

DISEÑO ELECTRICO Y ESTUDIO DE ILUMINACION PARA VIVIENDAS Y
ESCUELAS PREFABRICADAS

MIGUEL RODRIGO PADILLA ARANA
PEDRO IGNACIO CHABUR SILVA

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
TECNOLOGIA ELECTRICA
MEDELLIN
2015

DISEÑO ELECTRICO Y ESTUDIO DE ILUMINACION PARA VIVIENDA Y
ESCUELAS PREFABRICADAS

MIGUEL RODRIGO PADILLA ARANA
PEDRO IGNACIO CHABUR SILVA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE TECNOLOGO EN
ELECTRICIDAD

ASESOR
RODRIGO RUEDA GARCIA
INGENIERO ELECTROMECHANICO.

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
TECNOLOGIA ELECTRICA
MEDELLIN
2015

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 29 de mayo de 2015

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de gado a Dios porque ha estado con nosotros en cada paso que damos, al profesor Rodrigo Rueda García por su gran apoyo en el desarrollo de nuestro proyecto, a la institución universitaria Pascual Bravo por brindarnos los conocimientos para lograr nuestros objetivos y a nuestras familias quienes a lo largo de nuestra vida han velado por el bienestar, educación y han sido nuestro apoyo en todo momento. Es por ellos que somos lo que somos ahora. Gracias.

Contenido

RESUMEN.	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	14
3. JUSTIFICACION.	15
4. OBJETIVOS	16
4.1. Objetivos generales:	16
4.2 Objetivos específicos:	16
5 REFERENTES TEORICOS.....	17
5.1 Riesgo de origen eléctrico:	17
5.1.1. Evaluación del nivel de riesgo.....	17
5.1.2 Criterios para determinar alto riesgo:	19
5.1.3 Factores de riesgo eléctrico más comunes:.....	19
5.2 Sistema de puesta a tierra:	21
5.2.1 Requisitos generales del sistema de puesta a tierra.....	21
5.2.2 Diseño del sistema de puesta a tierra:	23
5.2.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra:	24
5.2.4. Valor de referencia de resistencia de puesta a tierra:.....	29
5.2.5 Mediciones para sistemas de puesta a tierra:.....	29
5.2.6. Mantenimiento de sistemas de puesta a tierra.....	31
5.3. Calculo de protecciones y su coordinación.....	32
5.3.1 Calibre y capacidad de corriente de conductores eléctricos.	33
5.3.2 Capacidad de corriente y cargas calculadas.....	33
5.4. Coordinación de los sistemas eléctricos.....	37
5.4.1 Relés.	37
5.4.2 fusible.....	38
5.4.3. Disyuntor.	38
5.4.4 protección diferencial tipo GFCI.....	39
5.5. Regulación de voltaje.	40
6. DISEÑO.....	41
6.1. Pequeños artefactos.....	42

6.2. Carga del circuito de lavandería y planchado.....	42
6.3. Cuartos de baño.	42
6.4. Planos eléctricos.....	43
6.4.1. Simbología y señalización.....	43
6.6 Selección del conductor y dispositivos de protección.....	46
7. DISEÑO DE ILUMINACIÓN.	47
7.1. Análisis del proyecto.....	47
7.2. Planificación básica.	48
7.3. Diseño detallado.	48
7.4. Uso del software.	48
8. DISEÑO ELÉCTRICO PARA VIVIENDAS Y ESCUELAS PREFABRICADAS	49
8.1. Calculo eléctrico vivienda típica 100 m.....	49
9. ESTUDIOS DE ILUMINACIÓN PARA VIVIENDA Y ESCUELA PREFABRICADA.....	56
9.1. Diseño de iluminación para vivienda ver anexo A y C.....	56
9.2. Diseño de iluminación para escuela ver anexo B y D.....	56
10. ANÁLISIS DE RIESGO Y SISTEMA EQUIPOTENCIAL PARA VIVIENDAS Y ESCUELAS PREFABRICADAS.....	56
10.1. Sistema de protección contra rayos.....	56
10.1.1. Análisis del nivel de riesgo.....	56
10.2. Sistema de protección externo.....	60
10.3. Guía general de seguridad personal durante tormentas eléctricas.	62
10.4. Información del sistema de protección equipotencial contra descargas atmosféricas.....	64
10.4.1. Construcción del sistema de protección externa punta receptora.....	64
10.4.2 Datos sistema equipotencial.....	66
11. METODOLOGIA.....	68
11.1. Tipo práctico de diseño.....	68
12. CONCLUSIONES.....	69
13. BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFIA.....	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz para análisis de riesgo. (Http://www.portalelectricos.com)	18
Tabla 2. (Decisiones y acciones. (http://retie2013.blogspot.com/))	18
Tabla 3 factores de riesgo más comunes. (http://retie2013.blogspot.com)	20
Tabla 4: máxima tensión de contacto. (RETIE 2013).....	23
Tabla 5: (requisitos para electrodos. (RETIE 2013)	25
Tabla 6 conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente a.c. (NTC 2050)	26
Tabla 7 constante de materiales. (RETIE 2013)	27
Tabla 8: calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalización y equipos (NTC 2050)	28
Tabla 9: valores de referencia para resistencia de pt (RETIE 2013).....	29
Tabla 10: máximo periodo de mantenimiento de un SPT. (RETIE 2013)	31
Tabla 11: capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V. ((NTC 2050).....	34
Tabla 12: Capacidad de corrientes permisibles de conductores sencillos aislados para 0 a 2000V (NTC 2050).....	35
Tabla 13: factores de demanda de cargas de alumbrado (NTC 2050).	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: sistema con puesta a tierra dedicadas e interconectadas. (http://retie2013.blogspot.com/)	22
Figura 2: Electrodo de puesta a tierra. (http://www.inteleclda.cl/)	24
Figura 3: Esquema de medición de resistividad aparente. (RETIE 2013).....	29
Figura 4: Esquema de medición de resistencia de PT. (RETIE 2013)	30
Figura 5: Interruptor termomagnético. (http://www.afinidadelctrica.com)	36
Figura 6: Relés (https://alfonsocardena)	37
Figura 7: fusible (http://spanish.alibaba.com/)	38
Figura 8: Disyuntor (http://www.hansaindustria.com.bo/).....	38
Figura 9: GFCI “ground fault circuit interrupter” (http://porch.com/)	39
Figura 10: símbolos gráficos (RETIE 2013).	44
Figura 11: vista en planta sistema de tomacorrientes piso 1 vivienda prefabricada (los autores).	51
Figura 12: vista en planta sistema de tomacorrientes piso 2 vivienda prefabricada (los autores).	51
Figura 13: vista en planta sistema de iluminación piso 1 vivienda prefabricada (los autores).....	52
Figura 14: Vista en planta sistema de iluminación piso 2 vivienda prefabricada (los autores).....	52
Figura 15: Vista en planta sistema de tomacorrientes escuela prefabricada (los autores).....	55
Figura 16: Vista en planta sistema de iluminación escuela prefabricada (los autores).....	55
Figura 17: Análisis del nivel de riesgo por rayos sin ningún tipo de protección (los autores).....	58
Figura 18: Análisis del nivel de riesgo por rayos incluyendo la instalación de DPS a la entrada de la edificación.	59
Figura 19: Análisis del nivel por rayos con un NPR III (los autores)	59

Figura 20: Sistema de protección externa (tierras, soporte de la seguridad industrial cuarta edición)	60
Figura 21: Vista 3D de la zona de protección del nivel de captación externo escuela prefabricada (los autores).....	61
Figura 22: Vista 3D de la zona de protección del nivel de captación externo vivienda prefabricada (los autores).....	62
Figura 23: Geometría y configuración (LOS AUTORES).....	66
Figura 24: Potencia de toque (los autores).....	67
Figura 25: Potencia de paso (los autores).....	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Diseños de planos eléctricos, iluminación, mallas y apantallamiento de vivienda.....	71
Anexo B Diseños de planos eléctricos, iluminación, mallas y apantallamiento de escuela.	76
Anexo C Informe de iluminación vivienda prefabrica.	79
Anexo D Informe de iluminación escuela prefabrica.	79

RESUMEN.

En la empresa de fabricación de casas prefabricadas Jesús Amircal Cuartas Rincón persona natural, se vio la necesidad de diseñar el sistema eléctrico y de iluminación de la vivienda y escuela que esta empresa fabrica, teniendo en cuenta los diseños arquitectónicos. La importancia de realizar dicho diseño, se debe a que estas no presentaban el diseño para entregarlo a sus clientes y ellos a su vez desconocían la importancia del sistema eléctrico y de iluminación que cumpliera con las normas técnicas para la correcta instalación de los diferentes elementos que constituye una instalación eléctrica y de iluminación.

La planeación del diseño del sistema eléctrico y de iluminación para esta empresa, se realizó teniendo en cuenta las fallencias que se presentaron en entrega de viviendas y escuelas y se realizaron charlas con el cuerpo técnico de la empresa Jesús Amircal Cuartas donde se crearon las alternativas para ellos entregar las viviendas y escuelas con sus respectivos diseños.

En el presente documento quedan insertados los fundamentos teóricos, para realizar un diseño adecuado de una instalación eléctrica residencial y de escuela.

Este tipo de proyecto aporta a los estudiantes a que se tenga una perspectiva más clara de la realización de un diseño eléctrico y de iluminación para este tipo de recintos. En la cual se interactúa con personal capacitado como los son ingenieros civiles, arquitectos, trabajadores sociales etc. Lo cual es un gran aporte donde se adquieren conocimientos básicos en estas áreas. Lleva a la solución de problemas, cambios o adaptaciones durante el diseño del proyecto en una forma más eficiente.

ABSTRACT

In the manufacturing company prefabricated houses Amircal Cuartas Jesus Rincon natural person, it was the need to design the electrical system and lighting of the home and school that this company produced, taking into account the architectural designs. The importance of this design is that these had no design to deliver to their customers and they in turn were unaware of the importance of the electrical system and lighting that meets the technical standards for the proper installation of the different elements and it constitutes an electrical lighting installation.

Planning the electrical system design and lighting company, he was made taking find the flaws that occurred in delivery of housing and schools and talks were held with the coaching staff of the company Jesus Amircal Cuartas where alternatives were created for them provide housing and schools with their designs.

In the present paper they are inserted the theoretical foundations for a proper design of residential wiring and school.

This type of project gives students a clearer perspective of the embodiment of an electrical design and lighting for such enclosures have. In which you interact with are trained as civil engineers, architects, social workers, staff etc. Which it is a great contribution where basic skills are acquired in these areas. It leads to the solution of problems, changes and adaptations during the project design in a more efficient manner.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se dará muestra de la gran importancia de las instalaciones eléctricas, ya que con frecuencia se encuentran viviendas y escuelas que no cumplen los requerimientos técnicos, de acuerdo a la normatividad colombiana, las cuales establecen medidas que garanticen la seguridad de las personas y funcionalidad de los equipos eléctricos por esta razón es de vital importancia que los diseños se hagan siguiendo parámetros y normas establecidas para tal fin.

Con este trabajo se pretende aportar el diseño eléctrico y de iluminación para vivienda y escuela prefabricada según diseño arquitectónico suministrado por la empresa del señor Jesús Amircal Cuartas Rincón.

La cual es también una empresa líder en el mercado debido a innumerables éxitos en ventas dentro y fuera del país que la posicionan como una empresa de calidad por sus diseños y acabados.

Las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, es el medio mediante el cual los hogares y las industrias se abastecen de energía eléctrica para el uso final de los equipos eléctricos domésticos o industriales respectivamente, que necesiten de unas normas técnicas que son fundamentales para el buen funcionamiento y prevención de cualquier riesgo.

En las instalaciones eléctricas de acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 2050 y el RETIE, se deben establecer medidas que garanticen la seguridad del ser humano y la funcionalidad de los elementos eléctricos; por ende se deben realizar los diseños y cálculos acordes con los reglamentos y normas, previamente coordinado, verificado y aprobado por profesionales en el área eléctrica.

La iluminación de una vivienda no presenta mayor criticidad a la hora del diseño, pero si debemos garantizar excelentes niveles de iluminación. En las instituciones educativas debemos garantizar unos niveles de iluminación adecuados según el capítulo 2 sección 420.1.2. De la norma RETILAP, para este proceso se puede utilizar una herramienta de diseño de iluminación DIALUX.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Se requerirá el complementar al diseño arquitectónico el diseño del sistema eléctrico acorde a los reglamentos técnicos establecido para viviendas y escuelas prefabricadas?

3. JUSTIFICACION.

El propósito al realizar el proyecto es mejorar la seguridad, hacer más confiables las instalaciones eléctricas, y mostrar la calidad del diseño que se está realizando a través de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la tecnología eléctrica.

Entre la multitud de posibilidades, tanto técnicas como materiales que ofrece el mercado, se han escogido las distintas soluciones bajo los siguientes criterios:

- Diseño de planos eléctricos con normatividad y reglamentos vigente.
- Modelos de iluminación de acuerdo al reglamento técnico establecido en Colombia.
- Confiabilidad, Fiabilidad y seguridad en la operación del sistema eléctrico.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales:

Realizar el diseño de las instalaciones eléctricas de uso final para una casa prefabricada de acuerdo a los reglamentos técnicos de obligatorio cumplimiento en Colombia.

4.2 Objetivos específicos:

- Realizar el análisis de riesgo de origen eléctrico de acuerdo lo definido en el artículo 9 sección 9.2 del RETIE resolución No. 90708 de agosto de 2013, diseñar el sistema de puesta a tierra de acuerdo al artículo 15 del RETIE resolución No 90708 de agosto de 2013 Y determinar las condiciones de riesgo al RAYO SIPRA de acuerdo a NTC 4552-2 y especificar un diseño básico de apantallamiento de acuerdo a NTC 4552-3.
- Calcular las protecciones y su coordinación de acuerdo a lo definido en la NTC 2050 primera actualización de 1998 sección 240, así mismo realizar el cálculo de regulación de tensión de acuerdo a lo solicitado en la sección 219 de la NTC 2050 primera actualización de 1998. Para elaborar los diagramas unifilares, planos y esquemas eléctricos de construcción de acuerdo a la sección 210 de la NTC 2050 primera actualización de 1998.
- Realizar un diseño del sistema de iluminación interna y externa mediante el uso de un programa informático de diseño y verificar el cumplimiento de las exigencias del RETILAP.

5 REFERENTES TEORICOS

5.1 Riesgo de origen eléctrico:

En el RETIE capítulo 9 sección 9.2 nos muestra la evaluación del nivel de riesgo para los efectos del reglamento se entiende que una instalación eléctrica es de peligro inminente o alto riesgo, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos. (RETIE 2013)

5.1.1. Evaluación del nivel de riesgo.

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la “tabla 1”, para la toma de decisiones. La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente. (RETIE 2013)

- Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- Definir si el riesgo es potencial o real.
- Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la tabla 9.4. (RETIE 2013)

RIESGO A EVALUAR:	por		(al) o (en)							
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 KV)					
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 1. Matriz para análisis de riesgo. (<http://www.portalelectricos.com>)

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 2. (Decisiones y acciones. (<http://retie2013.blogspot.com/>))

5.1.2 Criterios para determinar alto riesgo:

Para determinar la existencia de alto riesgo, la situación debe ser evaluada por un profesional competente en electrotecnia y basarse en los siguientes criterios:

- Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificadas, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.
- Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- Que la gravedad sea máxima es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.
- Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares. (RETIE 2013)

5.1.3 Factores de riesgo eléctrico más comunes:

La tabla 3 se ilustra algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección.

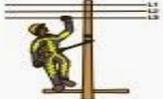
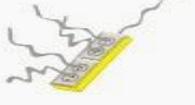
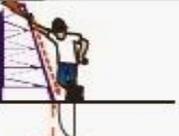
	<p style="text-align: center;">ARCOS ELÉCTRICOS.</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p style="text-align: center;">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p style="text-align: center;">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

Tabla 3 factores de riesgo más comunes. (<http://retie2013.blogspot.com>)

5.2 Sistema de puesta a tierra:

En el artículo 15 de RETIE nos informa que las instalaciones eléctricas deben de disponer de un sistema de puesta a tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de sorportabilidad del ser humano cuando se presenten una falla. (RETIE 2013)

Los objetivos de un (SPT) son: La se seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

5.2.1 Requisitos generales del sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra debe cumplir los siguientes requisitos:

- Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores del sistema de puesta a tierra.
- Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- Las conexiones que van bajo el nivel del suelo, deben ser realizada con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo.
- Para verificar que as características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial cumplan con el reglamento, se deben dejar puntos de conexión accesibles e inspeccionables al momento de la medición, para este efecto se construirán cajas de inspección mínimo de

30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.

- Cuando por requerimiento de un edificio existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, tal como aparece en la figura 1.

