

**DISEÑO DE LAS REDES ELÉCTRICAS, APANTALLAMIENTO Y SISTEMA DE
PUESTA A TIERRA DE ASIA LOFT AND HALL**

**ANDRÉS FELIPE ARANGO MÁRQUEZ
ALEJANDRO FLÓREZ GRISALES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2014**

**DISEÑO DE LAS REDES ELÉCTRICAS, APANTALLAMIENTO Y SISTEMA DE
PUESTA A TIERRA DE ASIA LOFT AND HALL**

**Por:
ANDRÉS FELIPE ARANGO MÁRQUEZ
ALEJANDRO FLÓREZ GRISALES**

**Tesis presentada como requisito para optar al título de
Tecnólogo Electricista**

**ING. SANTIAGO GÓMEZ ESTRADA
Director**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2014**

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Director del programa

Pereira 14 octubre 2014

DEDICATORIA

Este gran logro es dedicado a Dios quien me ha brindado la luz para salir adelante siempre con mis proyectos.

A mi madre y hermanos por su apoyo incondicional para que este sueño se hiciera realidad.

Por último pero no menos importante a mi amada esposa que con su amor siempre estuvo a mi lado impulsándome y motivándome para no rendirme y poder terminar tan anhelada meta.

Alejandro Flórez Grisales

Antes que nada agradezco a mi familia, que con su amor y apoyo incondicional siempre han sido el pilar que me motiva a salir adelante, a mi madre, padre y hermana que con gran esfuerzo han luchado por mí.

A mis compañeros de estudio a los cuales debo agradecer ese acompañamiento en cada una de las etapas de esta gran tarea y a todas aquellas personas que hicieron parte de mi vida impulsando ese ideal de ser un profesional y salir adelante día tras día.

Andrés Felipe Arango Márquez

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a Dios primeramente por darnos la oportunidad de lograr este sueño, a nuestro director de proyecto Ing. Santiago Gómez Estrada quien fue nuestra guía para culminar de la manera más adecuada nuestro trabajo de grado y a nuestros compañeros que de una u otra manera siempre nos colaboraron en especial a nuestra compañera Ana María Gil Restrepo.

Alejandro Flórez Grisales

Andrés Felipe Arango Márquez

CONTENIDO

	Pág.
1	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 29
1.1	NORMAS Y REGLAMENTOS 29
1.1.1	Norma técnica colombiana NTC 2050 29
1.1.2	Norma técnica colombiana NTC 4552-1-2-3..... 29
1.1.3	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)..... 30
1.1.4	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP) ... 30
1.1.5	Norma empresa energía de pereira (EEP)..... 30
1.2	ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y COMPONENTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO..... 30
1.2.1	Bandejas portacables..... 31
1.2.2	Salidas de tomacorrientes..... 32
1.2.3	Salidas de iluminación 34
1.2.4	Generalidades del diseño de iluminación..... 42
1.2.5	La iluminación en el análisis de riesgos 49
1.2.6	Medición de variables fotométricas 51
1.2.7	Circuitos ramales 53
1.2.8	Alimentadores 55
1.2.9	Acometidas y cajas de medidores 57
1.2.10	Demanda diversificada..... 59
1.2.11	Transformadores..... 60
1.2.12	Protección contra descargas atmosféricas 64
2	DISEÑO BÁSICO DE LAS REDES ELÉCTRICAS, APANTALLAMIENTO Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE ASIA LOFT AND HALL 86
2.1	PLANOS ELÉCTRICOS DE EDIFICIO ASIA LOFT AND HALL 87
2.2	CUADROS DE CARGA 87
2.2.1	Apartamentos..... 88
2.2.2	Locales comerciales..... 94
2.2.3	Áreas comunes 98

2.3	SELECCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS	101
2.3.1	Apartamentos.....	101
2.3.2	Locales comerciales.....	107
2.3.3	Servicios generales.....	107
2.4	SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR DE CADA MOTOR	110
2.5	CARGA DEMANDA PARCIAL Y TOTAL DEL EDIFICIO.....	111
2.6	DIAGRAMA UNIFILAR.....	111
2.7	SELECCIÓN DE LOS BARRAJES PRINCIPALES DE LOS TABLEROS: TGBT, TP-APTOS, TP-LC1, TP-LC2, TP-SG	112
2.8	SELECCIÓN DE LA ACOMETIDA PRINCIPAL.....	113
2.9	SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR	114
2.10	SELECCIÓN DEL TOTALIZADOR	114
2.11	SELECCIÓN DEL DPS	114
2.12	SELECCIÓN DEL CORTACIRCUITO.....	114
2.13	EVALUACION DE NIVEL DE RIESGO PARA LA ESTRUCTURA SEGÚN NTC 4552.....	115
2.13.1	Densidad de descargas a tierra (DDT) e I_{abs}	115
2.13.2	Características de la estructura	118
2.14	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SEGÚN SOFTWARE IEC... ..	120
2.14.1	Características de la estructura:	120
2.14.2	Influencias ambientales.....	121
2.14.3	Pérdidas.....	122
2.14.4	Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales	124
2.14.5	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural - Lf3.....	124
2.14.6	Tipo 4. Pérdidas económicas.....	124
2.14.7	Líneas de servicios	126
2.14.8	Otros servicios aéreos	127
2.14.9	Otros servicios enterrados.	127
2.14.10	Medidas de protección existentes.....	127
2.15	DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	131
2.16	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	157

2.17	PLANTA DE EMERGENCIA	160
3	CONCLUSIONES	161

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Imagen diagrama isolux.....	35
Figura 2. Planos verticales C.	37
Figura 3. Ángulos verticales Y.	37
Figura 4. Sistema de coordenadas de la CIE.	38
Figura 5. Sistema de coordenadas de la IESNA.....	38
Figura 6. Diagrama de bloques, proceso de iluminación.	43
Figura 7. Sistema integral de protección contra rayos (SIPRA) tomada de (18)....	64
Figura 8. Esquema sistema de protección interno (SPI).....	68
Figura 9. Modelo electrogeométrico.....	75
Figura 10. Ángulo de protección dependiendo de la altura relativa y el nivel de protección.....	76
Figura 11. Evaluación del riesgo.....	115
Figura 12. Esfera rodante fachada oriental.....	132
Figura 13. Esfera rodante corte lateral.....	133
Figura 14. Esfera rodante fachada occidental.	134
Figura 15. Esfera rodante fachada norte.	135
Figura 16. Esfera rodante corte frontal.	136
Figura 17. Esfera rodante fachada sur.....	137
Figura 18. Trazo de corte de la esfera rodante fachada oriente.	138
Figura 19. Trazo de corte de la esfera rodante corte lateral.	139
Figura 20. Trazo de corte de la esfera rodante fachada occidente.	140
Figura 21. Trazo de corte de la esfera rodante fachada norte.	141
Figura 22. Trazo de corte de la esfera rodante corte frontal.	142
Figura 23. Trazo de corte de la esfera rodante fachada sur.	143
Figura 24. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada oriental.	144
Figura 25. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en el corte lateral.....	145

Figura 26. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada occidental.....	146
Figura 27. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada norte.....	147
Figura 28. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en el corte frontal.....	148
Figura 29. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada sur.....	149
Figura 30. Sistema de apantallamiento fachada oriente.....	150
Figura 31. Sistema de apantallamiento corte lateral.....	151
Figura 32. Sistema de apantallamiento fachada occidente.....	152
Figura 33. Sistema de apantallamiento fachada norte.....	153
Figura 34. Sistema de apantallamiento corte frontal.....	154
Figura 35. Sistema de apantallamiento fachada sur.....	155
Figura 36. Sistema de apantallamiento vista superior.....	156
Figura 37. Sistema de puesta a tierra.....	159
Figura 38. Sistema de puesta a tierra isométrico.....	159

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color.	40
Tabla 2. Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.....	41
Tabla 3. Carga máxima conectada a un tomacorriente para artefactos con cordón y clavija.....	54
Tabla 4. Capacidad de corriente de tomacorrientes en circuitos de diversa capacidad.....	54
Tabla 5. Demanda diversificada acumulada (kVA).	60
Tabla 6. Requerimientos para las bajantes.....	66
Tabla 7. Clases de DPS.....	70
Tabla 8. Valores máximos de los parámetros del rayo de acuerdo con el NPR (22)	73
Tabla 9. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección.....	75
Tabla 10. Dimensiones del enmallado para los diferentes niveles de protección. .	77
Tabla 11. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida.....	79
Tabla 12. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en la estructura.....	81
Tabla 13. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios.	82
Tabla 14. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura.....	82
Tabla 15. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en las acometidas de servicio.	82
Tabla 16. Factores que influyen las componentes de riesgo.	83
Tabla 17. Valores típicos de riesgo tolerable.	85
Tabla 18. Cuadro de cargas tablero principal TP-APTOS.	88
Tabla 19. Cuadro de cargas apartamentos tipo A.....	90
Tabla 20. Cuadro de carga apartamento tipo B.	90
Tabla 21. Cuadro de carga apartamentos tipo C.	91
Tabla 22. Cuadro de carga apartamentos tipo D.	91
Tabla 23. Cuadro de cargas apartamentos tipo E.....	92

Tabla 24. Cuadro de cargas apartamentos tipo F.....	92
Tabla 25. Cuadro de cargas apartamentos tipo G.	93
Tabla 26. Cuadro de cargas locales comerciales piso 1.....	94
Tabla 27. Cuadro de cargas locales comerciales piso 1.....	96
Tabla 28. Cuadro de cargas tablero principal TP-SG.	98
Tabla 29. Cuadro de cargas tablero principal TP-PR.....	99
Tabla 30. Cuadro de cargas tablero principal TP-PC.....	99
Tabla 31. Cuadro de carga tablero principal TP-SGL.	100
Tabla 32. Cuadros de cargas tablero principal servicios generales TP-SGR.	100
Tabla 33. Alimentadores motores.	110
Tabla 34. Cuadro de cargas TGBT.....	111
Tabla 35. Capacidad de corriente de los barrajes de cobre Cu medidas estándar.	112
Tabla 36. Selección de los barrajes de cada tablero principal.	113
Tabla 37. Densidad de descargas a tierra (DDT) para las principales ciudades de Colombia.	116
Tabla 38. Indicador de exposición al rayo.....	117
Tabla 39. Subindicador relacionado con el uso de la estructura.....	118
Tabla 40. Subindicador relacionado con el tipo de estructura.	118
Tabla 41. Subindicador relacionado con el área y la altura de la estructura.....	118
Tabla 42. Indicador de gravedad.	119
Tabla 43. Matriz de riesgo.	119
Tabla 44. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo.	120
Tabla 45. Datos para la evaluación del riesgo.....	128
Tabla 46. Datos dependientes que aporta el software RIESGO.....	129
Tabla 47. Radio de la esfera rodante según el nivel de riesgo.	131
Tabla 48. Cantidad mínima de bajantes.	131
Tabla 49. Sistema de puesta a tierra parte a.	157
Tabla 50. Sistema de puesta a tierra parte b.	158
Tabla 51. Relación planta emergencia demanda eléctrica.	160
Tabla 52. Cálculos acometida para la planta de emergencia	160

GLOSARIO

Los siguientes significados fueron adquiridos de la referencia (1)

A la vista de: cuando este código especifica que un equipo debe estar a la vista de otro equipo o lugar, significa que el equipo debe ser visible desde el otro y no debe estar a más de 15,0 m de él.

A prueba de agua: construido de modo que el agua no entre en el cerramiento, en condiciones dadas de ensayo.

A prueba de intemperie: construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

Nota. Los equipos impermeables a la lluvia, protegidos contra la lluvia o contra el agua, pueden cumplir los requisitos de intemperie si no influyen otros factores atmosféricos variables distintos de la humedad, como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

A prueba de lluvia: construido, tratado o protegido de modo que su exposición a la lluvia no interfiera con el correcto funcionamiento de un aparato en condiciones específicas de ensayo.

A prueba de polvo: construido o protegido de modo que el polvo no interfiere con su buen funcionamiento.

Accesible (referido a métodos de alambrado): que se puede desmontar o quitar sin daños a la estructura o acabado del edificio, o que no está permanentemente cerrada por la estructura o acabado del edificio (véanse las definiciones de "Oculto" y "A la vista de").

Accesible (referido a los equipos): equipo al que se puede acercar una persona no está protegido por puerta con cerradura, por elevación ni por cualquier otro medio efectivo.

Accesible fácilmente: elemento al que se puede acercar una persona fácilmente para ponerlo en marcha, cambiarlo o inspeccionarlo, sin que las personas que tengan que acercarse deban subirse a ningún obstáculo ni quitarlo, ni usar escaleras portátiles, sillas, etc.

Accesorio: pieza o parte de una instalación eléctrica, tal como una tuerca, una boquilla o cualquier otra parte de una canalización, cuya finalidad principal es realizar una función más mecánica que eléctrica.

Accionable desde fuera: que se puede accionar sin que el operario se exponga a contacto con las partes energizadas.

Acometida: derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acometida aérea: los conductores aéreos de acometida que van desde el último poste o soporte aéreo, incluidos los conectores de derivación, si los hay, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación u otra estructura.

Acometida subterránea: conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación. Si no existe tablero general, tablero de medidores u otro con espacio adecuado, se debe considerar que el punto de conexión es el de entrada de los conductores de acometida al edificio.

Alimentador: todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Armario o gabinete: caja diseñada para instalarse de forma empotrada, sobrepuesta o autosoportada, provista de un marco, del cual se sostienen las puertas.

Automático: que actúa por sí mismo, funcionando por sus propios mecanismos cuando se le acciona por un medio sin intervención personal, como por ejemplo una variación de la intensidad de la corriente, de la presión, temperatura o configuración mecánica (Véase la definición "No automático").

Aviso luminoso: equipo de utilización autónomo fijo, estacionario o portátil, iluminado eléctricamente con letras o símbolos, diseñado para transmitir información o llamar la atención.

Bandeja portacables: unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.

Barraje de puesta a tierra (equipotencial): conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

Caja de corte: cubierta diseñada para montaje en superficie, incrustada o empotrada y que tiene puertas o tapas sujetas directamente a las paredes de la

caja y que contiene dispositivos de corte o seccionamiento (Véase la definición "Armario").

Canalización: canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras, con las funciones adicionales que permita este código. Hay canalizaciones, entre otras, de conductos de metal rígido, de conductos rígidos no metálicos, de conductos metálicos intermedios, de conductos flexibles e impermeables, de tuberías metálicas flexibles, de conductos metálicos flexibles, de tuberías eléctricas no metálicas, de tuberías eléctricas metálicas, subterráneas, de hormigón en el suelo, de metal en el suelo, superficiales, de cables y de barras.

Capacidad de corriente: corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal de servicio.

Capacidad de interrupción nominal: la mayor corriente a tensión nominal, que un dispositivo eléctrico tiene previsto interrumpir, bajo unas condiciones normales de ensayo.

Nota. Los equipos previstos para no dejar pasar corriente a niveles distintos de los producidos por una falla, pueden tener su capacidad de interrupción nominal implícita en otros parámetros, como la potencia (en kW o HP) o la corriente con el rotor bloqueado del motor.

Carga continua: carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

Carga no lineal: carga cuya forma de onda de la corriente en estado estacionario no sigue la forma de onda de la tensión aplicada.

Centro de control de motores: conjunto de una o más partes cerradas que tienen una barra de potencia común y que contienen principalmente unidades de control de motores.

Certificados: equipos o materiales incluidos en un certificado publicado por un organismo certificador aceptado ante la autoridad competente y que se dedica a la evaluación de productos, que mantiene inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales certificados. Ese certificado indica si el equipo o material cumple unas normas debidamente establecidas o si ha sido probado y encontrado apto para su uso de una manera determinada.

Nota. La manera de identificar los equipos certificados puede variar de un organismo certificador a otro. Algunos de ellos no reconocen los equipos como certificados si no están además rotulados. La autoridad competente debe

identificar los productos certificados de acuerdo con el sistema empleado por el organismo certificador.

Circuito de control remoto: cualquier circuito eléctrico que controla otro circuito a través de un relé o dispositivo equivalente.

Circuito de señalización: cualquier circuito eléctrico que alimenta equipos de señalización.

Circuito ramal: conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

Circuito ramal de uso general: circuito ramal que alimenta diversas salidas para alumbrado y artefactos.

Circuito ramal especial de conexión de artefactos eléctricos: circuito ramal que alimenta a una o más salidas a las que se pueden conectar los artefactos; tales circuitos no deben contener elementos de iluminación conectados permanentemente que no formen parte de un artefacto.

Circuito ramal individual: circuito ramal que alimenta un solo equipo de utilización.

Circuito ramal multiconductor: circuito ramal que consta de dos o más conductores no puestos a tierra y entre los cuales hay una diferencia de potencial, y un conductor puesto a tierra con la misma diferencia de potencial entre él y cada uno de los otros conductores del circuito, que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra de la instalación.

Clavija, enchufe: dispositivo introducido o retirado manualmente de un tomacorriente, el cual posee patas (contactos macho) que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

Nota. Véase la norma NTC 1650, Electrotecnia. Clavijas y tomacorrientes para uso general doméstico.

Conductor aislado: conductor dentro de un material de composición y espesor reconocido por este código como aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra (Grounding conductor): conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de

tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor desnudo: conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor puesto a tierra (Grounded conductor): conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

Conduit: tubo rígido metálico o no metálico, destinado para alojar conductores eléctricos.

Conector a presión (sin soldadura): dispositivo que establece una conexión entre dos o más conductores y un terminal, mediante presión mecánica y sin utilizar soldadura.

Conexión equipotencial (Bonding): unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera pasar.

Conjunto con múltiples tomas de corriente: tipo de canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores y tomacorrientes, montados en obra o en fábrica.

Conmutadores:

Conmutador de separación en derivación (Bypass Isolation Switch): dispositivo de accionamiento manual utilizado con un conmutador de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores bajo carga a una fuente de alimentación y de desconexión del conmutador de transferencia.

Conmutador de transferencia: dispositivo automático o no automático para transferir bajo carga las conexiones de uno o más conductores de una fuente de alimentación a otra.

Controlador: dispositivo o grupo de dispositivos que sirve para gobernar, de un modo predeterminado, la potencia eléctrica suministrada al aparato al que está conectado.

Cuadro de distribución (Switchboard): un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos. Los cuadros de distribución son accesibles generalmente por delante y por detrás y no necesariamente están destinados para instalarse dentro de armarios.

Edificio o edificación: construcción cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos.

Electrodo de puesta a tierra: elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para este uso.

Encerramiento: envoltura, caja, gabinete, envolvente o carcasa de un aparato; cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas puedan entrar en contacto accidental con partes energizadas, o para proteger los equipos contra daños físicos.

Nota. Véanse los tipos de encerramientos en la Tabla 430-91 y la norma ANSI/NEMA 250-1991, Enclosures for Electrical Equipment (1 000 V Maxim).

Energizado, con tensión: conectado eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Equipo: término general que incluye los materiales, accesorios, dispositivos, artefactos, utensilios, herrajes y similares utilizados como parte de o en relación con una instalación eléctrica.

Equipo antideflagrante (a prueba de explosión): equipo alojado en un encerramiento que es capaz de soportar una explosión, de un gas o vapor específico, que se pueda producir en su interior y de evitar la ignición de un gas o vapor específico que rodee el encerramiento, por chispas, arcos o la explosión del gas o vapor en su interior y que funciona soportando temperaturas externas tales que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda arder.

Nota. Para más información, véanse las normas: NTC 3229, Electrotecnia. Cajas de Salida y Accesorios usados en sitios de alto riesgo y ANSI/UL 1203-1988 Explosión Proof and Dust-Ignition-Proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations.

Equipo de corte de acometida: el equipo necesario que consiste generalmente en un interruptor automático, o interruptor y fusibles, con sus accesorios, situado cerca del punto de acometida de un edificio, otra estructura o en una zona definida, destinada para servir de control principal y de medio de desconexión del suministro.

Equipo sellable: equipo encerrado en una caja, gabinete o armario que tiene medios de cierre o sellado, de modo que sus partes energizadas no son accesibles sin abrir el encerramiento. El equipo puede o no ser accionable sin abrir el encerramiento.

Equipotencialidad: principio que debe ser aplicado ampliamente en sistemas de puesta a tierra. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial. Véase definición de "Conexión equipotencial".

Factor de demanda: relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada.

Factor de potencia: relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él.

Foso de ascensor: caja, pozo, hueco u otra abertura o espacio vertical dentro del cual funciona un ascensor o montacargas.

Frente no energizado, frente sin tensión, frente muerto: sin partes energizadas expuestas a las personas del lado de operación de los equipos.

Hermético a la lluvia: construido, protegido o tratado de tal manera que la exposición a la lluvia batiente no permita la entrada de agua bajo condiciones específicas de ensayo

Hermético al agua: construido o protegido de tal manera que la humedad no puede penetrar la cubierta en condiciones específicas de ensayo.

Hermético al polvo: construido o protegido de modo que el polvo no pueda penetrar la cubierta en condiciones específicas de ensayo.

Herraje: accesorio como tuerca, pasacables u otra parte de una instalación eléctrica diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica, no eléctrica.

Iluminación de contorno: conjunto de fuentes luminosas incandescentes o de descarga que delimitan o llaman la atención de determinadas características, como la forma de un edificio o la decoración de una vitrina.

Interruptor automático (Circuit Breaker): dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de sus valores nominales.

Nota. Los medios de apertura automática pueden ser: integrados, que actúan directamente con el interruptor automático, o situados a distancia del mismo (remotos).

Interruptor automático ajustable: calificativo que indica que el interruptor automático se puede ajustar para que se dispare a distintas corrientes, tiempos o ambos, dentro de un margen predeterminado.

Interruptor automático de disparo instantáneo: calificativo que indica que no se establece a propósito un retardo en la acción de disparo del interruptor automático.

Interruptor automático de tiempo inverso: calificativo que indica que se introduce a propósito un retardo en la acción de disparo del interruptor automático, retardo que es menor a medida que aumenta la intensidad de la corriente.

Interruptor de circuito contra fallas a tierra (GFCI): dispositivo diseñado para la protección de las personas, que funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de un determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Interruptores (Switches):

Interruptor de acción rápida y uso general: Interruptor de uso general construido para que se pueda instalar en cajas de dispositivos, en las tapas de las cajas o utilizar en las instalaciones de alguno de los modos reconocidos por este código.

Interruptor de circuito de motores (Guardamotor): Interruptor con valor nominal en kilovatios (kW) o en caballos de fuerza (HP), capaz de interrumpir la corriente máxima de sobrecarga de un motor del mismo valor nominal en kilovatios (kW) o caballos de fuerza (HP) que el interruptor a la tensión nominal.

Interruptor de separación (seccionador): Interruptor destinado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene intensidad de corriente de corte máxima y está diseñado para que se manipule únicamente después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

Interruptor de uso general: Interruptor diseñado para usarse en circuitos de distribución y ramales de uso general. Su capacidad se establece en amperios y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal.

Líquido volátil inflamable: líquido inflamable con punto de inflamación inferior a 38 °C o líquido inflamable cuya temperatura excede a su punto de inflamación o líquido combustible de Clase II que posee presión de vapor que no supera los 276 kPa (40 psi) a 38 °C, cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación.

Lugares:

Húmedos: sitios parcialmente protegidos bajo aleros, marquesinas, porches cubiertos, como azoteas y lugares similares. También son considerados como lugares húmedos los lugares interiores sometidos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros, establos y almacenes refrigerados.

Mojados: Instalaciones subterráneas o de baldosas de concreto o mampostería en contacto directo con la tierra, y lugares expuestos a saturación de agua u otros líquidos, como las zonas de lavado de vehículos y los lugares expuestos a la intemperie y no protegidos.

Secos: lugares no sometidos normalmente a la humedad o a mojarse. Un lugar clasificado como seco puede estar sujeto temporalmente a la humedad o a mojarse, como en el caso de un edificio en construcción.

Medio de desconexión: dispositivo o grupos de dispositivos u otro medio por el cual los conductores de un circuito se pueden desconectar de su fuente de alimentación.

Oculto: que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los cables en canalizaciones ocultas se consideran ocultos, aunque ellos mismos sean accesibles halándolos fuera de las canalizaciones (véase la definición de "Accesible aplicado a métodos de alambrado").

Panel de distribución (Panelboard): un solo panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; está diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible solo por su frente.

Partes energizadas: conductores, barras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que crean riesgo de descarga eléctrica.

Permiso especial: consentimiento o autorización dados por escrito por la autoridad que tiene a su cargo hacer cumplir este código.

Persona calificada: persona capacitada y familiarizada con la construcción y funcionamiento de los equipos y los riesgos que conllevan.

Protección contra fallas a tierra de equipos: sistema destinado para ofrecer protección de los equipos contra corrientes peligrosas debidas a fallas de fase a tierra. Funciona haciendo que un medio de desconexión abra todos los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección se provee a niveles de corriente inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante el funcionamiento de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Protector térmico (aplicado a motores): dispositivo protector que se ensambla como parte integral de un motor eléctrico que, cuando está correctamente aplicado, protege al motor contra sobrecalentamientos peligrosos debidos a sobrecargas o contra fallas en el arranque.

Nota. El protector térmico puede consistir en uno o más sensores integrados con el motor o motocompresor y un dispositivo externo de mando.

Protegido térmicamente (aplicado a motores): cuando las palabras "Protegido térmicamente" o "Thermally Protector" aparecen en la placa de características de un motor o motocompresor, indican que el motor lleva un protector térmico incorporado.

Protegido: cubierto, blindado, cercado, encerrado o resguardado de cualquier otro modo por medio de tapas, carcasas, cubiertas, barreras, rieles, pantallas, postes o plataformas, adecuados para eliminar la posibilidad de que una persona se acerque o haga contacto con objetos hasta un punto de peligro.

Puente de conexión equipotencial: conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

Puente de conexión equipotencial, principal: conexión entre el conductor puesto a tierra del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo en la acometida.

Puesto a tierra (Grounded): conectado a tierra o a cualquier cuerpo conductor que pueda actuar como tierra.

Puesto a tierra eficazmente: conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con

capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.

Punto de acometida: punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y la instalación del edificio.

Red o instalación interna de un predio: conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor, o en el caso de los suscriptores o usuarios sin medidor, a partir del registro de corte del inmueble. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general, cuando lo hubiere.

Rotulado: equipos o materiales a los que se ha unido un rótulo, símbolo u otra marca que identifique un organismo aceptado por la autoridad con jurisdicción y que se ocupa de la evaluación del producto manteniendo inspecciones periódicas de fabricación de equipos o materiales rotulados y mediante la cual el fabricante indica que cumple de manera específica con determinadas normas o funcionamiento.

Salida: punto de una instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.

Salida de potencia o fuerza (para equipo móvil): es un montaje cerrado en el que puede haber tomacorrientes, interruptores automáticos, portafusibles, interruptores con fusibles, conjuntos de conductores (Buses) y puntos de conexión de medidores, destinado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica para casas móviles, vehículos recreativos, carros eléctricos o embarcaciones o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica requerida para equipos móviles o instalados provisionalmente.

Salida para alumbrado: salida destinada para la conexión directa de un portabombillas, una luminaria o un cordón colgante que termine en un casquillo o portabombillas.

Salida para tomacorriente: salida a la que están conectados uno o más tomacorrientes.

Servicio:

Continuo: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un tiempo indefinidamente largo.

Corto: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un periodo corto y determinado de tiempo.

Intermitente: funcionamiento durante intervalos alternativos de 1) carga-sin carga, o 2) carga y parada, o 3) carga, sin carga y parada.

Periódico: funcionamiento intermitente en el que se repiten periódicamente las condiciones de carga.

Variable: funcionamiento a distinta carga y durante distintos intervalos de tiempo, estando la carga y tiempo sometidos a grandes variaciones.

Sistema derivado independiente: sistema de alambrado de un predio cuya energía procede de una batería, sistema solar fotovoltaico o del bobinado de un generador, transformador o convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa, ni siquiera mediante un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar los conductores que proceden de otro sistema.

Sobrecarga: funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga.

Sobrecorriente: corriente por encima de la corriente nominal de un equipo o de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Nota. Una sobrecorriente por encima de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se da un conjunto de condiciones. Por eso, las normas para protección contra sobrecorrientes son específicas para cada situación particular.

Tablero de distribución: véase la definición de "Panel de distribución".

Tensión (de un circuito): valor eficaz (raíz-media-cuadrática) de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera de un circuito.

Nota. Algunos sistemas, como los trifásicos tetrafilares, monofásicos trifilares y de corriente continua trifilares, pueden tener varios circuitos a distintas tensiones.

Tensión a tierra: en los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto del conductor del circuito que está puesto a tierra; en los circuitos no puestos a tierra, es la mayor diferencia de tensión entre un conductor dado y cualquier otro conductor del circuito.

Tensión nominal: valor nominal asignado a un circuito o sistema para designar habitualmente su nivel de tensión (por ejemplo., 120 V/240 V, 480 V/277 V (Sistema en estrella), 600 V). La tensión a la que funciona un circuito puede variar sobre la nominal dentro de un margen que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Nota. Véase la NTC 1340, Electrotecnia. Tensiones nominales en sistemas de energía eléctrica a 60 Hz en redes de servicio público.

Tomacorriente: dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida. Un tomacorriente sencillo es un dispositivo sencillo sin más dispositivos de contacto en el mismo molde. Un tomacorriente múltiple es un dispositivo que contiene dos o más tomacorrientes.

Nota. Véase la norma NTC 1650, Electrotecnia. Clavijas y tomacorrientes para uso general doméstico.

Tomacorriente con polo a tierra: tomacorriente con un contacto hembra que hace el primer contacto eléctrico a tierra con el contacto macho de una clavija al conectar un equipo. Hay de dos tipos: con el polo a tierra unido a la caja (molde) o con el polo a tierra aislado (para equipos sensibles).

Vivienda:

Unidad de vivienda: una o más habitaciones para uso de una o más personas que forman una unidad familiar con espacio para comer, descansar y dormir e instalaciones permanentes de cocina y sanitarias.

Vivienda bifamiliar: edificación que contiene solamente dos unidades de vivienda.

Vivienda multifamiliar: edificación que contiene tres o más unidades de vivienda.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema eléctrico general como salidas de fuerza, iluminación, subestación, alimentadores, apantallamiento y sistema de puesta a tierra de ASIA LOFT AND HALL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar los circuitos ramales y ubicación de las salidas eléctricas de cada apartamento, local comercial, áreas comunes y parqueaderos.
- ✓ Calcular los cuadros de cargas y calibres de los alimentadores requeridos para cada apartamento, local comercial y área común de la edificación.
- ✓ Calcular el transformador requerido para este tipo de edificación.
- ✓ Diseñar el sistema de puesta a tierra con respecto a la resistividad y resistencia del terreno, además del sistema de apantallamiento requerido.

RESUMEN

En este trabajo se tiene como objetivo el diseño eléctrico general de una edificación la cual cuenta con dos niveles destinados para parqueaderos vehiculares, dos niveles para locales comerciales y los siguientes tres niveles son destinados para apartamentos, en el diseño se contemplan varias etapas, las cuales deben cumplir los requisitos mínimos exigidos por sus correspondientes normas y/o reglamentos. Para nuestro caso las normas son: NTC 2050 (código eléctrico colombiano), NTC 1452-1-2-3 (protección contra descargas eléctricas), RETIE (reglamento técnico instalaciones eléctricas) resolución 9 0907 (25 octubre 2013) y normas E.E.P.P. (norma de la empresa de energía de Pereira).

El diseño eléctrico general se compone principalmente de: salidas de iluminación, salidas de tomacorrientes, tableros de distribución, acometidas, alimentadores, transformador de potencia, sistema de puesta a tierra y sistema de apantallamiento, de cada uno de estos se hará énfasis a lo largo de este documento.

Para el diseño se utiliza, además, de los conocimientos adquiridos en la carrera y los recopilados de las normas, el software AUTOCAD el cual tiene las bases necesarias para realizar el dibujo con todas las características eléctricas requeridas; adicionalmente se utilizó un software para el sistema de puesta a tierra llamado SPT que es una hoja de cálculo donde se ingresan los parámetros del terreno y él nos da el resultado si cumple o no nuestro diseño de puesta a tierra, por último un software de apantallamiento "RIESGO" este nos brinda el nivel de riesgo del edificio contra descargas atmosféricas teniendo en cuenta los parámetros de la estructura con estos tres software se desarrolla gran parte del diseño.

Palabras claves: subestación, puesta a tierra, transformador, iluminación, tomacorrientes.

INTRODUCCIÓN

Para brindar seguridad, confiabilidad, respaldo, entre otros, a los usuarios finales de la energía eléctrica es de vital importancia realizar un buen diseño contemplando todas las contingencias posibles y así, al momento de ser manipuladas las instalaciones eléctricas se reduzca el factor de riesgo.

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 nace con el fin de presentar una respectiva normatividad a las instalaciones eléctricas, sirviendo como guía a la hora de diseñar, realizar montaje e inspección de las instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales certificando un conjunto de normas básicas que todo sistema deba cumplir evitando daños a la integridad de las personas. La norma nos entrega una serie de parámetros a seguir a la hora de realizar los respectivos cálculos para un óptimo diseño garantizando así redes cada vez más confiables. Con una buena interpretación de esta norma podemos avalar que el trabajo a desarrollar servirá como guía para futuros diseños semejantes a pesar de que cada proyecto requiere consideraciones distintas, siempre existirá un reglamento técnico (RETIE) que se debe cumplir.

Cada elemento del diseño será en base al RETIE excepto el sistema de apantallamiento el cual será diseñado en base a la norma NTC 4552-1-2-3, además, se tendrán en cuenta datos suministrados por la localización de la edificación como por ejemplo estratificación, resistividad del terreno, nivel de riesgo, entre otros.

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se mencionan las pautas principales entre reglamentos, normas y conceptos básicos para el desarrollo de un diseño eléctrico de acuerdo a la ley vigente.

1.1 NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se mostraran pequeñas introducciones a las normas y reglamentos fundamentales y de estricto cumplimiento a la hora de elaborar un diseño eléctrico y/o construcción eléctrica.

1.1.1 Norma técnica colombiana NTC 2050

Esta norma nos brinda las disposiciones generales para la realización de un buen diseño eléctrico ya que en cada sección nos da a conocer la manera más adecuada de instalar cualquier elemento que pertenezca a la red eléctrica.

De la norma NTC 2050 tomaremos aquellas secciones de vital importancia para nuestro diseño como es el caso de la sección 210 que trae a colación todo lo relacionado con los circuitos ramales, la sección 215 que nos da las pautas para los alimentadores, etc.

1.1.2 Norma técnica colombiana NTC 4552-1-2-3

Las descargas eléctricas atmosféricas o rayos son un fenómeno natural que varía con el espacio y el tiempo y no existen actualmente dispositivos tecnológicos ni métodos capaces de evitarlos, pero sí de prevenirlos. Los rayos que impacten en las estructuras las acometidas de servicios domiciliarios (energía, acueducto, telecomunicaciones) o cerca del suelo, son peligrosos para las personas, para los hogares, afectando su contenido e instalaciones. Por lo tanto debe ser considerada la aplicación de medidas de protección contra rayos. (2)

La necesidad de protección, las ventajas económicas de instalación de la protección y la selección de las medidas adecuadas para la protección se deben determinar en términos de manejo del riesgo. El método del manejo del riesgo se expresa en la NTC 4552-2. (2)

Los criterios para el diseño, la instalación y el mantenimiento de medidas de protección contra rayos se consideran dentro de tres grupos separados. (2)

De estos tres grupos en la actualidad solo existe uno publicado y se refiere a la NTC 4552-3 los otros dos aún no han sido publicados.

1.1.3 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica en todo el territorio Nacional. La norma es de obligatorio cumplimiento y está regulada por la norma NTC 2050 (Código Eléctrico Colombiano).

El objetivo fundamental del reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. (3)

1.1.4 Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)

El objeto fundamental del reglamento es establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: Los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

El reglamento establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior; dentro de estos últimos los de alumbrado público, en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido, señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.

1.1.5 Norma empresa energía de pereira (EEP)

Esta norma nos establece los parámetros principales para el diseño y la construcción de redes eléctricas de sub-transmisión, distribución primaria y distribución secundaria en el área de influencia de Pereira, además esta norma es para nuestro proyecto de vital importancia debido a que la localización del proyecto es en la zona céntrica del municipio de Pereira, por tal razón se encontraran aspectos de diseño que no se contemplan en los reglamentos y/o normas anteriormente mencionadas.

1.2 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y COMPONENTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

Dentro de las normas y/o reglamentntos eléctricos se encuentran las condiciones, especificaciones y renstricciones de los materiales, componentes y demás elementos que hagan parte de un sistema eléctrico por esta razón a continuación se mencionaran los puntos significativos.

1.2.1 Bandejas portacables

La bandeja portacables debe considerarse como un elemento de soporte y no como una canalización, puede soportar canalizaciones o determinados conductores certificados y rotulados para uso en bandejas, deben cumplir los requisitos de instalación establecidos en la sección 318 de la NTC 2050, o la IEC 60364-5-52 y los de producto establecidos en normas tales como IEC 61537, NEMA VE1, NEMA VE2, NMX-J-511-ANCE NEMA GF-1, ANSI/UL568 o en normas equivalentes. Adicionalmente, deben cumplir los siguientes requisitos: (4)

- ✓ Protección contra la corrosión, de acuerdo con la norma ISO 9227. (4)
- ✓ El fabricante de bandejas portacables, debe especificar los máximos esfuerzos mecánicos permitidos que pueden soportar, en ningún caso se aceptan bandejas construidas en lámina de acero de espesor inferior al calibre 22 o su equivalente 0,75 mm. (4)
- ✓ Los accesorios de conexión de bandejas portacables, deben ser diseñados para cumplir su función de soporte y sujeción de los cables y no deben presentar elementos cortantes que pongan en riesgo el aislamiento de los conductores. (4)
- ✓ Las bandejas portacables no metálicas deben ser de materiales retardantes a la llama, no propagadores de incendios y de baja emisión de gases tóxicos o sustancias corrosivas. (4)
- ✓ En una misma bandeja portacables no deben instalarse conductores eléctricos con tuberías para otros usos. (4)
- ✓ Los cables expuestos a radiación ultravioleta instalados en bandeja deben ser resistentes a este tipo de radiación. (4)
- ✓ Se debe asegurar la equipotencialidad entre las distintas secciones de la bandeja. (4)
- ✓ No se permite el cable sobre bandejas en instalaciones residenciales y demás excepciones definidas en la NTC 2050. (4)
- ✓ Los conductores a instalar en bandeja deben estar certificados y rotulados para usar en bandeja, deben cumplir los requisitos de instalación establecidos en la sección 318 de la NTC 2050, teniendo en cuenta el derrateo por temperatura conforme a NTC 2431; no debe superar el 40% del volumen de llenado de la bandeja para cables de potencia y control ni el 50% para cables de instrumentación, tal como la define la IEEE 525 e IEEE 422. Deben ser marcadas en partes visibles dando cumplimiento al código de colores. (4)

- ✓ Se podrá aceptar la instalación de cables de calibres menores a 1/0 en bandeja porta cables, siempre que no sean de sección menor al 12 AWG, la instalación operación y mantenimiento se realizado por profesionales competentes, estén separados de los cables de mayor calibre por una pared rígida de material compatible con el de la bandeja y la separación entre travesaños o peldaños de la bandeja horizontal no supere 15 cm. (4)

Los conductores que se pueden instalar sobre la bandeja portacables deben tener las características necesarias para no propagar incendios ni emitir humos tóxicos para los seres humanos, es decir, libres de halógenos. Los conductores aptos para la instalación en bandeja portacables vienen rotulados con las iniciales CT. (Cable tray).

