

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ESTUDIO DE CARGA Y DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA ESCUELA ALFREDO BOADA ESPÍN DEL CANTÓN PEDRO MONCAYO.

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECÁNICA

MAURICIO ANDRÉS VALENCIA AGUIRRE
mauricio.valencia.aguirre@gmail.com

DIRECTOR: ING. CHRISTIAN BONILLA RIBADENEIRA
christian.bonillar@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. MÓNICA VINUEZA RHOR
monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, Abril, 2018

DECLARACIÓN

Yo, Mauricio Andrés Valencia Aguirre, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de la Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Mauricio Andrés Valencia Aguirre

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mauricio Andrés Valencia Aguirre, bajo nuestra supervisión.

Ing. Christian Bonilla Ribadeneira
DIRECTOR DEL PROYECTO

Msc. Mónica Vinuesa
CODIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a mi madre Gloria Mercedes Aguirre González y mi padre Eduardo Valencia, por su ejemplo de trabajo y cariño.

A mis hermanos Paola, Juan, Francisco por su colaboración incondicional.

A Sofía, mi compañera de vida por ayudarme a pulir mi espíritu.

A mi tutor el Ing. Christian Bonilla Ribadeneira, y codirectora Ing. Mónica Vinuesa Rhor quien con su amabilidad y paciencia ha guiado mi proyecto.

Igual quiero agradecer, a todos quienes fueron mis profesores de la Escuela Politécnica Nacional quienes brindaron su conocimiento incondicionalmente.

DEDICATORIA

Dedico a Valentina y Abraham para que el presente proyecto sea muestra de perseverancia y logren alcanzar sus metas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN.....	X
PRESENTACIÓN	XI
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 RESEÑA HISTÓRICA	3
1.5 GENERALIDADES	4
1.5.1 Sistema Eléctrico Interconectado	4
1.5.2 Diseño Eléctrico	4
1.5.3 Instalación eléctrica de bajo voltaje.....	4
1.5.4 Estudio de carga eléctrica.....	6
1.5.5 Potencia Eléctrica	8
1.5.6 Sistemas de Iluminación	10
1.5.7 Protección de los circuitos eléctricos.....	14
1.5.8 Caída de Voltaje.....	19
1.5.9 Sistema de puesta a tierra	20
1.6 CARGA Y DEMANDA	23
1.7 DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DE LA ESCUELA.....	26
1.7.1 Bloque antiguo	27
1.7.2 Bloque estructura mixta	28
1.7.3 Bloque de aulas prefabricadas.	29
1.7.4 Edificación moderna	30
1.7.5 Estado actual de la instalación eléctrica de la Escuela.	30
1.7.6 Iluminación Exterior	33
1.7.7 Acometida de la escuela.....	33

1.7.8 Tableros de la Escuela Alfredo Boada Espín.....	34
1.7.9 Tableros Auxiliares.....	35
1.8 LEVANTAMIENTO DE LA CARGA	37
CAPÍTULO II	38
2. METODOLOGÍA.....	38
2.1 DISEÑO ELÉCTRICO	38
2.2 DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN DE LOS BLOQUES DE LA ESCUELA.	38
2.2.1 Cálculo de luminarias interiores.....	38
2.2.2 Tabulación de la iluminación de los bloques de la escuela	41
2.2.3 Cálculo de iluminación exterior	43
2.3 DETERMINACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES Y FUERZA... 45	
2.3.1 Normas de circuitos de tomacorrientes:.....	45
2.4 UBICACIÓN, DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS EN SUB-TABLEROS.....	50
2.5 DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS	57
2.5.1 Fórmulas para el cálculo de calibre y protecciones del conductor.	57
2.5.2 Distribución de circuitos y protecciones en el tablero principal	66
2.6 CAÍDA DE VOLTAJE EN LOS CIRCUITOS	67
2.7 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	68
2.7.1 Diseño de la malla de puesta a tierra para la escuela.	68
CAPÍTULO III	74
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
3.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	74
CAPÍTULO IV	76
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
4.1 Conclusiones	76
4.2 Recomendaciones.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	80
Anexo 1.....	81
Anexo 2.....	97
Anexo 3.....	99
Anexo 4.....	103
Anexo 5.....	105
Anexo 6.....	107
Anexo 7.....	109

Anexo 8.....	111
Anexo 9.....	113
Anexo 10.....	115
Anexo 11.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Resumen de potencias monofásicas.....	9
Tabla 1.2 Cálculo del índice del local	11
Tabla 1.3 Coeficientes de fuentes de reflexión.....	12
Tabla 1.4 Coeficiente de mantenimiento resumido	12
Tabla 1.5 Corresponde a la iluminación general del recinto	13
Tabla 1.6 Valores máximos de tensión de contacto aplicada a un ser humano.....	20
Tabla 1.7 Resistividad del suelo	23
Tabla 1.8 Plantilla para la determinación de la demanda	24
Tabla 1.9 Levantamiento de la carga actual.....	37
Tabla 2.1 Cálculo y dimensionamiento de la iluminación del bloque antiguo.....	42
Tabla 2.2 Cálculo y dimensionamiento de iluminación del bloque de estructura mixta	42
Tabla 2.3 Cálculo y dimensionamiento de iluminación del bloque de aulas prefabricadas	43
Tabla 2.4 Cálculo de iluminación del patio de la escuela.....	45
Tabla 2.5 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque antiguo	46
Tabla 2.6 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque antiguo	47
Tabla 2.7 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque de aulas prefabricadas ..	47
Tabla 2.8 Determinación de carga y demanda.....	48
Tabla 2.9 Ubicación de los sub-tableros.....	56
Tabla 2.10 Sub-tableros para cada circuito	56
Tabla 2.11 Protecciones y calibre del conductor para el STD-A.....	61
Tabla 2.12 Protecciones y calibre del conductor para el STD-B.....	62
Tabla 2.13 Protecciones y calibre del conductor para el STD-C	62
Tabla 2.14 Protecciones y calibre del conductor para el STD-D	63
Tabla 2.15 Protecciones y calibre del conductor para el STD-E.....	63
Tabla 2.16 Protecciones y calibre del conductor para el STD-F	64
Tabla 2.17 Protecciones y calibre del conductor para el STD-G	64
Tabla 2.18 Protecciones y calibre del conductor para el STD-H	65
Tabla 2.19 Protecciones y calibre del conductor para la iluminación exterior.	65
Tabla 2.20 Protecciones y calibres del conductor para los subtableros	66
Tabla 2.21 Determinación de la caída de tensión de los sub-tableros de la escuela...	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Triángulo de potencias (magnitudes)	9
Figura 1.2 Parte de un interruptor automático	16
Figura 1.3 Tipos de curvas del magneto-térmico	17
Figura 1.4 Interruptor diferencial partes internas.....	18
Figura 1.5 Características del interruptor diferencial.....	18
Figura 1.6 Método Wenner para medir la resistividad del suelo	22
Figura 1.7 Bloque antiguo de la fachada externa e interna.....	27
Figura 1.8 Bloques de estructura mixta	28
Figura 1.9 Bloque aulas prefabricadas.	29
Figura 1.10 Edificación nueva de la Escuela Alfredo Boada Espín	30
Figura 1.11 Daños del bloque antiguo	31
Figura 1.12 Estado actual las instalaciones eléctricas	32
Figura 1.13 Baños de las aulas prefabricadas	32
Figura 1.14 Iluminación exterior de la escuela	33
Figura 1.15 Acometida principal de la Escuela Alfredo Boada	34
Figura 1.16 Tablero principal de la escuela.....	34
Figura 1.17 Estado de cajas de distribución de aulas del bloque antiguo	36
Figura 1.18 Cajas de distribución del bloque de aulas prefabricadas.....	36
Figura 2.1 Tubo Led Sylvania	40
Figura 2.2 Luminaria Led T8 Sylvania	41
Figura 2.3 Transformador monofásico trifilar	50
Figura 2.4 Esquema de subtableros	51

RESUMEN

Se presenta en el proyecto una manera de realizar una oferta de estudio de carga, diseño de una instalación eléctrica en una infraestructura de construcción mixta para la Escuela Alfredo Boada Espín.

El presente proyecto se desarrolla en cuatro capítulos que se resumen a continuación:

Primer Capítulo: Consta de una breve introducción de la Escuela Alfredo Boada Espín, conceptos básicos de un sistema eléctrico, el estado actual de la instalación eléctrica por lo cual se informa como está compuesta por medio de bloques, y los diferentes tipos de salones que existen y finalmente se aborda el estudio de carga.

Segundo Capítulo: En este capítulo se aborda el diseño de la instalación eléctrica a realizarse de acuerdo a las normas NEC, código eléctrico ecuatoriano, también se presenta un presupuesto referencial de la instalación eléctrica de bajo voltaje.

Tercer Capítulo: En este capítulo se presenta los resultados del nuevo diseño de la instalación eléctrica y los motivos por los cuales se debe implementar o realizar.

Cuarto Capítulo: Consta de las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la elaboración del trabajo monográfico.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro de un ámbito de interés para un futuro desarrollo de una instalación eléctrica de bajo voltaje de la Escuela Alfredo Boada Espín ubicado en el Cantón Pedro Moncayo parroquia Tabacundo. El cual indica una manera de elaborar un estudio de carga y diseño adecuado, aplicando diferentes normas, poniendo énfasis en las Norma de la Construcción Ecuatoriana 11 capítulo 15.

Todo esto parte de la toma de datos del estado actual de la instalación eléctrica de la Escuela, seguido se presentó el estudio de carga actual con el nuevo diseño adecuado, el cual cumple las normas establecidas para su aprobación.

También, el presente trabajo sirve como una guía a técnicos, y personas involucradas en el campo eléctrico para conocer una manera adecuada de realizar un estudio de carga y diseño eléctrico de una escuela que sea eficiente, seguro, económico y confiable.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Escuela Alfredo Boada Espín se encuentra ubicada en la parroquia Tabacundo del cantón Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha.

La Escuela Alfredo Boada Espín tiene como infraestructura 4 bloques que son:

- Bloque de estructura mixta
- Bloque antiguo
- Bloque de aulas prefabricadas
- Bloque nuevo

El bloque antiguo consta de dos plantas y es considerado como patrimonio cultural, actualmente en este funcionan: aulas, salones y la dirección. Los problemas de este bloque son: conductor eléctrico deteriorado, falta de diseño de luminarias, falta de tomacorrientes en aulas, falta de protecciones eléctricas y falta de conexión a tierra.

El bloque de estructura mixta tiene tres plantas, las dos primeras plantas son aulas, en la tercera planta tiene un laboratorio de computación y un laboratorio de ciencias naturales, los problemas de este bloque son: material eléctrico deteriorado, falta de tomacorrientes y sin conexión a tierra.

El bloque de aulas prefabricadas lo conforman aulas, departamento de consejería, cocina, bar, baños. Los problemas de este bloque son: falta de instalación eléctrica en baños, sin alimentador principal y sin protecciones eléctricas y sin conexión a tierra.

El bloque nuevo consta de aulas, y se construyó hace pocos años atrás las autoridades de la escuela piden no realizar ningún trabajo o diseño en este bloque.

En ambientes asistenciales y educacionales deberán proyectarse circuitos exclusivos de tomacorrientes y circuitos exclusivos de iluminación. [1]

Como actualmente se encuentra la instalación eléctrica de la escuela y los problemas que acarrea trabajar con la misma, plantean las autoridades de la escuela se realice un nuevo diseño de las instalaciones eléctricas del bloque antiguo, bloque de estructura mixta y aulas prefabricadas para que brinde seguridad, economice el consumo, y asegure eficiencia en el sistema.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se brindará un diseño eléctrico confiable, seguro, eficiente, y se abaratará costos en el consumo de energía eléctrica diseñando con iluminación LED. Los principales beneficiarios serán los estudiantes, personal docente y demás personas que usen las instalaciones de la Escuela Alfredo Boada Espín.

Este diseño es de gran utilidad para la Escuela de Educación Básica Alfredo Boada Espín, ya que servirá para la ejecución de una instalación eléctrica que cumpla con las Normas Electromecánicas de la Construcción, (NEC).

El Objeto del código de las norma NEC 11 Capítulo 15 es fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Bajo Voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas. [1]

El estudio adecuado de este sistema representa para la Escuela seguridad, confianza y ahorro de energía, con esto optimizará recursos económicos y

rapidez en localización de fallas, ahorrando tiempo para futuras implementaciones eléctricas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Realizar el estudio de carga y diseño de Instalaciones Eléctricas para la Escuela Alfredo Boada Espín del Cantón Pedro Moncayo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de las instalaciones eléctricas de la Escuela Alfredo Boada Espín.
- Definir el tipo de carga y realizar el cálculo de los componentes relacionados.
- Efectuar el diseño de las nuevas instalaciones eléctricas de bajo voltaje

1.4 RESEÑA HISTÓRICA

En Tabacundo en el año 1902, había una sola escuela que recibía a toda la población en edad escolar, esta escuela se llamaba: "Escuela de Tabacundo N°. 11. El cambio del nombre del plantel, de Escuela de Tabacundo N°. 11, al de escuela "Francia," nombre que se lo puso por alguna ayuda simbólica que daba la Embajada de Francia, al plantel. Con esta denominación, la escuela funcionó desde el año 1928 hasta el año 1966, fecha en la cual pasó a llamarse Escuela "Alfredo Boada Espín". Desde su inicio la escuela funcionó donde se encuentra actualmente en las calles Rocafuerte y Sucre, fue casa de una familia muy numerosa, cuyo propietario era el señor Ramón Hermosa.

La escuela trabajaba en dos jornadas matutina y vespertina, por las noches tenía un programa de alfabetización.

1.5 GENERALIDADES

1.5.1 Sistema Eléctrico Interconectado

El sistema eléctrico consta de etapas como generación, transmisión, distribución y finalmente el consumo, este sistema se basa en la transportación de la energía eléctrica desde el punto de generación hasta el punto de consumo que debe ser confiable, eficiente y económico. [2]

1.5.2 Diseño Eléctrico

Un diseño eléctrico es generar un plano donde se ubique componentes tales como luminarias, tomacorrientes, cables, accesorios eléctricos, etc. en sitios precisos que satisfagan las necesidades de las personas y del sitio, para lo cual se debe basar en normas vigentes del país que se esté realizando el trabajo eléctrico. [3]

1.5.3 Instalación eléctrica de bajo voltaje

Se llama instalación eléctrica de bajo voltaje al conjunto de elementos los cuales permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos). [4]

- **Acometida**

Conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar energía desde la red de distribución hasta el medidor o tablero principal de la instalación del interior. [5]

- **Alimentador**

Es el conjunto de conductores que llegan al tablero principal y que abastece a uno o varios tableros de distribución. [6]

- **Sub-alimentadores**

Son los conductores que van desde el tablero principal hasta los tableros de distribución. [6]

- **Tableros**

Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella y deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de personas e instalación. [1]

La cantidad de tableros que sea necesario para el comando y protección de una instalación se determina buscando salvaguardar la seguridad y tratando de obtener la mejor funcionalidad y flexibilidad en la operación de dicha instalación, tomando en cuenta la distribución y finalidad de cada uno de los ambientes en que estén subdivididos el o los edificios componentes de la propiedad. [1]

- **Ubicación de los tableros**

El equipo colocado en un tablero debe cumplir con las normas correspondientes y los requisitos establecidos por las empresas de suministro de energía eléctrica.

Los cargadores de baterías no deben instalarse en los tableros principales. [1]

La ubicación de los tableros se debe establecer según el tipo tablero, siempre considerando las condiciones ambientales del lugar ya que debe cumplir con el grado de protección según las condiciones en las que se encuentre. [1]

- **Los tableros deben permitir:**

- Dar respuesta adecuada a las especificaciones técnicas de cada proyecto.
- El uso óptimo de las dimensiones y de la distribución en el interior del panel.
- Utilizar componentes estandarizados.
- Facilidad de modificación, y fácil conexión de potencia y auxiliares.
- Fácil evolución de la instalación a un costo controlado.

- **Clasificación de los tableros**

Dependiendo de la función y ubicación, estos se clasifican de la siguiente forma:

- Tableros Principales
- Tableros de Distribución
- Tableros de Control o Comando
- Tableros de Medición
- Tableros de Transferencia
- Tableros Especiales

1.5.4 Estudio de carga eléctrica

El estudio de la carga y potencia instalada es una fuente de información de gran utilidad para instituciones, empresas consumidoras de energía eléctrica en lo que a seguridad, rendimiento y beneficios se refiere.

Gracias al estudio de la carga instalada se puede determinar si el sistema de distribución eléctrica de una planta puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, distribuir correctamente la carga entre las fases, realizar un seguimiento del factor de potencia y calcular el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar de esta forma las medidas adoptadas para el ahorro de energía. [7]

- **Tipos de cargas**

En una red o circuito eléctrico los artefactos, equipos etc., se los conoce como cargas, ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de la intensidad de corriente que circule en los mismos. A dicha corriente se la conoce como corriente de carga de característica resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo del tipo que sea.

- **Cargas resistivas**

Las cargas resistivas se oponen al paso de la corriente, cuyo fenómeno se manifiesta como energía convertida en luz y calor. En las cargas resistivas el voltaje y la corriente están en fase, se tiene un factor de potencia unitario. [8]

- **Cargas inductivas**

Una carga inductiva es un inductor o bobina que tiene la función de almacenar y consumir la energía eléctrica convirtiéndola en energía magnética por medio del campo magnético que genera al circular corriente eléctrica por él.

La característica de las formas de onda del voltaje y la corriente para este tipo de carga es que la onda de la corriente retrasa a la del voltaje un ángulo $\Phi = -90^\circ$, es decir que existe un desfase negativo. [8]

- **Cargas capacitivas**

Una carga capacitiva se la conoce a un capacitor el mismo que es capaz de almacenar energía a manera de campo eléctrico generado entre sus placas cuando es energizado eléctricamente. La característica en cuanto al comportamiento de los parámetros eléctricos voltaje y corriente frente a este tipo de carga es que la corriente se encuentra adelantada un ángulo $\Phi = 90^\circ$ con respecto al voltaje, es decir que existe un desfase positivo. [8]

1.5.5 Potencia Eléctrica

La Potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt) [9]

El surgimiento de una componente activa y reactiva en la corriente, provoca que la potencia se comporte de igual modo dando lugar a que en los circuitos de corriente alterna aparezcan tres tipos de potencia:

- **Potencia activa**

Es aquella que relaciona al trabajo o energía útil transformada a luz, calor o potencia mecánica. La carga resistiva consume esta potencia. [8]

- **Potencia reactiva**

Conocida por Q puede ser de dos tipos, si es consumida por inductores como en motores y transformadores es positiva, y si es consumida por condensadores es negativa. Esta potencia no produce ningún trabajo pero las cargas inductivas a más de consumir potencia activa necesitan de la reactiva para generar el campo magnético indispensable para su funcionamiento, su unidad de medida es el VAR que significa volta-amperio-reactivo. [8]

- **Potencia aparente**

Es conocida también con el nombre de potencia total denominada S ya que es la suma de la potencia activa y la potencia reactiva y su unidad de medida es "VA" que significa volta-amperio. [8]

- **Fórmulas de las potencias**

En la tabla 1.1 se puede observar la expresión matemática de la potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente monofásicas.

Tabla 1.1 Resumen de potencias monofásicas [9]

Magnitud	Símbolo	Cálculo	Unidad
Potencia activa	P	$P=V.I.\cos\phi$	W
Potencia reactiva	Q	$Q=V.I.\sen\phi$	VAr
Potencia aparente	S	$S=V.I$	VA

Fuente: http://www.ecured.cu/Potencia_el%C3%A9ctrica

- **Factor de Potencia**

El Factor de Potencia (fp) se define como el cociente de la potencia activa o útil consumida y la potencia total o aparente suministrada a la carga y se expresa como lo muestra la siguiente expresión:

$$F.P = \cos\phi = \frac{KW \text{ (potencia activa)}}{KVA \text{ (potencia aparente)}}$$

En la figura 1.1 se muestra el triángulo de potencias donde se puede ver gráficamente la relación entre la potencia activa (KW), potencia reactiva (KVAR) y la potencia aparente (KVA) [8]

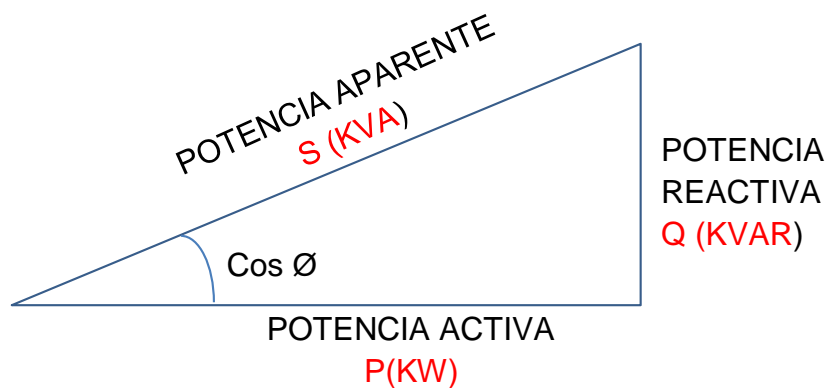


Figura 1.1 Triángulo de potencias (magnitudes)

1.5.6 Sistemas de Iluminación

Un sistema de iluminación es un conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de la iluminación, que debe garantizar seguridad, eficiencia y confort. [10]

En la actualidad se necesita que la iluminación sea eficiente y brinde seguridad pero también que sea decorativa, que cambie el ambiente de trabajo.

A continuación se describe las unidades que se utilizan para el cálculo del alumbrado.

- **Unidad de iluminación**

La unidad de iluminación es el Lux y se expresa de la siguiente manera:

$$1lx = \frac{lumen}{m^2}$$

- **Flujo Luminoso**

Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm) [11]

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad \text{Ecuación. 1}$$

Donde:

Φ_T = Flujo luminoso que un determinado local o zona necesita

E_m = Nivel de iluminación medio (se encuentra en tablas)

S = Superficie a iluminar (m²)

El flujo luminoso se ve afectado por los siguientes coeficientes:

C_u = Coeficiente de utilización (Proporciona el fabricante)

C_m = Coeficiente de mantenimiento (Proporciona el fabricante)

- **El coeficiente de utilización**

Es la relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar (flujo útil) y el flujo total emitido por una luminaria. Usualmente, se aplica este término cuando se refiere a luminarias de alumbrado público. [12]

También se conoce como factor de utilización de la luminaria y se encuentra en tablas como se podrá visualizar en el **Anexo 11**.

Para conocer el coeficiente de utilización se debe calcular el índice del local este se averigua por la geometría del local y se utiliza las ecuaciones que se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Cálculo del índice del local [13]

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación indirecta, semidirecta, directa – indirecta y general difusa	$K = \frac{a \times b}{H(a+b)}$ Ecuación. 2
Iluminación indirecta y semidirecta	$K = \frac{3 \times a \times b}{2(H+h)(a+b)}$ Ecuación. 3

Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

Dónde:

$K = \text{Índice del local}$

$a = \text{Ancho}$

$b = \text{Largo}$

$H = \text{Altura del local}$

$h = \text{Altura del plano de trabajo al piso}$

- **Coeficiente de Reflexión**

La reflexión de la luz que depende del tipo de material o superficie en el que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados de un local sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes

tipos de materiales, superficies y acabado. A continuación se muestra en la tabla 1.3 los coeficientes de reflexión. [11]

Tabla 1.3 Coeficientes de fuentes de reflexión [11]

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO (según orificios)	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	6.03-6.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO Y ABRILLANTADO	0.80-0.65
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

Fuente: Artículo luminotecnia cálculo según el método de lúmenes (CITCEA)

- **El coeficiente de mantenimiento**

Es el factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un periodo dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la lámpara, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el periodo de operación (limpieza) de la luminaria. [12]

En la tabla 1.4 se muestra el factor de mantenimiento de acuerdo al ambiente.

Tabla 1.4 Coeficiente de mantenimiento resumido [11]

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: Artículo luminotecnia cálculo según el método de lúmenes (CITCEA)

- **Cálculo del número de lámparas**

Para realizar el cálculo del número de lámparas se aplica la siguiente ecuación 4:

$$N_L = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

N_L = Número de luminarias

Φ_T = Flujo total luminoso necesario en la zona o aula

Φ_L = Flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = Número de lámparas que tiene la luminaria.

- **Iluminación en instituciones educativas**

Para la iluminación de instituciones educativas las normas electromecánicas de la construcción recomiendan la tabla de iluminación según el recinto como se muestra en la tabla 1.5

Tabla 1.5 Corresponde a la iluminación general del recinto [1]

Tipo de recinto	Iluminancia (lux)
Biblioteca	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	300
Pasillos	100
Salas de dibujo	600
Salas de clases	300
Policlínicos	300
Salas de cirugía* (*Corresponde a la iluminación general del recinto, no considera el aporte de la lámpara quirúrgica)	500

Fuente: Normas NEC Capítulo 15 2011,
Tabla 15.1.12. Iluminación en ambientes asistenciales y educacionales.

En el **Anexo 2** se indica la tabla de nivel de iluminación para diferentes lugares según la norma NEC-2011 capítulo 15.

1.5.7 Protección de los circuitos eléctricos

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.
[14]

Existen muchos tipos de protecciones, que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia, pero hay tres que deben usarse en todo tipo de instalación: de alumbrado, domesticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de bajo o alto voltaje. Estas tres protecciones eléctricas se describen en detalle a continuación:

- Protección contra cortocircuitos.
- Protección contra sobrecargas.
- Protección contra electrocución.

• Protecciones contra cortocircuitos

Se denomina cortocircuito a la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial o tensión entre sí, sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos. [14]

Este efecto, según la Ley de Ohm, al ser la impedancia cero, hace que la intensidad tienda a infinito, con lo cual peligra la integridad de conductores y máquinas debido al calor generado por dicha intensidad, debido al efecto Joule.