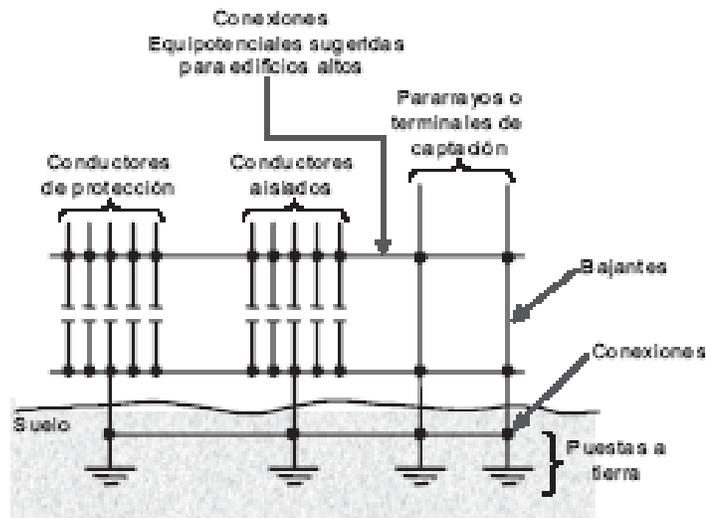


Figura 1: sistema con puesta a tierra dedicadas e interconectadas. (<http://retie2013.blogspot.com/>)

- No se deben superar los valores dados en la Tabla 4, que corresponden a la máxima tensión de contacto aplicada al ser humano (con una resistencia equivalente a 1000 Ω).

$$\text{Máxima tensión de contacto} = \frac{116}{\sqrt{t}} (V, c. a.)$$

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 4: máxima tensión de contacto. (RETIE 2013)

5.2.2 Diseño del sistema de puesta a tierra:

Se debe comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo, reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones de paso y de contacto a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superan los umbrales de soportabilidad. Dichos cálculos deben tomar como base una resistencia de 1000Ω y cada pie como una placa de 200cm^2 aplicando una fuerza de 250 N. (RETIE 2013)

El procedimiento básico sugerido es el siguiente:

- Investigar las características del suelo, especialmente la resistividad.
- Determinar la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el Operador de Red, en media y alta tensión para cada caso particular.
- Determinar el tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
- Investigar el tipo de carga.
- Calcular de forma preliminar la resistencia de puesta a tierra.
- Calcular de forma preliminar las tensiones de paso, contacto y transferidas en la instalación.
- Evaluar el valor de las tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a la soportabilidad del ser humano.
- Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.

- Ajustar y corregir el diseño inicial hasta que se cumpla los requerimientos de seguridad.
- Presentar un diseño definitivo. (RETIE 2013)

5.2.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra:

Los materiales para sistemas de puesta a tierra deben ser certificados y cumplir los siguientes requisitos:

5.2.3.1 Electrodo de puesta a tierra:

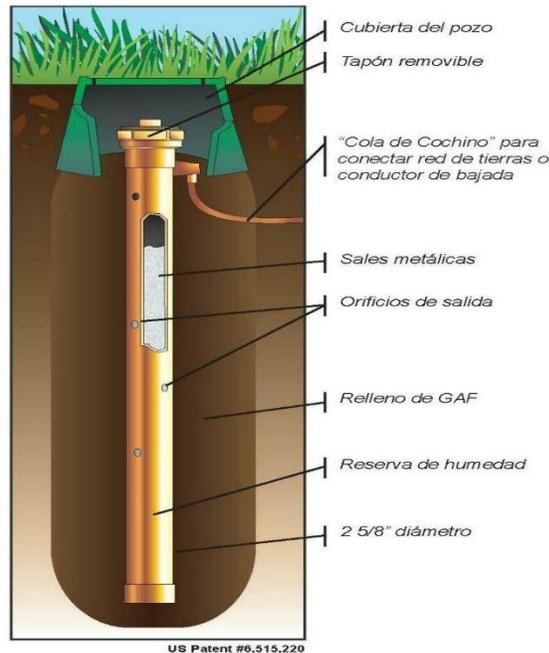


Figura 2: Electrodo de puesta a tierra. (<http://www.intelectlda.cl/>)

- La puesta a tierra debe de estar constituida por uno o varios de los siguientes tipos de electrodos: varillas, tubos, placas, flejes, alambres o cables desnudos.
- No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.

- Los productores de electrodos de puesta a tierra deben garantizar que la resistencia a la corrosión del electrodo, sea mínimo 15 años contados a partir de la fecha de instalación.
- El recubrimiento exigido en la Tabla 4, en ningún punto debe ser inferior a los valores indicados.
- Debe probarse la adherencia y doblado del electrodo con recubrimiento.
- El efecto tipo varilla o tubo debe tener mínimo 2,4 m de longitud.
- Los electrodos deben cumplir las dimensiones y valores de la Tabla 5.

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MINIMAS			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Aleaciones de cobre	12,7			
	Acero inoxidable	15			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje o cinta sólida	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		100	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable trenzado	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Alambre redondo	Cobre	8	50		
	Acero galvanizado	10	78,5		70
	Acero inoxidable	10			
	Acero recubierto de cobre	10			250
Placa sólida	Cobre		250000	1,5	
	Acero inoxidable		360000	6	

Tabla 5: (requisitos para electrodos. (RETIE 2013))

- Marcación: el electrodo tipo varilla, debe de estar identificado con la razón social o marca registrada del fabricante y sus dimensiones; esto debe hacerse dentro los primeros 30 cm medidos desde la parte superior.
- Para la instalación de los electrodos se deben considerar los siguientes requisitos:
 - ✓ El producto debe informar al usuario si existe algún procedimiento específico para su instalación y adecuada conservación.
 - ✓ La unión entre el electrodo y el conductor a tierra debe hacerse con soldadura exotérmica o con un conector certificado para enterramiento directo.
 - ✓ Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad.

- ✓ El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra debe ser accesible y a parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 15 cm de la superficie.
- ✓ El electrodo puede ser instalado en forma vertical, con una inclinación de 45° o de forma horizontal (a 75 cm de profundidad), siempre que garantice el cumplimiento de su objetivo. (RETIE 2013)

5.2.3.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra o conductor a tierra:

Es el conductor que une el electrodo o malla de la puesta a tierra con el barraje principal de puesta a tierra. Para baja tensión, se debe seleccionar con la tabla 250-94 de la NTC 2050 o con la siguiente ecuación.

Sección transversal mayor conductor de suministro eléctrico		Sección transversal conductor del electrodo de puesta a tierra	
mm ²	AWG	mm ²	AWG
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8
42,20 a 53,50	1 o 1/0	13,29	6
67,44 a 85,02	2/0 o 3/0	21,14	4
107,21 a 177,34	4/0 a 350 kcmil	33,62	2
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	53,50	1/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	67,44	2/0
608,04 o mayor	1200 o mayor	85,02	3/0

Tabla 6 conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente a.c. (NTC 2050)

$$A = \frac{I\sqrt{t}}{K} (mm^2)$$

El conductor a tierra para medida tensión, alta y extra alta tensión, debe ser seleccionado con la siguiente ecuación.

$$A(mm^2) = \frac{IK_f\sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En donde:

$A(mm^2)$ Es la sección del conductor en mm^2 .K

I Es la corriente de falla a tierra, suministrada por el OR (rms en Ka).

K_f Es la constante de la Tabla 6 para diferentes materiales y valores de T_m (T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor a una temperatura ambiente de 40° C).

t_c Es el tiempo de despeje de la falla a tierra.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	T_m (°C)	K_f
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica.	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico.	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14,64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

Tabla 7 constante de materiales. (RETIE 2013)

Nota 1: De acuerdo con las disposiciones del presente reglamento no se debe utilizar aluminio enterrado.

Nota 2: Se permite el uso de cables de acero galvanizado en sistemas de puesta a tierra en líneas de transmisión, redes de distribución e instalaciones de uso final, para lo cual se podrán utilizar los parámetros de la varilla de acero recubierta en cinc.

Nota 3: Se permite el uso de conductores con distinta geometría (platinas en L o en T) y de otros materiales demuestran su resistencia mecánica y a la corrosión.

Nota 4: El recubrimiento en cobre de la varilla de acero, no debe ser menor a 0.25mm.

5.2.3.3 Conductor de protección o de puesta a tierra de equipos:

El conductor de protección, también llamado conductor de puesta a tierra de equipos, debe cumplir los siguientes requisitos:

- El conductor para baja tensión, debe seleccionarse con la Tabla 250-95 de la NTC 2050.

TABLA 250-95 SECCIÓN TRANSVERSAL MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA CANALIZACIONES Y EQUIPOS

CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE SOBRE CORRIENTE ANTES DEL EQUIPO	SECCIÓN TRANSVERSAL COBRE		SECCIÓN TRANSVERSAL ALUMINIO	
	mm ²	AWG	mm ²	AWG
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.300	6
200	13.300	6	21.150	4
300	21.150	4	33.620	2
400	27.670	3	42.410	1
500	33.620	2	53.480	1/0
600	42.410	1	67.430	2/0
800	53.480	1/0	85.010	3/0
1000	67.430	2/0	107.200	4/0

Tabla 8: calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalización y equipos (NTC 2050)

- El conductor para media tensión, alta tensión y extra alta tensión, debe seleccionarse de forma tal que su temperatura no supere la del aislamiento de los conductores activos alojados en la misma canalización.
- Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interrupciones o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánicamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.

5.2.4. Valor de referencia de resistencia de puesta a tierra:

En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial, pueden tomarse como referencia los valores máximos de la Tabla 8 adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 Y NTC 4552.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Tabla 9: valores de referencia para resistencia de pt (RETIE 2013)

5.2.5 Mediciones para sistemas de puesta a tierra:

5.2.5.1 Medición de resistividad aparente:

Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno. Pero para efectos del RETIE, se puede utilizar el método tetraelectródico de Wenner, que es el más utilizado para aplicaciones eléctricas y que se muestra en la figura 3.

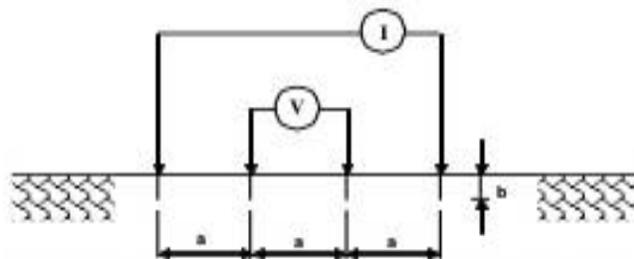


Figura 3: Esquema de medición de resistividad aparente. (RETIE 2013)

La ecuación exacta para el cálculo es:

$$p = \frac{4\pi a R}{\left[1 + \frac{2a}{\sqrt{2a + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right]}$$

Donde

p Es la resistencia aparente del suelo en ohmios metro

a Es la distancia entre electrodos adyacentes en metros

b Es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.

R Es la resistencia eléctrica medida en ohmios, dada por V/I

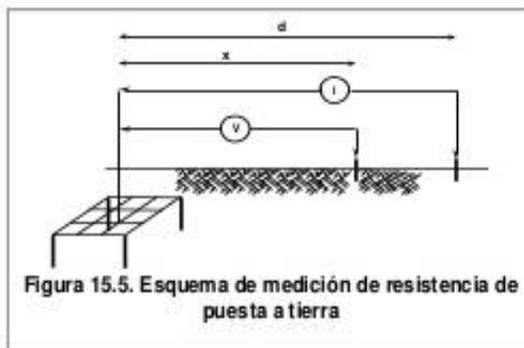
Cuando b es muy pequeño comparado con a , se tiene la siguiente expresión:

$$p = 2\pi a R$$

(MINAS, 1998)

5.2.5.2. Medición de resistencia de puesta a tierra:

Para su medición se puede aplicar el método de caída de potencial, cuya disposición de montaje se muestra en la figura 4.



En donde,

d es la distancia de ubicación del electrodo auxiliar de corriente, la cual debe ser 6,5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra a medir, para lograr una precisión del 95% (según **IEEE 81**).

x es la distancia del electrodo auxiliar de tensión. La resistencia de puesta a tierra en ohmios, se calcula con V/I .

Figura 4: Esquema de medición de resistencia de PT. (RETIE 2013)

5.2.5.3. Medición de tensiones de paso y contacto:

Estas mediciones se deben hacer antes de la puesta en servicio de subestaciones de alta y extra alta tensión, así como en las estructuras de las líneas de transmisión de tensión mayores o iguales a 110 Kv, localizadas en zonas urbanas o que estén localizadas a menos de 20 m de escuelas o viviendas de zona rural. (RETIE 2013)

5.2.6. Mantenimiento de sistemas de puesta a tierra.

Los componentes del sistema de puesta a tierra tienden a perder su efectividad después de unos años debido a corrosión, fallas eléctricas, daños mecánicos e impactos de rayos. Los trabajos de inspección y mantenimiento deben garantizar una continua actualización de SPT.

La inspección debe hacerse por un especialista en el tema, el cual debe entregar registro de lo observado, dicha inspección incluye la verificación técnica, reportes visuales, pruebas y registros. Todo el SPT debe ser inspeccionado de acuerdo con la Tabla 10.

Nivel de tensión de la instalación	Inspección visual (años)	Inspección visual y mediciones (años)	Sistemas críticos ⁽¹⁾ Inspección visual y mediciones (años)
Baja	1	5	1
Media	3	6	1
Alta y Extra Alta	2	4	1

Tabla 10: máximo periodo de mantenimiento de un SPT. (RETIE 2013)

- Pruebas: las pruebas que deben realizarse como parte de inspección son:
 - ✓ Realizar ensayos de equipotencialidad.
 - ✓ Medir resistencia de puesta a tierra. Los resultados deben quedar consignados en los reportes de inspección.
 - ✓ Medir corrientes espurias o de modo común.

- Registro: La inspección del SPT debe documentar y evidenciar mediante registros, como mínimo la siguiente información:
 - ✓ Condiciones generales de los conductores del sistema.
 - ✓ Nivel de corrosión.
 - ✓ Estado de las uniones de los conductores y componentes.
 - ✓ Valores de resistencia.
 - ✓ Desviaciones de los requisitos respecto del RETIE.
 - ✓ Documentar todos los cambios frente a la última inspección.
 - ✓ Resultados de las pruebas realizadas.
 - ✓ Registro fotográfico.
 - ✓ Rediseño o propuesta de mejoras del SPT si se requieren.

5.3. Calculo de protecciones y su coordinación.

En la sección 240 de la norma NTC 2050 trata de los requisitos generales de La protección contra sobre corriente y los dispositivos de protección contra sobre corriente de no más de 600 V nominales. La protección contra sobrecorriente de los conductores y equipos se instala de modo que abra el circuito si la corriente alcanza un valor que pudiera causar una temperatura excesiva o peligrosa de los conductores o su aislamiento.

En la sección 110-9 de la NTC nos informa de la capacidad de interrupción nominal. Donde los equipos destinados para interrumpir las corrientes de falla, deben tener una capacidad de interrupción nominal suficiente para la tensión nominal del circuito y para la corriente disponible en los terminales de línea del equipo. Los equipos destinados para interrumpir la corriente a otros niveles distintos del de falla, deben tener una capacidad de interrupción a la tensión nominal del circuito, suficiente para la corriente que deba interrumpir. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

Impedancias del circuito y otras características en la sección 110-10 de la norma NTC nos dice que los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, la capacidad nominal de cortocircuito de los componentes y otras características del circuito que debe proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito utilizados para eliminar una falla, lo hagan sin causar daños extensivos a los otros componentes eléctricos del circuito. Esta falla podrá ocurrir entre dos o más conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o

la canalización metálica que lo contiene. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

5.3.1 Calibre y capacidad de corriente de conductores eléctricos.

- Los conductores deben tener una capacidad de corriente suficiente para transportar la corriente para la que se ha calculado la carga, según la sección 220 de la NTC 2050, y deben poseer una resistencia mecánica adecuada.
- Los conductores no deben tener una sección transversal menor a 8.36mm^2 (8 AWG) si son de cobre o a 13.29mm^2 (6AWG) si son de aluminio o cobre revestido de aluminio.

5.3.2 Capacidad de corriente y cargas calculadas.

Los conductores del alimentador deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados.

La capacidad de corriente de los conductores de 0 a 2000 V nominales debe ser la especificada en las tablas 310-16 Y 310-17 de la norma NTC 2050.

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2.000 V nominales y 60 C a 90 C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 C.

