y monumentos	638
8.6.3	Iluminación en escenarios deportivos	640
8.6.4	Otras aplicaciones	641
8.6.5	Fuentes de luz usadas en los proyectos de alumbrado de áreas con proyectores	641
8.7	ALUMBRADO PÚBLICO	642
8.7.1	Alumbrado de vías	642
8.7.2	Factores que influyen en la determinación del alumbrado público	643
8.7.3	Principios del alumbrado público	648
8.7.4	Luminancia de velo y uniformidad	648
8.7.5	Deslumbramiento	648
8.7.6	Importancia del pavimento	649
8.7.7	Soportes de las luminarias	649
8.7.8	Localización de las luminarias	650
8.7.9	Disposición de las luminarias en las curvas y en las discontinuidades de las vías	654
8.7.10	Disposición de luminarias en planos inclinados	658
8.7.11	Vías arborizadas	659
8.7.12	Reglas para la selección de un buen alumbrado	660
8.7.13	Procedimiento de diseño para la iluminación de vías	661
8.7.14	Iluminación de grandes áreas	664
8.7.15	Alumbrado de túneles	667
8.7.16	Contaminación luminosa	672
8.8	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	674
8.9	NUEVAS TECNOLOGÍAS	677
8.9.1	LED	677
8.9.2	Concreto transparente	680
8.9.3	Canales de iluminación	681
	BIBLIOGRAFÍA	683

CAPÍTULO IX. CONTRATACIONES	685
9.1 DEFINICIONES	685
9.1.1 Propuesta	685
9.1.2 Tipos de contratos	685
9.121 Contrato a precio global. (lump sum)	685
9.122 Contrato empréstito	686
9.123 Contrato interadministrativo	686
9.124 Contrato por administración. (cost plus).	686
9.125 Cost plus porcentaje fijo del contrato	686
9.126 Cost plus cargo fijo contrato	686
9.127 Cost plus variable contrato porcentaje	686
9.128 Contrato por administración por precios unitarios.	687
9.129 Contrato por administración por costos más porcentaje	687
9.1210 Contrato por administración por costos reembolsables con tope de beneficio	687
9.1211 Contrato por administración por costos reembolsables con tope de beneficio e incentivos	687
9.1212 Contrato de obra	688
9.1213 Contrato de consultoría	688
9.1214 Contrato de interventoría	688
9.1215 Contratos de prestación de servicios	688
9.1216 Contrato de concesión	688
9.1217 Contratos de comodato	689
9.1218 Contrato de urgencia manifiesta	689
9.1219 Contrato de llave en mano	689
9.1220 Contrato bot (edificación, operación, transferencia)	689
9.1221 Contrato boo (edificación, sostenimiento, operación)	689
9.1222 Contrato blt	690
9.1.3 Proponente	690
9.1.4 Interventor	690
9.1.5 Contratista	690
9.1.6 Licitación	691

9.1.7 Pliego de condiciones	691
9.1.7.1 Partes del pliego de condiciones	691
9.1.8 Planos	691
9.1.9 Consorcio	692
9.1.10 Unión temporal	692
9.2 CLASES DE LICITACIÓN	692
9.3 ADJUDICACIÓN DE UN CONTRATO	693
9.3.1 Adjudicación de entidades estatales	693
9.3.2 Adjudicación de entidades privadas	694
9.4 GARANTÍAS DE UNA LICITACIÓN Y DE UN CONTRATO	694
9.4.1 Garantía de seriedad de la propuesta	694
9.4.2 Garantía de calidad y funcionamiento	695
9.4.3 Garantía de buen manejo del anticipo	696
9.4.4 Garantía de estabilidad de obra	696
9.4.5 Garantía de pago de prestaciones sociales y obligaciones laborales	696
9.4.6 Garantía de responsabilidad civil	696
9.4.7 Garantía de cumplimiento	697
9.4.8 Seguro colectivo de vida	697
9.5 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR UNA LICITACIÓN	697
9.6 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR UN PLIEGO DE CONDICIONES	698
9.7 DOCUMENTOS DE LA PROPUESTA	699
9.8 REGISTRO DE PROPONENTES	700
9.9 PRESENTACIÓN DE UNA PROPUESTA EN UNA LICITACIÓN PÚBLICA	701
BIBLIOGRAFÍA	703
CAPÍTULO X. SOFTWARE APLICADO A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	705
10.1 HERRAMIENTAS DE CÁLCULO	705
10.1.1 Software para simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia	705
10.1.2 DIALux “Light Building Software”	718
10.1.3 Software para instalaciones eléctricas de baja tensión	723

