

**MEMORIA DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y
PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS
ADMINISTRATIVOS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.**

**MARCO ANDRÉS OCHOA GUERRA
CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T.H. y C.
2008**

**MEMORIA DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y
PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS
ADMINISTRATIVOS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.**

**MARCO ANDRÉS OCHOA GUERRA
CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

ENRIQUE VANEGAS CASADIEGO

Ingeniero Electricista, especialista en Automatización Industrial.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T.H. y C.
2008**

Cartagena, 12 Junio 2008

SEÑORES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ATN: COMITÉ EVALUACION DE PROYECTOS
La ciudad

Cordial saludos,

Me permito presentar ante ustedes para su estudio, consideración y aprobación, el trabajo titulado **“EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR Y PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS”** desarrollado por los estudiantes MARCO ANDRES OCHOA GUERRA y CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN, de cual participe como DIRECTOR.

ENRIQUE VANEGAS CASADIEGOS
INGENIERO ELECTRICISTA

Cartagena, 12 Junio 2008

SEÑORES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ATN: COMITÉ EVALUACION DE PROYECTOS
La ciudad

Cordial saludos,

Nos permitimos de la manera mas respetuosa presentar ante ustedes para su estudio, consideración y aprobación, el trabajo titulado **“EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR Y PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS”** dirigido por el Ingeniero Enrique Vanegas Casadiegos y desarrollado por nosotros, como requisito parcial para obtener el titulo de Ingeniero Electricista.

MARCO ANDRES OCHOA GUERRA
CC. 1047374460 de Cartagena

CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN
CC. 1128049466 de Cartagena

AUTORIZACION

Yo CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN, identificada con Cedula de Ciudadanía 1128049466 de la ciudad de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso del trabajo titulado **“EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR Y PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS”** y publicarlo en el catalogo ONLINE de la Biblioteca.

CARMEN TATIANA GAMARRA TUÑÓN
CC. 1128049466 de Cartagena

AUTORIZACION

Yo MARCO ANDRES OCHOA GUERRA, identificada con Cedula de Ciudadanía 1047374460 de la ciudad de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso del trabajo titulado **“EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR Y PROYECCIÓN DE CARGA DE AMPLIACIÓN DE BLOQUES Y EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS”** y publicarlo en el catalogo ONLINE de la Biblioteca.

MARCO ANDRES OCHOA GUERRA
CC. 1047374460

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA PRESIDENTE DE JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

Cartagena de Indias, 12 Junio 2008

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios, por permitirme culminar con éxito una de las metas mas importantes en mi vida y haberme dirigido con sus sabios consejos durante mi formación.

A mis Padres quienes con su gran apoyo y esfuerzo me brindaron las herramientas necesarias para llegar a la culminación exitosa de mi carrera profesional, sin su valiosa compañía no hubiese sido posible este gran sueño

A mis hermanas Dalys y Maribel, quienes siempre estuvieron dispuestas a ayudarme en cada uno de mis requerimientos. A todos los anteriores, GRACIAS por acompañarme en cada paso durante el camino de mi educación.

Carmen Tatiana Gamarra Tuñon.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme finalizar con éxito esta etapa de mi vida académica, a mis padres por su constante acompañamiento y sus sabios consejos en todas las etapas de mi carrera, a mi hermano Gabriel porque siempre conté con su voz de ánimo y ayuda en los momentos en que más lo requería, a todos mis amigos y compañeros con los cuales, sin duda alguna, este logro jamás hubiera sido posible. A todos gracias de corazón por acompañarme en esta etapa de mi vida.

Marco Andrés Ochoa Guerra

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVOS	8
1.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. ALCANCE	10
4. METODOLOGÍA	11
5. MARCO REFERENCIAL	14
6. CÁLCULOS DE DISEÑO	16
6.1. AULAS QUINTO PISO BLOQUE 2	16
6.1.1. Iluminación	16
6.1.1.1. Iluminación SALON A2-501 (Quinto piso del bloque de aulas 2)	21
6.1.1.2. Iluminación SALON A2-502 (Quinto piso del bloque de aulas 2)	23
6.1.1.3. Iluminación SALON A2-504 (Quinto piso del bloque de aulas 2)	26
6.1.2. Instalación eléctrica	31
6.1.2.1. Carga de Alumbrado General, Tomacorrientes de uso General y Aires Acondicionados	30

	pág.
6.1.2.2. Cantidad de Tomacorrientes	34
6.1.2.3. Cálculo de circuitos ramales y alimentador	35
6.1.2.4. Regulación de tensión	40
6.1.2.5. Selección del conductor de puesta a tierra para equipos	45
6.1.2.6. Selección de la tubería	46
6.1.3. Presupuesto aproximado de materiales	47
6.2. OFICINAS SALA DE PROFESORES	49
6.2.1. Iluminación	50
6.2.1.1. Iluminación OFICINA I1	50
6.2.1.2. Iluminación OFICINA I6	53
6.2.1.3. Iluminación RECEPCION Ing. INDUSTRIAL IR	56
6.2.1.4. Iluminación OFICINA SALA DE REUNIONES	59
6.2.2. Instalación eléctrica	64
6.2.2.1. Especificaciones generales	64
6.2.2.2. Cálculo de la carga	64
6.2.2.3. Numero de circuitos ramales	65
6.2.2.4. Calibre de los circuitos ramales y alimentador	67
6.2.2.5. Conductor del neutro	68
6.2.2.6. Conductor de puesta a tierra	69
6.2.2.7. Ajustes de los calibres de los conductores por regulación de tensión	70
6.2.2.8. Selección de la protección contra sobrecorriente	71

	pág.
6.2.2.9. Número estimado de salidas de alumbrado y tomacorrientes	73
6.2.2.10. Selección de la canalización	73
6.2.3. Presupuesto aproximado de materiales	75
6.3. CÁLCULO DE LOS TRANSFORMADORES	76
7. CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS	80

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades	18
Tabla 2. Factor de reflexión	19
Tabla 3. Factor de utilización	21
Tabla 4. Potencia absorbida por la iluminación del 5º Piso A2	30
Tabla 5. Cargas para las aulas de la A2-501, A2-502 y A2-504	32
Tabla 6. Cargas para las aulas de la A2-503 y A2-505	33
Tabla 7. Cargas para las aulas de la A2-506 y A2-507	33
Tabla 8. Número de tomacorrientes	35
Tabla 9. Corriente de circuitos ramales A2-501, A2-502 y A2-504	36
Tabla 10. Corriente de circuitos ramales A2-503 y A2-505	36
Tabla 11. Corriente de circuitos ramales A2-506 y A2-507	36
Tabla 12. Corrientes de los alimentadores	38
Tabla 13. Conductor y protección de los circuitos A2-501, A2-502 y A2-504	39

	pág.
Tabla 14. Conductor y protección de los circuitos A2-503 y A2-505	39
Tabla 15. Conductor y protección de los circuitos A2-507 y A2-508	40
Tabla 16. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504	42
Tabla 17. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-503 y A2-505	42
Tabla 18. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-506 y A2-507	43
Tabla 19. Cálculo de regulación de tensión para circuitos alimentadores	43
Tabla 20. Regulación de tensión para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504	44
Tabla 21. Regulación de tensión para circuitos A2-503 y A2-505	44
Tabla 22. Regulación de tensión para circuitos A2-506 y A2-507	44

	pág.
Tabla 23. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504	45
Tabla 24. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-503 y A2-505	45
Tabla 25. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-506 y A2-507	46
Tabla 26. Diámetro de la tubería a la salida de los tableros de distribución	47
Tabla 27. Listado y presupuesto de materiales de la instalación eléctrica del quinto piso del bloque 2	48
Tabla 28. Dimensiones de las oficinas de Sala de Profesores	49
Tabla 29. Potencia total absorbida por la iluminación de cada oficina	63
Tabla 30. Número de circuitos ramales por capacidad nominal	67
Tabla 31. Calibre de conductores sin ajustar por circuito ramal	68
Tabla 32. Conductor de puesta a tierra	69
Tabla 33. Regulación de tensión sin ajustar	70
Tabla 34. Calibre de conductores ajustados por circuito ramal	70

	pág.
Tabla 35. Regulación de tensión ajustada	71
Tabla 36. Regulación de tensión del alimentador	71
Tabla 37. Regulación de tensión del alimentador mas circuito ramal	71
Tabla 38. Protección de sobrecorriente de cada circuito	72
Tabla 39. Número de breakers del tablero 1	72
Tabla 40. Número de breakers del tablero	72
Tabla 41. Número total de salidas	73
Tabla 42. Número total de canalizaciones por tablero	73
Tabla 43. Diámetro de las canalizaciones por tablero	74
Tabla 44. Listado y presupuesto de materiales de la instalación eléctrica de las oficinas de la nueva salas de profesores	75
Tabla 45. Cuadro de cargas Tablero de Ramales Fase-Neutro de Aulas Bloque 2 Quinto Piso	85
Tabla 46. Cuadro de cargas Tablero de Ramales Fase-Neutro de Aulas Bloque 2 Quinto Piso	86
Tabla 47. Cuadro de cargas Tablero 1 de Nueva Sala de Profesores	87

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Vista en planta quinto piso Bloque de aulas 2	17
Figura 2. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-501	22
Figura 3. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-502	26
Figura 4. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-504	29
Figura 5. Distribución de cargas	32
Figura 6. Corrientes circulantes	37
Figura 7. Plano de planta de las oficinas de Sala de Profesores	49
Figura 8. Ubicación de luminarias en el área de la oficina I1	53
Figura 9. Ubicación de luminarias en el área de la oficina I6	56
Figura 10. Ubicación de luminarias en el área de la recepción de ingeniería industrial.	59
Figura 11. Ubicación de luminarias en el área de la sala de reuniones	62
Figura 12. Diagrama Unifilar Aulas 5 piso Bloque 2	80
Figura 13. Diagrama Unifilar Oficinas Sala de Profesores	81

Figura 14. Carga del tablero alimentador del Bloque 2	pág. 82
Figura 15. Carga del tablero alimentador del edificio de sala de profesores	83
Figura 16. Diagrama de conexión del tablero de ramales de fase-neutro de las aulas del quinto piso del bloque 2	90
Figura 17. Diagrama de conexión del tablero de ramales de fase-fase de las aulas del quinto piso del bloque 2	91
Figura 18. Diagrama de conexión del tablero 1 de las oficinas de la nueva sala de profesores	92
Figura 19. Diagrama de conexión del tablero 2 de las oficinas de la nueva sala de profesores	93

LISTA ANEXOS

	pág.
ANEXO A. DIAGRAMA UNIFILAR AULAS 5 PISO BLOQUE 2	80
ANEXO B. DIAGRAMA UNIFILAR OFICINAS SALA DE PROFESORES	81
ANEXO C. PLANO QUINTO PISO BLOQUE DE AULAS 2	
ANEXO D. PLANO SALA DE PROFESORES	
ANEXO E. CARGA DEL TABLERO ALIMENTADOR DEL BLOQUE 2	82
ANEXO F. CARGA DEL TABLERO ALIMENTADOR DEL EDIFICIO DE SALA DE PROFESORES	83
ANEXO G. CUADROS DE CARGA DE CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	84
ANEXO H. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	89

INTRODUCCIÓN

La entrada en vigencia del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas trajo importantes cambios en cuanto a los diseños de las instalaciones eléctricas en los diferentes niveles de voltaje, principalmente para baja y media tensión. Dichos cambios obligaron a muchos técnicos e ingenieros, expertos en instalaciones eléctricas, a redefinir sus criterios a la hora de diseñar una instalación eléctrica ya sea para uso doméstico, comercial o industrial.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) establece medidas que garantizan la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico¹, es por esto que las instalaciones eléctricas deberán acogerse a este reglamento a partir de su entrada en vigencia, excepto algunos casos especiales señalados por el reglamento. Según lo contemplado en el Artículo 2 del Capítulo 1° del RETIE, toda instalación eléctrica a la cual se le realice ampliación o remodelación, deberá cumplir con lo establecido en este documento, el cual sería el caso que se está presentando actualmente en la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Por lo anterior es necesario tener en cuenta, en el diseño de las nuevas instalaciones, lo señalado en el RETIE para este tipo de construcciones. De igual manera se debe contemplar la remodelación de la instalación eléctrica ya existente, realizando un estudio de cargabilidad para la ampliación y construcción de los nuevos edificios.

En años anteriores, en la Universidad Tecnológica de Bolívar, se han construido nuevas edificaciones como el gimnasio, la biblioteca, el museo interactivo MUSICCA y la cafetería principal, además se han removido otros edificios como

¹ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Capítulo I, Artículo 1°.

por ejemplo los antiguos talleres que se encontraban ubicados donde ahora esta la cafetería Alcatraz. Estos cambios en la carga han generado problemas en la instalación eléctrica actual, por lo que es necesario realizar un rediseño y una actualización de esta.

La intención de este trabajo es realizar una memoria de diseño para las nuevas instalaciones eléctricas realizadas en la Universidad Tecnológica de Bolívar, incluyendo las subestaciones eléctricas actualmente existentes, basándose en el RETIE y demás normas de instalaciones eléctricas nacionales e internacionales como la NTC2050 y el NEC. Además se evaluará la cargabilidad actual del sistema eléctrico de la universidad y se estimará la carga total instalada luego de las ampliaciones proyectadas.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una memoria de diseño para la instalación eléctrica que será instalada en la ampliación de planta física que se llevará a cabo en los bloques de aulas y edificios administrativos con el fin de mejorar la seguridad y eficiencia de las instalaciones eléctricas de la Universidad teniendo así una guía para futuras ampliaciones.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un procedimiento para el desarrollo de un documento de memorias de cálculo para las nuevas instalaciones eléctricas en la Universidad Tecnológica de Bolívar, basado en los criterios que presenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas para este tipo de instalaciones.
- Realizar el diagrama unifilar de las nuevas instalaciones eléctricas y dimensionar el transformador de alimentación de la nueva carga total.
- Dimensionar, por medio de un diseño previo, los materiales y elementos necesarios requeridos para el montaje de la instalación.
- Realizar una valoración económica de los materiales y elementos usados en el diseño previo de la instalación con el fin de tener mejores prestaciones tanto económicas como funcionales.

2. JUSTIFICACIÓN

La mayoría de los proyectos de instalaciones eléctricas ya existentes poseen diversas falencias las cuales pueden poner en riesgo las personas que se encuentren expuestas a dichas instalaciones, esto es debido a que anteriormente no existía un reglamento técnico que obligara a todos los diseñadores e instaladores a realizar las instalaciones eléctricas de una manera unificada y bajo los mismos criterios. A pesar de la existencia de la Norma Técnica Colombiana 2050 del ICONTEC, esta no obligaba a realizar las instalaciones eléctricas como se plantean en la Norma, dando cabida a que se realizaran los diseños bajo criterios distintos a lo explícito en la NTC 2050.

La Universidad Tecnológica de Bolívar posee instalaciones eléctricas diseñadas hace muchos años atrás, por lo que estas no poseen los criterios de diseño para instalaciones eléctricas actualmente exigidos por el RETIE.

Aunque el RETIE no es retroactivo (no se obliga a que las instalaciones eléctricas ya existentes cumplan con RETIE), las ampliaciones o remodelaciones deberán asumir lo que demanda el Reglamento, es por esto que es importante que las instalaciones eléctricas de la institución se diseñen aplicando lo establecido en el RETIE y demás normas sobre instalaciones eléctricas, ya sean nacionales o internacionales, para así aplicarlos en las ampliaciones de infraestructura que actualmente se están realizando y en aquellas que se tienen pensado realizar a un corto y mediano plazo.

Además, también es importante dimensionar el crecimiento de demanda que la ampliación física produce evitando así posibles problemas técnicos en la instalación, como lo es la regulación de tensión o las sobrecargas, y el acortamiento de la vida útil de los elementos físicos propios de ésta.

3. **ALCANCE**

Este trabajo se realizará con el fin de desarrollar una memoria de diseño de las nuevas instalaciones eléctricas de la Universidad Tecnológica de Bolívar, además del dimensionamiento de la carga presente en el plantel, información que será utilizada como base para el proyecto de ampliación de los bloques de aulas y los edificios administrativos.

No es alcance de este trabajo el diseño de las redes de comunicaciones ni de los sistemas de seguridad que se van a instalar en los nuevos bloques y aulas. Para las subestaciones eléctricas existentes, se calculará, la capacidad y el tipo de los transformadores, equipos de desconexión, protección y medida necesarios para soportar la nueva carga resultante total del diseño realizado.

4. METODOLOGÍA

Con base en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Código Eléctrico Colombiano (Norma NTC2050) se desarrolla el diseño de las instalaciones eléctricas de las nuevas aulas, oficinas y laboratorios.

Teniendo en cuenta lo planteado en el capítulo II del RETIE, en donde se especifican los Requisitos Técnicos Esenciales, haciendo énfasis principalmente en los artículos 16 y 17 en donde se tratan los requisitos para el diseño de iluminación y requisitos de productos respectivamente, se diseñarán las instalaciones eléctricas y se realizará una lista de materiales necesarios a utilizar en la instalación.

El diseño de la iluminación de las aulas del quinto piso del bloque 2 será hecho utilizando el método de los lúmenes el cual tiene como principal objetivo calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es principalmente utilizado en el diseño de la iluminación para interiores en las cuales no se requiere una alta precisión en los valores del flujo e intensidad luminosa, tal como ocurre en la mayoría de los casos.