Calibre mm ²	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60 C	75 C	90 C	60 C	75 C	90 C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1 000
633,38	495	590	665	405	485	545	1 250
760,05	520	625	705	435	520	585	1 500
886,73	545	650	735	455	545	615	1 750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2 000

2008 Manual del Código Eléctrico Colombiano

Tabla 11: capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V. ((NTC 2050)

Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2.000 V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30 C

Calibre	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 C	75 C	90 C	60 C	75 C	90 C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kcmils
0,82	....	....	18	....	....	....	18
1,31	....	....	24	....	....	....	16
2,08	25*	30*	35*	....	....	....	14
3,30	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12
5,25	40	50*	55*	35*	40*	40*	10
8,36	60	70	80	45	55	60	8
13,29	80	95	105	60	75	80	6
21,14	105	125	140	80	100	110	4
26,66	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,20	165	195	220	130	155	175	1
53,50	195	230	260	150	180	205	1/0
67,44	225	265	300	175	210	235	2/0
85,02	260	310	350	200	240	275	3/0
107,21	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400
253,35	515	620	700	405	485	545	500
304,02	575	690	780	455	540	615	600
354,69	630	755	855	500	595	675	700
380,02	655	785	855	515	620	700	750
405,36	680	815	920	535	645	725	800
456,03	730	870	985	580	700	785	900
506,70	780	935	1 055	625	750	845	1 000
633,38	890	1 065	1 200	710	855	960	1 250
760,05	980	1 175	1 325	795	950	1 075	1 500
886,73	1 070	1 280	1 445	875	1 050	1 185	1 750
1 013,40	1 155	1 385	1 560	960	1 150	1 335	2 000

Tabla 12: Capacidad de corrientes permisibles de conductores sencillos aislados para 0 a 2000V (NTC 2050)

Bajo la supervisión de expertos, se permite calcular la capacidad de corriente de los conductores mediante la siguiente formula general:

$$I = \sqrt{\frac{TC - (TA + \Delta TD)}{RCC (1 + YC) RCA}}$$

Donde:

TC = Temperatura del conductor en °C

TA = Temperatura ambiente en °C

ΔTD = Aumento de temperatura por perdidas del dieléctrico

RCC = resistencia de c.c. del conductor a la temperatura TC

Y_C = Resistencia de c.a. del conductor resultante de los efectos de piel y proximidad.

R_{CA} = Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el aire que le rodea

Las capacidades de corrientes nominales estándar de los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso, son: 15, 10, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000,, 2500, 3000, 4000, 5000, y 6000 A. A demás se tienen valores nominales de 16, 63, 160, 630, y 125 A, para los cuales los conductores deben ser adecuados para la sección transversal en mm^2 (calibre AWG) de los conductores inmediatamente superiores que se vayan a conectar. (MINAS, 1998) (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

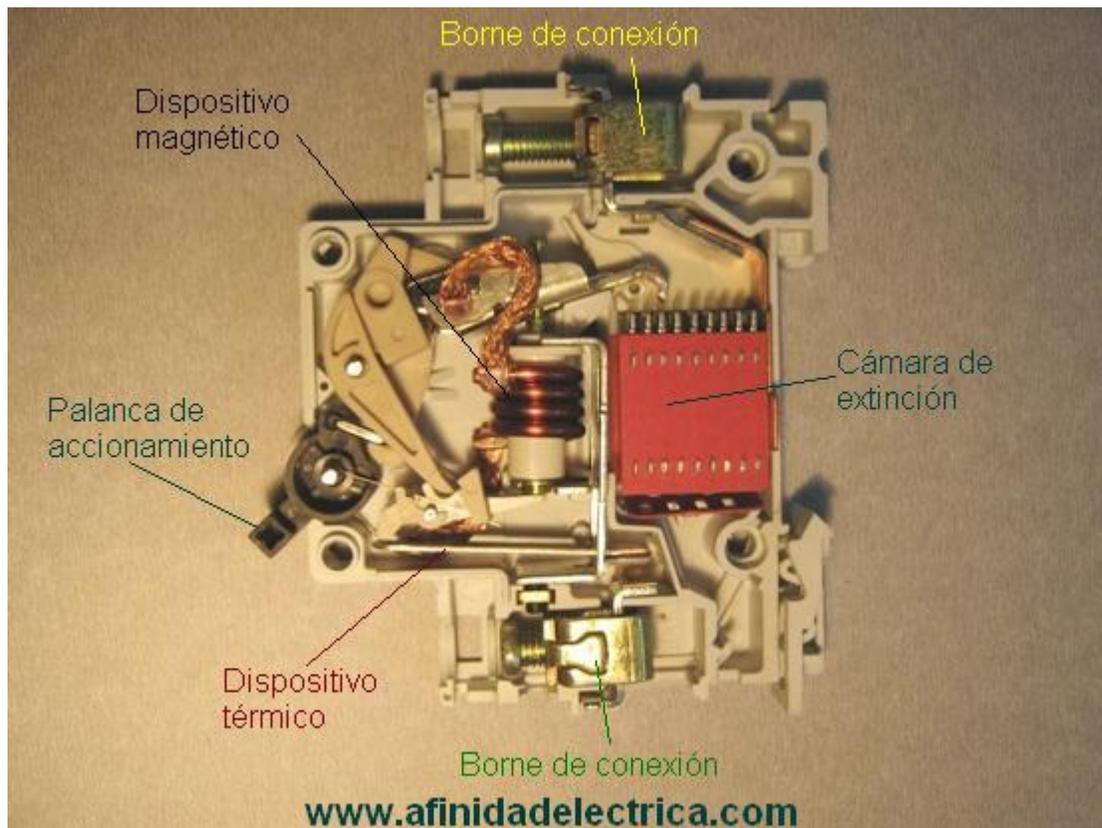


Figura 5: Interruptor termomagnético. (<http://www.afinidadelectrica.com>)

5.4. Coordinación de los sistemas eléctricos.

Los sistemas eléctricos están expuestos a fallas o eventos que tiene que protegerse mediante sistemas de protección como relés, fusibles, disyuntor, y en la parte residencial son muy comunes la protección diferencial como los GFCI. Para poder aislar la parte del circuito afectada y proteger a las personas, equipos y las instalaciones.

Cuando se requiera un cierre programado para minimizar el riesgo o riesgos para las personas y equipos, se permite un sistema de coordinación basado en las dos siguientes condiciones:

1. Protección coordinada contra cortocircuitos.
2. Indicación de sobrecarga mediante sistemas o dispositivos de supervisión. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO).

5.4.1 Relés.

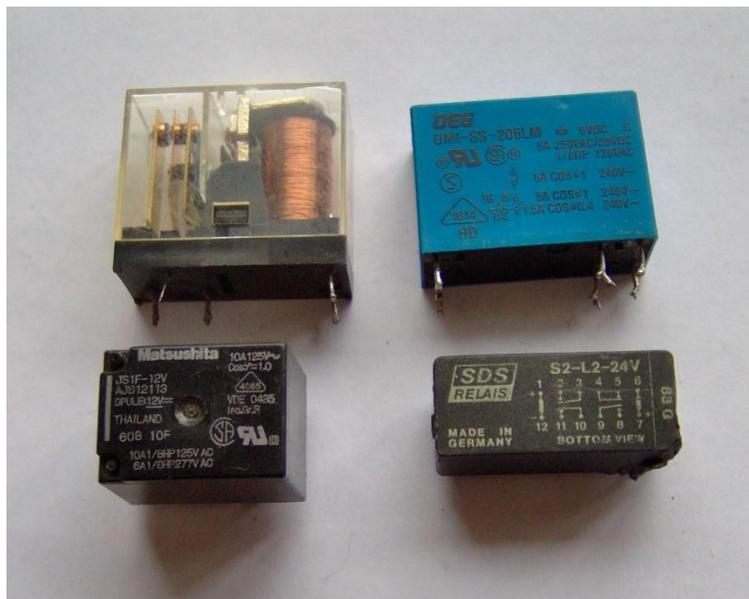


Figura 6: Relés (<https://alfonsocardena>)

Es un dispositivo electromecánico que funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico. Por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permitan abrir o cerrar otros circuitos independientes.

5.4.2 fusible.



Figura 7: fusible (<http://spanish.alibaba.com/>)

Es un dispositivo que consta de un soporte adecuado con un filamento o lamina de metal o aleación de bajo punto de fusión que se instala en un punto determinado de la instalación para que se funda por el efecto joule, cuando la intensidad de corriente supere por un corto circuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera dañar los conductores de la instalación.

5.4.3. Disyuntor.



Figura 8: Disyuntor (<http://www.hansaindustria.com.bo/>)

Es un elemento capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por el circula excede de un determinado valor o en el que se ha producido un cortocircuito. A diferencia de los fusibles en

Un elemento que se puede se armar una vez que se localice y se repare el daño que haya causado su disparo como no se puede hacer con los fusibles porque estos hay que cambiarlos después del daño.

Los tipos más utilizados son: disyuntor magnetotérmico, disyuntor magnético, disyuntor térmico, guardamotor.

5.4.4 protección diferencial tipo GFCI.

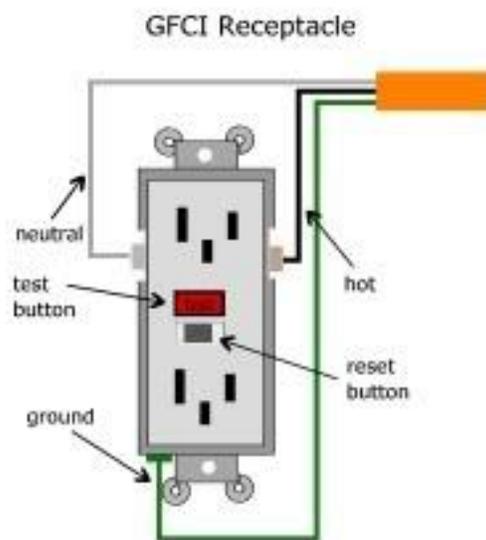


Figura 9: GFCI "ground fault circuit interrupter" (<http://porch.com/>)

Un GFCI es un interruptor de accionamiento rápido que percibe desbalances en el circuito causados por corrientes de fuga a tierra, y en una fracción de segundo, abre el circuito. Este dispositivo continuamente compara la cantidad de corriente viéndose a través de un dispositivo eléctrico contra la cantidad de corriente que entra al dispositivo difiere de la cantidad de corriente "regresando" del dispositivo hacia el sistema eléctrico por aproximadamente 5 miliamperios, el dispositivo interrumpe el circuito en un periodo de tiempo 1/40 de segundo.

Existen dos tipos de dispositivos GFCI:

Clase A: este interrumpe el circuito cuando la corriente de falla a tierra tiene un valor diferente a 4 y 6 miliamperios. Estos se utilizan para protección del personal.

Clase B: este interrumpe el circuito cuando la corriente de falla a tierra excede los 20 miliamperios. Este GFCI no se utiliza para protección de personal, solamente protección de equipos.

5.5. Regulación de voltaje.

La regulación de voltaje se puede definir como la máxima caída de tensión en los conductores de cada circuito, presentándose esta máxima caída en el transformador que va desde el tablero de distribución hasta la salida más lejana de cada circuito. En la norma NTC 2050 permite una caída de tensión máxima del 3% desde el tablero de distribución hasta la salida más lejana de cada circuito y el 2% del transformador al tablero de distribución.

En las instalaciones eléctricas residenciales la regulación de voltaje puede ser determinada con la ley de Ohm

$$\Delta V = I * R$$

Dónde:

R = resistencia del conductor.

I = corriente nominal del circuito.

En las instalaciones residenciales se puede despreciar el efecto inductivo en los conductores y por lo tanto los cálculos se hacen teniendo en cuenta únicamente la resistencia del conductor, esto no se puede hacer en las instalaciones industriales donde el efecto inductivo es representativo.

Teniendo en cuenta que la resistencia de un conductor puede ser expresada en términos de las características del conductor de la siguiente forma:

$$R = \frac{\rho * L}{A}$$

Dónde:

ρ = Resistividad del material del conductor en Ω (mm²) / m

L = Longitud del conductor en metros.

A = Sección transversal del conductor en mm².

La regulación de voltaje puede escribirse como:

$$\Delta V = \frac{\rho * L * I}{A}$$

Expresión para determinar el calibre del conductor “sección transversal en mm²” para que la regulación de voltaje no sobre pasa el límite permitido por la norma.

6. DISEÑO.

Cuando se va hacer un diseño se debe tener en cuenta el tipo de proyecto para el cual se va a diseñar, esto quiere decir que son diferentes los criterios de diseño para cada vivienda y escuela especifica ya que cada una de ellas varían según el grado de habitualidad y confort aunque los objetivos principales son los mismos (seguridad, eficiencia, economía, flexibilidad y accesibilidad).

Teniendo claro el tipo de proyecto para el cual se va a diseñar y los objetivos anteriores, el punto de partida para la elaboración del diseño es ubicar y determinar el número de salidas eléctricas necesarias como lo son tomas, iluminación, interruptores, etc. En cada una de las áreas especificadas en el plano. Para realizar este procedimiento se debe de tener en cuenta la norma NTC 2050 sección 210-52 a 210-70, la sección 210-8.

Donde nos dicen que 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 este a más de 1.80 m de un toma corriente 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. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998).

Siempre que sea posible, las salidas de tomacorriente deben estar a la misma distancia. Si no están a menos de 0.5 m de la pared, las salidas de tomacorriente en el piso no se deben contar como parte del número exigido de salidas el artículo 220-3 inciso c) sub inciso 7 de la norma NTC 250 indica que en las salidas de toma corriente, cada toma corriente sencillo o múltiple de un puente se debe considerar a no menos de 180 VA. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

Según la NTC 2050 los interruptores no deben estar a más de 1.2 mts del nivel del suelo y 0.2 mts del marco de la puerta medidos horizontalmente.

6.1. Pequeños artefactos.

En la cocina de unidad de vivienda, el circuito o circuitos ramales de 20 A para pequeños artefactos que exige el artículo 220-4 literal b), deben alimentar todas las salidas de tomacorrientes a las que se refieren los artículos 210-52 literal a) y c) y las salidas de tomacorrientes para refrigeradores.

Las cargas del circuito en cada unidad de vivienda se debe calcular a 1500 VA por cada ramal bifilar. Cuando la carga se subdivide entre dos o más alimentadores, la carga calculada para cada uno debe incluir no menos de 1500 VA por cada circuito.

El artículo 210-8 inciso a) y sub inciso g) de la norma NTC 2050 indica que los toma corrientes o contactos de la cocina deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra, cuando estén instalados para alimentar artefactos situados en los mesones y ubicados a menos de 1.8 m del borde exterior del lavaplatos.

6.2. Carga del circuito de lavandería y planchado.

La carga se debe calcular a no menos de 1500 VA por cada circuito ramal bifilar para lavandería y planchado que exija al artículo 220-4 literal c). Se permite que estas cargas se incluyan con la carga de alumbrado general y se apliquen los factores de demanda permitidos en la tabla 220-11 para las cargas de alumbrado general. (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

6.3. Cuartos de baño.

En el artículo 210-52 literal d) de la norma NTC 2050 indica que las salidas de toma corriente en los cuartos de baño deben estar alimentados por lo menos por un circuito ramal de 20 A, el artículo 210-8, literal a) sub inciso 1) de la norma NTC 2050 indica que los toma corrientes o contactos de los lavamanos, estén o no en un cuarto de baño, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra “GFCI”.

6.4. Planos eléctricos.

Para empezar a realizar el diseño de la instalación eléctrica es necesario analizar el plano arquitectónico de la vivienda teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Precisar cuáles son las áreas de servicio que tendrá la residencia.
- En donde estará ubicada la entrada principal.
- Cuál puede ser la ubicación de los principales equipos que se utilizarán en la vivienda.
- Como están comunicadas entre si las diferentes áreas.
- Cuál será el tipo de bloque con que se construirán los muros.
- Si la casa es de dos plantas, cual es la ubicación de las escaleras.

6.4.1. Simbología y señalización.

Mediante la utilización de símbolos eléctricos tenemos una interpretación de un concepto material (luminarias, tomacorrientes, medidores de energía, interruptores, etc.), de control y de información (indicador de neutro, fases controladas y no controladas, especificaciones técnicas de la instalación eléctrica, etc.) utilizado en instalaciones eléctricas para lograr una mejor interpretación, visualización y posibles rutas de los diferentes circuitos a las salidas eléctricas.

Los símbolos eléctricos son normalizados por entidades o asociaciones especializadas en instalaciones eléctricas o afines en el estudio eléctrico. Los símbolos presentados a continuación son extraídos del RETIE 2013.

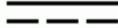
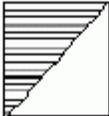
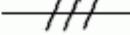
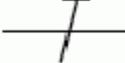
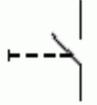
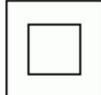
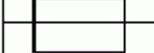
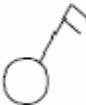
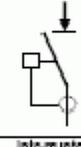
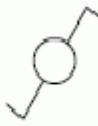
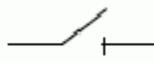
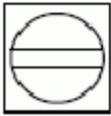
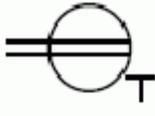
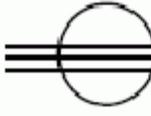
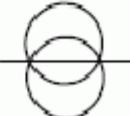
					
Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
					
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
					
Descargador de sobretensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones -	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme
					
Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
					
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre limitado	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
					
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
					
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general
					
Tomacorriente en el piso	Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

Figura 10: símbolos gráficos (RETIE 2013).