Los dispositivos más empleados para la protección contra cortocircuitos son:

- Fusibles calibrados (también llamados cortacircuitos), o
- Interruptores automáticos magneto térmicos.

- **Protección contra sobrecargas**

Se entiende por sobrecarga al exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico. [14]

Las sobrecargas deben protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos, de una red o de un motor conectado a ella. Una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito. [14]

Según los reglamentos electrotécnicos "Si el conductor neutro tiene la misma sección que las fases, la protección contra sobrecargas se hará con un dispositivo que proteja solamente las fases, por el contrario si la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases, el dispositivo de protección habrá de controlar también la corriente del neutro". Además debe colocarse una protección para cada circuito derivado de otro principal. [14]

Los dispositivos más empleados para la protección contra sobrecargas son:

- Fusibles calibrados, tipo gT o gF (nunca aM)
- Interruptores automáticos magneto térmicos (PIA)
- Relés térmicos

- **Interruptores automáticos, magneto-térmicos.**

Estos dispositivos, conocidos abreviadamente por PIA (Pequeño Interruptor Automático), se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos; cuando desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando. [14]

En la figura 1.2 se observa la parte correspondiente de un interruptor termomagnético que consta de:

Dispositivo magnético, cámara de extensión, dispositivo térmico.

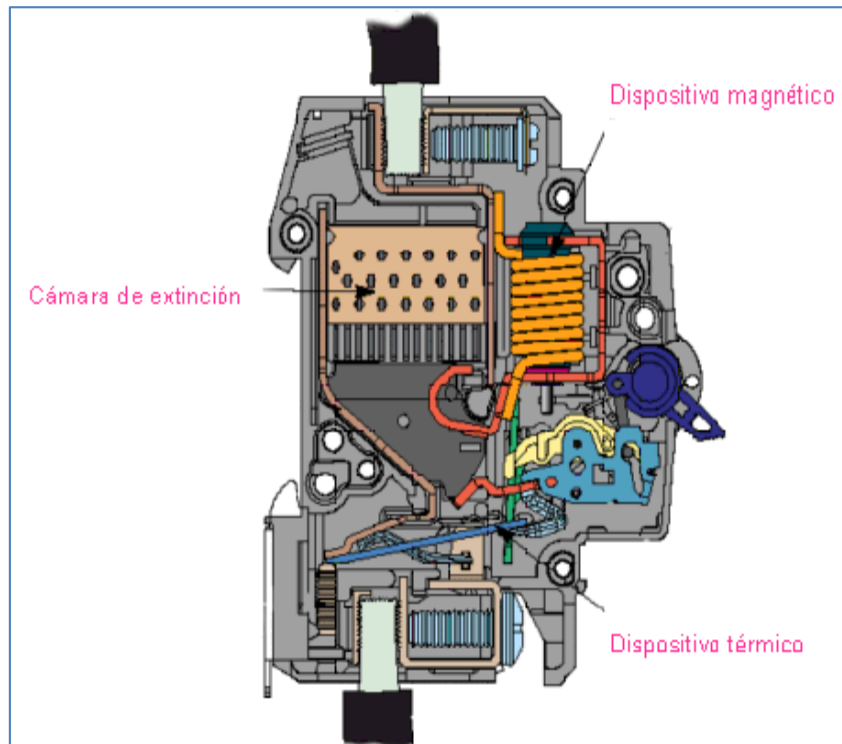


Figura 1.2 Parte de un interruptor automático [15]

Fuente: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/.../PFC_Daniel_Encinas_Bermejo.pdf?...2

El funcionamiento es por medio de un elemento térmico y un elemento magnético. El elemento térmico es formado por una lámina bimetálica que se dilata por el calentamiento provocado por el paso de la corriente, cuanto mayor sea ésta mayor será la deformación. [15]

Cuando el bimetal se dilata actúa sobre el contacto móvil provocando el disparo por efecto térmico (sobrecarga), y un elemento magnético, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito instantáneamente al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido. Es lo que se denomina efecto magnético (cortocircuito). [15]

Estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión. [15]

- **Tipos de curvas**

El tipo de curvas sirve para seleccionar el termo-magnético, existen diferentes tipos, en la figura 1.3 se puede ver los usos de acuerdo a la carga.

En la figura 1.3 se muestra características de disparo de un termo magnético

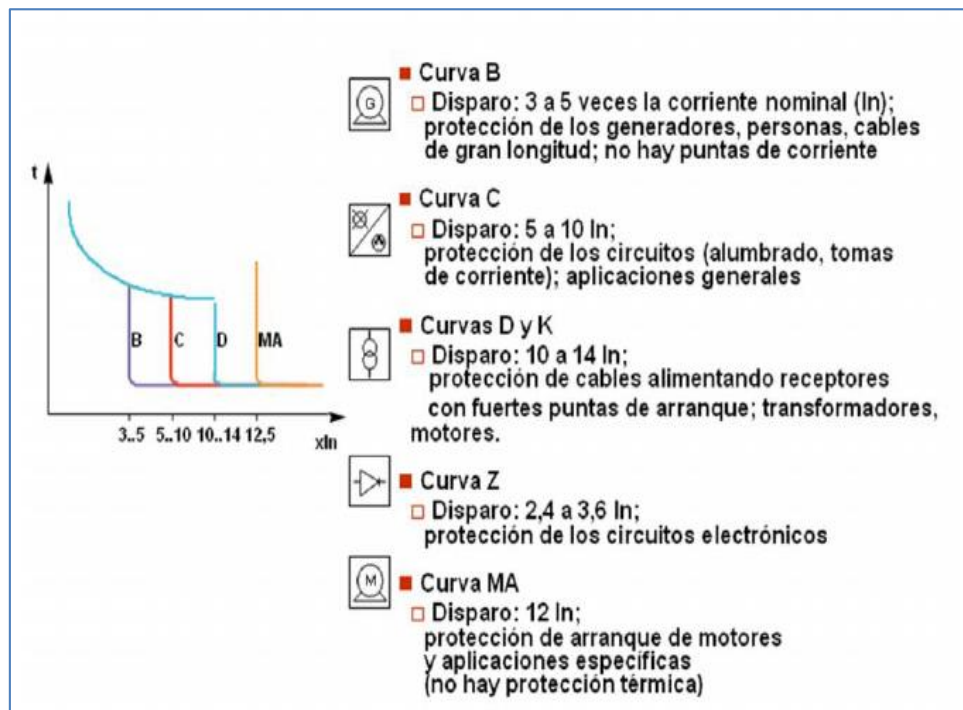


Figura 1.3 Tipos de curvas del magneto-térmico [16]

Fuente: Técnico electricista 20 - proyecto de instalación: curso visual y práctico de Aníbal Gac

- **Intensidades nominales de magneto térmicos**

Los magneto térmicos, se clasifican de acuerdo a sus intensidades nominales, las más comunes usadas son: 1.5 – 3 – 3.5 – 5 – 7.5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 y 63 A.

La serie más comercial es:

10.0 - 13.0 -16.0- 20.0 - 25.0 - 32.0 - 40.0 - 50.0 - 63.0 - 80.0 - 100.0 - 125.0 A

- **Interruptores diferenciales**

Los interruptores diferenciales protegen contra contactos directos como indirectos que ocurren a veces accidentalmente.

Los interruptores diferenciales deben ser seleccionados para funcionar automáticamente cuando la corriente de fuga exceda un valor de 30mA y en tiempo de 0.03 segundos. En la figura 1.4 se muestra las partes internas de un interruptor diferencial.

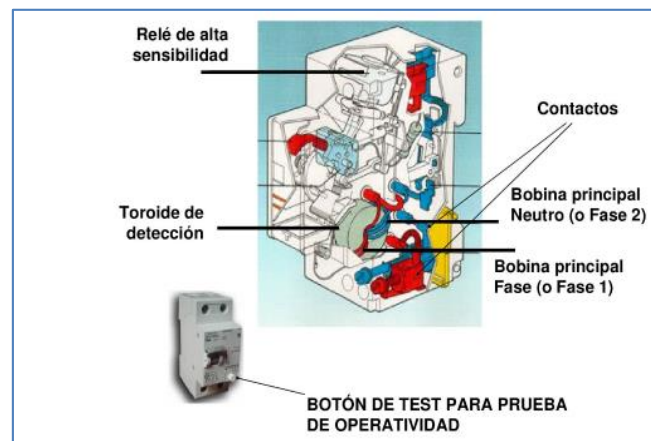


Figura 1.4 Interruptor diferencial partes internas [17]

Fuente: https://issuu.com/residente/docs/tableros_electricos

En la figura 1.5 se muestra las características principales de un interruptor diferencial.



Figura .1.5 Características del interruptor diferencial [17]

Fuente: https://issuu.com/residente/docs/tableros_electricos

Los interruptores diferenciales se ubican generalmente después de la protección termo magnético de un sub-alimentador.

1.5.8 Caída de Voltaje

Representan pérdidas de voltaje en la tensión del circuito, ocurre al disminuir voltaje en las líneas eléctricas por el largo del conductor, la sección transversal del conductor, temperatura y el medio ambiente en el que se encuentra la instalación eléctrica. [18]

La sección de los conductores de los alimentadores y sub-alimentadores será, por lo menos, la suficiente para servir las cargas determinadas de acuerdo a la Norma NEC-2011 Capitulo 15.1.7.2. En todo caso la sección mínima permisible será No. 10 AWG (5.26 mm²). [1]

La sección de los conductores de los alimentadores secundarios o circuitos derivados de iluminación será mínimo No. 14 AWG, y en circuitos de fuerza, calefacción o combinación de estos consumos será mínimo No. 12 AWG. [1]

La sección de los conductores de los alimentadores y sub-alimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal. La sección de los conductores de los alimentadores secundarios y circuitos derivados será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal. Sin embargo, la caída de voltaje total en el punto más desfavorable de la instalación no debe exceder del 5% del voltaje nominal. [1]

La ecuación 5 sirve para determinar la caída de voltaje.

$$e = \frac{K * I * L}{S * V} \quad \text{Ecuación. 5}$$

e = Caída de tensión

K = 4 (Para circuitos monofásicos)

K = 2 (Para circuitos trifásicos)

I = Corriente que circula por el conductor

L = Longitud del conductor

S = Sección del conductor mm²

V = Voltaje de operación

1.5.9 Sistema de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra se utilizan en las instalaciones eléctricas para descargar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica de los elementos que puedan estar en contacto, ya sea directa o indirectamente con los usuarios. [19]

- **Funciones de un sistema de puesta a tierra son:**

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos. [1]
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas. [1]
- Servir de referencia al sistema eléctrico. [1]
- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad. [1]

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano que se acepta, está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla. La tensión máxima de contacto o de toque no debe superar los valores dados en la tabla 1.6. Según la Norma NEC-2011 capítulo 15.1.10.0.6

Tabla 1.6 Valores máximos de tensión de contacto aplicada a un ser humano.

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (valores en rms c.a.)
Mayor a dos segundos	50 voltios
750 milisegundos	67 voltios
500 milisegundos	80 voltios
400 milisegundos	100 voltios
300 milisegundos	125 voltios
200 milisegundos	200 voltios
150 milisegundos	240 voltios
100 milisegundos	320 voltios
40 milisegundos	500 voltios

El sistema de puesta a tierra debe brindar seguridad a los seres humanos, aparatos eléctricos y electrónicos de manera que al realizar los cálculos se deben

considerar ciertos parámetros según la norma NEC 11 Capítulo 15 numeral 15.1.10.0.7. Que son los siguientes:

- Características del suelo, especialmente la resistividad.
- Corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el operador de Red para cada caso particular.
- Tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
- Tipo de carga.

Los rangos establecidos por la Norma IEEE 142-1991 para un sistema de puesta a tierra son los siguientes:

- | | |
|--|--------------|
| - Subestaciones, estaciones de generación, líneas de transmisión | 1 Ω |
| - Industrias, edificios, grandes instalaciones comerciales | 1-5 Ω |
| - Para aplicaciones domésticas | 25 Ω |

- **Método de Wenner.**

Este método tiene como objeto medir la resistividad se basa en el principio de caída de potencial donde se toma 4 electrodos (C1-P1-P2-C2) los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra esto se puede visualizar en la figura 1.6.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente.

La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

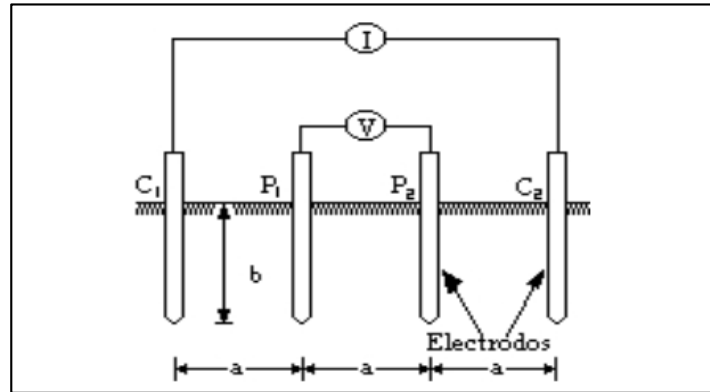


Figura 1.6 Método Wenner para medir la resistividad del suelo

En la figura 1.6 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores.

La resistividad aparente está dada por la Ecuación 6:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{(A^2 + 4B^2)}} - \frac{A}{\sqrt{(A^2 + B^2)}}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

ρ = Resistencia promedio a la profundidad (a) en ohm - m

A = Distancia entre electrodos en metros

B = Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R = Resistencia del suelo

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $a > 20b$, la Ecuación 7 simplificada se puede aplicar:

$$\rho = 2 * \pi * A * R \quad \text{Ecuación 7}$$

En la tabla 1.7 se muestra el rango de resistividad conforme las normas NEC 2011

Tabla 1.7 Resistividad del suelo

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD PROMEDIO (OHMIOS m ² / m)
Suelo orgánico húmedo	10
Suelo húmedo	100
Suelo seco	1000
Manto rocoso (ripió)	10000

1.6 CARGA Y DEMANDA

Para el estudio de la demanda eléctrica es importante la clasificación de consumidores. Es necesario establecer una distribución de consumidores de acuerdo a factores que determinan en forma general la incidencia de la demanda sobre la red de distribución.

Para clientes comerciales e industriales, se realiza en función de factores tales como división y uso de suelo, características de obras de infraestructura previstas, área y características de los edificios a construir, tipo de maquinaria, etc.; se establece como un análisis fundamentado, los valores de la demanda unitaria a considerar en el diseño.

El propósito es determinar la demanda máxima unitaria correspondiente al consumidor comercial o industrial representativo de un grupo de consumidores comerciales o industriales.

Para la determinación de la carga y demanda se llena la plantilla que usa la Empresa Eléctrica del Norte.

En la tabla 1.8 se observa el formato de la plantilla de determinación de demanda para lo cual se debe conocer algunos conceptos como la carga instalada por el consumidor, etc.

Tabla 1.8 Plantilla para la determinación de la demanda [20]

		PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS DE DISEÑO PARA USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES						HOJA 1 de 1	
								FECHA: NOV-2017	
NOMBRE DEL PROYECTO									
LOCALIZACIÓN									
USUARIO TIPO									
NÚMERO DE USUARIOS									
REN GLÓ N	Aparatos eléctricos y de alumbrado				CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn %	DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT.	Pn (W)						
1		2	3	4	5	6	7	8	9
TOTALES									
		FACTOR DE POTENCIA =				FACTOR DE DEMANDA			
		DMU (KVA) =				Factor de demanda diversificada			
		N =							
		FD =							
		DD(KVA) =							

Fuente: Empresa Eléctrica del Norte "EMELNORTE"

A continuación se explica el significado de las iniciales de la tabla 1.8

- **Carga Instalada Representativa (CIR)**

Carga instalada para el consumidor comercial o industrial representativo.

- **Factor de frecuencia de uso (FFUN)**

El FFUN, se expresa en porcentaje, y es determinado para cada una de las cargas instaladas en función del número de usuarios que se considera que disponen del equipo correspondiente dentro del grupo de consumidores.

Aquellos equipos de los cuales dispondrán la mayor parte de los usuarios comerciales o industriales tendrán un factor cuya magnitud se ubica en el rango superior y aquellos cuya utilización sea limitada tendrán un factor de magnitud media y baja.

- **El Factor de Simultaneidad (FSn)**

El Factor de Simultaneidad, se expresa en porcentaje, y será establecido por el Proyectista para cada una de las cargas instaladas, en función de la forma de utilización de aparatos, artefactos, equipos, maquinarias, etc. para una aplicación determinada.

- **Determinación de la Demanda Máxima Unitaria (DMU)**

Definida como el valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es requerida de la red por el consumidor comercial o industrial individual. [21]

- **El Factor de Demanda (FDM)**

El Factor de Demanda FDM está definido por la relación entre la Demanda Máxima Unitaria (DMU) y la Carga Instalada Representativa (CIR) e indica la fracción de la carga instalada que es utilizada simultáneamente en el período de máxima solicitud y permite evaluar los valores adoptados por comparación con aquellos en instalaciones existentes similares. Para el usuario comercial representativo, el Factor de Demanda FDM debe ser máximo de 0.6

La Demanda Máxima Unitaria obtenida, expresada en Vatios, es convertida a kilovatios y kilovoltamperios, mediante la reducción correspondiente y la consideración del factor de potencia que, en general, para instalaciones comerciales e industriales es de 0.85 para este caso se considera de 0.92 por ser beneficiario público.

- **Determinación de la demanda de diseño [21]**

El valor de la demanda a considerar para el dimensionamiento de la red en un punto dado debe ser calculado de la Ecuación. 8

$$DD = \frac{DMU \times N}{FD} \quad \text{Ecuación.8}$$

Donde:

DD: Es la demanda de Diseño

DMU: Es la demanda máxima unitaria del usuario comercial o industrial representativo.

N: Es el número de abonados comerciales o industriales que inciden sobre el punto considerado de la red.

FD: es el factor de diversidad que es dependiente de N.

1.7 DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DE LA ESCUELA.

Los bloques de la Escuela Alfredo Boada Espín fueron construidos por etapas según la necesidad y la demanda de la población del Cantón Pedro Moncayo, y consta de 4 bloques los cuales se distinguen por el tipo de construcción, los cuales son:

- Bloque antiguo
- Bloque estructura mixta
- Bloque aulas prefabricadas
- Bloque nuevo

El bloque nuevo no se considera en el diseño por pedido de las autoridades ya que fue construido recientemente pero si será tomando en cuenta para el estudio de carga ya que forma parte de escuela.

En el **Anexo 3** se puede visualizar el plano arquitectónico de los tres bloques, de la escuela y patio.

1.7.1 Bloque antiguo

El bloque antiguo consta de los siguientes salones que se detalla a continuación:

Planta Baja

- Dirección
- Aula de clase 1
- Salón educación física
- Aula de Música
- Pasillos

Planta 1

- Sala de docentes
- Aula de clase 2
- Aula de clase 3
- Aula de clase 4
- Pasillos

La figura 1.7 muestra la fachada externa e interna del bloque antiguo que consta de dos plantas de construcción su techo es de teja y su construcción es de barro.



Figura 1.7 Bloque antiguo de la fachada externa e interna

1.7.2 Bloque estructura mixta

El bloque consta de los siguientes salones que se detalla a continuación:

Planta Baja

- Aula de clase 1
- Aula de clase 2
- Aula de clase 3
- Baño sección hombres
- Baños sección mujeres

Planta 1

- Aula de clase 4
- Aula de clase 5
- Aula de clase 6
- Aula de clase 7

Planta 2

- Laboratorio de computación
- Laboratorio ciencias naturales.

En la figura 1.8 se muestra el bloque de estructura mixta que consta de tres plantas.



Figura 1.8 Bloques de estructura mixta

1.7.3 Bloque de aulas prefabricadas.

El bloque de aulas prefabricadas se encuentra alrededor de la escuela que son de estructura metálica y de una sola planta.

Aulas Prefabricadas

- Cocina
- Bar
- Baños Mixtos
- Baño sección hombres
- Baños sección mujeres
- Departamento Psicológico

En la figura 1.9 se muestra una parte del bloque de aulas prefabricadas.



Figura 1.9 Bloque aulas prefabricadas.

1.7.4 Edificación moderna

El bloque está conformado de dos y tres plantas que son usadas como aulas. Por ser instalaciones nuevas se observa que tiene su material eléctrico casi nuevo.

En la figura 1.10 se puede ver la edificación moderna que es de hormigón y tiene un sistema eléctrico nuevo.



Figura 1.10 Edificación nueva de la Escuela Alfredo Boada Espín

1.7.5 Estado actual de la instalación eléctrica de la Escuela.

La instalación eléctrica de la Escuela tiene los siguientes defectos:

- No tiene diseño eléctrico
- Cajetines metálicos deteriorados
- Plafones, lámparas rotas
- Tomacorrientes e interruptores rotos
- Cables sin canalización
- Extensiones de cables colgadas en aulas.
- Falta de tomacorrientes en aulas, salones, oficinas.
- Falta de tableros
- Falta de iluminación en aulas, salones, oficina
- Falta de puesta a tierra

Estos defectos se presentan en los tres bloques, en algunos con mayor incidencia. En el bloque de aulas prefabricadas no tienen instalación eléctrica en los baños.

En los tres bloques los circuitos de iluminación y tomacorrientes se encuentran mezclados.

Lo expuesto anteriormente se muestra en las figuras 1.11 figuras 1.12 y figuras 1.13.



Figura 1.11 Estado del bloque antiguo



Figura 1.12 Estado actual las instalaciones eléctricas bloque antiguo y cocina

En la figura 1.13 se muestra los baños del bloque de aulas prefabricadas que no tienen instalación eléctrica.



Figura 1.13 Baños de las aulas prefabricadas

1.7.6 Iluminación Exterior

La iluminación exterior proporciona seguridad por la noche por ello se debe garantizar un diseño de iluminación que sea seguro, eficiente y económico. El uso de lámparas led actualmente es perfecto debido a su durabilidad y eficiencia.

En la figura 1.14 se muestra la actual iluminación exterior en el patio de la institución educativa. Actualmente existen lámparas de vapor de mercurio a 220 VAC, que no están funcionando por sobre carga en el sistema eléctrico y lámparas quemadas.



Figura 1.14 Iluminación exterior de la escuela

1.7.7 Acometida de la escuela

En la Figura 1.15 se muestra la acometida de la Escuela Alfredo Boada Espín que es una acometida monofásica trifilar con conductor 3 x 4 de aluminio sin chaqueta y su medidor no tiene puesta a tierra.

Existe un transformador monofásico trifilar de 37.5 kilo-volta-amperio (KVA) conectado a la red pública, y se encuentra en el poste Z1T33 de donde se alimenta la acometida para la escuela.

La acometida que tiene la escuela es monofásica y alimenta a cargas monofásicas y bifásicas.



Figura 1.15 Acometida principal de la Escuela Alfredo Boada

1.7.8 Tableros de la Escuela Alfredo Boada Espín

En la Figura 1.16 se muestra los tableros que distribuyen la energía eléctrica directamente a los circuitos o a las cargas de la Escuela, el cual tiene protecciones por medio de interruptores termo-magnéticos y recibe de la acometida monofásica trifilar: fase1, fase 2 y neutro.

Este tablero no tiene etiquetado de circuitos y tiene mezclado tanto circuitos de iluminación como tomacorrientes.



Figura 1.16 Tablero principal de la escuela

1.7.9 Tableros Auxiliares

Del tablero principal algunos circuitos como tomacorrientes e iluminación van directo a las cargas, en otros van a cajas de distribución de dos polos que no tienen tierra, algunos puntos de tomas e iluminación ya no funcionan por material deteriorado así que ya no se usa los tomacorrientes.

En el bloque antiguo se encuentran instaladas 4 cajas de distribución de dos polos distribuidas en 4 aulas las cuales están empotradas superficialmente y estas alimentan a un tomacorriente por aula, y el alimentador de cada caja viene directo del tablero principal, estas cajas se las instaló por emergencia.

Por ello se pide realizar un diseño adecuado que brinde seguridad a las personas ya que las cajas de dos polos están mal colocadas y los estudiantes en varias ocasiones sacan los termo-magnéticos y destruyen el único tomacorriente que tiene el profesor, además que los circuitos están mezclados tanto de iluminación como tomacorrientes.

La separación de los circuitos de iluminación y tomacorrientes es necesaria porque se evita sobrecargar al circuito, dañar sus componentes y además secciona las áreas de toda la instalación eléctrica procurando que si existiese un daño solo se afectaría dicho circuito también debido a que en circuitos de tomacorrientes se tiene mayor carga que en circuitos de iluminación.

El bloque de aulas prefabricadas tiene como sub-alimentador una extensión de calibre N°14 AWG que va desde un tomacorriente de la sala de profesores del bloque antiguo. Los baños no tienen instalación eléctrica, tienen una caja de distribución de dos polos para la cocina la cual por no tener un sub-alimentador adecuado no funciona.

El bloque de estructura mixta tiene un tablero para el laboratorio de computación el cual se pide no tocar ya que es responsabilidad de MINTEL. Para las demás aulas, baños, bodega, pasillos del bloque de estructura mixta se tiene una caja de distribución de dos polos donde se tiene mezclado circuitos de iluminación, tomacorrientes sobrecargando la caja de distribución de dos polos.

La iluminación exterior no tiene un sub-tablero la instalación eléctrica viene directo del tablero principal pero no funciona porque el tablero principal tiene sobrecarga.

Lo enunciado anteriormente se muestra en la figura 1.17



Figura 1.17 Estado de cajas de distribución de aulas del bloque antiguo

En la figura 1.18 se observa las cajas de distribución del bloque de aulas prefabricadas



Figura 1.18 Cajas de distribución del bloque de aulas prefabricadas.