TABLA DE CONTENIDO

10.1.4	EMTP “Electromagnetic Transient Program” & ATP “Alternative Transients Program”	735
10.1.5	Software para el diseño, modelación y simulación de sistemas de puesta a tierra	740
102	HERRAMIENTAS DE DIBUJO	743
103	MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y PROGRAMACIÓN	744
	BIBLIOGRAFÍA	746

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1	Accesorios para la instalación de tubería expuesta	56
Figura 2.2	Bandeja portacables. (1) Curva, (2) Codo Horizontal, (3) Te, (4) Curva Exterior	60
Figura 2.3	Detalle de fijación de una bandeja portacables	60
Figura 2.4	Ductos de barras	63
Figura 2.5	Representación de la instalación de cajas y conduletes Redondas	65
Figura 2.6	Cajas troqueladas. (1) Octogonales, (2) Rectangulares, (3)	66
Figura 2.7	Dimensionado de Cajas	70
Figura 2.8	Cajas en fundición Tipo Especiales	72
Figura 2.9	Algunos tipos de conduletes	73
Figura 2.10	Cable concéntrico	105
Figura 2.11	Longitud de paso	107
Figura 2.12	Conductor de media tensión	108
Figura 2.13	Partes de un interruptor automático del tipo caja moldeada Siemens	120
Figura 2.14	Celda de media tensión. Tomado de ABB Product Guide	135
Figura 2.15	Tablero de distribución con interruptores	137
Figura 2.16	Interruptores Manuales Tomado del catálogo de productos de	138
Figura 2.17	Contadores de energía Eléctrica. Cortesía Rymel	142
Figura 2.18	Esquema de conexión de contadores	148
Figura 2.19	Familia de fuentes luminosas	149
Figura 2.20	Casquillo de bombilla exigida por el RETILAP	151
Figura 2.21	Estructura general de la lámpara incandescente	153

Figura 2.22	Estructura de lámpara fluorescente	158
Figura 2.23	Arrancador típico de una lámpara fluorescente	160
Figura 2.24	Balastos de precalentamiento	161
Figura 2.25	Balastos de encendido instantáneo SlimLine	162
Figura 2.26	Balastos de encendido rápido (Rapid - Start)	163
Figura 2.27	Estructura general de la lámpara de mercurio	168
Figura 2.28	Conexión de balastos para lámparas de descarga	169
Figura 2.29	Conexión de la lámpara de vapor de mercurio	169
Figura 2.30	Conexión de la lámpara de vapor de sodio	171
Figura 2.31	Limites de Voltios – Vatios de Lámpara para Lámpara 400 Vatios de	171
Figura 2.32	Lámpara Metalarc (Metal Halide)	173
Figura 2.33	Tipos de luminarias	181
Figura 2.34	Transformador de distribución monofásico. Cortesía Rymel	185
Figura 2.35	Transformador de distribución trifásico. Cortesía Rymel	186
Figura 2.36	Transformador tipo Pedestal. Cortesía Rymel	187
Figura 2.37	Transformadores de corriente tipo ventana. Cortesía Rymel	187
Figura 2.38	Transformador de tensión. Tomado del catálogo técnico de GE	188
Figura 2.39	Representación en bloques de una UPS	193
Figura 2.40	Integración de sistemas de emergencia	194
Figura 2.41	Puntas pararrayos	195
Figura 2.42	Sistema de disipación de descargas D.A.S	198
Figura 2.43	Elementos básicos de una malla de puesta a tierra	201
Figura 2.44	Capacitores lámparas respectivamente mediante interruptores	204
Figura 3.1	Modelo de un cuadro de cargas monofásico	211
Figura 3.2	Representación de plano eléctrico	215
Figura 3.3	Representación de sistema eléctrico	217
Figura 3.4	Esquema de circuitos del encendido y apagado de una y dos	219