6.5 Calculo requeridos.

Después de indicar en el plano el número de salidas necesarias, se debe determinar la carga total en vatios o amperios que demanda esta instalación, asumiendo la máxima corriente que puede circular por el circuito (corriente consumida estando todos los aparatos funcionando), para poder determinar posteriormente el número de circuitos ramales de acuerdo a la NTC 2050 artículo 220-4, los circuitos ramales deben soportar el 100% de la carga no continua más el 125% de la carga continua. La norma no menciona una forma precisa de cómo distribuir la carga total en circuitos ramales, se puede distribuir la carga de acuerdo a las necesidades o los criterios de diseño que más adecuados para la instalación, por lo tanto en un circuito ramal se pueden incluir tanto cargas de alumbrado como tomas siempre y cuando cumplan los requerimientos anterior mente mencionados.

Se debe resaltar que las cargas de estufas u hornos, lavadoras y duchas eléctricas necesitan circuitos independientes que no se pueden incluir en circuitos de alumbrado general.

Posterior se aplican los factores de demanda para cada circuito según la tabla 220-11 de la NTC 2050. Y las tablas 220-18, 220-19 si son necesarias para determinar la carga total de la acometida

TABLA 220-11.- Factores de demanda de cargas de alumbrado		
Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

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

Tabla 13: factores de demanda de cargas de alumbrado (NTC 2050).

El balanceo de cargas es importante ya que es la forma como se distribuyen las cargas existentes en una instalación eléctrica, de tal forma que las fases que alimentan lo hagan más o menos en la misma proporción. El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que indica que las cargas totales conectadas a las fases de un sistema bifásico o trifásico no deben ser diferentes una de la otra en un porcentaje mayor al 5%.

Formula:

$$\%D = \frac{(CM - cm)}{CM} (100)$$

Dónde:

CM= Carga Mayor

Cm = carga menor

6.6 Selección del conductor y dispositivos de protección.

Para poder determinar el calibre de los conductores de cada circuito se debe tener en cuenta que su capacidad de conducción de corriente no debe ser menor a la de la carga no continua más el 125% de la carga continua, esto sin aplicar ningún factor de corrección, también la capacidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua. Entendiéndose por carga continua, aquella que se considera que pueda estar en funcionamiento por más de 3 horas.

Para seleccionar el conductor puesto a tierra (neutro) debe tener una capacidad de corriente no menor por lo estipulado por las empresas locales de energía y de acuerdo con los artículos 230-23 literal b) un conductor puesto a tierra no debe tener una sección transversal menor a la exigida por el artículo 250-23 literal b). (NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, 1998)

Se debe seleccionar el tipo de aislamiento que se quiere para el conductor teniendo presente la temperatura ambiente del lugar donde va a ser instalado.

Para seleccionar el dispositivo de protección para cada circuito es importante tener en cuenta que la capacidad de amperios no debe ser superior a la capacidad de

Conducción de corriente del conductor, ya que si se presenta una sobre carga en el circuito el conductor va a transportar mayor corriente de la que puede soportar, sin que el dispositivo de protección actúe a tiempo antes de que el aislamiento del conductor se dañe y esto conlleve a fallas en el circuito y puede ocasionar graves accidentes.

Por tal razón el Breaker debe tener una corriente nominal que no supere la corriente que pueda transportar el circuito. Por esta razón en un circuito ramal no se debe cargar más del 80% de la corriente nominal de su protección.

Después de tener el número de circuitos y el conductor que se debe utilizar se debe de determinar la trayectoria de los ductos sobre el plano, tratando de que permita una fácil instalación de los conductores y a su vez tener economía en material, en esta etapa se hace necesario consultar con los arquitectos del diseño sanitario para evitar que los ductos eléctricos se crucen con los hidráulicos.

7. DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

En un proceso de diseño de iluminación se debe seguir un procedimiento donde se debe de tener en cuenta el análisis del proyecto, planificación básica y diseño detallado.

7.1. Análisis del proyecto.

Se debe recopilar información que nos permita encontrar unas demandas visuales, emocionales y estéticas de iluminación; establecer los alcances de UGR, niveles de iluminación y distribución de luminancias y para ello se nos dirigimos a la norma RETILAP en la tabla 410.1 que para nuestro caso específico son los centros educativos nos dice que el UGR es 19 y los niveles de luminancia (lx) es: mínimo 300, medio 500 y máximo 750.

Se tienen que tener en cuenta las restricciones económicas y energéticas; realizar los costos de la instalación y de mantenimiento durante su vida útil si es posible realizar un levantamiento visual (fotométrico eléctrico y fotográfico) en sitio.

7.2. Planificación básica.

La planificación básica se define como al sistema de alumbrado, características de las fuentes luminosas, factibilidad para el uso de alumbrado natural e integración de iluminación artificial. Va ligado a la consulta a publicaciones especializadas y visita a instalaciones con características similares. (RETILAP, 2010)

7.3. Diseño detallado.

Es obligatorio para alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios mayores a 200 m² y en general donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, o lugares con alta concentración de personas (100 o más).

Se tienen que tener en cuenta los siguientes pasos.

- Selección de las luminarias
- Diseños geométricos y sistemas de montaje.
- Sistemas de alimentación, comando controles eléctricos.
- Instalación de alumbrado de emergencia y seguridad.
- Análisis económico financiero y presupuestos del proyecto.
- Se debe presenta la documentación técnica (planos y memoria descriptiva, cálculos fotométricos y eléctricos) y un programa de mantenimiento. (RETILAP, 2010)

7.4. Uso del software.

Para nuestro diseño se utilizó un software Dialux 4.12 y se trajo en un plano en 2D de AutoCAD está reglamentado y debe cumplir los requerimientos técnicos como lo dice la norma RETILAP en la sección 210.2.4. Literales a) al i).

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. (RETILAP, 2010).

8. DISEÑO ELÉCTRICO PARA VIVIENDAS Y ESCUELAS PREFABRICADAS

8.1. Calculo eléctrico vivienda típica 100 m.

- ❖ Cargas alumbrado y tomas generales: $100 \text{ m}^2 \times 32 \text{ VA/m}^2 = 3200 \text{ VA}$
 - 2 protecciones monopolares de 15 A, para iluminación general
 - 2 protecciones monopolares de 20 A, para tomacorrientes uso general
- ❖ Cargas pequeños artefactos: 1500 VA
 - 1 protección monopolar de 20 A
- ❖ Cargas lavadora y plancha: 1500 VA
 - 1 protección monopolar de 20 A
- ❖ Cargas proyectores 4 x 160 VA: 640 VA
 - 1 protección bipolar de 15 A
- ❖ Cargas estufa: 8000 VA
 - 1 protección bipolar de 40 A
- ❖ Cargas ducha eléctrica: 1500 VA
 - 1 protecciones bipolar de 30 A, (El circuito debe tener protección diferencial contra falla a tierra en el caso de duchas sin blindaje)

Carga instalada: 16340 VA

Carga demandada:

Alumbrado y tomacorrientes generales:	3200 VA	
Pequeños artefactos:	1500 VA	+
Lavadora y plancha:	1500 VA	

Carga general:	6200 VA	
3000 VA al 100%:	3000 VA	+
3200 VA al 35%:	1120 VA	

Carga neta general:	4120 VA	

Carga neta general:	4120 VA	
Carga proyectores:	640 VA	
Carga estufa:	8000 VA	+
Carga ducha eléctrica:	1500 VA	

Carga total demandada:	----- 14260 VA
Corriente demandada:	14260 VA / 240 V = 59,41 A
Protección:	59,41 x 125% = 66,84 A 2 x 70 A
Carga neta general:	4120 VA
Carga proyectores 80%:	512 VA
Carga estufa 80%:	6400 VA +
Carga ducha eléctrica 80%	1200 VA

Carga total demandada neutro:	12232 VA
Corriente demandada neutro:	12232 VA / 240 V = 50,96 A
Calibre Acometida:	2N°4 + 1N°6 + 1N°8 AWG, THW
Factor de demanda:	(C. dem. / C. Inst.) X 100% (14260 / 16340) X 100% = 87,27 %

Balanceo de fases

Fase No.1

Circuitos C1, C3, C5, C7, C9, C11

Potencia Un: 800 VA + 1500 VA + 4000 VA + 800 VA + 750 VA + 320 VA

Potencia total: 8170 VA

Fase No.2

Circuitos C2, C4, C6, C8, C10, C12

Potencia Un: 800 VA + 1500 VA + 4000 VA + 800 VA + 750 VA + 320 VA

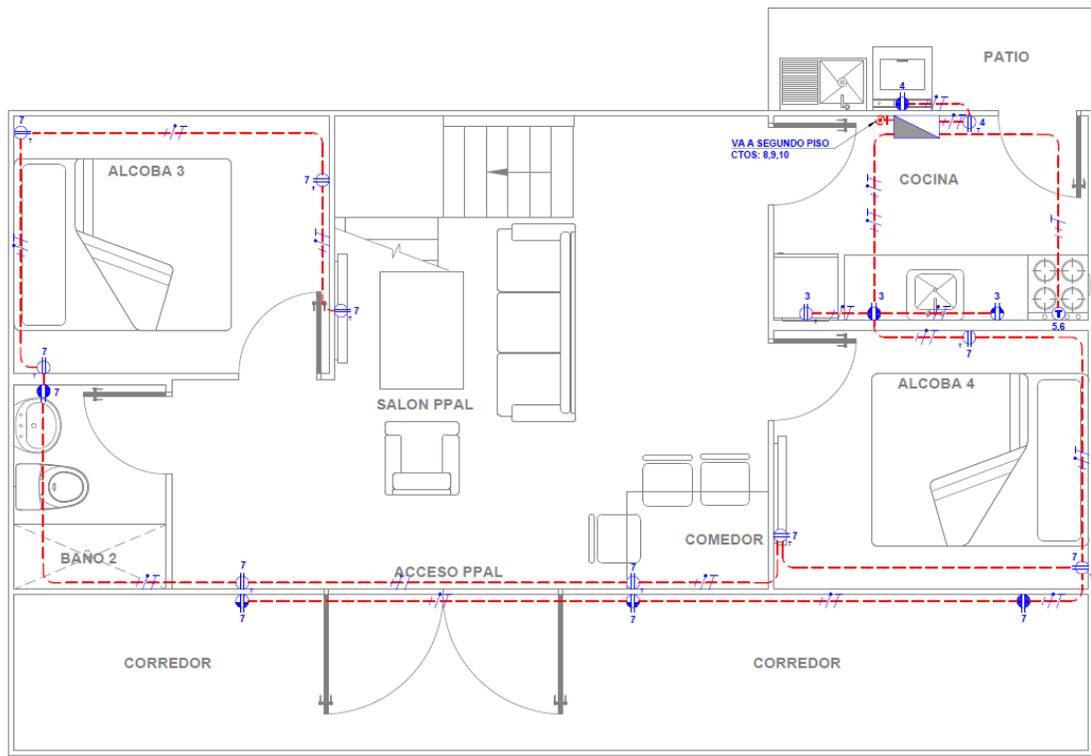
Potencia total: 8170 VA

$$\%BF = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase Menor}}{\text{Carga Fase Mayor}} \times 100$$

$$\%BF = \frac{(8170 - 8170) \times 100}{8170} = 0 \%$$

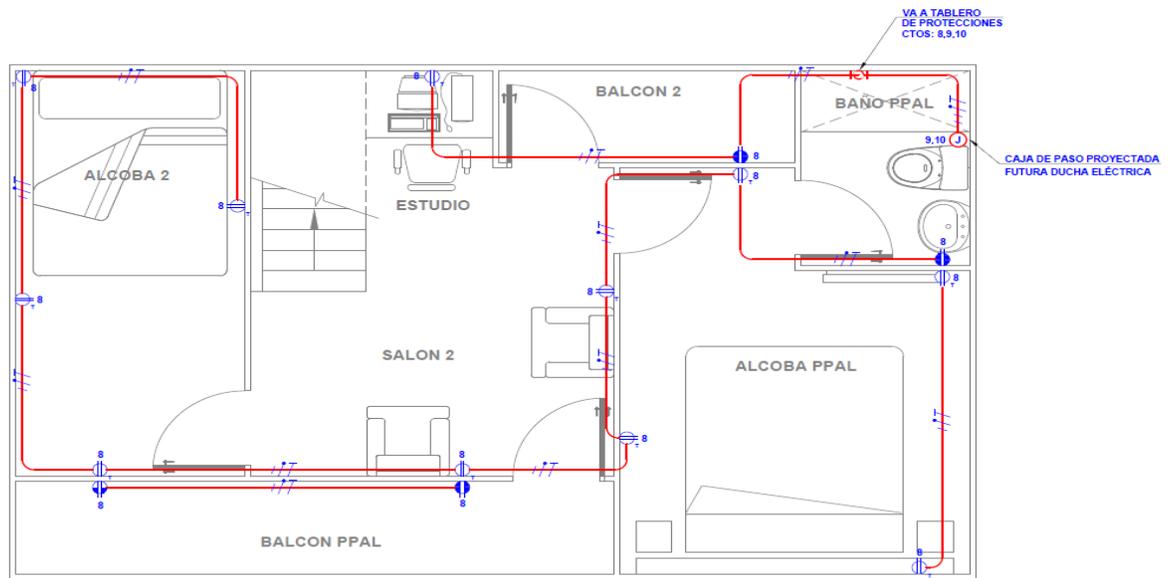
El resultado es menor del 5%, por lo tanto este es el arreglo que debes elegir (a menos que existiera una mejor alternativa).

Las reservas no equipadas en caso de ser utilizadas se deberán realizar de nuevo el balanceo de fases para garantizar un equilibrio en las cargas.



VISTA EN PLANTA
 SISTEMA DE TOMACORRIENTES 1° PISO VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:25

Figura 11: vista en planta sistema de tomacorrientes piso 1 vivienda prefabricada (los autores).



VISTA EN PLANTA
 SISTEMA DE TOMACORRIENTES 2° PISO VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:25

Figura 12: vista en planta sistema de tomacorrientes piso 2 vivienda prefabricada (los autores).

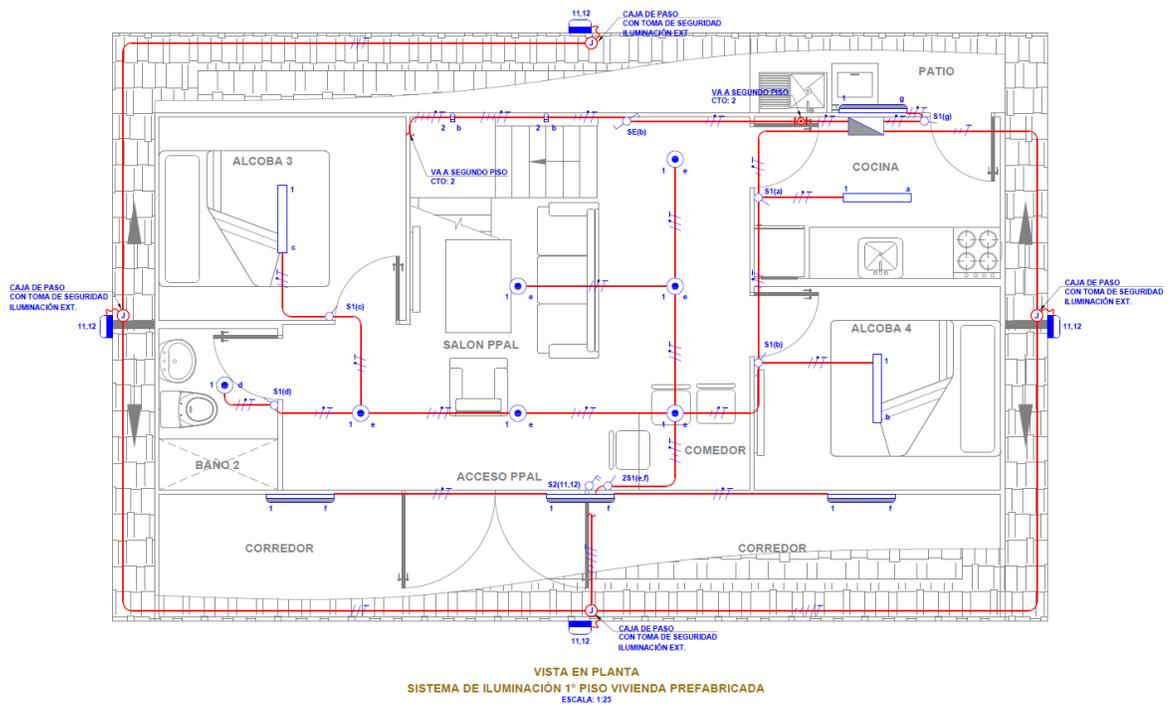


Figura 13: vista en planta sistema de iluminación piso 1 vivienda prefabricada (los autores).