1.8 LEVANTAMIENTO DE LA CARGA

El levantamiento de la carga se realiza recogiendo las características de los equipos eléctricos y electrónicos de la Escuela.

En la tabla 1.9 se muestra el levantamiento de carga de la Escuela Alfredo Boada Espín.

Tabla 1.9 Levantamiento de la carga actual

TIPO DE CARGA	N° de Ptos.	N° Cant.	Voltaje de uso (V)	P. Unitaria (W)	P. Total (W)
Lámparas Led 8W	4	4	110	8	32,00
Focos ahorradores 20W	224	224	110	20	4480,00
Lámparas de 2 x 40W	36	36	110	80	2880,00
Lámparas de 40W	32	32	110	40	1280,00
Lámparas de 60W	6	6	110	60	360,00
Lámparas de vapor de mercurio	2	2	220	150	300,00
Grabadoras	3	3	110	40	120,00
Computadores	32	32	110	300	9600,00
Infocus	2	2	110	450	900,00
Impresoras	4	4	110	150	600,00
Tv	2	2	110	120	240,00
Parlantes	2	2	110	100	200,00
Refrigeradora	1	1	110	750	750,00
Congelador	1	1	110	400	400,00
Licuada	2	2	110	600	1200,00
Batidora	1	1	110	200	200,00
Cafetera	1	1	110	750	750,00
Cocina de Inducción	1	1	220	5000	5000,00
Microondas	1	1	110	800	800,00
TOTAL					30092

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 DISEÑO ELÉCTRICO

El nuevo diseño eléctrico debe brindar seguridad, confort, menos consumo de energía, garantizar su funcionamiento y cumplir con las normas nacionales e internacionales que solicitan este tipo de trabajo. En general este diseño será realizado considerando las recomendaciones del Código Eléctrico Ecuatoriano, las normas NEC-11 capítulo 15 y las especificaciones propias de los fabricantes de equipo eléctrico de iluminación y fuerza.

2.2 DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN DE LOS BLOQUES DE LA ESCUELA.

En el presente diseño se estudia cada ambiente, realizando la ubicación más idónea de las luminarias, tomacorrientes y fuerza colocando el tipo y número necesario a fin de obtener un adecuado nivel de iluminación. Para las siguientes áreas:

- Aulas
- Salones
- Oficinas
- Cocina
- Pasillos etc.

2.2.1 Cálculo de luminarias interiores

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo de las luminarias para un aula, el cual es guía para el diseño de iluminación del resto de salones, se realiza por pasos usando fórmulas descritas en el capítulo uno.

1) Cálculo del flujo luminoso de un aula de clases, para lo cual se utiliza la ecuación 1.

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad \text{Ecuación. 1}$$

Como datos se tiene lo siguiente:

- $E_m = 300 \text{ lux}$ (según tabla 1.5)
- $S = a \times l$ Donde:
- $a = 5.3$ y $l = 7.4$

$$\text{Entonces: } S = 5.3 \times 7.4 = 39.22 \text{ m}^2$$

2) Cálculo del coeficiente de utilización

Se empieza calculando el índice del local usando la Ecuación 2 que se indica en el capítulo I.

$$K = \frac{a \times b}{H(a + b)} = \frac{39.22 \text{ m}^2}{1.55 \times 12.7} = 1.99$$

Ahora con datos tomados de la tabla 1.3 se tiene:

- Techo = 0.80
- Paredes = 0.65
- Suelo = 0.1
- $C_u = 0.56$

3) Coeficiente de mantenimiento

$C_m = 0.8$ según tabla 1.4

Se reemplaza los datos en la Ecuación 1

$$\Phi_T = \frac{300 \times 39.22}{0.56 \times 0.8} = \frac{11766}{0.448} = 26263.39 \text{ lúmenes}$$

4) Número de luminarias

Para calcular el número de luminarias se utiliza la Ecuación 4

$$N_L = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Se selecciona las lámparas tipo Led T8 que se indica en la figura 2.1 ya que son de larga duración, bajo consumo, y es el reemplazo de la luminaria T8 fluorescente. Las características son las siguientes:

Lámpara Tubo led Sylvania. Tubo Led T8 18w

Marca: Sylvania

Potencia: 18W

Flujo Luminoso: 1600 lm

Voltaje: 110V / 220VAC



Figura. 2.1 Tubo Led Sylvania [22]

Fuente: <http://sylvania.com.ec/shop/lamparas/lampara-led/led-tube-t8/>

Para la escuela se selecciona este tipo de lámpara tanto para aulas, oficinas, salones, baños, bodegas y pasillos basándonos en los catálogos de Sylvania donde se muestra que la lámpara T8 led es idónea para trabajos en estas áreas y reemplaza a las lámparas fluorescentes T8. [22]

Características de la luminaria

2x18W T8 120-277V



Figura. 2.2 Luminaria Led T8 Sylvania [22]

Fuente: <http://www.sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2016/02/Mirror-Empotrable.pdf>

Las demás especificaciones técnicas de las lámparas y luminarias se encuentran en el, [Anexo 4](#), y [Anexo 5](#).

Conociendo los datos se reemplaza en la ecuación 4, en este se usará la luminaria led T8 (2x18).

$$N_L = \frac{26263.39}{2 \times 1600} \approx 8$$

5) Cálculo de la potencia Total requerida

$$P = 18 * 8 = 144 \text{ W}$$

A continuación se muestran las tablas tabuladas del diseño de iluminación por bloques para la Escuela.

2.2.2 Tabulación de la iluminación de los bloques de la escuela

Las tablas se realizan en el programa Excel y se muestran los datos del diseño de iluminación interior por bloques, y el tipo de luminaria a colocarse.

Tabla 2.1 Cálculo y dimensionamiento de la iluminación del bloque antiguo

BLOQUE ANTIGUO															
DESCRIPCIÓN DEL SITIO						CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA Y LUMINARIA				CÁLCULOS					
Nombre del área	Dimensiones					Iluminación (LUX)	Tipo de nueva Luminaria	Flujo Luminoso (Lum)	Potencia (W)	Coeficiente de utilización		Coeficiente de mantenimiento	Flujo Total	Número de luminarias diseñadas	Número de luminarias calculadas
	Largo(m)	Ancho(m)	Area (m2)	Altura (m)	A[h'](m)					K	u				
Aula de dirección	4,58	5,00	22,90	4,10	3,30	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,72	0,46	0,80	18668,5	2,92	3
Aula de clases 1	4,80	6,40	30,72	4,10	3,30	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,83	0,46	0,80	25043,5	3,91	4
Aula de educación física 1	4,90	7,04	34,50	4,10	3,30	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,88	0,46	0,80	28121,7	4,39	4
Aula de educación física 2	4,00	4,90	19,60	4,10	3,30	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,67	0,38	0,80	19342,1	3,02	3
Aula de Música	2,50	2,50	6,25	4,10	3,30	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,38	0,32	0,80	7324,2	1,14	1
Bodega	4,80	8,50	40,80	4,10	3,30	200	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,93	0,50	0,80	20400,0	3,19	3
Pasilos 1 (P.B)	16,50	3,00	49,50	4,10	3,30	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,77	0,46	0,70	15372,7	2,40	2
Pasilos 2 (P.B)	5,75	3,00	17,25	4,10	3,30	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,60	0,38	0,70	6485,0	1,01	1
Pasillo entrada	5,85	1,90	11,12	4,50	3,70	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,39	0,32	0,70	14886,2	2,33	2
Sala de docentes	4,90	4,00	19,60	3,20	2,40	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,92	0,50	0,80	14700,0	2,30	2
Aula 2	10,74	4,80	51,55	3,20	2,40	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,38	0,54	0,80	35800,0	5,59	6
Aula 3	11,32	4,80	54,34	3,20	2,40	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,40	0,58	0,80	35131,0	5,49	6
Aula 4	7,05	4,80	33,84	3,20	2,40	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,19	0,54	0,80	23500,0	3,67	4
Pasilos 1 (P.1)	14,00	3,00	42,00	3,20	2,40	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,03	0,50	0,70	12000,0	1,88	2
Pasilos 2 (P.1)	8,85	3,00	26,55	3,20	2,40	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	0,93	0,50	0,70	7585,7	1,19	1
												Total de luminarias T8	44,43	44	

En la tabla 2.2 se muestra el cálculo de iluminación para el bloque de estructura mixta

Tabla 2.2 Cálculo y dimensionamiento de iluminación del bloque de estructura mixta

BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA															
DESCRIPCIÓN DEL SITIO						CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA Y LUMINARIA				CÁLCULOS					
Nombre del área	Dimensiones					Iluminación (LUX)	Tipo de nueva Luminaria	Flujo Luminoso	Potencia (W)	Coeficiente de utilización		Coeficiente de mantenimiento	Flujo Total	Numero de luminarias calculadas	Número de luminarias diseñadas
	Largo(m)	Ancho(m)	Area (m2)	Altura (m)	A[h'](m)					K	u				
Aula 1	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 2	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 3	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 4	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 5	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 6	7,40	5,30	39,22	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,93	0,62	0,90	21086,0	3,29	4
Aula 7	10,50	7,70	80,85	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,78	0,54	0,90	49907,4	7,80	8
Laboratorio de computación	14,80	5,30	78,44	2,70	1,90	500	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,05	0,65	0,90	67042,7	10,48	10
Laboratorio ciencias naturales.	7,40	5,30	39,22	2,70	1,90	500	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,63	0,58	0,90	37567,0	5,87	6
Baño sección hombres	5,40	4,00	21,60	2,40	1,60	120	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,44	0,58	0,70	6384,2	1,00	1
Baños sección mujeres	5,40	4,00	21,60	2,40	1,60	120	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,44	0,58	0,70	6384,2	1,00	1
Pasilos 1	24,00	3,00	72,00	2,40	1,60	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,67	0,58	0,70	17734,0	2,77	3
Pasillo 2	24,00	3,00	72,00	2,40	1,60	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,67	0,58	0,70	17734,0	2,77	3
Pasillo 3	24,00	3,00	72,00	2,70	1,90	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,40	0,58	0,70	17734,0	2,77	3
Bodega	5,40	2,50	13,50	2,40	1,60	200	Luminaria Led T8	3200	2x19	1,07	0,58	0,70	6650,2	1,04	1
												Total de luminarias T8	55,26	60	

En la tabla 2.3 se muestra el cálculo de iluminación para el bloque de estructura mixta.

Tabla 2.3 Cálculo y dimensionamiento de iluminación del bloque de aulas prefabricadas

BLOQUE AULAS PREFABRICADAS															
DESCRIPCIÓN DEL SITIO						CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA Y LUMINARIA				CÁLCULOS					
Nombre del área	Dimensiones					Iluminación (LUX)	Tipo de nueva Luminaria	Flujo Luminoso	Potencia (W)	Coeficiente de utilización		Coeficiente de mantenimiento	Flujo Total	Número de luminarias calculadas	Número de luminarias diseñadas
	Largo(m)	Ancho(m)	Area (m2)	Altura (m)	A(h´)					K	u				
Cocina	8,65	6,15	53,20	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,25	0,67	0,70	34028,3	5,32	6
Bar	8,00	6,15	49,20	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,17	0,67	0,70	31471,2	4,92	6
DECE	8,00	6,15	49,20	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,17	0,70	0,90	23428,6	3,66	4
Aula 1	7,40	6,15	45,51	2,40	1,60	300	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,10	0,62	0,90	24467,7	3,82	4
Baños mujeres	5,00	3,40	17,00	2,40	1,60	120	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,26	0,54	0,70	5396,8	0,84	1
Baños varones	5,00	3,40	17,00	2,40	1,60	120	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,26	0,54	0,70	5396,8	0,84	1
Baños 3 (sin inst. elect.)	9,60	6,40	61,44	2,40	1,60	120	Luminaria Led T8	3200	2x18	2,40	0,67	0,70	15720,3	2,46	2
Pasillos1	40,00	2,40	96,00	2,40	1,60	100	Luminaria Led T8	3200	2x18	1,42	0,67	0,70	20469,1	3,20	4
												Total de luminarias T8	25,06	28	

2.2.3 Cálculo de iluminación exterior

A continuación en la tabla 2.4 se muestran las especificaciones del área y las características del elemento que se usará para la iluminación del patio

- **Descripción del sitio: Patio**

Largo = 52.30 m

Ancho = 30 m

Altura = 7 m

La luminaria seleccionada es tipo LED para exterior, las características se pueden observar en el **anexo 5**.

Se selecciona este tipo de luminaria por ser eficiente, económica, y por no necesitar de mantenimiento continuo, sus características son las siguientes:

Luminaria exterior nova led

Flujo luminoso: 15000 lm

Voltaje: 120/240 VAC

Potencia: 150 W

- **Ejemplo de cálculo**

Se empieza calculando el índice del local usando la Ecuación 2 que se indica en el capítulo I.

$$K = \frac{a \times b}{H(a + b)} = \frac{1569m^2}{9(52.30 + 30)} = 2.12$$

Ahora con datos tomados de la tabla 1.3 tenemos:

$$C_u = 0.67$$

3) Coeficiente de mantenimiento

$$C_m = 0.7 \text{ según tabla 1.4}$$

Se reemplaza los datos en la Ecuación 1

$$\phi_T = \frac{50 \times 1569}{0.7 \times 0.67} = \frac{78450}{0.469} = 167270.8 \text{ lúmenes}$$

4) Número de luminarias

Para calcular el número de luminarias se utiliza la Ecuación 4

$$N_L = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L}$$

$$N_L = \frac{167270.8}{30000} \approx 5.58$$

En la tabla 2.4 se observan los datos tabulados del diseño de las luminarias LED para el patio de la escuela

Tabla 2.4 Cálculo de iluminación del patio de la escuela

ILUMINACIÓN PATIO													
DESCRIPCIÓN DEL SITIO					CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA ILUMINARIA				CÁLCULOS				
Nombre del área	Dimensiones				Iluminación (LUX)	Tipo de nueva Luminaria	Flujo Luminoso	Potencia nueva luminaria (W)	Coeficiente de utilización		Coeficiente de mantenimiento	Flujo Total	Número de Luminarias
	Largo(m)	Ancho(m)	Area (m2)	Altura (m)					K	u			
Patio de la institución	52,30	30,00	1569,00	9,00	50	Nova led exterior	15000	150	2,12	0,67	0,70	167270,8	5,58
Total de Luminarias												5,58	

2.3 DETERMINACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES Y FUERZA.

El diseño se realiza aplicando las normas NEC 2011 capítulo 15, con referencia a la necesidad que tiene la Escuela.

2.3.1 Normas de circuitos de tomacorrientes:

En cada sala de clases, de locales educacionales de enseñanza media, habrá instalado un mínimo de 3 tomacorrientes. En salas de párvulos y de enseñanza básica sólo se exigirá 2 tomacorrientes, como lo establece la norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.11.3.3. Los tomacorrientes se instalan en puntos fácilmente accesibles y su altura de montaje está comprendida entre 0.20 y 0.80 m. como lo establece la norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.11.0.2.5

Se acepta alturas superiores a la prescrita en ambientes o montajes especiales. Cuando se instala sobre mesones de cocina o baño, se coloca los tomacorrientes a una altura mínima de 0.10 m del mesón, como lo establece la norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.11.0.2.5

Para los circuitos de tomacorrientes se protege con interruptores diferenciales y los tomacorrientes son tipo alveolos como lo establece la norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.11.3.4.

En el tomacorriente de 220VAC se debe recubrir las partes energizadas con aislantes apropiados, capaces de conservar sus propiedades a través del tiempo y que limiten las corrientes de fuga, además se usa interruptores diferenciales en los sub-alimentadores de cada circuito.

El calibre del conductor para tomacorriente es mínimo #12 AWG conforme a lo que establece la norma NEC capítulo 15.1.7.1.1.2.

- **Determinación de tomacorrientes de la Escuela**

Las cargas que tiene los tomacorrientes de un aula son comúnmente: cargadores de laptop, celulares, etc. las cargas son pequeñas por ese motivo se tiene un promedio de 180W por tomacorrientes normales y se colocarán 4 tomacorrientes de 120V por cada aula. Además se consideran una potencia promedio de 1000W para tomas especiales, estos se encuentran ubicados en la cocina y bar. [3]

Los tomacorrientes están diseñados de acuerdo a la necesidad de las personas que ocupan el salón, sujetándose a las normas que se indica en el numeral 2.3.1.

En la tabla 2.5 se muestra tabulado el dimensionamiento de tomacorrientes del bloque antiguo.

Tabla 2.5 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque antiguo

BLOQUE ANTIGUO				
Lugar	Diseño tomacorriente 120V	Diseño tomacorriente 220V	Potencia (VA)	Corriente (A)
Dirección	5	0	900	7,50
Aula 1	4	0	720	6,00
Aula de educación física 1	4	0	720	6,00
Aula de educación física 2	4	0	720	6,00
Aula de Música	4	0	720	6,00
Bodega	4	0	720	6,00
Pasillos 1	1	0	180	1,50
Pasillos 2	1	0	180	1,50
Pasillo entrada	1	0	180	1,50
Sala de docentes	6	0	1080	9,00
Aula 2	4	0	720	6,00
Aula 3	4	0	720	6,00
Aula 4	4	0	720	6,00
Pasillos 1	2	0	360	3,00
Pasillos 2	1	0	180	1,50
toma SUELDA		1	5000	22,73
TOTAL	49	1	13820	96,23

En la tabla 2.6 se muestra tabulado el diseño de tomacorrientes del bloque de estructura mixta.

Tabla 2.6 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque estructura mixta

BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA				
Lugar	Diseño tomacorriente 120V	Diseño tomacorriente 220V	Potencia (VA)	Corriente (A)
Aula 1	4	0	720	6,00
Aula 2	4	0	720	6,00
Aula 3	4	0	720	6,00
Aula 4	4	0	720	6,00
Aula 5	4	0	720	6,00
Aula 6	4	0	720	6,00
Aula 7	4	0	720	6,00
Laboratorio de computación	12	0	3000	25,00
Laboratorio ciencias naturales.	5	0	900	7,50
Baño sección hombres	1	0	180	1,50
Baños sección mujeres	1	0	180	1,50
Pasillos 1	3	0	540	4,50
Pasillo 2	3	0	540	4,50
Pasillo 3	3	0	540	4,50
Bodega	2	0	360	3,00
TOTAL	58		11280	94,00


En la tabla 2.7 se muestra tabulado el diseño de iluminación anterior y el diseño de tomacorrientes del bloque de aulas prefabricadas.

Tabla 2.7 Dimensionamiento de tomacorrientes del bloque de aulas prefabricadas

BLOQUE AULAS PREFABRICADAS				
Lugar	Diseño tomacorriente 120V	Diseño tomacorriente 220V	Potencia (VA)	Corriente (A)
Cocina	2		360	3,00
Cocina de inducción		1	5000	22,73
Bar	2		360	3,00
DECE	3		540	4,50
Aula 1	3		540	4,50
Baños mujeres (B.A.P)	1		180	1,50
Baños hombre (B.A.P)	1		180	1,50
Baños mixto	1		180	1,50
Pasillos 1	1		180	1,50
Microondas	1		800	6,67
Cafetera	1		750	6,25
Congelador	1		400	3,33
Licuadaora	1		600	5,00
Refrigeradora	1		900	7,50
Batidora	1		200	1,67
TOTAL	20	1	11170	74,14

En la tabla 2.8 se muestra la determinación de la carga y demanda del nuevo diseño de iluminación, tomacorriente y fuerza.

Tabla 2.8 Determinación de carga y demanda

		PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS DE DISEÑO PARA USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES						HOJA 1 de 1	
								FECHA: NOV-2017	
NOMBRE DEL PROYECTO		ESCUELA ALFREDO BOADA ESPÍN							
LOCALIZACIÓN		TABACUNDO							
USUARIO TIPO		COMERCIAL							
NÚMERO DE USUARIOS		1							
REN GLÓ N	Aparatos eléctricos y de alumbrado	CANT.	Pn (W)	CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn %	DMU (W)	
	DESCRIPCIÓN								
1	Punto fluorescente iluminación led 2X18W (diseño actu	132	36	4752	90	4276,8	90	3849,12	
2	Puntos de focos ahorradores 20W Bloque. nuevo	96	20	1920	90	1728,0	90	1555,20	
3	Puntos de fluorescentes 2x20W Bloque. nuevo	17	40	680	90	612,0	90	550,80	
4	Tomacorriente Normal (180W) Bloque. nuevo	48	180	8640	90	7776,0	40	3110,40	
5	Punto de iluminación reflectores 150W	12	150	1800	60	1080	40	432,00	
6	Tomacorriente Normal (180W) Diseño	109	180	19620	60	11772	40	4708,80	
7	Cocina de Inducción 220V	1	5000	5000	100	5000	50	2500,00	
8	Computadoras	32	250	8000	100	8000	60	4800,00	
9	Refrigeradora	1	900	900	100	900	100	900,00	
10	Cafetera	1	750	750	30	225	20	45,00	
11	Microondas	1	800	800	30	240	30	72,00	
12	Congelador	1	400	400	100	400	100	400,00	
13	Toma suelda 220V	1	5000	5000	30	1500	30	450,00	
14	Licuadaora	2	600	1200	60	720	60	432,00	
15	Batidora	1	200	200	60	120	60	72,00	
TOTALES				59662		44349,8		23877,32	
		FACTOR DE POTENCIA =		0,92	FACTOR DE DEMANDA			0,54	
		DMU (KVA) =		25953,6	Factor de demanda diversificada			25 KVA	
		N =		1					
		FD =		1					
		DD(KVA) =		25953,6					

Para llenar la tabla se realizará primero la descripción donde se lista con una referencia a los artefactos, equipos, aparatos eléctricos y de alumbrado, es decir la carga que tiene la Escuela.

En la Columna Pn(W) se escribe la potencia de cada aparato eléctrico.

En la Columna CI (carga instalada) se anota el producto de la cantidad por la potencia.

En la columna FFUn (factor de frecuencia de uso) se escribe para cada carga un factor de uso que determina la incidencia, se expresa en porcentaje.

En la columna CIR (carga representativa instalada) se anota el producto de CI x FFUn.

En la columna FSn (factor de simultaneidad) se anota en porcentaje un valor que estima el proyectista de acuerdo a la utilización de los equipos, aparatos eléctricos.

En la Columna DMU (determinación de la demanda máxima unitaria) se apunta el producto de FSn x CIR.

En la celda factor de potencia para usuarios comerciales, industriales se considera 0.85, en este caso se toma de 0.92 debido a que está considerada como beneficiario publico para la empresa eléctrica.

En la celda demanda de diseño (DD) se usa la Ecuación 8 que es la siguiente:

$$DD = \frac{DMU \times N}{FD}$$

Una vez reemplazados los valores se obtiene la demanda de diseño.

Conforme a lo obtenido la Escuela Alfredo Boada se necesita mínimo un transformador monofásico trifilar con una potencia de 25 KVA.

El transformador de acuerdo a la red de EMELNORTE debe ser de potencia primario: 13.8KVA / 7.9KVA, y voltaje secundario de 240 VAC con una derivación central que permite obtener 120V con respecto a cada extremo del secundario.

Cada devanado secundario suministra la mitad de potencia

$$I_s = \frac{(25KVA)}{240} \approx 104 A \rightarrow \text{por devanado (fase)}$$

Esto se puede ver en la figura 2.3 que muestra el transformador monofásico trifilar. Las potencias se deben agregar por separado considerando las cargas de 120V y las de 240V.

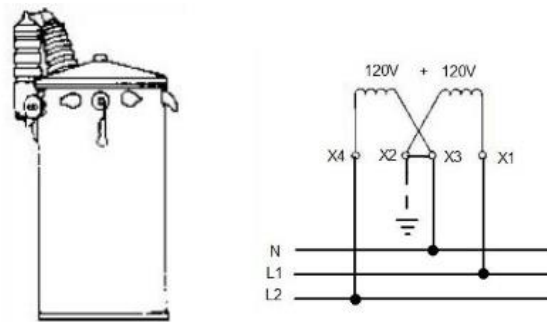


Figura 2.3 Transformador monofásico trifilar

2.4 UBICACIÓN, DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS EN SUB-TABLEROS.

Por razones de operación, facilidad de mantenimiento y de seguridad, las instalaciones de alumbrado se dividirán en circuitos, los cuales, en lo posible, deberán servir áreas de radio limitado. [1]

Cada circuito de iluminación o de tomacorrientes está formado por puntos o salidas, entendiéndose por tales a los artefactos de iluminación que se instalen en puntos físicos determinados o a los tomacorrientes que permitan la conexión de artefactos susceptibles de conectarse a este tipo de circuitos. [1]

La carga máxima en un circuito de iluminación o de tomacorrientes deberá ser no más del 70% de la capacidad nominal del circuito. [1]

No se permitirá la instalación de tableros en dormitorios, baños, cocinas o cuartos de lavado. Todo tablero de distribución debe tener una barra de neutro y una barra de tierra independientes.

- **Esquema de la distribución de los subtableros**

En la figura 2.4 se muestra los subtableros del diseño ubicado por bloques.