Teniendo en cuenta el método escogido para este trabajo, se aplicara el procedimiento descrito a continuación para la realización del cálculo de la potencia total absorbida por el conjunto de luminarias necesarias para la garantía de un buen nivel de luminosidad en el local caso de estudio, por tanto el desarrollo se aplica como sigue:

1. Se deben tener en cuenta las dimensiones del local al cual se quiere realizar la iluminación. Precisar ancho, largo y altura, así como los colores tanto del techo como de las paredes.
2. Nivel de iluminación que se requiere en el sitio (**E**) expresado en su unidad *lux*.

3. Superficie del local en m^2 .
4. Constante K , la cual es el índice del local.
5. Coeficiente de reflexión tanto del techo como de las paredes.
6. Tipo de lámparas utilizadas, tener en cuenta la potencia así como el rendimiento cromático de estas.
7. Tipo de luminaria.
8. Factor de utilización (u).
9. Tipo de mantenimiento (m).
10. Calculo del flujo total (ϕ), en lumen.
11. Calculo del número de lámparas necesarias de acuerdo al flujo emitido por cada fuente luminosa (n).
12. Finalmente se realiza el cálculo de la potencia total consumida por la instalación diseñada.

El nivel de luminosidad se establece según lo especificado por el RETIE para el diseño de la iluminación, esto va a garantizar un nivel óptimo de luz para determinadas áreas, permitiendo así elegir de manera adecuada el tipo de lámpara y la distribución de luminarias necesarias.

El diseño de la instalación eléctrica de las aulas y las oficina se diseñó según lo especificado por la Norma Técnica Colombiana NTC2050, la cual se hace de obligatorio cumplimiento en sus primeros siete capítulos según lo planteado por el RETIE, por lo que es necesario que los diseños se hagan con base en esta norma. Se realizan los cálculos de potencia requerida para cada circuito ramal y para cada alimentador con el fin de calcular la corriente consumida y los calibres de los conductores, así como también las protecciones a utilizar.

Se elige el tipo de canalización que se utilizará para llevar los conductores desde el breaker totalizador hasta el tablero de alimentación y desde este último hasta cada una de las salidas de los circuitos ramales

Dentro de la instalación existen cargas conectadas entre fase y neutro y otras conectadas entre fases. El cálculo de las corrientes, conductores, protecciones y canalizaciones fue realizado de manera independiente con el fin de tener circuitos ramales independientes para cada nivel de tensión.

Entre los ítems que se incluirán en este trabajo están: el cálculo de alimentadores, circuitos ramales, potencia total instalada, capacidad de corriente, protecciones a utilizar, calibre de conductores y demás datos y componentes relevantes a una instalación eléctrica de este tipo.

El compilado final de este documento será un conjuntó que contendrá memorias de diseño, tanto de instalación como de iluminación; dimensionamiento de carga por circuito ramal y por alimentador, listado de equipos a utilizar con sus respectivas especificaciones técnicas y tabla de precios, siguiendo lo planteado en el Reglamento y en la Norma en las instalaciones que se van a diseñar.

5. MARCO REFERENCIAL

La dependencia y el aumento progresivo del consumo de la electricidad en la vida actual, obligan a establecer unas exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las personas, teniendo como criterio base el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas, la fiabilidad y calidad de los productos, la compatibilidad de los equipos y su adecuada utilización y mantenimiento. Por lo anterior y con base en diversos antecedentes se desarrolló el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, con la iniciativa del Ministerio de Minas y Energía y con el apoyo de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, el cual entró a en vigencia en Colombia el 1 de mayo de 2005, cuyo objetivo legítimo es establecer las medidas que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal, y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Entre los antecedentes que dieron pie a la creación del RETIE se encuentran los siguientes:

Internacionales

- Globalización de mercados
- Integración económica de países
- Acuerdo sobre O.T.C. de OMC
- Fusión Técnico – Legal
- Compras con base en la calidad
- Gran desarrollo tecnológico
- Países subdesarrollados frente a los desarrollados
- Procesos de normalización

Nacionales

- Régimen de derecho privado y cambio de propiedad de empresas del sector eléctrico
- Eliminación de obligatoriedad de normas técnicas
- Deterioro de la seguridad en las instalaciones y trabajos relacionados
- Aumento de accidentes
- Alto costo para el país

6. CÁLCULOS DE DISEÑO

6.1. AULAS QUINTO PISO BLOQUE 2

6.1.1. ILUMINACIÓN

En cualquier local, una buena iluminación, es un factor determinante para garantizar la seguridad, productividad y rendimiento en el trabajo a realizar en el sitio, además de ser una buena ayuda en la mejora del confort visual y además participa en hacer más agradable y acogedora la vida en el recinto. Al considerar que los seres humanos permanecemos alrededor de una quinta parte de nuestra vida bajo el alumbrado artificial, se debe comprender el interés que hay en establecer los requisitos mínimos para realizar los proyectos de iluminación.

Diseño

Según el Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE) un diseño de iluminación debe comprender las siguientes condiciones esenciales:

- Suministrar la cantidad de luz suficiente para el buen desarrollo de la aplicación en el local.
- Eliminar todas las causas de deslumbramiento.
- Prever el tipo y cantidad de luminarias apropiadas para cada caso particular teniendo en cuenta su eficiencia.
- Utilizar fuentes luminosas que aseguren una satisfactoria distribución de los colores.

Instalación

El RETIE recomienda que al momento de la instalación se tengan en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debe existir suministro ininterrumpido de iluminación en sitios y áreas donde la falta de ésta pueda originar riesgos para la vida de las personas, como en áreas críticas y en los medios de egreso para evacuación.
- No se permite la utilización de lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia
- Los alumbrados de emergencia equipados con grupos de baterías, deben permanecer en funcionamiento un mínimo de 60 minutos después que se interrumpa el servicio eléctrico normal.
- Los residuos de las lámparas deben ser manejados cumpliendo la regulación sobre manejo de desechos, debido a las sustancias tóxicas que puedan poseer.
- En lugares accesibles a personas donde se operen maquinas rotativas, la iluminación instalada debe diseñarse para evitar el efecto estroboscópico.

En esta sección se realizará el diseño de una iluminación, así como el cálculo de la potencia absorbida por la misma, teniendo en cuenta los criterios antes mencionados.

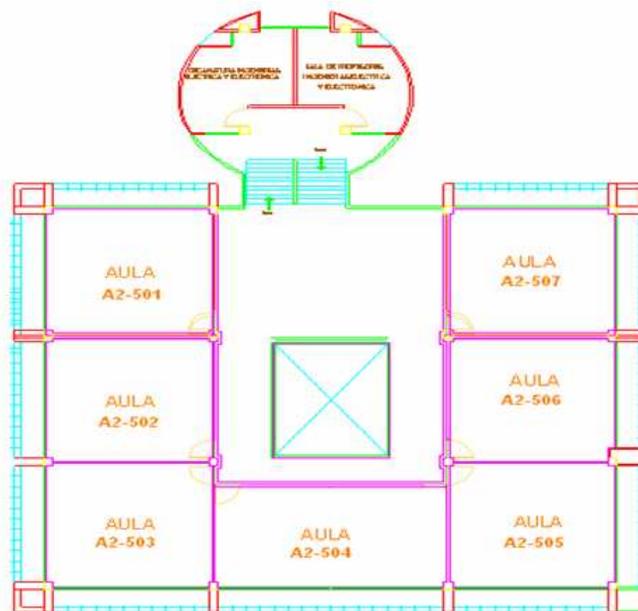


Figura 1. Vista en planta quinto piso Bloque de aulas 2

6.1.1.1. Iluminación SALON A2-501 (Quinto piso del bloque de aulas 2).

1. Definición de las características físicas del local.

Dimensiones: 7.05m X 7.05 m

Altura del techo: 3.5 m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco), mientras que el piso es de color intermedio.

2. Los valores de luminosidad recomendados por el RETIE de acuerdo a la aplicación que se le pueda dar a un local se muestran en la siguiente tabla:

TIPO DE TRABAJO		NIVEL DE LUMINOSIDAD 'E' (luxes)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Áreas generales	Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Oficinas	Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750
Colegios	Iluminación general en salones de clases	300	500	750

Tabla 1. Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades².

La tabla anterior es un segmento de la tabla 25 del RETIE (versión 2 de abril 2007), y teniendo en cuenta lo consignado en esta, para la aplicación de estudio, podemos tomar como referencia un nivel de luminosidad de 300 luxes como mínimo. Para esta aplicación:

$$E = 300 \text{ luxes}$$

Con este valor estamos dentro de los niveles de iluminancia permisibles para un salón de clases.

² Datos tomados de la Tabla 25 del RETIE.

3. Cálculo de la superficie del local:

$$A = l \times a = 7.05 \times 7.05 = 49.7m^2$$

4. Para el cálculo del índice del local, se debe tener en cuenta la distancia a la cual se ubican las luminarias del techo, así como la altura del plano de trabajo; la diferencia entre estos dos valores se denomina con la letra ***h***. Para esta aplicación la distancia entre el techo y la luminaria es de 0m, es decir las luminarias están a la altura del techo, mientras que la altura del plano de trabajo es de aproximadamente 0.8m. Por lo tanto tenemos que:

$$h = 3.5 - (0.8 + 0) = 2.7m$$

Con este valor se procede a realizar el cálculo del índice del local, el cual toma en consideración tanto el ancho del local así como la profundidad de este, se expresa en metro y para sistemas de iluminación directa, mixta y semi-indirecta se calcula como sigue a continuación:

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{49.7}{2.7 * (7.05 + 7.05)} = \frac{49.7}{2.7 * (14.1)} = \frac{49.7}{38.07} = 1.31$$

$$\Rightarrow k = 1.31$$

5. Coeficiente de reflexión del techo y las paredes.

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 2. Factor de reflexión

De acuerdo a lo consignado en la tabla 2 y teniendo ya las características de los colores de las paredes y techo del local, los factores de reflexión (ρ) correspondientes son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2800 Lúmenes a 120 voltios. Las lámparas fluorescentes ofrecen ciertas ventajas en comparación con las incandescentes, entre otras, el que tenga buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mayor) y por lo tanto de bajo costo de mantenimiento, además presentan una baja luminancia por lo que reducen notoriamente los niveles de deslumbramiento, también tienen un buen rendimiento cromático, no tienen ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento y tienen una elevada duración de vida media (alrededor de 6000 a 9000).

7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.

8. Factor de utilización (**u**). El factor de utilización medio se selecciona teniendo en cuenta cual es el índice del local, así como los índices de reflexión tanto del techo como de las paredes y el piso. Según la tabla 3, el factor de utilización para esta aplicación es de 0.53, esto teniendo en cuenta que el coeficiente del local es de 1.31, la iluminación es directa, las luminarias se pueden considerar como reflectores de haz amplio y el índice de reflexión tanto del techo como de las paredes es de 50%.

TIPO DE ILUMINACION	LUMINARIAS	INDICE DEL LOCAL	TECHO							
			75%			50%		30%		
			PAREDES							
			50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
INDIRECTA	DIFUSORES	0,5÷0,7	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
		0,7÷0,9	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
		0,9÷1,1	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
		1,1÷1,4	0,4	0,36	0,34	0,34	0,31	0,3	0,28	0,26
		1,4÷1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,3	0,28
		1,75÷2,25	0,46	0,43	0,4	0,41	0,38	0,35	0,32	0,3
		2,25÷2,75	0,5	0,46	0,43	0,44	0,4	0,39	0,34	0,33
		2,75÷3,5	0,52	0,48	0,45	0,45	0,44	0,41	0,37	0,36
		3,5÷4,5	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,4	0,38
		4,5÷6,5	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41
DIRECTA	REFLECTORES DE HAZ AMPLIO	0,5÷0,7	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
		0,7÷0,9	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38
		0,9÷1,1	0,5	0,46	0,43	0,5	0,46	0,43	0,46	0,43
		1,1÷1,4	0,54	0,5	0,48	0,53	0,5	0,47	0,49	0,47
		1,4÷1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,5	0,52	0,5
		1,75÷2,25	0,62	0,59	0,56	0,6	0,58	0,56	0,58	0,56
		2,25÷2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61
		2,75÷3,5	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62
		3,5÷4,5	0,72	0,7	0,67	0,7	0,68	0,66	0,67	0,66
		4,5÷6,5	0,74	0,71	0,69	0,72	0,7	0,68	0,69	0,67

Tabla 3. Factor de utilización

$$u = 0.53$$

9. Tipo de mantenimiento (**m**). El factor de utilización tiene en cuenta la depreciación de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas. Este varía de acuerdo con las condiciones del ambiente en el cual se realiza la iluminación y de la forma como se efectúa el mantenimiento. Para el tipo de luminaria y lámpara seleccionado. Para esta aplicación se requiere un tipo de mantenimiento bueno, y considerando el tipo de luminaria seleccionado el tipo de mantenimiento previsto es de 0.75.

$$m = 0.75$$

10. Cálculo del flujo total (ϕ). La fórmula básica para el cálculo del flujo luminoso total necesario para la iluminación del local, teniendo en cuenta todos los factores antes descritos, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{300 * 49.7}{0.53 * 0.75} = \frac{12425}{0.3975} = 37509.47 \text{ lumen}$$

$$\phi = 37509 \text{ lumen}$$

11. Cálculo del número de lámparas utilizadas. La fórmula para la obtención del número de lámparas requeridas para la iluminación diseñada es la siguiente:

$$n = \frac{\phi}{\phi_L} \quad \Rightarrow \text{Siendo } \phi_L = \text{Flujo luminoso emitido por cada lámpara}$$

Para el caso de estudio el flujo luminoso emitido por cada lámpara es de 2800 lumen. Por tanto se tiene que:

$$n = \frac{37509}{2800} = 13.39 \approx 14$$

$$n = 14 \text{ Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 7$$

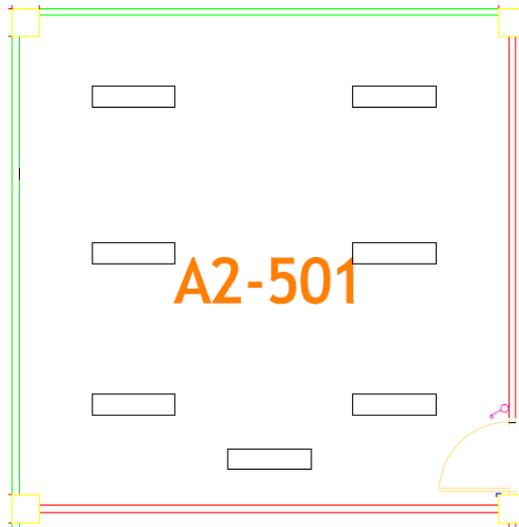


Figura 2. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-501

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lampara}$$

$$P = 14 * 40 = 560$$

$$P = 560 \text{ w}$$

NOTA: Para el cálculo de la potencia absorbida por la iluminación de cada uno de los salones faltantes del quinto piso del bloque de aulas 2, el procedimiento es igual al desarrollado anteriormente, por lo tanto se omitirán muchos comentarios, solo se modificarán las dimensiones del local teniendo en cuenta además que las luminarias utilizadas son las mismas.

6.1.1.2. Iluminación SALON A2-502 (Quinto piso del bloque de aulas 2).

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 6.9m X 7.05 m

Altura del techo: 3.5m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco), mientras que el piso es de color intermedio.

2. Nivel de iluminación. Teniendo en cuenta la tabla 1, el nivel de luminosidad es de 300 luxes.

$$\mathbf{E = 300 \text{ luxes}}$$

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 6.9 \times 7.05 = 48.645m^2$$

$$\mathbf{A = 48.645m^2}$$

4. Índice del local.

$$h = 2.7$$

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{48.645}{2.7 * (6.9 + 7.05)} = \frac{48.645}{2.7 * (13.95)} = \frac{48.645}{37.665} = 1.29$$

$$\mathbf{K = 1.29}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y lo consignado en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 30\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2800 Lumes a 120 voltios.

7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.

8. Factor de utilización. Según lo consignado en la tabla 3 es el siguiente:

$$u = 0.53$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ).

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{300 * 48.645}{0.53 * 0.75} = \frac{12161.25}{0.3975} = 36713.21 \text{ lumen}$$

$$\phi = 36713 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$
$$n = \frac{36713}{2800} = 13.1 \approx 14$$

$n = 14$ Lámparas
de luminarias = 7

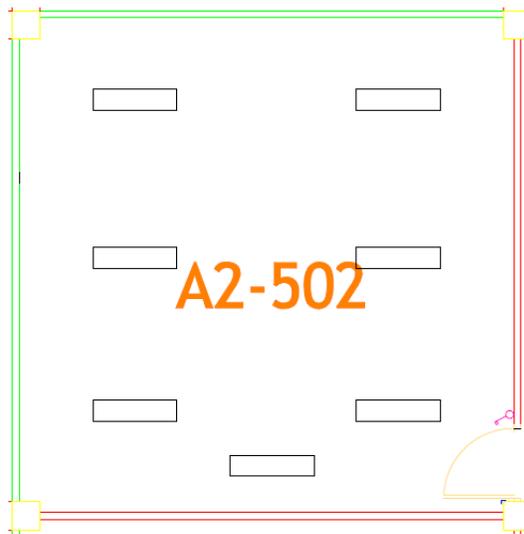


Figura 3. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-502

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lampara}$$

$$P = 14 * 40 = 560$$

$$P = 560 \text{ w}$$

6.1.1.3. Iluminación SALON A2-504 (Quinto piso del bloque de aulas 2).

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 10m X 5.7 m

Altura del techo: 3.5m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco), mientras que el piso es de color intermedio.