1.2.2 Salidas de tomacorrientes

Las salidas de fuerza para los tomacorrientes deben cumplir unos requisitos ue se mostraran a continuación.

1.2.2.1 Tomacorrientes en unidades de vivienda

Los puntos a tener en cuenta para la ubicación de los tomacorrientes en unidades de vivienda son básicamente 4 no son los únicos pero si los principales, estos son los siguientes.

a. Disposiciones generales.

En comedores, cuartos de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, dormitorios, cuartos de recreo, habitaciones o zonas similares en unidades de vivienda, se deben instalar salidas de tomacorrientes de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared esté a más de 1,80 m de un tomacorriente en ese espacio, medidos horizontalmente, incluyendo cualquier pared de 0,6 m o más de ancho y el espacio de pared ocupado por paneles fijos en los muros exteriores, pero excluyendo los paneles corredizos en los muros exteriores. En la medida de los 1,80 m se debe incluir el espacio de paredes que permita las divisiones fijas de las habitaciones, tales como mostradores auto estables de tipo barra o barandillas.

A efectos de este Artículo, se considera “espacio de pared” una pared continua a lo largo de la línea del suelo sin aberturas como puertas, chimeneas y similares. Cada espacio de pared de 0,6 m de ancho o más, debe ser considerado individual e independientemente de los demás espacios de pared dentro de la habitación. Está permitido que un espacio de pared incluya dos o más paredes de una habitación (a un lado y otro de los rincones), si la línea del suelo es continua. No se consideran espacios de pared los que quedan contra las puertas abiertas a 90°, los espacios ocupados o limitados por armarios fijos o los espacios que

correspondan a áreas de acceso o circulación permanente donde no sea posible instalar artefactos eléctricos. (5)

En dormitorios con área menor o igual a 9 m² se podrá aceptar que se disponga de sólo dos tomacorrientes dobles, siempre que estén ubicados en paredes opuestas. En el resto de la vivienda se debe atender lo establecido en el artículo 210.52 de la NTC 2050, teniendo en cuenta las excepciones de movilidad. (6)

b. Cuartos de baño.

En los cuartos de baño de las unidades de vivienda, se debe instalar por lo menos un tomacorriente en la pared adyacente a cada lavamanos, estén o no en un cuarto de baño. Las salidas de tomacorriente en los cuartos de baño deben estar alimentadas por lo menos por un circuito ramal de 20 A.

Las salidas de tomacorriente no se deben instalar mirando hacia arriba en las superficies de trabajo o mostradores de los lavabos de los cuartos de baño. (5)

c. Zonas de lavandería y planchado.

En las unidades de vivienda se debe instalar como mínimo un tomacorriente para lavadora y plancha. (5)

d. Pequeños artefactos

En la cocina, despensa o comedor auxiliar de una unidad de vivienda, el circuito o circuitos ramales de 20 A para pequeños, deben alimentar todas las salidas de tomacorrientes a las que se refiere las disposiciones generales de este capítulo y las salidas de tomacorrientes para refrigeradores. (5)

1.2.2.2 Salidas para tomacorrientes en áreas comunes

En pasillos, escaleras, depósitos, cuartos de aseo, locales comerciales, baños públicos, salas de espera y parqueaderos se instalaran tantos tomacorrientes como sean necesarios y acatando todo lo establecido por la norma.

1.2.2.3 Medidas de protección para tomacorrientes

En las áreas donde la instalación genere mayor vulnerabilidad de la persona al paso de la corriente, tales como lugares húmedos, se deben utilizar tomacorriente con interruptor de circuito por falla a tierra, ground fault current interrupt (GFCI). (7)

1.2.2.4 Sótanos y garajes

En las viviendas unifamiliares, en todos los sótanos y garajes adjuntos y en los garajes independientes con instalación eléctrica, se debe instalar por lo menos un tomacorriente. (5)

1.2.2.5 Recibidores y zonas similares

En las unidades de vivienda, los recibidores, vestíbulos, corredores, zaguanes y zonas similares, de 3 m de largo o más deben tener por lo menos un tomacorriente. Para efectos de este Artículo, la longitud del recibidor se mide como la longitud a lo largo del centro del mismo sin pasar por ninguna puerta. (5)

1.2.3 Salidas de iluminación

Las salidas para alumbrado se deben instalar donde se especifica en los siguientes ítems. (8)

1.2.3.1 Reconocimiento del sitio y objeto a iluminar

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento. (9)

1.2.3.2 Requerimientos de iluminación

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar el tipo de luz y los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación. (9)

1.2.3.3 Selección de luminarias y fuentes luminosas

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas. (9)

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- ✓ Su fotometría
- ✓ Su uso
- ✓ El tipo de fuente de luz o bombilla

- ✓ Las dimensiones y forma de la luminaria
- ✓ El tipo de montaje o instalación requerido
- ✓ Su cerramiento o índice de protección IP
- ✓ El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

1.2.3.4 Documentos fotométricos

Para identificar, clasificar y seleccionar las fuentes y luminarias es necesario conocer sus parámetros mediante los documentos fotométricos que deben suministrar los fabricantes y distribuidores. (9)

- ✓ **Matriz de intensidades:** Es el principal documento fotométrico de cualquier luminaria y muestra la información de distribución de la intensidad lumínica.
- ✓ **Diagrama isolux:** Es una representación a escala de los niveles lumínicos que alcanzarían sobre algún plano horizontal de trabajo en relación con la altura de montaje. Permite realizar cálculos gráficos manuales bastante precisos punto a punto en instalaciones de alumbrado público, instalaciones industriales o en canchas deportivas.

El diagrama Isolux debe cubrir un área comprendida sobre el plano de trabajo horizontal normal de la luminaria en sentido transversal entre $-2,5$ y $+5,0$ veces la altura de montaje. En el sentido longitudinal cubre desde $0,0$ hasta $+7,0$ veces la altura de montaje. Lo anterior, asumiendo que la luminaria se encuentra en el punto $(0, 0)$.

Figura 1. Imagen diagrama isolux.

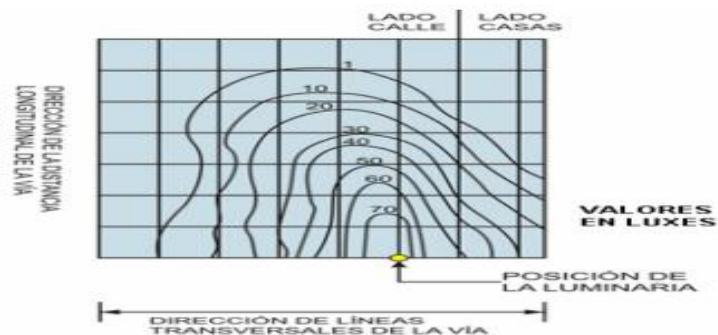


Figura tomada de (9)

El diagrama isolux debe expresar con claridad dos referentes, con el fin de establecer los respectivos factores de corrección: a) La altura de montaje a la que está referido, (permite establecer la escala) y el flujo luminoso de la fuente de luz con la que se realizó. (9)

Para facilitar el cálculo de estos factores de conversión, se debe presentar el diagrama isolux como si la luminaria estuviera a una altura de montaje de 1,0 m y tuviera una bombilla de 1.000 lúmenes.

Las diferentes curvas del diagrama se deben expresar en luxes. La curva de mínimo valor isolux en el diagrama, debe permitir el cálculo de niveles de iluminancia hasta de 1 lux, cuando la luminaria esté ubicada en la altura de montaje recomendada por el fabricante y tenga la bombilla igualmente recomendada para su uso. El factor de corrección por la altura de montaje se establece en términos de $(h_0/h_m)^2$ donde h_m corresponde a la altura de montaje del proyecto en tanto que no corresponde a la altura a la cual se obtuvo la curva isolux presente. (9)

El factor de corrección por los lúmenes de la bombilla, es directamente proporcional y se expresa como (ϕ_1/ϕ_0) , donde ϕ_1 son los lúmenes del proyecto actual y ϕ_0 los lúmenes con los cuales se representa la curva isolux. (9)

- ✓ **Diagrama polar de intensidad luminosa:** Corresponde a uno o varios planos C específicos en un diagrama isocandela. En el modelo CIE, los planos utilizados para conformar diagramas polares son: el que queda justo al frente y atrás de la luminaria (planos C=90° y 270° respectivamente) y el que contiene el valor de la máxima intensidad. Su principal utilización debe ser para establecer la clasificación de las luminarias con relación al control que tengan sobre las componentes de la luminaria que contribuyen a efectos deslumbrantes sobre los usuarios.

Como en los sistemas de iluminación se usan varios sistemas de coordenadas, para la aplicación adecuada de los documentos fotométricos se debe tener precisión con cuál de ellos se trabaja. Considerando que los más aplicados son los adoptados por la COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE -CIE- y por la ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA – IESNA-, se hacen algunas precisiones sobre estos dos sistemas de coordenadas, en especial sus posiciones de referencia. (9)

Figura 2. Planos horizontales C.

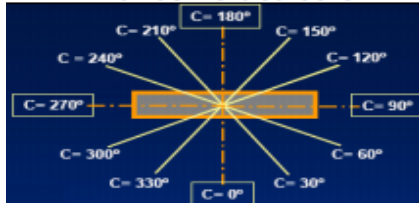


Figura tomada de (9)

Figura 3. Ángulos verticales Y.

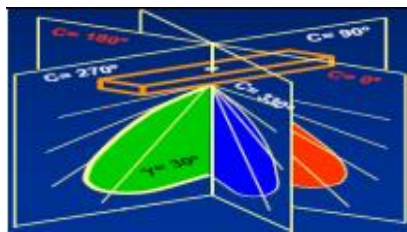


Figura tomada de (9)

En la versión CIE, denominadas coordenadas esféricas del tipo (C - γ CIE), el ángulo C inicia en el sentido longitudinal de la vía (ángulo C=0°), desde la derecha (visto en planta y desde arriba) y avanza en sentido contrario al uso horario. Así, la porción simétrica de una luminaria para alumbrado público cubre los ángulos desde C= -90° hasta C= +90°. Cada uno de estos ángulos distingue un PLANO. Así que en adelante, no se hará referencia al ángulo C sino al Plano C.

En cada plano C se pueden distinguir los ángulos verticales denominados γ (Gamma). La denominación de estos ángulos comienzan en 0° el cual se halla ubicado en la vertical en dirección hacia abajo ($\gamma=0^\circ$) o añadir y avanzan en forma ascendente hasta la horizontal ($\gamma=90^\circ$). En algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta 180° (en dirección vertical hacia arriba o Cenit), para algunas luminarias decorativas. (9)

En el modelo de coordenadas definido por la IESNA, el ángulo horizontal del diagrama isocandela inicia justo al frente de la luminaria (ángulo C=0°) y avanza en sentido al uso horario, visto en planta, desde arriba. Igual que en el modelo anterior, cada ángulo C define un PLANO. Así que en adelante, no se hará referencia al ángulo C sino al Plano C.

Figura 4. Sistema de coordenadas de la CIE.

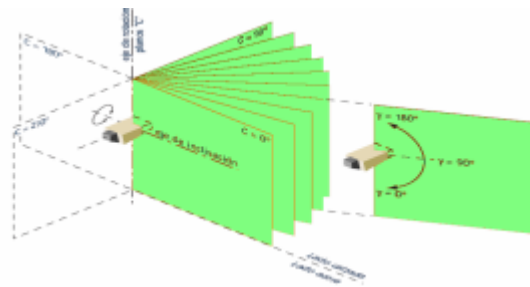


Figura tomada de (9)

Figura 5. Sistema de coordenadas de la IESNA.

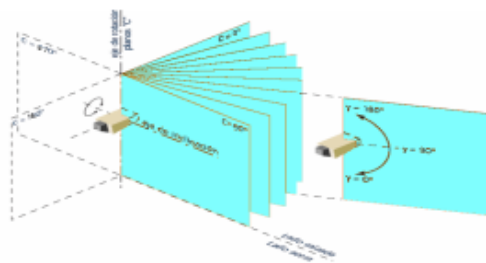


Figura tomada de (9)

Con respecto al ángulo vertical, denominado γ (Gamma), avanza desde la vertical en dirección hacia abajo ($\gamma = 0^\circ$) o añadir hasta la horizontal ($\gamma = 90^\circ$), aunque en algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta 180° , es decir en dirección vertical hacia arriba (o Cenit), para algunas luminarias decorativas. El ángulo γ (Gamma) se comporta de manera similar en ambos sistemas de coordenadas.

Este tipo de coordenadas esféricas se denomina Coordenadas (C - γ IESNA), y es el sistema de coordenadas que se utiliza generalmente para definir la fotometría las luminarias de alumbrado público. Para hacer una transformación de coordenadas entre sistemas, se utiliza una fórmula que da la relación entre planos CCIE y planos CIES. Esta fórmula es:

$$CCIE = 90^\circ - CIES$$

Para los documentos relacionados con proyectores, se debe utilizar el sistema de coordenadas rectangulares, provenientes del sistema internacional de medidas y patrones. (9)

- ✓ **Curvas de coeficientes de utilización:** Expresan el porcentaje del flujo luminoso emitido por una luminaria y que cae sobre una superficie determinada. En alumbrado público corresponderá a la superficie de la calzada y en alumbrado interior a la superficie del plano de trabajo o aquella que sea objeto del proyecto de iluminación. Conociendo los requerimientos de iluminación del lugar y la curva del coeficiente de utilización se puede determinar el tipo de luminaria que se requiere. (9)

1.2.3.5 Flujo luminoso para diseño

Para el diseño de iluminación y alumbrado público los cálculos se deben hacer tomando el valor de flujo luminoso nominal de las fuentes. El diseñador deberá considerar los factores y características de mantenimiento del flujo luminoso, a lo largo de la vida de la fuente. (9)

1.2.3.6 Duración o vida útil de la fuente lumínica

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular. (9)

a. Curvas de depreciación luminosa de las fuentes

El flujo luminoso de las fuentes luminosas decrece en función del tiempo de operación por desgaste de sus componentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales varía dependiendo de la sensibilidad de la misma al número de ciclos de encendido y apagado.

Los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas deberán disponer en catálogo o en otro medio de fácil acceso y consulta la información correspondiente a las curvas de depreciación de las fuentes. En el mismo sentido deben informarse las condiciones eléctricas de alimentación y encendido para la operación normal de la bombilla, tales como el rango de tensión de operación nominal de la bombilla. (9)

b. Curva de mortalidad o de vida promedio de las fuentes luminosas

El fabricante deberá informar sobre la duración de cada tipo de fuente luminosa, publicando la curva de mortalidad correspondiente, o indicando el índice de bombillas sobrevivientes. En este tipo de curva debe determinarse el porcentaje de fuentes que siguen en operación después de un periodo o número de horas de servicio. Con base en esta curva se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los periodos (años, meses) de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

Las bombillas incandescentes se consideran con vida hasta cuando éstas dejan de encender. En el caso de las bombillas de descarga en gas, la vida útil de la

bombilla se considera hasta cuando su flujo luminoso llega al 70% del flujo inicial. (9)

c. Vida económica de las fuentes y análisis económico de luminarias

La vida económica de una fuente luminosa, es el período expresado en horas después del cual la relación entre el costo de reposición y el costo de los lúmenes-hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. La vida económica depende por consiguiente de la curva característica de depreciación, del costo de las bombillas de reemplazo, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía consumida.

Para efectos del presente reglamento se precisa que las fuentes luminosas son usadas como parte de una luminaria y por lo tanto en el análisis económico se debe considerar el punto luminoso en su totalidad. Es decir, se debe incluir por una parte el efecto del conjunto óptico (fotometría) y por otra el efecto del conjunto eléctrico (eficiencia energética). (9)

Los análisis económicos con fines comparativos o de evaluación deberán tener como referencia los niveles de iluminación mantenidos durante el periodo de análisis, debiendo ser tales niveles iguales o superiores a los valores mínimos establecidos en el presente reglamento. Cada instalación en particular tendrá una vida económica, dependiendo de los resultados de las variables incluidas en el análisis económico.

1.2.3.7 Características de reproducción cromática y de temperatura de color

Para la clasificación de las bombillas en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra o CRI), se deben aplicar los valores de la Tabla 1. Adaptada de la publicación CIE 29.2 de 1986 "Guía de iluminación interior. Segunda edición"

Tabla 1. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color.

Clase	Índice de reproducción de color (CRI ó Ra) %
1A	>90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

Tabla tomada de (9)

Los desarrollos tecnológicos actuales y los estándares en fuentes de iluminación permiten determinar fácilmente las características de reproducción cromática y temperatura de color, la tabla 200.3.4 b. da una orientación al respecto. (9)

Tabla 2. Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.

Índice de reproducción cromática (Ra) o (CRI) %	Clase	Cálido < 3.300 K	Neutro 3.300 – 5.000K	Frio >5.000 K	Criterio de aplicación
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación del color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Halogenuros metálicos y cerámicos			
80 - 89	1 B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Sodio Blanco			
70 - 79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	En áreas donde la calidad de apreciación correcta del color es de poca importancia
< 70	2 B, 3 y 4	Mercurio	Mercurio		
		Sodio			

Tabla tomada de (9)

El índice de reproducción cromática y la temperatura de color de la fuente luminosa pueden incidir en las condiciones psicológicas y la percepción estética cuando se realiza una tarea, tales factores pueden acentuarse en función del nivel de iluminación. Por lo anterior, en la selección de las de las fuentes luminosas los anteriores son factores de importancia a considerar en adición a las preferencias personales, la presencia o ausencia de luz natural y el clima exterior. En la escogencia de la fuente luminosa como criterio de selección del índice de reproducción de color (Ra) se recomienda tener en cuenta la Norma Europea UNE EN 12464-1 de 2003 "Iluminación. Iluminación de los Lugares de Trabajo. Parte 1: Lugares de Trabajo en Interiores", que en su Tabla 5.1 indica el Índice de Reproducción Cromática (Ra), admisible para tareas o actividades. (9)

1.2.3.8 Unidad o unidades de vivienda

En cada cuarto habitable se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared, así como en los cuartos de baño, recibidores, escaleras, garajes anexos y garajes independientes con instalación eléctrica, y en el exterior de las entradas o salidas al exterior. No se considera entrada o salida exterior la

puerta para vehículos de un garaje, a menos que este se tenga como acceso obligatorio al interior de la vivienda. (8)

Cuando los áticos, espacios bajo el piso, cuartos de máquinas y sótanos se utilicen para almacenaje o contengan equipos que haya que revisar, se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor situado en el punto de entrada de dichas habitaciones. La salida de alumbrado se debe instalar cerca del equipo que haya que revisar. (8)

Cuando se instalen salidas para alumbrado en escaleras interiores, debe haber en cada planta un interruptor de pared que permita encender y apagar la luz, siempre que la diferencia entre dos plantas sea de seis escalones o más. (8)

1.2.3.9 Otros lugares

En todos los áticos o espacios bajo el piso se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared, cerca de los equipos que requieran revisión, como los de calefacción, refrigeración o aire acondicionado. El interruptor se debe localizar en el punto de entrada al ático o al espacio bajo el piso. (8)

1.2.4 Generalidades del diseño de iluminación

La luz es un componente esencial en cualquier ambiente, hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas.

El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas.

El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento. La solución a una demanda específica de iluminación debe ser resuelta en un marco interdisciplinario, atendiendo los diversos aspectos interrelacionados y la integración de enfoques, metodologías, técnicas y resultados. (9)

1.2.4.1 Iluminación eficiente

La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, luz artificial, en lo posible se debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía. En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos

ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles. (9)

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados y evaluando todos los costos que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación se llegue al menor valor.

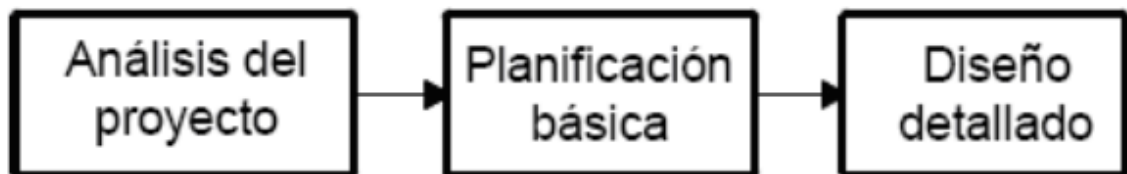
Los sistemas de iluminación objeto del presente reglamento, deben ser eficientes y por tanto deben contemplar el uso racional y eficiente de energía, entre otros requisitos deben observarse los siguientes:

- ✓ Usar al máximo posible la luz natural.
- ✓ En todo diseño se deben buscar obtener las mejores condiciones de iluminación usando fuentes luminosas de la mayor eficacia disponible, conjuntos eléctricos de alta eficiencia y luminarias con la fotometría más favorable en términos de factor de utilización.
- ✓ En los proyectos nuevos o remodelaciones de sistemas de iluminación de avenidas, grandes áreas o parques deportivos, donde se tienen altos consumos de energía, se debe considerar la posibilidad de reducir los consumos en las horas de baja circulación de personas o vehículos, mediante la instalación de tecnologías o prácticas apropiadas de control.
- ✓ En zonas donde se instale alumbrado con bombillas que no permitan cambios de tensión como método de reducción de potencia, se deben prever los circuitos eléctricos necesarios o los fotocontroles temporizados, para controlar el encendido de las bombillas.

1.2.4.2 Proceso de diseño de iluminación

Un diseño de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:

Figura 6. Diagrama de bloques, proceso de iluminación.



a. Análisis del proyecto

En esta etapa se debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, interés y limitaciones del trabajo o tareas a realizar. La identificación clara y precisa de estas variables es fundamental para el éxito de cualquier proyecto. (9)

- I. **Demandas visuales:** Son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos prolongados.
- II. **Demandas emocionales:** Surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas.
- III. **Demandas estéticas:** Se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc.
- IV. **Demandas de seguridad:** Se determina por una parte, en función de los dispositivos de iluminación para circulación de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra como las características de las fuentes luminosas.
- V. **Condiciones del espacio:** están relacionadas con las características físicas tanto de las áreas a iluminar como su entorno.
- VI. **Intereses:** En el diseño de iluminación se deben conocer los intereses de los posibles usuarios y diseñadores de interiores o mobiliario, por lo que se debe aprovechar la oportunidad de conocer e integrar sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación.
- VII. **Variables económicas y energéticas:** El análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de instalación inicial sino también los de funcionamiento durante la vida útil del proyecto.
- VIII. **Restricciones:** En el diseño se deben tener en cuenta las restricciones normativas o reglamentarias, por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y ocupación del espacio, aspectos tales como la existencia de elementos estructurales, arquitectónicos, mobiliario, canalizaciones o equipos de otros servicios son restricciones que se deben tener en cuenta en el sistema de iluminación. (9)

b. Planificación básica

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, se debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía aspectos específicos. Por lo que en esta etapa se deberá contar con un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de alumbrado, características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial. (9)

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtienen de la documentación técnica pero, en proyectos que lo ameriten se debe realizar un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico en la obra, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos.

c. Diseño detallado

El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m² y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de personas en una mismo salón (50 o más), durante periodos mayores a dos horas. (9)

En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- I. La selección de las luminarias.
- II. El diseño geométrico y sistemas de montaje.
- III. Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos.
- IV. La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.
- V. Análisis económico y presupuesto del proyecto.

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica. (9)

- ✓ Planos de montaje y distribución de luminarias
- ✓ Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- ✓ Cálculos eléctricos

- ✓ Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía
- ✓ El esquema y programa de mantenimiento.
- ✓ Las especificaciones de los equipos recomendados.

En lo posible el diseño debe considerar varias alternativas de iluminación.

d. Uso de software para diseño de sistemas de iluminación

El software empleado en el cálculo y diseño de sistemas de iluminación debe cumplir con los siguientes requisitos. (9)

- I. El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento.
- II. Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.
- III. Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.
- IV. Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fonometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o espacio a iluminar, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados.
- V. El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.
- VI. El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como (CIE, IESNA., NTC, ANSI, etc.).
- VII. En el caso de usar software para el diseño de alumbrado público, los parámetros de cálculo y los resultados obtenidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en el presente reglamento. Para el efecto, parámetros tales como mallas de cálculo, posiciones del observador,

factores de mantenimiento con las condiciones ambientales del lugar y el grado de protección de la luminaria usada en la instalación y demás, deberán validarse ante organismo de inspección o laboratorio acreditado para desarrollar actividades de iluminación a nivel nacional o internacional. La diferencia entre los resultados del software a validar y los obtenidos por el software de referencia empleado por el laboratorio u organismo de inspección no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación.

- VIII. El software de diseño interior deberá efectuar los cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, eficiencia energética. Se podrá usar un software independiente para calcular el Coeficiente de Contribución de Luz Día - CLD a la instalación.
- IX. Los datos resultantes del diseño no pueden diferir en más del 5% para el caso de iluminancia y del 10% para el caso de luminancia, respecto de los valores medidos del sistema de iluminación en funcionamiento. (9)

Aunque el software especializado no requiere de un certificado de conformidad de producto, si se requiere que tenga una validación de sus resultados en por lo menos 3 de sus aplicaciones, mediante pruebas y mediciones realizadas por un organismo de inspección acreditado. (9)

1.2.4.3 Uso racional y eficiente de energía en iluminación

Todos los proyectos de iluminación y alumbrado público deben incorporar y aplicar conceptos de uso racional y eficiente de energía, para conseguir una iluminación eficiente sin desatender las demandas visuales, los conceptos que se deben aplicar son los siguientes. (9)

a. Sector residencial

- I. Aprovechar al máximo la luz natural.
- II. Usar Colores claros en paredes y techos permite aprovechar al máximo la luz natural y reducir el nivel de iluminación artificial.
- III. No dejar encendidas fuentes luminosas que no se estén utilizando.
- IV. Limpiar periódicamente las bombillas y luminarias permite aumentar la luminosidad sin aumentar la potencia.
- V. Adaptar la iluminación a las necesidades, prefiriendo la iluminación localizada, además de ahorrar energía permite conseguir ambientes más confortables.
- VI. Colocar reguladores de intensidad luminosa de tipo electrónico.

- VII. Colocar detectores de presencia o interruptores temporizados en zonas comunes (vestíbulos, garajes, etc.), de forma que las fuentes luminosas se apaguen y enciendan automáticamente. (9)

b. Sector comercial e industrial

- I. Aprovechar al máximo la luz natural mediante la instalación de foto sensores que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
- II. Establecer circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
- III. Usar sistemas de control centralizado en grandes instalaciones permiten ahorrar energía mediante la adecuada gestión de la energía demandada y consumida, además de efectuar un registro y control sobre los eventos que afectan la calidad del servicio.
- IV. Instalar detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).
- V. Instalar controles de iluminación automáticos que apaguen o enciendan las luces en determinados horarios, son una fuente de ahorro importante.
- VI. Elegir siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de las necesidades de iluminación.
- VII. Emplear balastos que, ahorran energía, alargan la vida de las bombillas y consiguen iluminación más agradable y confortable.
- VIII. Realizar un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las bombillas en función de la vida útil indicada por los fabricantes. (9)

c. Alumbrado exterior y público

- I. Utilizar luminarias para alumbrado público con fotometrías que le permitan hacer diseños con la mayor interdistancia y menor altura de montaje.
- II. Instalar luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible.
- III. Usar conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica.
- IV. Usar equipos para el conjunto eléctrico con bajas pérdidas, dimerizables o que permitan la reducción de potencia.

- V. Elegir correctamente los ángulos de apertura para los proyectores.
- VI. Seguir las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores. (9)

d. Otras medidas que se deben tener en cuenta para aplicación ure

- I. Usar materiales traslúcidos, difusos que dejen pasar poco calor radiante y aplíquelo en áreas grandes para incrementar la contribución de luz natural.
- II. Usar iluminación localizada en puestos de trabajo, mayor que la general.
- III. El diseño de la distribución de la iluminación debe ser flexible, de tal manera que pueda permitir una reacomodación en la organización del trabajo.
- IV. Usar fuentes de luz más eficaz y satisfagan los requerimientos de rendimiento de color.
- V. Uso de la luminaria más eficiente, que satisfaga el requerimiento de confort en términos de apantallamiento.
- VI. Incrementar las reflectancias de la superficie del salón hasta valores donde no se produzca deslumbramiento, discomfort y distracción.
- VII. Control horario de apagado y encendido de sistemas de iluminación, sin comprometer aspectos de seguridad. (9)

1.2.5 La iluminación en el análisis de riesgos

Todo diseño de un proyecto de iluminación debe resolver los factores de riesgo propios del sistema de iluminación, para lo cual el diseñador deberá hacer una evaluación de tales factores. En el análisis se deben considerar todos los aspectos de la iluminación relacionados con la salud y seguridad de las personas, el medio ambiente y la vida animal y vegetal, en este sentido debe considerarse los requerimientos de iluminación de emergencia, en caso de falla en las instalaciones de alumbrado normal o del suministro de energía. (9)

Una iluminación inadecuada, por exceso o defecto, puede llevar a patologías asociadas como dolores de cabeza, irritación de los ojos, trastornos músculo-esquelético, debido a posiciones constantes y generalmente inadecuadas, asociadas a la utilización rápida y repetitiva de ciertos grupos musculares, que se traducen en cansancio muscular que lleva a malas posturas con alteraciones dolorosas de columna vertebral, principalmente en la región cervical y lumbar. (9)

El cansancio visual por variaciones en la acomodación del ojo puede llevar a la presentación de mareos, originados por el efecto cebra y el efecto parpadeo. (9)

El efecto cebra se produce por la aparición sucesiva de zonas claras y oscuras ante el conductor que puede llegar a sentir una sensación de molestia e incluso mareo debido a una baja uniformidad de las luminancias. (9)

El efecto de parpadeo o flicker se produce por cambios periódicos de los niveles de luminancia en el campo de visión, según unas frecuencias críticas, entre 2,5 y 15 ciclos/segundo, que provocan incomodidad y mareos. (9)

Utilizar fuentes de iluminación con un color de luz no apropiado para la actividad que se desarrolla en sitios con iluminación artificial, puede producir Discromatopsias, que son alteraciones que implican trastornos en la discriminación de colores. (9)

La inadecuada disposición física de los equipos de iluminación puede llevar a que se presenten deslumbramientos perturbadores o molestos, debido a la luz que emiten directamente las fuentes luminosas o reflejadas; por ello el deslumbramiento es un factor importante a considerar en el análisis de riesgos. (9)

Por tales razones la evaluación de las condiciones bajo las cuales se desplazan los peatones y los vehículos en los espacios públicos y las condiciones de los puestos de trabajo, donde se llevan a cabo labores industriales, comerciales, educativas o se realizan actividades recreativas o del hogar, deben considerar los siguientes aspectos, para minimizar el riesgo de inseguridad, accidentalidad y deterioro de la salud visual:

- I. Niveles adecuados de iluminación, dependiendo del lugar, actividad y edad de las personas que van a utilizar dicho alumbrado.
- II. Uniformidad de los niveles de iluminación.
- III. Control del deslumbramiento.
- IV. Temperatura de color de las fuentes luminosas y su índice de reproducción del color, dependiendo de la actividad que se desarrolla en el sitio iluminado.
- V. Temperatura asociada a la operación de las fuentes, propiedades de luminarias y sitios de montaje, incluyendo las de ignición de los productos aledaños.
- VI. Condiciones de localización para la operación y el mantenimiento. (9)

1.2.6 Medición de variables fotométricas

Los proyectos de iluminación, las fuentes y luminarias se deben medir con los instrumentos adecuados, con las calibraciones y certificaciones acordes con las normas de metrología establecidas en el país. Las cantidades fotométricas que se necesitan medir en trabajos de campo son la iluminancia y la luminancia. (9)

1.2.6.1 Medición del flujo luminoso

Las medidas de flujo luminoso se deben realizar en laboratorios acreditados o reconocidos por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica de ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a un casco esférico (Esfera de Ulbricht,) y en cuyo interior se coloca la fuente luminosa a medir. (9)

En consideración a que hay tres tipos de respuesta visual; Fotópica o visión de día (3 cd/m^2 a mas), Escotópica o visión de noche (0.001 cd/m^2 o menos), Mesotópica como combinación entre la fotópica y la escotópica (0.001 cd a 3 cd/m^2) (Lightinghandbookpag 1-6) , investigaciones recientes demuestran la importancia de incluir en los sistemas de iluminación el uso de las fuentes de luz cuyas características de emisión permiten una mejor percepción bajo condiciones de iluminación mesotópica y escotópica. (9)

Los resultados de las investigaciones indican que fuentes luminosas cuyas características fotométricas son evaluadas actualmente mediante estándares fotópicos, presentan mejores características para la percepción del ojo humano en los niveles mesotópicos y escotópicos, así como que adicionalmente las fuentes requieren de menor uso energético para producir similares percepciones. Los efectos positivos que se desprenden de los estudios realizados y su estrecha relación con una posible aplicación URE, hace posible que los diseños de iluminación tiendan a considerar las condiciones de visión mesotópica y Escotópica, propiciando una mayor participación a las fuentes de luz con mayor contenido de azules. No obstante a la fecha no se tiene una norma internacional que valide estos resultados. (9)

Por lo anterior, a manera de investigación se podrán aceptar proyectos diseñados y construidos bajo las condiciones descritas en los párrafos anteriores, siempre que exista una persona responsable del sistema de iluminación y sean monitoreados. En el evento que se expida una norma internacional sobre el asunto, deberá dársele aplicación (9)

Como el flujo luminoso de las lámparas se mide en las condiciones de sensibilidad fotópica, para los proyectos realizados bajo el criterio de sensibilidad escotópica o mesotópica del ojo, se deben hacerse los ajustes de acuerdo con los estudios en que se soporten, tales como el STRATIO Escotópico – Fotópico, así como normas relacionadas tales como la BSEN 13201-2, ITALIAN STANDARD UNI124800-2007. (9)

1.2.6.2 Medidor de iluminancia

La iluminancia se mide en Luxes con un luxómetro, el cual tiene tres características importantes: sensibilidad, corrección de color y corrección coseno. (9)

La sensibilidad se refiere al rango de iluminancia que cubre, dependiendo si será usado para medir luz natural, iluminación interior o exterior nocturna. Para una adecuada medición de iluminancia se requiere que el luxómetro tenga certificado de calibración vigente y las siguientes especificaciones técnicas: respuesta espectral \leq al 4% de la curva CIE Standard, error de Coseno \leq al 3% a 30°, pantalla de 3,5 dígitos, precisión de +/- 5% de lectura +/- un dígito y rango de lectura entre 0.1 y 19.990 luxes. (9)

La corrección de color se refiere a que el instrumento tiene un filtro de corrección, para que el instrumento tenga una sensibilidad espectral igual a la del Observador Standard Fotópico de la CIE. (9)

La corrección coseno significa que la respuesta del medidor de iluminancia a la luz que incide sobre él desde direcciones diferentes a la normal sigue la ley de coseno. (9)

1.2.6.3 Medidor de luminancia

La luminancia media sobre un área específica se mide en Candelas / m² con un luminancímetro, este aparato posee un sistema óptico que enfoca la imagen sobre un detector, mirando a través del sistema óptico el operador puede identificar el área sobre la que está midiendo la luminancia, y usualmente muestra la luminancia promedio sobre esta área. (9)

Las características y requisitos más importantes que debe tener los luminancímetros son su respuesta espectral acorde con la curva de sensibilidad espectral del observador estándar de la CIE, su sensibilidad y la calidad de su sistema óptico; ángulo de aceptación 1/3°, sistema óptico con lentes de 85 mm, sistema SLR factor de destello inferior a 1,5%, receptor de fotocelda de silicio, respuesta espectral de acuerdo con la curva fotópica de la CIE (iluminante A; valor integrado de 400 a 760 nm), unidad de medida cd/m², exactitud de: 0,01 a 9,99 cd/m²: $\pm 2\% \pm 2$ dígitos del valor visualizado; 10,00 cd/m² o más: $\pm 2\% \pm 1$ del valor mostrado (iluminante A medido a temperatura ambiente de 20 a 30° C. Factor de corrección con un ajuste de entrada numérico, rango: 0,001 a 9.999, pantalla externa: de 4 dígitos LCD con indicaciones adicionales, visor: 4 dígitos LCD con retroalimentación LED y certificado de calibración vigente. (9)

1.2.6.4 Pruebas de verificación de los equipos de medición

Para la calibración o verificación de los equipos de medición de iluminación, debe hacerse en una unidad de verificación o laboratorio de prueba debidamente acreditado o reconocido por la autoridad competente. La unidad de verificación o laboratorio de prueba debe entregar el certificado de calibración o verificación contra un equipo patrón de acuerdo con la lista de chequeo exigida por la autoridad de metrología competente. La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y los reportes de los laboratorios de prueba será las determinadas por la autoridad de metrología competente. (9)

1.2.7 Circuitos ramales

Los conductores de los circuitos ramales deben tener una capacidad de corriente no menor a la carga máxima que van a alimentar. Además, los conductores de circuitos ramales con varias salidas para alimentar tomacorrientes para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal. Los cables cuyo conductor neutro tenga menor sección transversal que los conductores no puestos a tierra, deben ir así rotulados. (5)

1.2.7.1 Protección contra sobrecorriente

Los conductores de circuitos ramales y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad de corriente nominal o ajuste. (5)

1.2.7.2 Disposiciones de salida

Los dispositivos de salida deben tener una corriente nominal no menor a la carga que van a servir y deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados a) y b): (5)

a. Portabombillas.

Cuando estén conectados a un circuito ramal de más de 20 A nominales, los portabombillas deben ser del tipo de servicio pesado. Un portabombillas de servicio pesado debe tener una potencia nominal no menor a 600 W si es de tipo medio y no menor a 750 W si es de cualquier otro tipo. (5)

b. Tomacorrientes.

- I. Un tomacorriente sencillo instalado en un circuito ramal individual, debe tener una capacidad de corriente no menor a la de dicho circuito. (5)

- II. Cuando esté conectado a un circuito ramal que suministra corriente a dos o más tomacorrientes o salidas, el tomacorriente no debe alimentar a una carga total conectada con cordón y clavija que supere el máximo establecido en la Tabla 3. (5)

Tabla 3. Carga máxima conectada a un tomacorriente para artefactos con cordón y clavija.