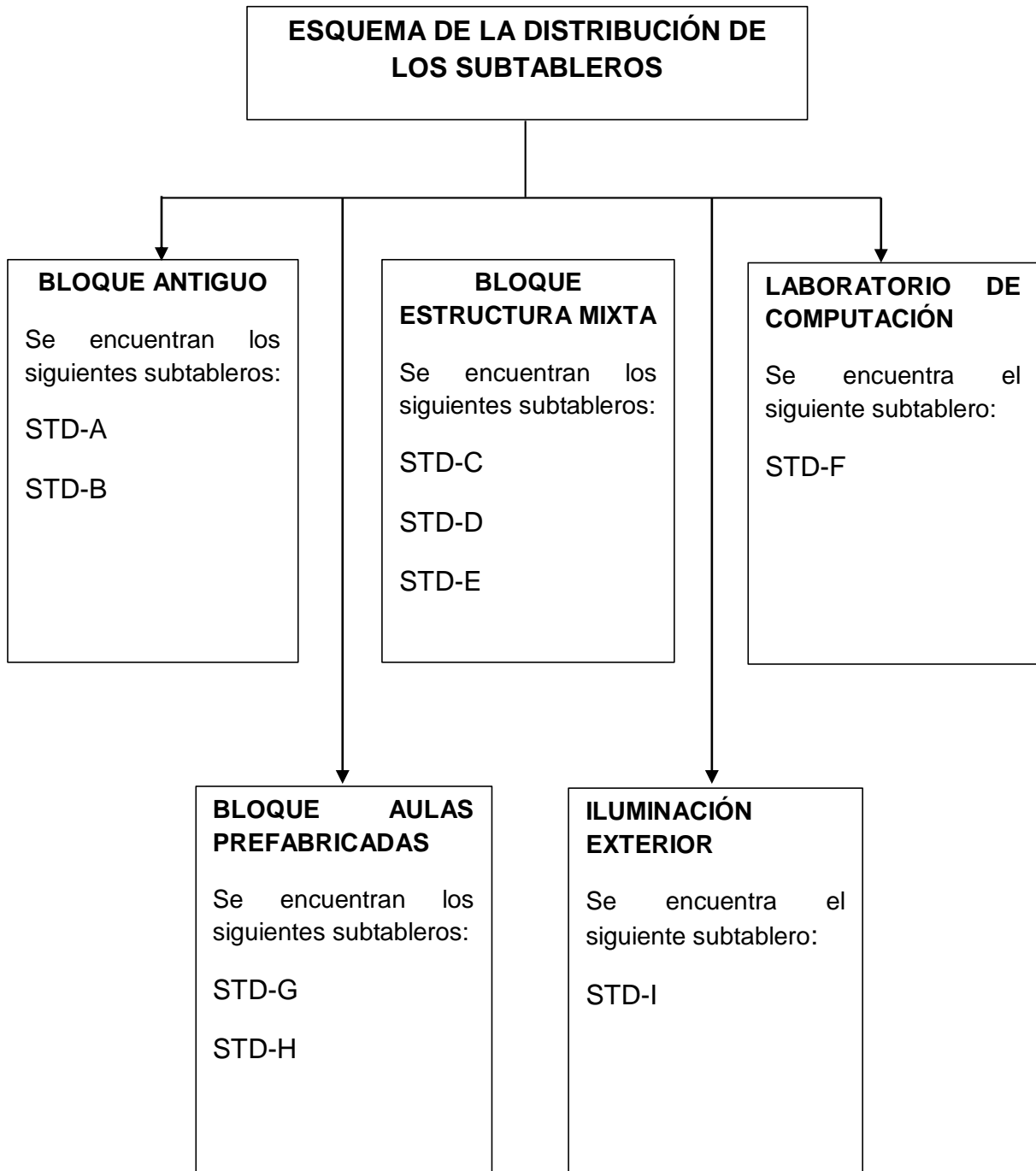


Figura 2.4 Esquema de subtableros

- **Sub-tablero A (STD-A)**

El sub-tablero A (STD-A) se ubica en el pasillo de entrada junto a la dirección y tiene once circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 1.

C2 Tomas: corresponde a tomacorrientes del aula 1.

C3 Iluminación: corresponde a la iluminación de los salones de música y educación física.

C4 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del salón de educación física.

C5 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del salón de música.

C6 Iluminación: corresponde a la iluminación de la dirección y bodega.

C7 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de la bodega.

C8 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de la dirección.

C9 Toma: corresponde al tomacorriente especial de 220V suelda eléctrica.

C10 Iluminación: corresponde a iluminación de los pasillos.

C11 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de los pasillos.

C12 Reserva

- **Sub-tablero B (STD-B)**

El sub-tablero B (STD-B) se ubica en el pasillo de la planta uno junto al aula 2 y tiene 8 circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 4 y sala de profesores.

C2 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 2

C3 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 3

C4 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 4

C5 Iluminación: corresponde a la iluminación aulas 3 y 2

C6 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de la sala de profesores.

C7 Iluminación: corresponde a la iluminación de pasillos (P1)

C8 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de pasillos.

C9 Reserva.

- **Sub-tablero C (STD-C)**

El sub-tablero C (STD-C) se ubica en el pasillo de la planta baja del bloque de estructura mixta y tiene diez circuitos que son los siguientes:

- C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 1
- C2 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 2
- C3 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 3
- C4 Iluminación: corresponde a la iluminación del pasillo
- C5 Iluminación: corresponde a la iluminación de bodega y baños
- C6 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 1
- C7 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 2
- C8 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 3
- C9 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del pasillo
- C10 Tomacorrientes bodega – baños
- C11 Reserva

- **Sub-tablero D (STD-D)**

El sub-tablero D (STD-D) se ubica en el pasillo de la planta uno del bloque de estructura mixta y tiene diez circuitos que son los siguientes:

- C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 4
- C2 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 5
- C3 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 6
- C4 Iluminación: corresponde a la iluminación del pasillo
- C5 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 7
- C6 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 4
- C7 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 5
- C8 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 6
- C9 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del pasillo
- C10 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 7
- C11 Reserva

- **Sub-tablero E (STD-E)**

El sub-tablero E (STD-E) se ubica en el laboratorio de computación y tiene cuatro circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del L. Ciencias Naturales.

C2 Iluminación: corresponde a la iluminación de Pasillos.

C3 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del L. Ciencias Naturales.

C4 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de pasillos.

C5 Reserva.

- **Sub-tablero F (STD-F)**

El sub-tablero F (STD-F) se ubica en el laboratorio de computación y tiene cinco circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación Laboratorio computación.

C2 Tomacorrientes L. Computación.

C3 Tomacorrientes L. Computación.

C4 Tomacorrientes L. Computación.

C5 Tomacorrientes L. Computación.

C6 Reserva

- **Sub-tablero G (STD-G)**

El sub-tablero G (STD-G) se ubica en el pasillo del bloque de aulas prefabricadas y tiene seis circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del aula 1

C2 Iluminación: corresponde a la iluminación del DECE.

C3 Iluminación: corresponde a la iluminación de baños y pasillo.

C4 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del aula 1

C5 Tomas: corresponde a los tomacorriente de pasillos – baños.

C6 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del DECE.

C7 Reserva.

- **Sub-tablero H (STD-H)**

El sub-tablero H (STD-H) se ubica en la cocina y tiene ocho circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación de la cocina.

C2 Iluminación: corresponde a la iluminación del bar.

C3 Tomas: corresponde a los tomacorrientes de la cocina.

C4 Tomas: corresponde al tomacorriente de 220V cocina.

C5 Tomas: corresponde a los tomacorrientes del bar.

C6 Tomas especiales.

C7 Tomas especiales.

C8 Tomas especiales.

- **Sub-tablero I (STD-I)**

El sub-tablero I (STD-I) se ubica en el pasillo de la planta baja del bloque antiguo y tiene cuatro circuitos que son los siguientes:

C1 Iluminación: corresponde a la iluminación del patio.

C2 Iluminación: corresponde a la iluminación del patio.

C3 Iluminación: corresponde a la iluminación del patio.

C4 Iluminación: corresponde a la iluminación del patio.

- **Selección de tableros**

Se selecciona tableros conforme a la necesidad de los circuitos que se tiene en cada bloque, además se considera que todos los tableros deben tener una reserva equivalente al número de circuitos.

La selección se realiza basándose en la Norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.7.0 y 15.1.11.0.3. Donde se detalla cómo instalar los tableros eléctricos, su uso, características, aplicaciones, y funcionamiento de los diferentes tableros que existen, esta parte se la encuentra en capítulo I en el literal tablero.

El criterio de selección de sub-tableros de distribución se realiza determinando la cantidad de circuitos monofásicos o trifásicos que llegan a dicho tablero.

En la escuela se coloca nueve sub-tableros y se representa por abreviatura como se muestra en la tabla 2.9 donde se describe la ubicación de los sub-tableros.

Tabla 2.9 Ubicación de los sub-tableros.

SUBTABLERO	DESCRIPCIÓN
STD-A	PLANTA BAJA BLOQUE ANTIGUO
STD-B	PLANTA UNO BLOQUE ANTIGUO
STD-C	PLANTA BAJA BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA
STD-D	PLANTA UNO BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA
STD-E	PLANTA DOS BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA
STD-F	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN
STD-G	BLOQUE AULAS PREFABRICADAS
STD-H	BLOQUE AULAS PREFABRICADAS
STD-I	ILUMINACIÓN EXTERIOR

Las características de los sub-tableros son las que se detallan en la tabla 2.10 donde se indica las especificaciones de cada uno.

Tabla 2.10 Sub-tableros para cada circuito

CIRCUITO	TIPO DE TABLERO
STD-A	TABLERO 1 Φ , 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-B	TABLERO 1 Φ , 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-C	TABLERO 1 Φ , 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-D	TABLERO 1 Φ , 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-E	TABLERO 1 Φ , 6 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-F	TABLERO 1 Φ , 6 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-G	TABLERO 1 Φ , 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-H	TABLERO 1 Φ , 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL
STD-I	TABLERO 1 Φ , 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE EMPOTRADO, SUPERFICIAL

2.5 DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

Para determinar el calibre del conductor eléctrico y protecciones de cada circuito se dimensiona a partir de:

- Número de puntos de utilización de cada circuito.
- Potencia prevista por cada toma.
- Factor de simultaneidad y frecuencia de uso.
- Intensidad admisible de los conductores.
- Caída de tensión.

2.5.1 Fórmulas para el cálculo de calibre y protecciones del conductor.

Para calcular la sección del conductor se debe conocer el valor de la corriente que va circular por el circuito eléctrico ya sea de tomacorrientes, iluminación u otro. Las formulas usadas son:

- **Potencia activa monofásica**

$$P = V * I * \cos\phi \quad \text{Ecuación. 9}$$

- **Potencia aparente:**

$$S(VA) = V * I \quad \text{Ecuación. 10}$$

- **Para conocer la Intensidad para línea monofásica**

$$I = \frac{P}{V * \cos\phi} \quad \text{Ecuación 11}$$

- **Para conocer la Intensidad para línea trifásica**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} \quad \text{Ecuación. 12}$$

- **Para fluorescentes o tubos de descarga la potencia arranque es la siguiente:**

$$P_{arranque} = 1.8 * P_{permanente}$$

$$I = 1.8 * \left(\frac{P}{V}\right) (W) \quad \text{Ecuación. 13}$$

Además, se debe tener en cuenta que cumplan con las normas NEC que manifiesta que los conductores empleados en las instalaciones serán de cobre. El uso de otro material como conductor eléctrico deberá ser consultado al Órgano Competente Local, quién podrá autorizar y fijar las condiciones de uso de aquél. [1]

El conductor neutro tendrá una sección igual a la del conductor de fase.

La selección de calibre del conductor y sus protecciones se indican por subtableros conforme a la distribución de los circuitos.

La norma NEC 11 capítulo 15 numeral 15.1.7.1.1.2 dice que en iluminación se debe colocar como mínimo conductor calibre #14 AWG y para tomacorrientes como mínimo calibre #12 AWG para conocer la corriente que circula por conductor se muestra en el **Anexo 6** la tabla de electro cables del calibre de conductor.

- **Cálculo de conductor**

Para dimensionar el conductor se debe conocer la potencia del bloque y circuitos, seguido realizar varios cálculos y conseguir la corriente que circula por los conductores eléctricos. Una vez conocida la corriente se dimensiona el conductor tomando en cuenta la corriente máxima que soporta el conductor.

La selección del conductor en este diseño es con cable THHN 600V – 90°C para circuitos de iluminación y tomacorrientes.

La selección del conductor en este diseño es con cable TTU 600V – 90°C para circuitos de distribución y fuerza.

- **Cálculo de la protección**

En el cálculo de la protección térmica se debe tomar en cuenta que cumpla lo siguiente:

$$I_{\text{nominal de consumo}} < I_{\text{admisible de la protección}} < I_{\text{conductor}}$$

La corriente nominal de consumo se calcula con la Ecuación 11 si es tomacorriente o con la Ecuación 13 si es luminaria fluorescente.

La corriente admisible de la protección es:

$$I_{\text{adm.prot.}} = I_{\text{nominal de consumo}} * K$$

Donde K se selecciona de acuerdo al tipo de termo-magnético se usa un tipo C que tendrá como constante de seguridad 1.45.

El cálculo de las protecciones para los circuitos se realiza utilizando potencias activas, a estas se les tomó en cuenta la carga instalada por consumidor representativo (CIR), determinación de la demanda máxima unitaria (DMU), se lo hizo así para tener potencias reales de trabajo y así calcular la corriente que circula usualmente por los circuitos, esta corriente es multiplicada por un factor de seguridad de acuerdo al tipo de protección magneto térmica en este caso se selecciona una protección tipo C con factor de seguridad: 1.45

En el capítulo uno, numeral 1.5.7 magneto térmica se indican los valores comerciales de las protecciones los cuales se usan para su selección.

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo de calibre y protección para el C1 iluminación de aula 1 del sub-tablero A.

Datos:

$$P_{c1} = 440 W$$

$$DMV = 116.64 W$$

Se usa la Ecuación 11

$$I = \left(\frac{116.4}{120 * 0.92} \right) = 1.06A$$

- Una vez encontrada la corriente se ve que cumpla con la siguiente condición:

$$I_{nominal\ de\ consumo} < I_{admisible\ de\ la\ proteccion} < I_{conductor}$$

- Donde la corriente nominal de consumo se calculó anteriormente y es igual a:

$$I_{nominal\ de\ consumo} = 1.06$$

- La corriente admisible de la protección es igual a:

$$I_{admisible\ de\ la\ proteccion} = K * I_{nominal\ de\ consumo}$$

- Donde K= 1,45 de acuerdo al tipo de protección seleccionada

$$I_{admisible\ de\ la\ proteccion} = 1.45 * 1.06 = 1.53 A$$

- Conociendo la corriente admisible de la protección se selecciona el magneto térmico comercial que es de 10 A.
- Para la corriente del conductor se basa en la tabla del [Anexo 6](#), el calibre de conductor para el circuito 1 de iluminación es #14 no se debe colocar de menor calibre en circuitos de iluminación como dice en la norma NEC 11 - capítulo 15.
- La corriente del conductor #14 AWG según la tabla del anexo 6 es 25 A

$$I_{conductor} = 25A$$

Finalmente al reemplazar las corrientes debe cumplir la condición:

$$I_{nominal\ de\ consumo} < I_{admisible\ de\ la\ protección} < I_{conductor}$$

$$1.53A < 10A < 25A$$

Resultado final: se tiene un termo magnético de 10 A calibre de conductor: #14 AWG

A continuación se presenta en tablas datos tabulados de la selección del calibre del conductor, las protecciones y el equilibrio de cargas, la tabulación se realiza en el programa Excel.

En la tabla 2.11 se indica la selección de la protección, el calibre del conductor y el equilibrio de cargas para cada circuito del STD-A.

Tabla 2.11 Protecciones y calibres del conductor para el STD-A

SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN Y CONDUCTOR DE LA PLANTA BAJA DEL BLOQUE ANTIGUO "STD-A"													
2 LÍNEAS + 1 NEUTRO + TIERRA													
# circuito	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación aulas 1	4			144,00	129,60	116,64	1,06		1,06	1,53	10	14 AWG
C2	Tomacorrientes aulas 1		4		720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C3	Iluminación música y edu. física	8			288,00	259,20	233,28	1,79	1,79		2,59	10	14 AWG
C4	Tomacorrientes edu. física		8		1440,00	1008,00	705,60	6,39	6,39		9,27	20	12 AWG
C5	Tomacorrientes música		4		720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C6	Iluminación dirección y bodega	6			216,00	194,40	174,96	1,34		1,34	1,94	10	14 AWG
C7	Tomacorrientes bodega		4		720,00	504,00	352,80	3,20	3,20		4,63	20	12 AWG
C8	Tomacorrientes dirección		5		900,00	630,00	567,00	5,14		5,14	7,45	20	12 AWG
C9	Tomacorriente 220V			1	5000,00	5000,00	5000,00	24,70	24,70	24,70	35,82	40	10 AWG
C10	Iluminación pasillos 1-2-entrada	5			180,00	162,00	145,80	1,12		1,12	1,62	10	14 AWG
C11	Tomacorrientes pasillos		3		540,00	378,00	340,20	3,08	3,08		4,47	20	12 AWG
C12	Reserva												
RESULTADOS		23	28	1	10868,00	9273,20	8341,88	54,20	39,16	39,75		50	6 AWG

En la tabla 2.12 se indica la selección de la protección para cada circuito y el calibre del conductor de la primera planta del bloque antiguo STD-B.

Tabla 2.12 Protecciones y calibre del conductor para el STD-B

SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN Y CONDUCTOR DE LA PRIMERA PLANTA DEL BLOQUE ANTIGUO "STD-B"													
2 LÍNEAS + 1 NEUTRO + TIERRA													
# circuit	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación sala de profesores y aula	6	-	-	216,00	194,40	174,96	1,58	1,58		2,30	10	14 AWG
C2	Tomacorriente aula 2	-	4	-	720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C3	Tomacorriente aula 3	-	4	-	720,00	504,00	352,80	3,20	3,20		4,63	20	12 AWG
C4	Tomacorriente aula 4	-	4	-	720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C5	Iluminación aula 2 y 3	12	-	-	432,00	388,80	349,92	3,17	3,17		4,60	10	14 AWG
C6	Tomacorrientes sala docentes	-	6	-	1080,00	756,00	529,20	4,79		4,79	6,95	20	12 AWG
C7	Iluminación Pasillos	3	-	-	108,00	97,20	87,48	0,79	0,79		1,15	10	14 AWG
C8	Tomacorrientes pasillos	-	3	-	540,00	378,00	264,60	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C9	Reserva												
RESULTADOS		21	21		4536,00	3326,40	2464,56	22,32	11,14	11,18		25	8 AWG

En la tabla 2.13 se indica la selección de la protección para cada circuito y el calibre del conductor del bloque de estructura mixta del STD-C.

Tabla 2.13 Protecciones y calibre del conductor para el STD-C

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA BAJA DEL BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA (STD-C)													
2 LÍNEAS + 1 NEUTRO + TIERRA													
circuitos	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación aula 1	4			144,00	129,60	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C2	Iluminación aula 2	4			144,00	129,60	116,64	1,06		1,06	1,53	10	14 AWG
C3	Iluminación aula 3	4			144,00	129,60	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C4	Iluminación pasillo	3			108,00	97,20	87,48	0,79	0,79		1,15	10	14 AWG
C5	Iluminación bodega y baños	3			108,00	97,20	87,48	0,79	0,79		1,15	10	14 AWG
C6	Tomacorrientes aula 1		4		720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C7	Tomacorrientes aula 2		4		720,00	504,00	352,80	3,20	3,20		4,63	20	12 AWG
C8	Tomacorrientes aula 3		4		720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C9	Tomacorrientes pasillo		3		540,00	378,00	264,60	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C10	Tomacorrientes bodega - baños		4		720,00	504,00	352,80	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C11	Reserva												
RESULTADOS		18	19		4068,00	2977,20	2200,68	19,93	9,29	10,64		25	10 AWG

En la tabla 2.14 se indica la selección de la protección y calibre de conductor para cada circuito de la planta uno de bloque de estructura mixta del STD-D.

Tabla 2.14 Protecciones y calibre del conductor para el STD-D

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA UNO DEL BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA (STD-D)													
2 LÍNEAS + 1 NEUTRO + TIERRA													
circuitos	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación aula 4	4			144	129,6	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C2	Iluminación aula 5	4			144	129,6	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C3	Iluminación aula 6	4			144	129,6	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C4	Iluminación pasillo	3			108	97,2	87,48	0,79		0,79	1,15	10	14 AWG
C5	Iluminación aula 7	8			288	259,2	233,28	2,11	2,11		3,06	10	14 AWG
C6	Tomacorrientes aula 4		4		720	504	352,8	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C7	Tomacorrientes aula 5		4		720	504	352,8	3,20	3,20		4,63	20	12 AWG
C8	Tomacorrientes aula 6		4		720	504	352,8	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C9	Tomacorrientes pasillo		3		540	378	264,6	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C10	Tomacorrientes aula 7		4		720	504	352,8	3,20		3,20	4,63	20	12 AWG
C11	Reserva												
RESULTADOS		23	19		4248	3139,2	2346,48	21,25	10,88	10,38		25	10 AWG

En la tabla 2.15 se indica la selección de la protección y calibre de conductor para cada circuito del bloque de estructura mixta del STD-E.

Tabla 2.15 Protecciones y calibre del conductor para el STD-E

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA DOS DEL BLOQUE ESTRUCTURA MIXTA (STD-E)													
1 LÍNEA + 1 NEUTRO + TIERRA													
circuitos	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación L. Ciencias Naturales	6			216	194,4	174,96	1,58	1,58		2,30	10	14 AWG
C2	Iluminación Pasillos	3			108	97,2	87,48	0,79	0,79		1,15	10	14 AWG
C3	Tomas L. Ciencias Naturales		5		900	630	441	3,99	3,99		5,79	20	12 AWG
C4	Tomas Pasillos		3		540	378	264,6	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C5	Reserva												
RESULTADOS		9	8		1764	1299,6	968,04	8,77	8,77			25	10 AWG

En la tabla 2.16 se indica la selección de la protección y el calibre del conductor para cada circuito del bloque de estructura mixta del STD-F.

Tabla 2.16 Protecciones y calibre del conductor para el STD-F

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DEL LABORATORIO COMPUTACIÓN STD-F													
1 LÍNEA + 1 NEUTRO + TIERRA													
# circuit o	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	250	5000					L1	L2			
C1	Iluminación L. Computación	10			360	324	291,6	2,64		2,64	3,83	10	14 AWG
C2	Tomacorrientes L. Computación		3		750	525	367,5	3,33		3,33	4,83	20	12 AWG
C3	Tomacorrientes L. Computación		3		750	525	367,5	3,33		3,33	4,83	20	12 AWG
C4	Tomacorrientes L. Computación		3		750	525	367,5	3,33		3,33	4,83	20	12 AWG
C5	Tomacorrientes L. Computación		3		750	525	367,5	3,33		3,33	4,83	20	12 AWG
C6	Reserva												
RESULTADOS		10	12		3360	2424	1761,6	15,96	0,00	15,96		32	8 AWG

En la tabla 2.17 se indica la selección de la protección para cada circuito y el calibre del conductor del bloque de aulas prefabricadas del STD-G.

Tabla 2.17 Protecciones y calibre del conductor para el STD-G

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA UNO DEL BLOQUE DE AULAS PREFABRICADAS (STD-G)													
1 LÍNEA + 1 NEUTRO + TIERRA													
# circuit o	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación aula 1	4			144,00	129,60	116,64	1,06	1,06		1,53	10	14 AWG
C2	Iluminación DECE	4			144,00	129,60	116,64	1,06	1,06		1,53	10	15 AWG
C3	Iluminación baños y pasillo	8			288,00	259,20	233,28	2,11	2,11		3,06	10	16 AWG
C4	Tomacorriente aula 1		3		540,00	378,00	264,60	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C5	Tomacorriente pasillos - baños		4		720,00	504,00	352,80	3,20	3,20		4,63	20	12 AWG
C6	Tomacorriente DECE		3		540,00	378,00	264,60	2,40	2,40		3,48	20	12 AWG
C7	Reserva												
RESULTADOS		16	10		2376,00	1778,40	1348,56	12,22	12,22	0,00		32	8 AWG

En la tabla 2.18 se indica la selección de la protección para cada circuito y el calibre del conductor del bloque de aulas prefabricadas del STD-H.

Tabla 2.18 Protecciones y calibre del conductor para el STD-H

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE BLOQUE AULA PREFABRICADAS STD-H														
2 LÍNEAS + 1 NEUTRO + TIERRA														
# circuito	Actividad	Cargas instaladas (W)				CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN N COMERCIAL	CALIBRE AWG
		2x18	180	1000	5000					L1	L2			
C1	Iluminación Cocina	6				216	194,4	174,96	1,58	1,58		2,30	10	14 AWG
C2	Iluminación Bar	6				216	194,4	174,96	1,58		1,58	2,30	10	12 AWG
C3	Tomacorrientes cocina		2			360	252	176,40	1,60		1,60	2,32	32	12 AWG
C4	Cocina de inducción				1	5000	5000,00	5000,00	24,70	24,70	24,70	35,82	40	10 AWG
C5	Tomacorriente bar		3			540	378	264,60	2,40		2,40	3,48	25	12 AWG
C6	Tomas especiales cocina			3		3000	2100	1470,00	13,32	13,32				
C7	Tomas especiales bar			2		2000	1400	980,00	8,88		8,88			
C8	Reserva													
RESULTADOS		12	5	5	1	11332	9518,8	8240,92	54,06	39,60	39,16		63	6 AWG

En la tabla 2.19 se muestra la selección de la protección para cada circuito y el calibre del conductor de la iluminación exterior del STD-I.

Tabla 2.19 Protecciones y calibre del conductor para la iluminación exterior.