2. Nivel de iluminación. Teniendo en cuenta la tabla 1, el nivel de luminosidad es de 300 luxes.

$$\mathbf{E = 300 \text{ luxes}}$$

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 5.7 \times 10 = 57m^2$$

$$\mathbf{A = 57m^2}$$

4. Índice del local.

$$h = 2.7$$

$$k = \frac{A}{h \cdot (a+b)} = \frac{27.93}{2.7 \cdot (5.7+10)} = \frac{27.93}{2.7 \cdot (15.7)} = \frac{27.93}{42.39} = 0.66$$

$$\mathbf{K = 0.66}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y lo consignado en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2800 Lúmenes a 120 voltios.
7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.
8. Factor de utilización. Teniendo en cuenta lo consignado en la tabla 3 y las características del caso de estudio es de:

$$u = 0.46$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ).

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{300 * 57}{0.46 * 0.75} = \frac{17100}{0.345} = 49565.22 \text{ lumen}$$

$$\phi = 49565 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$
$$n = \frac{49565}{2800} = 17.7 \approx 18$$

$$n = 18 \text{ Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 9$$

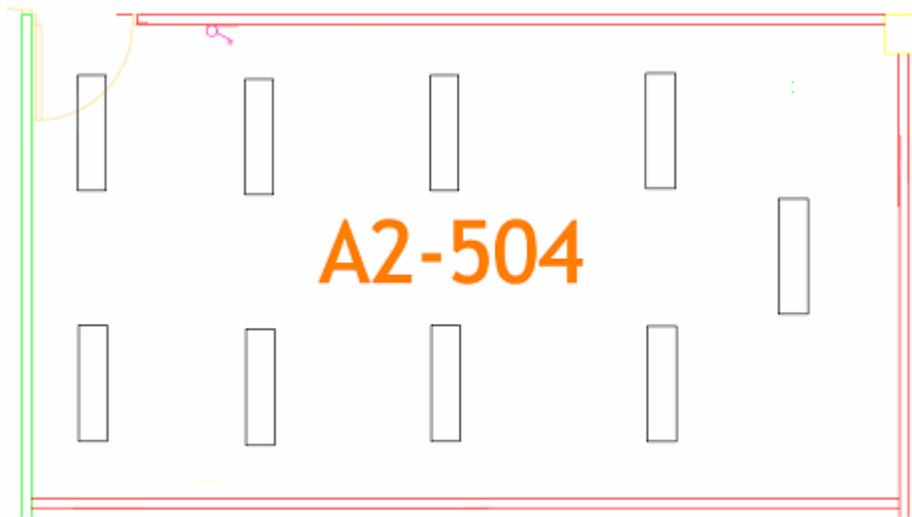


Figura 4. Ubicación de luminarias en el área del salón A2-504

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lámpara}$$

$$P = 18 * 40 = 720$$

$$P = 720 \text{ w}$$

Teniendo en cuenta que las dimensiones del Salón A2-501 son iguales a las de los salones A2-503, A2-505 y A2-507, y las dimensiones del A2-502 son iguales a la del Salón A2-506, podemos omitir los procedimientos y limitarnos a consignar en la siguiente tabla la información correspondiente a los salones faltantes teniendo en cuenta los cálculos anteriormente desarrollados. De tal forma tenemos que:

SALON	CANTIDAD DE LUMINARIAS	CANTIDAD DE LAMPARAS	POTENCIA ABSORBIDA (W)
A2-501	7	14	560
A2-502	7	14	560
A2-503	7	14	560
A2-504	9	18	720
A2-505	7	14	560
A2-506	7	14	560
A2-507	7	14	560
TOTAL	50	100	4080

Tabla 4. Potencia absorbida por la iluminación del 5° Piso A2

6.1.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

6.1.2.1. Carga de Alumbrado General, Tomacorrientes de uso General y Aires Acondicionados

Con base en el plano de realizado para el diseño de las nuevos salones ubicados en el quinto piso del Bloque de Aulas 2, se hizo el estimado de la potencia total requerida para el alumbrado general.

Se debe utilizar la tabla 220-3.b), la cual indica la carga unitaria en VA/m² para distintos tipos de ocupación. En la tabla no se especifica la carga unitaria para universidades por lo que se tomó la carga unitaria para colegios la cual es igual 32 VA/m².

El área se calculó según los planos de planta calculando así la carga de alumbrado general, de ventiladores y de aire acondicionado para cada salón de clases. Los ventiladores son convencionales de techo con una potencia de 150 W y los aires acondicionados son de 2 HP. La tensión de trabajo de los aires acondicionados es de 208V. El factor de potencia asumido fue de 0,8.

Se distribuyeron las cargas en las tres fases lo más equitativamente posible con el fin de no sobrecargar ninguna de las fases de manera excesiva, las cuales se les denominará, de aquí en adelante, como cargas entre fase y neutro. Además se colocaron los aires acondicionados en un circuito ramal independiente para cada salón, los cuales se les denominará, de aquí en adelante, como cargas entre fases.

La distribución se hizo de la siguiente manera:

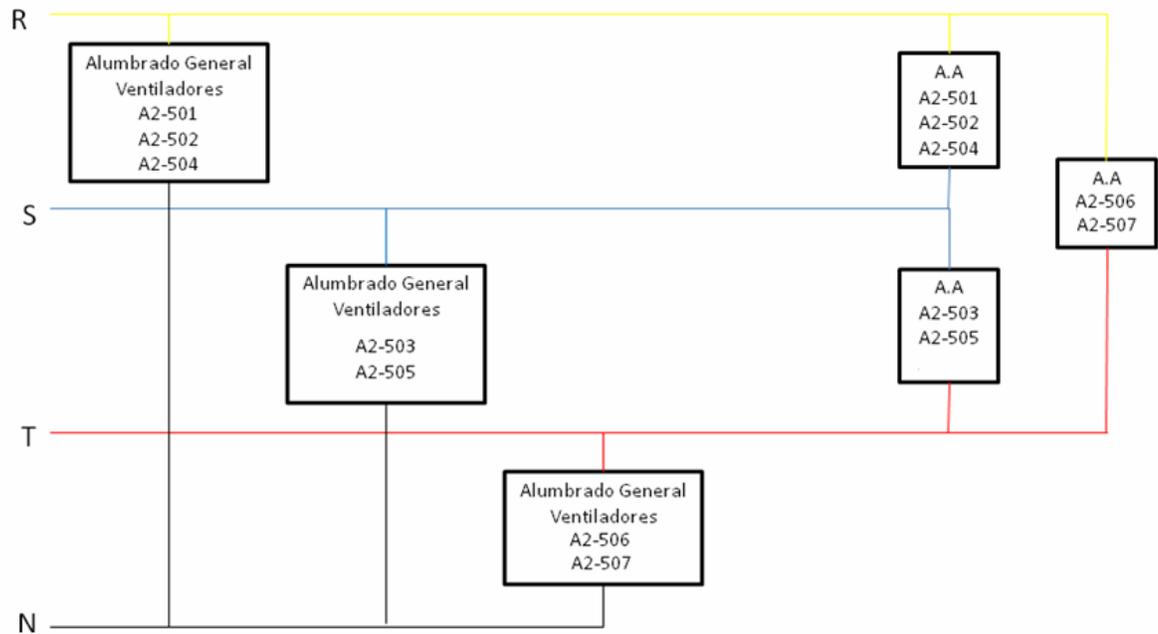


Figura 5. Distribución de cargas

Los cálculos de carga para cada salón fueron los siguientes:

Cargas entre fase y neutro (Rn)					
Aula	Área (m2)	Carga Ventiladores (VA)	Carga Alumbrado General y tomas de uso general (VA)	Suma de cargas (VA)	Carga total (VA)
A2-501	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
A2-502	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
A2-504	57	300,00	1824,00	2124,00	2655
TOTAL	155,00	900,00	4960,00	5860,00	7325
Cargas entre fases (RS)					
Aula	Carga Aire Acondicionado (VA)	Carga total (VA)			
A2-501	1865,00	2331,25			
A2-502	1865,00	2331,25			
A2-504	1865,00	2331,25			
TOTAL	5595,00	6993,75			

Tabla 5. Cargas para las aulas de la A2-501, A2-502 y A2-504

Cargas entre fase y neutro (Sn)					
Aula	Área (m2)	Carga Ventiladores (VA)	Carga Alumbrado General y tomas de uso general (VA)	Suma de cargas (VA)	Carga total (VA)
A2-503	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
A2-505	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
TOTAL	98,00	600,00	3136,00	3736,00	4670,00

Cargas entre fases (ST)		
Aula	Carga Aire Acondicionado (VA)	Carga total (VA)
A2-503	1865,00	2331,25
A2-505	1865,00	2331,25
TOTAL	3730,00	4662,50

Tabla 6. Cargas para las aulas de la A2-503 y A2-505

Cargas entre fase y neutro (Tn)					
Aula	Área (m2)	Carga Ventiladores (VA)	Carga Alumbrado General y tomas de uso general (VA)	Suma de cargas (VA)	Carga total (VA)
A2-506	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
A2-507	49	300,00	1568,00	1868,00	2335
TOTAL	98,00	600,00	3136,00	3736,00	4670,00

Cargas entre fases (TR)		
Aula	Carga Aire Acondicionado (VA)	Carga total (VA)
A2-506	1865,00	2331,25
A2-507	1865,00	2331,25
TOTAL	3730,00	30375,00

Tabla 7. Cargas para las aulas de la A2-506 y A2-507

A la suma de las cargas de alumbrado general y ventiladores, y a la carga del aire acondicionado, se debe multiplicar por un factor de 1,25 según lo especificado en el artículo 220-3 el cual dice que *“la capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.”*

Esta cargas son tomadas como cargas continuas ya que su periodo de funcionamiento es de más de tres horas según la definición establecida por la norma NTC2050 en donde se define que es una carga continua y que es una carga no continua. Para este caso no se consideran cargas no continuas, por lo que la suma de cargas de alumbrado general y ventiladores, y la carga del aire acondicionado se les debe aplicar un factor de 25%³. La columna indicada como carga total, es la potencia resultante al aplicar este factor.

La carga mínima por metro cuadrado para alumbrado general debe ser comparada con la potencia por metro cuadrado calculada en el diseño de la iluminación de los salones. Con base en el artículo 220-3 parte b, la carga por metro cuadrado calculada en el diseño de la iluminación no debe ser menor a la especificada en la tabla 220-3.b) de la NTC2050.

6.1.2.2. Cantidad de Tomacorrientes

Los salones de clase solo poseen salidas de tomacorriente convencionales, por lo que no es necesario incluir en el cálculo tomas para pequeños artefactos, para artefactos en mostradores, ni para cuartos de baño.

Para las salidas de toma corrientes no se tuvo en cuenta lo dicho en la sección 210-52 parte a de la norma 2050 la cual solo aplica para unidades de vivienda por lo que se hizo un estimado de la cantidad de tomacorrientes necesarios por aula utilizando las medidas especificadas en las cotas del plano, teniendo en cuenta los lugares de tránsito de personal y los espacios de pared detrás de las puertas, en donde no es necesario colocar tomas. Los resultados fueron los siguientes:

³ Este factor se aplica con el fin de cargar los circuitos ramales y los alimentadores a un 80% de su capacidad nominal y no a un 100%, esto con motivos de confiabilidad y buen funcionamiento de la instalación, mas no de dejar una gabela para añadir posteriormente mas carga al circuito.

Aula	Número de tomas
A2-501	5
A2-502	5
A2-503	5
A2-504	5
A2-505	5
A2-506	5
A2-507	5
TOTAL	35

Tabla 8. Número de tomacorrientes

6.1.2.3. Cálculo de circuitos ramales y alimentador

Para calcular la corriente de cada circuito ramal se tuvo que tener en cuenta los circuitos que están conectados entre fase y neutro y los que están entre fases, ya que las tensiones aplicadas son distintas. Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$I_{ramal\ F-n} = \frac{S_{total\ aula}}{V_{Fase-neutro}}$$

Ecuación 1. Corriente de circuito ramal Fase-neutro

$$I_{ramal\ F-F} = \frac{S_{total\ A.A}}{V_{Fase-Fase}}$$

Ecuación 2. Corriente de circuito ramal Fase-Fase

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Cargas entre fase y neutro (Rn)	
Aula	Corriente (A)
A2-501	19,44
A2-502	19,44
A2-504	22,11
TOTAL	61,00
Cargas entre fases (RS)	
Aula	Corriente (A)
A2-501	11,21
A2-502	11,21
A2-504	11,21
TOTAL	33,62

Tabla 9. Corriente de circuitos ramales A2-501, A2-502 y A2-504

Cargas entre fase y neutro (Sn)	
Aula	Corriente (A)
A2-503	19,44
A2-505	19,44
TOTAL	38,89
Cargas entre fases (ST)	
Aula	Corriente (A)
A2-503	10,60
A2-505	10,60
TOTAL	21,19

Tabla 10. Corriente de circuitos ramales A2-503 y A2-505

Cargas entre fase y neutro (Tn)	
Aula	Corriente (A)
A2-506	19,44
A2-507	19,44
TOTAL	38,89
Cargas entre fases (TR)	
Aula	Corriente (A)
A2-506	10,60
A2-507	10,60
TOTAL	21,19

Tabla 11. Corriente de circuitos ramales A2-506 y A2-507

Para calcular la corriente del alimentador se debe tener en cuenta que las corrientes que van circular por las fases van a estar desbalanceadas por lo que se debe hacer un análisis de nodos para determinar las corrientes equivalentes que entran a cada fase. El circuito equivalente es el siguiente:

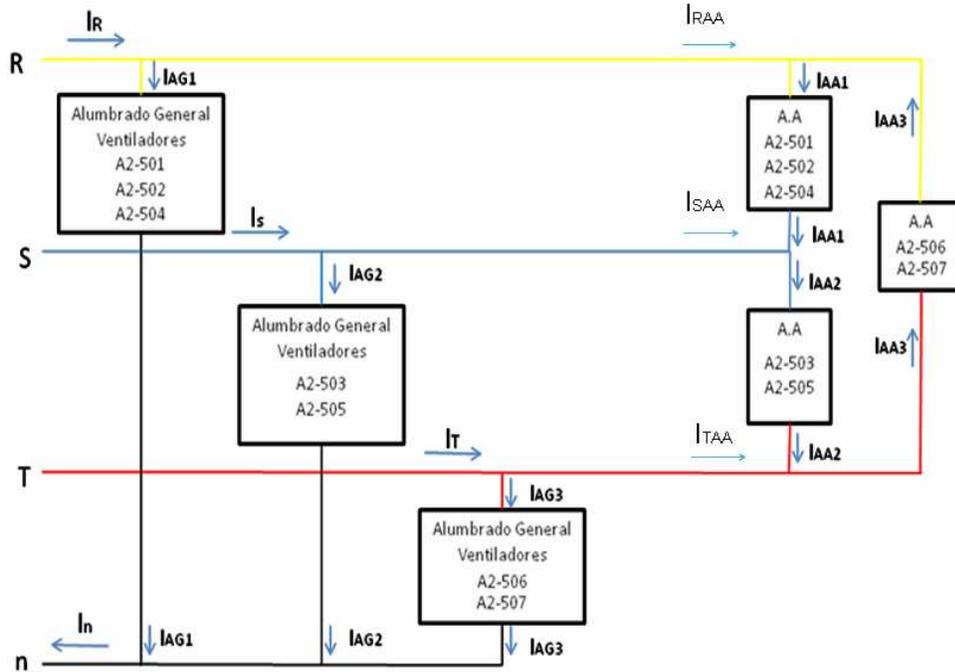


Figura 6. Corrientes circulantes

Haciendo ecuaciones de nodos se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \vec{I}_R &= \vec{I}_{AG1} + \vec{I}_{RAA} \\ \vec{I}_S &= \vec{I}_{AG2} + \vec{I}_{SAA} \\ \vec{I}_T &= \vec{I}_{AG3} + \vec{I}_{TAA} \\ \vec{I}_n &= \vec{I}_{AG1} + \vec{I}_{AG2} + \vec{I}_{AG3} \end{aligned}$$

Ecuación 3. Cálculo de corrientes de fase y neutro

Donde:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{I_{RAA}} &= \overrightarrow{I_{AA1}} + \overrightarrow{I_{AA3}} \\ \overrightarrow{I_{SAA}} &= \overrightarrow{I_{AA2}} + \overrightarrow{I_{AA1}} \\ \overrightarrow{I_{TAA}} &= \overrightarrow{I_{AA3}} + \overrightarrow{I_{AA2}}\end{aligned}$$

Las corrientes I_{AA1} , I_{AA2} e I_{AA3} se encuentran desfasadas 120° entre sí, por lo tanto sus magnitudes no pueden ser sumadas de manera aritmética sino de manera fasorial, obteniendo así las corrientes de línea entrantes a las cargas de aire acondicionado.