Corriente nominal circuito (A)	Capacidad de corriente del tomacorriente (A)	Carga máxima (A)
15 o 20	15	12
20	20	16
30	30	24

Tabla tomada de (5)

- III. Cuando estén conectados a un circuito ramal que alimente a dos o más salidas o tomacorrientes, la capacidad de corriente de los tomacorrientes debe corresponder a los valores de la Tabla 4 o, si es de más de 50 A, la capacidad de corriente del tomacorriente no debe ser menor a la corriente nominal del circuito ramal. (5)

Tabla 4. Capacidad de corriente de tomacorrientes en circuitos de diversa capacidad.

Corriente nominal del circuito (A)	Capacidad de corriente del tomacorriente (A)
15	No más de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

Tabla tomada de (5)

1.2.7.3 Circuitos básicos necesarios

Las instalaciones eléctricas de las unidades de vivienda, de área construida menor a 40 m² con capacidad instalable no mayor a 5 kVA, deben ser construidas mínimo con tres circuitos: (7)

- ✓ Un circuito para pequeños artefactos de cocina, despensa y comedor, de capacidad no menor a 20 A, a este circuito se le puede incorporar la carga del cuarto de baño. (7)

- ✓ Un circuito para conexión de plancha y lavadora de ropa, de capacidad no menor a 20 A (7)
- ✓ Un circuito para iluminación y tomacorrientes de uso general en el resto de la vivienda, de capacidad no menor a 20 A. (7)

1.2.7.4 Cargas máximas

La carga total no debe superar la corriente nominal del circuito ramal y no debe superar las cargas máximas especificadas en los siguientes puntos, bajo las condiciones especificadas allí.

- ✓ **Cargas accionadas por motores y combinadas.** Cuando un circuito suministra corriente sólo a cargas accionadas por motores, se debe aplicar la Sección 430 de la NTC 2050. Cuando un circuito suministra corriente sólo a equipos de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, se debe aplicar la Sección 440 de la NTC 2050. En circuitos que alimenten cargas consistentes en equipos de utilización fijos con motores de más de 95 VA (1/8 HP), junto con otras cargas, la carga total calculada debe ser el 125 % de la carga de motor más grande, más la suma de todas las demás cargas. (5)
- ✓ **Cargas Inductivas de Alumbrado.** Para los circuitos que alimenten equipos de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, la carga calculada se debe basar en la capacidad de corriente total de dichas unidades y no en la potencia total de las bombillas (en vatios). (5)
- ✓ **Otras cargas.** La corriente nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos ramales que alimentan cargas continuas, como la iluminación de las tiendas y otras cargas similares, no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá tener una capacidad de corriente igual o superior al de carga no continua más el 125 % de la carga continua. (5)

1.2.8 Alimentadores

Parte imprescindible de los sistemas de distribución de energía son las redes de suministro de fluido eléctrico. Técnicamente estos elementos reciben el nombre de alimentadores y para su completa definición debe tenerse en cuenta el alcance, el calibre del conductor y su consecuente capacidad de corriente, la protección contra sobrecorriente, la forma como está configurada la red y la forma como se diagraman. Los anteriores aspectos se especifican a continuación. (10)

Esta sección trata de los requisitos de instalación, de la capacidad de corriente y del calibre mínimo de los conductores de los alimentadores que suministran corriente a los circuitos ramales. (8)

1.2.8.1 Capacidad de corriente y calibres mínimos

Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor a la necesaria para alimentar las cargas calculadas en los cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas. Los calibres mínimos deben ser los especificados en los siguientes apartados a) y b) en las condiciones estipuladas. Los conductores del alimentador de una unidad de vivienda o una vivienda móvil no tienen que ser de mayor calibre que los conductores de acometida. Para calcular la sección transversal (calibre) de los conductores. (8)

a. Para circuitos específicos.

La capacidad de corriente de los conductores del alimentador no debe ser menor a 30 A cuando la carga servida consista en alguno de los siguientes números y tipos de circuitos: 1) dos o más circuitos ramales bifilares servidos por un alimentador bifilar; 2) más de dos circuitos ramales bifilares servidos por un alimentador trifilar; 3) dos o más circuitos ramales trifilares conectados a un alimentador trifilar o 4) dos o más circuitos ramales tetrafilares conectados a un alimentador trifásico tetrafilar. (8)

b. Capacidad de corriente relativa a los conductores de entrada de acometida.

La capacidad de corriente de los conductores del alimentador no deberá ser menor a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten toda la corriente suministrada por los conductores de entrada de acometida con una capacidad de corriente de 55 A o menos. (8)

1.2.8.2 Protección contra sobrecorriente

Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente. (8)

1.2.8.3 Alimentadores con neutro común

Para los alimentadores con neutro común se indican dos consideraciones a tener en cuenta, estos se muestran en el punto a) y b).

a. Alimentadores con neutro común

Se permite que los alimentadores que contengan un neutro común alimenten dos o tres grupos de alimentadores trifilares o dos grupos de alimentadores tetra o pentafilares. (8)

b. En conductos o encerramientos metálicos

Cuando estén instalados en un conducto u otro encerramiento metálico, todos los conductores de todos los alimentadores con un neutro común deberán estar encerrados en el mismo conducto u otro encerramiento. (8)

1.2.8.4 Diagrama de los alimentadores

Si lo exige la autoridad competente, antes de la instalación de los alimentadores se debe presentar un diagrama que recoja los detalles de dichos circuitos. Dicho diagrama debe presentar la superficie en metros cuadrados de la edificación u otra estructura alimentada por cada circuito, la carga total conectada antes de aplicar factores de demanda, los factores de demanda aplicados, la carga calculada después de aplicar los factores de demanda y el tipo y calibre de los conductores utilizados. (8)

1.2.8.5 Selección de los alimentadores para motores

La sección 430 de la norma NTC-2050 nos brinda la información necesaria para tener en cuenta a la hora de la elección del alimentador de los motores.

Los conductores de los circuitos ramales que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor al 125 % de la corriente nominal del motor a plena carga. (11)

Nota: los motores utilizados para el sistema contra incendio no deben llevar protección térmica contra sobrecargas solo debe tener protección contra corto circuito (magnética).

1.2.9 Acometidas y cajas de medidores

Toda vez que sea seleccionado el tipo de transformador y sean tenidas en cuenta las restricciones y disposiciones que dicha selección arroje, el proceso continúa con el diseño de la acometida y en consecuencia, con la selección de los elementos que la componen entre los cuales se cuenta la caja del medidor. (12)

La estricta reglamentación que ha sido generada buscando la disminución de las pérdidas por conexiones ilegales o fraudulentas es explícita en cuanto a los requerimientos que deben cumplir los dispositivos y tipos de conexión a la red de suministro. Se debe partir entonces por las definiciones de acometida y caja de medidor para que el presente manual esté en consonancia con los objetivos que persigue la mencionada reglamentación. (12)

Calibre mínimo. Los conductores no deben tener una sección transversal menor a 8,36 mm² (8 AWG) si son de cobre o a 13,29 mm² (6 AWG) si son de aluminio o cobre revestido de aluminio. (13)

1.2.9.1 Definición de acometida según RETIE

Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. Las acometidas partirán, siempre, de las cajas portaborneras de distribución, previamente identificadas y marcadas, y llegarán a la caja del medidor apoyadas en el neutro portante del tendido principal, sin conectarse eléctricamente a los conductores. Deberán anillarse los conductores de la acometida, con alambre de cobre No.14 AWG aislado o con cremalleras plásticas y el espaciamiento máximo entre anillos será de 25cm. Desde el frente del cliente el cable concéntrico se llevará hasta el tubo de la bajante a la caja que alojará el medidor. (12)

Las acometidas aéreas no estarán a menos de 3m de altura de las aceras de tráfico exclusivamente peatonal, ni a menos de 4.4m en las áreas no sujetas a tráfico de camiones, ni a menos de 5.5m en las vías públicas, ni a menos de 0.9m de las ventanas o balcones. El punto de llegada al inmueble nunca estará a menos de 3m de su piso terminado. (12)

El ducto Conduit galvanizado que recibe la acometida desde el tendido secundario, no deberá sobresalir de la vivienda más de 50cm. Cuando el ducto de entrada no garantice las alturas mínimas reglamentadas, éstas se deben alcanzar mediante el empleo de estructuras firmes suplementarias a instalar sobre la vivienda. (12)

Si el ducto va sobrepuesto a alguna superficie y/o a la vista, deberá emplearse tubería EMT o Conduit galvanizada y utilizarse, para la fijación, grapas o abrazaderas galvanizadas con un espaciamiento no mayor de 50cm. (12)

Del tendido de la red de baja tensión se llega directamente hasta la caja porta bornera si el calibre del conductor múltiplex en ese tramo es No.2 AWG. Para conductores de mayor calibre se debe emplear cable de potencia tipo encauchetado, usando en todos los casos conectores de perforación de aislamiento para la derivación. El número máximo de derivaciones en un apoyo corresponde a nueve, tomadas siempre desde la caja de derivación. (12)

En ningún momento el tensado del cable que llega de la red aérea al tubo para la bajante al medidor del usuario deberá afectar el contacto eléctrico y para ello se emplea el aislador de porcelana tipo carrete para acometida. (12)

El ducto de entrada de la acometida a la caja del medidor debe ser continuo hasta ésta y será Conduit metálica galvanizado si la acometida se ha tomado de una red aérea y PVC si se deriva de una red subterránea y se incrusta en la pared. (12)

La caja tipo intemperie para alojar el medidor de energía, en la zona de influencia de la EEP S.A. E.S.P. debe ser construida en policarbonato virgen; será resistente al impacto, autoextinguible, resistente a la deformación por temperatura, no higroscópica y no se debe cristalizar. Incluirá, además, la tapa para acceder al Breaker o elemento de maniobra y permitirá esa tapa la colocación de lacres cuando la Empresa desconecte al cliente. (12)

1.2.10 Demanda diversificada

La demanda diversificada se determina con base en las lecturas de potencia en kVA con respecto a un conjunto de usuarios en el momento de las horas pico en función de la corriente I y la tensión V obtenida de alguna red, esto implica un estudio por parte del operador de red que es quien nos da las tablas de demanda diversificada y los factores de multiplicación dependiendo el estrato para utilizarlo cuando el número de usuarios supera una cantidad establecida por el mismo operador. (12)

En el dimensionamiento del transformador requerido para un determinado número de clientes no se tomara en cuenta el valor de la demanda individual, pero sí la del conjunto, es decir, la demanda diversificada. (12)

Para la ciudad de Pereira la Tabla 5 nos muestra el cálculo de la demanda diversificada.

Tabla 5. Demanda diversificada acumulada (kVA).

Número de abonados	Estratos 5 y 6	Estratos 3 y 4	Estratos 1 y 2
1	4,13	3,05	1,33
2	5,07	3,45	1,85
3	6,02	3,85	2,37
4	6,96	4,25	2,89
5	7,91	5,00	3,41
6	8,86	5,65	3,92
7	9,80	6,31	4,45
8	10,72	6,95	4,96
9	11,69	7,61	5,49
10	12,64	8,27	6,01
11	13,58	8,92	6,52
12	14,53	9,58	7,04
13	15,48	10,23	7,57
14	16,42	10,89	8,09
15	17,36	11,54	8,60
16	18,31	12,19	9,12
17	19,26	12,84	9,64
18	20,20	13,50	10,16
19	21,15	14,16	10,68
20	22,09	14,81	11,20
21	23,03	15,46	11,72
22	23,98	16,12	12,24
23	24,92	16,77	12,77

Tabla tomada de (14)

Si el número de abonados es mayor a 23, la demanda total se calcula por medio de las expresiones:

Estratos 5 y 6: $DT = Na \times 1.08$

Estratos 3 y 4: $DT = Na \times 0.73$

Estratos 1 y 2: $DT = Na \times 0.56$

1.2.11 Transformadores

Para la alimentación eléctrica del proyecto se tiene en cuenta su ubicación, estrato socioeconómico, criterios del diseñador y observaciones del propietario. Esta disposición puede configurarse con un transformador tipo poste cuya ubicación debe estar en la misma acera de la edificación alimentada con una red aérea.

Debe cumplir con la restricción de que la acometida no debe superar los 22m desde el poste a la edificación, a excepción de que cerca de la construcción haya alguna zona no urbanizable o una zona verde que pertenezca al municipio.

En caso contrario, teniendo en cuenta las mismas consideraciones anteriores, la ubicación del transformador se configura en una subestación al interior de la edificación. Esta se debe hacer con un transformador tipo seco o transformador tipo aceite pero teniendo en cuenta otras consideraciones. (15)

1.2.11.1 Transformadores con aislamiento de aceite instalados en exteriores.

“Se deben proteger los materiales combustibles, edificaciones combustibles y partes de edificaciones, las salidas de incendios y los vanos de las puertas y ventanas, contra los incendios originados en transformadores con aislamientos de aceite instalados en los tejados y asegurados o próximos a edificaciones o materiales combustibles”. (13)

“Se considera como protecciones seguras la separación, las barreras resistentes al fuego, los sistemas automáticos de rociado de agua y los encerramientos que rodean o recogen el aceite de un tanque roto de un transformador. Cuando la instalación del transformador pueda suponer riesgo de incendio, debe haber una o más de estas protecciones, según el grado de riesgo que ello suponga. Se permite que los encerramientos de aceite consistan en diques, barreras curvas o estanques resistentes al fuego o que sean zanjas rellenas de piedra triturada gruesa. Cuando la cantidad de aceite y el riesgo sean tales que su eliminación sea importante, los recipientes de aceite deben estar dotados con medios para drenaje”. (13)

1.2.11.2 Transformadores tipo seco instalados en interiores

a. Hasta 112,5 kVA

“Los transformadores tipo seco instalados en interiores y de 112,5 kVA nominales o menos, deben instalarse con una separación mínima de 0,30 m de cualquier material combustible”. (13)

b. De más de 112,5 kVA

Los transformadores individuales de tipo seco de más de 112,5 kVA nominales, se deben instalar en una bóveda para transformadores al fuego. (13)

1.2.11.3 Bóvedas para transformadores

a. Ubicación

Siempre que sea posible, las bóvedas para transformadores deben estar ventiladas con aire exterior con la ayuda de ductos o canales.

b. Paredes, techo y piso

Las paredes y techos de las bóvedas para transformadores deben estar hechos de materiales con resistencia estructural adecuada a las condiciones de uso y con una resistencia mínima al fuego de tres horas. Los pisos de los bóvedas que estén en contacto con la tierra deben ser de hormigón y de un espesa mínimo de 0,10 m, pero si la bóveda está construida teniendo por debajo un espacio vacío u otras plantas (pisos) del edificio, el piso debe tener una resistencia estructural adecuada para soportar la carga impuesta sobre él y debe tener una resistencia mínima al fuego de tres horas. A efectos de este Artículo no son aceptables las bóvedas con listones y paneles en las paredes. (13)

c. Vanos de puertas

- I. **Tipo de puerta:** todos los vanos de puertas que lleven desde el interior de la edificación hasta la bóveda de transformadores, deben estar dotados con una puerta de cierre hermético y con una resistencia mínima al fuego de tres horas. Cuando las condiciones lo requieran, se permite que la autoridad competente exija una puerta de este tipo en los muros exteriores. (13)
- II. **Umbrales (brocales):** las puertas deben tener un umbral o brocal de altura suficiente para recoger dentro de la bóveda el aceite del transformador más grande que pudiera haber. En ningún caso la altura del umbral debe ser menor a 0,10 m. (13)
- III. **Cerraduras:** las puertas deben estar equipadas con cerraduras y mantenerse cerradas, permitiéndose el acceso sólo a personas calificadas. Las puertas para el personal deben abrirse hacia fuera y estar dotadas de barras antipático, placas de presión u otros dispositivos que las mantengan normalmente cerradas pero que se abran por simple presión. (13)

d. Aberturas de ventilación

- I. **Ubicación:** Las aberturas de ventilación deben estar ubicadas lo más lejos posible de las puertas, ventanas, salidas de incendios y materiales combustibles. (13)
- II. **Disposición:** se permite que una bóveda ventilada por circulación natural de aire tenga aproximadamente la mitad del área total de las aberturas de ventilación necesarias en una o más aberturas cerca del piso y la restante

en una o más aberturas en el techo o en la parte superior de las paredes, cerca del techo, o que toda la superficie de ventilación necesaria esté en una o más aberturas en el techo o cerca de él. (13)

- III. **Tamaño:** en una bóveda ventilada por circulación natural del aire procedente del exterior, el área neta total de todas las aberturas de ventilación, restando el área ocupada por persianas, rejillas o pantallas, no debe ser menor a 1 936 mm² por kVA de los transformadores en servicio. Si los transformadores tienen menos de 50 kVA, en ningún caso el área neta debe ser menor a 0,093 mm. (13)
- IV. **Cubiertas:** las aberturas de ventilación deben estar cubiertas por rejillas, persianas o pantallas duraderas, de acuerdo con las condiciones necesarias para evitar que se produzcan situaciones inseguras. (13)
- V. **Compuertas (dámper):** todas las aberturas de ventilación que den al interior deben estar dotadas de compuertas de cierre automático que funcionen en respuesta a cualquier incendio que se produzca en el interior de la bóveda. Dichas compuertas deben tener una resistencia al fuego no menor a 1,5 horas. (13)
- VI. **Ductos:** los ductos de ventilación deben ser de material resistente al fuego. (13)

e. Drenaje

“Cuando sea posible, las bóvedas para transformadores que contengan transformadores de más de 100 kVA deben estar dotadas de un drenaje o de otro medio que permita eliminar cualquier acumulación de aceite o agua que se produzca en la bóveda, a no ser que por las condiciones locales resulte imposible. Cuando exista drenaje, el piso debe estar inclinado hasta el drenaje”. (13)

f. Tuberías de agua y accesorios

En las bóvedas para transformadores no deben entrar ni atravesarlos sistemas de conductos o tuberías ajenos a la instalación eléctrica. No se consideran ajenos a la instalación eléctrica las tuberías u otros aparatos para la protección de las bóvedas contra incendios o para la ventilación de los transformadores. (13)

g. Almacenaje en la bóveda

Las bóvedas para transformadores no se deben utilizar para almacenaje de materiales. (13)

1.2.12 Protección contra descargas atmosféricas

El sistema integral de protección contra rayos, denominado SIPRA, se considera la medida más efectiva para proteger las estructuras contra los posibles daños físicos causado por las descargas eléctricas atmosféricas. (16)

En Colombia se desarrolla la Norma Técnica NTC 4552 la cual establece el desarrollo de un SIPRA, para garantizar una protección eficaz y minimizar los efectos directos e indirectos causados a seres vivos y a estructuras, por impactos de rayos. (17)

Existen varios efectos sobre una estructura, debido a una descarga atmosférica, los efectos directos son los causados por el impacto de la corriente de rayo en el sistema de captación y los efectos indirectos como las tensiones inducidas en las instalaciones debidas a la alta corriente producida por el rayo (di/dt). (17)

Un sistema de protección contra rayos no es infalible, puede lograrse un alto nivel de seguridad si éste se diseña y se construye utilizando la combinación de varios elementos tales como:

- ✓ Sistema de protección externo (SPE).
- ✓ Sistema de protección interno (SPI).
- ✓ Sistema de prevención de riesgos.

En la Figura 7 se presenta esquemáticamente el sistema integral de protección contra rayos (SIPRA).

Figura 7. Sistema integral de protección contra rayos (SIPRA) tomada de (18).

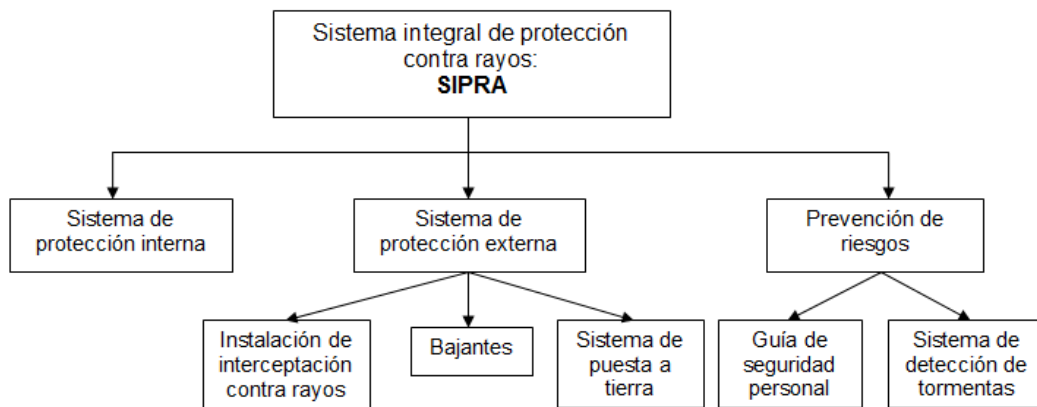


Figura tomada de (18)

1.2.12.1 Sistema de protección externo (SPE)

El SPE es una Parte del SIPRA, que consta principalmente de las siguientes etapas:

- ✓ Sistema de puntas de captación (pararrayos tipo bayoneta).
- ✓ Sistema de conductores bajantes.
- ✓ Sistema de puesta a tierra.

a. Sistema de puntas de captación

Tienen la función de interceptar los rayos que pueden impactar directamente sobre la instalación a proteger.

Se debe tener en cuenta que los terminales de captación deben ser preferiblemente varillas solidas o tubulares en forma de bayonetas; con una altura por encima de las partes altas de la estructura no menos a 0,25 m para intervalos máximos de 6 m entre puntas y no menor a 0,6 m para intervalos de 8 m. en caso de que un terminal exceda los 0,6 m por encima de las partes altas de la estructura se debe sujetar en un punto no menor a la mitad de su altura.

Para estructuras de altura mayor a 25 m solo podrán utilizarse varillas sólidas y el diámetro mínimo de estas debe ser 16 mm. En cualquier caso estos conductores deben cumplir con la norma UL 96. (18)

Toda edificación que conste de un SPE debe contar con un anillo de apantallamiento en la parte superior de la estructura, además si cuenta con terminales de captación deberán estar unidas a este anillo al igual que cualquier otra estructura metálica cuya función no sea interceptar rayos pero este en la zona de influencia de la estructura.

En la Foto 1 se muestra una punta de captación en aluminio de 0,6 m instalado en un colegio del municipio de Pereira.

Foto 1. Punta de captación en aluminio sólido.



b. Sistema de conductores bajantes

El objeto de las bajantes es derivar la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los terminales de captación. El cálculo de los bajantes refleja el compromiso de una protección técnicamente adecuada y económica, puesto que mediante el incremento del número de bajantes, se logra una reducción de la magnitud de la corriente que circula por cada bajante y su ruta de ascenso; así mismo se reduce la magnitud de las inducciones magnéticas en los lazos metálicos de la instalación y las diferencias de potencial a tierra.

Por razones eléctricas, mecánicas y térmicas los conductores de las bajantes del sistema equipotencial y derivaciones deben estar de acuerdo con la Tabla 6 tomada de la referencia. (18)

Tabla 6. Requerimientos para las bajantes.

Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor de acuerdo con el material de este	
		Cobre	Aluminio
Menor que 25 m	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m	4	1/0 AWG	2/0 AWG

Cada una de las bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra y deben estar separadas a una distancia mínima de 10 m, buscando siempre que se localicen en las partes externas de la edificación

Para estructuras de altura superior a 25 m, se deben instalar anillos adicionales al anillo de apantallamiento, distanciados máximos 25 m medidos a partir del nivel del suelo. (18)

c. Sistema de puesta a tierra (SPT)

Un SPT comprende la unión de todos los conductores de puesta a tierra de equipos eléctricos, estructuras metálicas, tierra de subestaciones, etc. A una o varias puestas a tierra de resistencia óhmica baja, para establecer una condición equipotencial entre todos los equipos y estructuras, ofreciendo así un camino de baja impedancia para los rayos, la reducción del ruido en telecomunicaciones y un camino de retorno en circuitos eléctricos y electrónicos. Antes de conectar a tierra, los conductores y las superficies deben ser limpiados cuidadosamente de manera que se garantice la continuidad eléctrica.

El SPT es una parte fundamental del sistema de protección contra rayos que contribuye de forma sustancial a la seguridad del personal y de los equipos en caso de la incidencia de un rayo; puesto que provee una equipotencialidad a los equipos y estructuras y ofrece una trayectoria de baja resistencia a la corriente del rayo, permitiendo su dispersión y disipación en el terreno sin causar daño. (18)

Para el diseño de la puesta a tierra de protección contra rayos se debe tener en cuenta:

- ✓ La resistividad del suelo
- ✓ La acidez del suelo (pH)
- ✓ La estructura física del suelo (rocas, arenas, arcillas)
- ✓ La forma de interconexión con las otras puestas a tierra y los sistemas de protección contra corrosión.
- ✓ Los efectos adicionales en otros sistemas eléctricos y de comunicaciones.

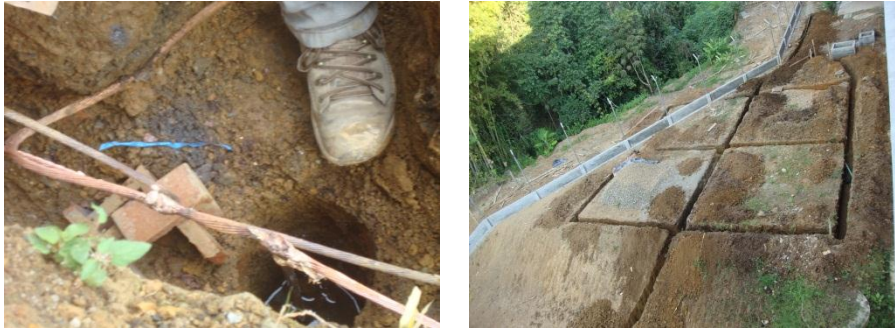
Se debe de garantizar equipotencialidad tanto en los conductores de puesta a tierra como en todas las estructuras metálicas que hagan parte de la edificación como tuberías de agua, gas, etc.

Los elementos que conforma un SPT son los siguientes:

- ✓ **Electrodos:** conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo, inalterable a la humedad y a la acción química del terreno, pueden ser verticales, horizontales o se puede utilizar la cimentación de acero reforzado de la estructura, en este último caso se conocen como electrodos de puesta a tierra de cimentación.
- ✓ **Anillos:** electrodos a tierra que forman un lazo cerrado alrededor de la estructura, interconectan las bajantes para distribuir las corrientes de rayo entre ellos.
- ✓ **Enmallados:** interconexión de las puestas a tierra de varias estructuras.
- ✓ **Punto de puesta a tierra:** punto situado dentro de una cámara, que sirve de unión entre el anillo de enlace y las líneas principales de tierra.
- ✓ **Líneas principales de tierra:** conductores que unen el sistema de captación con los puntos de puesta a tierra. Es necesario conectar a los puntos de toma de tierra todas las tuberías metálicas de agua y gas, así como canalones y cubiertas metálicas que pudieran ser alcanzadas por un rayo.

En la Foto 2 se muestran los elementos que conforman un sistema de puesta a tierra.

Foto 2. Sistema de puesta a tierra.



1.2.12.2 Sistema de protección interno (SPI)

El sistema de protección interno evita la ocurrencia de chispas (descargas eléctricas) peligrosas que podrían presentarse en el interior de la estructura, a causa de la circulación de corriente de rayo en el sistema de protección externo o en otras partes conductoras de la estructura. (19)

Para controlar las sobretensiones transitorias que se puedan presentar por descargas atmosféricas se utilizan un conjunto de dispositivos que se mencionaran a continuación.

Figura 8. Esquema sistema de protección interno (SPI).

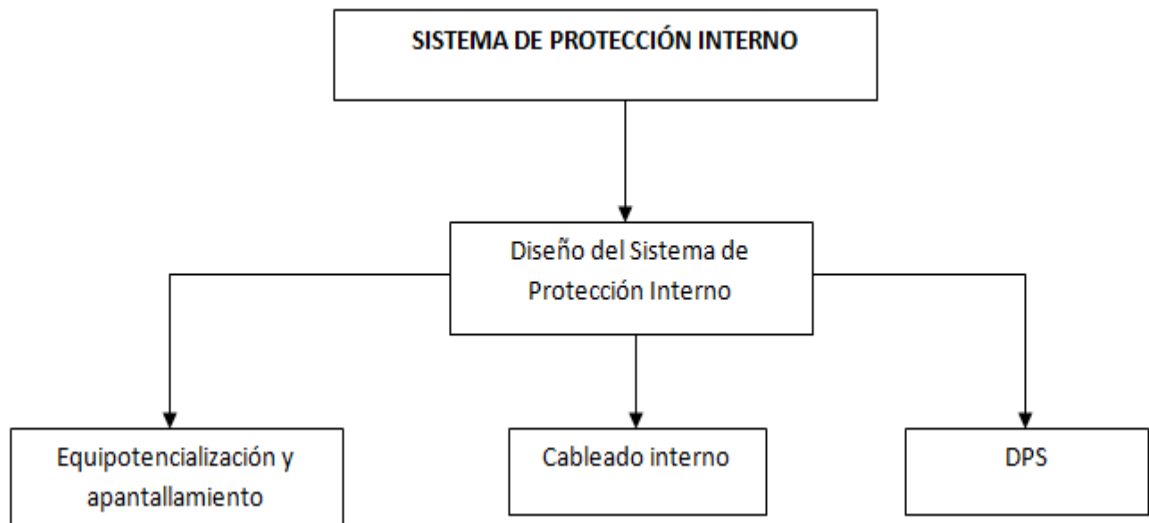


Figura tomada de (17)

a. Sobretensiones transitorias

Se conocen como sobretensiones transitorias aquellos aumentos de tensión del orden de KV y de muy corta duración (μ s).

Su origen se debe a descargas eléctricas atmosféricas (rayos) o a procesos de conmutación o de averías (contacto a tierra o cortocircuito).

b. Daños por sobretensiones transitorias

Las sobretensiones transitorias de gran magnitud pueden dañar componentes eléctricos, placas de circuitos, etc. Llegando incluso a quemarlas, provocando la destrucción del equipo y la instalación eléctrica.

Afecta en mayor grado a equipos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones, ya que los equipos están diseñados para operar a una tensión nominal lo que produce que al ser sometidos a tensiones mas elevadas estos resulten afectados.

c. Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)

Dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias, evacuando las corrientes asociadas a dichas sobretensiones. Puede contener uno o más elementos no lineales. Ejemplos de estos dispositivos son los varistores, diodos de supresión, vías de chispas, tubos de gas, tiristores y triacs. (20)

Para la selección de una protección contra sobretensiones, es importante que la protección seleccionada cumpla con los siguientes requerimientos:

- ✓ Supervivencia: es vital que la protección escogida sea capaz de sobrevivir al caso transitorio más desfavorable esperado en su punto de instalación. Debido a que los rayos presentan múltiples eventos, la protección no debe fallar después del primer transitorio.
- ✓ Control transitorio: la protección debe ser capaz de controlar el transitorio a un nivel por encima del nivel de inmunidad del equipo a proteger.
- ✓ Compatibilidad electromagnética: la protección no deberá interferir con la operación normal del equipo a proteger. Los sistemas de comunicación y a su vez los equipos de seguridad son particularmente susceptibles a este tipo de problemas.

En la Tabla 7 se podrá ver las clases de DPS y así elegir el más adecuado según las características necesarias.

Tabla 7. Clases de DPS.

TIPO	CLASE	DESCRIPCIÓN
Descargadores de corriente de rayo y descargadores combinados de sobretensión y corriente de rayo.	Clase 1	Descargadores de corriente de rayo: Se utilizan para protección de instalaciones y equipos por interferencias debidas a impactos de rayo directos o cercanos a la instalación a proteger. Se prueban con corrientes de choque y pruebas de impulso de tensión. Descargadores combinados de sobretensión y corriente de rayo: Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por interferencias debidas a impactos de rayo directos o cercanos a la instalación a proteger.
Descargadores de sobretensión para tableros de distribución e instalaciones fijas	Clase 2	Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por impactos de rayo distantes, sobretensiones por maniobra así como para descargas electrostáticas. Se prueban con corrientes de choque.
Descargadores de sobretensión para tomacorrientes y equipos	Clase 3	Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por impactos de rayo distantes, sobretensiones por maniobra así como para descargas electrostáticas. Se prueban con corrientes de choque.

Tabla tomada de (17)

Los DPS se subdividen en cuatro clases de exigencias A, B, C y D según su ubicación, nivel de protección y capacidad de manejo de corriente. Las características generales de cada clase son:

- ✓ **Clase A:** se utilizan en líneas aéreas de baja tensión. Pueden descargar corrientes de rayo en caso de impacto directo en instalaciones exteriores. La inspección de estos DPS se realiza con forma de onda 8/20 μ s.
- ✓ **Clase B:** se trata de descargadores que deben tener la capacidad de soportar varias veces y sin deterioro, descargas directas de rayo con forma de onda 10/350 μ s. La función de estos DPS es evitar la entrada de

corrientes parciales de rayo destructivas en la instalación eléctrica de un edificio.

- ✓ **Clase C:** son descargadores que se ubican en instalaciones fijas, como por ejemplo en tableros de distribución. Capaces de descargar sobretensiones por impactos cercanos o lejanos o por maniobras. Se inspeccionan con una corriente nominal de descarga con forma de onda 8/20 μ s.
- ✓ **Clase D:** Están destinados a proteger dispositivos o equipos individuales o grupos de ellos de baja tensión contra sobretensiones de menor magnitud. Se usan como protección contra sobretensiones en instalaciones fijas o móviles, en especial en zona de enchufes o cerca de los equipos a proteger. Para la inspección de este tipo de DPS se utiliza un generador híbrido que en vacío ofrece una tensión de choque de 1,2/50 μ s y en corto circuito una onda de choque de 8/20 μ s.

1.2.12.3 Sistema de prevención de riesgos

El sistema de prevención de riesgos se subdivide en dos etapas que se mostraran a continuación.

a. Guía de seguridad personal

El riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor entre las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica.

En el caso de Colombia, en la zona central colombiana la actividad de rayos es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre. En la zona del Caribe durante los meses de julio, agosto y en la zona sur durante los meses de diciembre y enero. (21)

Cuando se tenga indicios de tormenta eléctrica es recomendable, como medida de protección, tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ A menos que sea absolutamente necesario no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta o en lugares donde se pronostica alta actividad de rayos. (21)
- ✓ Busque refugio en el interior de edificaciones, vehículos u otras estructuras que ofrezcan protección contra el rayo. (21)
- ✓ En caso de que una persona sea impactada por un rayo, aplique los primeros auxilios y solicite ayuda a personal especializado.

b. Sistema de detección de tormentas

El sistema de alarma es un elemento de seguridad pasiva, lo que significa que no evita una situación donde se presenten descargas atmosféricas, pero si proporciona la posibilidad de advertir la inminente ocurrencia de rayos, salvando vidas y evitando la posible falla de equipos, procesos y sistemas.

El funcionamiento de un sistema de alarma dentro de un SIPRA, puede basarse en la detección de los campos eléctricos producidos por las nubes de tormenta durante su proceso de electrificación o mediante la detección de los campos magnéticos producidos por la ocurrencia de rayos.

El sistema de alarma debe cumplir, entre otras, con las siguientes especificaciones mínimas:

- ✓ Su resolución debe ser omnidireccional, es decir que cubra 360°. (21)
- ✓ La eficiencia en la detección de rayos debe ser de 100% en un radio de 30 km. (21)
- ✓ Debe activarse únicamente por detección de rayos, es decir, que no se generen falsas alarmas por señales de otro origen. (21)
- ✓ Debe predecir si existe una alta probabilidad de rayos dentro de un radio de 15 km, para un intervalo de tiempo de 10 min a 15 min (tiempo que se considera prudente para que las personas puedan poner en práctica las instrucciones dadas en la guía general de seguridad personal), dadas en el anexo F de la norma NTC 4552-1. (21)
- ✓ La alarma debe ser audible en un radio mínimo de 200 m. (21)

1.2.12.4 Nivel de protección contra rayos (NPR)

El uso del nivel de protección contra rayos para el diseño de medidas de protección contra descargas eléctricas atmosféricas va de acuerdo con el conjunto de parámetros de la corriente de rayo.

Para cada NPR se genera un sistema fijo de parámetros máximos y mínimos de corriente de rayo.

Los valores máximos de los parámetros de corriente de rayo para diversos niveles de protección contra rayo (NPR) se muestran en la Tabla 8, y son usados para diseñar los componentes de la protección.

Tabla 8. Valores máximos de los parámetros del rayo de acuerdo con el NPR (22)

Primera descarga corta			NPR			
Parámetro	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Corriente pico	I	KA	200	150	100	
Carga corta	Q_{corta}	C	100	75	50	
Energía específica	W/R	kJ/ Ω	10 000	5 625	2 500	
Descarga corta subsecuente			NPR			
Parámetro	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Corriente pico	I	KA	54	40,5	27	
Pendiente Promedio	di/dt	kA/ μ s	120	90	60	
Parámetros de tiempo	T_1/T_2	μ s/ μ s	0,4/50			
Descarga larga			NPR			
Parámetro	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Carga larga	Q_{larga}	C	100	75	50	
Parámetro de tiempo	T_{largo}	s	0,5			
Rayo			NPR			
Parámetro	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Carga	Q_{rayo}	C	300	225	150	

Tabla tomada de (22)

Un sistema de protección contra rayos que cumpla con la normatividad existente (NTC 4552-1, 2008) la cual establece como primer paso realizar un análisis de riesgo, definir un NPR (Nivel I, II, III, IV) siendo éste un número que además de relacionarse con un conjunto de valores de parámetros del rayo, se relaciona con la geometría de la estructura, el uso final de la misma, el número de personas que transitan en ella y los diferentes tipos de pérdidas que se pueden presentar como: pérdida de vidas humanas, pérdida de servicios esenciales, pérdidas económicas y pérdidas culturales llevando a la instalación de un SIPRA. (23)

- ✓ Pérdida de vidas humanas. Estas pérdidas son medidas de acuerdo a la concentración de personas dentro de la estructura a proteger, dando prioridad a grandes concentraciones de niños o personas con algún tipo de discapacidad, por tal motivo este tipo de pérdidas es de vital importancia al momento de seleccionar el nivel de protección para la estructura.
- ✓ Pérdidas económicas. Este tipo de perdidas siempre estará presente en cada estructura a proteger, pero de acuerdo al tipo de estructura, su uso y los elementos que resguarda se puede decidir si la pérdida es aceptable o no, dando otro factor en la selección del nivel de protección contra rayo.

- ✓ Pérdidas de servicios públicos o esenciales. Estas pérdidas se refieren a aquellas que pueden hacer que la estructura a proteger deje de proveer servicios básicos a sus usuarios causando emergencias mayores o la pérdida de vidas humanas. Este tipo de pérdida tiene una alta influencia al momento de seleccionar un NPR.
- ✓ Pérdidas de bienes culturales. Pérdidas asociadas a la estructura misma o a elementos que se resguarden en ella, de valor cultural y gran importancia para la sociedad.

1.2.12.5 Métodos de protección aérea para descargas eléctricas atmosféricas

El método de protección aérea contra descargas eléctricas atmosféricas busca minimizar los daños y efectos ocasionados por dichas descargas a estructuras.