Figura 14: Vista en planta sistema de iluminación piso 2 vivienda prefabricada (los autores)

8.2. Calculo eléctrico Escuela típica.

- ❖ Cargas alumbrado general: 2448 VA
 - 3 protecciones monopolares de 15 A
- ❖ Cargas tomacorrientes generales: 3780 VA
 - 1 protección monopolar de 15 A
 - 2 protecciones monopolares de 20 A
- ❖ Cargas proyectores 6 x 160 VA: 960 VA
 - 1 protección bipolar de 15 A
- ❖ Cargas Aire Acondicionado: 2000 VA
 - 1 protección bipolar de 30 A

Carga instalada: 9188 VA

Carga demandada:

3000 VA al 100%:	3000 VA	+
3200 VA al 35%:	1130 VA	

Carga neta general: 4130 VA

Carga neta general: 4320 VA

Carga proyectores: 960 VA

Carga Aire Acondicionado: 2000 VA +

Carga total demandada: 7090 VA

Corriente demandada: 7090 VA / 240 V = 29,54 A

Protección: 29,54 x 125% = 33,23 A
2 x 40 A

Carga neta general: 4130 VA

Carga proyectores 80%: 768 VA +

Carga Aire Acondicionado 80%: 1600 VA

Carga total demandada neutro: 6498 VA

Corriente demandada neutro: 6498 VA / 240 V = 27,07 A

Calibre Acometida: 2N°8 + 1N°8 + 1N°10 AWG, THW

Factor de demanda:

$$(C. \text{ dem.} / C. \text{ Inst.}) \times 100\% \\ (7090 / 9188) \times 100\% = 77,16 \%$$

Balanceo de fases

Fase No.1

Circuitos C1, C3, C7, C8, C9

Potencia Un: 800 VA + 480 VA + 1260 VA + 1080 VA + 1000 VA

Potencia total: 4620 VA

Fase No.2

Circuitos C2, C4, C5, C6, C10

Potencia Un: 1000 VA + 480 VA + 648 VA + 1440 VA + 1000 VA

Potencia total: 4568 VA

$$\%BF = \frac{(Carga \text{ Fase Mayor} - Carga \text{ Fase Menor}) \times 100}{Carga \text{ Fase Mayor}}$$

$$\%BF = \frac{((4620 - 4568) \times 100)}{4620} = 1,13 \%$$

El resultado es menor del 5%, por lo tanto este es el arreglo que debes elegir (a menos que existiera una mejor alternativa).

Las reservas no equipadas en caso de ser utilizadas, se deberá realizar de nuevo el balanceo de fases para garantizar un equilibrio en las cargas.



Figura 15: Vista en planta sistema de tomacorrientes escuela prefabricada (los autores).

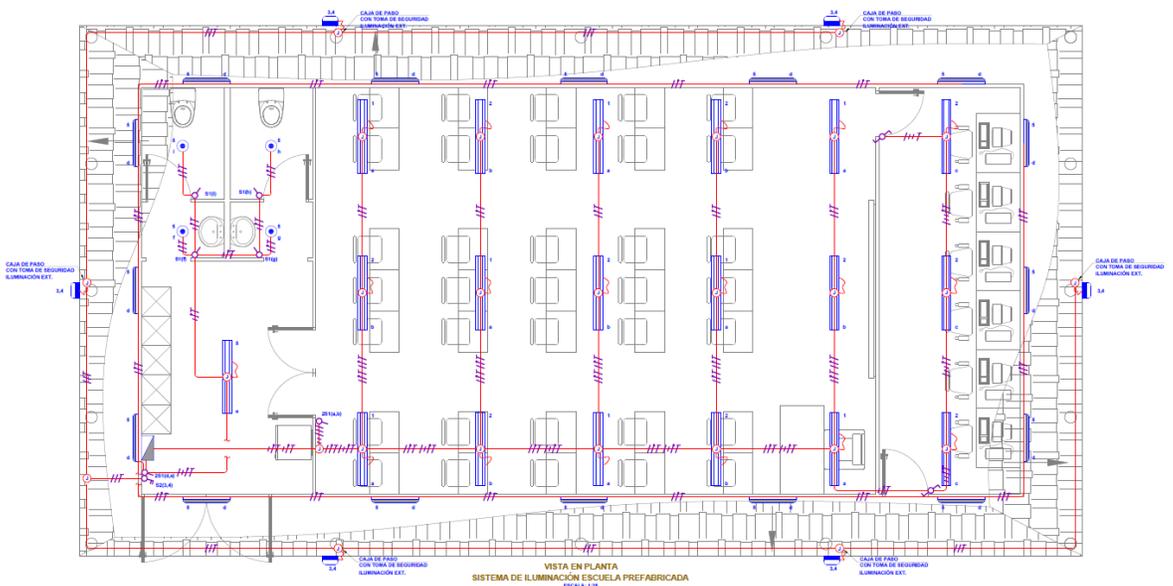


Figura 16: Vista en planta sistema de iluminación escuela prefabricada (los autores)

9. ESTUDIOS DE ILUMINACIÓN PARA VIVIENDA Y ESCUELA PREFABRICADA.

9.1. Diseño de iluminación para vivienda ver anexo A y C

9.2. Diseño de iluminación para escuela ver anexo B y D

10. ANÁLISIS DE RIESGO Y SISTEMA EQUIPOTENCIAL PARA VIVIENDAS Y ESCUELAS PREFABRICADAS.

Para garantizar el cumplimiento de la reglamentación, la norma establece la adopción de la certificación de conformidad de productos e inspección y certificación de conformidad de las instalaciones.

Para la elaboración del Diseño se tuvieron en cuenta las siguientes referencias:

- Norma Técnica Colombiana NTC 4552. Protección contra Rayos. Principios Generales.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1. Protección contra Descargas Eléctricas y Atmosféricas (Rayos). Parte 1: Principios Generales.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552-2. Protección contra Descargas Eléctricas y Atmosféricas (Rayos). Parte 2: Manejo del Riesgo.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552-3. Protección contra Descargas Eléctricas y Atmosféricas (Rayos). Parte 3: Daños Físicos a Estructuras y Amenazas a la Vida.
- Tierras. Soporte de la Seguridad Eléctrica. Cuarta Edición. Fabio Casas Ospina.

10.1. Sistema de protección contra rayos.

10.1.1. Análisis del nivel de riesgo.

En el presente documento se analiza el estado actual de la estructura en términos de su vulnerabilidad frente a descargas atmosféricas, lo cual, de acuerdo al diagnóstico generado, permite tomar acciones que disminuyan el nivel de riesgo que se puede llegar a presentar si no se tomasen las medidas preventivas. El

estudio que se realiza a continuación está basado en las pautas presentadas en la IEC 62305-2.

Para un adecuado sistema de protección, se deberán tener los siguientes indicadores dentro del riesgo tolerable:

Pérdidas de vidas humanas 1×10^{-5}

Pérdidas de servicios públicos 1×10^{-3}

Pérdidas Económicas 1×10^{-3}

Para obtener un sistema con un nivel de protección adecuado, primero se realiza un análisis de la estructura sin ningún tipo de protección para verificar mediante el software que no se cumplen los índices requeridos. Después a este sistema, se le adiciona un dispositivo de protección contra sobretensiones a la llegada de la acometida, el cual disminuye los índices de riesgo sin embargo aún no se cumple con los niveles requeridos, y por último se incluye un sistema de protección contra rayos nivel 3, el cual genera que los riesgos calculados se encuentren dentro del riesgo tolerable.

A continuación se presentan los datos arrojados por el software:

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 20

Anchura de la estructura (m): 6

Altura del plano del tejado (m)*: 5

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 6

*Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 1.607 m2

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Problemas de evacuación

Por incendios: Comercios, colegios, ...

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: Radio y TV

Por sobretensiones: Radio y TV

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Pérdidas irremplazables

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Oficina, escuela

Por sobretensiones: No aplica

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 100 años

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada

Factor ambiental: Rural

Densidad anual equivalente de rayos: 3 flash/km2

Nº de días de tormenta: 30 days/year

Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

Riesgos calculados:

	Riesgo aceptable (Da)		Riesgo imp. directo (Da)	+	Riesgo imp. indirecto (Da)	=	Riesgo calculado (Da)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,21E-05	+	1,65E-04	=	1,77E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	5,30E-06	+	2,31E-03	=	2,31E-03
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	4,82E-06	+	6,61E-05	=	7,09E-05
Pérdidas económicas:	1,00E-02	=>	9,64E-06	+	1,32E-04	=	1,42E-04



Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Figura 17: Análisis del nivel de riesgo por rayos sin ningún tipo de protección (los autores)

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 20
 Anchura de la estructura (m): 6
 Altura del plano del tejado (m)*: 5
 Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 6
 *Medido desde la tierra
 Área de colección (m²): 1.607 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada
 Factor ambiental: Rural
 Densidad anual equivalente de rayos: 3 flash/km²
 Nº de días de tormenta: 30 days/year
 Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:
 Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:
 Clase de SPCR: Sin SPCR
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Sólo en entrada de servicios

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:
 Riesgos especiales para la vida: Problemas de evacuación
 Por incendios: Comercios, colegios, ...
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:
 Por incendios: Radio y TV
 Por sobretensiones: Radio y TV

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:
 Por incendios: Pérdidas irremplazables

Tipo 4 - Pérdidas económicas:
 Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Oficina, escuela
 Por sobretensiones: No aplica
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 100 años

Riesgos calculados:

	Riesgo aceptable (D _a)		Riesgo imp. directo (D _d)	+	Riesgo imp. indirecto (D _i)	=	Riesgo calculado (D _c)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,21E-05	+	1,65E-04	=	1,77E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	5,30E-06	+	2,31E-03	=	2,31E-03
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	4,82E-06	+	6,61E-05	=	7,09E-05
Pérdidas económicas:	1,00E-02	=>	9,64E-06	+	1,32E-04	=	1,42E-04

IEC Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Figura 18: Análisis del nivel de riesgo por rayos incluyendo la instalación de DPS a la entrada de la edificación (los autores).

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 20
 Anchura de la estructura (m): 6
 Altura del plano del tejado (m)*: 5
 Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 6
 *Medido desde la tierra
 Área de colección (m²): 1.607 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada
 Factor ambiental: Rural
 Densidad anual equivalente de rayos: 3 flash/km²
 Nº de días de tormenta: 30 days/year
 Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:
 Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:
 Clase de SPCR: Nivel III
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:
 Riesgos especiales para la vida: Problemas de evacuación
 Por incendios: Comercios, colegios, ...
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:
 Por incendios: Radio y TV
 Por sobretensiones: Radio y TV

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:
 Por incendios: Pérdidas irremplazables

Tipo 4 - Pérdidas económicas:
 Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Oficina, escuela
 Por sobretensiones: No aplica
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 100 años

Riesgos calculados:

	Riesgo aceptable (D _a)		Riesgo imp. directo (D _d)	+	Riesgo imp. indirecto (D _i)	=	Riesgo calculado (D _c)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,21E-06	+	4,96E-06	=	6,17E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	1,93E-07	+	6,92E-05	=	6,94E-05
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	4,82E-07	+	1,98E-06	=	2,46E-06
Pérdidas económicas:	1,00E-02	=>	9,64E-07	+	3,96E-06	=	4,93E-06

IEC Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Figura 19: Análisis del nivel por rayos con un NPR III (los autores)

Una vez evaluados todos los riesgos que se podrían presentar y afectar la edificación, se concluye que con un nivel de protección III y la instalación de un DPS a la entrada de la edificación, se tendrá una edificación protegida de acuerdo a la normatividad.

10.2. Sistema de protección externo.

El objetivo de la protección externa es interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura (incluyendo aquellos que impacten en sus costados) y conducir de manera segura la corriente de rayo desde el punto de impacto hasta la tierra; sin causar daños térmicos o mecánicos ni chispas peligrosas que puedan dar inicio a incendios o explosiones.



Figura 20: Sistema de protección externa (tierras, soporte de la seguridad industrial cuarta edición)

Tomado de: “Tierras, Soporte de la seguridad Industrial”. Cuarta Edición. Fabio Casas Ospina

Los terminales de captación y las bajantes hacen parte del sistema de apantallamiento de la estructura; para el diseño de este sistema, existen varios métodos de análisis (El método de la esfera rodante, el método del ángulo de protección y el método de enmallado), para este caso, debido a que la estructura tiene una altura menor a 55m, se hará uso del método de la esfera rodante, el cual consiste en imaginar una esfera de radio igual a la distancia de impacto rodando sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos; todas las estructuras que logre tocar la esfera estarán expuestas a descargas directas; el propósito es que las únicas estructuras que toque la esfera sean los dispositivos de protección o apantallamiento.

Para la utilización de este método de análisis, se debe determinar el radio de la esfera rodante el cual se obtiene del nivel de protección contra rayos que se Requiere; este parámetro se obtiene dependiendo de las acciones a tomar para disminuir el nivel de riesgo.

Por lo tanto, con base en el nivel de riesgo que se tiene para la edificación, que para este caso es Bajo, se determinan ciertas acciones a tomar para contar con la

debida protección.

Según el análisis del nivel de riesgo, se obtiene la necesidad de un sistema de protección nivel III, el cual presenta un radio de la esfera rodante igual a 45m.

El esquema del método de la esfera rodante para la escuela prefabricada se puede apreciar en los planos ESC_MA1_01 y ESC_SD1_01_CLASE 3.

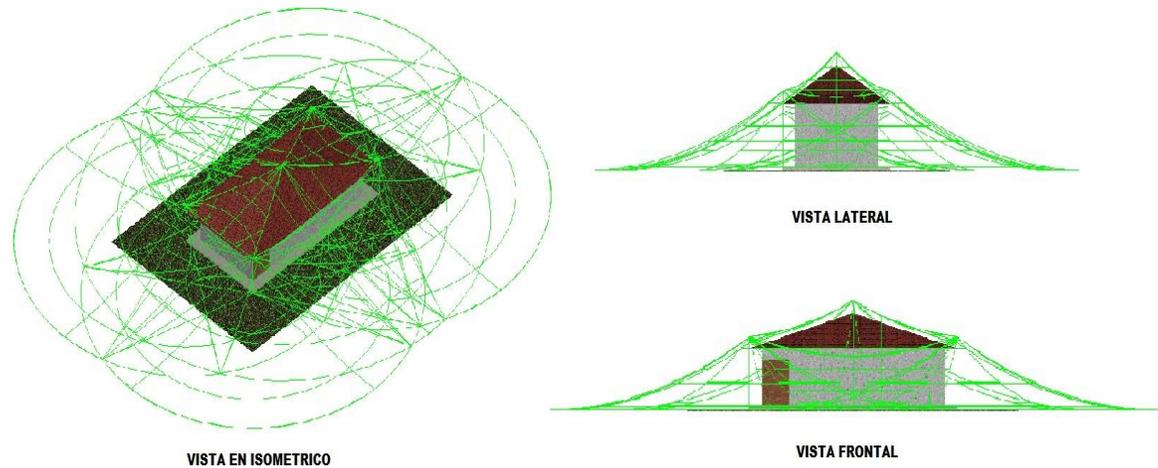


Figura 21: Vista 3D de la zona de protección del nivel de captación externo escuela prefabricada (los autores).

Como se puede observar el sistema de captación externa para la escuela prefabricada, va a contar con 5 terminales de captación, con una longitud de 0.5 m. Para llevar las descargas a tierra se cuenta con 2 bajantes en cobre calibre 1/0 ubicadas a 30m en todo el perímetro los cuales se encontrarán unidos por un anillo equipotencial en la cubierta en cobre desnudo calibre 1/0 awg y por un anillo enterrado en cobre desnudo calibre 1/0 awg.

El esquema del método de la esfera rodante para la vivienda prefabricada se puede apreciar en los planos V100_MA1_01 y V100_SD1_01_CLASE 3.

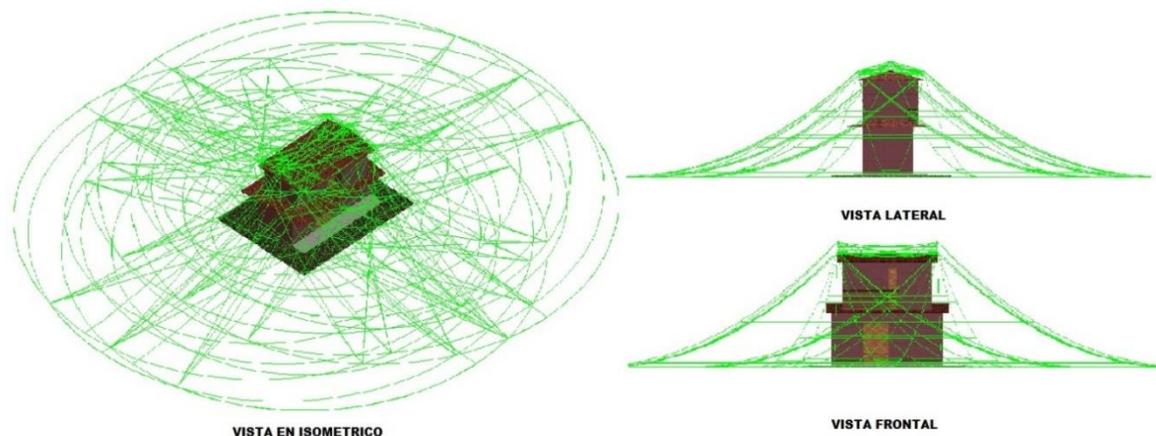


Figura 22: Vista 3D de la zona de protección del nivel de captación externo vivienda prefabricada (los autores).