Figura 3.5	Esquema de conexiones de una y dos lámparas accionadas por interruptores	220
Figura 3.6	Plano eléctrico con orientación estética	221
Figura 3.7	Plano eléctrico con orientación arquitectónica	222
Figura 3.8	Plano eléctrico con orientación técnica	222
Figura 3.9	Alimentación bifilar a tomacorrientes	224
Figura 3.10	Alimentación trifilar a tomacorrientes con salida para	224
Figura 3.11	Lámpara incandescente controlada por interruptor monopolar	225
Figura 3.12	Lámpara incandescente controlada por interruptor monopolar y tomacorriente de dos vías	226
Figura 3.13	Lámparas incandescentes accionadas por un interruptor monopolar	227
Figura 3.14	Dos lámparas accionadas independientemente desde un interruptor generalmente para tubo a 220 V	228
Figura 3.15	Lámpara accionada por interruptor monopolar con lámpara piloto	229
Figura 3.16	Control de una o más lámparas desde dos puntos diferentes	230
Figura 3.17	Control de una o más lámparas desde tres puntos diferentes	231
Figura 3.18	Control de una o más lámparas desde cuatro puntos diferentes	232
Figura 3.19	Caso 1. Lámparas de arranque precalentado para tubo T8	233
Figura 3.20	Caso 2. Conexión para lámpara de arranque instantáneo	233
Figura 3.21	Caso 1. Montaje de dos lámparas con arranque instantáneo	234
Figura 3.22	Caso 2. Montaje anti estroboscópico de dos tubos fluorescentes	234
Figura 3.23	Timbre accionado desde un solo punto	235
Figura 3.24	Timbre accionado desde dos o más puntos	236
Figura 3.25	Cerradura eléctrica o cantonera	237
Figura 3.26	Conexión de elementos en el circuito de un motor	238

Figura 4.3	Instalaciones Eléctricas - Diagrama de Tablero con Cuadro de Carga	262
Figura 4.4	Localización General	263
Figura 4.5	Disposición para Presentar el Plano	264
Figura 4.6	Esquema para el cálculo de la longitud equivalente tomada del RETIE	271
Figura 4.7	Esquema de medición de resistencia de puesta a tierra. Figura	273
Figura 4.8	Prueba de Continuidad alumbrado y tomas y motor trifásico	274
Figura 5.1	Diagrama Unifilar de un Sistema Típico	277
Figura 5.2	Sistema compuesto por transformador trifásico, carga de	303
Figura 6.1	Sistema de distribución radial simple para edificios pequeños	312
Figura 6.2	Sistema de distribución radial expandido	313
Figura 6.3	Alimentación principal continua	315
Figura 6.4	Alimentación por grupos	315
Figura 6.5	Alimentación industrial	315
Figura 6.6	Alimentación tipo anillo	315
Figura 6.7	Alimentación tipo doble	315
Figura 6.8	Elementos de un sistema de distribución	317
Figura 6.9	Sistemas de distribución tipo parrilla	321
Figura 6.10	Disposición física de una subestación eléctrica	328
Figura 6.11	Diagrama unifilar de un edificio residencial	337
Figura 6.12	Diagrama unifilar de un edificio de oficinas acondicionamiento de aire	349
Figura 6.13	Instalaciones Eléctricas de tomacorrientes y fuerza	352
Figura 6.14	Instalaciones eléctricas de alumbrado	356
Figura 6.15	Sistema típico de bombeo	362
Figura 6.16	Esquema típico de un ascensor	364
Figura 6.17	Montaje de un aparato de alumbrado en piscinas	369