Al final la magnitud de las corrientes, enunciadas en la Ecuación 3, se pueden sumar de manera aritmética ya que se encuentran en fase debido a que se asumió un factor de potencia igual para todas las cargas excepto para la corriente del neutro, ya que las corrientes provenientes de cada fase están desfasadas 120° .

Los resultados son los siguientes:

CORRIENTES (A)	
I_R	73,43
I_S	26,46
I_T	38,89
I_n	10.84

Tabla 12. Corrientes de los alimentadores

La potencia total consumida se puede calcular como la suma de las potencias monofásicas, es decir, la tensión de fase multiplicada por las corrientes de fase que son las mismas corrientes de línea para un sistema trifásico en Y, que en este caso corresponden a las corrientes del alimentador.

$$V_{TOTAL} = 120(73,43 + 26,46 + 38,89))$$

$$V_{TOTAL} = 16653,2 VA$$

Conocida la corriente del alimentador y de cada circuito ramal, se determina el calibre de los conductores. El calibre seleccionado debe ser ajustado por regulación de tensión, teniendo en cuenta la distancia que hay desde el tablero hasta la salida más lejana de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas, según lo recomendado en el artículo 210-19 parte a nota 4 de la norma NTC2050. La nota de este artículo recomienda que la caída de tensión de un circuito ramal no deba ser mayor al 3% y que la suma de la caída de tensión máxima entre un circuito ramal y el alimentador no deba ser superior al 5%. Los calibres fueron seleccionados siguiendo esta recomendación.

Con los datos de corriente calculados también se pueden determinar los dispositivos de protección contra sobrecorriente para cada circuito ramal y alimentador según lo determinado en la sección 240-6 del Norma 2050. Los tipos de conductores seleccionados inicialmente fueron los siguientes:

Circuitos ramales entre fase y neutro (Rn)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Monopolar (A)
A2-501	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG	25	20
A2-502	ALAMBRE THWN 90°C 600V 10 AWG	35	20
A2-504	ALAMBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	50	30
Circuitos ramales entre fases (RS)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Bipolar (A)
A2-501	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15
A2-502	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15
A2-504	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15

Tabla 13. Conductor y protección de los circuitos A2-501, A2-502 y A2-504

Circuitos ramales entre fase y neutro (Sn)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Monopolar (A)
A2-503	ALAMBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	50	20
A2-505	ALAMBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	50	20
Circuitos ramales entre fases (ST)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Bipolar (A)
A2-503	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15
A2-505	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15

Tabla 14. Conductor y protección de los circuitos A2-503 y A2-505

Circuitos ramales entre fase y neutro (Tn)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Monopolar (A)
A2-506	ALAMBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	50	20
A2-507	ALAMBRE THWN 90°C 600V 6 AWG	75	20
Circuitos ramales entre fases (TR)			
Aula	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Protección Bipolar (A)
A2-506	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15
A2-507	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	20	15

Tabla 15. Conductor y protección de los circuitos A2-506 y A2-507

Con el fin de mantener la distribución la nomenclatura dada a los ramales, se distribuyen los circuitos fase y neutro en un tablero de distribución y los circuitos entre fases en otro.

Para el alimentador se selecciona una protección trifásica de 80 A.

6.1.2.4. Regulación de tensión

Se calcula la caída de tensión para cada uno de los circuitos ramales que alimentan a cada salón de clases por medio de la siguiente ecuación:

$$\%V_{ramal} = \frac{2 * Z_{ramal} * L_{ramal} * I_{ramal}}{V_{a\ lim}} * 100$$

Ecuación 4. Regulación de tensión para circuitos ramales

Siendo:

$\%V_{ramal}$: Porcentaje de caída de tensión del ramal

Z_{ramal} : Impedancia del conductor del circuito ramal (ohm/km)

L_{ramal} : Longitud del circuito ramal (km)

I_{ramal} : Corriente eléctrica calculada del circuito ramal.

V_{alim} : Es la tensión de alimentación la cual puede ser de fase o de línea, dependiendo a la tensión de alimentación del circuito ramal.

Para el alimentador trifásico se tiene la siguiente ecuación para el cálculo de la regulación:

$$\%V_{alim} = \frac{Z_{alim} * L_{alim} * I_{alim}}{V_{linea}} * 100$$

Ecuación 5. Regulación de tensión para el alimentador

Siendo:

$\%V_{alim}$: Porcentaje de caída de tensión del alimentador

Z_{alim} : Impedancia del conductor del alimentador (ohm/km)

L_{alim} : Longitud del alimentador (km)

I_{alim} : Corriente eléctrica de alimentación que es igual a la corriente total.

V_{linea} : Es la tensión de línea.

Para la longitud del circuito se toma la salida más lejana de este⁴ y se asume una longitud total de 5 m por cada bajante que pueda tener el conductor por la canalización, hacia las salidas que se encuentran más cercanas al suelo.

Realizando los cálculos de regulación se obtuvo lo siguiente:

⁴ Artículo 210-19 NTC250

Cargas entre fase y neutro (Rn)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-501	5,21	0,015	0,08	2,60
A2-502	3,28	0,025	0,08	2,65
A2-504	2,06	0,034	0,07	2,59
Cargas entre fases (RS)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-501	8,29	0,010	0,08	0,89
A2-502	8,29	0,017	0,14	1,55
A2-504	8,29	0,032	0,27	2,88

Tabla 16. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504

Cargas entre fase y neutro (Sn)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-503	2,06	0,031	0,06	2,04
A2-505	2,06	0,040	0,08	2,67
Cargas entre fases (ST)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-503	8,29	0,024	0,20	2,07
A2-505	8,29	0,035	0,29	2,94

Tabla 17. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-503 y A2-505

Cargas entre fase y neutro (Tn)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-506	2,06	0,040	0,08	2,68
A2-507	2,06	0,040	0,08	2,67
Cargas entre fases (TR)				
Aula	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%Regulación circuito ramal (V)
A2-506	8,29	0,034	0,28	2,87
A2-507	8,29	0,023	0,19	1,93

Tabla 18. Cálculo de regulación de tensión para circuitos A2-506 y A2-507

Como se observa según los cálculos el porcentaje de regulación cumple para todos los circuitos ramales.

Se calcula la regulación de los alimentadores provenientes del transformador hasta el tablero de distribución de los circuitos ramales ubicados en el quinto piso del bloque de aulas 2, asumiendo una distancia aproximada de 40 m. Los resultados fueron los siguientes:

Conductor	Conductor de fase	Corriente nominal del conductor (A)	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	%regulación alimentador
Fase R	CABLE THWN 90°C 600V 4 AWG	85	0,83	0,040	0,03	2,03
Fase S	CABLE THWN 90°C 600V 4 AWG	85	0,83	0,040	0,03	0,73
Fase T	CABLE THWN 90°C 600V 4 AWG	85	0,83	0,040	0,03	1,08
Neutro	CABLE THWN 90°C 600V 4 AWG	85	0,83	0,040	0,03	0,52

Tabla 19. Cálculo de regulación de tensión para circuitos alimentadores

Se verifica que la suma de los porcentajes de regulación de cada circuito ramal mas su respectivo alimentador sea menor del 5%. Para circuitos entre fase y neutro se tiene en cuenta la caída de tensión producida entre la respectiva fase y el neutro y para circuitos entre fases se usa la caída de tensión de las respectivas fases en las que se encuentra conectado el circuito.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cargas entre fase y neutro (Rn)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-501	4,63
A2-502	4,68
A2-504	4,62
Cargas entre fases (RS)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-501	2,70
A2-502	3,35
A2-504	4,69

Tabla 20. Regulación de tensión para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504.

Cargas entre fase y neutro (Sn)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-503	2,77
A2-505	3,40
Cargas entre fases (ST)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-503	3,66
A2-505	4,53

Tabla 21. Regulación de tensión para circuitos A2-503 y A2-505

Cargas entre fase y neutro (Tn)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-506	3,41
A2-507	3,74
Cargas entre fases (TR)	
Aula	%Regulación circuito alimentador + ramal (V)
A2-506	4,46
A2-507	3,18

Tabla 22. Regulación de tensión para circuitos A2-506 y A2-507

Se observa que la regulación calculada cumple con la recomendación dada por la norma.

6.1.2.5. Selección del conductor de puesta a tierra para equipos

El conductor de puesta a tierra de equipos se selecciona según lo indicado en el artículo 250-95 de la NTC2050 la cual dice que “*el calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, no debe ser menor al especificado en la Tabla 250-95.*” La Tabla 250-95 muestra que el calibre de este conductor depende del dispositivo de protección de cada circuito, sea ramal o alimentador. Con base es esto se selecciona el conductor de puesta a tierra de equipos:

Cargas entre fase y neutro (Rn)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-501	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
A2-502	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
A2-504	ALAMBRE THWN 90°C 600V 10 AWG
Cargas entre fases (RS)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-501	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG
A2-502	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG
A2-504	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG

Tabla 23. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-501, A2-502 y A2-504

Cargas entre fase y neutro (Sn)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-503	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
A2-505	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
Cargas entre fases (ST)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-503	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG
A2-505	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG

Tabla 24. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-503 y A2-505

Cargas entre fase y neutro (Tn)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-506	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
A2-507	ALAMBRE THWN 90°C 600V 12 AWG
Cargas entre fases (TR)	
Aula	Conductor de puesta a tierra de equipos
A2-506	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG
A2-507	ALAMBRE THWN 90°C 600V 14 AWG

Tabla 25. Conductor de puesta a tierra de equipos para circuitos A2-506 y A2-507

Para el alimentador se seleccionó un conductor de puesta a tierra de equipos de las siguientes características: CABLE DE COBRE DESNUDO THWN 90°C 600V 10 AWG.

6.1.2.6. Selección de la tubería

A la salida del transformador hacia los tableros de distribución se tienen cinco conductores por una misma tubería: tres fases, neutro y puesta a tierra de equipos. Teniendo el calibre de cada conductor se selecciona el diámetro de la tubería la cual debe ser metálica ya que, a pesar de que iría por lugares ocultos en paredes, pisos y techos, estos no ofrecen barrera térmica antifuego mínima de 15 minutos, por lo que no se podría utilizar tubería no metálica, según lo demandado en el artículo 341-3 parte 2).

Con base en la tabla C1 del apéndice C de la norma NTC2050 se selecciona una tubería con diámetro de 1½", la cual es capaz de alojar hasta 6 conductores 4 AWG.

Para cada circuito ramal se selecciona la tubería teniendo en cuenta el número máximo de conductores que puede haber al mismo tiempo dentro de una tubería.

El tablero que alimenta las cargas Fase-neutro posee dos salidas distribuidas equitativamente en 4 salones para una salida y 4 para la otra, es decir, que cada tubería a la salida del tablero posee por lo menos los conductores de 4 circuitos ramales con sus respectivos neutros y puesta a tierra de equipos, lo que daría un máximo de 12 conductores por tubería.

Tablero de ramales fase y neutro		Tablero de ramales entre fases	
Aula	Diámetro de la tubería (pulg.)	Aula	Diámetro de la tubería (pulg.)
A2-501	$\frac{1}{2}$	A2-501	$\frac{1}{2}$
A2-502	$\frac{1}{2}$	A2-502	$\frac{1}{2}$
A2-503	$\frac{1}{2}$	A2-503	$\frac{1}{2}$
A2-504	$\frac{1}{2}$	A2-504	$\frac{1}{2}$
A2-505	$\frac{1}{2}$	A2-505	$\frac{1}{2}$
A2-506	$\frac{1}{2}$	A2-506	$\frac{1}{2}$
A2-507	$\frac{3}{4}$	A2-507	$\frac{1}{2}$

Tabla 26. Diámetro de la tubería a la salida de los tableros de distribución

6.1.3. PRESUPUESTO APROXIMADO DE MATERIALES

Se realizó un estimado de los materiales a utilizar y los costos de cada material por unidad para determinar de manera aproximada el costo total de los materiales de la instalación. Estos costos son resultado del diseño realizado para la instalación eléctrica de las aulas del quinto piso, la cual se puede considerar como una ingeniería básica en donde los resultados son muy aproximados de la ingeniería detallada del diseño de la instalación, con un margen de error en el presupuesto. Los resultados fueron los siguientes:

Descripción	Longitud (m)	Unidad (U)	Precio por metro (\$/m)	Precio por unidad (\$/U)	Costo Total (\$)
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	106		2.737		290.122
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 10 AWG	160		1.723		275.680
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 12 AWG	195		1.057		206.115
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	186		741		137.826
BREAKER MONOPOLAR DE 15A		2		8.000	16.000
BREAKER MONOPOLAR DE 20A		6		11.000	66.000
BREAKER BIPOLAR DE 15A		8		15.000	120.000
BREAKER TOTALIZADOR TRIPOLAR DE 80A		1		190.000	190.000
CABLE DE COBRE DESNUDO 6 AWG.	40		6.158		246.320
CABLE DE COBRE THWN 90°C 600V 2 AWG	160		11.840		1.894.400
CABLE DE COBRE THWN 90°C 600V 6 AWG	55		4.947		272.085
CAJA DE 2x4		35	2.500		87.500
CAJA DE 4x4		10	3.200		32.000
CAJA DE DISTRIBUCION SQUARE-D, 16 SLOTS		2		410.520	821.040
EMPALME DE TUBERIA DE 1½ PULG		20	1.600		32.000
EMPALME DE TUBERIA DE ¾ PULG		10	850		8.500
EMPALME DE TUBERIA DE ½ PULG		70	670		46.900
INTERRUPTOR DOBLE PARA ALUMBRADO Y VENTILADORES		8	6.500		52.000
TOMACORRIENTES DOBLE DE 120V 15A		30	5.000		150.000
TOMACORRIENTES SENCILLO DE 220V 20A		8	7.000		56.000
TUBERIA CONDUIT DÍA: 1 PULG	45		4.000		180.000
TUBERIA CONDUIT DÍA: ¾ PULG	50		3.200		160.000
TUBERIA CONDUIT DÍA: ½ PULG	195		2.000		390.000
LAMPARA FLUORECENTE 2X40		24		52.000	1.248.000
VENTILADOR DE TECHO		14		130.000	1.820.000
CINTA AISLANTE		5		11.000	55.000
CURVA PARA TUBERIA 1 PULG		6		1.150	6.900
CURVA PARA TUBERIA ¾ PULG		16		450	7.200
CURVA PARA TUBERIA ½ PULG		35		270	9.450
TOTAL					8.877.038

Tabla 27. Listado y presupuesto de materiales de la instalación eléctrica del quinto piso del bloque 2

6.2. OFICINAS SALA DE PROFESORES

A continuación se muestra un esquema del plano de las instalaciones de la sala de profesores para la facultad de ingeniería Industrial (lado izquierdo) e ingeniería de Sistemas (lado derecho).

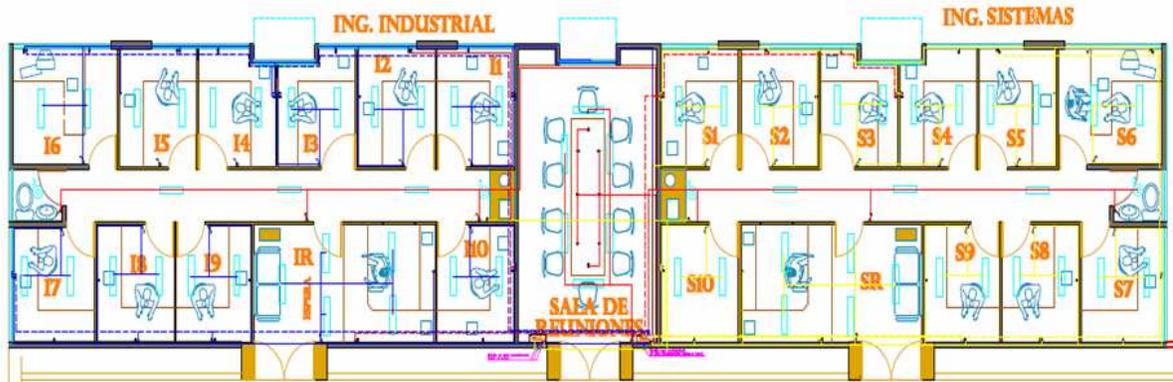


Figura 7. Plano de planta de las oficinas de Sala de Profesores

Las dimensiones de cada una de las oficinas, así como las respectivas recepciones (IR y SR) y la sala de reuniones tienen las dimensiones especificadas en la siguiente tabla:

Ing. Industrial	Ing. Sistemas	Largo	Ancho
I1	S1	2,25	1,9
I2	S2	2,25	1,9
I3	S3	2,25	1,9
I4	S4	2,25	1,9
I5	S5	2,25	1,9
I6	S6	2,25	2,2
I7	S7	2,25	2
I8	S8	2,25	1,9
I9	S9	2,25	1,9
I10	S10	2,25	1,9
IR	SR	2,25	4,45
SALA DE REUNIONES		5,6	3,4

Tabla 28. Dimensiones de las oficinas de Sala de Profesores

Lo consignado en la tabla 28 ayudara mas adelante en la simplificación de los cálculos.