El método de protección aérea consta del método electrogeométrico (MEG) que a su vez se divide en tres métodos de captación aérea cimentados en la aplicación del apantallamiento de la estructura mediante puntas de captación y conductores conectados a tierra. Todo esto con el fin de garantizar que cada una de las zonas expuestas de la estructura esté totalmente protegida.

a. Método electrogeométrico

El método electrogeométrico tiene su aplicación en el estudio del apantallamiento que proveen varillas verticales y conductores horizontales a estructuras y líneas de transmisión, respectivamente. La principal hipótesis en que se basa el método es que la carga espacial contenida en el líder escalonado, previo a la descarga de retorno, está relacionada con la magnitud de la corriente de la descarga. (24)

El método fue desarrollado para diseño de apantallamientos en líneas de transmisión de energía eléctrica, sin embargo sus fundamentos tienen aplicación en cualquier tipo de estructura que se desee proteger contra rayos. En él se busca que los objetos a ser protegidos (por ejemplo una estructura como un edificio o una torre de comunicaciones) sean menos atractivos a los rayos que los elementos de protección externa (por ejemplo, varillas tipo Franklin). (24)

Los terminales de captación instalados en una estructura se deben localizar en las esquinas, puntos expuestos sobresalientes de la estructura y en los bordes. Se debe tener en cuenta que los dispositivos de interceptación de rayos deben ser varillas metálicas solidas o tubulares en forma de bayoneta; con una altura por encima de las partes altas de la estructura, no menor a 25 cm. (25)

Deben estar posicionados de acuerdo con uno o más de los siguientes métodos:

- ✓ **Método de la esfera rodante (MER):** este método es aplicable para estructuras con altura menor a 55m. (25)

El método de la esfera rodante se utiliza para establecer el área de protección de las puntas Faraday. Este consiste en rodar una esfera imaginaria sobre tierra, alrededor y encima de la instalación a proteger o cualquier otro objeto en contacto con la tierra, capaz de actuar como un punto de intercepción de la corriente de rayo. La esfera imaginaria debe rodarse desde el nivel de la tierra hacia la estructura a proteger e instalar una terminal aérea en el punto de contacto con la estructura. (23)

Figura 9. Modelo electrogeométrico

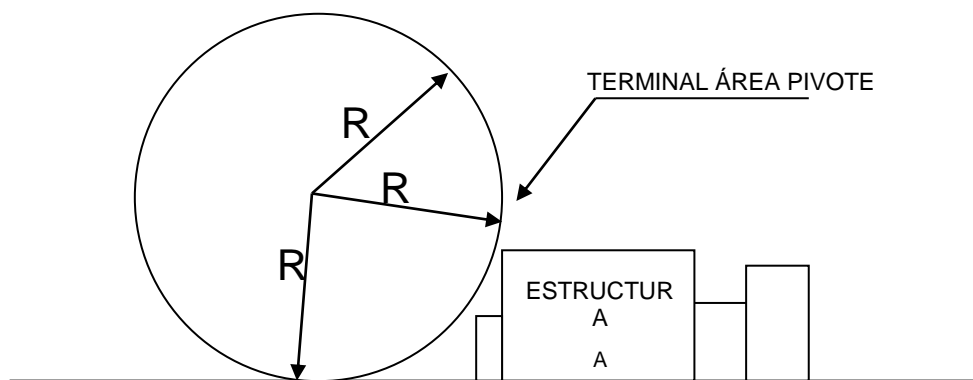


Figura tomada de (23)

El posicionamiento de los terminales de captación debe realizarse de tal manera que la esfera escogida por el nivel de protección nunca toque ninguna parte de la estructura, de este modo la esfera siempre estará soportada por algún elemento del sistema de captación. (25)

Dependiendo del nivel de protección el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la Tabla 9.

Tabla 9. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección.

Nivel de protección	Radio de la esfera [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Tabla tomada de (25)

- ✓ **Método del ángulo de protección (MAP):** el método del ángulo de protección es una simplificación del método de la esfera rodante, en donde para una altura relativa dada, existe un ángulo de protección de la terminal de captación la cual puede determinarse mediante la Figura 10. (25)

Figura 10. Ángulo de protección dependiendo de la altura relativa y el nivel de protección

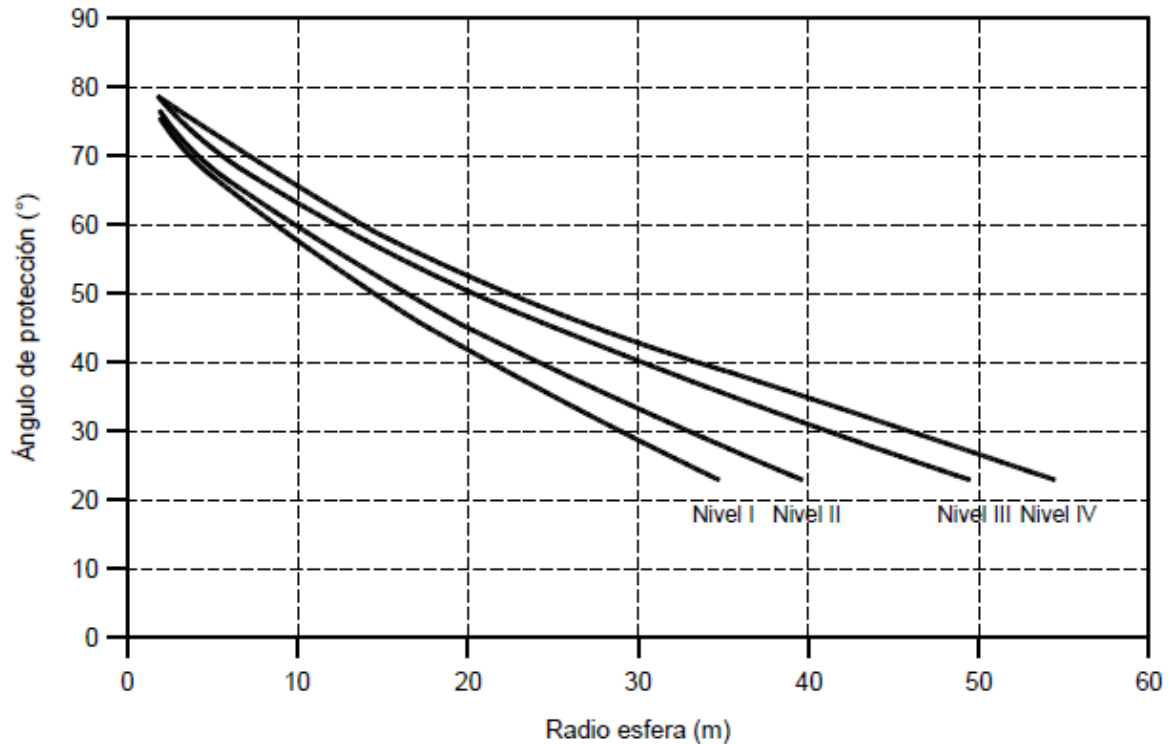


Figura tomada de (25)

- ✓ **Método del enmallado:** este método es utilizado principalmente cuando es necesario proteger superficies planas, en donde una malla conductora puede ser considerada para obtener la protección contra impactos directos de toda la estructura. Para este caso los conductores externos son colocados sobre bordes de techos, terrazas y voladizos.

La red enmallada debe ser diseñada de tal manera que la corriente de rayo siempre encuentre al menos 2 vías de evacuación de la corriente. (25)

Los valores de enmallado dependiendo del nivel de protección están dados por la siguiente tabla. (25)

Tabla 10. Dimensiones del enmallado para los diferentes niveles de protección.

Nivel de protección	Malla [m]
Nivel I	5 * 5
Nivel II	10 * 10
Nivel III	15 * 15
Nivel IV	20 * 20

Tabla tomada de (25)

1.2.12.6 Fundamentación teórica sobre el nivel de riesgo contra descargas eléctricas atmosféricas

Los rayos a tierra son peligrosos para las estructuras y sus acometidas de servicio. (23)

Los peligros a la estructura se manifiestan como:

- ✓ Daños a la estructura y su contenido.
- ✓ Fallas asociadas a sistemas eléctricos y electrónicos.
- ✓ Lesiones a seres vivos dentro y fuera de la estructura.

Los efectos de los daños y fallas se pueden extender a los alrededores de la estructura o pueden involucrar su entorno.

Los peligros en las acometidas de servicios pueden generar:

- ✓ Daños a los mismos servicios.
- ✓ Fallas asociadas a los equipos eléctricos y electrónicos.

Para reducir las pérdidas debidas a rayos se requieren medidas de protección, cuyas características deben determinarse por medio de la evaluación del Riesgo. (23)

El riesgo se define como el promedio anual probable de pérdidas en la estructura y en sus acometidas de servicio debido a descargas eléctricas atmosféricas, el cual depende de:

- ✓ El número anual de rayos que afecta a las estructuras y a sus acometidas de servicio.
- ✓ La probabilidad de daño debido a los efectos del rayo.

- ✓ El costo promedio de los daños.

Los efectos de los rayos en las estructuras pueden ser por:

- ✓ Impactos directos a la estructura.
- ✓ Impactos cercanos a la estructura y/o a las acometidas de servicios (energía eléctrica, líneas de telecomunicaciones, otros).

Los efectos del rayo en las acometidas de servicio pueden ser por:

- ✓ Impactos directos a las acometidas de servicio.
- ✓ Impactos cercanos a las acometidas de servicios o directas a estructuras conectadas a las acometidas de los servicios.

Los impactos directos en estructuras o en acometidas conectadas a éstas pueden causar daños físicos y poner en peligro la vida. (23)

Los impactos cercanos o directos a estructuras o a sus acometidas pueden causar fallas de los sistemas eléctricos y electrónicos, debido a sobretensiones causadas por acoples resistivos o inductivos de estos sistemas con la corriente de rayo (23)

a. Daños y pérdidas

- ✓ **Fuentes de daños:** la corriente de rayo es la fuente primaria de daño. Las siguientes fuentes son definidas con relación a la posición del punto de impacto de la descarga eléctrica atmosférica. (23)

S1: Descargas sobre la estructura.

S2: Descargas cercanas a la estructura.

S3: Descargas sobre las acometidas de servicios.

S4: Descargas cercanas a las acometidas de servicio.

- ✓ **Tipo de daños:** una descarga eléctrica atmosférica puede causar daños dependiendo de las características del objeto a proteger; entre las más importantes se tiene: el tipo de construcción, contenido y aplicación, tipo de servicio y medidas de protección instaladas. (23)

Para una aplicación práctica de la evaluación de riesgo se distinguen tres tipos básicos de daños los cuales pueden aparecer como consecuencia de una descarga eléctrica atmosférica, ellos son:

D1: Lesiones a seres vivos.

D2: Daños físicos.

D3: Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos.

El daño a la estructura debido a descargas, se puede limitar a una parte de la misma o podría extenderse a la estructura entera. El efecto del daño puede involucrar estructuras aledañas o cercanas. (26)

b. Tipo de pérdidas

Cada tipo de daño, solo o en combinación con otros, podría producir diferentes pérdidas en la estructura a proteger. Los tipos de pérdidas pueden aparecer dependiendo de las características de la misma estructura y de su contenido. (26)

Como se observa en la Tabla 11

L1: Pérdida de vida humana.

L2: Pérdida de servicios públicos.

L3: Pérdida de patrimonio cultural.

L4: Pérdida económica.

Los siguientes tipos de pérdidas podrían asociarse con acometidas:

L'2: Pérdida de servicio público.

L'4: Pérdida económica (acometida).

Tabla 11. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida.

Pérdidas				
Daños	L ₁ ¹⁾ Pérdida de vidas humanas	L ₂ , L' ₂ ²⁾ Pérdida del servicio público	L ₃ ¹⁾ Pérdida de patrimonio cultural	L ₄ , L' ₄ ²⁾ Pérdida Económica
D ₁ : Lesiones a seres vivos	R _s	-	-	R _s ³⁾
D ₂ : Daños físicos	R _f	R _f	R _f	R _f
D ₃ : Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos	R _o ⁴⁾	R _o	-	R _o
¹⁾ Pérdidas asociadas a la estructura ²⁾ Pérdidas asociadas a la estructura y a las acometidas de servicio respectivamente ³⁾ Solo para propiedades agrícolas con posible pérdida de animales ⁴⁾ Solo para hospitales u otro tipo de estructuras, donde las fallas en los sistemas internos inmediatamente atente contra la vida				

Tabla tomada de (26)

c. Riesgo y componentes de riesgo

El riesgo R es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de pérdida asociados a la estructura y las acometidas de servicio. (26)

Los riesgos a evaluar en una estructura son:

R1: Riesgo de pérdida de vida humana.

R2: Riesgo de pérdida del servicio público.

R3: Riesgo de pérdida de patrimonio cultural.

R4: Riesgo de pérdida de valor económico.

Los riesgos a evaluar en las acometidas de servicio son:

R'1: Riesgo de pérdida de vida humana.

R'2: Riesgo de pérdida de servicio público.

R'4: Riesgo de pérdidas de valor económico.

Cada uno de estos riesgos está constituido por la suma de varias componentes tal como se presenta en la Tabla 12 y la Tabla 13. Adicionalmente los componentes de riesgo pueden ser agrupados de acuerdo al tipo de riesgo y tipo de daño véase en la Tabla 14 y la Tabla 15.

Tabla 12. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en la estructura.

Fuente de Daño	Descargas sobre la Estructura S1			Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre las acometidas de servicios S3			Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
	R_A^3	R_B	R_C^4	R_M^4	R_U^5	R_V^5	$R_W^{4,5}$	$R_Z^{4,5}$
Componente de riesgo								
Riesgo para cada tipo de pérdida								
R_1	X	X	X^1	X^1	X	X	X^1	X^1
R_2		X	X	X		X	X	X
R_3		X						
R_4	X^2	X	X	X	X^2	X	X	X
1	Únicamente para estructuras con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana.							
2	Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales.							
3	Únicamente se calcula para exteriores.							
4	Únicamente se calcula si existe equipo sensible.							
5	Se debe calcular para cada tipo de acometida de servicios (alimentación eléctrica y telecomunicaciones).							
R_A :	<p>Componente relacionada con las lesiones a seres vivos causados por tensiones de paso y contacto en las zonas con un radio de cobertura de 3 m fuera de la estructura.</p> <p>NOTA 1: La componente de riesgo causado por tensiones de paso dentro de la estructura debido a descargas sobre la misma, no se considera en esta norma.</p> <p>NOTA 2: En estructuras especiales, las personas pueden estar en peligro por descargas directas sobre las estructuras (por ejemplo en el último nivel de estacionamiento de garaje o estadios). Estos casos también pueden ser considerados usando los principios de esta norma.</p>							
R_B :	Componente relacionada con los daños físicos causados por chispas peligrosas dentro de las estructura causando fuego o explosión.							
R_C :	Componente relacionada con la falla de sistemas internos causados por IER (impulsos Electromagnéticos del Rayo).							
R_M :	Componente relacionada con la falla de sistemas internos causados por IER.							
R_U :	Componente relacionada con la lesiones en seres vivos causado por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a corrientes de rayo que fluyen por una línea entrante a la estructura.							
R_V :	Componente relacionada con los daños físicos (fuego o explosión por chispas entre las instalaciones externas y partes metálicas generalmente al punto de entrada de la línea a la estructura) debido a corrientes de rayo transmitida a través de la acometida de servicios.							
R_W :	Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.							
R_Z :	<p>Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.</p> <p>NOTA 3: Las acometidas de servicios a tener en cuenta en esta valoración son únicamente las que entran en la estructura. Descargas próximas a tubos metálicos son consideradas como fuentes de daño siempre y cuando dichos tubos estén equipotencializadas a la barra equipotencial. Si la unión equipotencial no es provista esta amenaza debe ser considerada.</p>							

Tabla tomada de (26)

Tabla 13. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios.

Fuente de Daño	Descargas sobre la Estructura S1		Descargas sobre las acometidas de servicios S3		Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
Componente de riesgo	R'_s	R'_c	R'_v	R'_w	R'_z
Riesgo para cada tipo de pérdida					
$R'_{1(*)}$	X		X		
R'_2	X	X	X	X	X
R'_4	X	X	X	X	X
(*)	Solo para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo.				
R'_s	Componente relacionado a daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos de la corriente de rayo a fluyendo a través de la acometida de servicio. (Impacto en la estructura).				
R'_c	Componente relacionada a fallas de equipos conectados debido a sobretensiones por acople resistivo.				
R'_v	Componente relacionada con daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos por la circulación de corriente de rayo.				
R'_w	Componente relacionada a las fallas de equipo conectado, debido a sobretensiones por acople resistivo. Pérdidas del tipo L2 y L4 puede ocurrir.				
R'_z	Componente relacionada a la falla de líneas y equipos conectados causada por sobretensiones inducidas sobre la línea.				

Tabla tomada de (26)

Tabla 14. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura.

Tipo de daño	Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos	
Componente de Riesgo	R'_s	R_F	R_o	
Tipo de Riesgo	R_1	$R_A + R_U$	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z^{(1)}$
	R_2	-	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z$
	R_3	-	$R_B + R_V$	-
	R_4	$R_A + R_U^{(2)}$	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z$
(1)	Únicamente para estructuras con riesgo de explosión o para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana.			
(2)	Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales.			

Tabla tomada de (26)

Tabla 15. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en las acometidas de servicio.

Tipo de daño	Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos	
Componente de riesgo	R_s	R_F	R_o	
Tipo de riesgo	$R'_{1(*)}$	-	$R'_V + R'_B$	-
	R'_2	-	$R'_V + R'_B$	$R'_C + R'_W + R'_Z$
	R'_4	-	$R'_V + R'_B$	$R'_C + R'_W + R'_Z$
(*)	Solo para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo.			

Tabla tomada de (26)

d. Factores que influyen las componentes de riesgo

Las características de la estructura y de sus acometidas de servicio al igual que las medidas de protección existentes, pueden influenciar los componentes de riesgo como se muestra en la Tabla 16. (26)

Tabla 16. Factores que influyen las componentes de riesgo.

	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z	R' _B	R' _C	R' _V	R' _W	R' _Z
Área efectiva	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividad del terreno	X												
Resistividad del piso					X								
Restricciones físicas	X												
Aislamiento	X												
Señalización de advertencia	X												
Equipotencialización del suelo	X												
SIPRA	X	X	X	X	X	X							
Protección coordinada de DPSs			X	X			X	X	X	X	X	X	X
Apantallamiento espacial			X	X									
Apantallamiento de líneas externas					X	X	X	X					
Apantallamiento de líneas internas			X	X									
Rutas de evacuación			X	X									
Redes equipotencializadas			X										
Precaución contra fuego		X				X							
Sensores de fuego		X				X							
Peligros especiales		X				X							
Soportabilidad al impulso			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cable apantallado										X	X	X	X
Cable guarda										X	X	X	X
Apantallamiento adicional de cables										X	X	X	X
NOTA 1: Solo donde las estructuras tenga columnas reforzadas, o las vigas son usadas como sistemas de conducción natural													
NOTA 2: Solo para SIPRA externos (Grillas o mallas externas SIPRA)													
NOTA 3: Debido a uniones equipotenciales													

Tabla tomada de (26)

e. Manejo del riesgo

- ✓ **Procedimiento básico:** la decisión para proteger una estructura o una acometida de servicio contra rayos, así como las medidas de protección

seleccionadas, deberán ser realizadas de acuerdo con la NTC 4552. El siguiente procedimiento será aplicado:

- Identificar el objeto a proteger. (26)
- Identificar todos los tipos de pérdidas en los objetos y riesgos pertinentes correspondientes R (R1 a R4). (26)
- Evaluar el riesgo R para cada uno de los tipos de pérdida. (26)
- Evaluar la necesidad de protección, por comparación de riesgo R1, R2 y R3 para una estructura (R'1 para el servicio) con un riesgo tolerable RT. (26)
- Evaluar la conveniencia económica de protección, por comparación de los costos de las pérdidas totales con y sin medidas de protección. En este caso, la evaluación de la componente de riesgo R4 para una estructura (R'4 para un servicio) es realizada con el fin de evaluar tales costos. (26)

✓ **Estructura a ser considerada para la evaluación del riesgo:** la estructura a proteger debe incluir:

- La estructura misma. (26)
- Las instalaciones dentro de la estructura. (26)
- El contenido de la estructura. (26)
- Las personas dentro de la estructura o que permanezcan en zonas aledañas hasta 3 m fuera de la estructura. (26)
- Ambientes afectados por un daño en la estructura. (26)

La protección no incluye los servicios conectados afuera de la estructura. (26)

✓ **Acometida de servicio a considerarse para la evaluación de riesgo:** la acometida de servicio a proteger es el medio físico comprendido entre.

- El gabinete de telecomunicaciones y la edificación de los usuarios, para la línea de telecomunicaciones (LTC). (26)
- La subestación de alta tensión y la edificación de los usuarios, para líneas de potencia. (26)

- La estación de distribución principal y la edificación de los usuarios, para ductos metálicos. (26)

Los servicios a proteger incluyen las líneas equipadas y la terminación de estas, tales como:

- ✓ Multiplexores, amplificadores de potencia, unidades ópticas, medidores, equipos de terminación de líneas, etc. (26)
- ✓ Corta circuitos, sistemas de sobre corriente, medidores, etc. (26)
- ✓ Dos centrales de conmutación, para LTC. (26)
- ✓ Dos edificaciones de usuarios, para LTC, línea de señales. (26)
- ✓ Sistemas de control, sistemas de seguridad, medidores, etc. (26)

La protección no incluye la protección de los equipos de los usuarios o cualquier estructura terminada en la finalización de las acometidas de servicio. (26)

- ✓ **Riesgo tolerable:** es responsabilidad de la autoridad competente identificar el valor del riesgo tolerable.

Valores representativos de riesgo tolerable RT donde descargas eléctricas atmosféricas involucran pérdidas de vida humana y pérdidas de valores sociales y culturales. (26)

En la Tabla 17 se muestran los valores típicos de riesgo tolerable.

Tabla 17. Valores típicos de riesgo tolerable.

Tipo de pérdida	Rt (y ⁻¹)
Pérdida de vidas o lesiones permanentes	10 ⁻⁵
Pérdida de servicio público	10 ⁻³
Pérdida de patrimonio cultural	10 ⁻³

Tabla tomada de (26)

2 DISEÑO BÁSICO DE LAS REDES ELÉCTRICAS, APANTALLAMIENTO Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE ASIA LOFT AND HALL

El desarrollo del diseño eléctrico se ejecuta en varias etapas las cuales se nombran a continuación:

- a) Distribución de las salidas eléctricas en el plano arquitectónico.
- b) Cuadros de carga: apartamentos, áreas comunes, ascensores, motobombas, escaleras eléctricas.
- c) Calculo para la selección del alimentador de cada tablero de distribución.
- d) Calculo para la selección del alimentador de cada motor.
- e) Calculo de la demanda total y parcial del edificio.
- f) Diagrama unifilar.
- g) Cálculo para la selección para los barrajes principales de los TGBT.
- h) Cálculo para la selección de la acometida.
- i) Cálculo para la selección del transformador.
- j) Cálculo para la selección del totalizador general.
- k) Calculo para la selección del DPS.
- l) Calculo para la selección del cortacircuito.
- m) Evaluación nivel de riesgo para la estructura según NTC 4552.
- n) Evaluación nivel del riesgo para la estructura según software RIESGO.
- o) Diseño del sistema de captación.
- p) Diseño del sistema de bajantes.
- q) Diseño del sistema de puesta a tierra.
- r) Planta de emergencia.

2.1 PLANOS ELÉCTRICOS DE EDIFICIO ASIA LOFT AND HALL
***“VER ANEXO 1 ILUMINACIÓN, VER ANEXO 2 TOMAS ARCHIVOS EN
AUTOCAD”***

2.2 CUADROS DE CARGA

Los cuadros de carga nos brindan la información necesaria para saber las características de los alimentadores y protecciones de cada tablero eléctrico.

2.2.1 Apartamentos

El tablero principal de los apartamentos se encuentra ubicado en la subestación en el cual se encuentran los medidores correspondientes a cada apartamento.

- ✓ Tablero principal apartamentos.

Tabla 18. Cuadro de cargas tablero principal TP-APTOS.

TABLERO	DESCRIPCION	DEMANDA	ALIMENTADOR	PROTECCIÓN	FASES			OBSERVACIÓN
			AWG		F1	F2	F3	
TA-301	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 225 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,6 A	17,6 A		Apartamento 301
TA-302	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 981 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,8 A		20,8 A	Apartamento 302
TA-303	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A		20,3 A	20,3 A	Apartamento 303
TA-304	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A	20,3 A		Apartamento 304
TA-305	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A		20,3 A	Apartamento 305
TA-306	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A		20,3 A	20,3 A	Apartamento 306
TA-307	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,1 A	17,1 A		Apartamento 307
TA-308	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,1 A		17,1 A	Apartamento 308
TA-401	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 120 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A		17,2 A	17,2 A	Apartamento 401
TA-402	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A	20,3 A		Apartamento 402
TA-403	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A		20,3 A	Apartamento 403
TA-404	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A		20,3 A	20,3 A	Apartamento 404
TA-405	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A	20,3 A		Apartamento 405
TA-406	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	5 216 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	21,7 A		21,7 A	Apartamento 406
TA-407	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A		17,1 A	17,1 A	Apartamento 407
TA-408	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,1 A	17,1 A		Apartamento 408

TABLERO	DESCRIPCION	DEMANDA	ALIMENTADOR	PROTECCIÓN	FASES			OBSERVACIÓN
			AWG	2X	F1	F2	F3	
TA-501	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 120 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,2 A		17,2 A	Apartamento 501
TA-502	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A		20,3 A	20,3 A	Apartamento 502
TA-503	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A	20,3 A		Apartamento 503
TA-504	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	20,3 A		20,3 A	Apartamento 504
TA-505	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 876 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A		20,3 A	20,3 A	Apartamento 505
TA-506	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	5 216 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	30A	21,7 A	21,7 A		Apartamento 506
TA-507	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A	17,1 A		17,1 A	Apartamento 507
TA-508	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 099 VA	CABLE 1#8+1#8 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	20A		17,1 A	17,1 A	Apartamento 508
BALANCE					309,5 A	307,7 A	307,7 A	

✓ Apartamentos tipo A: TA-301

Tabla 19. Cuadro de cargas apartamentos tipo A.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	
ALUMBRADO GENERAL														
1				3			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				3			540 VA	14	15A				4,5 A	Sala comedor
4				7			1 260 VA	14	15A				10,5 A	Alcoba
5														Reserva
6														Reserva
7	1	15					850 VA	14	15A				7,1 A	Sala, Comedor, Balcón
8	2	13					850 VA	14	15A				7,1 A	Cocina, Ropas, Alcoba, Baño
BALANCE											25 A	29,2 A		

✓ Apartamento tipo B: TA-302.

Tabla 20. Cuadro de carga apartamento tipo B.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL														
1				3			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Sala comedor
4				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Alcoba 1
5														Reserva
6	1	21					1 150 VA	14	15A			9,6 A		Alcoba ppal., Alcoba 1, Baño
7	3	23					1 450 VA	14	15A				12,1 A	Sala comedor, Cocina, Pasillo
8				5			900 VA	14	15A				7,5 A	Alcoba ppal.
BALANCE											34,6 A	37,6 A		

- ✓ Apartamentos tipo C: TA-303, TA-304, TA-305, TA-402, TA-403, TA-404, TA-405, TA-502, TA-503, TA-504, TA-505.

Tabla 21. Cuadro de carga apartamentos tipo C.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X			
ALUMBRADO GENERAL														
1				3			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Sala comedor
4				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Alcoba 1
5														Reserva
6	1	21					1 150 VA	14	15A			9,6 A		Alcoba ppal., Alcoba 1, Baño
7	3	17					1 150 VA	14	15A				9,6 A	Sala comedor, Cocina, Pasillo
8				5			900 VA	14	14A				7,5 A	Alcoba ppal.
BALANCE												34,6 A	35,6 A	

- ✓ Apartamentos tipo D: TA-306.

Tabla 22. Cuadro de carga apartamentos tipo D.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL														
1				5			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Sala comedor
4				4			720 VA	14	15A				6,0 A	Estudio alcoba
5				6			1 080 VA	14	15A			9,0 A		Alcoba 2
6				6			1 080 VA	14	15A			9,0 A		Alcoba ppal.
7	1	22	1				1 275 VA	14	15A				10,6 A	Alcoba ppal.-Vestier-Baño, Alcoba 2, Estudio
8	3	21					1 350 VA	14	15A				11,3 A	Cocina, Ropas, Sala, Comedor, Pasillos, Baño Social, Balcón
BALANCE												43 A	37 A	

✓ Apartamentos tipo E: TA-307, TA-308, TA-407, TA-408, TA-507, TA-508.

Tabla 23. Cuadro de cargas apartamentos tipo E.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X			
ALUMBRADO GENERAL														
1				5			900 VA	14	15A			7,5 A		Alcoba
2				3			540 VA	14	15A			4,5 A		Sala comedor
3				3			1 500 VA	12	20A				12,5 A	Pequeños artefactos
4				2			1 500 VA	12	20A				12,5 A	Lavandería y plancha
5	1	15					850 VA	14	15A			7,1 A		Sala, Comedor, Balcón
6	2	13					850 VA	14	15A			7,1 A		Cocina, Ropas, Alcoba, Baño
7														Reserva
8														Reserva
BALANCE												26,2 A	25 A	

✓ Apartamentos tipo F: TA-401, TA-501.

Tabla 24. Cuadro de cargas apartamentos tipo F.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X			
ALUMBRADO GENERAL														
1				3			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				3			540 VA	14	15A			4,5 A		Sala comedor
4				7			1 260 VA	14	15A			10,5 A		Alcoba
5														Reserva
6														Reserva
7	1	9					550 VA	14	15A			4,6 A		Sala, Comedor
8	2	13					850 VA	14	15A			7,1 A		Cocina, Ropas, Alcoba, Baño
BALANCE												25 A	26,7 A	

✓ Apartamentos tipo G: TA-406, TA-506.

Tabla 25. Cuadro de cargas apartamentos tipo G.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X			
ALUMBRADO GENERAL														
1				5			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Pequeños artefactos
2				2			1 500 VA	12	20A			12,5 A		Lavandería y plancha
3				6			1 080 VA	14	15A				9,0 A	Sala comedor
4				4			720 VA	14	15A				6,0 A	Estudio alcoba
5				5			900 VA	14	15A			7,5 A		Alcoba 2
6				6			1 080 VA	14	15A			9,0 A		Alcoba ppal.
7	1	22					1 200 VA	14	15A				10,0 A	Alcoba ppal.-Vestier-Baño, Alcoba 2, Estudio
8	3	21					1 350 VA	14	15A				11,3 A	Cocina, Ropas, Sala, Comedor, Pasillos, Baño Social, Balcón
BALANCE												41,5 A	36,3 A	

2.2.2 Locales comerciales

Para los locales comerciales se les designa una carga específica dependiendo el área, la carga designada no debe ser superada para no sufrir sobrecargas en la edificación.

- ✓ Locales comerciales piso 1.

Tabla 26. Cuadro de cargas locales comerciales piso 1.

CTO	CARGAS GENERAL			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL												
1			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 101
2			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 102
3			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 103
4			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 104
5			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 105
6			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 106
7			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 107
8			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 108
9			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 109
10			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 110
11			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 111
12			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 112
13			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 113
14			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 114
15			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 115
16			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 116
17			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 117
18			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 118
19			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 119
20			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 120
21			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 121
22			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 122
23			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 123

CTO	CARGAS GENERAL			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL												
24			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 124
25			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 125
26			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 126
27			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 127
28			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 128
29			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 129
30			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 131
31			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 132
32			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 133
33			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 134
34			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 135
35			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 136
36			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 137
37			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 138
38			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 139
39			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 140
40			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 141
41			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 142
42			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 143
BALANCE									116,7 A	116,7 A	116,7 A	

✓ Locales comerciales piso 2.

Tabla 27. Cuadro de cargas locales comerciales piso 1.

CTO	CARGAS GENERAL			POTENCIA	CALIBRE	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	110V	220V	OTRO		AWG	1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL												
1			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 201
2			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 202
3			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 203
4			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 204
5			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 205
6			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 206
7			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 207
8			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 208
9			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 209
10			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 210
11			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 211
12			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 212
13			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 213
14			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 214
15			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 215
16			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 216
17			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 217
18			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 218
19			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 219
20			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 220
21			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 221
22			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 222
23			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 223
24			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 224
25			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 225
26			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 226
27			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 227
28			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 228

CTO	CARGAS GENERAL			POTENCIA	CALIBRE	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	110V	220V	OTRO		AWG	1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL												
29			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 229
30			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 230
31			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 231
32			1	1 000 VA	10	15A			8,3 A			Tablero LC 232
33			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 233
34			1	1 000 VA	10	15A				8,3 A		Tablero LC 234
35			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 235
36			1	1 000 VA	10	15A					8,3 A	Tablero LC 236
37-39-41			1	8 000 VA	10			30A	22,2 A	22,2 A	22,2 A	Salón social
38												Reserva
40												Reserva
42												Reserva
BALANCE									122,2 A	122,2 A	122,2 A	

2.2.3 Áreas comunes

El tablero principal de las áreas comunes se encuentra ubicado en la subestación el cual controla los cuatro tableros de cada zona como se verá en los siguientes cuadros de carga.

- ✓ Tablero principal áreas comunes.

Tabla 28. Cuadro de cargas tablero principal TP-SG.

TABLERO	DESCRIPCION	DEMANDA	ALIMENTADOR	PROTECCIÓN	FASES			OBSERVACIÓN
			AWG		F1	F2	F3	
TP-PR	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 865 VA	CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	2X30A	20,3 A	20,3 A		Pq. Residencial
TP-PC	8 CTOS - MONOFÁSICO TRIFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	4 383 VA	CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	2X20A	18,3 A		18,3 A	Pq. Comercial
TP-SGL	18 CTOS - TRIFÁSICO PENTAFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	19 971 VA	CABLE 3#6+1#6 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X60A	55,4 A	55,4 A	55,4 A	Servicio Gral. Comercial
TP-SGR	8 CTOS - TRIFÁSICO PENTAFILAR. CON PUERTA Y CHAPA	5 813 VA	CABLE 3#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	2X20A	16,1 A	16,1 A	16,1 A	Servicios Gral. Residencial
TM-ESC1	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP / 4500VA	4 500 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	15,6 A	15,6 A	15,6 A	Motor escalera 1
TM-ESC2	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP / 4500VA	4 500 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	15,6 A	15,6 A	15,6 A	Motor escalera 2
TM-ASCR	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 2,5 HP / 3000VA	3 000 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X15A	10,4 A	10,4 A	10,4 A	Motor ascensor residencial
TM-ASCC	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 2,5 HP / 3000VA	3 000 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X15A	10,4 A	10,4 A	10,4 A	Motor ascensor comercial
TM-AP	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP	3 730 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	12,9 A	12,9 A	12,9 A	Motobomba agua potable
BALANCE					175,1 A	156,8 A	154,8 A	

✓ Tablero principal parqueadero residencial.

Tabla 29. Cuadro de cargas tablero principal TP-PR.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	
ALUMBRADO GENERAL														
1				6			1 080 VA	14	15A			9,0 A		Tomas generales recepción, baño, pasillo
2				2			360 VA	14	15A			3,0 A		Tomas generales recepción
3				3			540 VA	14	15A				4,5 A	Tomas generales áreas de basura, subestación
4	19						1 216 VA	14	15A				10,1 A	Iluminación parqueadero vehicular
5	3	16	1				1 092 VA	14	15A					Iluminación subestación, basuras, pasillo, recepción y baño.
6														Reserva
7														Reserva
8														Reserva
BALANCE											12 A	14,6 A		

✓ Tablero principal parqueadero comercial.

Tabla 30. Cuadro de cargas tablero principal TP-PC

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES		DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL														
1				2			360 VA	14	15A			3,0 A		Tomas generales áreas de bodegas
2				6			1 080 VA	14	15A			9,0 A		Tomas generales oficina administración, zona vehicular
3				3			540 VA	14	15A				4,5 A	Tomas generales áreas de basura, subestación
4	17						1 088 VA	14	15A				9,1 A	Iluminación Parqueadero vehicular
5	6	9					834 VA	14	15A					Iluminación Parqueadero motos, entrada al ascensor, baños y oficina administración
6														Reserva
7														Reserva
8														Reserva
BALANCE											12 A	13,6 A		

- ✓ Tablero principal servicios generales pisos locales comerciales.

Tabla 31. Cuadro de carga tablero principal TP-SGL.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL															
1	1	12					700 VA	14	15A			5,8 A			Iluminación pasillos 3 piso
2		15					750 VA	14	15A			6,3 A			Iluminación pasillos 3 piso
3	1	15					850 VA	14	15A				7,1 A		Iluminación pasillos 4 piso
4		15					750 VA	14	15A				6,3 A		Iluminación pasillos 4 piso
5	1	15					850 VA	14	15A					7,1 A	Iluminación pasillos 5 piso
6		15					750 VA	14	15A					6,3 A	Iluminación pasillos 5 piso
7															Reserva
8															Reserva
BALANCE											12,1 A	13,4 A	13,4 A		

- ✓ Tablero principal servicios generales pisos apartamentos.

Tabla 32. Cuadros de cargas tablero principal servicios generales TP-SGR.

CTO	ILUMINACION			TOMAS			POTENCIA	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN			FASES			DESCRIPCIÓN
	LAMPARAS	LAMP. INCRUSTAR	OTRO	110V	220V	OTRO			1X	2X	3X	F1	F2	F3	
ALUMBRADO GENERAL															
1	1	12					700 VA	14	15A			5,8 A			Iluminación pasillos 3 piso
2		15					750 VA	14	15A			6,3 A			Iluminación pasillos 3 piso
3	1	15					850 VA	14	15A				7,1 A		Iluminación pasillos 4 piso
4		15					750 VA	14	15A				6,3 A		Iluminación pasillos 4 piso
5	1	15					850 VA	14	15A					7,1 A	Iluminación pasillos 5 piso
6		15					750 VA	14	15A					6,3 A	Iluminación pasillos 5 piso
7															Reserva
8															Reserva
BALANCE											12,1 A	13,4 A	13,4 A		

2.3 SELECCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS

Los conductores de fase y neutrón se seleccionan según la capacidad del conductor mostrada en la tabla 310-16 de la norma NTC 2050 y el conductor de puesta a tierra se selecciona según la tabla 250-95 de la norma NTC 2050.

2.3.1 Apartamentos

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-APTOS.

Cuadro 1. Demanda tablero TP-APTOS.

DEMANDA DIVERSIFICADA SEGÚN NORMA EMPRESA ENERGIA PEREIRA	
NUMERO DE APARTAMENTOS	24 UD
ESTRATO	6
FACTOR MULTIPLICACIONAL	1,08
TOTAL DEMANDA DIVERSIFICADA	25 kVA
OTRAS CARGAS	NA
CARGA TOTAL DEMANDADA	25 080 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	69,6 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 3#4+1#4 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-301.

Cuadro 2. Demanda tablero TA-301.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	31 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	6 500 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	6 500 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	1 225 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	4 225 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 225 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	17,6 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-302.