ÍNDICE FIGURAS

Figura 6.19	Esquema convencional de un sistema de aire acondicionado asociado al circuito del	373
Figura 6.20	Esquema convencional de un sistema de aire acondicionado evaporador. asociado al circuito	374
Figura 6.21	Sistema de expansión directa	375
Figura 6.22	a) Formas típicas de alimentación de aparatos	378
Figura 6.22	b) Formas típicas de alimentación de aparatos	379
Figura 6.23	Malla de tierra	380
Figura 6.24	Esquema de puesta a tierra de un edificio	382
Figura 6.25	Puesta a tierra de computadores	387
Figura 6.26	Distancia de descarga de un Rayo	390
Figura 6.27	Ejemplo de aplicación del método electro geométrico	391
Figura 6.28	Puesta a tierra de un pararrayos	393
Figura 6.29	Instalaciones telefónicas en edificios	395
Figura 6.30	Instalaciones telefónicas en un edificio	396
Figura 6.31	Ciclo de vida comparativo entre sistemas que componen la digitales inteligentes El –si, fabricante helvar)	404
Figura 6.32	Referente al balasto con protocolo D.A.L.I tomado de de un SAE (sistema administración de la energía) (balastos)	411
Figura 6.33	Equipo de monitoreo de energía en un edificio inteligente a través	412
Figura 6.34	Sistemas que conforman un Edificio Convencional	417
Figura 6.35	Topología en Configuración Red Colectora	422
Figura 6.36	Topología en configuración anillo inteligente	423
Figura 6.37	Sistema de cableado estructurado en configuración estrella 1993. Red Book. p. 36	424
Figura 6.38	Otras topologías encontradas	425
Figura 6.39	Subsistemas que componen el cableado estructurado del edificio	429
Figura 6.40	Sistema de cableado Estructurado en configuración ANCI/IEEE	455

Figura 7.2	Sistema radial expandido. Tomada de la norma ANSI/IEEE Std.141-1993. Red Book. p.	456
Figura 7.3	Sistema de Red primaria. Tomada de la norma ANSI/IEEE Std. - 1993. Red Book. p. 39	457
Figura 7.4	Sistema lazo primario. Tomada de la norma ANSI/IEEE Std. 141-1993. Red Book. p.	458
Figura 7.5	Sistema selectivo secundario. Tomada de la norma ANSI/IEEE Std. 141-1993. Red Book. p. 43	459
Figura 7.6	Bombas de Bomba de Bomba secundaria. Tomada de la norma ANSI/IEEE Std.	460
Figura 7.7	Sistema en anillo. Tomada del ANSI/IEEE. Std. 141 - 1993. Red	460
Figura 7.8	Esquema de Control y Supervisión Digital Centralizado próximo al suelo). Ventilación	469
Figura 7.9	Diagrama de Instalaciones Eléctricas para Clase I, Div.1	478
Figura 7.10	Diagrama de Instalaciones Eléctricas para Clase 1, Div. 2	481
Figura 7.11	Diagrama de Instalaciones Eléctricas para Clase II	484
Figura 7.12	Zonas de proceso ventiladas adecuadamente (Origen del riesgo)	485
Figura 7.13	Zonas de proceso ventiladas adecuadamente (Origen de riesgo) por	485
Figura 7.14	Zonas de proceso ventiladas adecuadamente	486
Figura 7.15	Bomba principal en zona exterior	486
Figura 7.16	Tanque de almacenamiento	486
Figura 7.17	Tanque de almacenamiento elevado	488
Figura 7.18	Chimenea de Ventilación con Área de Tanques (medidas en	488
Figura 7.19	Estaciones de servicio	489
Figura 7.20	Plantas de Almacenamiento y Terminal revisar el dibujo	490
Figura 7.21	Ejemplo de Clasificación de Áreas en una Planta Viscosreductora	491
Figura 7.22	Caja de potencia	498

	ÍNDICE FIGURAS	
Figura 7.25	Protección de motores	515
Figura 7.26	Protección de motores pequeños	516
Figura 7.27	Relés de sobrecorriente de tiempo inverso	518
Figura 7.28	Coordinación de Relés instantáneos	519
Figura 7.29	Curvas de coordinación para relés con características diferentes	520
Figura 7.30	Curvas de coordinación para relés con características diferentes	521
Figura 7.31	Circuitos y diagramas equivalentes de puesta a tierra	527
Figura 7.32	Conexión a tierra entre rieles	531
Figura 7.33	Conexión a tierra entre rieles	531
Figura 7.34	Conexión a tierra de bandejas portacables. Paso de cable para junta	532
Figura 7.35	Arreglo Wenner	533
Figura 7.36	Modelo de suelo de dos capas horizontales	535
Figura 7.37	Conexión al Acero de refuerzo	544
Figura 7.38	Conexión al Acero de refuerzo	545
Figura 7.39	Puesta a tierra con bentonita	550
Figura 7.40	Esquema de medición de resistencia de puesta a tierra	551
Figura 7.41	Ejemplo de configuración de la malla a tierra (acotado en m)	554
Figura 7.42	Malla de Tierra	558
Figura 7.43	Reducción de la Corriente de línea al utilizar capacitores	566
Figura 7.44	Formas de conectar los capacitores para corregir el factor de potencia	568
Figura 7.45	Localización de los capacitores	570
Figura 7.46	Corrección del factor de potencia	571
Figura 7.47	Selección del Relé de sobrecarga con factor de potencia corregido	572
Figura 7.48	Rótulo del plano	580
Figura 7.49	Esquema del plano para proyectos de subestaciones	581