6.2.1. ILUMINACION

El procedimiento para la obtención del numero necesario de luminarias en cada oficina y su respectivo consumo en potencia es igual al realizado anteriormente, solo varia en la cantidad de luxes requeridos en el local debido a que es para una aplicación diferente. Para este caso, según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), ver tabla 1, el nivel de luminosidad requerido oscila entre 300 y 750 luxes debido a que serán utilizados como oficinas continuas. Para el caso del pasillo el RETIE exige entre 75 y 150 luxes.

6.2.1.1. Iluminación OFICINA I1

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 2.25 m X 1.9 m

Altura del techo: 3m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco); piso de color intermedio.

2. Nivel de iluminación.

Teniendo en cuenta lo consignado en la tabla 1, el nivel de luminosidad mínimo requerido para oficinas de trabajo continuo es de 500 luxes.

E = 500 luxes

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 2.2 \times 1.9 = 4.18m^2$$

$$\mathbf{A = 4.18m^2}$$

4. Índice del local. En este local las luminarias se ubicaran a la altura del techo, por lo tanto tenemos que:

$$h = 3 - 0.8 = 2.2$$

$$\Rightarrow h = 2.2m$$

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{4.18}{2.2 * (2.2 + 1.9)} = \frac{4.18}{2.2 * (4.1)} = \frac{4.18}{9.02} = 0.46 \approx 0.5$$

$$\mathbf{K = 0.5}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y las características de techo, paredes y piso consignadas en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2500 Lumes a 120 voltios.
7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.

8. Factor de utilización. Como se menciono anteriormente el factor de utilización medio se selecciona teniendo en cuenta el índice del local, así como los índices de reflexión tanto del techo como de las paredes y el piso. Según la tabla 3, el factor de utilización para esta aplicación es de 0.37, esto teniendo en cuenta que el coeficiente del local es de 0.5 y el índice de reflexión tanto del techo como de las paredes es de 50%.

$$u = 0.37$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ).

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{500 * 4.18}{0.37 * 0.75} = \frac{2090}{0.2775} = 7531,53 \text{ lumen}$$

$$\phi = 7531 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$
$$n = \frac{7531}{2500} = 3.01 \approx 4$$

$$n = 4 \text{ Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 2$$

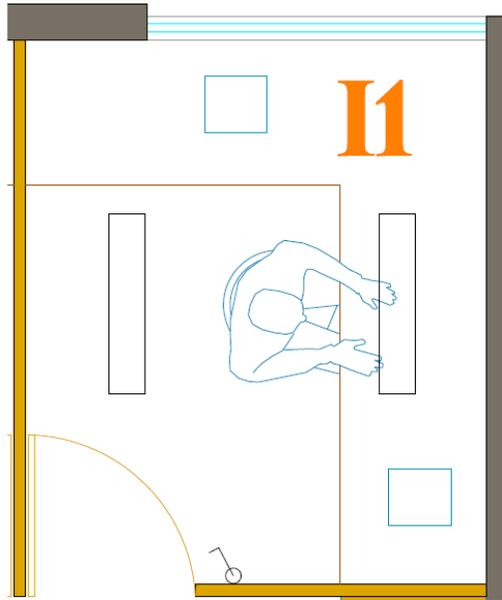


Figura 8. Ubicación de luminarias en el área de la oficina I1

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lámpara}$$

$$P = 4 * 40 = 160$$

$$P = 160 \text{ w}$$

6.2.1.2. Iluminación OFICINA I6.

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 2.25 m X 2.2 m

Altura del techo: 3m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco); piso de color intermedio.

2. Nivel de iluminación.

Teniendo en cuenta lo consignado en la tabla 1, el nivel de luminosidad mínimo requerido para oficinas de trabajo continuo es de 500 luxes.

$$\mathbf{E = 500 \text{ luxes}}$$

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 2.2 \times 2.25 = 4.95m^2$$

$$\mathbf{A = 4.95m^2}$$

4. Índice del local. En este local las luminarias se ubicaran a la altura del techo, por lo tanto tenemos que:

$$h = 3 - 0.8 = 2.2$$

$$\Rightarrow h = 2.2m$$

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{4.95}{2.2 * (2.2 + 2.25)} = \frac{4.95}{2.2 * (4.45)} = \frac{4.95}{9.79} = 0.51$$

$$\mathbf{K = 0.51}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y las características de techo, paredes y piso consignadas en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2500 Lumes a 120 voltios.
7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.
8. Factor de utilización. Como se menciona anteriormente el factor de utilización medio se selecciona teniendo en cuenta el índice del local, así como los índices de reflexión tanto del techo como de las paredes y el piso. Según la tabla 3, el factor de utilización para esta aplicación es de 0.37, esto teniendo en cuenta que el coeficiente del local es de 0.51 y el índice de reflexión tanto del techo como de las paredes es de 50%.

$$u = 0.37$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ) .

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{500 * 4.95}{0.37 * 0.75} = \frac{2970}{0.2775} = 8918,92 \text{ lumen}$$

$$\phi = 8919 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$

$$n = \frac{8919}{2500} = 3,56 \approx 4$$

$$n = 4 \text{ Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 2$$

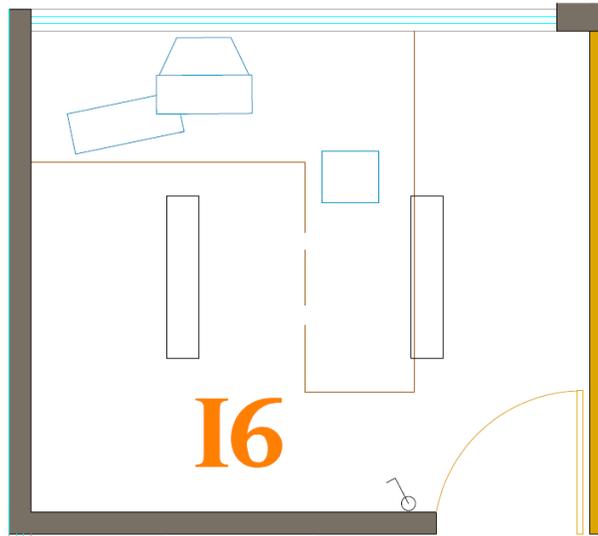


Figura 9. Ubicación de luminarias en el área de la oficina I6

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lámpara}$$

$$P = 4 * 40 = 160$$

$$P = 160 \text{ w}$$

6.2.1.3. Iluminación RECEPCION Ing. INDUSTRIAL IR

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 2.25 m X 4.45 m

Altura del techo: 3m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco); piso de color intermedio.

2. Nivel de iluminación.

Teniendo en cuenta lo consignado en la tabla 1, el nivel de luminosidad mínimo requerido para oficinas de trabajo continuo es de 500 luxes.

$$\mathbf{E = 500 \text{ luxes}}$$

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 4.45 \times 2.25 = 10.013m^2$$

$$\mathbf{A = 10.013m^2}$$

4. Índice del local. En este local las luminarias se ubicaran a la altura del techo, por lo tanto tenemos que:

$$h = 3 - 0.8 = 2.2$$

$$\Rightarrow h = 2.2m$$

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{10.013}{2.2 * (4.45 + 2.25)} = \frac{10.013}{2.2 * (6.7)} = \frac{10.013}{14.74} = 0.68$$

$$\mathbf{K = 0.68}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y las características de techo, paredes y piso consignadas en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2500 Lumes a 120 voltios.

7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.

8. Factor de utilización. Como se menciona anteriormente el factor de utilización medio se selecciona teniendo en cuenta el índice del local, así como los índices de reflexión tanto del techo como de las paredes y el piso. Según la tabla 3, el factor de utilización para esta aplicación es de 0.37, esto teniendo en cuenta que el coeficiente del local es de 0.68 y el índice de reflexión tanto del techo como de las paredes es de 50%.

$$u = 0.37$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ).

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$

$$\phi = \frac{500 * 10.013}{0.37 * 0.75} = \frac{5006.5}{0.2775} = 18041.44 \text{ lumen}$$

$$\phi = 18041 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$

$$n = \frac{21650}{2500} = 7,2 \approx 8$$

$$n = 8 \text{ Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 4$$

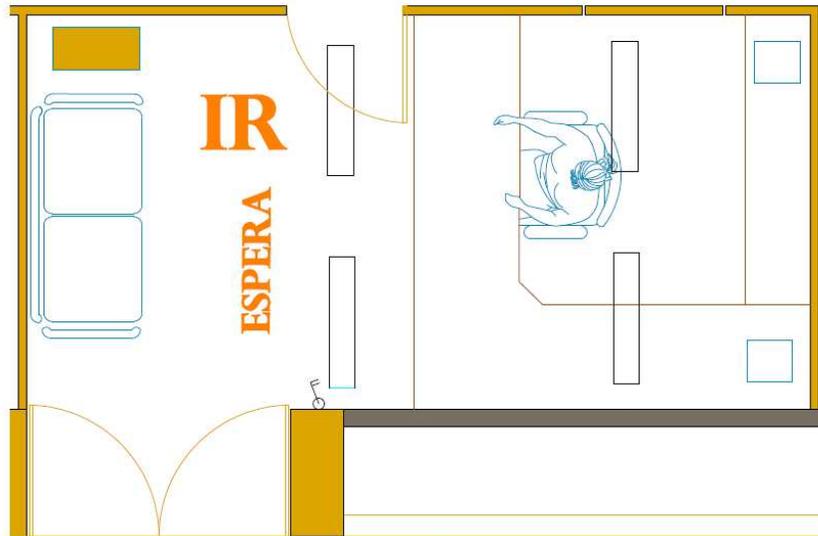


Figura 10. Ubicación de luminarias en el área de la recepción de ingeniería industrial.

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lámpara}$$

$$P = 8 * 40 = 320$$

$$P = 320 \text{ w}$$

6.2.1.4. Iluminación OFICINA SALA DE REUNIONES

1. Características físicas del local.

Dimensiones: 5.6 m X 3.4 m

Altura del techo: 3m

Colores: paredes y techo colores claros (aproximado al blanco); piso de color intermedio.

2. Nivel de iluminación.

Teniendo en cuenta lo consignado en la tabla 1, el nivel de luminosidad mínimo requerido para oficinas de trabajo continuo es de 400 luxes.

$$\mathbf{E = 500 \text{ luxes}}$$

3. Superficie del local.

$$A = l \times a = 5.6 \times 3.4 = 19.04m^2$$

$$\mathbf{A = 19.04m^2}$$

4. Índice del local. En este local las luminarias se ubicaran a la altura del techo, por lo tanto tenemos que:

$$h = 3 - 0.8 = 2.2$$

$$\Rightarrow h = 2.2m$$

$$k = \frac{A}{h * (a + b)} = \frac{19.04}{2.2 * (5.6 + 3.4)} = \frac{19.04}{2.2 * (9)} = \frac{19.04}{19.8} = 0.982$$

$$\mathbf{K = 0.98}$$

5. Coeficiente de reflexión. Teniendo en cuenta la tabla 2 y las características de techo, paredes y piso consignadas en el ítem 1, los coeficientes de reflexión para este salón son los siguientes:

$$\rho_{TECHO} = 50\%$$

$$\rho_{PAREDES} = 50\%$$

$$\rho_{SUELO} = 10\%$$

6. Sistema de iluminación: Directo, a través de Lámparas fluorescentes de 40W marca Philips de luz extra blanca y un flujo luminoso de 2500 Lumes a 120 voltios.

7. Tipo de Luminaria: Empotrada en el techo.

8. Factor de utilización. Como se menciona anteriormente el factor de utilización medio se selecciona teniendo en cuenta el índice del local, así como los índices de reflexión tanto del techo como de las paredes y el piso. Según la tabla 3, el factor de utilización para esta aplicación es de 0.5, esto teniendo en cuenta que el coeficiente del local es de 0.98 y el índice de reflexión tanto del techo como de las paredes es de 50%.

$$u = 0.5$$

9. Tipo de mantenimiento.

$$m = 0.75$$

10. Calculo del flujo total (ϕ).

$$\phi = \frac{E * S}{u * m}$$
$$\phi = \frac{500 * 19.04}{0.5 * 0.75} = \frac{9520}{0.375} = 25386,67 \text{ lumen}$$

$$\phi = 25387 \text{ lumen}$$

11. Calculo del número de lámparas utilizadas.

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$

$$n = \frac{25387}{2500} = 10,15 \approx 11$$

Con el fin de que todas las luminarias queden de a dos lámparas, se seleccionan 12 lámparas para así obtener las 6 luminarias.

$$n = 12 \quad \text{Lámparas}$$

$$\# \text{ de luminarias} = 6$$

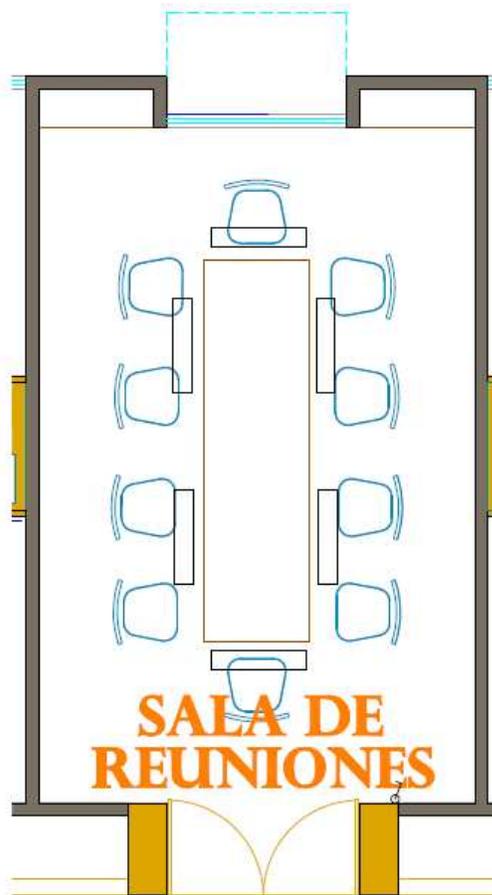


Figura 11. Ubicación de luminarias en el área de la sala de reuniones.

12. Cálculo de la potencia absorbida.

$$P = n * P_n \quad \therefore P_n \text{ Potencia absorbida por cada lampara}$$

$$P = 11 * 40 = 440$$

$$P = 440 \text{ w}$$

Teniendo en cuenta la figura 4 y lo consignado en la tabla 28 se pueden omitir los cálculos del resto de la oficinas ya que al poseer iguales dimensiones los resultados serán igual, por lo anterior en la siguiente tabla se muestra la relación de luminarias por cada oficina así como la potencia consumida por ellas, de tal forma se tiene que:

OFICINA	CANTIDAD DE LUMINARIAS	CANTIDAD DE LAMPARAS	POTENCIA ABSORBIDA (W)
Sala reuniones	6	12	440
SR	4	8	320
IR	4	8	320
S1	2	4	160
S2	2	4	160
S3	2	4	160
S4	2	4	160
S5	2	4	160
S6	2	4	160
S7	2	4	160
S8	2	4	160
S9	2	4	160
S10	2	4	160
I1	2	4	160
I2	2	4	160
I3	2	4	160
I4	2	4	160
I5	2	4	160
I6	2	4	160
I7	2	4	160
I8	2	4	160
I9	2	4	160
I10	2	4	160
TOTAL	56	112	4280

Tabla 29. Potencia total absorbida por la iluminación de cada oficina

6.2.2. INSTALACION ELECTRICA

6.2.2.1. Especificaciones generales

Para alimentar los equipos ubicados en el edificio de la sala de profesores se tiene un sistema trifásico tetrafilar de 208/120V repartidos de la siguiente manera:

- 3 unidades de aire acondicionado.
- Cargas de alumbrado y tomas de uso general.
- Carga para pequeños artefactos.
- Carga de computadores y equipos electrónicos.

Todas las unidades de aire acondicionado se encuentran conectadas entre fases (208V) y el resto de cargas se encuentran conectadas entre fase y neutro (120V).

6.2.2.2. Cálculo de la carga

Se tomaron las siguientes consideraciones:

- El factor de potencia es de 0,8 para todas las cargas
- Se asumieron tres aires acondicionados de 60000 BTU cada uno.
- Se tomo un aproximado de 1kVA por cada 12000 BTU, aplicando un factor de 1,6 para hacer un estimativo total de la carga de los aires acondicionados.
- La carga por computador se estimó de 500 VA, con un total de 22 computadores.
- El circuito para pequeños artefactos se asume de 1500 VA según lo especificado en el artículo 220-16 de la NTC 2050.

Carga unitaria ⁵ :	48 VA/m ²
Área total del edificio de oficinas:	146m ²
Carga alumbrado y tomas de uso general:	7008 VA
Carga total alumbrado y tomas de uso general ⁶ :	8760 VA
Carga total tomas de computadores:	11000 VA
Carga para pequeños artefactos:	1500 VA
Carga total de aires acondicionados:	24000 VA
<hr/>	
Total:	52268 VA

6.2.2.3. Numero de circuitos ramales

Para el alumbrado y los tomacorrientes de uso general, se tiene el siguiente número de circuitos ramales⁷:

$$n_{ctos_ramales} = \frac{(VA_{alumb_tomas_x_fase} / V_{fase})}{I_{no\ min\ al_cto_ramal}}$$

Ecuación 6. Número de circuitos ramales

Con el fin de mantener un equilibrio entre fases se divide la potencia total calculada para alumbrado y tomas de uso general entre tres, repartiendo así las carga a cada fase.