SELECCIÓN DE PROTECCIÓN Y CONDUCTOR DE ILUMINACIÓN EXTERIOR STD-I													
1 LÍNEA + 1 NEUTRO + TIERRA													
circuitos	Actividad	Cargas instaladas (W)			CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN (A)	PROTECCIÓN COMERCIAL	CALIBRE AWG
		150	180	5000					L1	L2			
C1	Iluminación Patio	4			600	600	600	4,6		4,6	6,67	16	12 AWG
C2	Iluminación Patio	4			600	600	600	4,6	4,6		6,67	16	12 AWG
C3	Iluminación Patio	4			600	600	600	4,6		4,6	6,67	16	12 AWG
C4	(RESERVA)												
RESULTADOS		12			1800	1800	1800	13,8	4,6	9,2		32	8 AWG

2.5.2 Distribución de circuitos y protecciones en el tablero principal

El diseño contempla un tablero principal, con protección tipo caja moldeada, y con interruptores diferenciales para cada sub-tablero, los circuitos con protecciones magneto-térmicas.

Desde el tablero principal se distribuirá para 9 sub-tableros de los tres bloques y se lo realiza por canalización PVC.

Las protecciones para los sub-tableros será cumpliendo la norma NEC 2011 capítulo 15 numeral 15.1.11.3.4 que dice que debe ir con protección diferencial.

A continuación se muestra en la tabla 2.20 los cálculos de protecciones y calibres del conductor del tablero principal.

Tabla 2.20 Protecciones y calibres del conductor para los subtableros

SELECCIÓN DE CONDUCTOR Y PROTECCIÓN DE SUBTABLEROS								
2 LINEAS + 1 NEUTRO + TIERRA								
SUB-TABLERO	CARGA W	CIR	DMU	CORRIENTE (A)	EQUILIBRIO DE CARGAS		PROTECCIÓN NORMALIZADA	CALIBRE AWG
					R	S		
STD-A	10871,76	9276,58	8344,93	54,23	39,16	39,77	50,00	6 AWG
STD-B	4536,00	3326,40	2464,56	22,32	11,14	11,18	25,00	8 AWG
STD-C	4068,00	2977,20	2200,68	19,93	9,29	10,64	25,00	10 AWG
STD-D	4248,00	3139,20	2346,48	21,25	10,88	10,38	25,00	10 AWG
STD-E	1764,00	1299,60	968,04	8,77	8,77		25,00	10 AWG
STD-F	3360,00	2424,00	1761,60	15,96	0,00	15,96	32,00	8 AWG
STD-G	2376,00	1778,40	1348,56	12,22	12,22	0,00	32,00	8 AWG
STD-H	11332,00	9518,80	8240,92	54,06	39,60	39,16	63,00	6 AWG
STD-I	1800,00	1800,00	1800,00	13,80	4,60	9,20	32,00	8 AWG

2.5.3 Canalización para los conductores

La canalización de la acometida será por medio de tubería galvanizada, el exterior y soterramiento por PVC de 2" y con conductores TTU como dice la norma NEC en el numeral 15.1.8.2.11.10.

Los alimentadores estarán por medio de tuberías PVC que cumpla con la norma NEC del numeral 15.1.8.2.4.2. que dice: en canalizaciones en locales de reunión de personas, a las características de las tuberías no metálicas indicadas en el numeral 15.1.8.2.4.1 deberán agregarse que, en caso de combustión, deberán arder sin llama, no emitir gases tóxicos, estar libres de materiales halógenos y emitir humos de muy baja opacidad.

Para los circuitos eléctricos que derivan de tablero y subtablero de aulas prefabricadas y partes del bloque antiguo se utilizará tubería conduit metálica flexible galvanizada (tipo EMT Flexible), para bloque de estructura mixta se utilizará tubería no metálica rígida o semirrígida.

2.6 CAÍDA DE VOLTAJE EN LOS CIRCUITOS

A continuación se realiza un ejemplo de cálculo de caída de voltaje en el subtablero A (STD-A) tomando en cuenta el circuito más lejano.

Se aplica la ecuación 5 que se indica en el Capítulo I.

$$e = \frac{K * I * L}{S * V} \text{ Ecuación 5}$$

Datos:

$$K = 4$$

$$I = 6.39 \text{ A}$$

$$L = 30.81 \text{ m}$$

$$S = 12\text{AWG} - 3.31 \text{ mm}^2$$

$$V = 120 \text{ VAC}$$

$$e = \frac{4 * 6.39 * 30.81}{3.31 * 120} = \frac{787.50}{397.2} = 1.98$$

En la tabla 2.21 se muestra la caída de tensión del circuito más lejano de cada sub-tablero.

Tabla 2.21 Determinación de la caída de tensión de los sub-tableros de la escuela

SUB-TABLERO	CIRCUITO (Lugar mas lejano)	CORRIENTE (A)	LONGITUD DEL CONDUCTOR (m)	NUMERO DE CONDUCTOR (AWG)	SECCIÓN DE CONDUCTOR (mm ²)	CAÍDA DE TENSIÓN (%)
STD-A	C4	6,39	30,81	12	3,31	1,98
STD-B	C6	4,79	44,34	12	3,31	2,14
STD-C	C10	3,20	28,00	12	3,31	0,90
STD-D	C10	3,20	25,00	12	3,31	0,81
STD-E	C4	2,40	19,40	12	3,31	0,47
STD-F	C4	3,33	15,00	12	3,31	0,50
STD-G	C5	3,20	37,50	12	3,31	1,21
STD-H	C3	19,35	12,50	12	3,31	2,44
STD-I	C3	4,60	78,66	12	3,31	3,64

Nota: en el caso que sobre pase el 5% de lo permitido se deberá subir el calibre del conductor, para reducir la caída de tensión en el circuito.

2.7 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La Escuela Alfredo Boada Espín no cuenta con un sistema de puesta a tierra, y tiene varios equipos que necesitan ser protegidos, a la vez necesita brindar seguridad a los seres vivos.

2.7.1 Diseño de la malla de puesta a tierra para la escuela.

El diseño de malla de puesta a tierra se basa en las normas IEEE 80-1986, normas NEC, IEEE142-1991. La Malla de puesta a tierra corresponde a una malla horizontal en forma de retícula por conductores enterrados y complementada por un número determinado de varillas verticales.

A continuación se presenta el diseño de la malla de puesta a tierra para la escuela.

- **Cálculo de la resistividad del suelo**

El método Wenner se recomienda en las normas NEC en el capítulo 15.1.10.2.5. Es el más utilizado para medir la resistividad del suelo.

Aplicando la Ecuación 7 se procede a realizar el cálculo, conociendo que la resistencia del suelo es de aproximadamente 3-6 ohmios dato que se obtuvo de un proyecto realizado cerca de la institución se toma una $R = 4 \Omega$. [20]

$$\rho = 2 * \pi * A * R$$

Datos:

$$\rho = ?$$

$$\pi = 3.1415 \dots$$

$$A = 10m$$

$$R = 4\Omega$$

$$\rho = 2 * \pi * 10 * 4$$

$$\rho = 251.32 (\Omega - m)$$

Para disminuir la resistividad del suelo se puede hacerlo por diferentes tratamientos del suelo que pueden ser los siguientes:

- Sales puras
- THOR GEL
- Sustancias minerales arcillosas.
- Aumentar más electrodos.

- **Cálculo de la corriente de cortocircuito**

Para el cálculo de la corriente de corto circuito se basa en la tabla que se encuentra en el **anexo 7** del código NEC que sirve para determinar la impedancia del conductor y así calcular la corriente de corto circuito.

En el diseño la malla va ubicada en el patio a una distancia de 28 metros e instalada a una barra equipotencial con conductor de cobre de 2/0 AWG.

En el **Anexo 7** la tabla viene expresada en pies por lo que se transforma de metros a pies como se lo realiza a continuación.

$$\frac{28m}{1m} \times \frac{100cm}{30.48cm} \times \frac{1ft}{30.48cm} = 91.86 \text{ pies}(ft)$$

Del **Anexo7** se obtiene que por cada 1000 pies los valores de reactancia y resistencias sean los siguientes:

Reactancia: $X_L = 0.043 \Omega$ (por cada mil 1000pies)

Resistencia: $R = 0.10 \Omega$ (por cada mil 1000pies)

Se tiene una distancia de 91.86 pies y los valores de reactancia y resistencia es por cada 1000 pies entonces se aplica una regla de tres para conocer el valor real como se muestra a continuación.

Reactancia:

$$\frac{1000 \text{ pies}}{0.043\Omega} = \frac{91.86\text{pies}}{X_L} \text{ entonces: } X_L = \frac{91.86 * 0.043\Omega}{1000} = 0.00394\Omega$$

Resistencia:

$$\frac{1000 \text{ pies}}{0,10\Omega} = \frac{91.86\text{pies}}{R} \text{ entonces: } R = \frac{91.86 * 0.10\Omega}{1000} = 0.00919\Omega$$

Utilizando la ley de ohm se encuentra la corriente de corto circuito, de la cual se usa el modulo.

$$I_{cc} = \frac{227}{0.00919 + j0.00394} \approx 22002.23 A$$

- **Cálculo del conductor para la puesta a tierra**

El cálculo del conductor de puesta a tierra se realiza aplicando la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE Std.80-1986) usando la ecuación desarrollada por Onderdonk Ecuación 14.

$$S = I_{cc} * K_{ON} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

S = sección del conductor

I_{cc} = corriente de corto circuito

K_{on} = constante de onderdonk (6.5MCM/amp)

$$S = (22002.23 \text{ A}) * 6.5 \left(\frac{\text{cmil}}{\text{A}} \right)$$

$$S = 143014.52 \text{ cmil}$$

Se obtiene una sección de 143014.52 cmil y con este este valor se selecciona el conductor usando la tabla del código NEC del **Anexo 8** que se indica que se debe usar un conductor 2/0.

- **Cálculo de la resistencia por varilla**

Para el cálculo de la resistencia por varilla se usa la característica de la varilla de 5/8" y de 1.8 m de longitud y se aplica la Ecuación 15 tomada de la norma IEEE std 142-1991 que se encuentra en el **Anexo 9** que es la siguiente:

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi x L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

R = resistencia de la varilla

ρ = resistividad del suelo ($\Omega * m$)

L = longitud de la varilla (m)

a = radio de la varilla (m)

$$R_v = \frac{251.32 (\Omega - m)}{2\pi x 1.8} \left(\ln \frac{4(1.8)}{0,008} - 1 \right)$$

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$R_v = 128 \Omega$$

- **Resistencia del número total de varillas**

Para el número total de varillas se debe considerar diferentes factores como profundidad, longitud del conductor, resistividad, diámetro de la varilla (características de la varilla) y se encuentra su valor aplicando la siguiente expresión: [23]

$$R_T = \frac{\text{resistencia por varilla}}{\text{número de varillas}}$$

$$R_T = \frac{\text{resistencia por varilla}}{\text{número de varillas}} = \frac{128}{10} = 12.8\Omega$$

- **Resistencia del conductor enterrado.**

Para el cálculo se usa la Ecuación 16 tomada del anexo 9, y contemplamos los valores de la varilla copperweld, como su longitud, diámetro, radio, además la longitud del conductor enterrado, profundidad del conductor enterrado.

$$R_c = \frac{\rho}{4\pi * L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

donde:

R_c = resistencia del conductor enterrado(Ω).

ρ = resistividad del terreno($\Omega \cdot m$).

L = longitud total del conductor enterrado (m)

a = radio de la varilla

S = profundidad de enterramiento del conductor

$$R_c = \frac{\rho}{4\pi * L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{1} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$$

$$R_c = \frac{251.32}{4\pi * 28} \left(\ln \frac{4(28)}{0,008} + \ln \frac{4(28)}{1} - 2 + \frac{1}{2(28)} - \frac{1}{16 * (28)^2} + \frac{1}{512 * (28)^4} \right)$$

$$R_c = 8.5\Omega$$

- **Cálculo de la resistencia total del circuito a tierra**

La resistencia total del sistema se encuentra realizando la operación de resistencia en paralelo como se muestra a continuación. [23]

$$R_{TS} = \left(\frac{8.5 * 12.8}{8.5 + 12.8} \right) \approx 5\Omega$$

La malla de puesta a tierra se realiza con conductor desnudo 2/0 AWG, con suelda exotérmica, con varilla copperweld de 5/8 y 1.8 (m) de longitud y se distribuirá por medio de una barra equipotencial a los circuitos.

- **Barra equipotencial**

La barra equipotencial está conectada a través de conductor 2/0 AWG. Puede instalarse en arquetas de registro, o fijadas directamente a pared. Pletina de cobre y bornes de conexión fabricados en aleación Cu/Zn.

En el [Anexo 10](#) se presenta el presupuesto referencial para ejecución de la instalación eléctrica de bajo voltaje de la Escuela Alfredo Boada Espín de material, equipo, herramientas y mano de obra.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las instalaciones eléctricas actuales de la Escuela fueron realizadas sin ninguna norma técnica ya que la infraestructura era una casa antes de que funcione como establecimiento educativo. Una vez que empieza a usarse como escuela se ve la necesidad de incrementar, lámparas, tomacorrientes, que con el paso de los años se sobre carga a dicha instalación eléctrica. Viéndose afectados los dispositivos, cables y partes de la instalación eléctrica como:

- Cables de circuitos secundarios.
- Iluminación exterior e interior
- Tomacorrientes.
- Cajetines, etc.

Se expone lo enunciado anteriormente para recalcar su estado actual y presentar los resultados satisfactorios que se tiene al realizar el nuevo diseño que son los siguientes:

El nuevo diseño eléctrico para la Escuela Alfredo Boada es eficiente por los siguientes motivos:

- En iluminación, el uso de luminarias LED T8 economiza su consumo ya que tiene menor potencia y mayor cantidad de flujo luminoso que las lámparas fluorescente T8 que actualmente se usa.
- En tomacorrientes, los salones, aulas, oficinas, no contaban con la cantidad necesaria de tomas por lo cual se usa cortapicos eléctricos que sobre cargan al tomacorriente, y en el diseño se colocan los tomacorrientes necesarios de acuerdo a las normas NEC.

- En los baños de la construcción prefabricada se realiza el diseño eléctrico ya que no contaba con el mismo, además en los baños de los demás bloques se agrega tomacorrientes.
- Se diseña un tablero principal del cual se distribuye a 9 sub-tableros por medio de interruptores diferenciales como pide las normas NEC.
- En el diseño de tableros se aumentan 9 sub-tableros los que serán distribuidos en los diferentes bloques con la finalidad separar los circuitos de iluminación, tomacorriente y proteger por medio de protecciones termomagnéticas y diferenciales, ya que actualmente no tiene separados sus circuitos.
- El calibre de los conductores tanto de iluminación como de tomacorrientes en el diseño se ajusta con lo establecido en la norma NEC, todo depende de la carga instalada.
- Para sub-alimentadores el calibre del conductor debe ser mínimo 10AWG como establece la norma NEC, en el diseño se coloca calibre de conductor no menor a 10 AWG pero si mayor a este conforme a la carga que tiene cada subtablero.
- Actualmente se tienen pérdidas de energía eléctrica por incorrectos empalmes y aparatos eléctricos, con el nuevo diseño se optimiza el uso de la energía evitando pérdidas de energía por este tipo de fallas
- Se presentan planos eléctricos ya que no cuentan con los mismos los cuales servirán para ejecutar un plan de mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas.

Lo expresado en los resultados se muestra en los capítulos 1 y 2 que se respalda con referencias bibliográficas.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El uso de la norma NEC (NORMAS ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN) Instalaciones Electromecánicas, Capítulo 15, 2011 son necesarias para cumplir con los requerimientos mínimos de un buen diseño eléctrico.
- Las instalaciones eléctricas actuales de la Escuela no brindan seguridad, y no se puede hacer uso de algunos tomacorrientes ya que se encuentran en malas condiciones y sobrecargan su circuito.
- Toda escuela debe tener un plano eléctrico de sus instalaciones para llevar un mantenimiento preventivo, pudiendo así alargar la vida de trabajo de sus dispositivos, conductores eléctricos, etc.
- Diseñar el sistema de iluminación con luminarias LED representa un ahorro en el consumo de energía ya que tienen baja potencia pero la misma cantidad de lúmenes que una lámpara fluorescente o incandescente.
- Dimensionar correctamente las protecciones eléctricas en circuitos de iluminación y tomacorrientes protege íntegramente los componentes de la instalación eléctrica.
- Cotizar materiales eléctricos de buena calidad que cumplen con las normas aumenta el costo del presupuesto, pero evita accidentes que pueden provocarse por uso de un material de mala calidad.
- La carga que actualmente tiene la Escuela en iluminación es por medio de lámparas incandescentes y ahorradoras las cuales tienen mayor consumo de energía eléctrica.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda usar las normas NEC 2011 capítulo 15 para diseñar instalaciones eléctricas en bajo voltaje, cumpliendo así con los requerimientos mínimos que se debe tener para salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, además de proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas.
- Se recomienda realizar el diseño de un sistema de iluminación con luminarias LED al inicio puede tener un costo alto pero es recompensado ya que consumen menos energía eléctrica y tienen mayor tiempo de vida útil que una luminaria fluorescente o incandescente.
- Se debe colocar señalización y tener un registro de mantenimiento en los circuitos de los tableros porque de esa manera se logró identificar los circuitos y llevar un control de la situación de cada circuito.
- Se recomienda usar materiales eléctricos que cumplan con las normas requeridas para dar garantía de un buen funcionamiento y tener un presupuesto real.

BIBLIOGRAFÍA





















- [1] Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 11 - Capítulo 15, *Instalaciones electromecánicas*, Quito, 2013.
- [2] C. A. Chiluisa, *Maquinas y motores eléctricos*, Quito, 2000.
- [3] L. P. D. Ramiro, «Levantamiento y rediseño adecuado de las instalaciones eléctricas del monasterio de la Inmaculada Concepción del Cantón Otavalo provincia de Imbabura,» Quito, 2014.
- [4] L. Soto, «Descubriendo la ingeniería electromecánica - Instalaciones Eléctricas,» [En línea]. Available: <https://descubriendolaingenieriaelectromecanica.wikispaces.com/INSTALACIONES+ELECTRICAS>. [Último acceso: 29 11 2017].
- [5] CIEPI, «Codigo eléctrico ecuatoriano,» Febrero 1973. [En línea]. Available: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6072/1/INECEL%201973_3481.pdf.
- [6] R. Saucedo Zavala, «Introducción a las Instalaciones Eléctricas,» de *Introducción a las Instalaciones Eléctricas*, Baja California, Universidad Autónoma de Baja California, 2001, p. 207.
- [7] FLUKE, «Uso de los estudios de carga - Adler Instrumentos,» Fluke Corporation, 08 07 2008. [En línea]. Available: http://www.adler-instrumentos.es/imagenes_web/notas_aplicacion/Uso%20de%20los%20estudios%20de%20carga%20para%20la%20distribuci%C3%B3n%20de%20la%20energ%C3%ADa.pdf. [Último acceso: 17 03 2017].
- [8] G. P. G.F.Hidalgo, *Reducción de pérdidas de energía eléctrica en los alimentadores mediante compensación reactiva considerando clientes finales industriales*, Quito, 2009.
- [9] EcuRed, «Ecu Red conocimiento con todos y para todos,» junio 2013. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Potencia_eléctrica.
- [10] C. Garrido, «MARESA,» 2012. [En línea]. Available: http://maresa.com/v2/?page_id=9298. [Último acceso: 17 02 2016].
- [11] N. CASTILLO CABANES , V. BLANCA GIMENEZ, R. M. PASTOR VILLA y A. MARTINEZ ANTON , *Luminotecnia*, 2011.
- [12] Ministerio de Industrias y productividad, subsecretaría de la calidad, 26 Julio 2012. [En línea]. Available: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte_069.pdf. [Último acceso: 18 12 2015].

- [13] J. G. Fernandez, «Oriol Box,» Oriol Box, [En línea]. Available: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>. [Último acceso: 1 11 2017].
- [14] J. L. M. Marticorena, diciembre 2009. [En línea]. Available: http://www.profesormolina.com.ar/electromec/prot_circ_elect.htm.
- [15] D. E. Bermejo, «ESTUDIO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN UN EDIFICIO DE OFICINAS,» 17 12 2009. [En línea]. Available: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10993/PFC_Daniel_Encinas_Bermejo.pdf?sequence=2. [Último acceso: 2017 12 05].
- [16] A. Gac, «Técnico electricista 20 - Proyecto de instalación: Curso visual y práctico,» 2014. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=l4gXDQAAQBAJ&pg=PA26&lpg=PA26&dq=T%C3%A9cnico+electricista+20+-+proyecto+de+instalaci%C3%B3n:+curso+visual+y+pr%C3%A1ctico+de+An%C3%ADbal+Gac&source=bl&ots=Uina-6-gqS&sig=HxOcnBFNA3RwEJHCFKnykFH6Xd4&hl=es&sa=X&ved=0ahU>. [Último acceso: 1 08 2017].
- [17] Issuu, «Digital Publishing Platform for Magazines, Catalogs, and more - issuu,» [En línea]. Available: https://issuu.com/residente/docs/tableros_electricos. [Último acceso: 2015 05 07].
- [18] F. W. P. Acosta, «Rediseño de instalaciones eléctricas de la "Escuela Fiscal Mixta Juan Genaro Jaramillo",» Quito, 2017.
- [19] Panduit, «Sistemas de Puesta a Tierra – GMR,» 13 01 2017. [En línea]. Available: <http://gmrperu.com/sistemas-de-puesta-a-tierra/>. [Último acceso: 2017 11 30].
- [20] Y. Stalin, «Informe de acta de proyecto de iluminación Pedro Moncayo,» Tabacundo, 2016.
- [21] E.Q.Q, «Normas de para sistema de distribución parte A,» 2014.
- [22] SYLVANIA, 05 2016. [En línea]. Available: <http://sylvania.com.ec/categoria-producto/lamparas/lampara-led/>.
- [23] G. Q. S. M. Cueva, «Estudio de carga y diseño de planos para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Colegio Juan Pío Montufar,» Quito, 2013.

ANEXOS

Anexo 1

Planos Eléctricos de la Escuela Alfredo Boada Espín

S I M B O L O G I A	
	LUMINARIA
	TOMACORRIENTE POLARIZADO.
	HACIA TABLERO PRINCIPAL
	CIRCUITOS TOMACORR. Y LUMIN.
	TABLERO.
	MEDIDOR DE LUZ.
	ACOMETIDA ELECT. A TABLERO.
	LUMINARIA LED 2X18 WATTS
	INTERRUPTOR SIMPLE.
	INTERRUPTOR DOBLE.
	INTERRUPTOR TRIPLE.
	CONMUTADOR DOBLE
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
	TIERRA
	TRANSFORMADOR
	CAJA DE CONEXIÓN
	CAJETÍN DE PASO
	TOMACORRIENTE 220V
	REFLECTOR LED

Dibujante: Mauricio Valencia A.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Revisado: Ing.Christian Bonilla

TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

Fecha: Febrero 2018

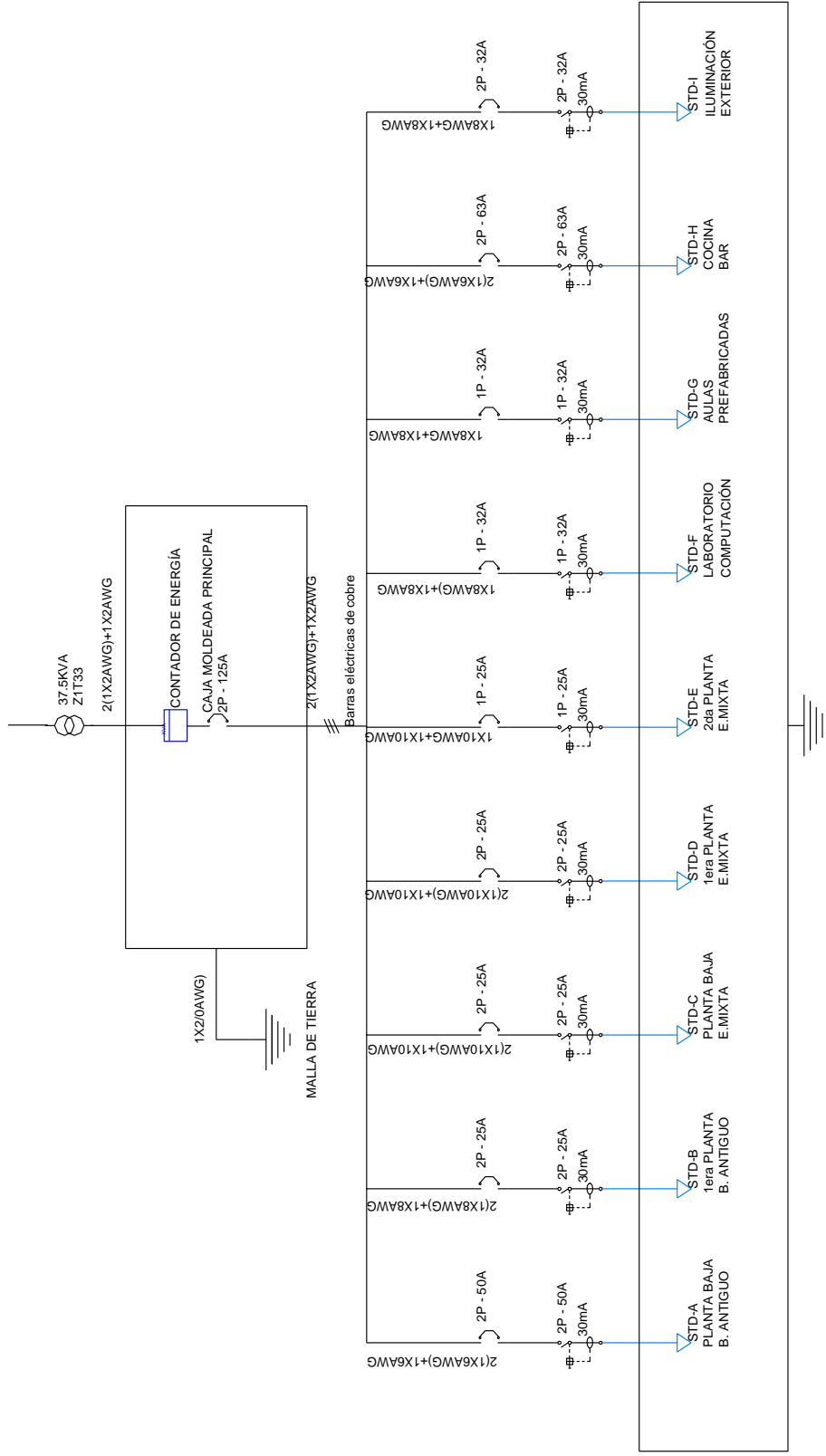
SIMBOLOGÍA I. ELÉCTRICAS

N° 1

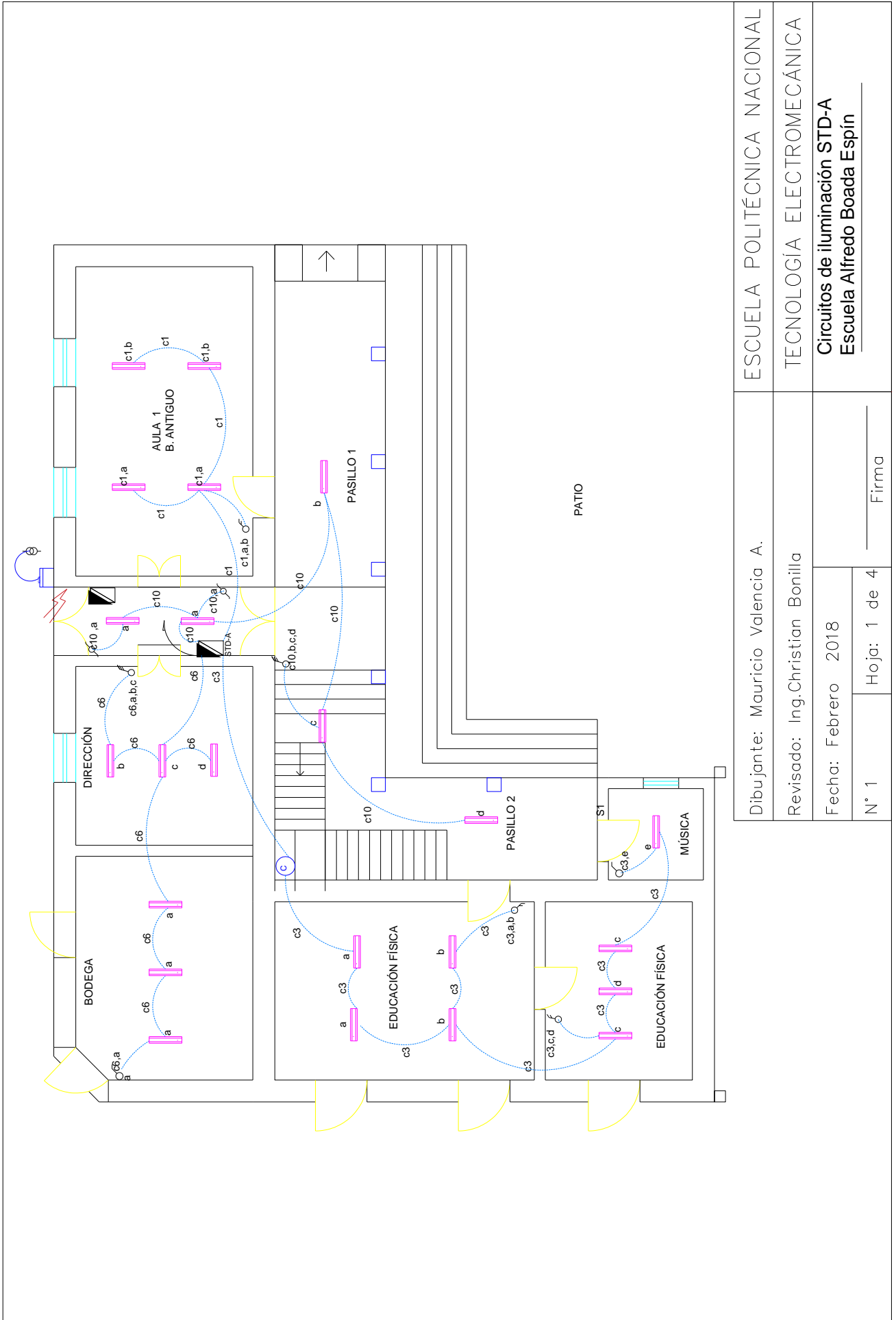
Hoja: 1 de 1

Firma

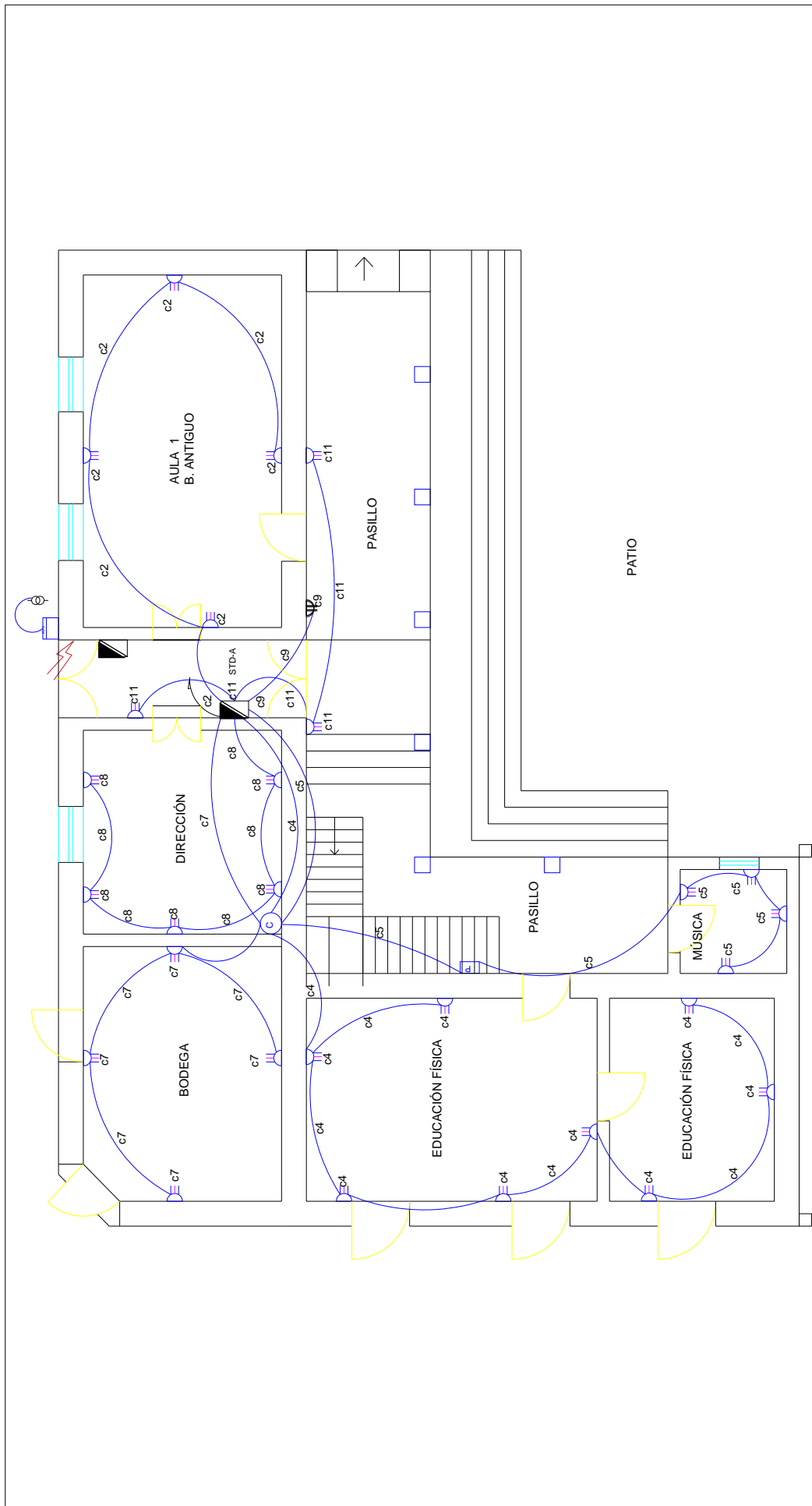
ESCUELA ALFREDO BOADA ESPÍN
Tablero de Distribución Principal



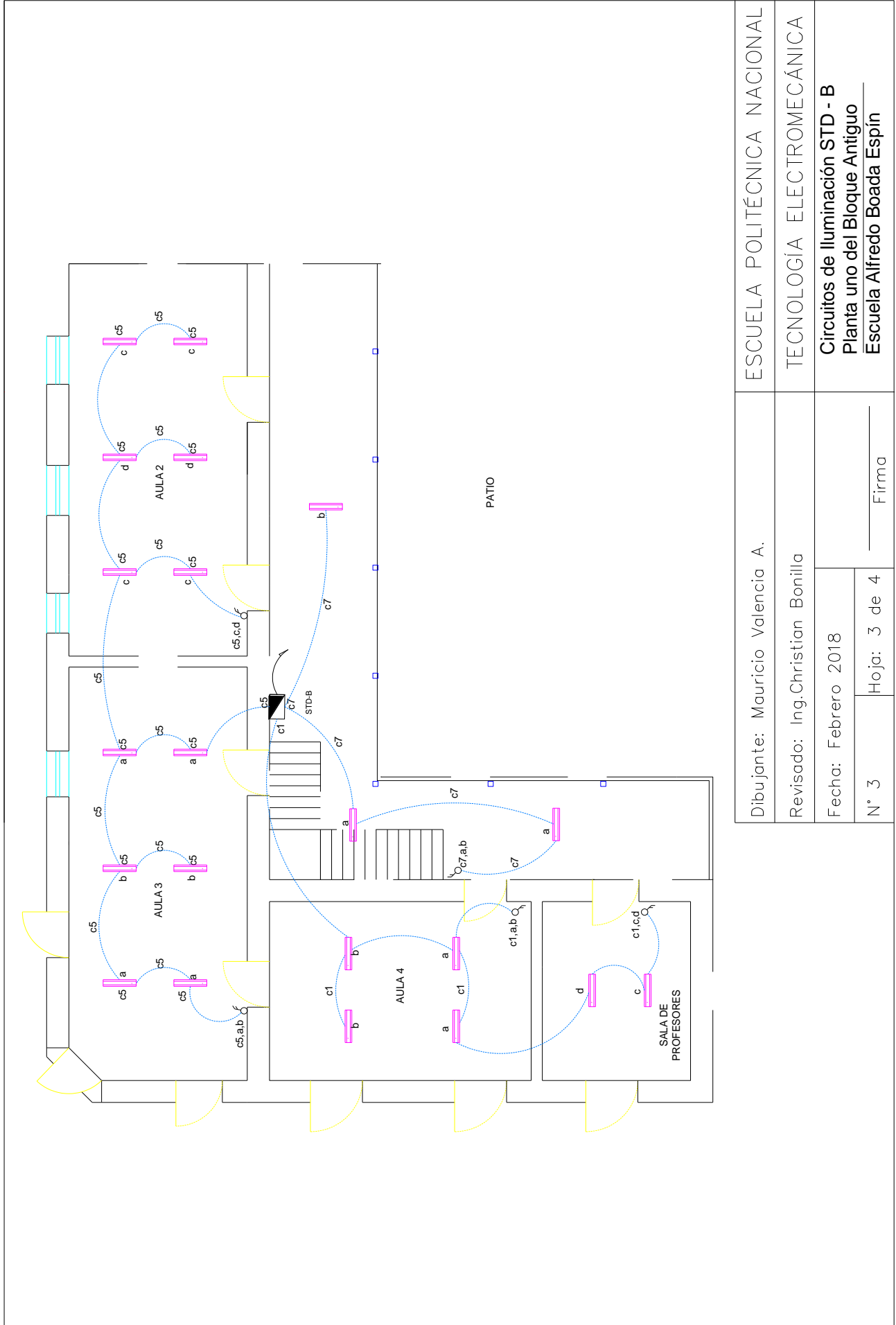
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		DIAGRAMA UNIFILAR	
N° 1	Hoja: 1 de 1	ESCUELA ALFREDO BOADA ESPÍN	
		Firma	



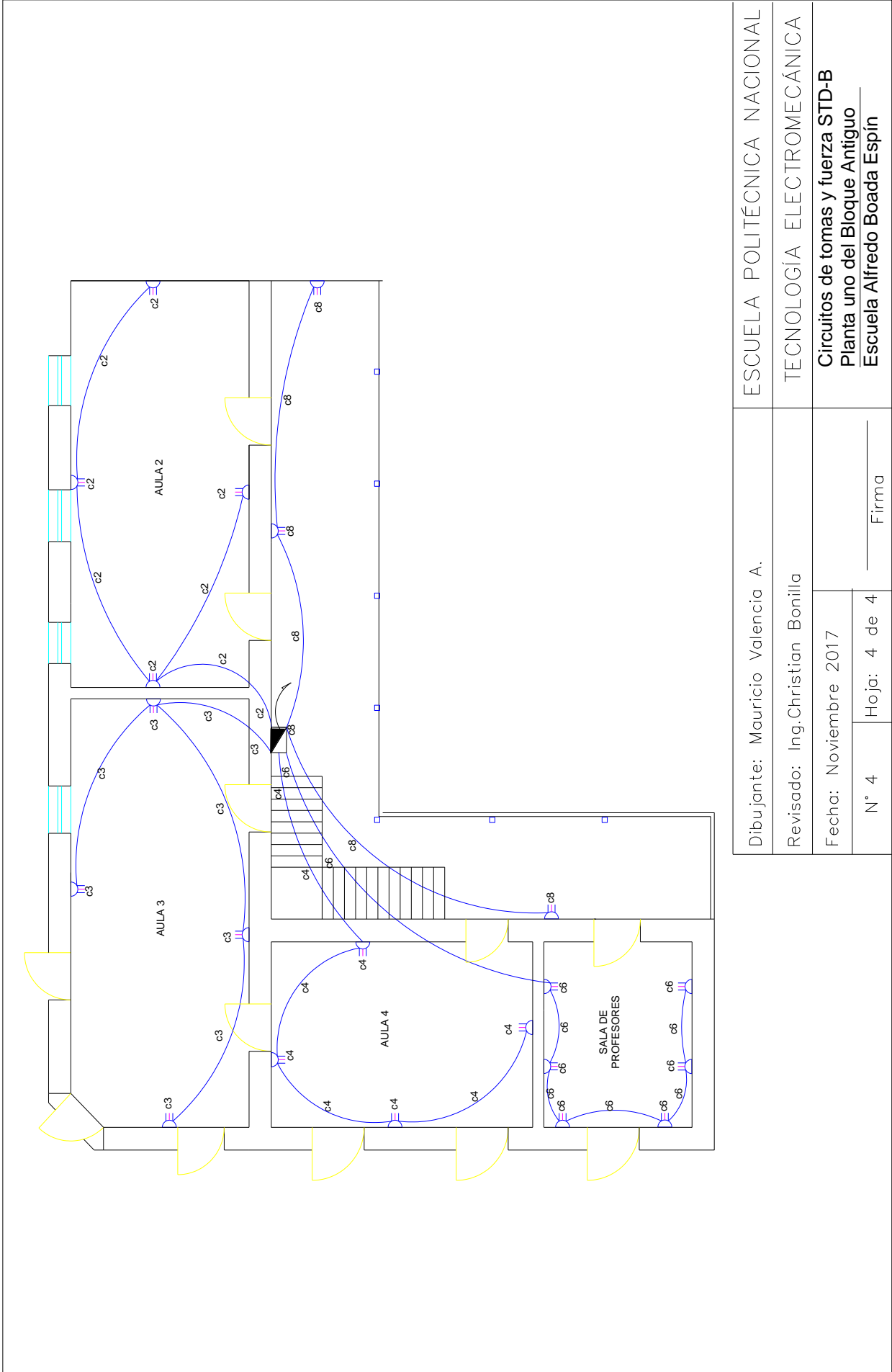
Dibujante: Mauricio Valencia A.	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla	TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018	Circuitos de iluminación STD-A	
N° 1	Hoja: 1 de 4	Firma _____



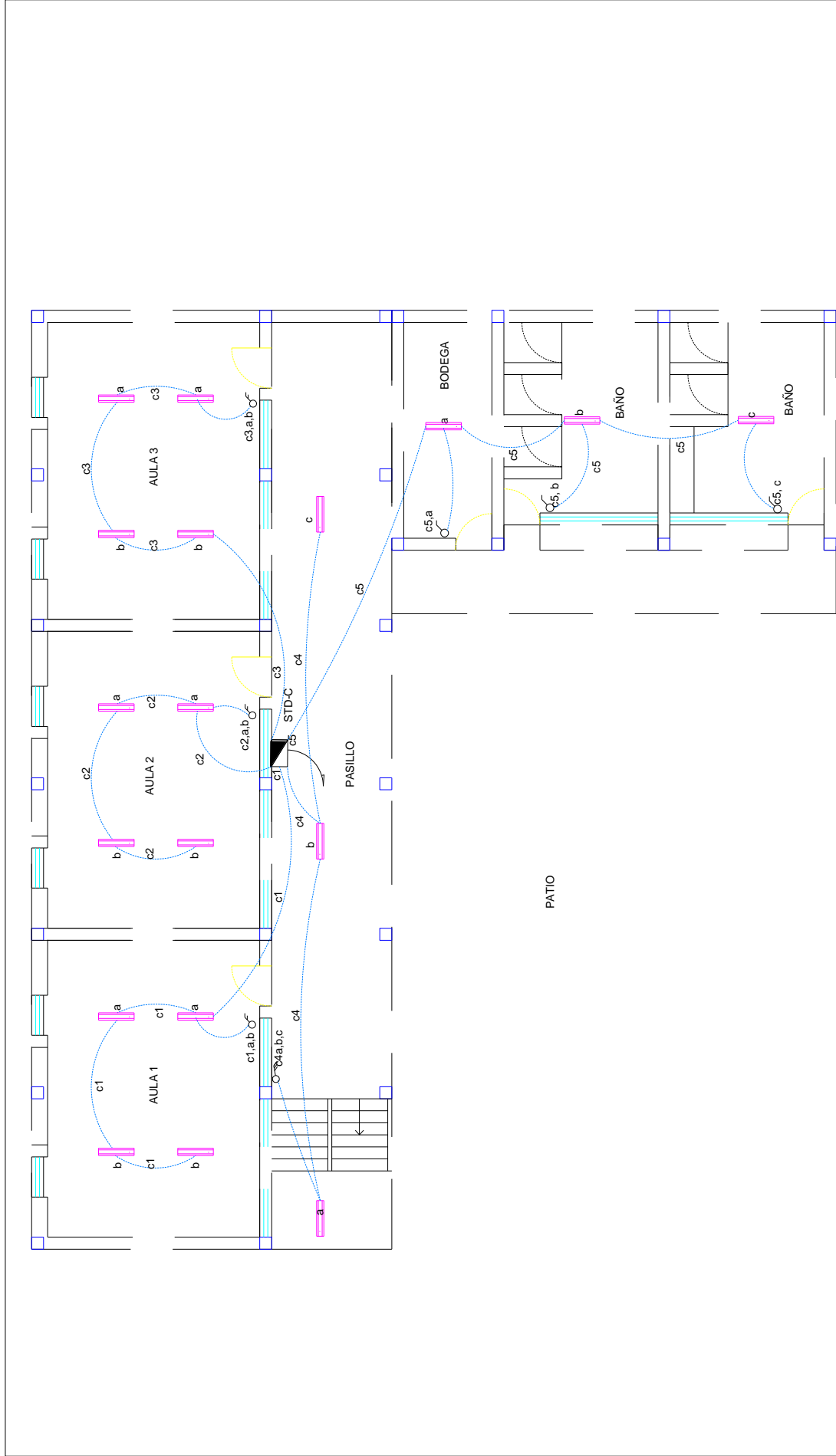
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-A Escuela Alfredo Boada Espín	
N° 2	Hoja: 2 de 4	Firma _____	



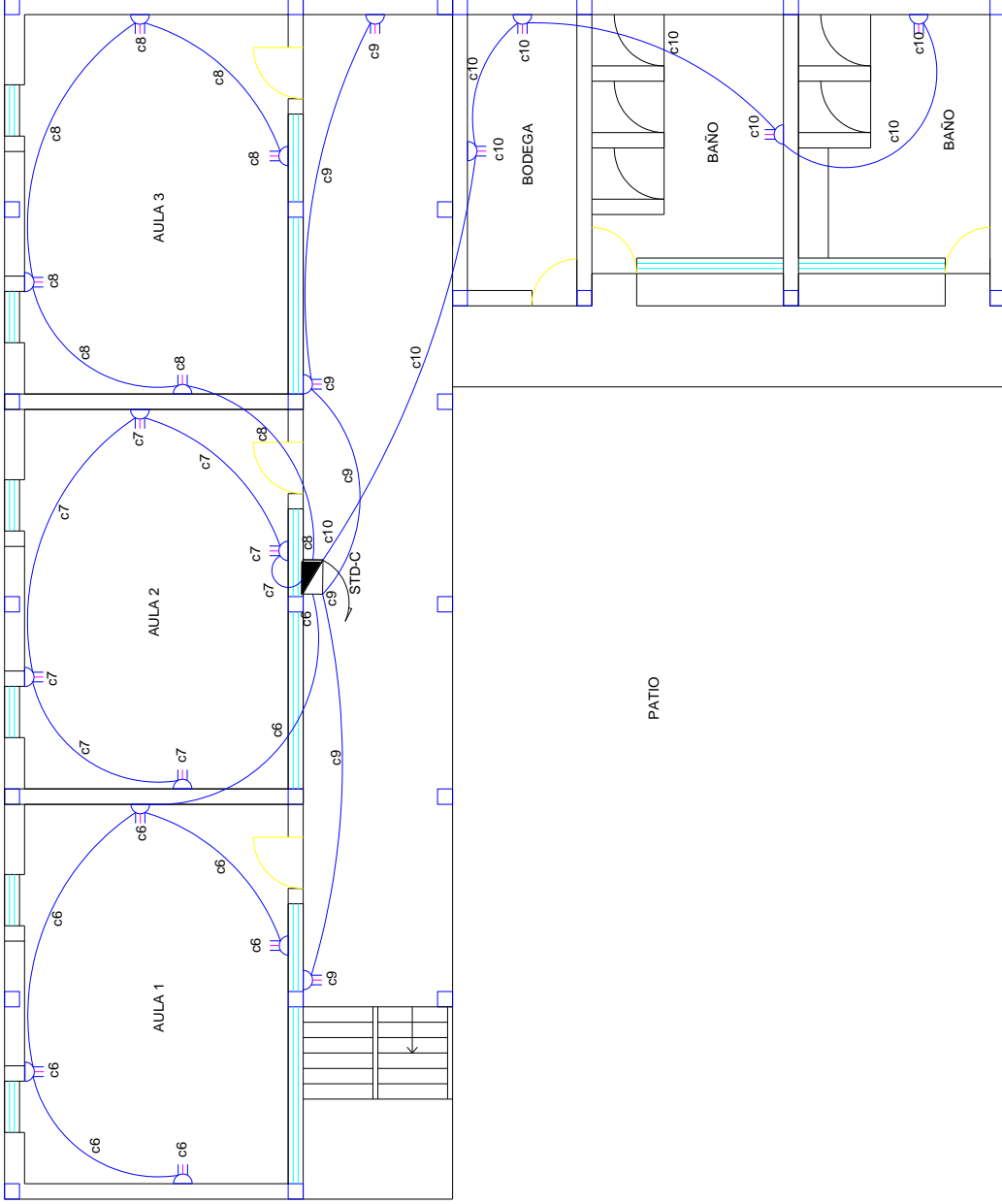
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de Iluminación STD - B Planta uno del Bloque Antiguo	
N° 3	Hoja: 3 de 4	Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