Cuadro 3. Demanda tablero TA-302

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	36 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	8 660 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	8 660 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	1 981 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	4 981 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 981 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	20,8 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-303, TA-304, TA-305, TA-402, TA-403, TA-404, TA-405, TA-502, TA-503, TA-504, TA-505.

Cuadro 4. Demanda tablero TA-303, TA-304, TA-305, TA-402, TA-403, TA-404, TA-405, TA-502, TA-503, TA-504, TA-505.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	35 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	8 360 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	8 360 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	1 876 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	4 876 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 876 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	20,3 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-303
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-304
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-305
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-402
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-403
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-404
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-405
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-502
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-503
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-504
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-505

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-306.

Cuadro 5. Demanda tablero TA-306.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	40 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	9 585 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	9 585 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	2 305 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	5 305 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	5 305 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	22,1 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-307, TA-308, TA-407, TA-408, TA-507, TA-508.

Cuadro 6. Demanda tablero TA-307, TA-308, TA-407, TA-408, TA-507, TA-508.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	51 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	6 140 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	6 140 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	1 099 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	4 099 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 099 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	17,1 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-307
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-308
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-407
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-408
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-507
CABLE 2#8+1#8 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-508

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-401, TA-501.

Cuadro 7. Demanda tablero TA-401, TA-501.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	26 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	6 200 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	6 200 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3.00 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	1 120 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	4 120 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 120 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	17,2 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-401
CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	TA-501

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TA-406, TA-506.

Cuadro 8. Demanda tablero TA-406, TA-506.

CAPACIDAD INSTALADA:	
ALUMBRADO GENERAL	39 A
TENSIÓN NOMINAL VIVIENDA	240 V
CARGA REAL ALUMBRADO GENERAL	9 330 VA
CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
OTRAS CARGAS	
PEQUEÑOS ARTEFACTOS	1 500 VA
LAVADORA - PLANCHA	1 500 VA
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	9 330 VA
CARGA ALUMBRADO GENERAL	SEGÚN TABLA 220-11 NTC 2050
PRIMEROS 3.000 VA AL 100%	3 000 VA
ENTRE 3.001 Y 12000 AL 35%	2 216 VA
APARTIR DE 12001 AL 25%	- VA
TOTAL DEMANDA ALUMBRADO GENERAL	5 216 VA
OTRAS CARGAS	
CARGA TOTAL DEMANDADA	5 216 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	21,7 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-406
CABLE 2#6+1#6 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	TA-506

2.3.2 Locales comerciales

El alimentador del tablero principal de los locales no debe tener cálculo de demanda ya que este tablero está proyectado para ser utilizado al 100%.

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-LC1

Cuadro 9. Demanda tablero TP-LC1.

CARGA TOTAL DEMANDADA	42 000 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	117 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 3#1/0+1#1/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-LC2

Cuadro 10. Demanda tablero TP-LC2.

CARGA TOTAL DEMANDADA	44 000 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	122 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 1#1/0+1#1/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	

2.3.3 Servicios generales

El alimentador del tablero principal TP-SG reúne a 4 subtableros de servicios generales y los cuatro tableros para el control de motores de escaleras y ascensores.

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-SG.

Cuadro 11. Demanda tablero TP-SG.

CAPACIDAD INSTALADA:	
CORRIENTE	160 A
TENSIÓN NOMINAL	208 V
CAPACIDAD INSTALADA	53 761 VA
CARGA TOTAL DEMANDADA	54 886 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	152 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 3#2/0+1#2/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-PR.

Cuadro 12. Demanda tablero TP-PR.

CALCULO DE DEMANDA SEGÚN NTC 2050 -220.13	
ALUMBRADO	
VA's TOTALES AL 125%	2 885 VA
TOMACORRIENTES	1 980
TOMACORRIENTES PRIMEROS 10.000 VA AL 100%	1 980 VA
RESTO AL 50%	- VA
TOTAL DEMANDA TOMACORRIENTES	1 980 VA
OTRAS CARGAS	
TOTAL DEMANDA ALUMB. GRAL. Y PEQ. ARTEFACTOS	4 865 VA
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 865 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	20,3 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-PC.

Cuadro 13. Demanda tablero TP-PC.

CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	3 902 VA
CALCULO DE DEMANDA SEGÚN NTC 2050 - 220.13	
ALUMBRADO	
VA's TOTALES AL 125%	2 403 VA
TOMACORRIENTES	1 980
TOMACORRIENTES PRIMEROS 10.000 VA AL 100%	1 980 VA
RESTO AL 50%	- VA
TOTAL DEMANDA TOMACORRIENTES	1 980 VA
OTRAS CARGAS	
TOTAL DEMANDA ALUMB. GRAL. Y PEQ. ARTEFACTOS	4 383 VA
CARGA TOTAL DEMANDADA	4 383 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	18,3 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 2#10+1#10 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-SGL

Cuadro 14. Demanda tablero TP-SGL.

CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	17 165 VA
CALCULO DE DEMANDA SEGÚN NTC 2050 - 220.13	
ALUMBRADO	
VA's TOTALES AL 125%	14 031 VA
TOMACORRIENTES	
TOMACORRIENTES PRIMEROS 10.000 VA AL 100%	5 940 VA
RESTO AL 50%	- VA
TOTAL DEMANDA TOMACORRIENTES	5 940 VA
OTRAS CARGAS	
TOTAL DEMANDA ALUMB. GRAL. Y PEQ. ARTEFACTOS	19 971 VA
CARGA TOTAL DEMANDADA	19 971 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	55,4 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 3#6+1#6 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	

- ✓ Calculo alimentador tablero principal TP-SGR.

Cuadro 15. Demanda tablero TP-SGR.

CAPACIDAD INSTALADA MENOR QUE CARGA MINIMA	
TOTAL CARGA ALUMBRADO GENERAL Y PEQUEÑOS ARTEFACTOS	4 650 VA
ALUMBRADO	
VA's TOTALES AL 125%	5 813 VA
TOTAL DEMANDA ALUMB. GRAL. Y PEQ. ARTEFACTOS	5 813 VA
CARGA TOTAL DEMANDADA	5 813 VA
CORRIENTE EN EL ALIMENTADOR	16,1 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO	
CABLE 3#10+1#10 AWG THHN + 1No. 12 AWG THHN PARA TIERRA	

2.4 SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR DE CADA MOTOR

- ✓ En la Tabla 33 se muestran los alimentadores y descripción de cada motor según la sección 430 de la norma NTC 2050.

Tabla 33. Alimentadores motores.

TABLERO	DESCRIPCION	DEMANDA	ALIMENTADOR AWG	PROTECCIÓN	FASES			OBSERVACIÓN
					F1	F2	F3	
TM-ESC1	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP / 4500VA	4 500 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3x30A	15,6 A	15,6 A	15,6 A	Motor escalera 1
TM-ESC2	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP / 4500VA	4 500 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X30A	15,6 A	15,6 A	15,6 A	Motor escalera 2
TM-ASCR	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 2,5 HP / 3000VA	3 000 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	10,4 A	10,4 A	10,4 A	Motor ascensor residencial
TM-ASCC	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 2,5 HP / 3000VA	3 000 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	10,4 A	10,4 A	10,4 A	Motor ascensor comercial
TM-CI	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP	3 730 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X15A Protección solo magnética	8,3 A	8,3 A	8,3 A	Motobomba contra incendio
TM-AP	TABLERO DE CONTROL MOTOR DE 5 HP	3 730 VA	CABLE 1#10+1#10 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	3X20A	12,9 A	12,9 A	12,9 A	Motobomba agua potable

2.5 CARGA DEMANDA PARCIAL Y TOTAL DEL EDIFICIO

Tablero general de baja tensión (TGBT) es el tablero que controla todo el sistema eléctrico del edificio está dividido en cuatro subtableros: TP-APTOS, TP-LC1, TP-LC2, TP-SG y estos a su vez se dividen en otros tableros más puntuales.

Tabla 34. Cuadro de cargas TGBT.

RESUMEN DE CUADROS DE CARGAS Y CALCULOS DE ALIMENTADORES GENERALES				
BLOQUE	TABLERO	DESCRIPCION	ALIMENTADOR	CARGA INSTALADA (VA)
	TABLERO PRINCIPAL APARTAMENTOS TP-SG	TABLERO GENERAL SERVICIOS GENERALES	CABLE 3#2/0+1#2/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	54.886 VA
	TABLERO PRINCIPAL APARTAMENTOS TP-APTOS	TABLERO GENERAL LOCALES PISO 1	CABLE 3#4+1#4 AWG THHN + 1No. 8 AWG THHN PARA TIERRA	25.080 VA
	TABLERO PRINCIPAL CENTRO COMERCIAL TP-LC1	TABLERO GENERAL LOCALES PISO 1	CABLE 3#1/0+1#1/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	42.000 VA
	TABLERO PRINCIPAL CENTRO COMERCIAL TP-LC2	TABLERO GENERAL LOCALES PISO 2	CABLE 3#1/0+1#1/0 AWG THHN + 1No. 6 AWG THHN PARA TIERRA	44.000 VA
	TABLERO PRINCIPAL MOTOBOMBA TM-CI	TABLERO MOTOBOMBA CONTRA INCENDIOS	CABLE 3#10+1#10 AWG THHN + 1No. 10 AWG THHN PARA TIERRA	2.984 VA
			TOTAL CARGAS	168 950 VA

2.6 DIAGRAMA UNIFILAR

“VER ANEXO 3 DIAGRAMA UNIFILAR ARCHIVO EN AUTOCAD”

2.7 SELECCIÓN DE LOS BARRAJES PRINCIPALES DE LOS TABLEROS: TGBT, TP-APTOS, TP-LC1, TP-LC2, TP-SG

Para saber que barrajes elegir debemos utilizar la Tabla 35 que nos da los diámetros y capacidades de corrientes según la DIN 46433.

Tabla 35. Capacidad de corriente de los barrajes de cobre Cu medidas estándar.

CAPACIDAD AMPERIMETRICA DE BARRAJES RECTANGULARES DE COBRE PARA ARMARIOS ELECTRICOS

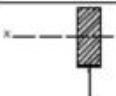
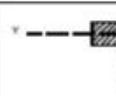
ANCHO X ESPESOR	AREA mm ²	PESO kg/m	CORRIENTE ALTERNA 60Hz				CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO			
			BARRAS							
			PINTADA		DESNUDA					
			1 I	2 II	1 I	2 II	I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³
12 x 2	23,5	0,209	123	202	108	182	0,0288	0,0480	0,000800	0,00800
15 x 2	29,5	0,262	148	240	128	212	0,0563	0,0750	0,00100	0,00100
15 x 3	44,5	0,396	187	316	162	282	0,0844	0,113	0,00388	0,0225
20 x 2	39,5	0,351	189	302	162	264	0,133	0,133	0,00133	0,0133
20 x 3	59,5	0,529	237	394	204	348	0,200	0,200	0,00450	0,0300
20 x 5	99,1	0,882	319	560	274	500	0,333	0,333	0,0208	0,0833
20 x 10	199	1,77	497	924	427	825	0,667	0,667	0,167	0,333
25 x 3	74,5	0,663	287	470	245	412	0,391	0,313	0,00563	0,0375
25 x 5	124	1,11	384	662	327	586	0,651	0,521	0,0260	0,104
30 x 3	89,5	0,796	337	544	285	476	0,675	0,450	0,00675	0,0450
30 x 5	149	1,33	447	760	379	672	1,13	0,750	0,0313	0,125
30 x 10	299	2,66	676	1200	573	1060	2,25	1,50	0,250	0,500
40 x 3	119	1,06	435	692	366	600	1,60	0,800	0,00900	0,0600
40 x 5	199	1,77	573	952	482	836	2,67	1,33	0,0417	0,167
40 x 10	399	3,55	850	1470	715	1290	5,33	2,67	0,333	0,667
50 x 5	249	2,22	697	1140	583	994	5,21	2,08	0,0521	0,208
50 x 10	499	4,44	1020	1720	852	1510	10,4	4,17	0,417	0,833
60 x 5	299	2,66	826	1330	688	1150	9,00	3,00	0,0625	0,250
60 x 10	599	5,33	1180	1960	985	1720	18,00	6,00	0,500	1,00
80 x 5	399	3,55	1070	1680	885	1450	21,3	5,33	0,0833	0,33
80 x 10	799	7,11	1500	2410	1240	2110	42,7	10,7	0,667	1,33
100 x 5	499	4,44	1300	2010	1080	1730	41,7	8,33	0,104	0,417
100 x 10	999	8,89	1810	2850	1490	2480	83,3	16,66	0,833	1,67
120 x 10	1200	10,7	2110	3280	1740	2860	144	23,9	1,00	2,00
160 x 10	1600	14,2	2700	4130	2220	3590	341	42,7	1,33	2,67
200 x 10	2000	17,8	3290	4970	2690	4310	667	66,7	1,67	3,33

Tabla tomada de (27)

Con la tabla anterior y la demanda de corriente del edificio podemos hacer la selección adecuada de los barrajes como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Selección de los barrajes de cada tablero principal.

Selección barrajes				
TABLERO	POTENCIA	CORRIENTE	BARRAJE	
			Medidas	Capacidad de corriente
TGBT RN	225 000 VA	625 A	60 mm X 5 mm	688 A
TGBT RE	150 000 VA	416,66 A	30 mm X 10 mm	573 A
TP-APTOS	25 080 VA	69,62 A	12 mm X 2 mm	108 A
TP-LC1	42 000 VA	116,58 A	15 mm X 3 mm	162 A
TP-LC2	44 000 VA	122,13 A	15 mm X 3 mm	162 A
TP-SG	54 870 VA	160,63 A	20 mm X 3 mm	204 A

Una vez definidas las dimensiones de los barrajes del edificio tenemos las disposiciones siguientes para los barrajes de los tableros.

TGBT RN: 3 barras Cu desnudo 60 mm X 5 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 60 mm X 5 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 60 mm X 5 mm (tierra).

TGBT RE: 3 barras Cu desnudo 30 mm X 10 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 30 mm X 10 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 30 mm X 10 mm (tierra).

TP-APTOS: 3 barras Cu desnudo 12 mm X 2 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 12 mm X 2 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 12 mm X 2 mm (tierra).

TP-LC1: 3 barras Cu desnudo 15 mm X 3 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 15 mm X 3 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 15 mm X 3 mm (tierra).

TP-LC2: 3 barras Cu desnudo 15 mm X 3 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 15 mm X 3 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 15 mm X 3 mm (tierra).

TP-SG: 3 barras Cu desnudo 20 mm X 3 mm (fases) + 1 barra Cu desnudo 20 mm X 3 mm (neutro) + 1 barra Cu desnudo 20 mm X 3 mm (tierra).

2.8 SELECCIÓN DE LA ACOMETIDA PRINCIPAL.

Cuadro 16. Calculo acometida.

CARGA MAXIMA TOTAL EN AMPERIOS SOBRE EL ALIMENTADOR	625 A
ALIMENTADOR SELECCIONADO:	CABLE 3 # 350 + 1 # 350 AWG THHN + 1No. 2 AWG THHN PARA TIERRA
NUMERO DE CONDUCTORES POR LINEA:	2

2.9 SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

Cuadro 17. Calculo transformador.

SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR	225 kVA
LONGITUD APROXIMADA ALIMENTADOR	10 m lineal
REGULACION MAXIMA CALCULADA ALIMENTADOR	0,95 %
FACTOR DE UTILIZACION DEL TRANSFORMADOR	75,09 %

2.10 SELECCIÓN DEL TOTALIZADOR

El totalizador debe ser acorde a la capacidad del transformador y de la planta para evitar daños en los equipos, por lo tanto, la selección se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 18. Cálculo totalizador red normal.

SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR	225 KVA
CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL TRAFO	$(225*1000*1,2)/(208\sqrt{3})$ A = 624,54A
TOTALIZADOR GENERAL	469A < 700A

Cuadro 19. Calculo totalizador planta emergencia.

CAPACIDAD DE LA PLANTA	150 KVA
CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LA PLANTA	$(150*1000)/(208\sqrt{3})$ A = 416,7A
TOTALIZADOR GENERAL	416,7A < 500A

2.11 SELECCIÓN DEL DPS

Para una línea de 13,2 kV el MCOV (máxima tensión de servicio continuo) es de 8,4 kV.

Tensión de línea a tierra $V_{L-N} = 13200 \text{ V} / \sqrt{3} = 7620 \text{ V}$

Según la empresa de energía de Pereira E.E.P. debemos utilizar según nuestras necesidades un DPS 12 kV – 10 kA tipo monóxido metálico.

2.12 SELECCIÓN DEL CORTACIRCUITO

Protección contra corto circuito.

Corriente máxima del transformador por alta = 225 kVA / 13,2 kV = 17,04 A

Fusible requerido para el cortacircuito **tipo 12K**.

2.13 EVALUACION DE NIVEL DE RIESGO PARA LA ESTRUCTURA SEGÚN NTC 4552

Figura 11. Evaluación del riesgo.

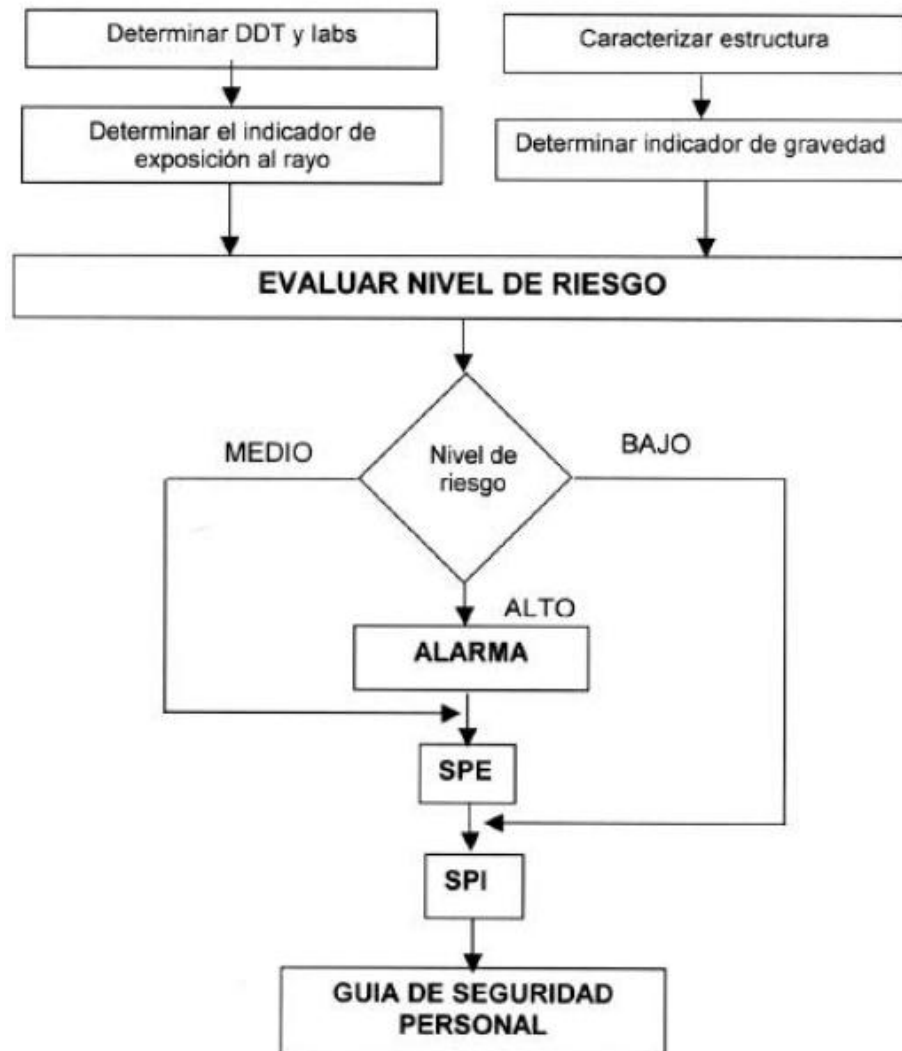


Figura tomada de (18)

2.13.1 Densidad de descargas a tierra (DDT) e I_{abs} .

Primero se determina la densidad de descargas a tierra (DDT) con la Tabla 37 tomada de la norma NTC 2050-1.

Tabla 37. Densidad de descargas a tierra (DDT) para las principales ciudades de Colombia.

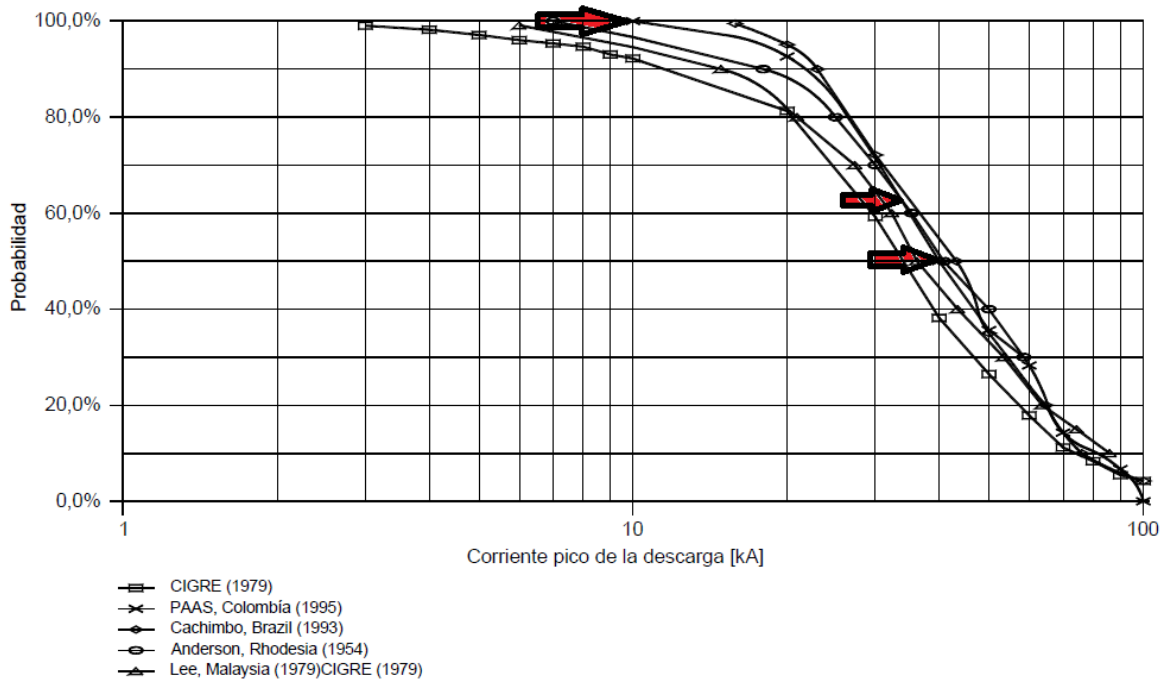
Ciudad	Latitud	Longitud	Densidad promedio
Barranquilla	10,9	-74,8	1
Cartagena	10,5	-75,5	2
Corozal	9,3	-75,3	3
El Banco	9,1	-74	10
Magangue	9,3	-74,8	5
Montería	8,8	-75,9	2
Quibdó	5,7	-76,6	9
Santa Marta	11,1	-74,2	2
Tumaco	1,8	-78,8	1
Turbo	8,1	-76,7	5
Valledupar	10,4	-73,3	2
Riohacha	11,5	-72,9	2
Armenia	4,5	-75,8	2
Barranca	7	-73,8	7
Bogotá	4,7	-74,2	1
Bucaramanga	7,1	-73,1	1
Cali	3,6	-76,4	1
Cúcuta	7,9	-72,5	1
Girardot	4,3	-74,8	5
Ibagué	4,4	-75,2	2
Ipiales	0,8	-77,6	1
Manizales	5	-75,5	2
Medellín	6,1	-75,4	1
Neiva	3	-75,3	1
Ocaña	8,3	-73,4	2
Pasto	1,4	-77,3	1
Pereira	4,8	-75,7	4
Popayán	2,4	-76,6	1
Remedios	7	-74,7	12
Villavicencio	4,2	-73,5	1
Bagre	7,8	-75,2	12
Samaná	5,4	-74,8	9

Tabla tomada de (28)

Los valores máximos de los parámetros de la corriente de rayo del nivel I (NPR I) se reducen a 75% para el nivel II, ya 50% para los niveles III y IV. Los parámetros del tiempo no cambian. (22)

Para hallar la I_{abs} tenemos tres posibilidades la primera es de 10 kA para nivel NPR I, la segunda es de 25 kA para nivel NPR II y la tercera es de 40 kA para nivel NPR III-IV, como se muestra en la Gráfica 1

Gráfica 1. Valor de la I_{abs} .



Grafica tomada de (29)

Con los datos obtenidos anteriormente la DDT y la I_{abs} . Podemos determinar el nivel de exposición al rayo con la

Tabla 38. Indicador de exposición al rayo.

Densidad de descargas a tierra (Descargas/Km ² -año)	Corriente pico absoluta promedio (kA)		
	40 ≤ I _{abs}	20 ≤ I _{abs} < 40	I _{abs} < 20
30 ≤ DDT			
15 ≤ DDT < 30			
5 ≤ DDT < 15			
DDT < 5			

Tabla tomada de (18)

 Severo
 Altos

 Medios
 Bajos

2.13.2 Características de la estructura

Tabla 39. Subindicador relacionado con el uso de la estructura.

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, Iglesias	40
B	Oficinas, hoteles, viviendas	30
C	Industrias pequeñas, museos, bibliotecas	20
D	Estructuras no habitadas	0

Tabla tomada de (18)

Tabla 40. Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Tabla tomada de (18)

Tabla 41. Subindicador relacionado con el área y la altura de la estructura.

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Tabla tomada de (18)

Con los datos obtenidos de las tablas anteriores y la ecuación del índice de gravedad obtenemos el siguiente resultado.

I_{USO} = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.

I_T = Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

I_{AA} = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura.

$$\begin{aligned}
 I_G &= I_{USO} + I_T + I_{AA} \\
 I_G &= 40 + 20 + 5 \\
 I_G &= 65
 \end{aligned}$$

Según este indicador de gravedad la estructura se encuentra ubicada en el siguiente rango de acuerdo a la Tabla 42:

Tabla 42. Indicador de gravedad.

Resultado de la suma de Indicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa


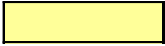
Tabla tomada de (18)

Una vez obtenidos los datos del indicador de exposición al rayo y el indicador de gravedad los reemplazamos en la matriz de riesgo. Que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 43. Matriz de riesgo.

PARÁMETROS / GRAVEDAD	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Alto	Alto	Alto	Medio	Baja	Bajo
Medio	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla tomada de (18)

	Alto
	Medio
	Bajo

Con el resultado de la matriz de riesgo en la Tabla 44 nos da las recomendaciones según el nivel de riesgo.

Tabla 44. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo.

Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas
Nivel de Riesgo Bajo	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
Nivel de Riesgo Medio	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
Nivel de Riesgo Alto	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
	Plan de Prevención y Contingencia

Tabla tomada de (18)

2.14 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SEGÚN SOFTWARE IEC

Para la evaluación de nivel de riesgo y protección contra descargas eléctricas atmosféricas del edificio ASIA LOFT AND HALL, se utilizó el software Riesgo, en el que se evaluaron los siguientes ítems:

- ✓ Dimensiones de la estructura.
- ✓ Características de la estructura.
- ✓ Influencias ambientales.
- ✓ Pérdidas.
- ✓ Líneas de servicios.
- ✓ Medidas de protección existentes.

2.14.1 Características de la estructura:

2.14.1.1 Tipo de estructura

- ✓ **Metálica:** la estructura proporciona un buen apantallamiento a los equipos en el interior.
- ✓ **Hormigón:** la estructura proporciona un cierto apantallamiento a los equipos en el interior.
- ✓ **Madera:** la estructura no proporciona ningún apantallamiento electromagnético.

- ✓ **Cemento, ladrillo:** la estructura no proporciona ningún apantallamiento electromagnético.

2.14.1.2 Riesgo de incendio - Rf

- ✓ **Bajo:** Estadios, estaciones de ferrocarril, centrales telefónicas ($R_f=0,001$).
- ✓ **Común:** oficinas, fabricas, escuelas, teatros, hoteles, museos, comercios ($R_f=0,01$).
- ✓ **Alto:** papeleras, industrias y almacenes de productos inflamables, edificios de madera, tejados de paja ($R_f=0,1$).
- ✓ **Explosivo:** polvorín, silos, panaderías, depósito de gas, petroquímica, pirotecnia ($R_f=1$).

2.14.1.3 Tipo de cableado interno Ks3

Este factor afecta la probabilidad de que el rayo pueda causar una descarga peligrosa o sobretensión.

- ✓ **No Apantallado:** Cableado sin pantalla y sin precauciones especiales en su condición. ($K_{s3}=1,0$).
- ✓ **Apantallado:** Cables con pantalla continua o cables en conductos metálicos conectados a tierra a ambos lados. ($K_{s3}=0,1$).

2.14.2 Influencias ambientales

2.14.2.1 Factor de situación de los elementos próximos Cd.

Factor de altura basado en la topografía y en la altura relativa de las estructuras u objetos próximos.

- ✓ **Altura menor que las demás:** Rodeado de estructuras más altas. ($C_d=0,25$)
- ✓ **Altura similar:** Rodeada de estructuras más bajas o de altura similar. ($C_d=0,5$).
- ✓ **Estructura aislada:** Sin otras estructuras alrededor en una distancia de tres veces la altura de la estructura. ($C_d=1$).
- ✓ **Sobre colina o promontorio:** Estructura expuesta y aislada en lo alto de una colina. ($C_d=2$).

2.14.2.2 Factor Ambiental

Separación entre los nodos de distribución de los servicios de suministro eléctrico o comunicación.

- ✓ **Edificios altos en ciudad:** ($C_e=0$).
- ✓ **Urbano:** Típicamente 100 m al nodo de distribución más cercano. ($C_e=0,1$)
- ✓ **Residencial:** Típicamente 500 m al nodo de distribución más cercano ($C_e=0,5$)
- ✓ **Rural:** Típicamente 1000 m al nodo de distribución más cercano. ($C_e=1$).

2.14.2.3 Tipo de terreno

Resistividad estimada.

- ✓ Limo, arcilla, arena semidensa. Resistividad baja. (50-500 ohm/m).
- ✓ Roca blanda. Resistividad normal. (500-3000 ohm/m).
- ✓ Arena suelta, arena densa, grava, roca dura. Resistividad alta (> 3000 ohm/m).

2.14.3 Pérdidas

2.14.3.1 Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas

Por incendios.

Pérdida de vidas humanas debido a incendios. Factor que considera la ocupación de las estructuras y las pérdidas de vidas que pueden ocurrir.

- ✓ **No ocupadas:** Almacén, cantera, subestación eléctrica, huerto solar, estructura con equipos autónomos. ($L_{f1}=0,01$).
- ✓ **Ocupadas ocasionalmente:** Estadio, Iglesia, local de ocio, I ($L_{f1}=0,02$).
- ✓ **Ocupadas regularmente:** Colegio, industria, comercio, I ($L_{f1}=0,05$).
- ✓ **Siempre ocupadas:** Hospital, hotel, prisión, edificio de viviendas, I ($L_{f1}=0,1$).

2.14.3.2 Por riesgo de pánico.

Factor de peligrosidad especial - h1a.

Según la dificultad de la evacuación de la estructura y el riesgo de pánico.

- ✓ **No ocupada:** (h1a=1).
- ✓ **Riesgo de pánico bajo:** Estructura limitada a dos plantas y menos de 100 personas: oficina, bloque de viviendas (h1a=2).
- ✓ **Riesgo de pánico medio o problemas de evacuación:** Teatro, sala de conciertos, centro comercial o deportivo con entre 100 y 1000 personas.
- ✓ **Estructura difícil de evacuar o con personas sin movilidad:** hospital, geriátrico, guardería, prisión (h1a=5).
- ✓ **Riesgo de pánico alto:** Teatro, sala de conciertos o acontecimientos deportivos con más de 1000 personas (h1a=10).

2.14.3.3 Consecuencias de los daños

Factor de peligrosidad especial - h1b

Factor que tiene en cuenta no solo las pérdidas de vidas en la estructura sino las que pueden derivarse del daño en esta.

- ✓ **Sin consecuencias:** Sin riesgo para personas fuera de la estructura (h1b=1).
- ✓ **Peligro para el entorno:** Almacenamiento de explosivos, silos de cereales, control en aeropuertos (h1b=20).
- ✓ **Contaminación medioambiental:** Nuclear, petroquímica, estructura con sustancias tóxicas o radioactivas (h1b=50).

2.14.3.4 Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo1

Considera las pérdidas de vidas que podría causar el fallo de los equipos.

- ✓ **No aplica:** El fallo de los sistemas eléctricos no causa daños a las personas (Lo1=0).
- ✓ **Equipos de seguridad:** Edificios con sistemas de seguridad eléctricos (ascensores en edificios altos, sensores que evitan riesgos en industrias (Lo1=0,0001).

- ✓ **Equipos vitales:** Hospital, edificio con equipos fundamentales para la vida de las personas (Lo1=0,001).
- ✓ **Potencialmente explosivo:** Edificios en los que un fallo eléctrico puede causar una explosión. (Lo1=0,1).

2.14.4 Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales

Este factor se aplica a estructuras que ofrecen servicios públicos.

2.14.4.1 Pérdidas de servicios - L2

- ✓ **No aplica:** Los daños en la estructura no afectan a ningún servicio esencial (Lf2-Lo2=0).
- ✓ **Perdida de servicios:** Suministro eléctrico, telecomunicaciones, radio y TV, agua, gas, ferrocarril, aeropuertos, hospitales. (Lf2-Lo2=0,1).

2.14.5 Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural - Lf3

Este factor se aplica a estructuras de significativo valor cultural o patrimonial.

2.14.5.1 Pérdidas de patrimonio

- ✓ **No aplica:** Los daños en la estructura no suponen pérdida de patrimonio cultural (Lf3=0).
- ✓ **Perdida de patrimonio cultural:** Museos, edificios de interés histórico, bienes patrimoniales (Lf3=0,1).

2.14.6 Tipo 4. Pérdidas económicas

Riesgos especiales

2.14.6.1 Factor de riesgos especiales - h4

Factor que tiene en cuenta no solo las pérdidas económicas en la estructura sino las que pueden derivarse de los daños en esta.

- ✓ **Sin consecuencias:** No hay riesgos especiales (h4=1)
- ✓ **Peligro para el entorno:** Almacenamiento de explosivos, silos de cereales, control en aeropuertos (h4=20).
- ✓ **Contaminación medioambiental:** Nuclear, petroquímica, estructura con sustancias tóxicas o radiactivas (h4=50).

2.14.6.2 Factor de pérdidas por incendio - Lf4

Según el valor de la estructura y su contenido.

- ✓ **Valor común:** Vivienda, comercio (Lf4=0,1).
- ✓ **Valor alto:** Hotel, colegio, oficina, iglesia, local de ocio (Lf4=0,2).
- ✓ **Valor muy alto:** Hospital, industria, museo, propiedad agrícola (Lf4=0,5).

2.14.6.3 Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo4

Según el valor de los equipos eléctricos y electrónicos en la estructura.

- ✓ **No aplica:** Estructura sin equipos eléctricos y electrónicos (Lo4=0).
- ✓ **Valor común:** Vivienda, pequeño comercio (Lo4=0,0001).
- ✓ **Valor alto:** Museo, propiedad agrícola, colegio, iglesia, local de ocio (Lo4=0,001).
- ✓ **Valor muy alto:** Hospital, industria, oficina, hotel, centro de negocios (Lo4=0,01).
- ✓ **Potencialmente explosivo:** Edificio en los que un fallo eléctrico puede causar una explosión (Lo4=0,1).

2.14.6.4 Factor de pérdidas potenciales por tensiones de paso/contacto - Lt4

Este factor está relacionado con las pérdidas debidas a tensiones de paso y contacto dentro y fuera, hasta 3m, de la estructura.

- ✓ Sin riesgo de shock: Propiedades agrarias sin riesgo de shock para los animales (Lt4=0).
- ✓ Ganado en el interior: Propiedades agrarias con animales dentro de la estructura (Lt4=0,01).
- ✓ Ganado en el exterior: Propiedades agrarias con animales fuera de la estructura (Lt4=0,01).

2.14.6.5 Riesgo tolerable de pérdidas - Rt4

Pérdidas económicas aceptables por año. Depende de las exigencias del propietario del edificio.

1 pérdida cada 10 años.

- 1 pérdida cada 100 años.
- 1 pérdida cada 1000 años.
- 1 pérdida cada 10000 años.
- 1 pérdida cada 100000 años.

2.14.7 Líneas de servicios

2.14.7.1 Suministro eléctrico – PL

Situación del cable.

- ✓ **Aéreo:** Distribución eléctrica al edificio a través de un cable aéreo (PL=1).
- ✓ **Enterrado:** Distribución eléctrica a la estructura a través de un cable soterrado (PL=2).
- ✓ **Ninguno:** No hay ninguna línea de distribución eléctrica conectada a la estructura (PL=0).

2.14.7.2 Tipo de cable- PLDO y PLIO

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos. Depende del tipo de cable utilizado.

- ✓ **Apantallado:** Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLDO=0,4) (PLIO=0,02).
- ✓ **No apantallado:** Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLDO=1) (PLIO=1)

2.14.7.3 Transformador MT/BT - CT

Verificar si hay algún transformador eléctrico en la estructura como es el caso del transformador MT/BT, transformador de aislamiento o subestación.

- ✓ **Transformador:** (Ej. línea de MT). Se aplica corrección por sobretensiones (Ct=0,2).
- ✓ **Sin transformador:** (Ej. línea de BT). No se aplica corrección por sobretensiones (Ct=1).

2.14.8 Otros servicios aéreos

2.14.8.1 Tipo de cable - PLD1 y PLI1

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos. Depende del tipo de cable utilizado.

- ✓ **Apantallado:** Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLD1=0,4) (PLI1=0,02).
- ✓ **No apantallado:** Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLD1=1) (PLI1=1).

2.14.9 Otros servicios enterrados.

2.14.9.1 Tipo de cable - PLD2 y PLI2

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos. Depende del tipo de cable utilizado.

- ✓ **Apantallado:** Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLD2=0,4) (PLI2=0,02).
- ✓ **No apantallado:** Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLD2=1) (PLI2=1).

2.14.10 Medidas de protección existentes

Eficacia del SPCR en la estructura.

2.14.10.1 Clase de SPCR según la IEC.

Nivel I (E=0,02).

Nivel II (E=0,05).

Nivel III (E=0,2).

Nivel IV (E=0).

Sin protección (E=0).

2.14.10.2 Protección contra sobretensiones – SP

- ✓ **Sin protección:** No hay ninguna medida de protección contra sobretensiones instalada (SP=0).
- ✓ **Solo en entrada de servicios:** Protección contra sobretensiones de unión equipotencial según IEC62305=3 (SP=1).

- ✓ **Coordinada según IEC62305-4:** Sistema de protección contra sobretensiones completo (SP=2).

En la Tabla 45 se muestran los datos recolectados de nuestro edificio en particular “ASIA LOFT AND HALL”.

Tabla 45. Datos para la evaluación del riesgo.