⁵ En la tabla 220-3.b) de la NTC2050 se indica una carga unitaria de 38 VA/m² para edificios de oficinas y 10 VA/m² adicionales para salidas de corriente de uso general, ya que, en este caso, no se conoce el número real para este tipo de salidas.

⁶ La carga calculada para alumbrado de uso general se considera como carga continua por lo que debe aplicar lo especificado en el artículo 220-3 parte a).

⁷ Esto basado en el artículo 220-4 parte a).

$$VA_{alumb_tomas_x_fase} = 8760 VA / 3$$

$$VA_{alumb_tomas_x_fase} = 2920 VA$$

La corriente nominal del circuito ramal por lo general se selecciona de 15 o 20 A para los circuitos ramales de alumbrado y tomacorrientes de uso general. Se selecciona una corriente nominal de 15 A para estos circuitos ramales. En caso tal que el resultado sea un número decimal, el resultado se redondea a la cifra entera inmediatamente superior.

$$n_{ctos_ramales}^{alumb_y_tomas} = \frac{(2920 VA / 120 V)}{15 A}$$

$$n_{ctos_ramales}^{alumb_y_tomas} = 2 \text{ por fase} = 6 \text{ en total}$$

Al igual que con los circuitos ramales de alumbrado y tomas de uso general, se hace lo mismo con la carga para los tomacorrientes de uso exclusivo para los computadores, pero para este caso se seleccionó una corriente nominal de 20 A debido a que resultaba un número menor de circuitos por fase:

$$VA_{computadores_x_fase} = 11000 VA / 3$$

$$VA_{computadores_x_fase} = 3666,67 VA$$

$$n_{ctos_ramales}^{computadores} = \frac{(3666,67 VA / 120 V)}{20 A}$$

$$n_{ctos_ramales}^{computadores} = 2 \text{ por fase} = 6 \text{ en total}$$

Lo pertinente se hace con la carga consumida por los aires acondicionados pero esta vez utilizando el voltaje entre líneas debido a que los aires acondicionados necesitan una tensión de funcionamiento de 208 V:

$$VA_{A.A._x_fase} = 24000 VA/3$$

$$VA_{A.A._x_fase} = 8000 VA$$

$$n_{ctos_ramales}^{A.A.} = \frac{(8000 VA/208 V)}{40 A}$$

$$n_{ctos_ramales}^{A.A.} = 1 \text{ por fase} = 3 \text{ en total}$$

Además se añade un circuito ramal de 20 amperios para el tomacorriente de mantenimiento de los aires acondicionados y otro de 20 amperios para pequeños artefactos que se utilicen en las oficinas como calentadores o enfriadores de agua, hornos microondas, etc.

El tomacorriente adicional para mantenimiento para aires acondicionados, se debe colocar de acuerdo con lo especificado en el artículo 210-63 de la norma NTC2050.

En resumen se tiene lo siguiente:

Numero total de circuitos ramales de 15A	6
Numero total de circuitos ramales de 20A	8
Numero total de circuitos ramales de 40A	3
Total de circuitos ramales	17

Tabla 30. Número de circuitos ramales por capacidad nominal.

6.2.2.4. Calibre de los circuitos ramales y alimentador

Los calibres seleccionados para los circuitos ramales fueron los siguientes.

Circuitos de 15 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 14 AWG
Circuitos de 20 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 12 AWG
Circuitos de 40 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 8 AWG

Tabla 31. Calibre de conductores sin ajustar por circuito ramal.

El calibre de los conductores alimentadores se calcula de la siguiente manera:

$$I_{a\lim} = \frac{52268 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 208 \text{ V}}$$

$$I_{a\lim} = 145,08 \text{ A}$$

Para los alimentadores se selecciona un cable de cobre aislado THWN 75°C 1/0 AWG el cual soporta 150 A, esto sin realizar los ajustes pertinentes por regulación de tensión.

6.2.2.5. Conductor del neutro

Según lo establecido en artículo 220-22 de la NTC2050 La carga del neutro del alimentador debe ser la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor no puesto a tierra, por lo que se debe considerar las cargas de los computadores, la del circuito de pequeños artefactos y la de alumbrado y tomacorrientes de uso general.

Carga total alumbrado y tomas de uso general:	8760 VA
Carga total tomas de computadores:	11000 VA
Carga para pequeños artefactos:	1500 VA
<hr/>	
Total:	21260 VA

$$I_{neutro} = \frac{21260 VA}{\sqrt{3} * 208 V}$$

$$I_{neutro} = 59 A$$

Para esta corriente se selecciona un cable de cobre aislado THWN 75°C 6 AWG el cual soporta 65 A.

6.2.2.6. Conductor de puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra se debe calcular tanto para el alimentador como para o circuitos ramales.

Se sigue el mismo procedimiento hecho para la instalación de las aulas del 5 piso del Bloque 2, especificado en el numeral 4.1.2.5. de este documento.

Circuitos de 15 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 14 AWG
Circuitos de 20 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 12 AWG
Circuitos de 40 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 10 AWG

Tabla 32. Conductor de puesta a tierra.

6.2.2.7. Ajustes de los calibres de los conductores por regulación de tensión

Lo recomendado en la nota 4) del artículo 210-19 de la NTC2050 es que la caída de tensión, hasta la salida mas lejana de iluminación o fuerza, sea del 3% para circuitos ramales y de 5% para alimentador mas circuito ramal. Este ajuste no es de carácter obligatorio pero si se sigue así de esta manera se asegura, como lo dice la nota, una eficacia razonable de funcionamiento.

La salida más lejana se encuentra localizada en la esquina opuesta de la ubicación física del tablero de distribución. Tomando una medida a escala con base en el plano de planta se obtuvo una medida de 25,1 m.

Teniendo los datos de la distancia más lejana, la corriente nominal de cada circuito y la resistencia de cada conductor, se calcula la caída de tensión y se realizan los ajustes pertinentes.

Para esto se utiliza la ecuación 4 y 5 para circuitos ramales ya alimentador respectivamente, teniendo en cuenta que, para los circuitos ramales, se tienen diferentes niveles de tensión.

Circuito ramal	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	% Regulación circuito ramal
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	8,29	0,025	0,21	5,20
Computadores	5,21	0,025	0,13	4,36
Pequeños artefactos	5,21	0,021	0,11	3,56
Aires Acondicionados	2,06	0,025	0,05	1,99

Tabla 33. Regulación de tensión sin ajustar.

Se observa en la tabla 29 que solo el circuito ramal utilizado para alimentar los aires acondicionados cumple con la recomendación, por lo que se debe hacer un ajuste al calibre del conductor.

Al realizar el ajuste se seleccionaron los siguientes conductores:

Circuitos de 15 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 10 AWG
Circuitos de 20 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 10 AWG
Circuitos de 40 A	Alambre de Cobre THWN 75°C 8 AWG

Tabla 34. Calibre de conductores ajustados por circuito ramal.

Se recalcula la regulación de tensión con el nuevo calibre seleccionado.

Circuito ramal	Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	% Regulación circuito ramal
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	3,28	0,025	0,08	2,06
Computadores	3,28	0,025	0,08	2,74
Pequeños artefactos	3,28	0,021	0,07	2,24
Aires Acondicionados	2,06	0,025	0,05	1,99

Tabla 35. Regulación de tensión ajustada.

Una vez verificada la caída de tensión de cada circuito ramal se verifica la caída de tensión del alimentador y de los circuitos ramales más el alimentador.

Alimentador			
Resistencia (ohm/km)	Longitud del circuito (km)	Resistencia (ohm)	% Regulación alimentador
0,329	0,048	0,02	1,10

Tabla 36. Regulación de tensión del alimentador.

Circuito ramal	% Regulación circuito alimentador + ramal (V)
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	3,16
Computadores	3,85
Pequeños artefactos	3,34
Aires Acondicionados	3,09

Tabla 37. Regulación de tensión del alimentador mas circuito ramal.

6.2.2.8. Selección de la protección contra sobrecorriente

La protección contra sobrecorriente de cada circuito ramal y del alimentador se debe seleccionar según los valores nominales especificados en artículo 240-6 de la NTC2050. Se toma el valor de corriente nominal de cada circuito ramal para así especificar el de su protección.

Circuito ramal	Protección a sobrecorrientes (A)
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	15 A
Computadores	20 A
Pequeños artefactos	20 A
Mantenimiento de Aires Acondicionados	20 A
Aires Acondicionados	40 A (Bifásico)

Tabla 38. Protección de sobrecorriente de cada circuito.

Se reparte la ubicación física de las protecciones en dos tableros diferentes pero alimentados de los mismos conductores de alimentación.

La distribución y el número de espacios requeridos en el tablero se muestran a continuación:

Tablero 1	Número de breakers
Alumbrado y Tomas de uso general	6 monopolares
Tomas de computadores	6 monopolares
Total de espacios requeridos	12

Tabla 39. Número de breakers del tablero 1.

Tablero 2	Número de breakers
Aires Acondicionados	3 bipolares
Pequeños Artefactos	1 monopolar
Mantenimiento Aires Acondicionados	1 monopolar
Total de espacios requeridos	8

Tabla 40. Número de breakers del tablero 2.

Con el fin de estandarizar se seleccionan dos tableros de 16 espacios.

Para el alimentador se coloca un breaker totalizador trifásico de 150 A.

6.2.2.9. Número estimado de salidas de alumbrado y tomacorrientes

Con base en el plano propuesto para el diseño de las oficinas se estima lo siguiente:

Tomacorrientes de uso general	52
Tomacorrientes para mantenimiento de A.A	1
Tomacorrientes para pequeños artefactos	2
Tomacorrientes para computadores	22
Alumbrado ⁸	66
Total salidas	143

Tabla 41. Número total de salidas.

6.2.2.10. Selección de la canalización

Cada circuito ramal posee su canalización de manera independiente la cual porta un conductor vivo, un conductor de neutro y uno de tierra, para los circuitos de de 220 V nominales, se tienen dos conductores vivos y un conductor de puesta a tierra de equipos, los cuales se distribuyen y se derivan a las diferentes salidas. Con base en la agrupación de breakers realizada para cada tablero, se tiene la siguiente distribución de canalizaciones salientes de cada tablero:

	Número de conductores por canalización	Cantidad de canalizaciones necesarias
Tablero 1		
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	3	6
Computadores	3	6
	Total Tablero 1	12
Tablero 2		
Aires Acondicionados	3	3
Pequeños artefactos	3	1
Mantenimiento Aires Acondicionados	3	1
	Total Tablero 2	5

Tabla 42. Número total de canalizaciones por tablero.

⁸ Esto con base en el diseño realizado para la iluminación de las oficinas

Debido a que la sala de profesores es una instalación de menos de tres pisos y además se está construyendo, el uso de tubería eléctrica plegable no metálica es permitido mientras que esta se instale de manera oculta dentro de las paredes pisos y techos⁹.

Conociendo el número de conductores por canalización se procede a seleccionar el diámetro de la tubería necesario para alojar la cantidad de conductores requerida, esto se basado en la tabla C2 del apéndice C de la NTC2050.

	Diámetro de la tubería (pulg)	Cantidad de tubería salientes necesarias
Tablero 1		
Alumbrado y tomacorrientes de uso general	1/2	6
Computadores	1/2	6
	Total Tablero 1	12
Tablero 2		
Aires Acondicionados	3/4	3
Pequeños artefactos	1/2	1
Mantenimiento Aires Acondicionados	1/2	1
	Total Tablero 2	5

Tabla 43. Diámetro de las canalizaciones por tablero.

La tubería seleccionada para el alimentador es de 2 pulgadas, en la cual caben hasta 7 conductores calibre 1/0.

⁹ Ver Artículo 341-3 NTC 2050

6.2.3. PRESUPUESTO APROXIMADO DE MATERIALES

Al igual que para la instalación del quinto piso del bloque de aulas 2, se realizó un listado de materiales con su respectivo presupuesto aproximado de la ingeniería básica realizada en este trabajo para la instalación eléctrica de las oficinas de la nueva sala de profesores ubicada cerca a MalokaNet . Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Descripción	Longitud (m)	Unidad (U)	Precio por metro (\$/m)	Precio por unidad (\$/U)	Costo Total (\$)
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 8 AWG	48		2.737		131.376
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 10 AWG	390		1.723		671.970
ALAMBRE DE COBRE THWN 90°C 600V 14 AWG	170		741		125.970
BREAKER MONOPOLAR DE 15A		6		8.000	48.000
BREAKER MONOPOLAR DE 20A		8		11.000	88.000
BREAKER BIPOLAR DE 40A		3		38.000	114.000
BREAKER TOTALIZADOR TRIPOLAR DE 150A		1		230.000	230.000
CABLE DE COBRE DESNUDO 6 AWG.	40		6.158		246.320
CABLE DE COBRE THWN 90°C 600V 1/0 AWG	160		19.331		3.092.960
CAJA DE 2x4		50	2.500		125.000
CAJA DE 4x4		10	3.200		32.000
CAJA DE DISTRIBUCION SQUARE-D, 16 SLOTS		2		410.520	821.040
EMPALME DE TUBERIA DE 2 PULG		12	1.900		22.800
EMPALME DE TUBERIA DE 3/4 PULG		10	850		8.500
EMPALME DE TUBERIA DE 1/2 PULG		130	670		87.100
INTERRUPTOR SENCILLO PARA ALUMBRADO		23	4.500		103.500
TOMACORRIENTES DOBLE DE 120V 15A		77	5.000		385.000
TOMACORRIENTES SENCILLO DE 220V 20A		3	7.000		21.000
TUBERIA CONDUIT DÍA: 2 PULG	20		4.800		96.000
TUBERIA CONDUIT DÍA: 3/4 PULG	18		3.200		57.600
TUBERIA CONDUIT DÍA: 1/2 PULG	170		2.000		340.000
LAMPARA FLUORECENTE 2X40		36		52.000	1.872.000
CINTA AISLANTE		5		11.000	55.000
CURVA PARA TUBERIA 2 PULG		8		1.500	12.000
CURVA PARA TUBERIA 3/4 PULG		6		450	2.700
CURVA PARA TUBERIA 1/2 PULG		80		270	21.600
TOTAL					8.811.436

Tabla 44. Listado y presupuesto de materiales de la instalación eléctrica de las oficinas de la nueva salas de profesores.

6.3. CÁLCULO DE LOS TRANSFORMADORES

Para el cálculo del transformador se utilizaron datos medidos de los tableros de distribución existentes en la Universidad. Estos datos fueron tomados a Octubre del año 2007. La curva de demanda del tablero que alimenta el bloque 2, el auditorio, oficinas administrativas y laboratorios de ingeniería industrial y mecánica, el cual se le llamó TB1, es la que se observa en el anexo E y la curva de demanda del tablero que alimenta el bloque 1, el comedor de profesores, oficina de rectoría y el almacén, el cual se le llamó TB2, es la que se observa en el anexo F.

Como se puede apreciar en TB1, máximo pico de potencia consumida es 149,8 kVA y para el tablero TB2 es 127,7 kVA, por lo que se toman estos valores como referencia para calcular los transformadores necesarios para suministrar energía a la carga total.

Conocida la potencia consumida por las aulas del quinto piso del bloque de aulas 2, se le adiciona el pico de potencia registrado en la medición para así obtener la potencia del transformador:

$$VA_{TRAF01} = 149,8kVA + 16,65kVA$$

$$VA_{TRAF01} = 166,45kVA$$

Se elige un transformador de 200 kVA.

Para la sala de profesores se tiene:

$$VA_{TRAF02} = 127,7kVA + 52,5kVA$$

$$VA_{TRAF02} = 180,2 kVA$$

Se elige un transformador de 200 kVA.

7. CONCLUSIONES

- Con base en los datos de carga tomados de los tableros existentes en las subestaciones se observó que los transformadores que alimentan a la universidad se encuentran sobrecargados, por lo que era necesario recalcular el valor de los transformadores con la nueva carga a añadir, es por esto que siempre se debe hacer un estudio eléctrico de cargabilidad antes de incluirla o de cargarla a un determinado transformador para evitar estos problemas.
- Los conductores de una instalación eléctrica nunca debe ser seleccionados bajo ninguna circunstancia únicamente por su capacidad de corriente, sino también por la regulación de tensión que se tenga en dicho circuito, es por esto que se debe considerar la salida más lejana de este circuito, tal como lo indica la norma, para así evitar inconvenientes al conectar equipos sensibles a caídas de tensión en estas salidas.
- Mientras se pueda se debe mantener siempre el equilibrio entre las fases a la hora de añadir una carga a un sistema trifásico, para así evitar tener corrientes muy elevadas de retorno por el neutro y mantener así un sistema trifásico lo mas balanceado posible. Cabe aclarar que es muy complicado mantener el sistema balanceado al 100%, lo que se debe es evitar grandes desbalances entre las corrientes de fase.
- En sistemas desbalanceados no se deben utilizar las ecuaciones de sistemas trifásicos balanceados que son las que normalmente se conocen, en vez de esto se debe hacer un análisis de las corrientes circundantes en cada una de las ramas de los circuitos, teniendo en cuenta las magnitudes y el desfase propio de un sistema trifásico tetrafilas en estrella, como es el

caso en el análisis hecho para la instalación eléctrica de las aulas del quinto piso del bloque 2.