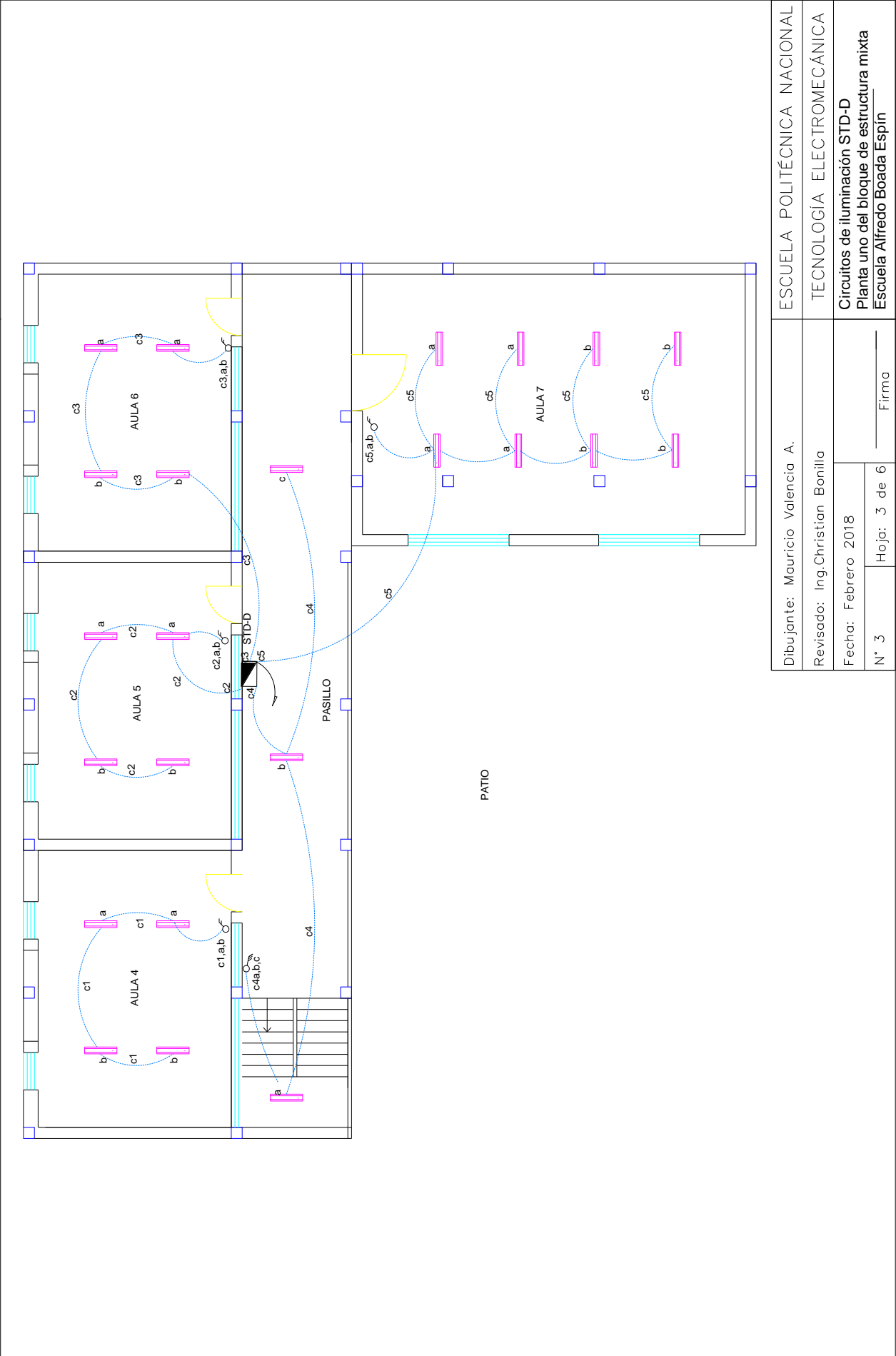
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Noviembre 2017		Circuitos de tomas y fuerza STD-B	
N° 4		Planta uno del Bloque Antiguo	
Hoja: 4 de 4		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



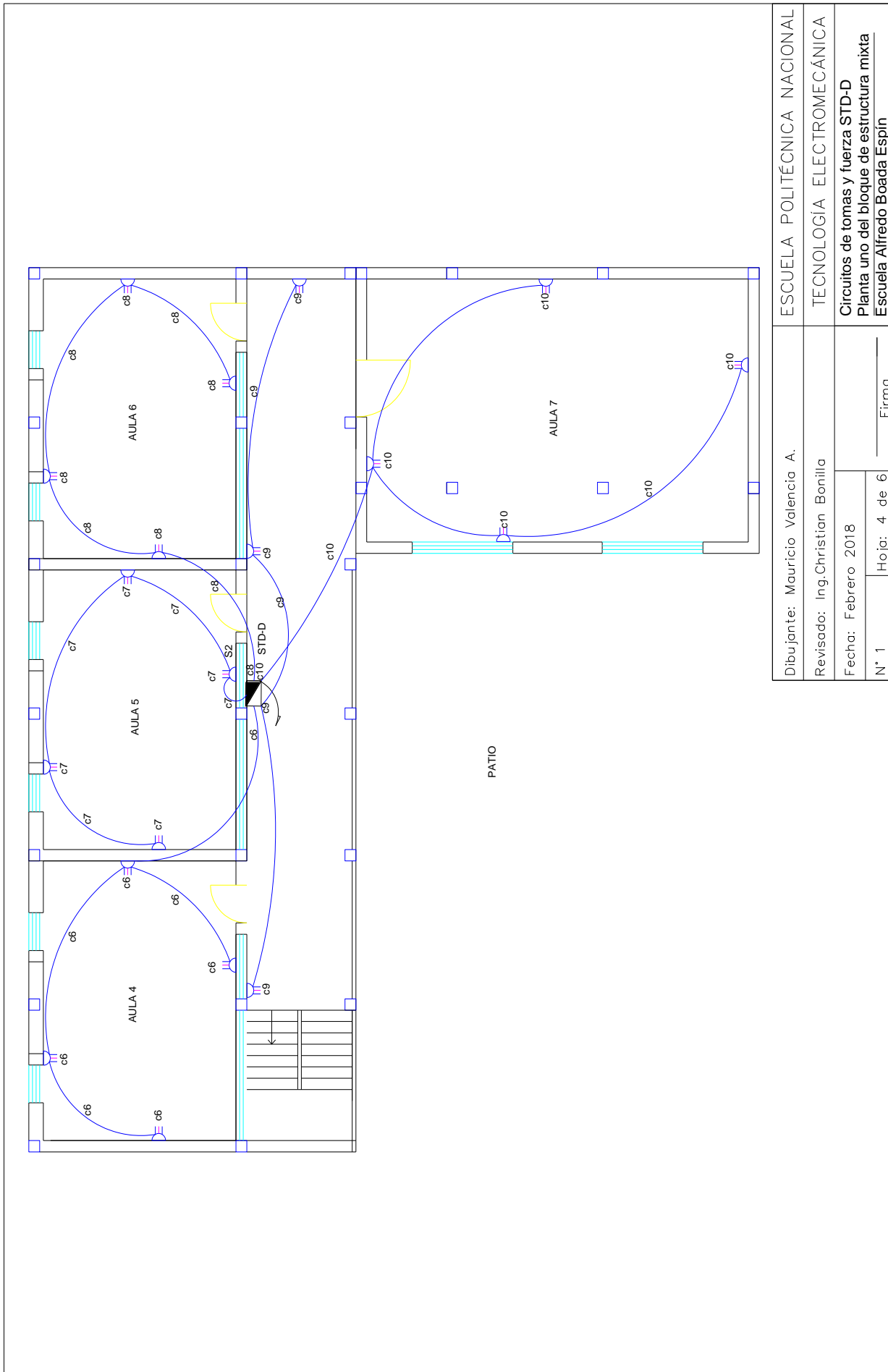
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-C	
N° 1		Planta baja del bloque de estructura mixta	
Hoja: 1 de 6		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma	



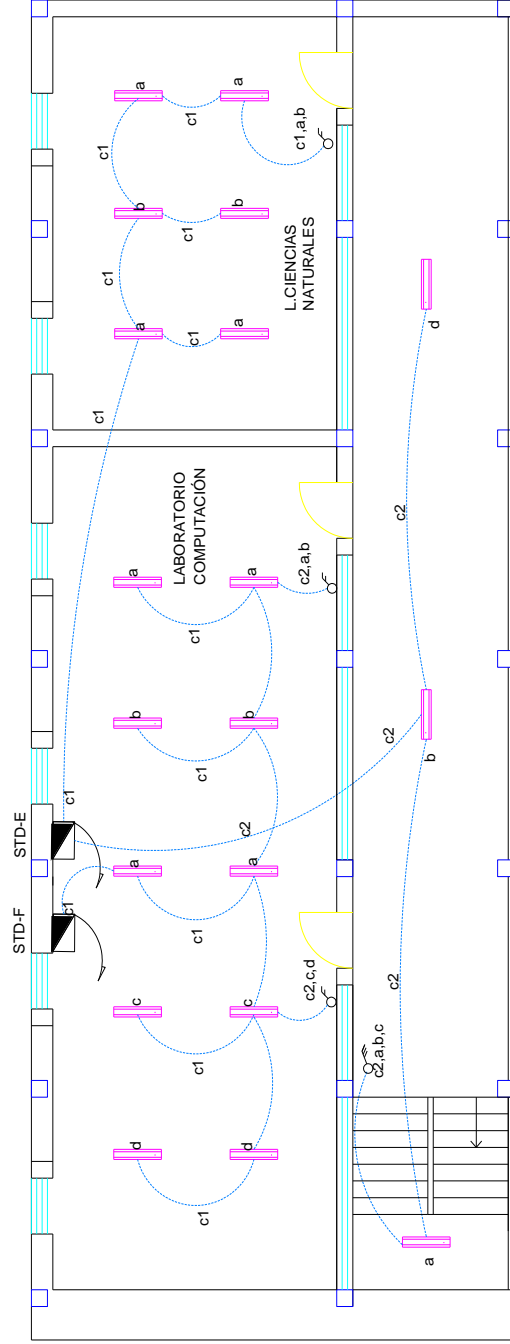
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-C	
N° 2		Planta baja del bloque de estructura mixta	
Hoja: 2 de 6		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



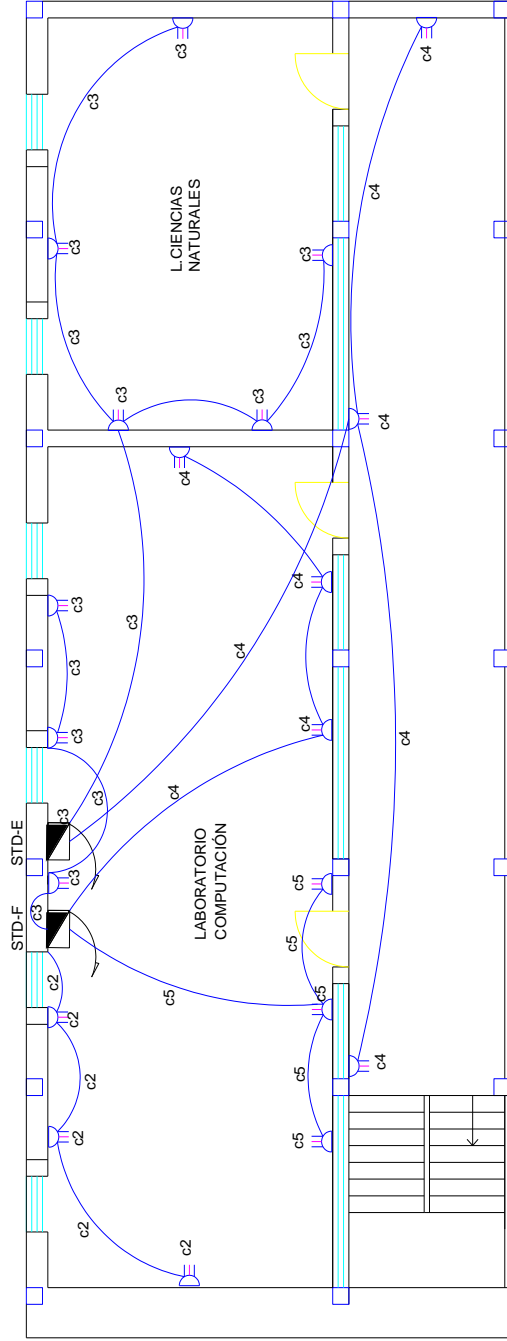
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de iluminación STD-D	
N° 3		Planta uno del bloque de estructura mixta	
Hoja: 3 de 6		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



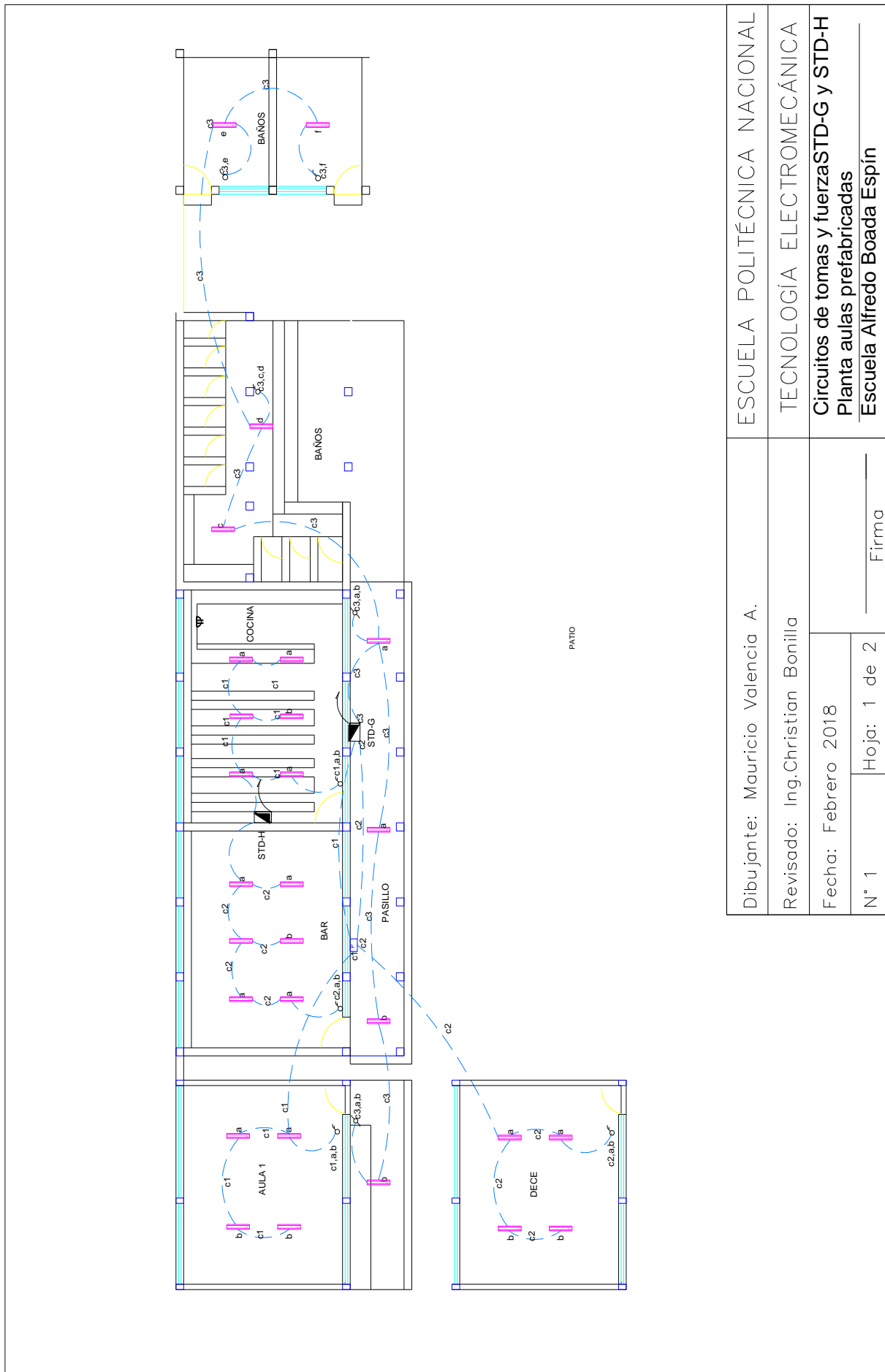
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-D	
N° 1		Planta uno del bloque de estructura mixta	
Hoja: 4 de 6		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



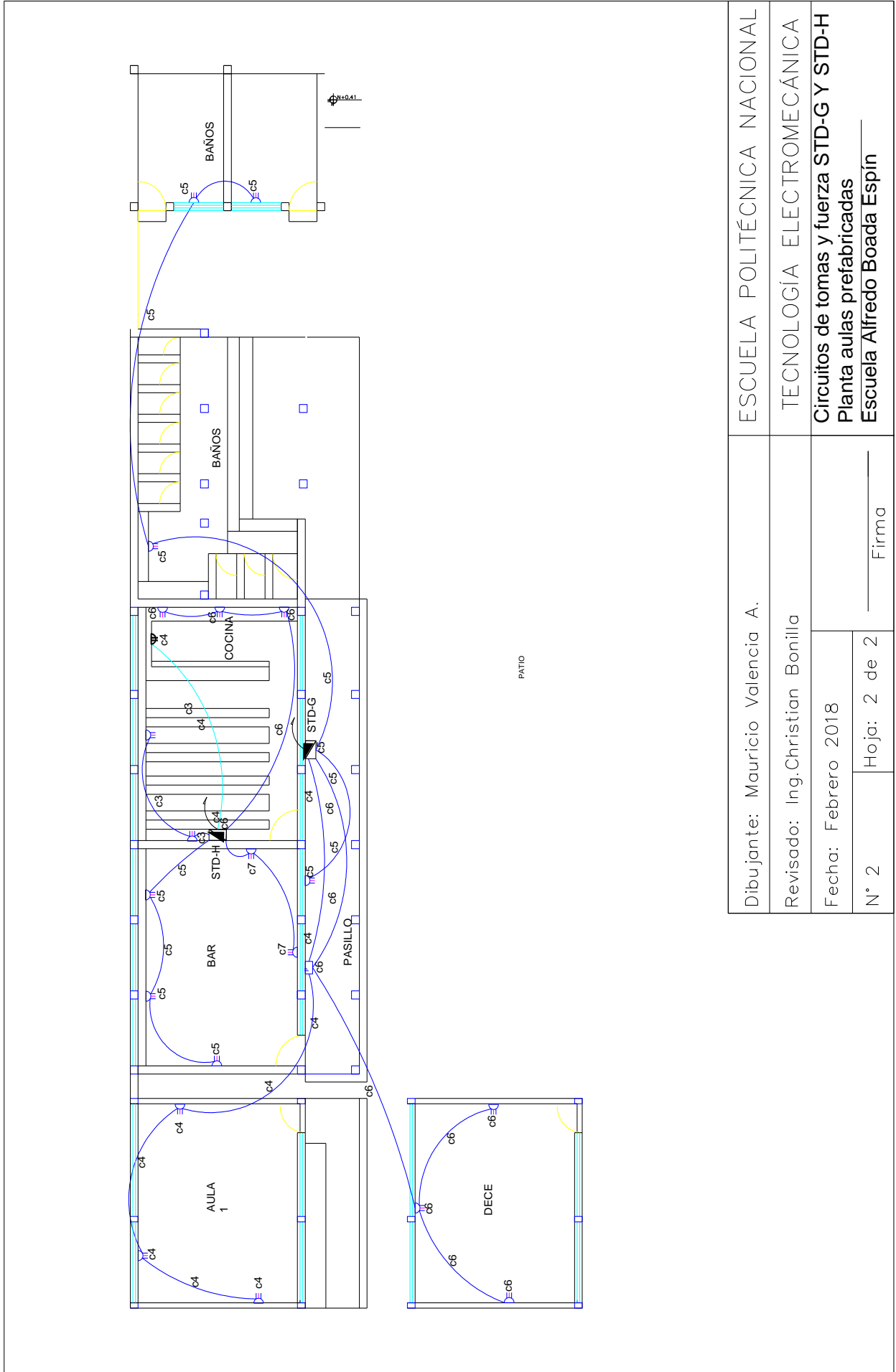
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de iluminación STD-E y STD-F Planta dos del bloque de estructura mixta Escuela Alfredo Boada Espín
N° 5	Hoja: 5 de 6	
		_____ Firma



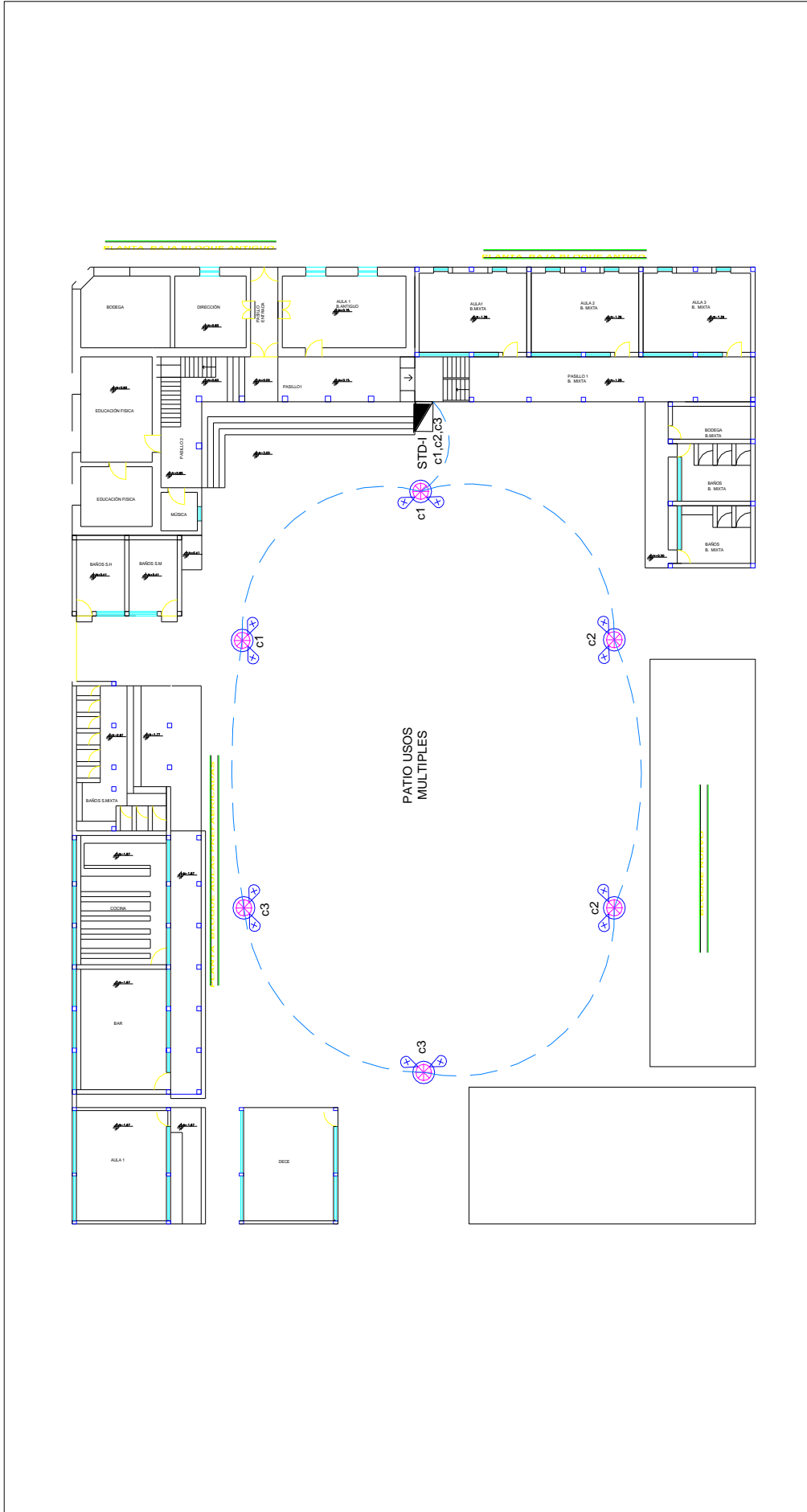
Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Noviembre 2017		Circuitos de tomas y fuerza STD-E y STD-F	
N° 6		Planta dos del bloque de estructura mixta	
Hoja: 6 de 6		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-G y STD-H Planta aulas prefabricadas	
N° 1	Hoja: 1 de 2	Escuela Alfredo Boada Espín Firma _____	



Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing. Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de tomas y fuerza STD-G Y STD-H	
N° 2		Planta aulas prefabricadas	
Hoja: 2 de 2		Escuela Alfredo Boada Espín	
		Firma _____	



Dibujante: Mauricio Valencia A.		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
Revisado: Ing.Christian Bonilla		TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha: Febrero 2018		Circuitos de iluminación exterior Escuela Alfredo Boada Espín	
N° 1	Hoja: 1 de 1	Firma	

Anexo 2

Nivel de iluminación recomendados

TIPO DE LOCAL	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

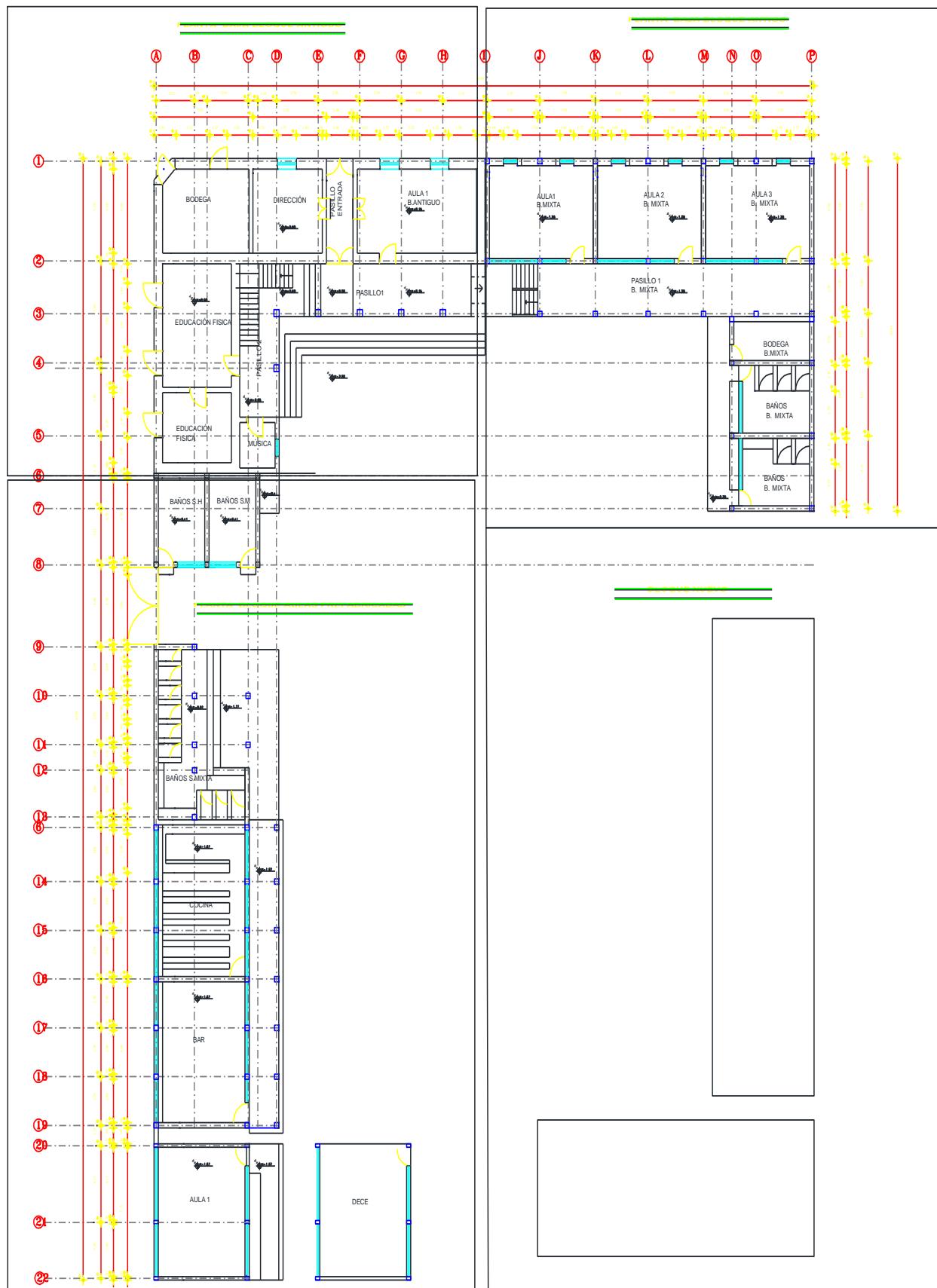
Tabla A 2.1 Nivel mínimo de iluminación recomendado según el tipo de local.