DATOS INDEPENDIENTES	
DIMENSIONES	
Longitud (L)	38 m
Anchura (W)	18,5 m
Altura tejado (H)	23,5 m
Altura prominencia (Hp)	24,9 m
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	
Tipo de cubierta	Hormigón
Tipo de estructura	Ladrillo, cemento
Riesgo de incendio	Común
Tipo de cableado interno	No apantallado
INFLUENCIAS AMBIENTALES	
Situación	Altura similar
Factor ambiental	Urbano
Días de tormenta	40
Tipo de terreno	Limo, arcilla, arena semidensa
PERDIDAS	
Tipo 1. pérdidas humanas	
Por incendios	Ocupadas regularmente
Por riesgo de pánico	Medio entre 100 y 1000 personas
Consecuencia de los daños	Sin consecuencias
Por sobretensiones	No aplica
Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales	
Pérdida de servicio	No aplica
Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural	
Pérdida de patrimonio	No aplica
Tipo 4. Pérdidas económicas	
Riesgos especiales	Sin consecuencias
Por incendios	Valor común
Por sobretensiones	Valor común
Por tensión paso/contacto	Sin riesgo de shock
Riesgo tolerable de pérdidas	1 en 100 años
LÍNEAS DE SERVICIO	
Suministro eléctrico	
Situación del cable	Aéreo

DATOS INDEPENDIENTES	
Tipo de cable	Apantallado
Transformador MT/BT	Transformador
Otros servicios aéreos	
Número de servicios	1
Tipo de cable	Apantallado
Otros servicios enterrados	
Número de servicios	0
Tipo de cable	No apantallado
MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Clase SPCR	Sin protección
Protección sobretensiones	Sin protección

Con los datos anteriores obtenemos algunos datos dependientes que se muestran en la Tabla 46, además del nivel de riesgo.

Tabla 46. Datos dependientes que aporta el software RIESGO.

DATOS DEPENDIENTES	
Superficie de exposición	24284
Densidad anual de impactos anual	4
Nivel de riesgo	I

En la Foto 3 se muestra la ventana del software para ingresar los parámetros del edificio y en la Foto 4 se muestran los resultados después de correr el software.

Foto 3. Datos generales ingresados para cálculo del nivel de riesgo.

Cálculo del índice de riesgo

Edificio número: 1 de 1

Nombre del edificio: asia loft and hall

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1	asia loft and hall	18,50	38,00	23,50	P

APLICACIONES TECNOLÓGICAS

Empresa

Proyecto

Datos generales

Cálculo de riesgo

Ubicación de edificios

Ubicación de pararrayos

Protección externa

Protección interna

Memoria

Solicite presupuesto

Guía de diseño

Características de la Estructura

Influencias Ambientales

Pérdidas

Lineas de Servicios

Factor de protección contra sobretensiones - SP

Factor de protección contra sobretensiones - SP:
 - Sin protección. No hay ninguna medida de protección contra sobretensiones instalada. [SP=0]
 - Sólo en entradas de servicios. Protección contra sobretensiones de unión equipotencial según IEC62305-3. [SP=1]
 - Coordinada según IEC62305-4. Sistema de protección contra sobretensiones completo. [SP=2]

Foto 4. Resultado obtenido del nivel de riesgo.

Cálculo del índice de riesgo

Edificio número: 1 de 1

Nombre del edificio: asia loft and hall

Ed.	Nombre	Superficie de captura	Riesgo de pérdidas vidas humanas	Riesgo de pérdidas de servicios públicos	Riesgo de pérdida de patrimonio	Riesgo de pérdidas económicas	Necesidad instalación SEPCR*	Nivel de protección	Necesidad instalación SIPCR**	Tipo SIPCR
1	asia loft and hall	24.284,00	4.49E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,67E-08	Necesaria	Nivel I	Necesaria	Entrada

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN SEGÚN LA NORMA UNE EN 62305-2

ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PROTECCIÓN

La protección se realizará mediante PDC Malla

* SEPCR = Sistema Externo de Protección Contra el Rayo
 ** SIPCR = Sistema Interno de Protección Contra el Rayo

Edificio: 1 asia loft and hall

PROTECCIÓN NECESARIA:
 La instalación de un sistema externo e interno es necesaria según la IEC 62305-2.

NIVEL DE PROTECCIÓN:
 Nivel de protección: Nivel I

2.15 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Para este proyecto se utilizara el método de la esfera rodante ya que nuestro edificio tiene una altura menor a 55 m y para este tipo de altura es recomendable.

Con la Tabla 47 obtenemos el radio de la esfera rodante con la cual podemos saber los puntos estratégicos donde posteriormente quedaran ubicadas las puntas captadoras y teniendo en cuenta las distancias de separación mencionadas anteriormente.

Tabla 47. Radio de la esfera rodante según el nivel de riesgo.

Nivel de Protección	Radio de la esfera (rsc) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Tabla tomada de (25)

En la Tabla 48 se indica el número mínimo de bajantes que debe tener la estructura según su altura.

Tabla 48. Cantidad mínima de bajantes.

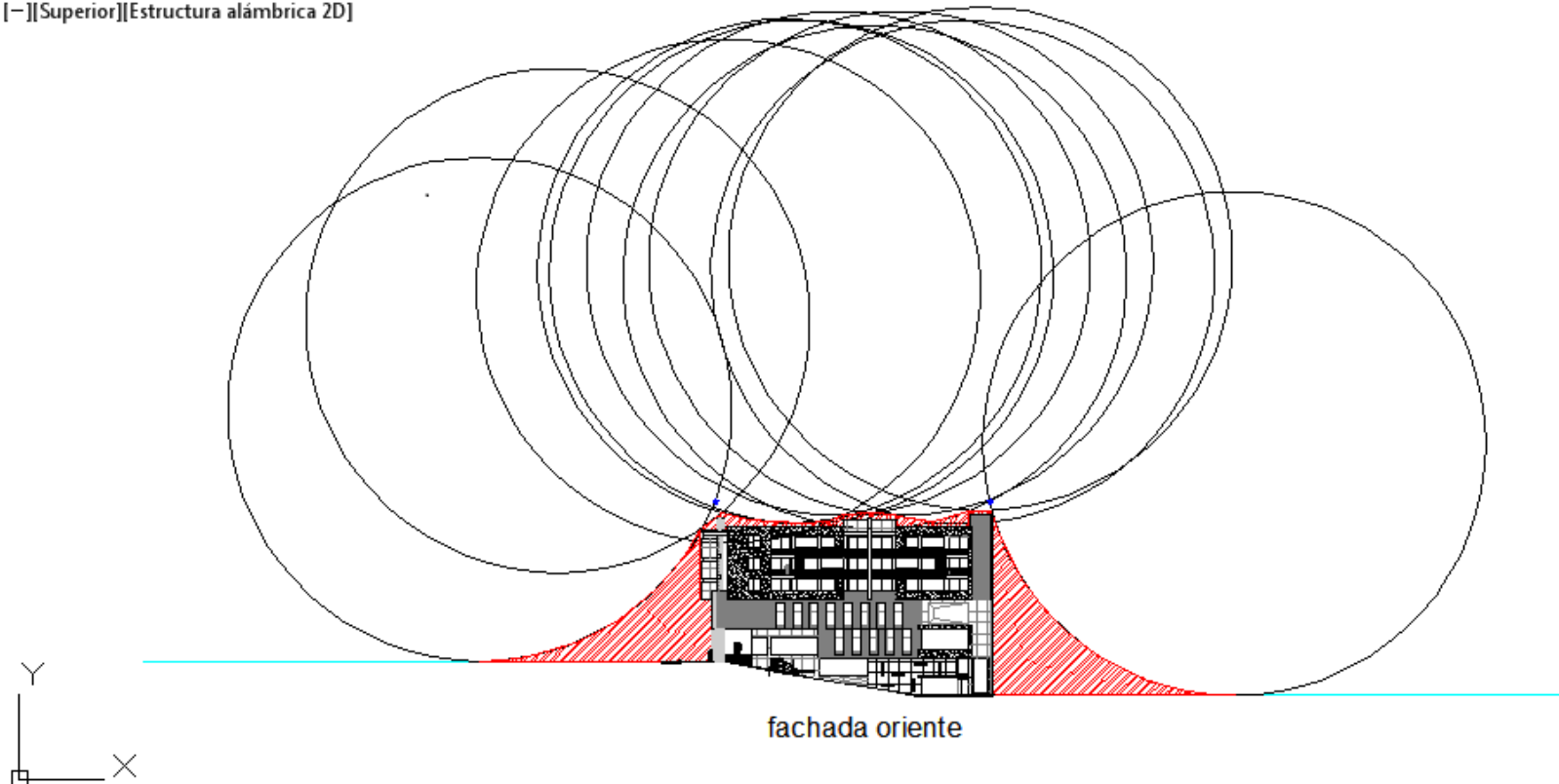
Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor	
		Cobre	Aluminio
Menor que 25 m	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m	4	1/0 AWG	2/0 AWG

Tabla tomada de (18)

Teniendo el radio de la esfera rodante se procede a realizar la simulación para las puntas de captación en AUTOCAD como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 12. Esfera rodante fachada oriental.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]



En esta figura se colocan las esferas con radio de 35 m por todo el perímetro expuesto de la estructura en las fachadas y cortes, además se muestra sombreado en azul la zona protegida, al igual que la Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17.

Figura 13. Esfera rodante corte lateral.

[--][Superior][Estructura alámbrica 2D]

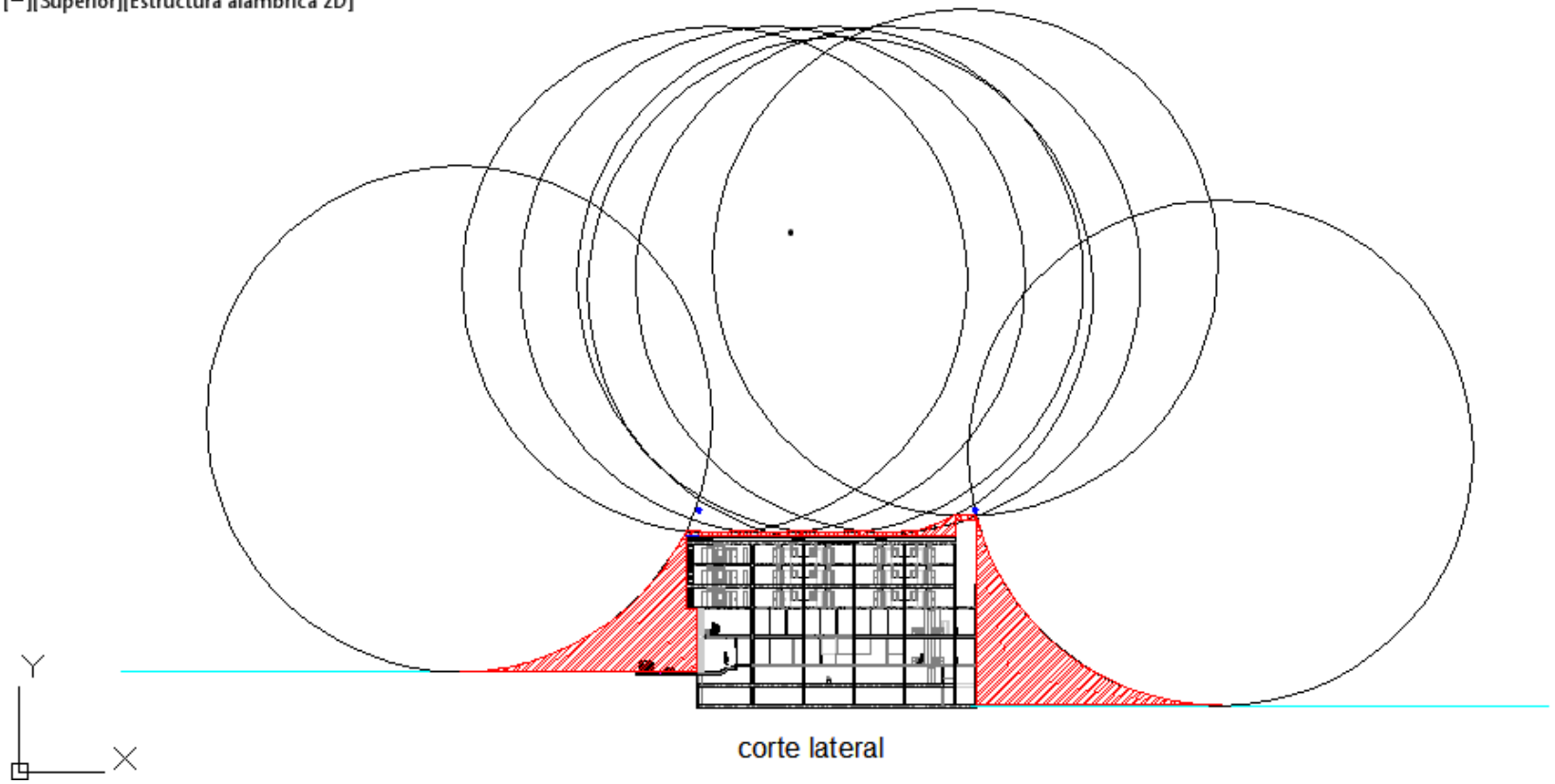


Figura 14. Esfera rodante fachada occidental.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

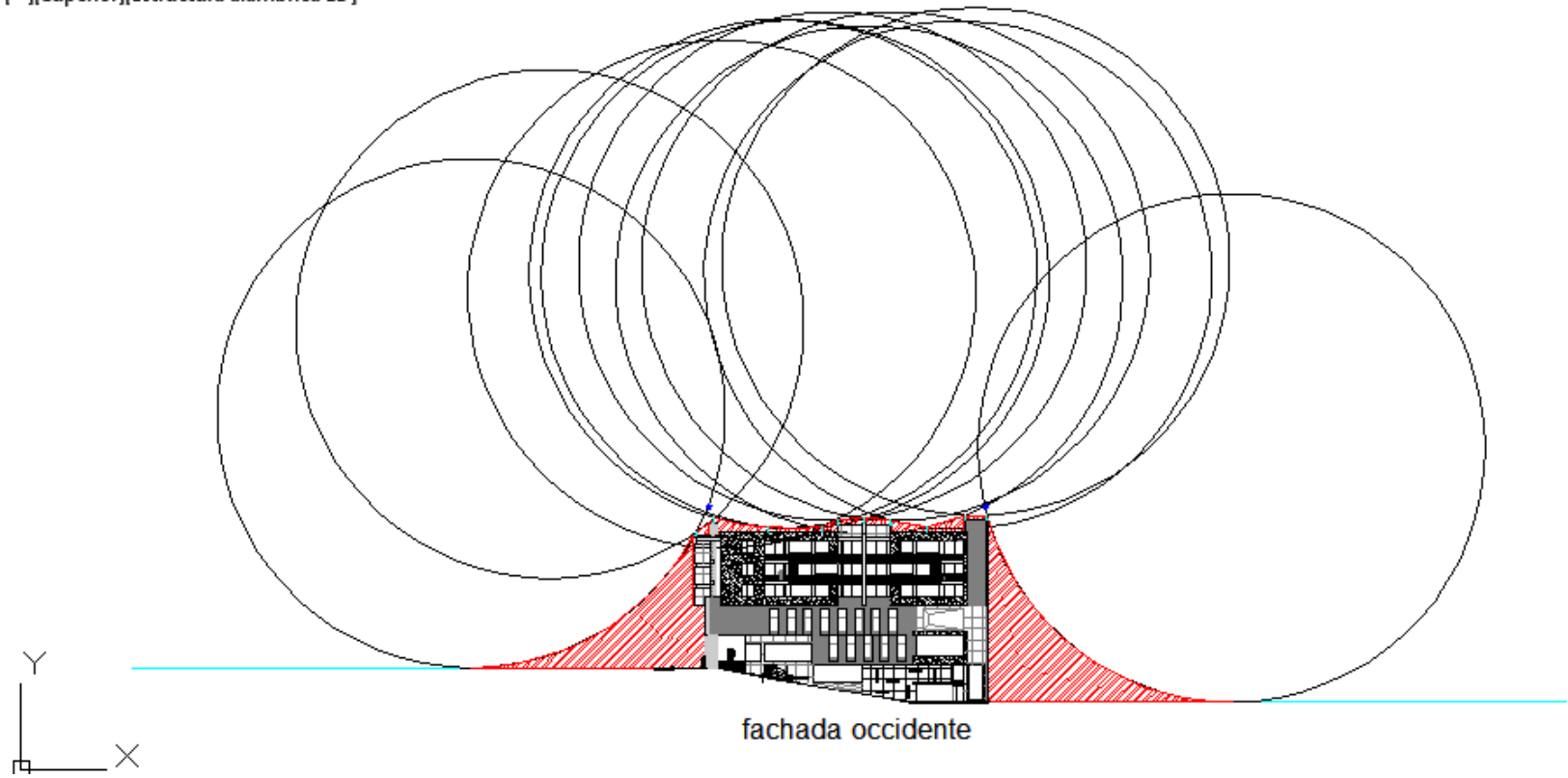


Figura 15. Esfera rodante fachada norte.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

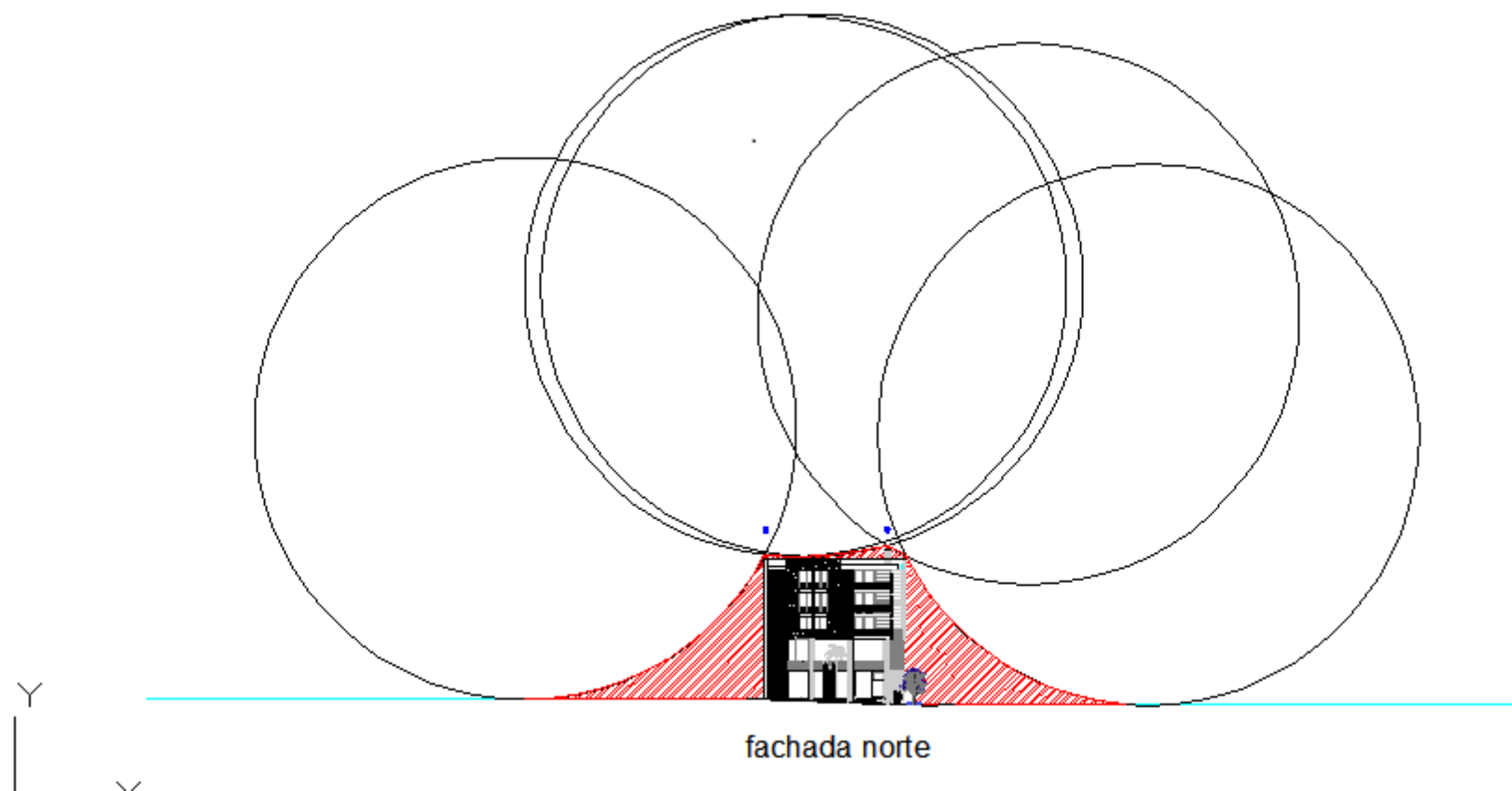


Figura 16. Esfera rodante corte frontal.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

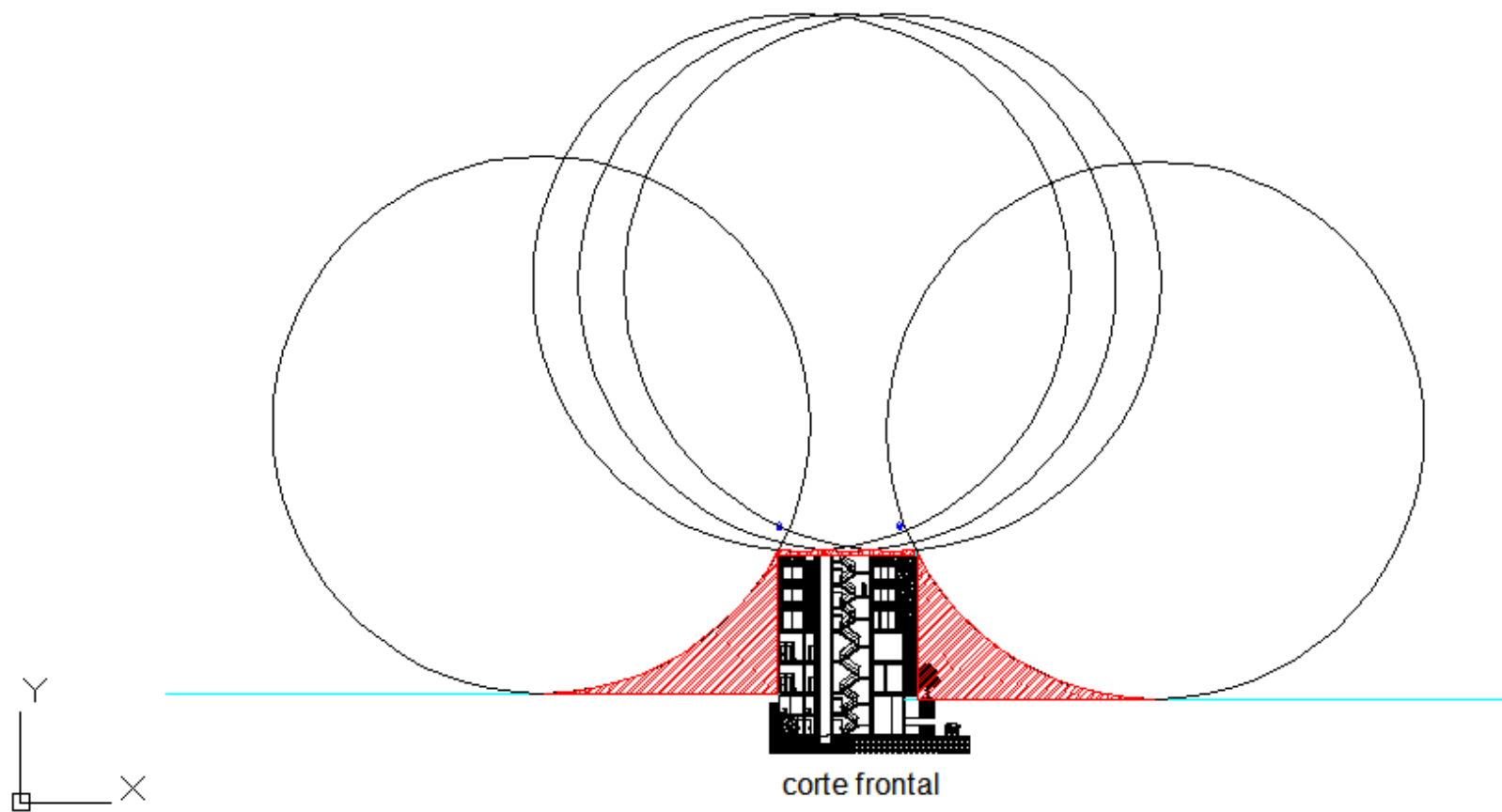


Figura 17. Esfera rodante fachada sur.

[-] [Superior] [Estructura alámbrica 2D]

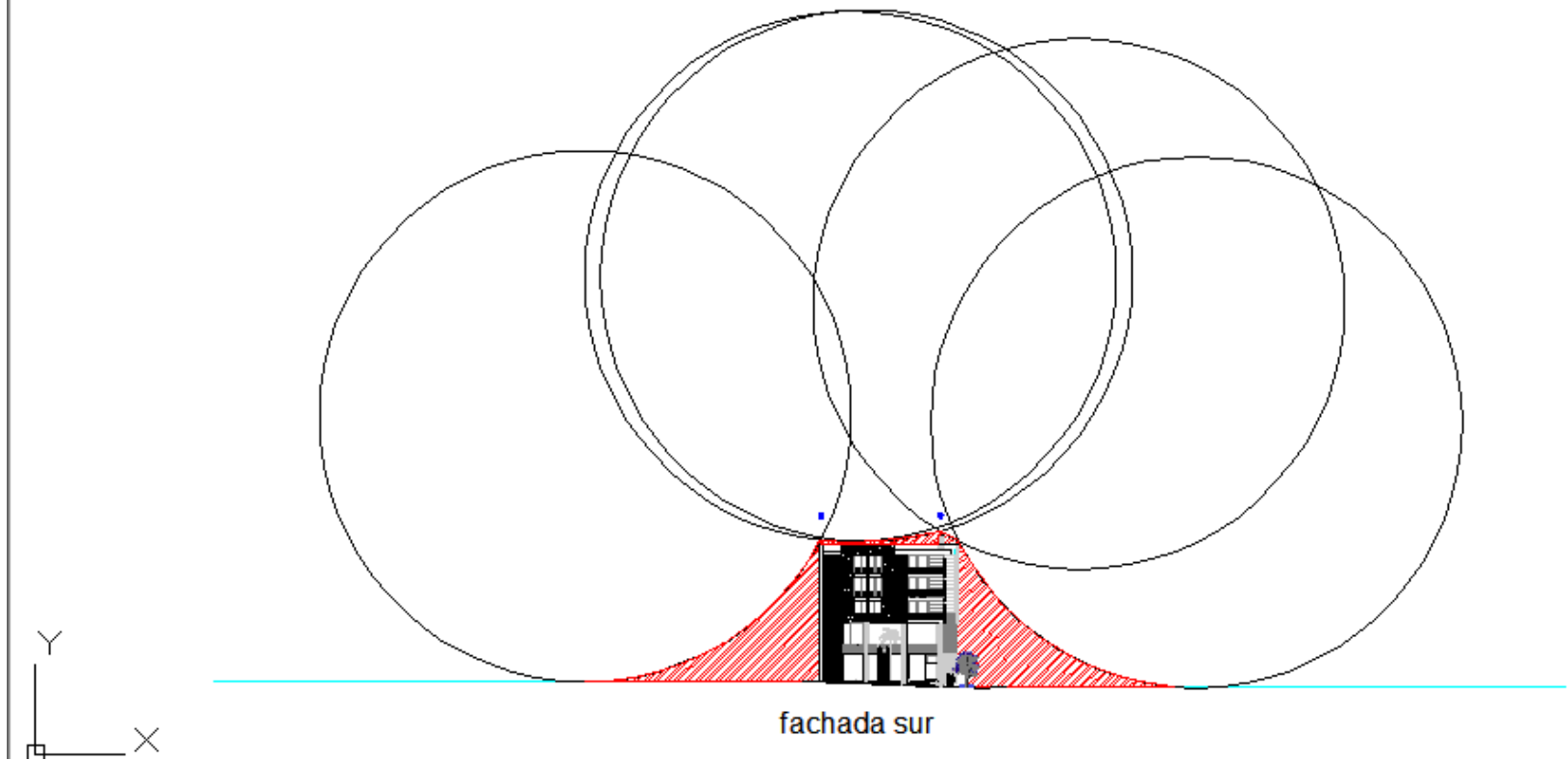
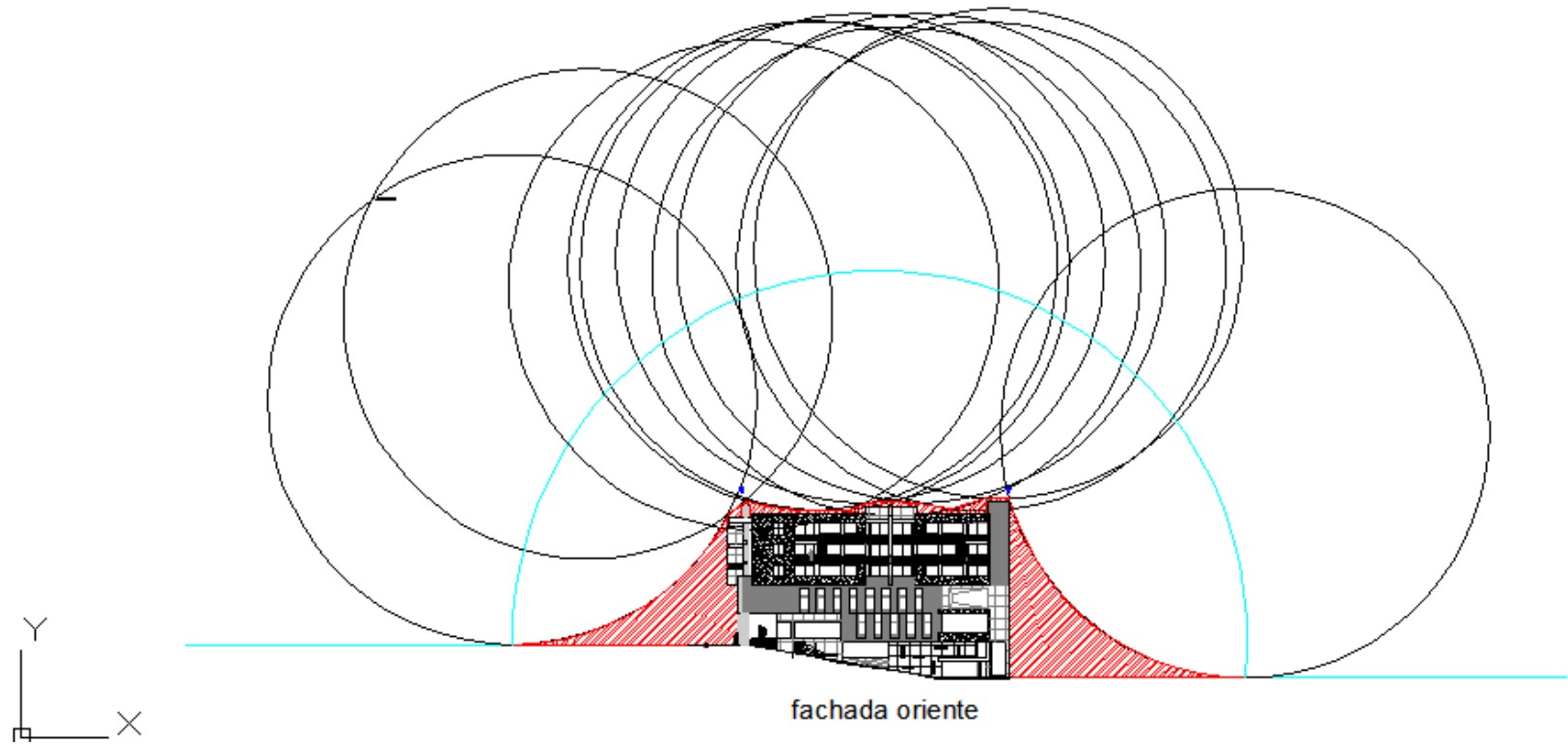


Figura 18. Trazo de corte de la esfera rodante fachada oriente.

[-][Superior][Estructura alámbrica 2D]



En esta figura se hace un trazo con una media circunferencia para recortar el recorrido de la esfera rodante y así poder apreciar en las figuras posteriores algo más preciso. Los trazos se verán en la Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22 y Figura 23.

Figura 19. Trazo de corte de la esfera rodante corte lateral.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

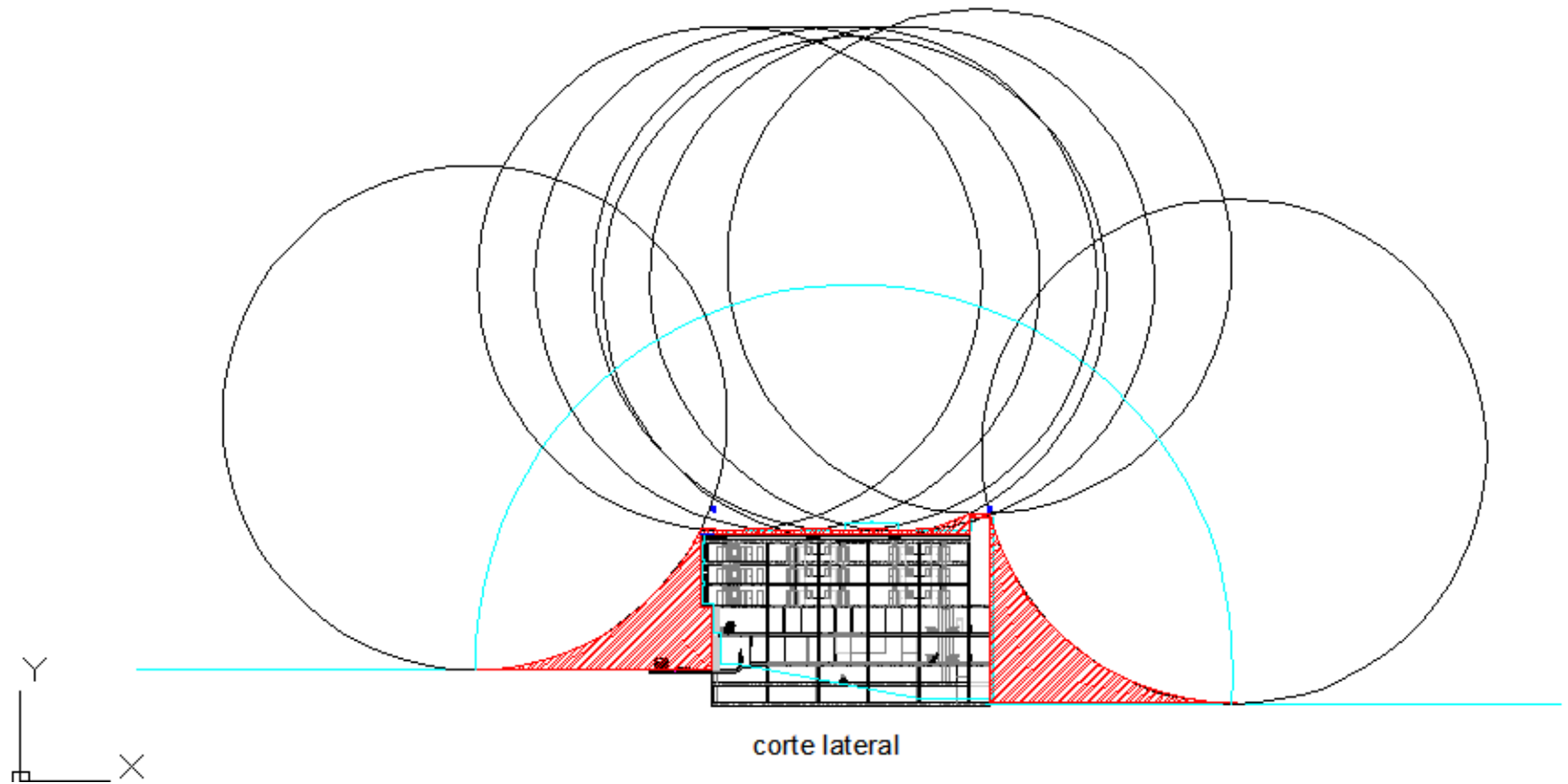


Figura 20. Trazo de corte de la esfera rodante fachada occidente.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

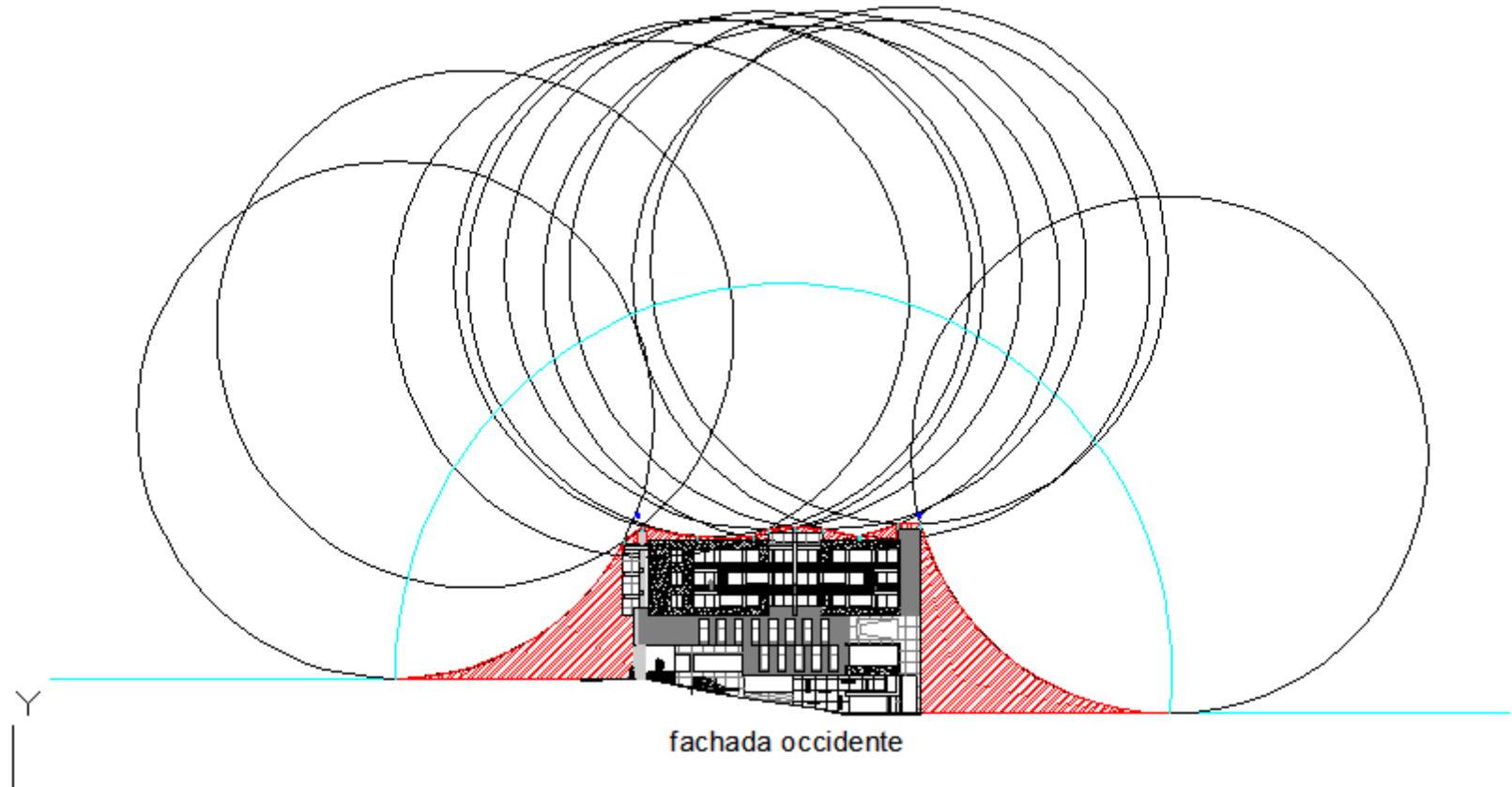


Figura 21. Trazo de corte de la esfera rodante fachada norte.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

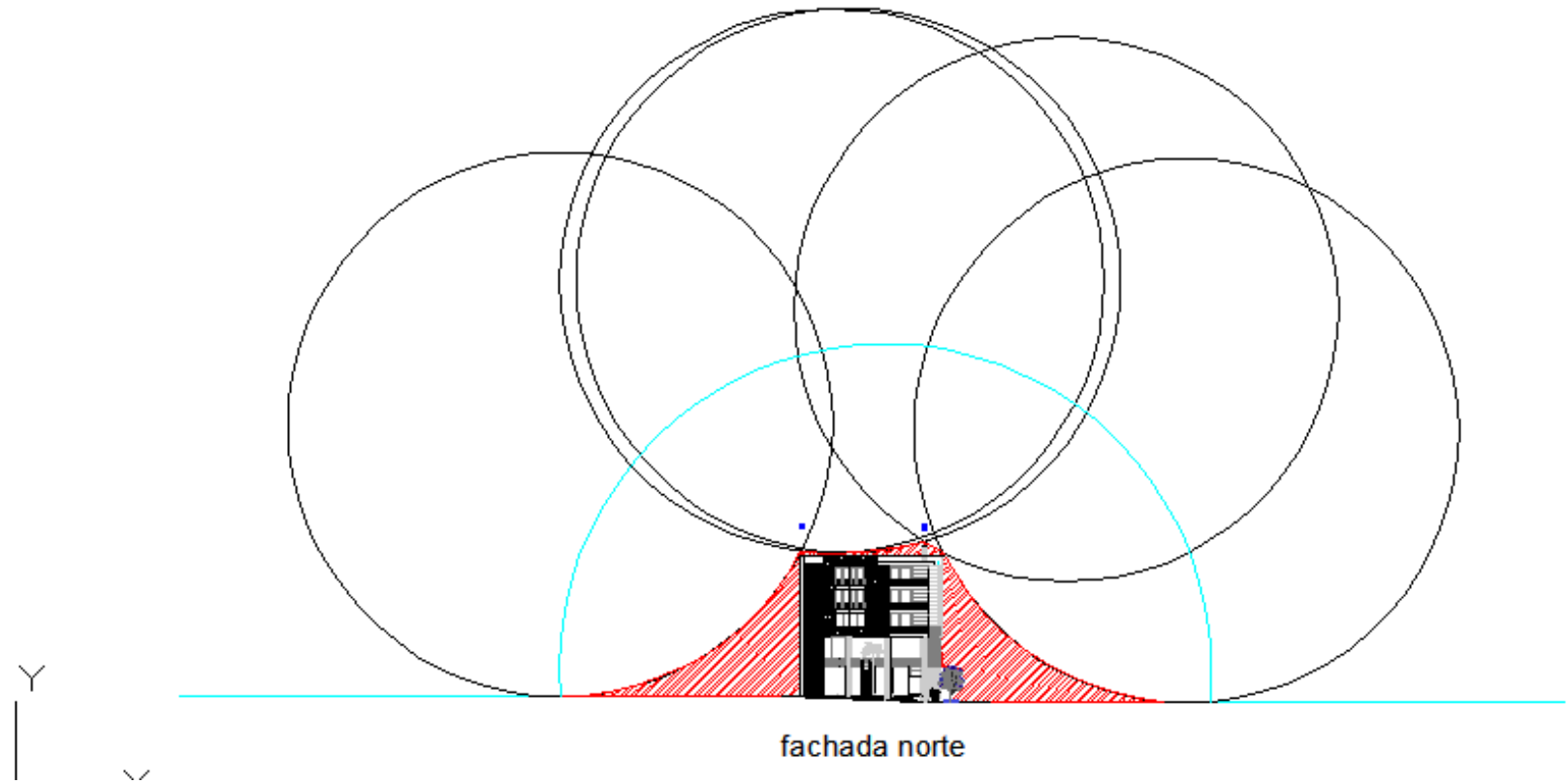


Figura 22. Trazo de corte de la esfera rodante corte frontal.