Figura 8.1	El ojo humano	588
Figura 8.2	Campo visual	589
Figura 8.3	Intensidad luminosa sobre una superficie	593
Figura 8.4	Curva de distribución luminosa	598
Figura 8.5	Curva de distribución luminosa	598
Figura 8.6	Curva de distribución de luz para otras luminarias	598
Figura 8.7	Ejemplo de local de casa de máquinas	608
Figura 8.8	Relación de cavidades del local	613
Figura 8.9	Componentes de iluminación directa	624
Figura 8.10	Fuente puntual	626
Figura 8.11	Fuente luminosa lineal	627
Figura 8.12	Fuente puntual en un reflector perfectamente parabólico	628
Figura 8.13	Iluminación incidente sobre superficies planas	629
Figura 8.14	Coeficiente de luz diurna	631
Figura 8.15	Componentes de la de luz diurna, que producen intensidad luminosa dentro de un espacio interior	632
Figura 8.16	Clasificación NEMA de los proyectores de acuerdo al ángulo de apertura del haz y su distancia proyectada efectiva	636
Figura 8.17	Disposición de luminarias en un solo lado de la vía	652
Figura 8.18	Disposición de luminarias en una vía doble calzada con separador	652
Figura 8.19	Disposición bilateral alternada	652
Figura 8.20	Disposición bilateral opuesta	653
Figura 8.21	Disposición de luminarias en las curvas	654
Figura 8.22	Bilateral cruce en X	656
Figura 8.23	Unilateral cruce en X	657
Figura 8.24	Cruce en Y	657
Figura 8.25	Glorieta	658
Figura 8.26	Disposición de luminarias en planos indicados	659
Figura 8.27	Separación entre los árboles y los postes de las luminarias	660

Figura 8.29	Ubicación de mástiles en los laterales del área	666
Figura 8.30.	Túnel del canal de Suez, Egipto	667
Figura 8.31	Zonas lumínicas de un túnel	668
Figura 8.32	Túnel de Berg Bock, Zella – Mehlis, Alemania	670
Figura 8.33	Túnel de Prapontin (A32), Piamonte, Italia	670
Figura 8.34	Contaminación luminosa mundial	672
Figura 8.35	Ubicación de reflector en la estación Delacroix en Bruselas	673
Figura 8.36	Puente del metro que franquea el canal de Charleroi, para acceder a Bruselas	679
Figura 8.37	Rampa de la escalera que lleva a la estación de Luxemburgo, en	679
Figura 8.38	PowerFactory, PowerFactory slúcido	680
Figura 8.39	Ductos de luz	682
Figura 8.40	Ductos de luz	682
Figura 10.1	Administrador de datos (Integración de datos) en DiSILENT	706
Figura 10.2	Estudios de Estabilidad y de Armónicos	707
Figura 10.3	Estudios de Sobrecorriente	708
Figura 10.4	Coordinación de protecciones	709
Figura 10.5	Diagrama unifilar representado en ETAP y ubicación de punto de	712
Figura 10.6	Secuencia de operación de protecciones	713
Figura 10.7	Diseño y visualización de Sistemas de Puesta a Tierra	714
Figura 10.8	Análisis Transitorios de Sistemas de Potencia	715
Figura 10.9	Estudios de contingencia	716
Figura 10.10	Reporte de estudios para la toma de decisiones seguras	717
Figura 10.11	Información del proyecto a realizar en el programa	719
Figura 10.12	Entrada de datos al programa	721
Figura 10.13	Cálculos y resultados obtenidos con el programa	722
Figura 10.14	Vista tridimensional de la ubicación de luminarias en el	723