Como se puede observar el sistema de captación externa para la vivienda prefabricada, va a contar con 6 terminales de captación, con una longitud de 0.5 m. Para llevar las descargas a tierra se cuenta con 2 bajantes en cobre calibre 1/0 ubicadas a 20m en todo el perímetro los cuales se encontrarán unidos por un anillo equipotencial en la cubierta en cobre desnudo calibre 1/0 awg y por un anillo enterrado en cobre desnudo calibre 1/0 awg.

10.3. Guía general de seguridad personal durante tormentas eléctricas.

Durante una tormenta eléctrica son evidentes los peligros a los que se exponen, no solo las edificaciones y los sistemas eléctricos y electrónicos sino las personas. Es por ello que se deben conocer algunas recomendaciones para tener en cuenta durante una tormenta, evitando riesgos para las personas.

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 la zona central colombiana (Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y los llanos) la actividad de descargas eléctricas atmosféricas es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre; en la zona caribe colombiana (Atlántico, Magdalena, Sucre, Córdoba, Guajira) durante los meses de julio y agosto y en la zona sur (Amazonas, Cauca y Putumayo) durante los meses de diciembre y enero.

La actividad de descargas eléctricas atmosféricas se presenta generalmente en las tres zonas descritas entre las 2 y las 6 de la tarde y en algunas zonas especiales como el Magdalena Medio en horas de la noche y en la madrugada.

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

- Ponga a tierra adecuadamente los equipos sensibles de uso eléctrico, electrónico, telefónico y de comunicaciones contra sobretensiones de acuerdo con los criterios y recomendaciones presentadas en esta norma, de lo contrario desconéctelos retirando el enchufe del tomacorriente evitando así el uso de ellos.
- Busque refugio en el interior de vehículos, edificaciones y estructuras que ofrezcan protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
- A menos que sea absolutamente necesario, no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta eléctrica.
- Permanezca en el interior del vehículo, edificación o estructura hasta que haya desaparecido la tormenta.

Protéjase de las descargas eléctricas atmosféricas en:

- Contenedores totalmente metálicos.
- Refugios subterráneos.
- Automóviles y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.
- Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.

Estos sitios ofrecen poca o ninguna protección contra descargas eléctricas atmosféricas:

- Edificaciones no protegidas alejadas de otras viviendas.
- Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- Vehículos descubiertos o no metálicos.

Aléjese de estos sitios en caso de tormenta eléctrica:

- Terrenos deportivos y campo abierto.
- Piscinas, playas y lagos.
- Cercanía a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, vías de ferrocarril, tendedores de ropa, cercas ganaderas, mallas eslabonadas y vallas metálicas, árboles solitarios.
- Torres metálicas: de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación,

etc.,

Si debe permanecer en una zona de tormenta:

- Busque zonas bajas.
- Evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.
- Prefiera zonas pobladas de árboles, evitando árboles solitarios.
- Busque edificaciones y refugios en zonas bajas.

Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta:

- No se acueste sobre el suelo
- Junte los pies.
- No escampe bajo un árbol solitario.

- No coloque las manos sobre el suelo, colóquelas sobre las rodillas.

10.4. Información del sistema de protección equipotencial contra descargas atmosféricas.

Para la visualización del diseño de protección contra descargas atmosféricas, detalles de montaje y simulación de impacto ver los planos:

Escuela prefabricada: ESC_MA1_01 y ESC_SD1_01_CLASE 3.

Vivienda prefabricada: V100_MA1_01 y V100_SD1_01_CLASE 3.

10.4.1. Construcción del sistema de protección externa punta receptora.

Para la protección externa contra impactos de rayos se utilizarán varillas de 0.5 m. Esta punta captadora tiene la ventaja de regular su ángulo de sujeción en la base.

- Sistemas de bajantes.

El sistema tiene como objetivo conducir las corrientes del rayo interceptadas por el sistema de captación aérea y llevarlas de forma segura hacia el sistema de puesta a tierra. El sistema posee dos (2) bajantes en conductor de cobre 1/0 awg; cada bajante irá en tubería metálica galvanizada IMC 3/4" y estarán espaciadas una distancia promedio entre sí.

Se recomienda instalar panfletos de alerta para que las personas sean conscientes del riesgo eléctrico que existe y mantengan alejados de las bajantes eléctricas.

Todas estas prácticas van orientadas a disminuir el riesgo eléctrico en caso de descargas a tierra.

- Conexiones y uniones.

Se utilizarán para tal fin el uso de grapas y/o abrazaderas identificadas para uso tipo intemperie para la sujeción de la tubería que baja por la edificación.

Para la sujeción del cable de aluminio desnudo que conforma el anillo equipotencial, se utilizarán los soportes SNAP plástica H16 de fijación para conductor 8mm.

- Anillo equipotencial.

Se realizará un anillo en cable de cobre desnudo calibre 1/0 awg.

- Conductores.

De acuerdo al diseño expuesto el conductor escogido será cable cobre desnudo calibre 1/0 AWG. En cuanto a las profundidad de enterramiento la IEC 62305-3 numeral 5.4.3 establece 0,5 m de profundidad.

- Conexiones.

Las conexiones son quizás los componentes más repetitivos en un Sistema de Puesta a Tierra no reciben mantenimiento, ni son inspecciones, de manera que deben realizarse de tal manera que no sufran daños en su función.

La conexión a utilizar será a través de soldadura exotérmica, el cual es el sistema más confiable pues evita discontinuidades por ser una unión a nivel molecular y presentar un alto punto de fusión. Solo personal capacitado debe aplicar esta soldadura.

- Electrodo de puesta a tierra.

De acuerdo al diseño antes expuesto se utilizarán varillas de cobre-cobre 5/8"x 2.4 m.

La varilla a suministrar no debe ser afectada por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instale bajo las condiciones reales de servicio y esté expuesta a la humedad.

La longitud de la varilla será como mínimo de 2.4 m. Las varillas tendrán sección circular y sus extremos terminarán, el uno en forma de cono de 60 grados truncado y el otro en forma plana biselada. El manguito de acople para las varillas seccionadas será cilíndrico y biselado en sus extremos con una longitud de 70 mm.

- Construcción sistema de puesta a tierra.

El sistema de tierra se ejecutará de acuerdo con lo estipulado en el capítulo 16.3.3 del RETIE, El sistema de puesta a tierra para las bajantes del sistema de apantallamiento de la vivienda y escuela prefabricada tendrá una resistencia menor a 10 ohmios; y estará conformada por un camino vertical originado por la varilla de 2,4mts y un camino horizontal generado por el cable de Cu enterrado.

Esta puesta a tierra deberá equipotencializarse con otras puestas a tierra existentes.

En caso de que al medirse la resistencia a tierra su valor sea mayor a 10 ohmios, el contratista deberá colocar varillas de cobre-cobre adicionales y/o realizar tratamiento del suelo con elementos químicos (favigel) hasta obtener el valor deseado.

La continuidad del sistema de puesta a tierra deberá mantenerse a través de todo el sistema de distribución para asegurar la operación de los elementos de protección y eliminar Voltajes peligrosos causados por altas corrientes de corto circuito o sobre voltajes.

10.4.2 Datos sistema equipotencial.

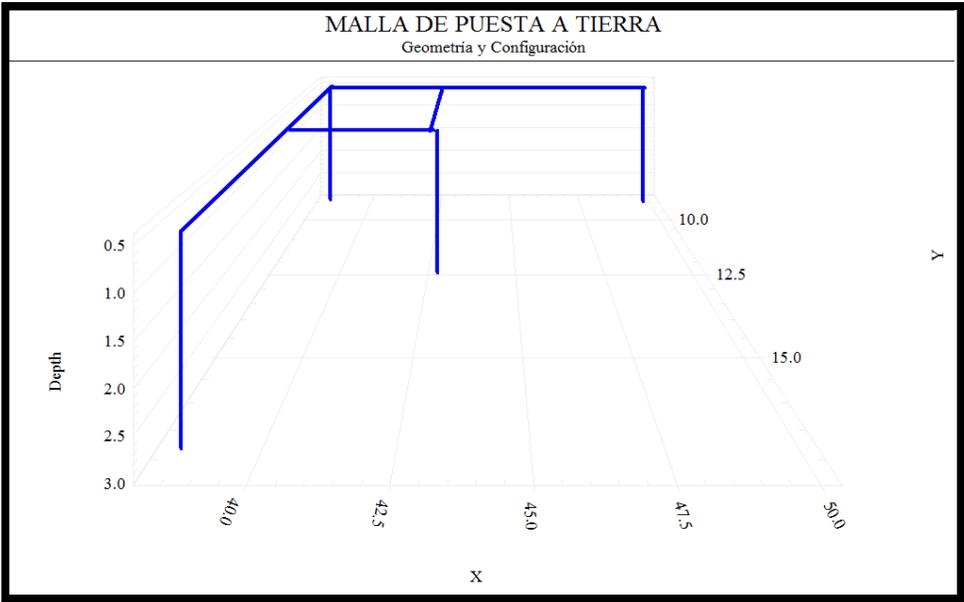


Figura 23: Geometría y configuración (LOS AUTORES).

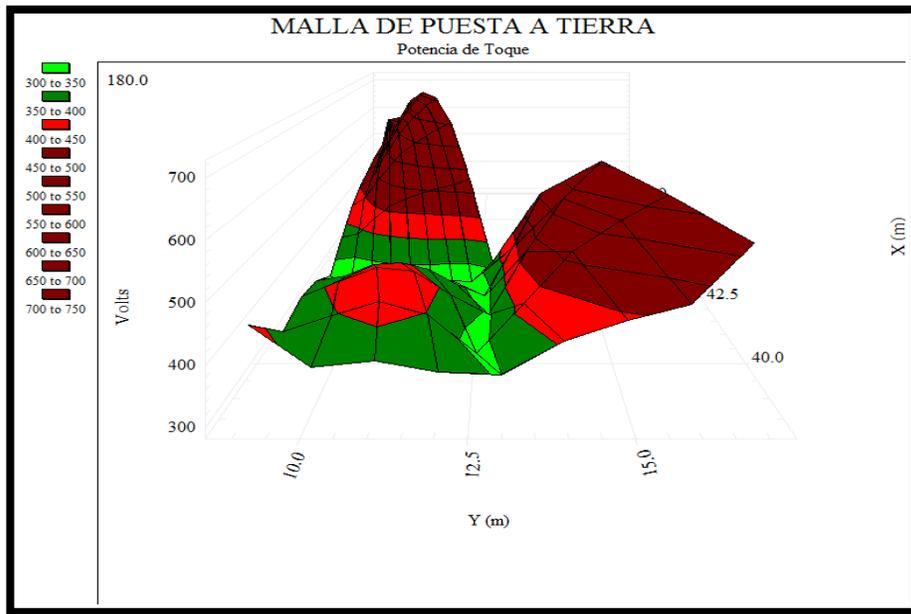


Figura 24: Potencia de toque (los autores).

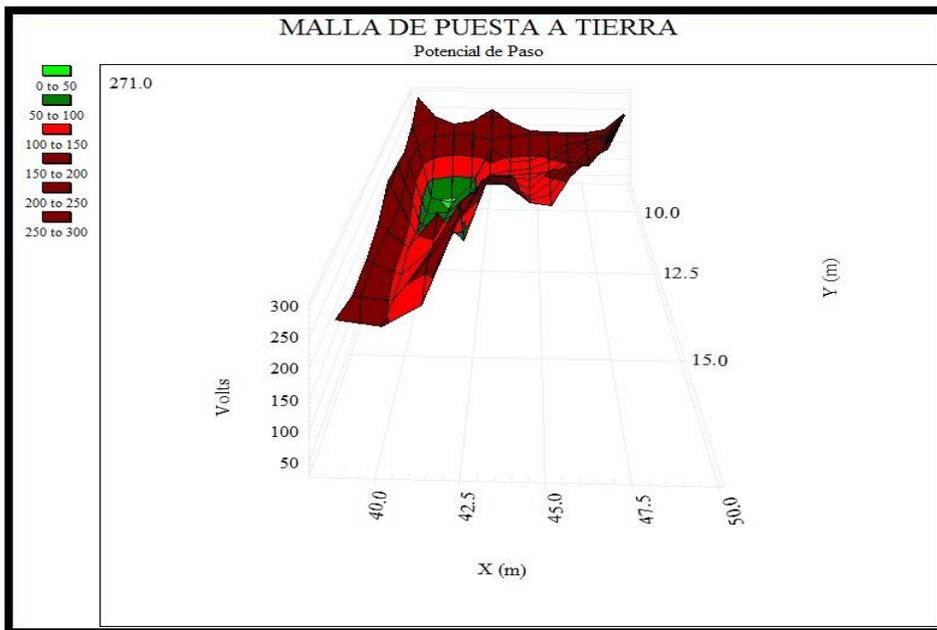


Figura 25: Potencia de paso (los autores).

11. METODOLOGIA.

El trabajo teórico práctico en el cual se van a aplicar los conocimientos adquiridos en la formación tecnológica del programa de tecnología en eléctrica.

11.1. Tipo práctico de diseño.

La metodología que se utilizó es aplicada por que para el desarrollo de la propuesta se van aplicando los conocimientos adquiridos en las asignaturas vistas durante el transcurso del programa como los son.

- Circuitos I.
- Circuitos II.
- Instalación e iluminación.
- Metodología de la investigación.

12. CONCLUSIONES

12.1 Para mejorar la eficiencia energética de las viviendas se pueden adicionar claraboyas para reducir los costos en iluminación durante el día.

12.2 Debido al cálculo que se hizo del nivel de deslumbramiento en la escuela se puede garantizar un mejor nivel de aprendizaje.

12.3 En este proyecto se diversifico que el diseño una ampliación por tal razón se deja equipado a futuro.

12.4 Se dejaron reservas no equipadas en cuenta para las cargas de aire acondicionado para un equipo de 1 TR para el diseño de la escuela.

12.5 El balanceo de cargas se hace teórico pero el cliente y contratista es el encargado de mantener 5% que se le calculo al balanceo.

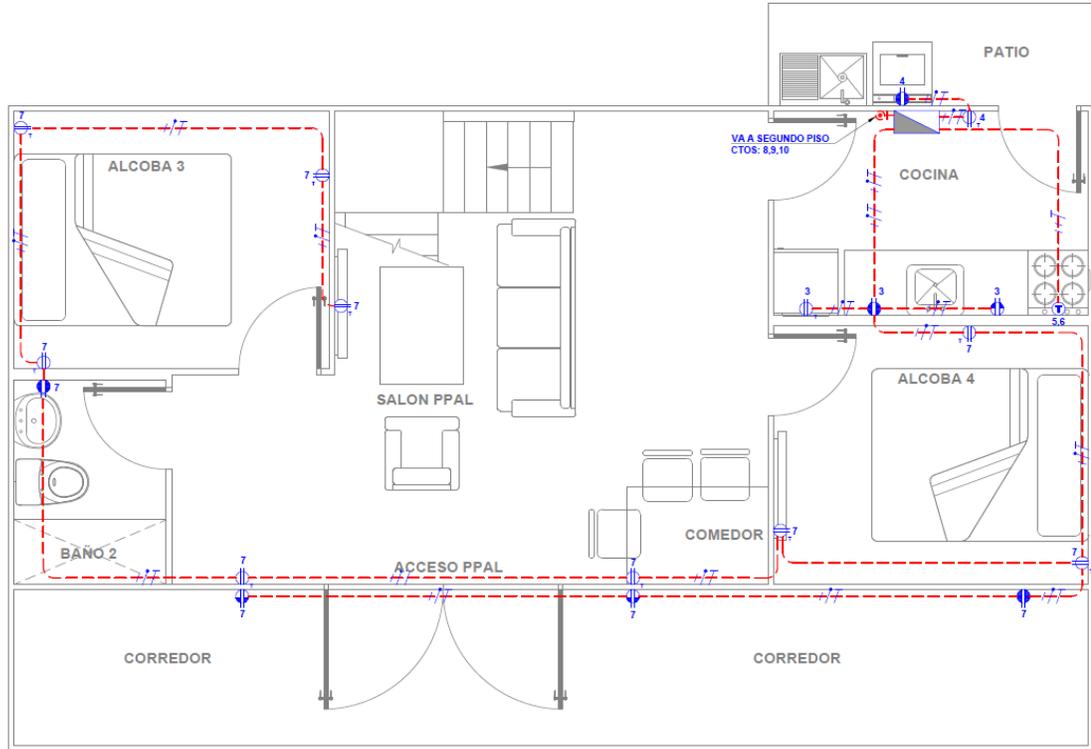
12.6. Un proyecto diseñado bajo los parámetros de este documento será seguro y confiable.

13. BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFIA

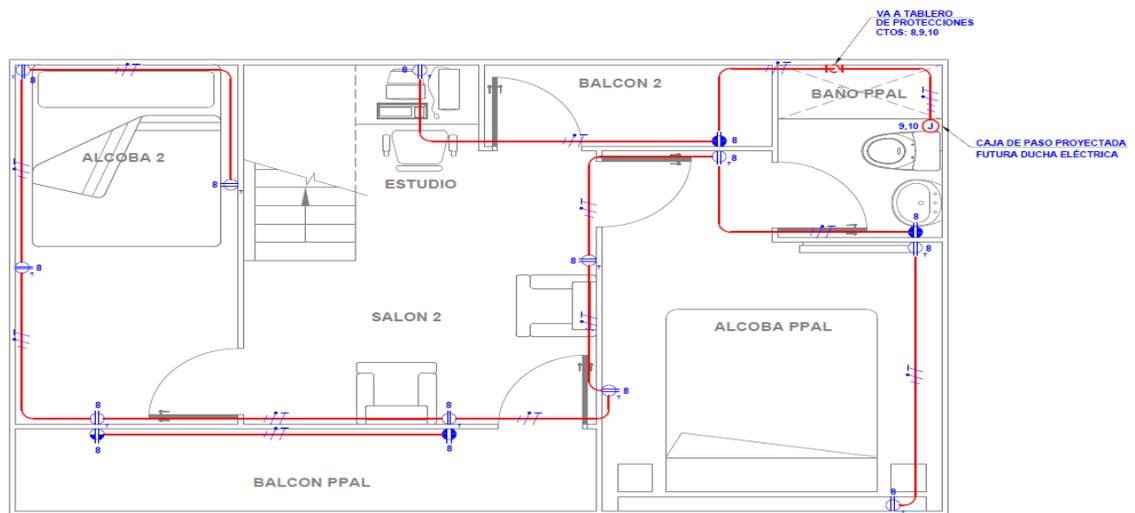
- Norma técnica colombiana NTC 4552 editada por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).expedido por el ministerio de minas y energía (10/12/2008).
- Norma técnica colombiana NTC 2050. Código eléctrico colombiano. Expedido por el ministerio de minas y energía (25/11/1998).
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas en Colombia RETIE 2013. Resolución No 90708, resolución No 90907, resolución No 90795. Expedido por el ministerio de minas y energía. (30/08/20013).
- Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público en Colombia RETILAP expedido por el ministerio de minas y energía. (06/08/2009).
- Fabio Casas Ospina; Tierras, soporte de la seguridad industrial cuarta edición. (2008)
- Tesis de grado
José Alejandro López Aroca y otros, Diseño y ejecución de instalaciones eléctricas tipo residencial; tesis para optar título de tecnólogo en electricidad, Universidad Distrital Francisco José De caldas.
- <http://www.inteleclda.cl/>.
INTELEC Ingeniería Integral.
- <http://www.afinidadelectrica.com>
Afinidad electrónica o AE.
- <http://normas-icontec.com>
Normas Icontec para trabajos escritos.
- <http://www.academia.edu/>.
Cálculos para instalación eléctrica residencial según el NEC (National Electric Code).

ANEXOS.

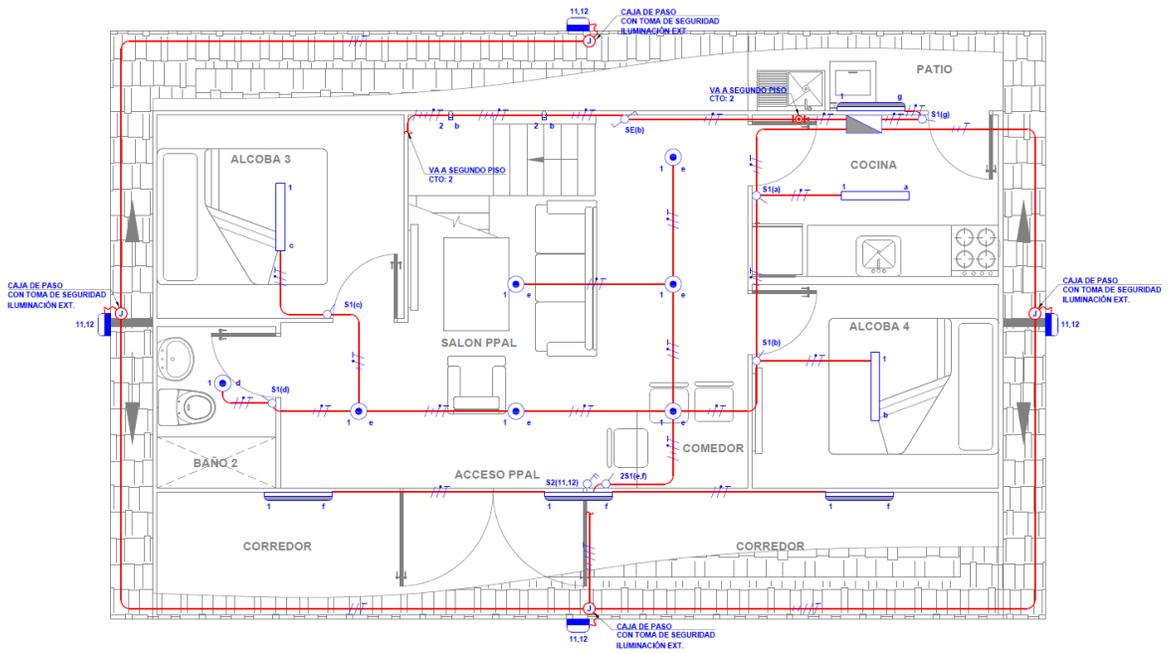
Anexo A. Diseños de planos eléctricos, iluminación, mallas y apantallamiento de vivienda.



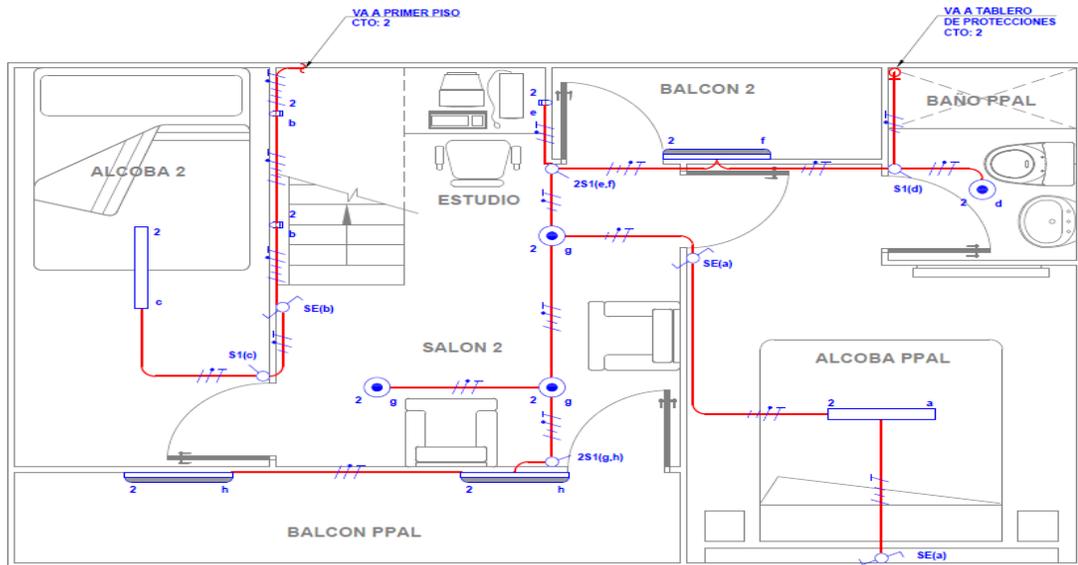
VISTA EN PLANTA
SISTEMA DE TOMACORRIENTES 1° PISO VIVIENDA PREFABRICADA
ESCALA: 1:25



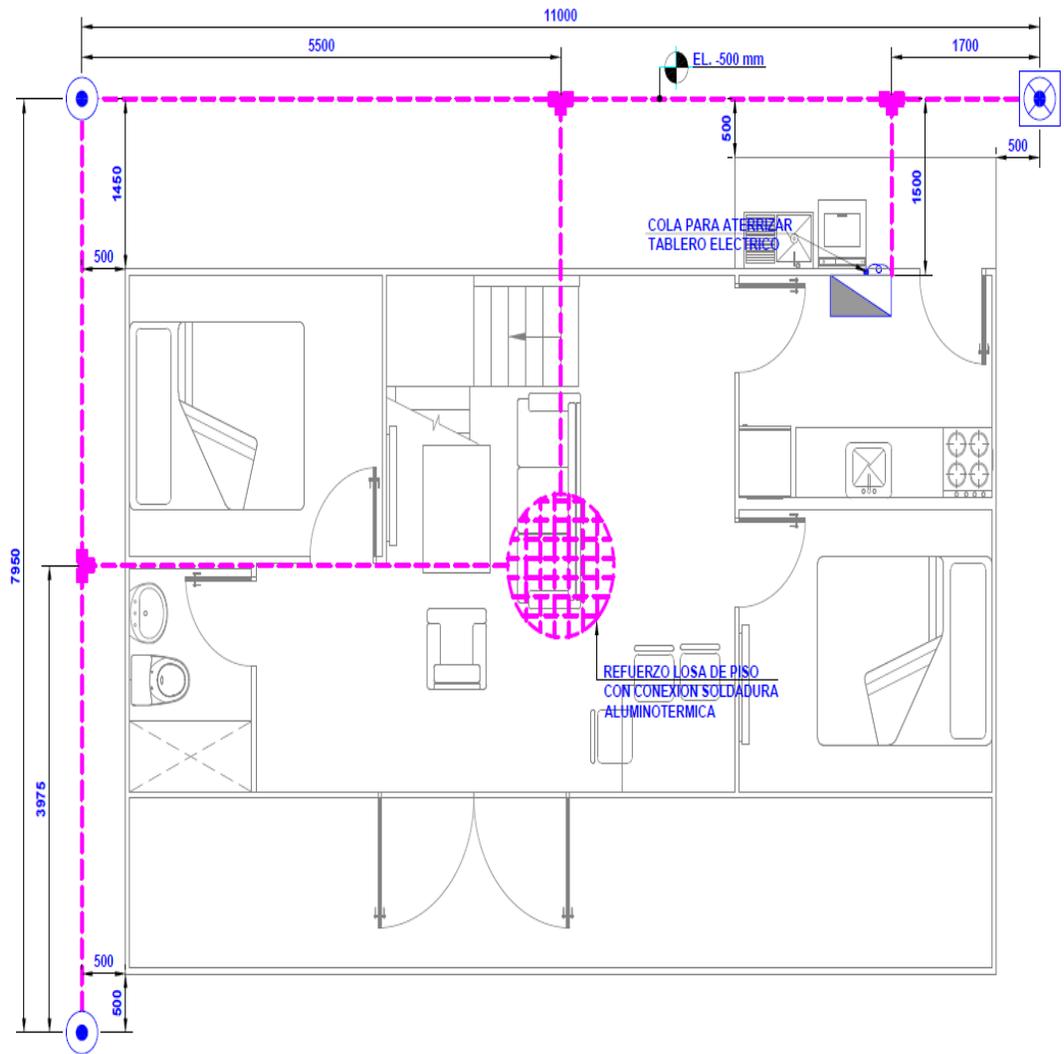
VISTA EN PLANTA
SISTEMA DE TOMACORRIENTES 2° PISO VIVIENDA PREFABRICADA
ESCALA: 1:25



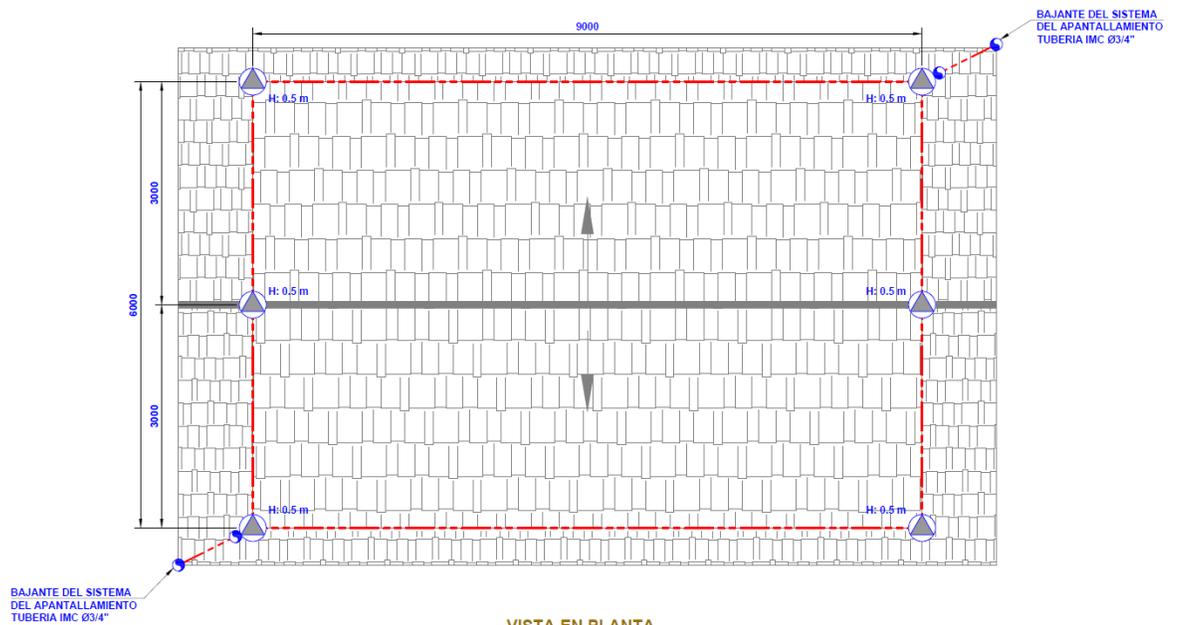
VISTA EN PLANTA
 SISTEMA DE ILUMINACIÓN 1º PISO VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:25



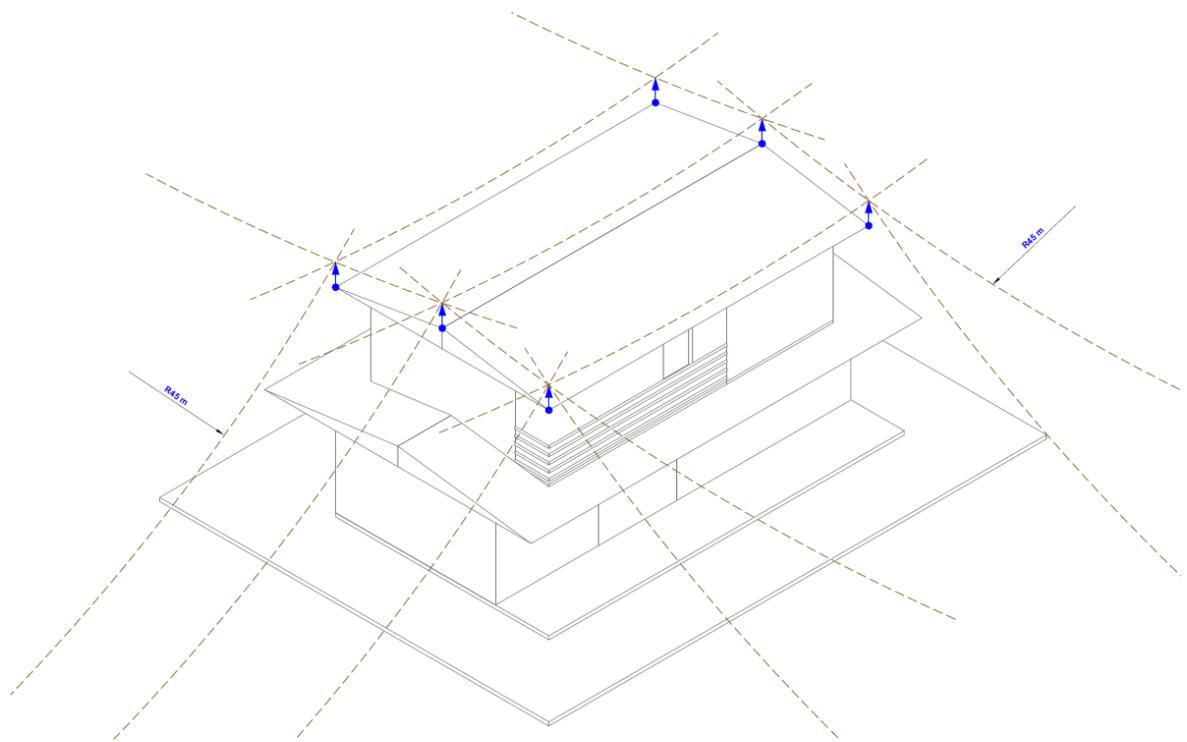
VISTA EN PLANTA
 SISTEMA DE ILUMINACIÓN 2º PISO VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:25