[–][Superior][Estructura alámbrica 2D]

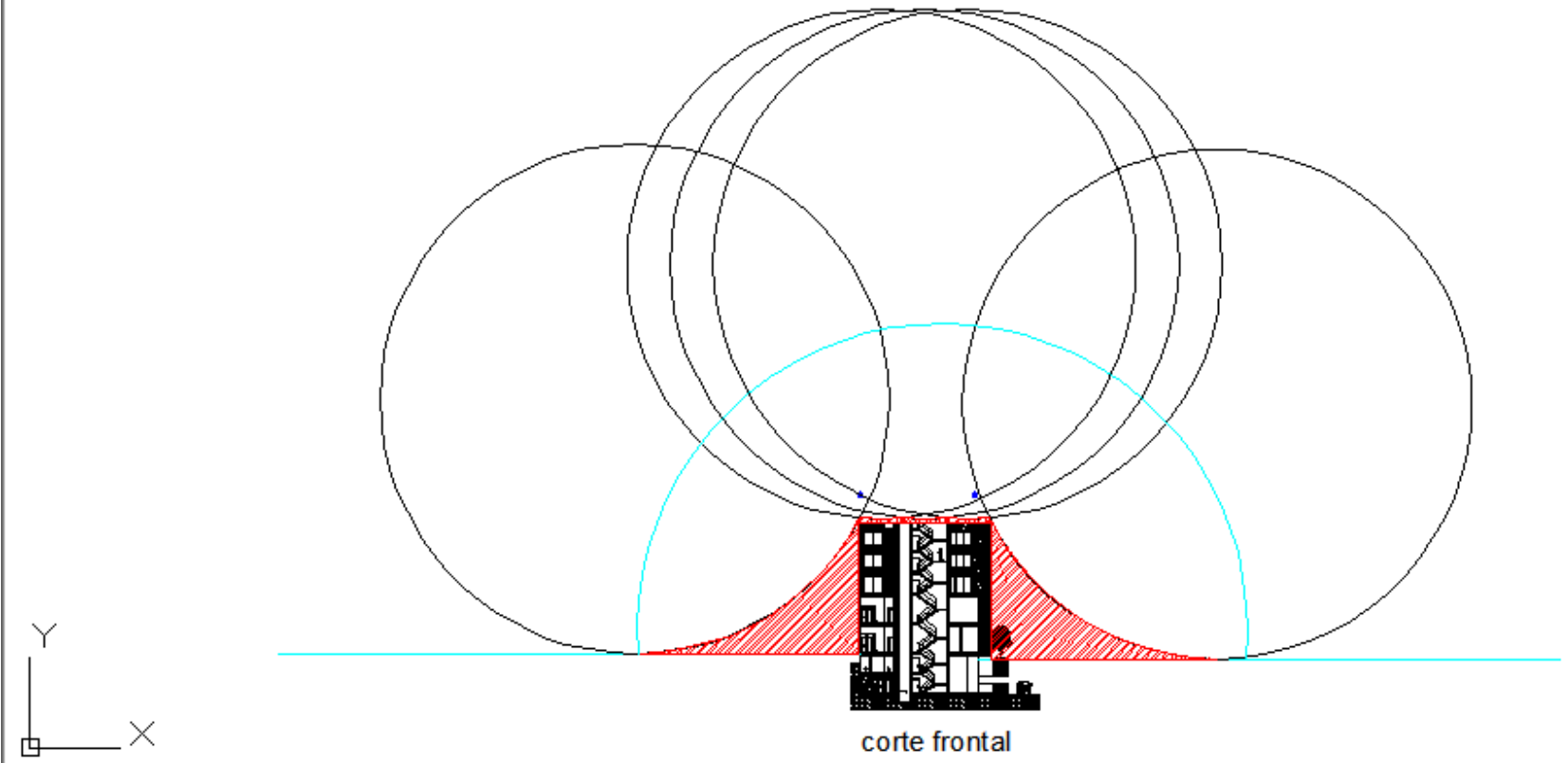


Figura 23. Trazo de corte de la esfera rodante fachada sur.

[-] [Superior] [Estructura alámbrica 2D]

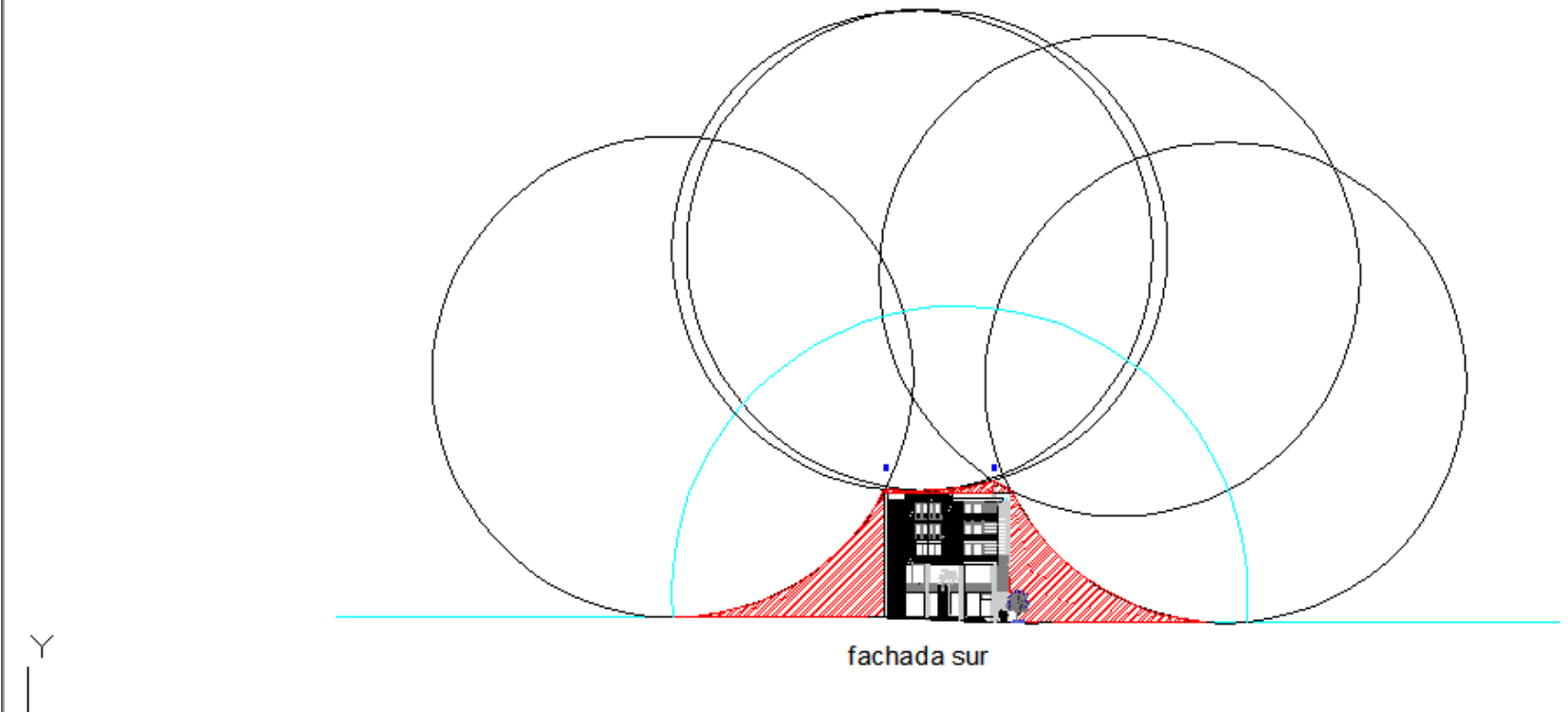
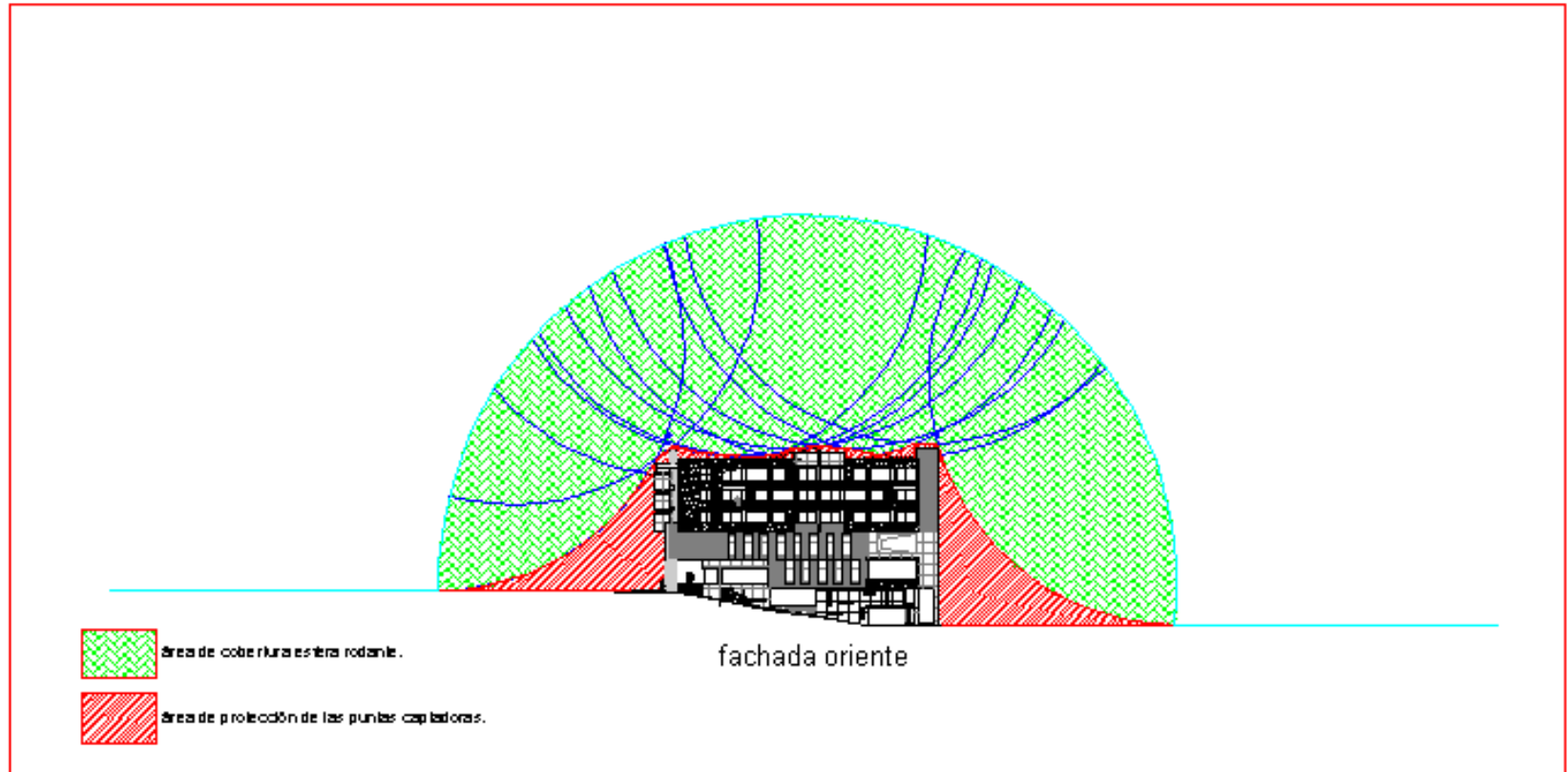


Figura 24. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada oriental.



En esta figura y la Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28 y Figura 29 se muestra el resumen de las zonas de protección de las puntas captadoras, además, las zonas de cobertura de la esfera rodante eliminando la parte innecesaria.

Figura 25. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en el corte lateral.

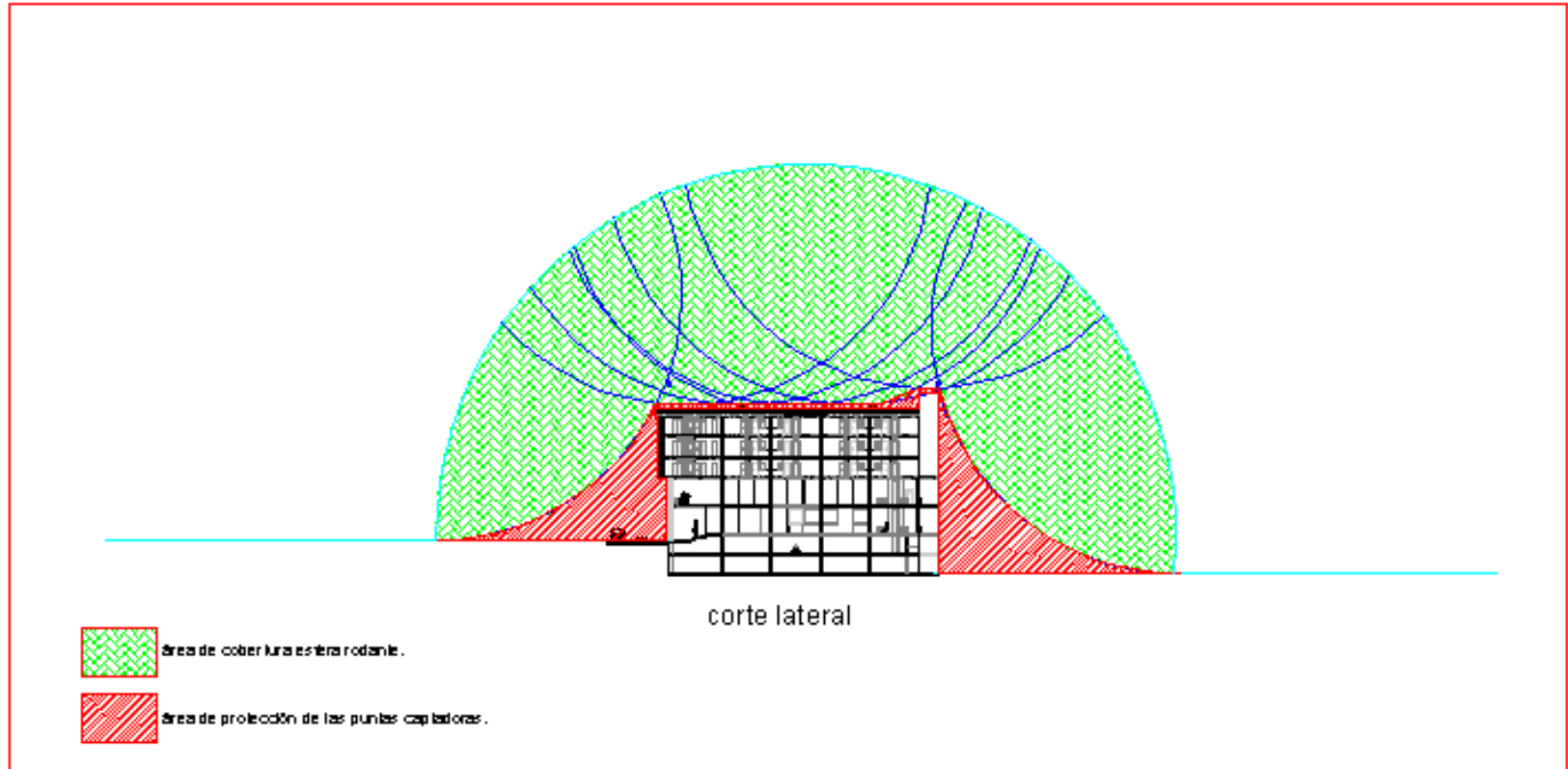


Figura 26. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada occidental.

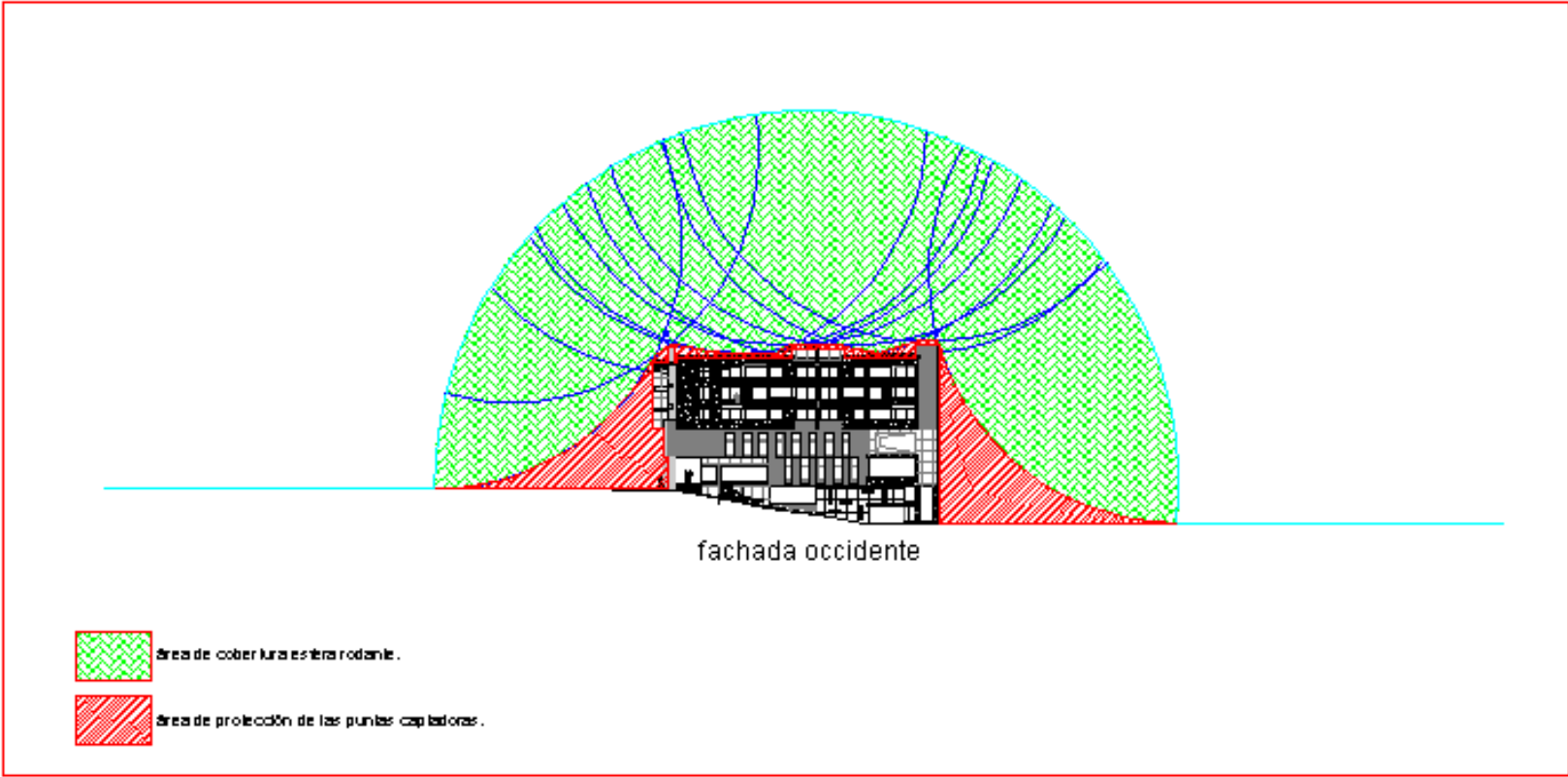


Figura 27. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada norte.

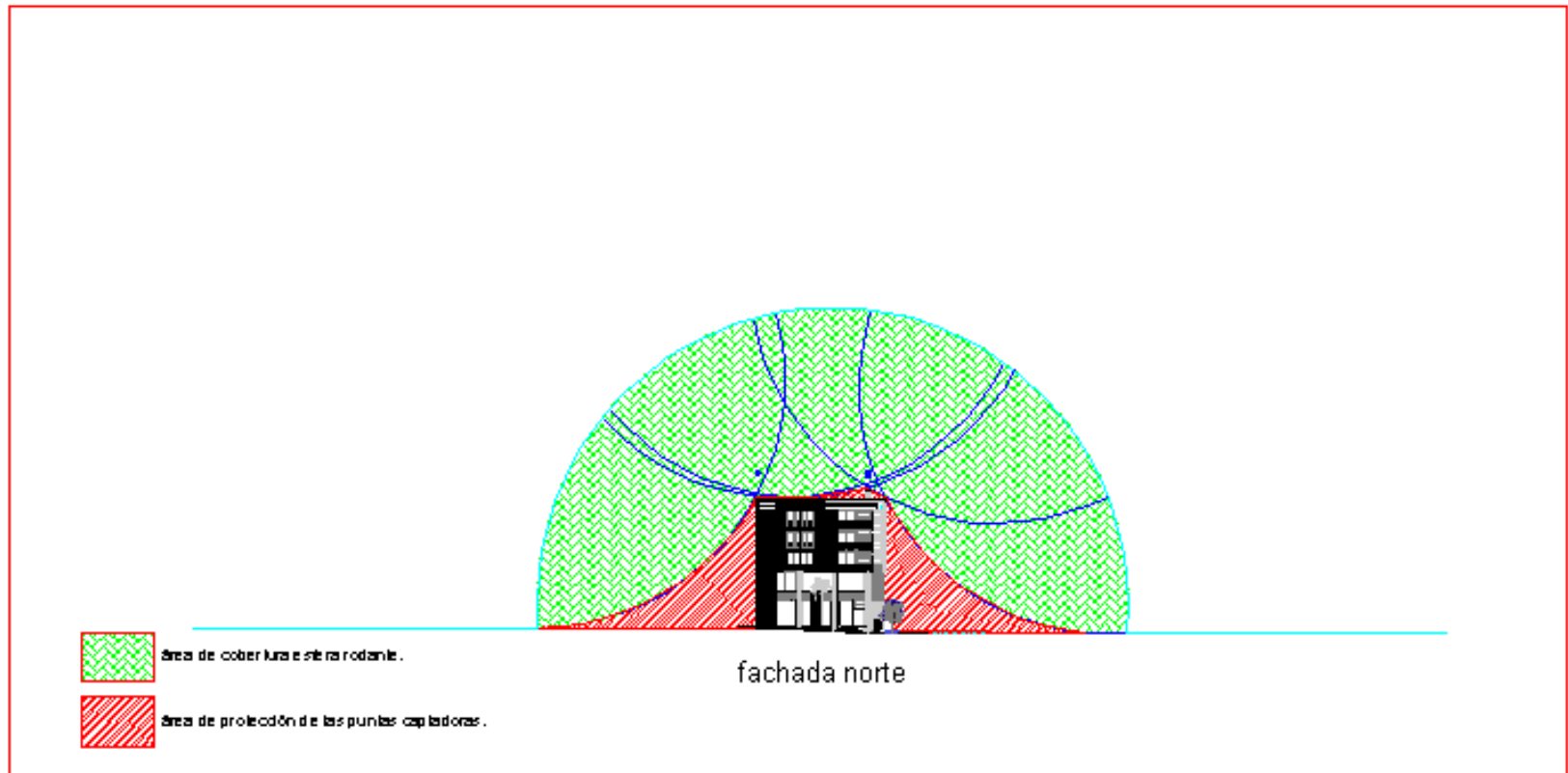


Figura 28. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en el corte frontal.

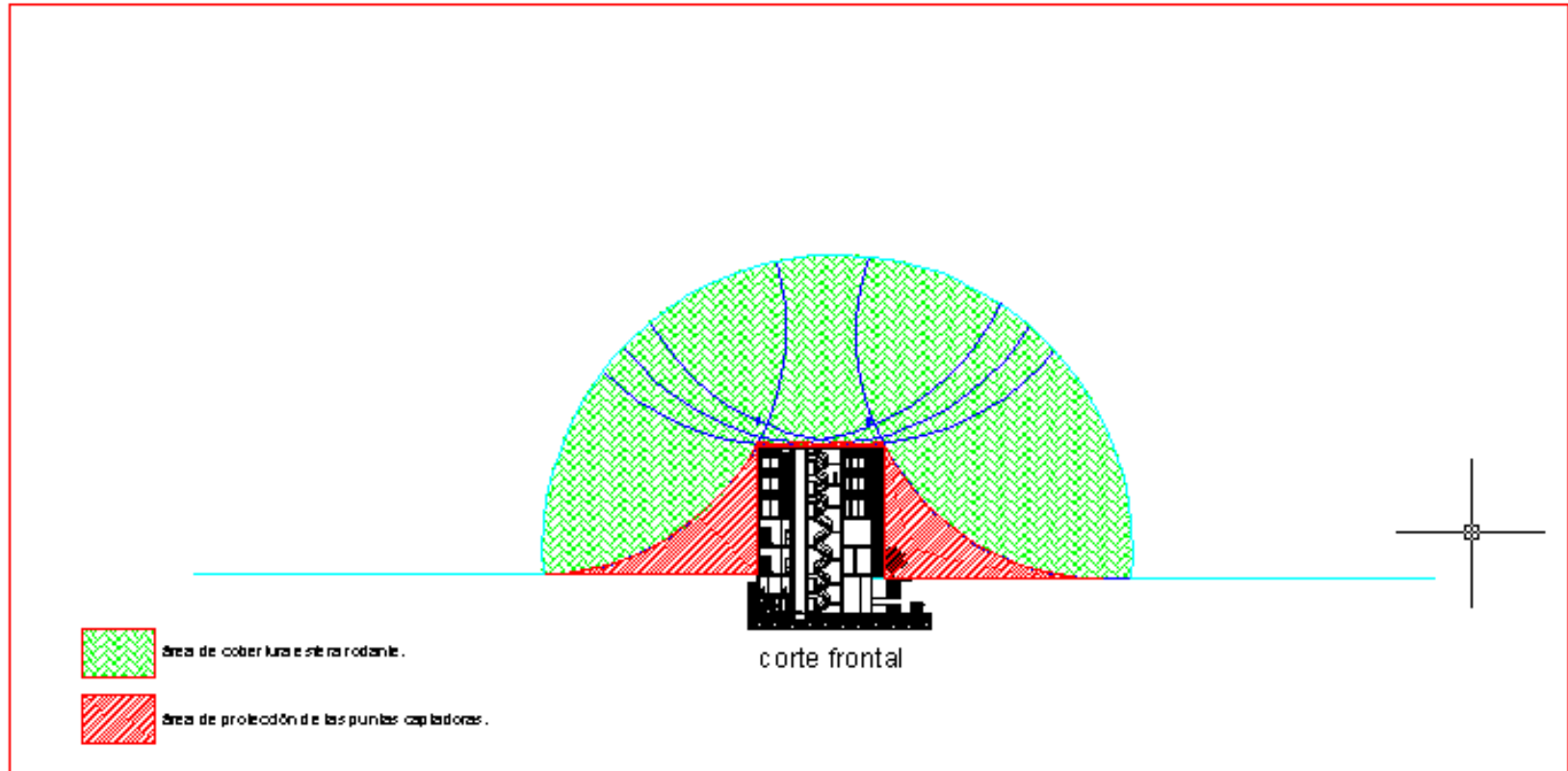


Figura 29. Zonas de protección de las puntas captadoras y cobertura esfera rodante en la fachada sur.

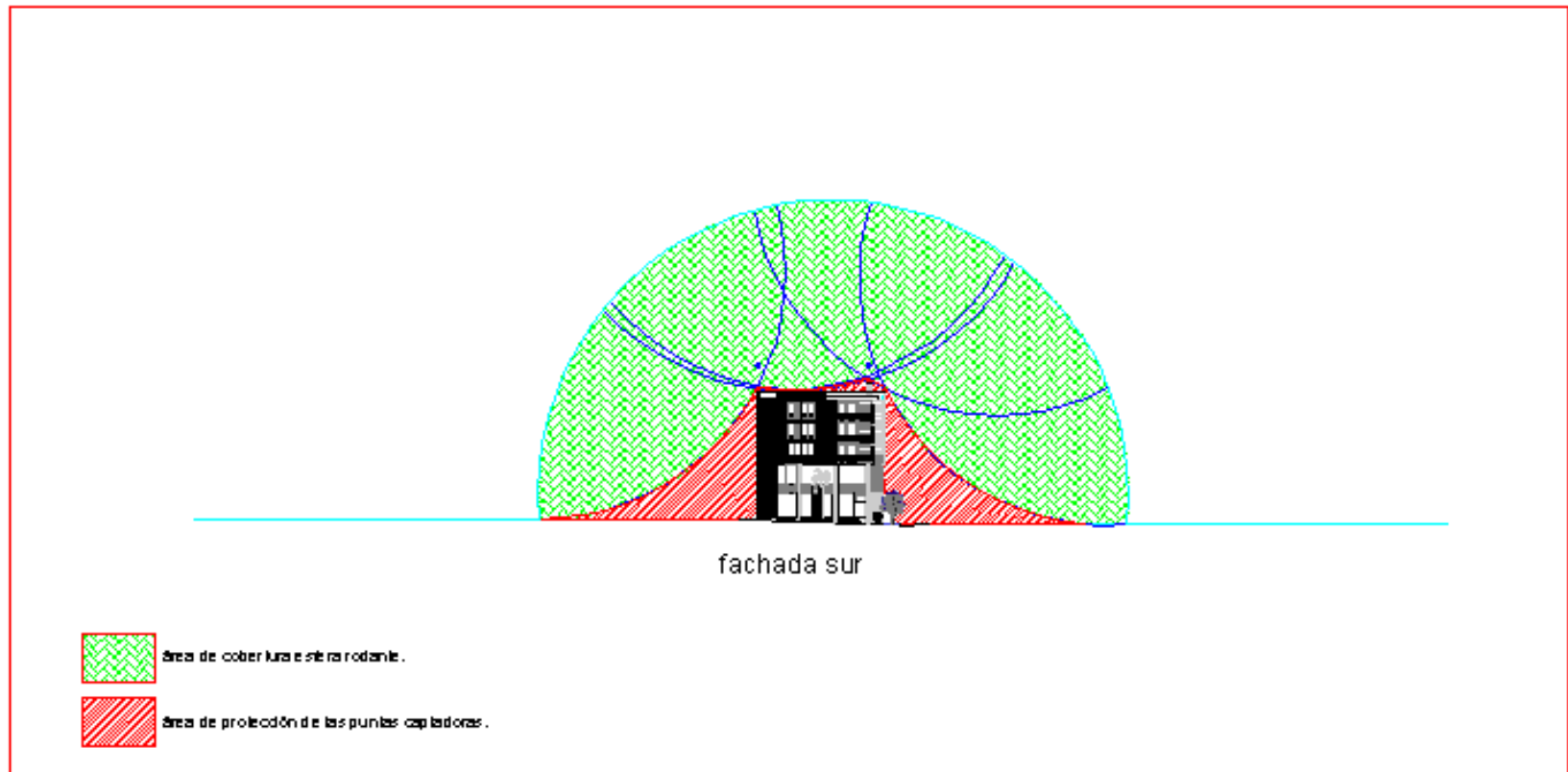
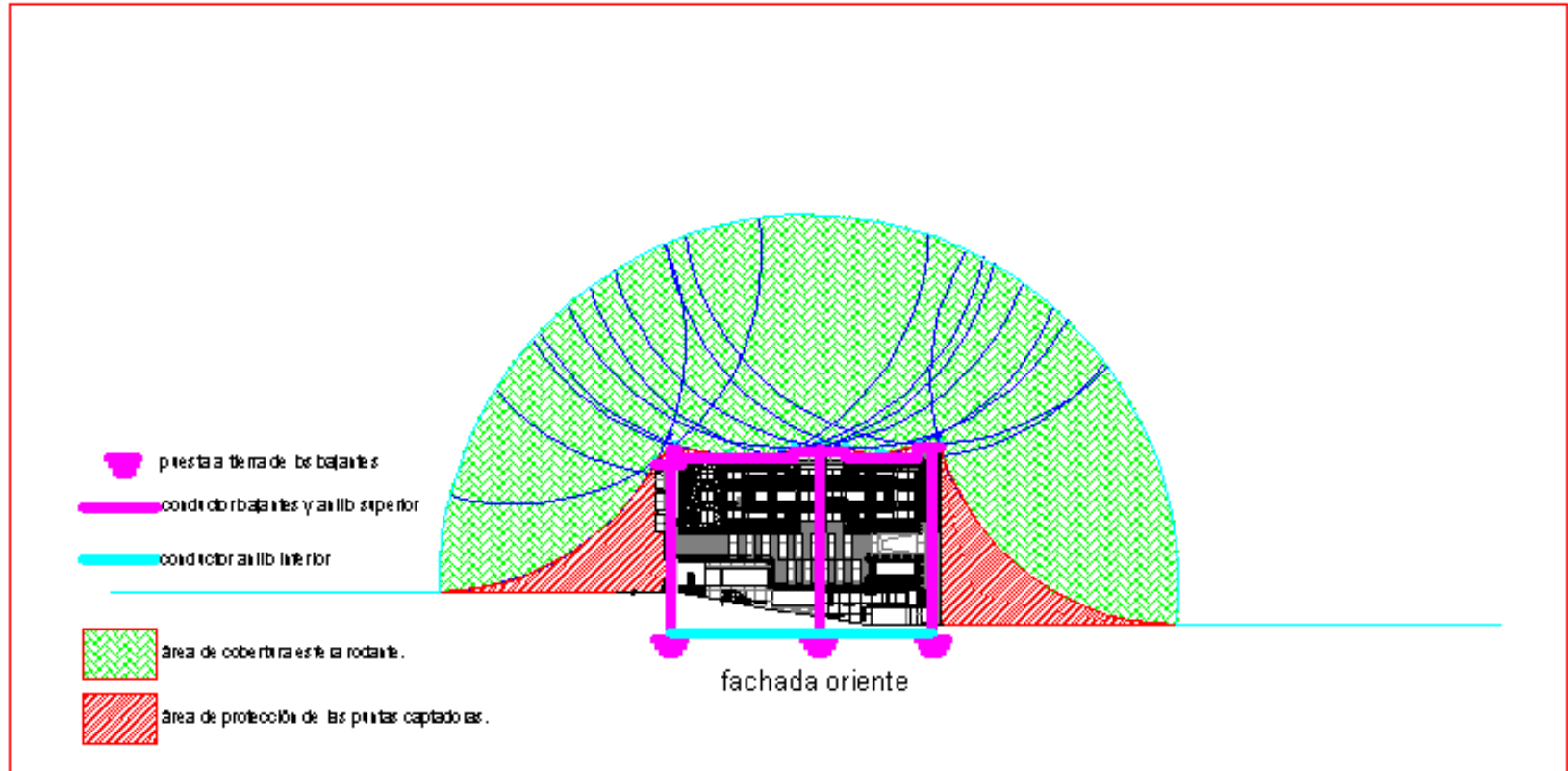


Figura 30. Sistema de apantallamiento fachada oriente.