Figura 10.16	Dispositivos asociados a la coordinación de protecciones	725
Figura 10.17	Cálculo de conductores	725
Figura 10.18	Diseño de circuitos	726
Figura 10.19	Cálculos y estimaciones eléctricas	727
Figura 10.20	Cálculos de cortocircuito y arco eléctrico	727
Figura 10.21	Cálculos para la corrección de factor de potencia	728
Figura 10.22	Entorno de Trabajo	729
Figura 10.23	Asistente para ingreso de datos	730
Figura 10.24:	Información sobre la operación del sistema eléctrico	730
Figura 10.25	Diagrama Unifilar	731
Figura 10.26	Tableros de Distribución	732
Figura 10.27	Cuadro de Carga	732
Figura 10.28	Características y corrientes de arranque de motores	733
Figura 10.29	Módulo de cálculo para llenado de bandejas portacables (Cable Fill)	733
Figura 10.30	Módulo de cálculo para el llenado de Tubería (Conduit Fill)	734
Figura 10.31	Modulo para corrección de factor de potencia	734
Figura 10.32	Interfaz gráfica y espacio de trabajo del ATPDraw	739
Figura 10.33	Ventana gráfica para resultados de simulación	739
Figura 10.34	Espacio de trabajo del CYMGrd	742
Figura 10.35	Administrador de resultados de simulación	742
Figura 10.36	Modelado de información para ingeniería (REVIT MEP)	744

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1	Soportes para tubo conduit metálico rígido	54
Tabla 2.2	Radio de curvatura de los tubos conduit	55
Tabla 2.3	Área máxima de llenado en bandejas portacables	62
Tabla 2.4	Número máximo de conductores en cajas comerciales	67
Tabla 2.5	Volumen de las cajas por cada conductor	70
Tabla 2.6	Número Máximo de Conductores en Tuberías Comerciales	75
Tabla 2.7	Aplicaciones y aislamiento de los conductores	94
Tabla 2.8	Características de conductores tipo THHN/THWN	101
Tabla 2.9	Características de conductores tipo SPT	103
Tabla 2.10	Clasificación de los conductores flexibles según norma ASTM	104
Tabla 2.11	Clases de cableado y referencia normativa	105
Tabla 2.12	Posibles formaciones de un conductor del mismo calibre	106
Tabla 2.13	Capacidad de corriente de conductores	110
Tabla 2.14	Factor de ajuste para la capacidad de corriente de los cuando hay más de tres conductores portadores de corriente conductores,	113
Tabla 2.15	Descripción de algunas clases de fusibles	118
Tabla 2.16	Ajuste de protecciones para un circuito ramal de motores	123
Tabla 2.17	Tipos de cerramientos de tableros y cajas, según normas NEMA	130
Tabla 2.18	Definición de cada dígito del código de índice de protección IP	131
Tabla 2.19	Primer número característico	132
Tabla 2.20	Segundo número característico	132
Tabla 2.21	Letra adicional	133
Tabla 2.22	Letra suplementaria	134

Tabla 2.25	Eficacia mínima para bombillas incandescentes	150
Tabla 2.26	Valores mínimos de eficacia lumínica para lámparas T5 y T8	156
Tabla 2.27	Formas de clasificar los transformadores	184
Tabla 2.28	Características de los terminales de captación	196
Tabla 3.1	Código de colores para conductores	218
Tabla 4.1	Porcentajes de Carga para una casa Unifamiliar	257
Tabla 4.2	Consumo típico por Salida	258
Tabla 4.3	Porcentajes para adicionar en la Cotización	260
Tabla 5.1	Variación de la vida útil y de la producción de luz de las incandescentes con la variación de tensión lámparas	281
Tabla 5.2	Efectos de la variación de tensión en los motores	282
Tabla 5.3	Propiedades de los conductores	289
Tabla 6.1	Máxima tensión de contacto para un ser humano	327
Tabla 6.2	Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación	331
Tabla 6.3	Factores de demanda para alimentadores de la carga de alumbrado para estufas de sobrepoder y otros electrodomésticos de cocina	332
Tabla 6.4	Factores de demanda para secadoras domésticas eléctricas de ropa	332
Tabla 6.5	Factores de demanda para estufas eléctricas domésticas, de multifamiliares con tres o más viviendas, hornos de residenciales más de 1.75 kW nominales	333
Tabla 6.6	Cálculo opcional de los factores de demanda de unidades de los conductores de los circuitos de motores	337
Tabla 6.7	Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en edificios no	343
Tabla 6.8	Espacios de trabajo	353
Tabla 6.9	Porcentajes a aplicar en el cálculo de intensidad máxima admisible Power System Handbook Beeman. p. 885	357
Tabla 6.10	Cálculo consumo diario de bombas	360
Tabla 6.11	Empleo de ascensores y montacargas	365