- Para la obtención de un diseño óptimo y racional de iluminación en cualquier local se deben tener en cuenta tres factores fundamentales los cuales son: nivel de iluminación teniendo en consideración las características y actividades desarrolladas dentro del local, tipo de iluminación (directa, semidirecta, semi-indirecta, indirecta) y tipo de lámpara y luminaria teniendo en cuenta las exigencias fotométricas del sitio.
- Un buen estudio y diseño de la iluminación en un local, garantiza buenos niveles de luz al momento de realizar las actividades dentro de este y por consiguiente mayor eficiencia en los trabajos. Por otro lado una buena iluminación es esencial para mantener los niveles de visión dentro de los parámetros normales de las personas que están la mayor parte del tiempo dentro del local.

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Código Eléctrico Colombiano. Primera Actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 1041p. NTC 2050.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. Resolución Número 180466 de 2 de Abril de 2007. Santafé de Bogotá D.C.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. National Electrical Code. NEC, 2008. 822p. Massachusetts, Estados Unidos de America. NFPA 70.

VITTORIO Re. Iluminacion interna. Marcombo Boixareu Editores.

HICKEY, Robert B. Electrical Engineer's Portable Handbook. 2 ed. McGraw – Hill. 2004. 610p.

ANEXO A

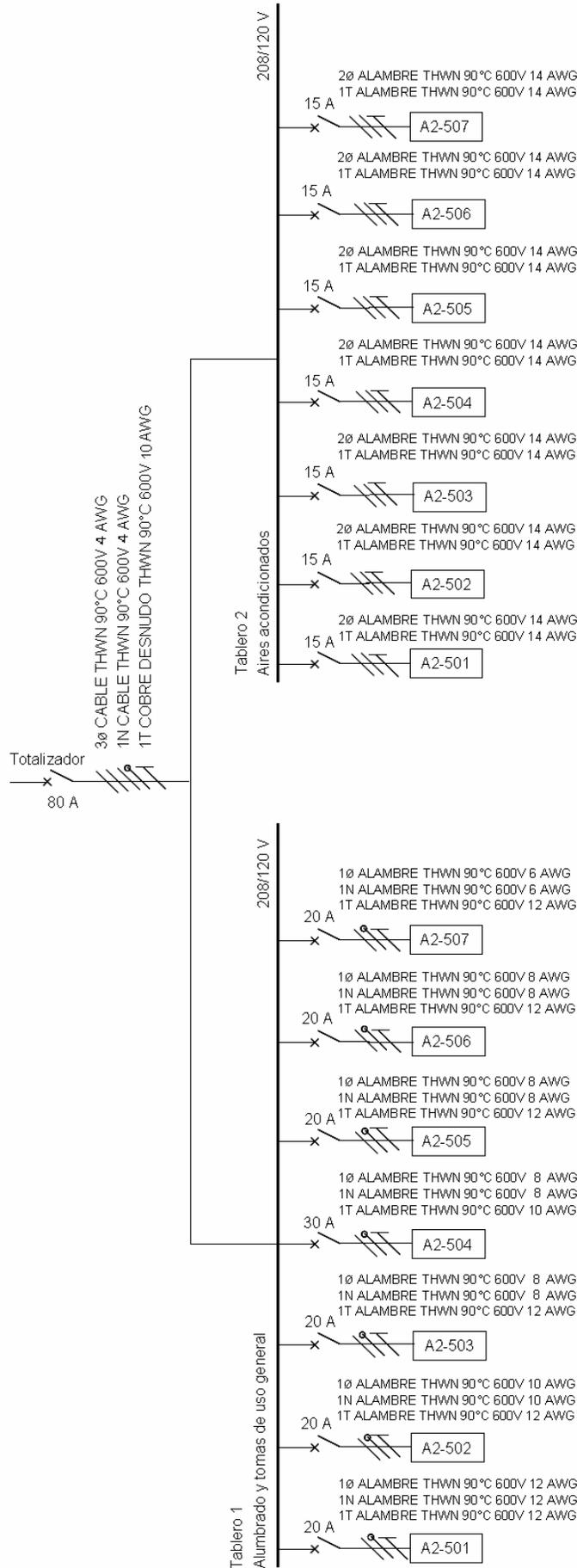


Figura 12. Diagrama Unifilar Aulas 5 piso Bloque 2

ANEXO B

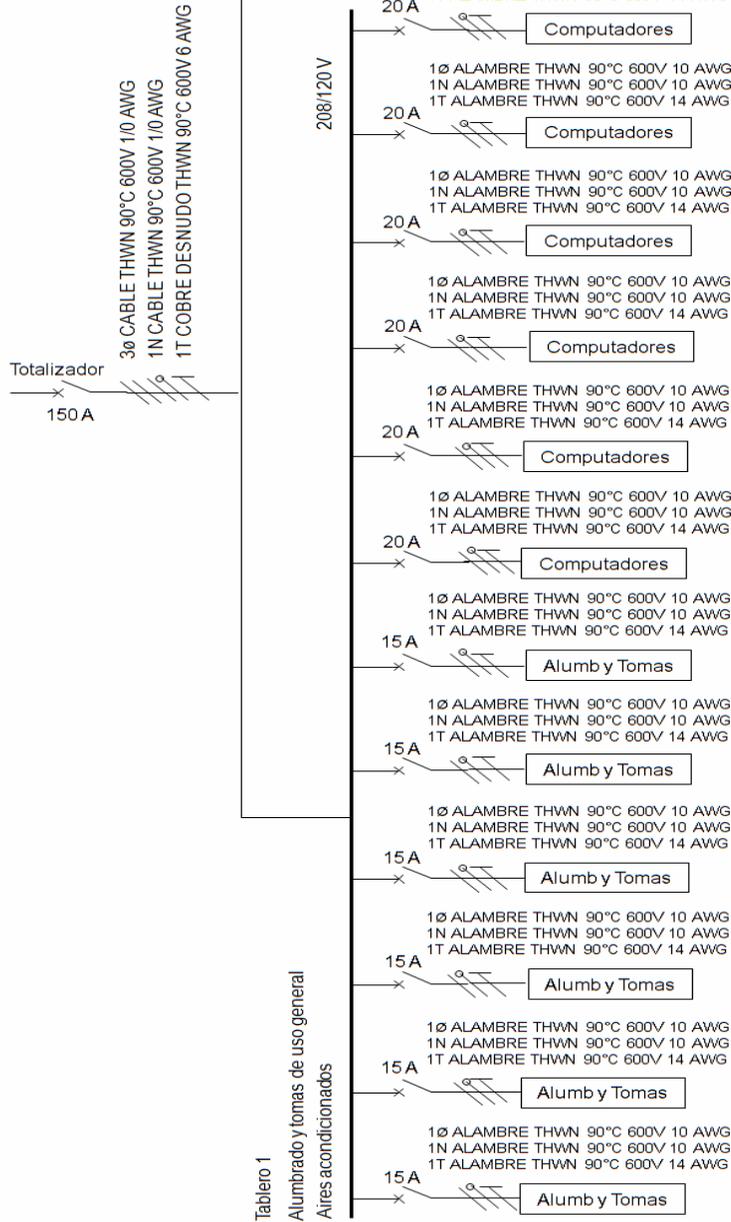


Figura 13. Diagrama Unifilar Oficinas Sala de Profesores

ANEXO E

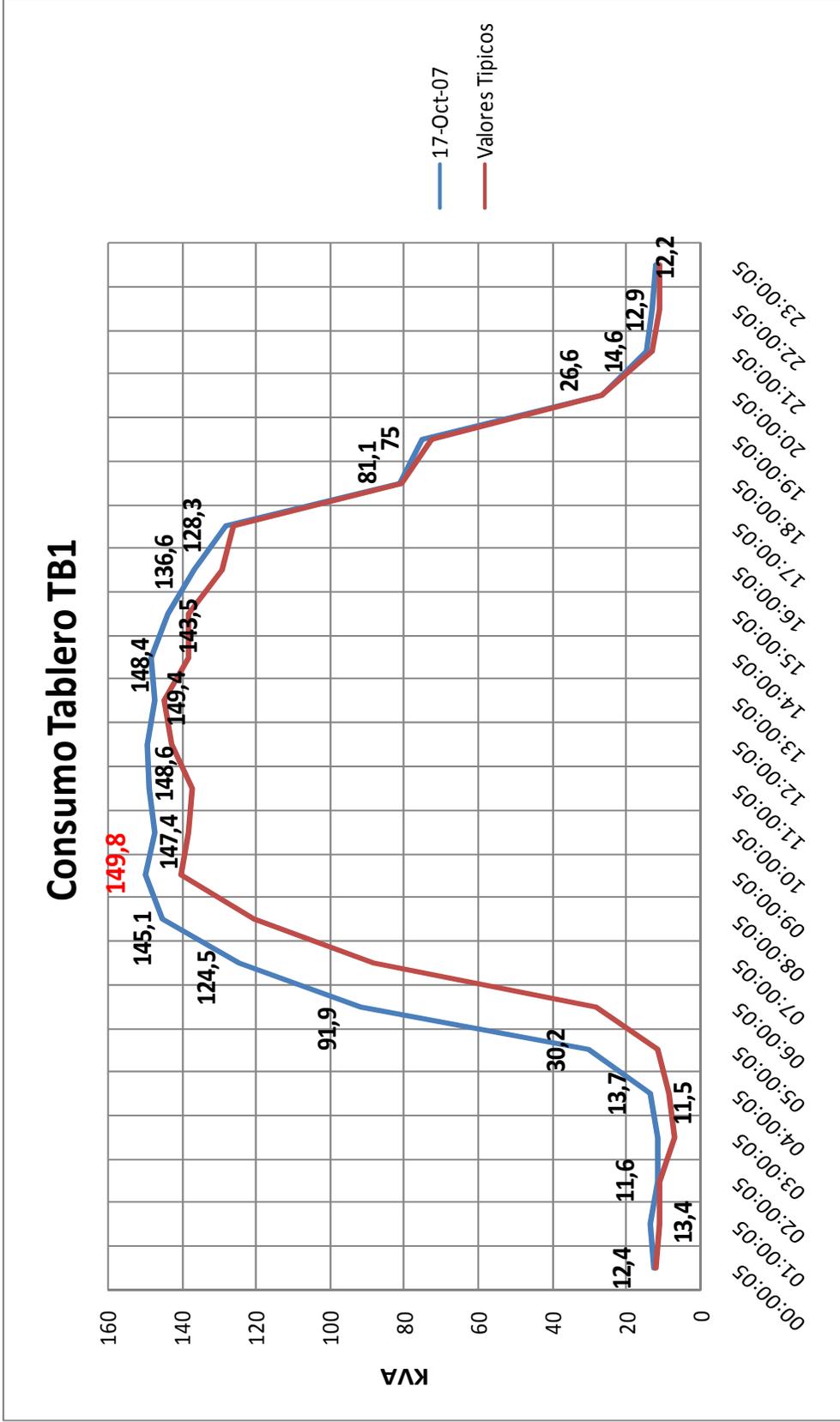


Figura 14. Carga del tablero alimentador del Bloque 2

ANEXO F

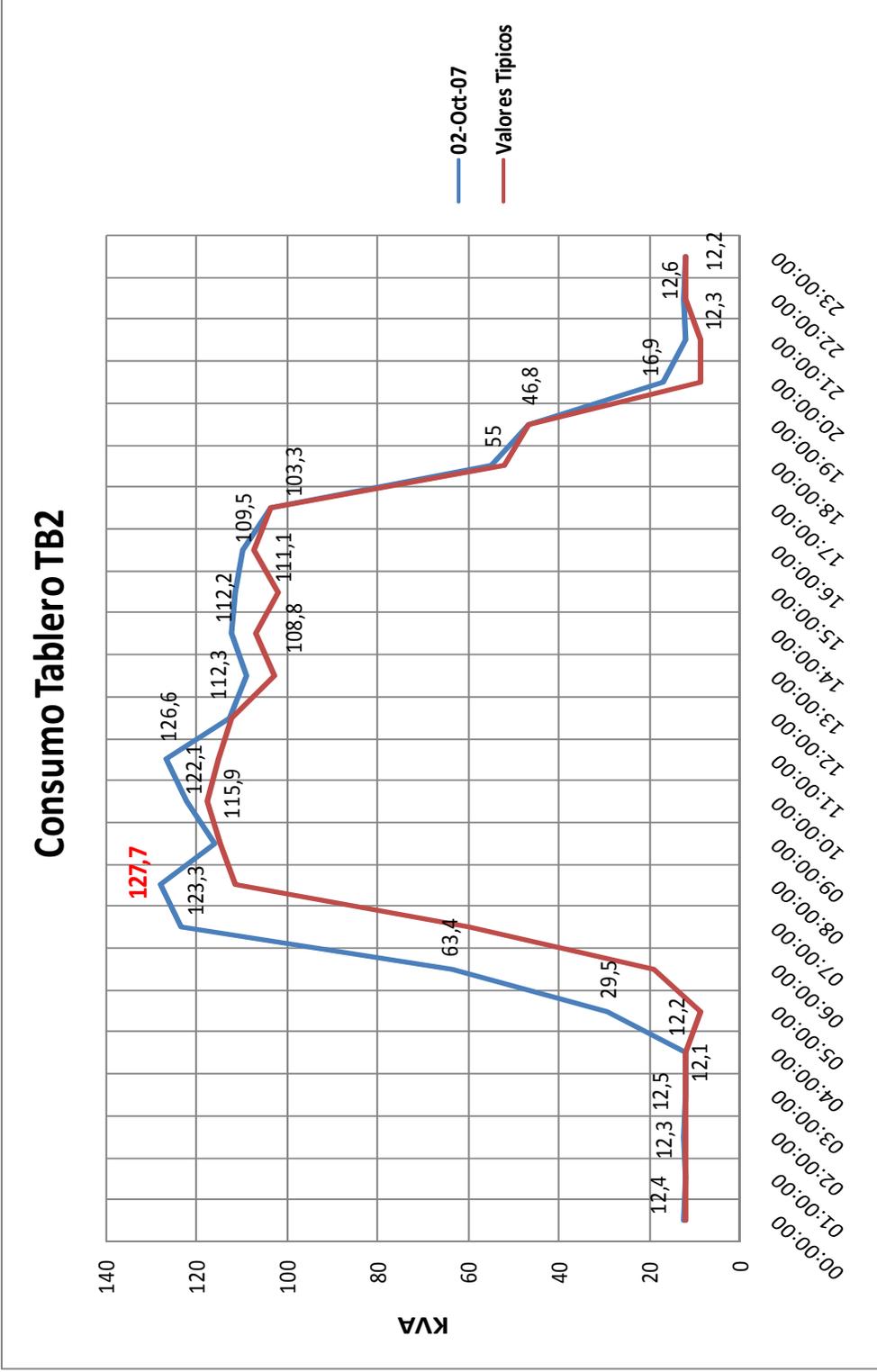


Figura 15. Carga del tablero alimentador del edificio de sala de profesores

ANEXO G

CUADROS DE CARGA DE CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

TABLERO DE RAMALES FASE NEUTRO										
NUMERO DEL CIRCUITO	ILUMINACIÓN Y TOMA CORRIENTES (VA)	VENTILADORES (VA)	CARGA (VA)	CORRIENTE			CALIBRE (AWG)	PROTECCIÓN	TUBERIA	DESCRIPCIÓN
				L1	L2	L3				
1	1568	300	2335	19,44			3#12	1x20	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-501
2	1568	300	2335	19,44			2#10+1#12	1x20	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-502
3	1568	300	2335		19,44		2#8+1#12	1x20	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-503
4	1568	300	2335		19,44		2#8+1#12	1x20	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-505
5	1568	300	2335			19,44	2#6+1#12	1x20	3/4"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-507
6										Reserva
7	1824	300	2655	22,11			2#8+1#10	1x30	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-504
8										Reserva
9	1568	300	2335		19,44		2#8+1#12	1x20	1/2"	Luces, tomas y ventiladores del aula A2-506
10										Reserva
11										Reserva
12										Reserva
13										Reserva
14										Reserva
15										Reserva
16										Reserva
TOTAL			16665	60,99	58,32	19,44				

Tabla 45. Cuadro de cargas Tablero de Ramales Fase-Neutro de Aulas Bloque 2 Quinto Piso.

TABLERO DE RAMALES FASE FASE										
NUMERO DEL CIRCUITO	AIRES ACONDICIONADOS (W)	CARGA (W)	CORRIENTE			CALIBRE (AWG)	PROTECCIÓN	TUBERIA	DESCRIPCION	
			L1	L2	L3					
1			11,21			3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-501	
3	2331,25	2331,25		11,21			1x15			
2			12,21			3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-502	
4	2331,25	2331,25		12,21			1x15			
5			12,21			3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-504	
7	1165,63	1165,63		12,21			1x15			
6				10,6		3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-503	
8	2331,25	2331,25			10,6		1x15			
9	1165,63	1165,63		10,6		3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-505	
11					10,6		1x15			
10	2331,25	2331,25		10,6		3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-506	
12					10,6		1x15			
13	2331,25	2331,25	10,6			3#14	1x15	1/2"	Aire acondicionado aula A2-507	
15	2331,25	2331,25			10,6		1x15			
14									Reservas	
16										
TOTAL		13987,51	46,23	67,43	31,8					

Tabla 46. Cuadro de cargas Tablero de Ramales Fase-Neutro de Aulas Bloque 2 Quinto Piso.