En esta figura como en la Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 y Figura 35 se muestra el diseño del sistema de apantallamiento para el edificio **ASIA LOFT AND HALL**.

Figura 31. Sistema de apantallamiento corte lateral.

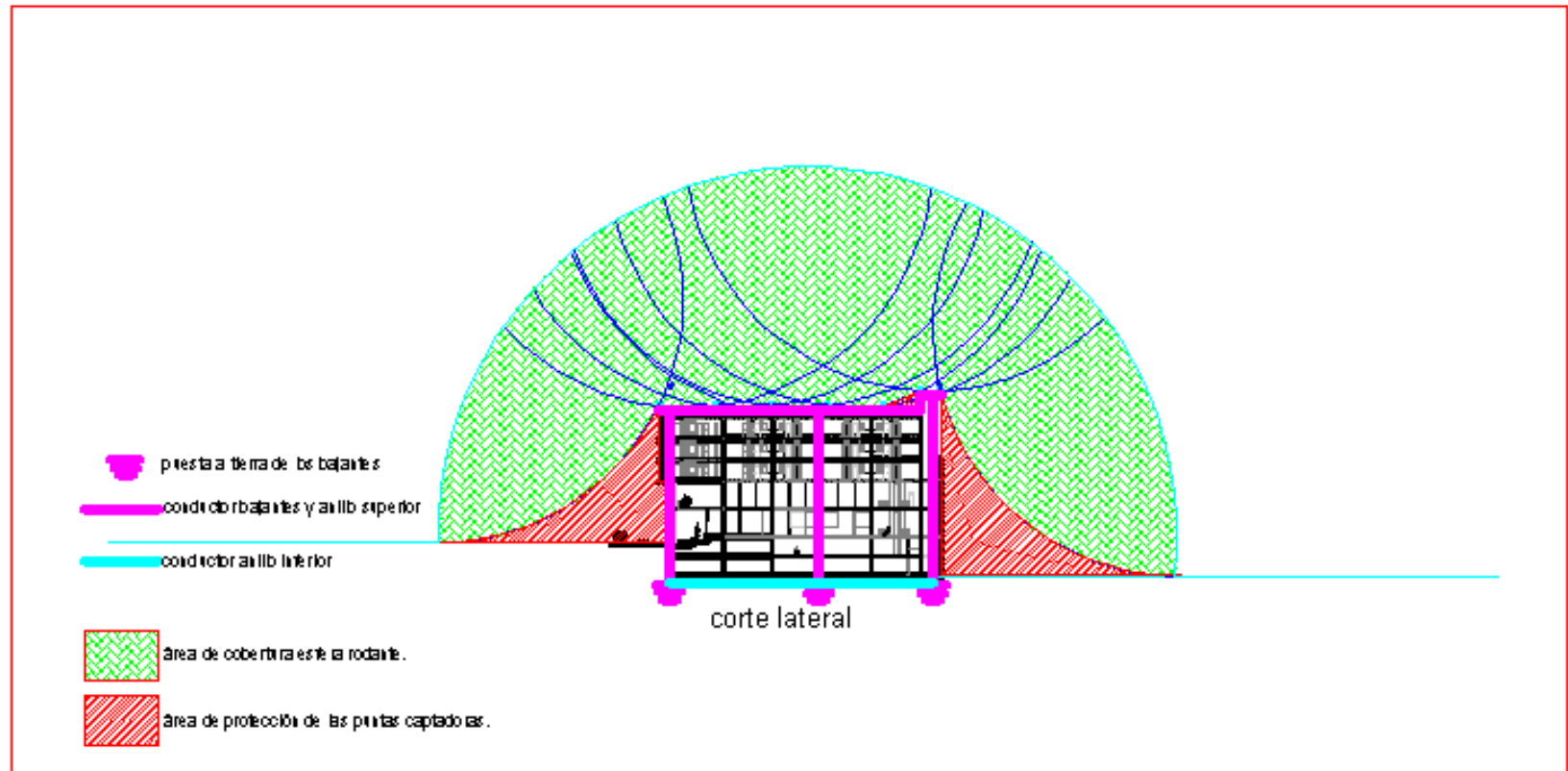


Figura 32. Sistema de apantallamiento fachada oeste.

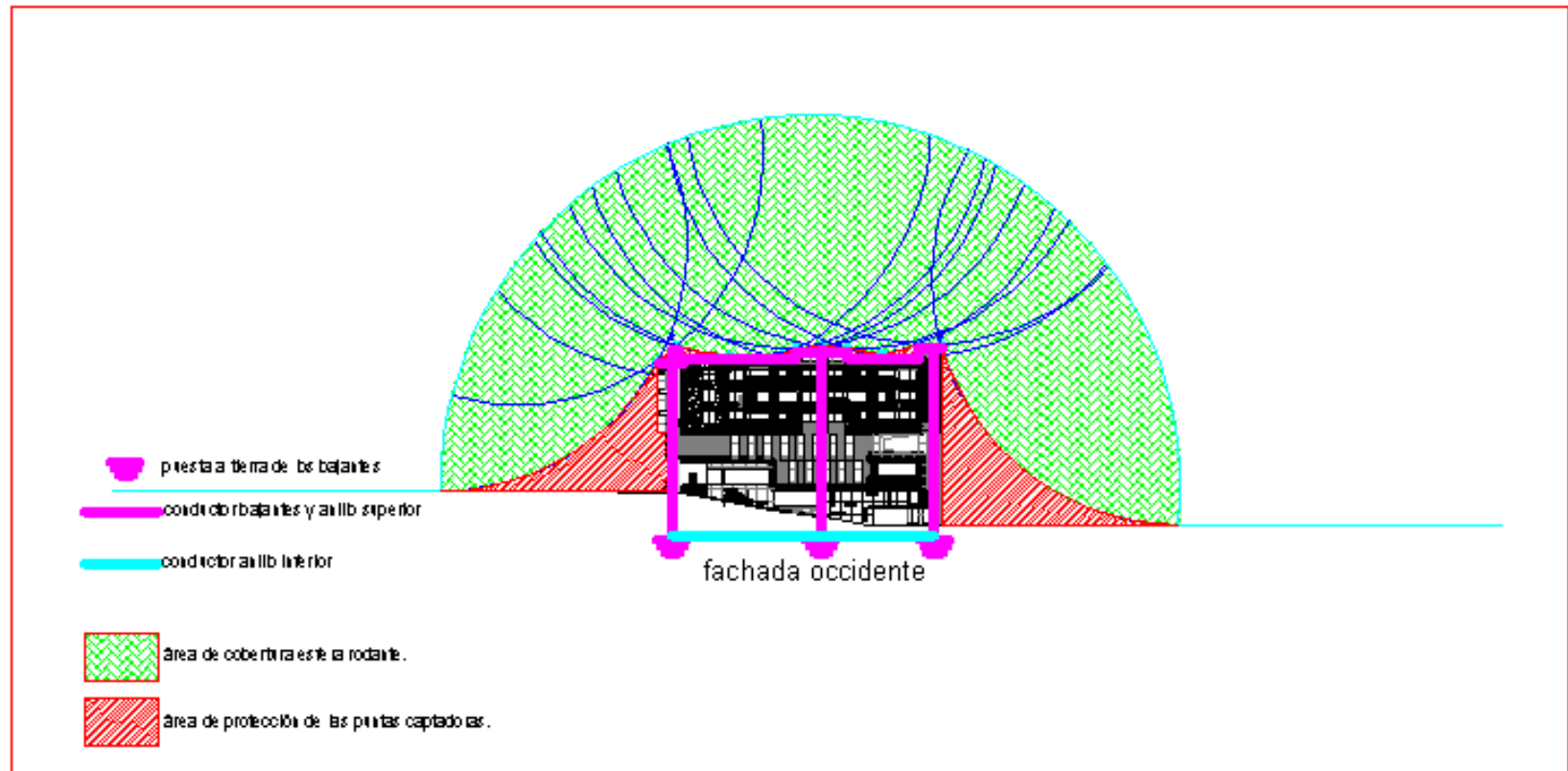


Figura 33. Sistema de apantallamiento fachada norte.

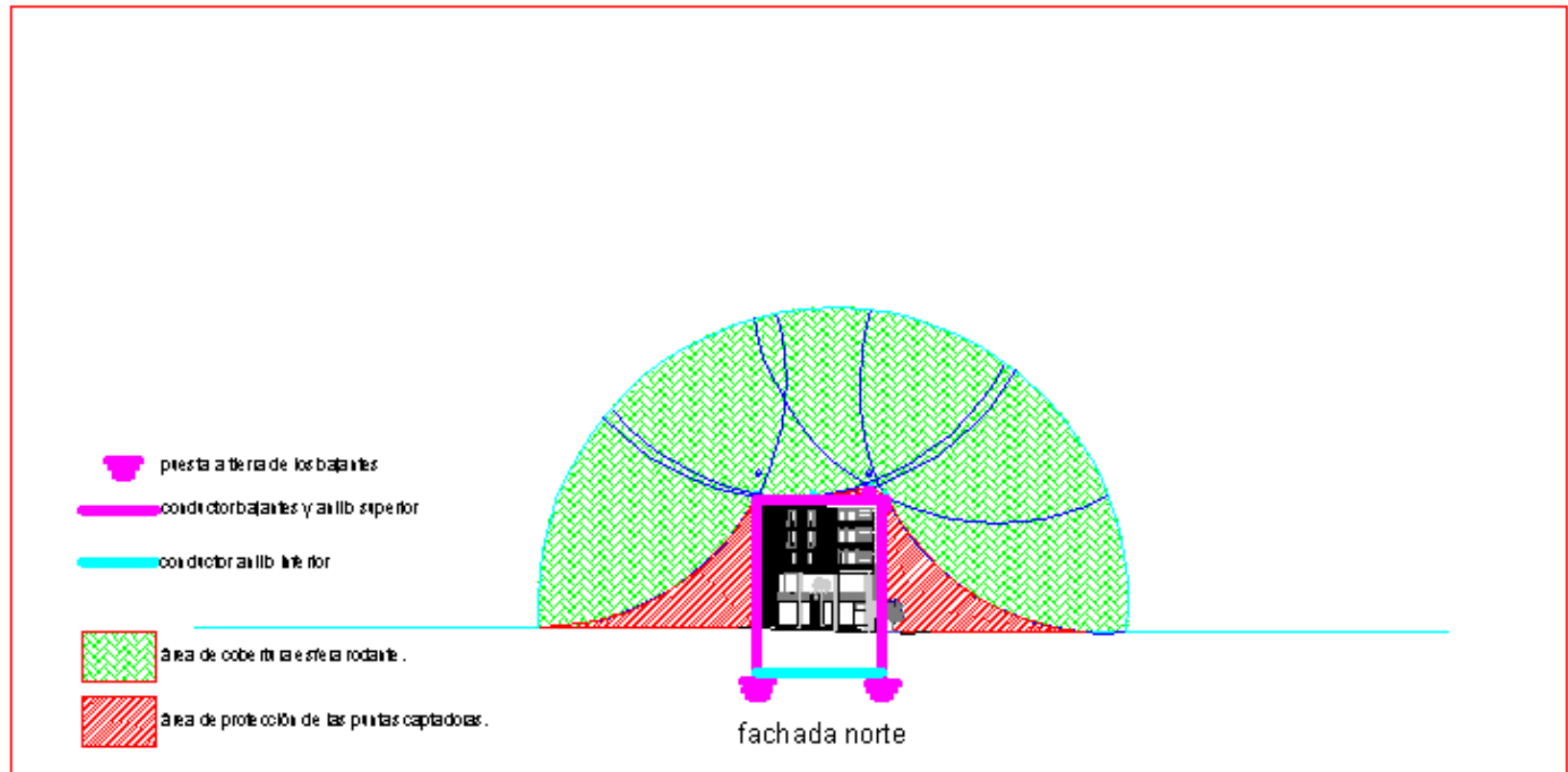


Figura 34. Sistema de apantallamiento corte frontal.

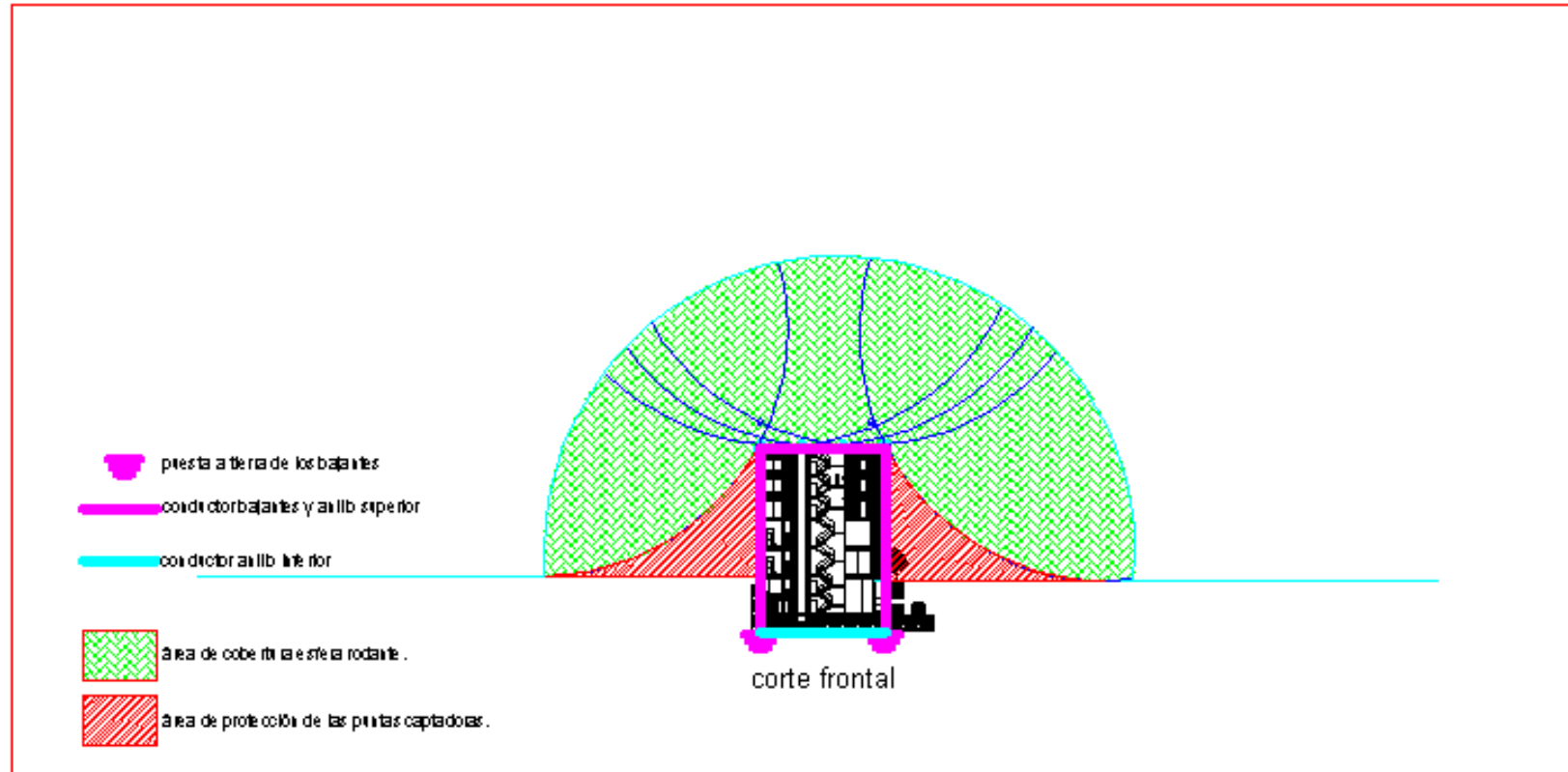


Figura 35. Sistema de apantallamiento fachada sur.

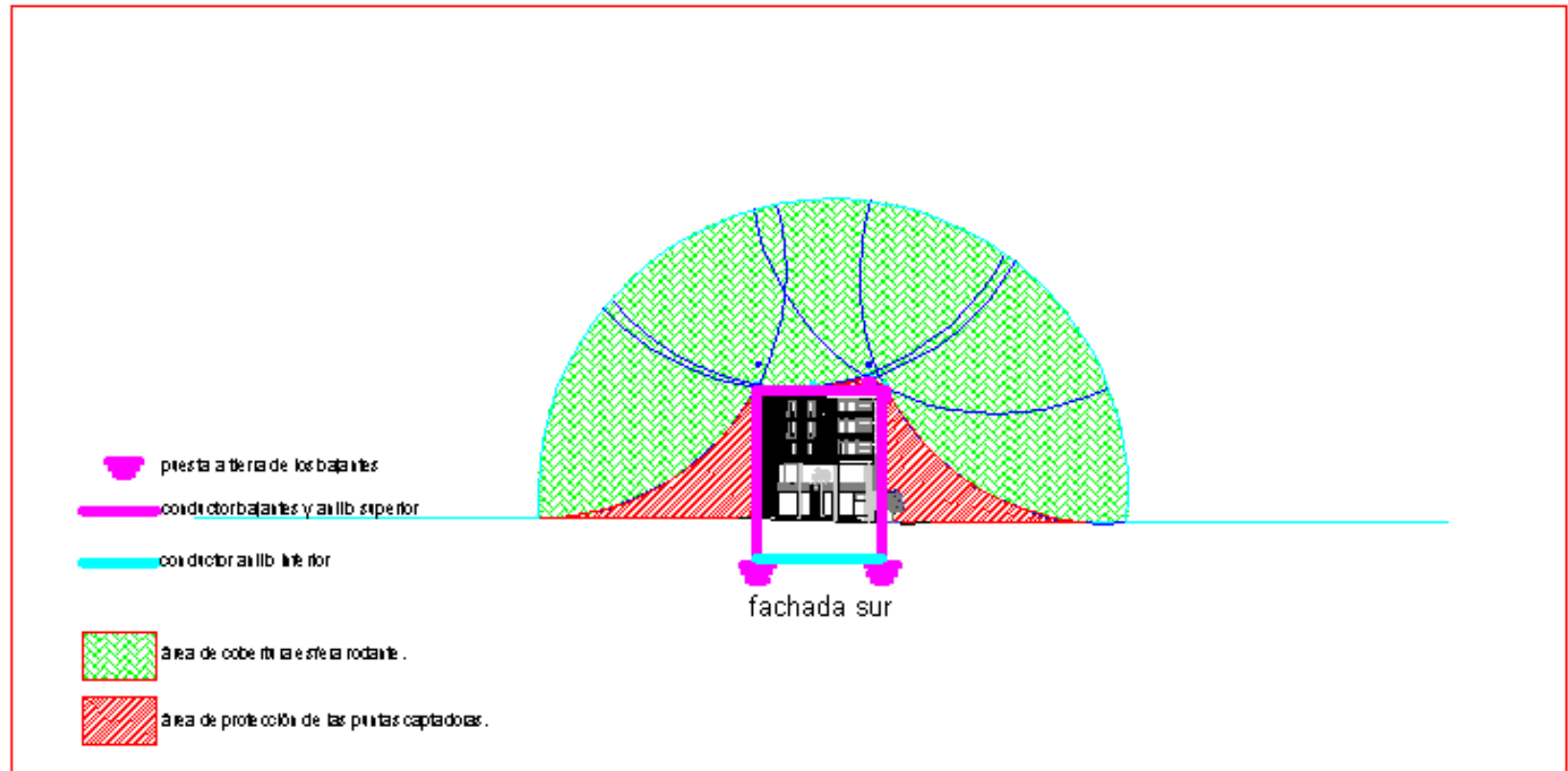
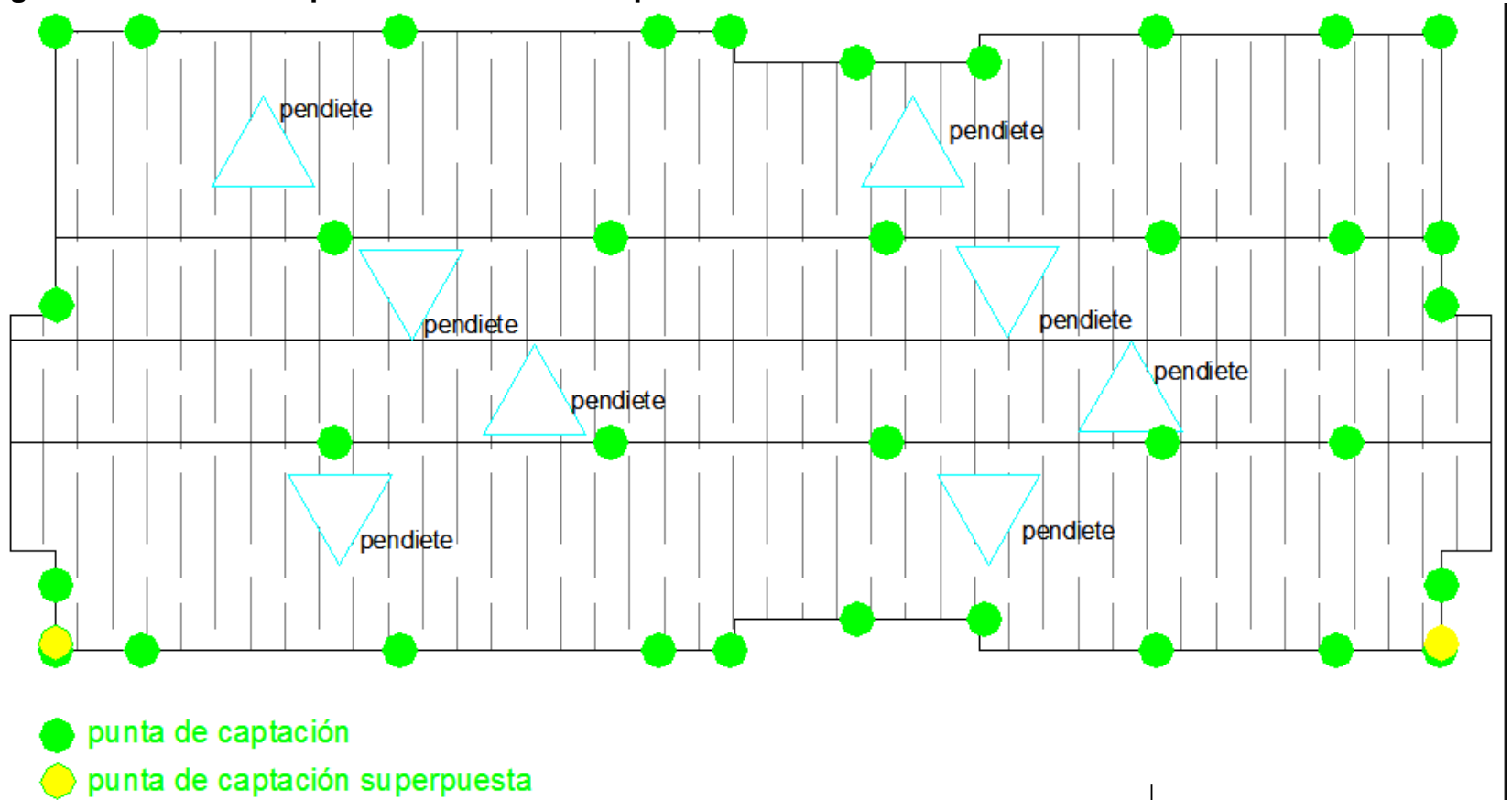


Figura 36. Sistema de apantallamiento vista superior.



En la figura anterior se muestra la ubicación de las puntas captadoras desde la vista superior de la estructura teniendo en cuenta que las pendientes de la cubierta se muestran en la misma figura.

2.16 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra se desarrolló por medio de la hoja de cálculo obtenida de la red (30) la cual nos dice si nuestro diseño cumple o no el cual se muestra en la Tabla 49, Tabla 50.

Tabla 49. Sistema de puesta a tierra parte a.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE - 80			
Datos del Suelo			
ρ	100	Ohm/m	(resistividad del suelo)
ρ_s	10000	Ohm/m	(resistividad superficial)
h_s	0,5	m	(Profundidad de la capa superficial)
Geometría de la malla Ver Diagrama			
Largo (X):	5	m	
Ancho (Y):	5	m	
Área:	25	m^2	
Espacio Vertical (Ey)	2,5	m	} D
Espacio Horizontal (Ex)	2,5	m	
Conductores verticales:	3		
Conductores Horizontales:	3		
Lc:	30	m (Longitud total de la malla)	→ Lm: 72,42 m
h:	0,50	m (Profundidad de la malla)	Lt: 51,60 m
			Cantidad de varillas: 9
			Largo: 2,4 m
			Con varillas en las esquinas
			LR: 21,6 m
			↓
			Lm: 72,42 m
			Lt: 51,60 m
Parámetros eléctricos			
Ts:	0,3	s (Tiempo de duración de la falla)	
3I0:	5292,32	A (3X I0 Corriente de falla)	Calcular
Conductor de la malla			
Tipo:	Cobre Comercial		
Conductividad:	97 % respecto al cobre puro		} IEEE 80-2000 Sec 11.3 Tabla 1 Con temperatura de referencia 20°C
Factor cr:	0,00381 @20°C [1/°C]		
K0 a 0°C:	242		
Tm:	1084 [°C] (Temperatura de fusion)		
pr a 20°C:	1,78 [$\mu\Omega \cdot cm$]		
TCAP:	3,42 [J/cm ³ ·°C]	Capacidad termica	
Tipo de Union:	Soldada		
Temp Max de la Union:	450 °C		
Ta:	22	°C (temperatura ambiente)	
Akcmil:	20,06 kcmil		} Características mínimas del conductor de tierra
Area minima:	10,16 mm ²		
Diámetro mínimo:	0,0036 mm		
Conductor de diseño:	2/0 AWG		
área:	67,42 mm ²		
diámetro:	0,0093 mm		

Tabla 50. Sistema de puesta a tierra parte b.

Factores de paso y toque	
K:	-0,98 (factor de reflexión)
Cs:	0,92 (factor de reducción)
Peso de la persona:	<input type="text" value="70"/> kg
Es:	16079,27 V (Voltaje de paso Max., para el peso indicado)
Et:	4234,80 V (Voltaje de toque Max)
Resistencia de la malla	
Rg:	9,50 Ω (Resistencia de la malla)
Corriente de Malla	
IG:	1,10 kA Calcular
Incremento de potencial	
GPR:	10488,11 V (Incremento de potencial en la malla)
Voltaje de malla	
Em:	1174,31 V (Voltaje de la malla en falla)
Voltaje de paso	
Es:	1461,13 V
El Diseño cumple con la norma	

En la Figura 37 se muestra el diseño del sistema de puesta a tierra desarrollado en AUTOCAD.

Figura 37. Sistema de puesta a tierra.

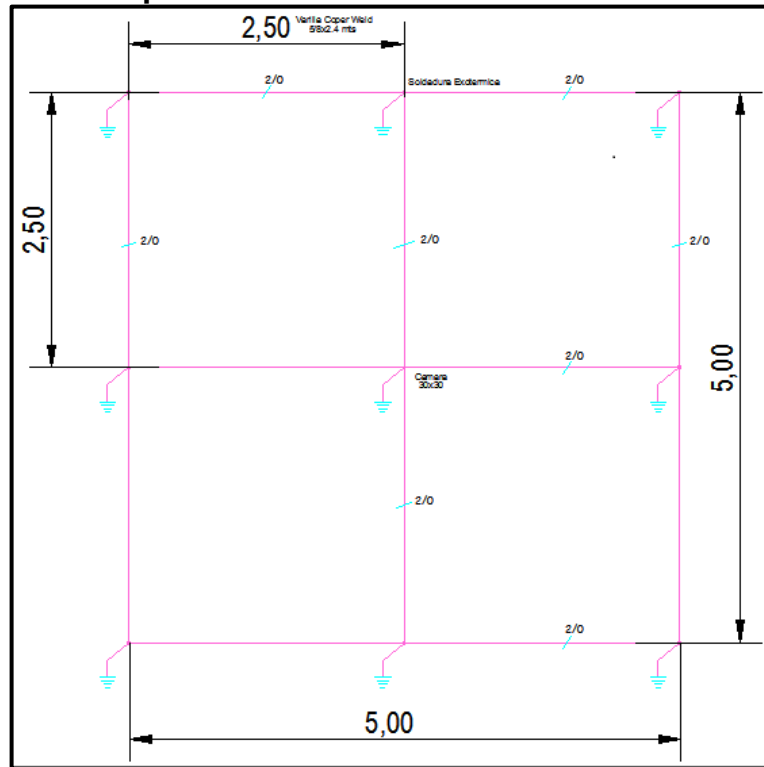
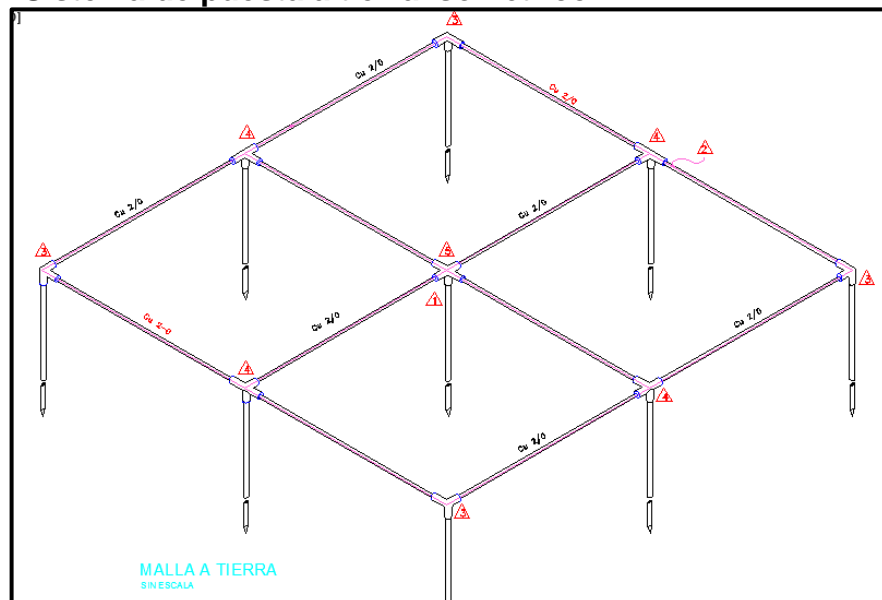


Figura 38. Sistema de puesta a tierra isométrico.



2.17 PLANTA DE EMERGENCIA

Este edificio contará con una planta de emergencia que abastecerá de energía eléctrica a tres tableros principales de los cuatro que hay, los tableros abastecidos serán: TP-LC1, TP-LC2, TP-SG y TM-CI.

La razón por la cual se garantizara energía eléctrica a los tableros mencionados es por razones económicas y de seguridad ya que se debe proporcionar energía constante al comercio para evitar robos y daños físicos a las personas.

En la Tabla 51 se hace una relación de la demanda de los tres tableros para saber con cuanta capacidad debe contar la planta de emergencia.

Tabla 51. Relación planta emergencia demanda eléctrica.

Planta de emergencia eléctrica requerida		
tablero	Demanda en (kVA)	Planta requerida (kVA)
TP-LC1	42	150
TP-LC2	44	
TP-SG	54,9	
TM-CI	3	
Total demanda	143,9	

Con base en la tabla anterior sabemos que nuestra planta de emergencia debe ser de 150 kVA, además debe ser trifásica al igual que los tableros a los cuales va a alimentar. La planta será de combustión interna y automática con un tiempo de encendido de máximo 5 segundo, además las características de la acometida desde la planta de emergencia hasta la transferencia debe ser de las condiciones que muestra en la Tabla 52

Tabla 52. Cálculos acometida para la planta de emergencia

Acometida planta de emergencia	
Capacidad de la planta de emergencia	150 kVA
Corriente nominal de la planta de emergencia	$150 \text{ kVA} / \sqrt{3} \cdot 208 = 417 \text{ A}$
Cantidad de conductores por fase	2
Alimentador seleccionado	3x4/0+1x4/0+1x4 tierra

3 CONCLUSIONES

- ✓ Para el desarrollo de un diseño eléctrico que cumpla con los estándares requeridos es necesario tener en cuenta lo establecido por las normas y reglamentos como lo son la NTC 2050, NTC 4552, NTC 4552-1, NTC4552-2, NTC 4552-3, RETIE, RETILAP y norma empresa EEP.
- ✓ Aún cuando se deben seguir los requerimientos básicos que exige la norma, el criterio personal juega un papel importante en el diseño eléctrico, esto es, tener en cuenta las necesidades y aspectos decorativos que se le pueden aplicar a cada espacio como lo son habitaciones, cocinas, locales comerciales parqueaderos, etc.
- ✓ Los cuadros de carga son una gran herramienta para el desarrollo del diseño, estos facilitan el balanceo de la carga y así se puede tener un diseño eficiente.
- ✓ El calibre de los alimentadores de cada tablero de distribución depende inevitablemente de su distancia ya que para cargas iguales pero diferentes longitudes estos pueden variar debido a la regulación.
- ✓ Se debe utilizar medición semidirecta para grandes cargas como las áreas comunes de un edificio.
- ✓ Se tiene una mayor seguridad cuando las cargas se reparten y se controlan desde varios tableros en la subestación, ya que a la hora de presentarse un fallo solo queda aislada una zona específica lo cual implica tiempos de reparación más cortos y menos usuarios no atendidos.
- ✓ El diagrama unifilar tiene la información necesaria para construir la base de un sistema eléctrico, por esto se debe tener cuidado en el cálculo y selección de alimentadores, acometidas, protecciones, etc, estos elementos deben tener sintonía para que todo el sistema eléctrico funcione correctamente y el riesgo de contingencias sea menor.
- ✓ Los transformadores de potencia deben estar cargados entre rangos del 80% al 100% con esto se garantiza una adecuada utilización, ya que al sobrecargarlos se exponen a altas temperaturas lo que afecta considerablemente las características de los conductores, refrigerantes y demás componentes de un transformador.
- ✓ Con un diseño eficaz de apantallamiento se puede brindar seguridad y respaldo tanto a las personas como a los equipos que ocupan la edificación, por este motivo se utilizó el método de la esfera rodante el cual realiza un barrido total de la estructura. Por lo tanto, resulta ser el más efectivo para estructuras con alturas menores a 50 metros.

- ✓ Aunque se tiene documentación acerca del sistema contra descargas atmosféricas, algunos puntos para el diseño requieren la asesoría de personal con experiencia, es decir, hay temas ambiguos dentro de las normas NTC 4552.
- ✓ Gracias a los paquetes computacionales que se utilizaron para el diseño de iluminación **DIALux** y para el determinar el nivel de riesgo **Riesgo** se obtiene un resultado eficiente permitiendo una ejecución de un diseño más completo, puntual y en corto tiempo.
- ✓ Debido a las dimensiones de la edificación es mejor tener dos bajantes adicionales a los exigidos por la norma para el sistema de captación. Es mejor una inversión en más bajantes que estar expuesto a futuras reparaciones del apantallamiento.
- ✓ el sistema de puesta a tierra garantiza una resistencia en la malla menor a la recomendada 10Ω y cumple con los umbrales de tensión de paso y de contacto.
- ✓ La planta de emergencia para el diseño garantiza flujo de energía eléctrica en las zonas de alta concentración de personas como es el caso de los locales comerciales y las áreas comunes. Adicional a estos espacios también suministra energía eléctrica a los sistemas vitales (ascensores y sistemas de bombeo).

BIBLIOGRAFÍA

1. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. págs. 29-37. Vol. 1.
2. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-1.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 7. Vol. 1.
3. **HOYOS CASTAÑO, MICHEL ANDRES y PATERNINA RIVERA, MIGUEL ARMANDO.** PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED ELÉCTRICA Y DE TELECOMUNICACIONES DE LA INSTITUCION EDUCATIVA BOYACÁ DE PEREIRA. PEREIRA : s.n., 2012. pág. 49.
4. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE).* Bogotá : MINMINAS, 2013. págs. 97-98. Vol. 1.
5. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. págs. 50-59. Vol. 1.
6. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE).* Bogotá : MINMINAS, 2013. pág. 166. Vol. 1.
7. —. *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE).* Bogotá : MINMINAS, 2013. pág. 164. Vol. 1.
8. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. págs. 60-61. Vol. 1.
9. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA.** *REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO (RETILAP).* Bogotá : MINMINAS, 2010. págs. 28-40. Vol. 1.
10. **TORO ANGEL, LAURA FERNANDA y VALLEJO LONDOÑO, VANESSA.** MANUAL PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES HASTA DE 3 PISOS. Pereira : s.n., 2010. pág. 36.
11. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. págs. 332-358.

12. **TORO ANGEL, LAURA FERNANDA y VALLEJO LONDOÑO, VANESSA.** MANUAL PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES HASTA DE 3 PISOS. Pereira : s.n., 2010. págs. 16-20.
13. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. págs. 375-378.
14. **EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA.** *NORMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA REDES Y SUBESTACIONES DENTRO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA.* Pereira : EEP, 2007. págs. 49-50. Vol. 1.
15. **TORO ANGEL, LAURA FERNANDA y VALLEJO LONDOÑO, VANESSA.** MANUAL PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES HASTA DE 3 PISOS. Pereira : s.n., 2010. págs. 12-16.
16. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-3.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 6. Vol. 1.
17. **GRISALES GARCIA, VIVIANA y MORIANO CADENA, JHONNY EDYMER.** DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS: CASO BLOQUE E DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Pereira : s.n., 2013. págs. 21-32.
18. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552.* Bogotá : ICONTEC, 2008. págs. 12-18.
19. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-3.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 28. Vol. 1.
20. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 6. Vol. 1.
21. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552.* Bogotá : ICONTEC, 2008. págs. 26-29.
22. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-1.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 24. Vol. 1.
23. **GRISALES GARCIA, VIVIANA y MORIANO CADENA, JHONNY EDYMER.** DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS: CASO BLOQUE E DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Pereira : s.n., 2013. págs. 35-53.

24. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 44. Vol. 1.
25. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-3.* Bogotá : ICONTEC, 2008. págs. 13-17. Vol. 1.
26. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-2.* Bogotá : ICONTEC, 2008. págs. 18-25. Vol. 1.
27. **CIPERMI.** <http://cipermi.com>. [En línea] [Citado el: 27 de 06 de 2014.] <http://cipermi.com/Capacidad%20de%20Barras%20-%20CIPERMI.pdf>.
28. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-1.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 44. Vol. 1.
29. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552-1.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 37. Vol. 1.
30. **4shared.** 4shared. [En línea] 31 de 01 de 2013. [Citado el: 25 de 07 de 2014 .] <http://www.4shared.com/office/WzQl4nUS/SPT.html>.
31. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050.* Bogotá : ICONTEC, 1998. pág. 78. Vol. 1.
32. —. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552.* Bogotá : ICONTEC, 2008. pág. 13. Vol. 1.