Tabla 7.2	Porcentaje de la carga de alumbrado respecto a la carga total conectada para algunas industrias. Tomada del Industrial Power System Handbook. Beeman. p.886	449
Tabla 7.3	Densidad de carga estimada en industrias representativas. Tomada del Power System Handbook. Beeman. p. 887	450
Tabla 7.4	Consumo de energía industrial aproximado. Tomada del System Handbook. Beeman. p. 889	450
Tabla 7.5	Factores de demanda estimados. Tomada de Industrial Power	451
Tabla 7.6	Sistema y rangos de tensión nominales estandarizados	462
Tabla 7.7	Sustancias química por grupos, inducción polifásicos de jaula de ardilla. Tomada de El	476
Tabla 7.8	Notas generales Figura 21	492
Tabla 7.9	Tipos de naves	496
Tabla 7.10	Manual del Protección contra Sobrecorriente en el Primario y Rendimiento y factores de potencia medios para motores de en el Secundario.	503
Tabla 7.11	Transformadores de Tensión Mayor de 600 V, Provistos de Tomada del Código Eléctrico Colombiano - Norma NTC 2050	510
Tabla 7.12	Protecciones del generador	512
Tabla 7.13	Unidades de Sobrecarga para Protección del Motor. Tomada de la	514
Tabla 7.14	las Edificaciones" de Alberto Guerrero. Convenciones para selección y aplicación de relés de protección	522
Tabla 7.15	RETTIE) Requisitos para electrodos de puesta a tierra	529
Tabla 7.16	Constantes de materiales	537
Tabla 7.17	Resistividad de Materiales. Tomada de "Instalaciones Eléctricas en	540
Tabla 7.18	Fórmulas para el cálculo de resistencias a tierra	546
Tabla 7.19	Valores de referencia para resistencias de puesta a tierra (Tomada del	552

Tabla 7.23	Factor de Potencia de los Motores a Carga Parcial de la Notornial	564
Tabla 8.1	Niveles de iluminación y máximo deslumbramiento (UGR) permitido para algunas actividades	603
Tabla 8.2	Valores de aproximados de reflectancia en %	607
Tabla 8.3	Factor de pérdidas por ambiente de trabajo	614
Tabla 8.4	Ejemplo de coeficiente de utilización	615
Tabla 8.5	Categorías de mantenimiento	619
Tabla 8.6	Clasificación de los niveles de contaminación	620
Tabla 8.7	Clasificación de los niveles de contaminación	620
Tabla 8.8	Condiciones de los grados de suciedad	620
Tabla 8.9	Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)	633
Tabla 8.10	Clasificación NEMA para proyectores	636
Tabla 8.11	Niveles de iluminación para fachadas	639
Tabla 8.12	Clasificación de vías	644
Tabla 8.13	Tipos de vías	644
Tabla 8.14	Clasificación de senderos peatonales	646
Tabla 8.15	Mínimos requisitos fotométricos para vías	647
Tabla 8.16	Requisitos fotométricos para vías	647
Tabla 8.17	Clasifica Clasificación de la superficie de la calzada	649
Tabla 8.18	Altura de montaje de las luminarias según el ancho de la vía	651
Tabla 8.19	Altura de montaje de las luminarias	653
Tabla 8.20	Altura de poda de los árboles	660
Tabla 8.21	Valores de luminancia y uniformidad dependiendo de la superficie	662
Tabla 8.22	Fotometría en otras áreas	663
Tabla 8.23	Iluminación en áreas críticas	664
Tabla 8.24	Distancias para una parada segura	668