TABLERO 1

NUMERO DEL CIRCUITO	ILUMINACIÓN Y TOMA CORRIENTES (W)	COMPUTADORES (W)	CARGA (W)	CORRIENTE			CALIBRE (AWG)	PROTECCIÓN	TUBERIA	DESCRIPCIÓN
				L1	L2	L3				
1	1460		1460	12,17			3#14	1x15	½"	Luces y tomas de oficinas S1 a S6
2	1460		1460	12,17			3#14	1x15	½"	Luces y tomas de oficinas S7 a S10 incluyendo SR
3	1460		1460		12,17		3#14	1x15	½"	Luces y tomas de oficinas I1 a I6
4	1460		1460		12,17		3#14	1x15	½"	Luces y tomas de oficinas I7 a I10 incluyendo IR
5	1460		1460			12,17	3#14	1x15	½"	Luces y tomas de la sala de reuniones principal
6	1460		1460			12,17	3#14	1x15	½"	Luces de los pasillos
7		1833,33	1833,33	15,28			3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas S1 a S4
8		1833,33	1833,33	15,28			3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas S5 a S8
9		1833,33	1833,33		15,28		3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas S9, S10 y SR
10		1833,33	1833,33		15,28		3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas I1, I2, I10 e IR
11		1833,33	1833,33			15,28	3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas I3 a I6
12		1833,33	1833,33			15,28	3#12	1x20	½"	Tomas de computadores de oficinas I7 a I9
13										Reserva
14										Reserva
15										Reserva
16										Reserva
TOTAL			19759,98	54,9	54,9	54,9				

Tabla 47. Cuadro de cargas Tablero 1 de Nueva Sala de Profesores

TABLERO 2										
NUMERO DEL CIRCUITO	AIRES ACONDICIONADOS (W)	PEQUEÑOS ARTEFACTOS Y MANTENIMIENTO DE AIRES	CARGA (W)	CORRIENTE			CALIBRE (AWG)	PROTECCIÓN	TUBERIA	DESCRIPCION
				L1	L2	L3				
1				36,36			2#8+1#10	1x40	3/4"	Aire acondicionado unidad 1
3	8000		8000		36,36			1x40		
2		1500	1500	12,5			3#14	1x15	1/2"	Pequeños artefactos
4		2000	2000		16,67		3#12	1x20	1/2"	Mantenimiento de aires acondicionados
5						36,36		1x40		Aire acondicionado unidad 3
7	8000		8000	36,36			2#8+1#10	1x40	3/4"	
6										Reserva
8										Reserva
9					36,36					Aire acondicionado unidad 2
11	8000		8000			36,36	2#8+1#10	1x40	3/4"	
10								1x40		Reserva
12										Reserva
13										Reserva
15										Reserva
14										Reserva
16										Reserva
TOTAL			27500	85,22	89,39	72,72				

Tabla 48. Cuadro de cargas Tablero 2 de Nueva Sala de Profesores

ANEXO H

DIAGRAMAS DE CONEXIÓN PARA CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

DIAGRAMA DE CONEXION:
TABLERO RAMALES FASE NEUTRO
AULAS QUINTO PISO BLOQUE 2

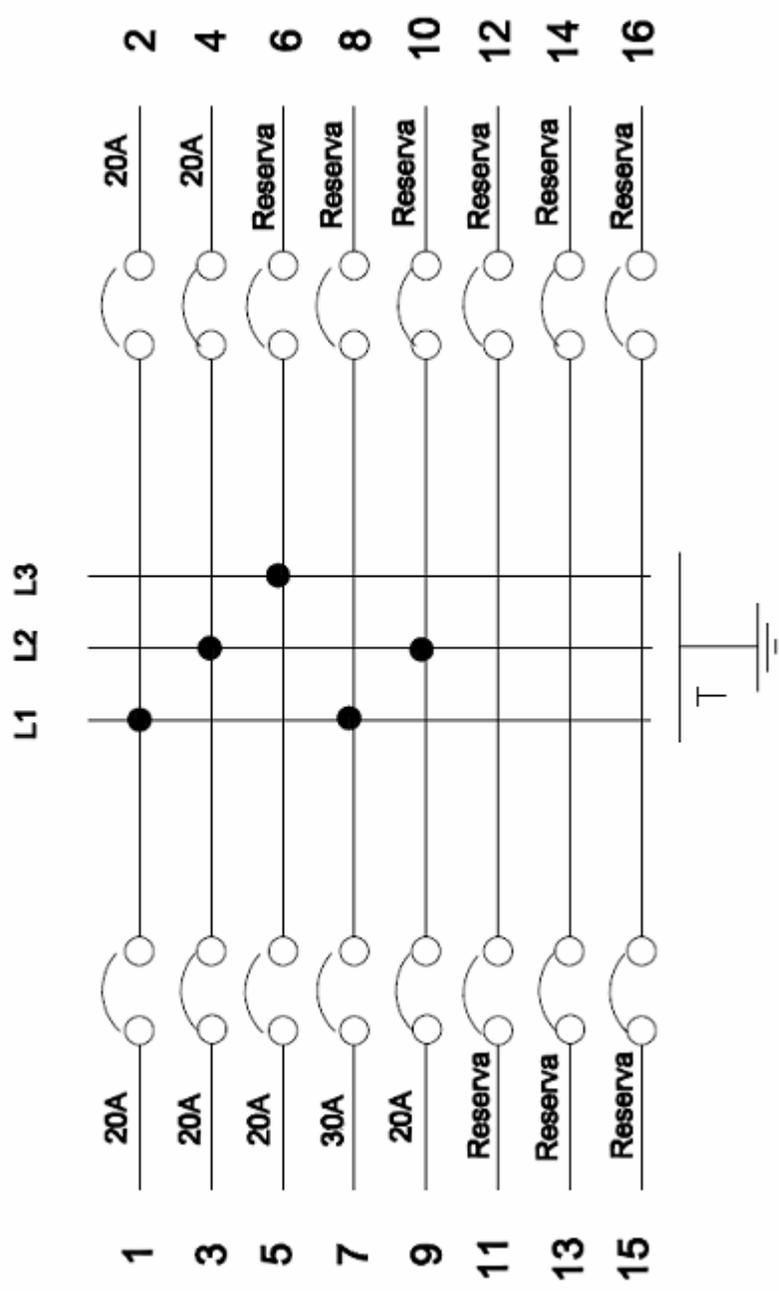


Figura 16. Diagrama de conexión del tablero de ramales de fase-neutro de las aulas del quinto piso del bloque 2

DIAGRAMA DE CONEXION:
TABLERO RAMALES FASE FASE
AULAS QUINTO PISO BLOQUE 2

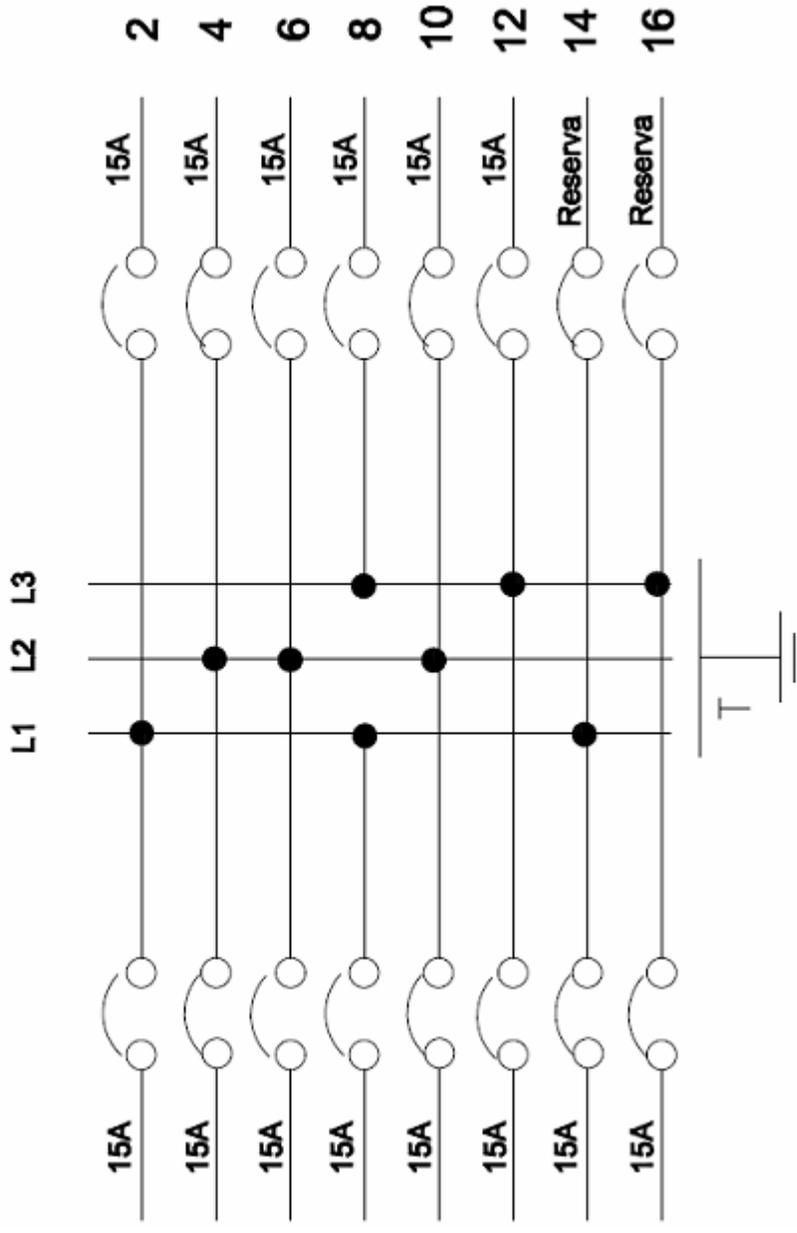


Figura 17. Diagrama de conexión del tablero de ramales de fase-fase de las aulas del quinto piso del bloque 2

DIAGRAMA DE CONEXION:

TABLERO 1
NUEVA SALA DE PROFESORES

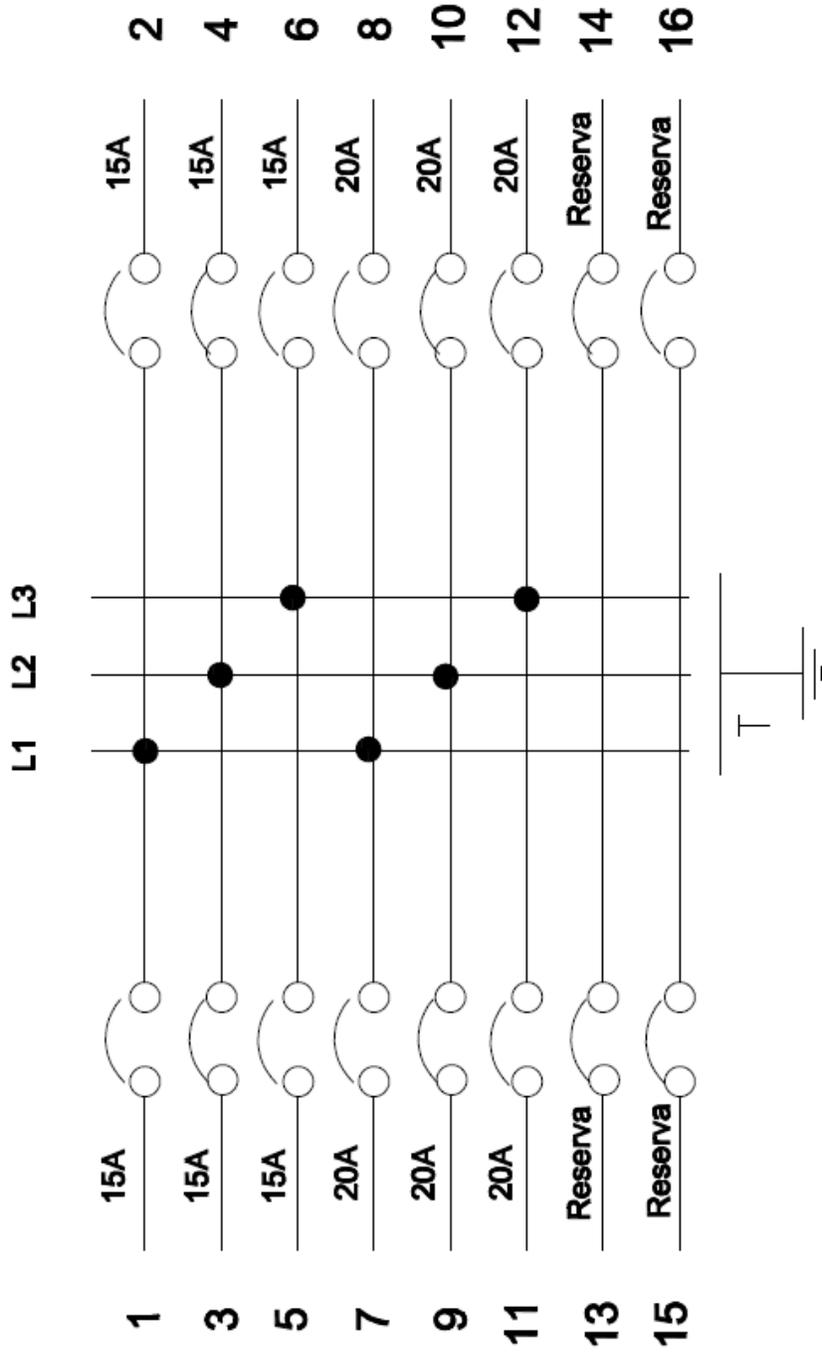


Figura 18. Diagrama de conexión del tablero 1 de las oficinas de la nueva sala de profesores

DIAGRAMA DE CONEXION:

TABLERO 2
NUEVA SALA DE PROFESORES

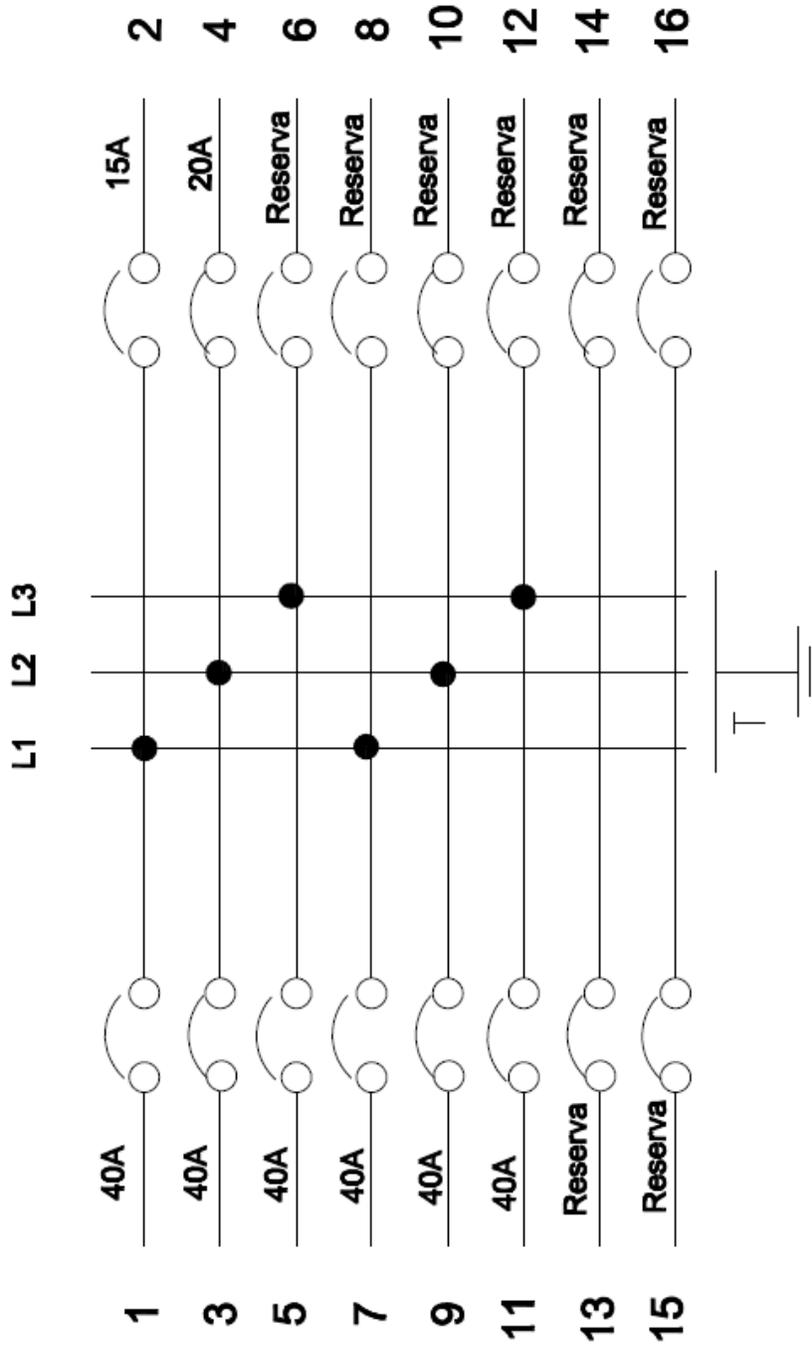


Figura 19. Diagrama de conexión del tablero 2 de las oficinas de la nueva sala de profesores