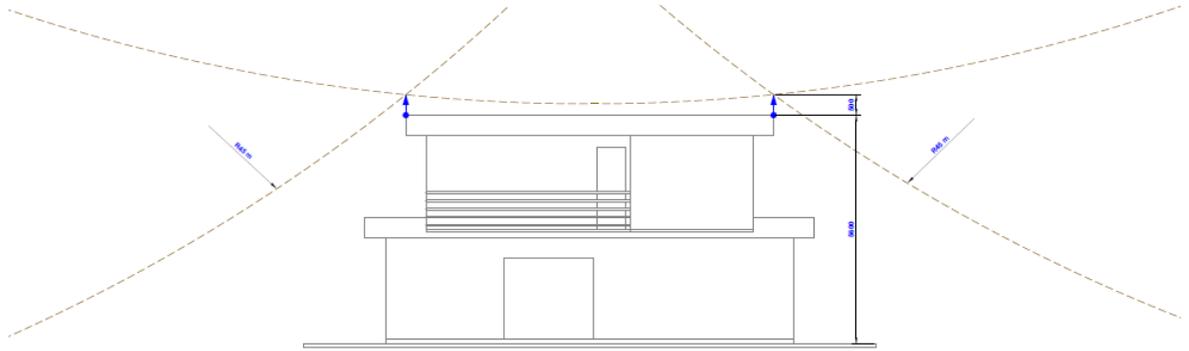
VISTA EN PLANTA
SISTEMA PUESTA A TIERRA GENERAL VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:40



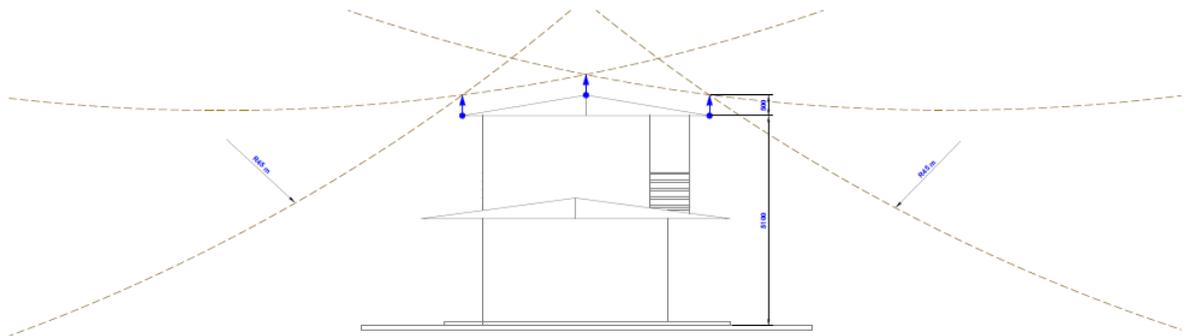
VISTA EN PLANTA
 SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:40



VISTA EN ISOMETRICO
 SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL VIVIENDA PREFABRICADA
 ESCALA: SIN

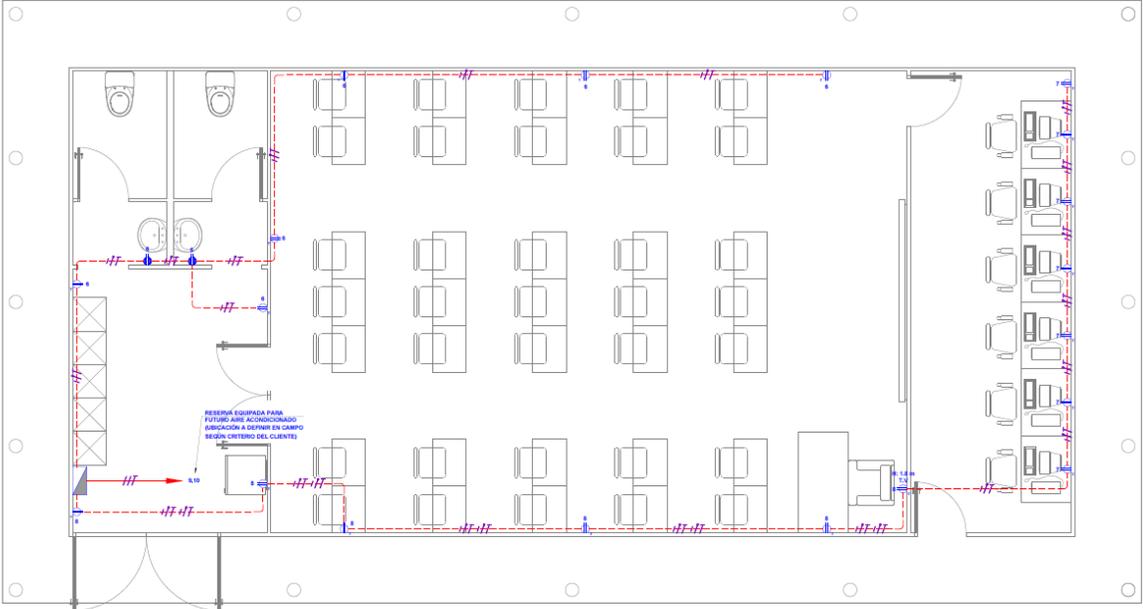


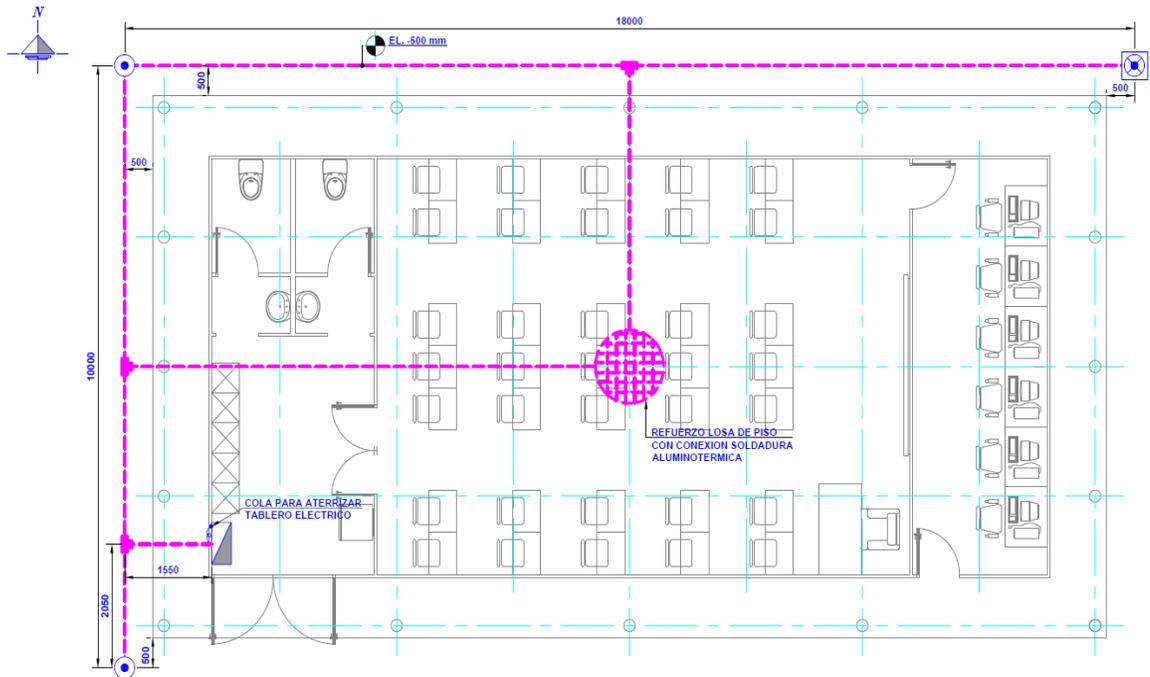
VISTA FRONTAL
SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL VIVIENDA PREFABRICADA
ESCALA: 1:50



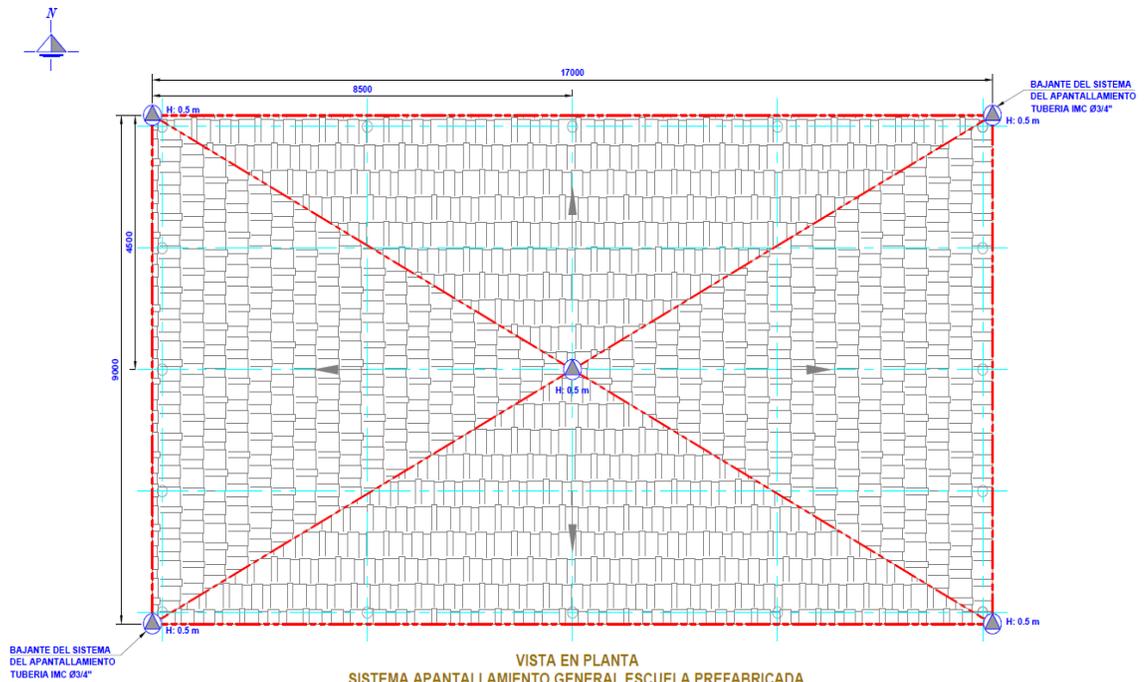
VISTA LATERAL
SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL VIVIENDA PREFABRICADA
ESCALA: 1:50

Anexo B Diseños de planos eléctricos, iluminación, mallas y apantallamiento de escuela.

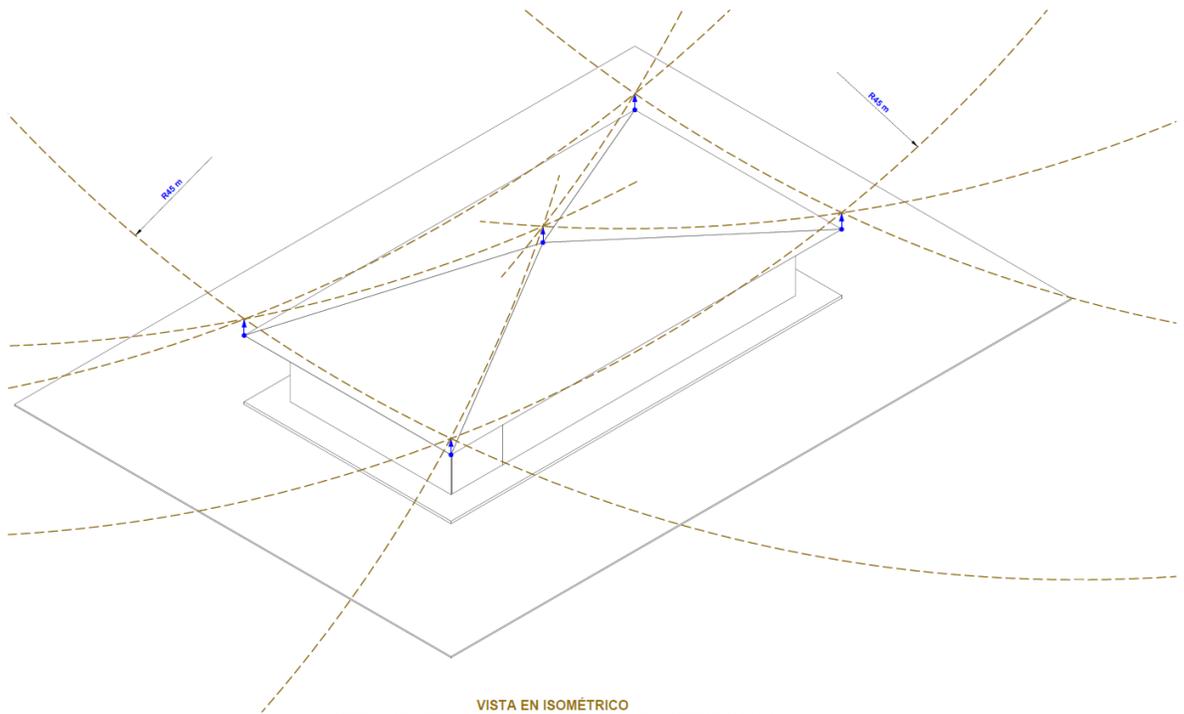




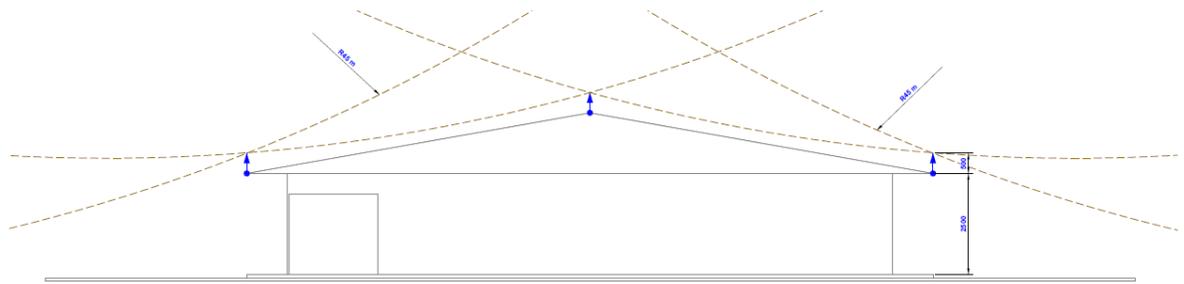
VISTA EN PLANTA
SISTEMA PUESTA A TIERRA GENERAL ESCUELA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:50



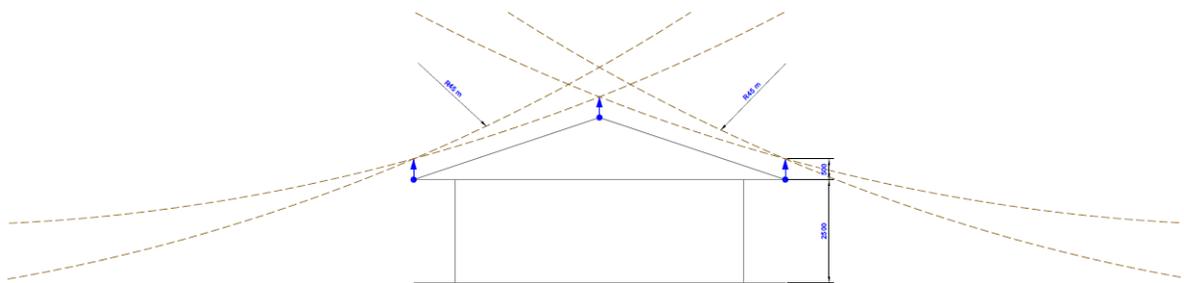
VISTA EN PLANTA
SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL ESCUELA PREFABRICADA
 ESCALA: 1:50



VISTA EN ISOMÉTRICO
 SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL ESCUELA PREFABRICADA
 ESCALA: 5/8



VISTA FRONTAL
 SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL ESCUELA PREFABRICADA
 ESCALA: 1/50



VISTA LATERAL
 SISTEMA APANTALLAMIENTO GENERAL ESCUELA PREFABRICADA
 ESCALA: 1/50

Anexo C Informe de iluminación vivienda prefabrica.



Modelo
Iluminacion Viviend:

Anexo D Informe de iluminación escuela prefabrica.



Modelo
Iluminacion Escuela