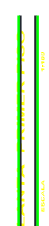
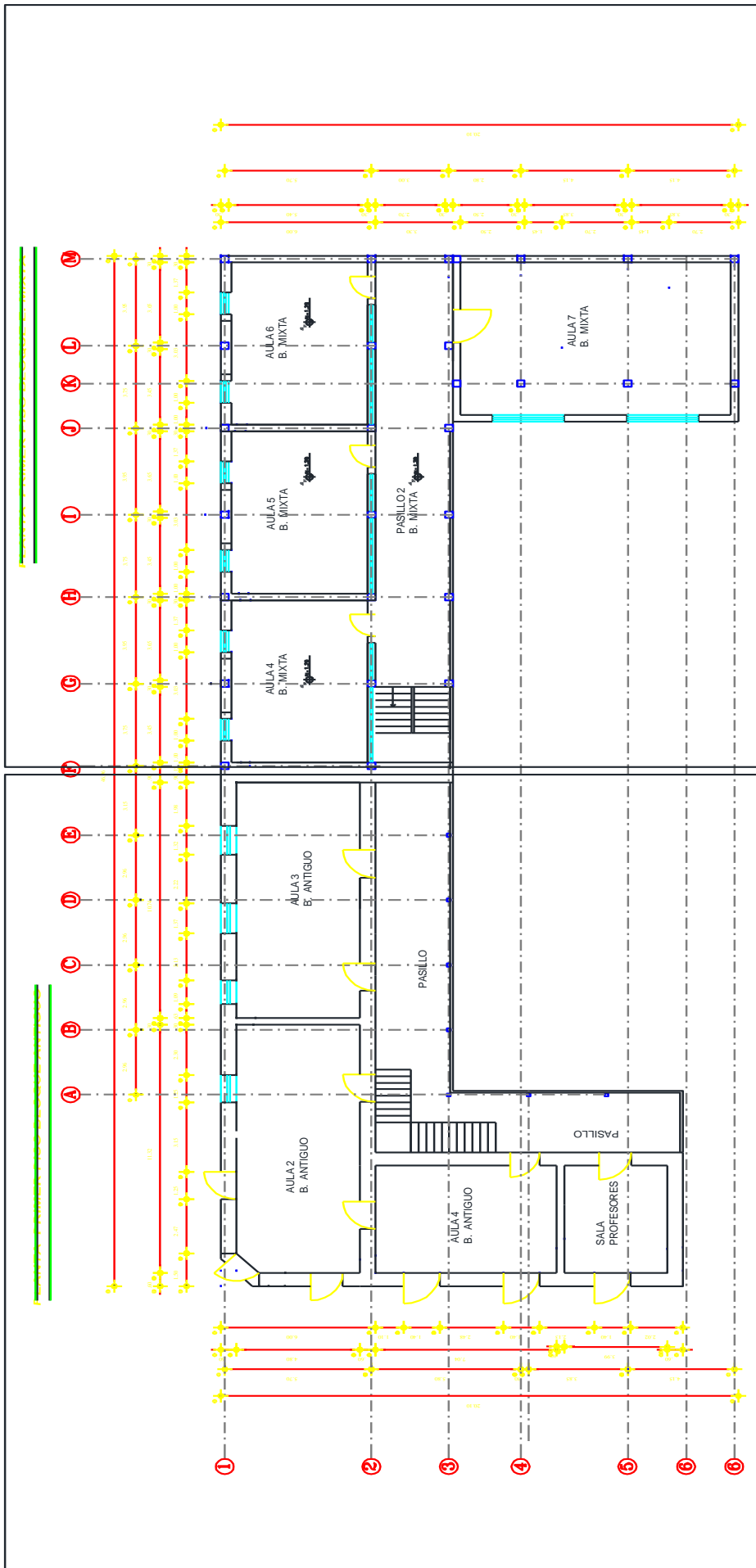
Tipo de Recinto	Iluminancia [Lux]
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	300
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía*	500
Salas de clase	300
Salas de dibujo	600

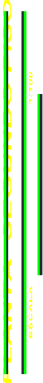
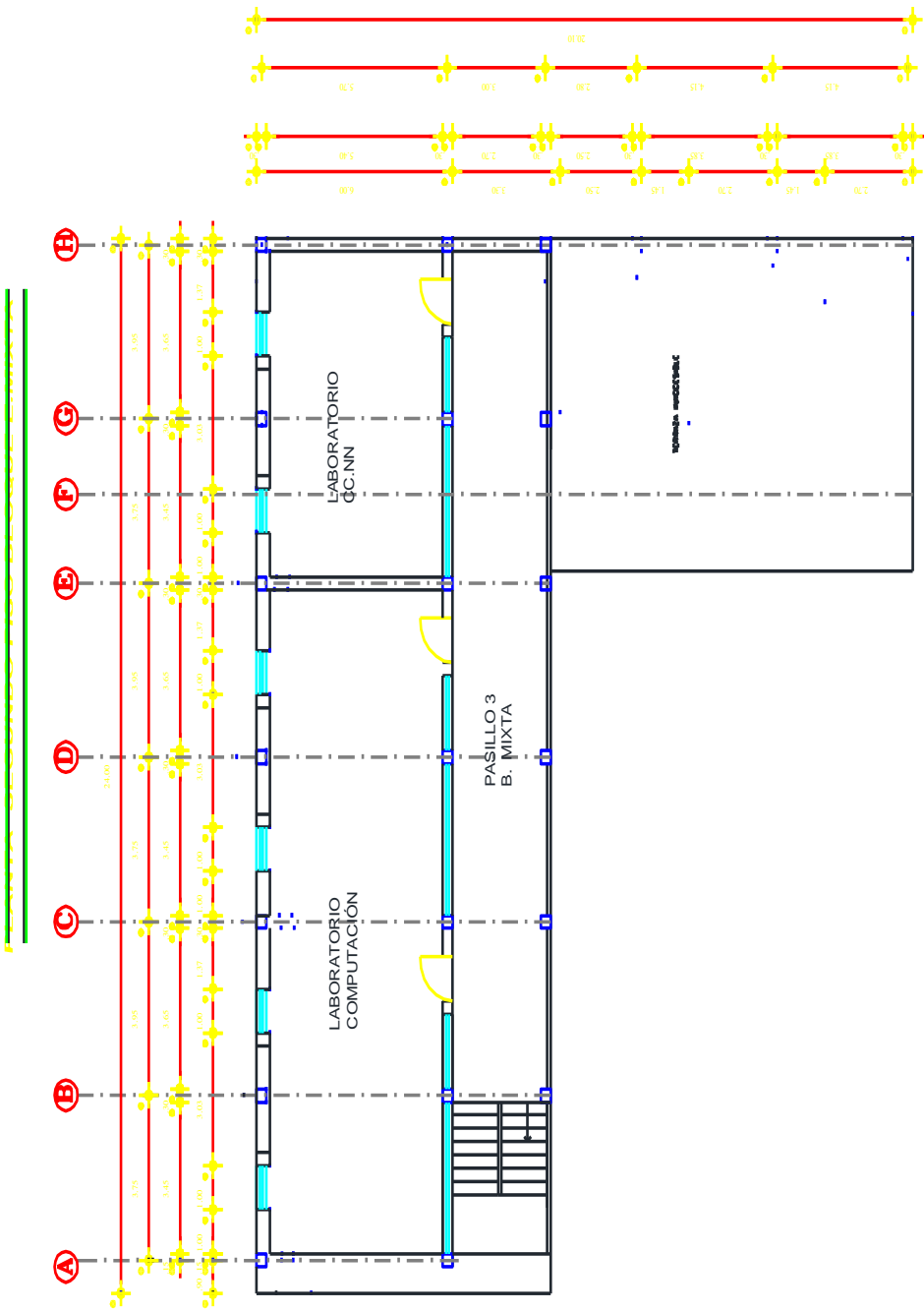
Tabla A 2.2 Iluminación en ambientes asistenciales y educacionales

Anexo 3

Levantamiento Arquitectónico de la Escuela







Anexo 4

Características de la lámpara Led T8

/ **SYLVANIA**

/ LED

/ Lámparas

/ TUBO LED T8

Características

- Alta calidad luminica.
- Tensión Universal.
- Óptica integrada, el tubo no requiere accesorios adicionales para generar una distribución uniforme y adecuada de la luz.
- Fácil instalación.
- Driver integrado en la lámpara.
- Sustitución directa de lámparas fluorescentes T8 (17 W y 32W).



Aplicaciones

- Iluminación general.
- Escuelas.
- Estacionamientos.
- Bodegas.
- Oficinas.

Figura A 4.1 Tubo Led T8 (características)

Anexo 5

Características de la luminaria T8 y reflector sylveo Led

SYLVANIA
Interior
Luminarias

MIRROR EMPOTRABLE



Características

- Carcasa elaborada en acero laminado en frío. Acabado en pintura epóxica blanca en polvo de alta reflectividad.
- Reflector especular parabólico, alta eficiencia, alta calidad, con rejillas laterales de aluminio facetado para reducir deslumbramiento. La rejilla se sostiene por medio de 4 broches para facilitar el mantenimiento.
- Porta lámparas del tipo montaje a presión de policarbonato y contactos eléctricos en bronce.
- Lista para instalar, incluye balasto electrónico SYLVANIA multivoltaje (120-277V) de alto factor de potencia, baja distorsión armónica.

Aplicaciones

- Bancos.
- Salas de cómputo.
- Salas de conferencia.
- Salas de espera.
- Oficinas.

Figura A 5.1 Características de la luminaria para lámpara T8

REFLECTOR SYLVEO LED

IMAGEN

DESCRIPCIÓN
ESPECIFICACIONES
FOTOMETRÍA
PDF



CARACTERÍSTICAS

- Proyector integral compacto, para interiores y exteriores.
- Índice de Protección IP65.
- Chasis fabricado en aluminio inyectado a presión.
- Vidrio templado frontal.
- Led de alta potencia y eficiencia.
- Voltaje Universal.
- Vida útil 50.000 horas a un flujo luminoso del 70%.

APLICACIONES

- Áreas de seguridad.
- Construcciones.
- Fachadas.
- Iluminación Residencial.

Figura A. 5.1 Reflector sylveo Led para exteriores

Anexo 6

Tabla de calibre del conductor electro cables

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	ESPEJOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO CABLE	ALTERNAT DE EMBALAJE
20	0,519	1 x 0,813	0,38	0,10	1,77	7,07	15	10	TFN	A,B
18	0,823	1 x 1,02	0,38	0,10	1,98	10,94	15	10	TFN	A,B
16	1,31	1 x 1,29	0,38	0,10	2,25	16,48	20	15	TFN	A,B
14	2,08	1 x 1,63	0,38	0,10	2,59	23,17	35	25	THHN	A,B
12	3,31	1 x 2,05	0,38	0,10	3,01	34,16	40	30	THHN	A,C
10	5,26	1 x 2,59	0,51	0,10	3,81	55,04	55	40	THHN	A,D
8	8,34	1 x 3,26	0,76	0,13	5,04	91,22	80	55	THHN	A,B
16	1,31	19 x 0,30	0,38	0,10	2,46	17,95	20	15	TFN	A,B
14	2,08	19 x 0,38	0,38	0,10	2,86	23,80	35	25	THHN	A,B
12	3,31	19 x 0,47	0,38	0,10	3,31	35,70	40	30	THHN	A,C
10	5,26	19 x 0,60	0,51	0,10	4,22	56,20	55	40	THHN	A,D
8	8,37	7 x 1,23	0,76	0,13	5,47	93,70	80	55	THHN	A,B,E
6	13,30	7 x 1,55	0,76	0,13	6,43	141,30	105	75	THHN	A,E
4	21,15	7 x 1,96	1,02	0,15	8,22	227,60	140	95	THHN	A,E
2	33,62	7 x 2,47	1,02	0,15	9,75	348,10	190	130	THHN	A,E
1	42,36	7 x 2,78	1,27	0,18	11,24	446,20	220	150	THHN	A,D,E
1/0	53,49	19 x 1,89	1,27	0,18	12,35	553,30	260	170	THHN	D,E,Z
2/0	67,43	19 x 2,12	1,27	0,18	13,50	688,70	300	195	THHN	D,E,Z

Tabla A 6.1 Conductores de Cobre tipo THWN y THHN

Anexo 7

Tabla resistencia y reactancia del código NEC

Cuadro 9.
Resistencia y reactancia de c.a. de cables trifásicos de 600 voltios a 60 Hz y 75°C (167°F).
Tres conductores en un tubo.

Sección en AWG o Kcmils	Resistencia al neutro cada 100 pies (en ohmios)														Sección en AWG o Kcmils
	Reactancia (X _L) de todos los cables		Resistencia de c.a. de los cables de cobre desnudos			Resistencia de c.a. de los cables de aluminio			Z eficaz de los cables de cobre desnudos para un f. de p. de 0,85			Z eficaz de los cables de aluminio para un f. de p. de 0,85			
	Tubo de PVC y Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	
14	0,058	0,073	3,1	3,1	3,1	----	----	----	2,7	2,7	2,7	----	----	----	14
12	0,054	0,068	2,0	2,0	2,0	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,7	2,8	2,8	2,8	12
10	0,050	0,063	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	10
8	0,052	0,065	0,78	0,78	0,78	1,3	1,3	1,3	0,69	0,69	0,70	1,1	1,1	1,1	8
6	0,051	0,064	0,49	0,49	0,49	0,81	0,81	0,81	0,44	0,45	0,45	0,71	0,72	0,72	6
4	0,048	0,060	0,31	0,31	0,31	0,51	0,51	0,51	0,29	0,29	0,30	0,46	0,46	0,46	4
3	0,047	0,059	0,25	0,25	0,25	0,40	0,40	0,40	0,23	0,24	0,24	0,37	0,37	0,37	3
2	0,045	0,057	0,19	0,20	0,20	0,32	0,32	0,32	0,19	0,19	0,20	0,30	0,30	0,30	2
1	0,046	0,057	0,15	0,16	0,16	0,25	0,26	0,25	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,25	1
1/0	0,044	0,055	0,12	0,13	0,12	0,20	0,21	0,20	0,13	0,13	0,13	0,19	0,20	0,20	1/0
2/0	0,043	0,054	0,10	0,10	0,10	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	2/0
3/0	0,042	0,052	0,077	0,082	0,079	0,13	0,13	0,13	0,088	0,092	0,094	0,13	0,13	0,14	3/0
4/0	0,041	0,051	0,062	0,067	0,063	0,10	0,11	0,10	0,074	0,078	0,080	0,11	0,11	0,11	4/0
250	0,041	0,052	0,052	0,057	0,054	0,085	0,090	0,086	0,066	0,070	0,073	0,094	0,098	0,10	250
300	0,041	0,051	0,044	0,049	0,045	0,071	0,076	0,072	0,059	0,063	0,065	0,082	0,086	0,088	300
350	0,040	0,059	0,038	0,043	0,039	0,061	0,066	0,063	0,053	0,058	0,060	0,073	0,077	0,080	350
400	0,040	0,049	0,033	0,038	0,035	0,054	0,059	0,055	0,049	0,053	0,056	0,066	0,071	0,073	400
500	0,039	0,048	0,027	0,032	0,029	0,043	0,048	0,045	0,043	0,048	0,050	0,057	0,061	0,064	500
600	0,039	0,048	0,023	0,028	0,025	0,036	0,041	0,038	0,040	0,044	0,047	0,051	0,055	0,058	600
750	0,038	0,048	0,019	0,024	0,021	0,029	0,034	0,031	0,036	0,040	0,043	0,045	0,049	0,052	750
1000	0,037	0,046	0,015	0,019	0,018	0,023	0,027	0,025	0,032	0,036	0,040	0,039	0,042	0,046	1000

Tabla A 7.1 Resistencias y reactancias de c.a.

Anexo 8


Tabla para selección de conductor a tierra

		Conductores			Resistencia de C. C. a 75° C (165 °F)			
Calibre AWG/ Kcmil	Area Circ. Mils	Cantidad	Diámetro pulgadas	Diámetro pulgadas	Area pulgadas cuadradas	Sin Recubrimiento Ohm/100p	Con recubrimiento	OHM/MIL Pies
18	1620	1	.....	0.040	0.001	7.77	8.08	12.8
18	1620	7	0.015	0.046	0.002	7.95	8.45	13.1
16	2580	1	.....	0.052	0.002	4.89	5.08	8.05
16	2580	7	0.019	0.058	0.003	4.99	5.29	8.21
14	4110	1	.....	0.064	0.003	3.07	3.19	5.06
14	4110	7	0.024	0.073	0.004	3.14	3.26	5.17
12	6350	1	.....	0.081	0.005	1.93	2.01	3.18
12	6350	7	0.030	0.092	0.006	1.98	2.05	3.25
10	10380	1	.....	0.102	0.08	1.21	1.26	2.00
10	10380	7	0.038	0.116	0.011	1.24	1.29	2.04
8	16510	1	.....	0.128	0.013	0.764	0.786	1.26
8	16510	7	0.049	0.146	0.017	0.778	0.809	1.28
6	26240	7	0.061	0.184	0.027	0.491	0.510	0.808
4	41740	7	0.077	0.232	0.042	0.308	0.321	0.508
3	52620	7	0.087	0.260	0.053	0.245	0.254	0.403
2	66360	7	0.097	0.292	0.067	0.194	0.201	0.319
1	83690	19	0.066	0.332	0.087	0.154	0.160	0.253
1/0	105600	19	0.074	0.373	0.109	0.122	0.127	0.201
2/0	133100	19	0.084	0.419	0.138	0.0967	0.101	0.159
3/0	167800	19	0.096	0.470	0.173	0.0766	0.0797	0.126
4/0	211600	19	0.106	0.528	0.219	0.0608	0.0626	0.100
250	.....	37	0.082	0.575	0.280	0.0515	0.0535	0.0847
300	.....	37	0.090	0.630	0.312	0.0429	0.0446	0.0707
350	.....	37	0.097	0.681	0.364	0.0387	0.0382	0.0605
400	.....	37	0.104	0.728	0.416	0.0321	0.0331	0.0529
500	.....	37	0.116	0.813	0.519	0.0258	0.0265	0.0424
600	.....	61	0.099	0.893	0.626	0.0214	0.0223	0.0353
700	.....	61	0.107	0.964	0.730	0.0184	0.0189	0.0303
750	.....	61	0.111	0.998	0.782	0.0171	0.0176	0.0282
800	.....	61	0.114	1.03	0.834	0.0161	0.0166	0.0265
900	.....	61	0.122	1.09	0.940	0.0143	0.0147	0.0235
1000	.....	61	0.128	1.15	1.04	0.0129	0.0132	0.0212
1250	.....	91	0.117	1.29	1.30	0.0103	0.0106	0.0169
1500	.....	91	0.128	1.41	1.57	0.00858	0.00883	0.0141
1750	.....	127	0.117	1.52	1.83	0.00735	0.00756	0.0121
2000	.....	127	0.126	1.63	2.09	0.00643	0.00662	0.0106

Tabla A 8.1 Tabla del Código NEC para obtener determinar el calibre del conductor a tierra

Anexo 9

IEEE std 142-1991 Fórmulas para el cálculo de resistencia a tierra

	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length L , radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
• •	Two ground rods $s > L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
• •	Two ground rods $s < L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
L	Right-angle turn of wire length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
Y	Three-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
+	Four-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
*	Six-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* (8-point)	Eight-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
○	Ring of wire diameter of ring D , diameter of wire d , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b , depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi a b}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
⊙	Buried horizontal round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
	Buried vertical round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$

NOTE—In Table 4-5, for 3 m (10 ft) rods of 12.7 mm, 15.88 mm, and 19.05 mm (1/2 in, 5/8 in, and 3/4 in) diameters, the grounding resistance may be quickly determined by dividing the soil resistivity ohm-cm, by 288, 298, and 307, respectively.²

Tabla A 9.1 Fórmulas para el cálculo de resistencia a tierra

Anexo 10

Presupuesto de material y mano de obra

PRESUPUESTO MATERIAL					
Fecha:		Febrero 2018			
Solicitante:		Escuela Alfredo Boada Espín			
Ítem.	Descripción Material	Uni.	Canti.	V. Unit.	V. Total
PARTIDA A: INTERRUPTORES Y TOMACORRIENTES					
1	Interruptor simple con LP 15A - 120V	c/u	9	2,65	23,85
2	Interruptor doble con LP 15A - 120V	c/u	21	3,75	78,75
3	Interruptor triple con LP 15A - 120V	c/u	5	3,90	19,50
4	Tomacorriente especial polarizado 10A -120V	c/u	140	2,45	343,00
5	Tomacorriente universal polarizado 45A - (250V)	c/u	2	17,60	35,20
6	Conmutador Doble	c/u	4	4,50	18,00
7					
PARTIDA B: CONDUCTORES ELÉCTRICOS AISLADOS					
1	CONDUCTOR THHN # 14 AWG DE COBRE (CABLEADO)	m	2223	0,42	933,66
2	CONDUCTOR THHN # 12 AWG DE COBRE (CABLEADO)	m	1662	0,57	947,34
3	CONDUCTOR THHN # 10 AWG DE COBRE (CABLEADO)	m	30	0,64	19,20
4	CONDUCTOR THHN # 8 AWG DE COBRE (7 HILOS)	m	693	1,10	762,30
5	CONDUCTOR THHN # 6 AWG DE COBRE	m	172	2,10	361,20
6					
PARTIDA C: CONDUCTORES DESNUDOS					
1	Conductor de cobre tipo TTU No. 1/0 AWG	m	45	7,38	332,10
2	Conductor de cobre desnudo TW # 2	m	15	7,50	112,50
PARTIDA D: LÁMPARAS Y LUMINARIAS					
1	Lámpara Led tubo T8 18 W	c/u	264	5,50	1452,00
2	reflector sylveo silvania exterior led 150W	c/u	12	80,00	960,00
3	Luminaria 2x318W T8 120-277V	c/u	132	39,00	5148,00
PARTIDA E: INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					
1	1P-10A tipo QO SCHNEIDER	c/u	3	4,47	13,41
2	1P-16A tipo QO SCHNEIDER	c/u	28	5,35	149,80
3	1P-20A tipo QO SCHNEIDER	c/u	32	5,35	171,20
4	2P-32A tipo QO SCHNEIDER	c/u	6	12,50	75,00
5	2P-40A tipo QO SCHNEIDER	c/u	2	12,50	25,00
6	2P-63A tipo QO SCHNEIDER	c/u	2	17,34	34,68
7	Caja moldeada 125A (fase1-fase2)	c/u	1	175,00	175,00
PARTIDA F: TABLEROS					
1	TABLERO 1 Φ, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE SUPERFICIAL/EMPOTRADA	c/u	1	28,00	28,00
2	TABLERO 1 Φ, 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE SUPERFICIAL/EMPOTRADA	c/u	4	58,00	232,00
3	TABLERO 1 Φ, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE SUPERFICIAL/EMPOTRADA	c/u	2	40,00	80,00
4	TABLERO 1 Φ, 6 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE SUPERFICIAL/EMPOTRADA	c/u	2	38,00	76,00
5					
6					
PARTIDA G: TUBERIAS Y ACCESORIOS.					
1	Tuberia Conduit EMT 3/4	c/u (3m)	550	3,15	1732,50
2	Tuberia Conduit EMT 1/2	c/u (3m)	528	1,95	1029,60
3	Unión metálica de tornillo EMT 3/4	c/u	550	0,39	214,50
4	Unión metálica de tornillo EMT 1/2	c/u	528	0,25	132,00
5	Abrazaderas conduit EMT 3/4	c/u	1100	0,65	715,00
6	Abrazaderas conduit EMT 1/2	c/u	1056	0,40	422,40
7	Codo conduit EMT 3/4	c/u	40	0,72	28,80
8	Codo conduit EMT 1/2	c/u	40	0,41	16,40
9	Tuberia PVC 1" dieléctrica	c/u	200	2,75	550,00
10	Tuberia PVC 3/4" dieléctrica	c/u	300	0,75	225,00
PARTIDA H: MISCELANEOS					
1	Codo emt de 2"	c/u	1	18,00	18,00
2	Tubo poste de 2" X 3 m	c/u	1	37,00	37,00
3	flejes acero inoxidable	c/u	1	18,00	18,00
4	Reversible 2"	c/u	1	38,00	38,00
5					
SUBTOTAL EN DOLARES (USA) :					17.783,89
				IVA 12%:	2.134,07
TOTAL MATERIALES:					19.917,96

Tabla A 10.1 Presupuesto de material

PRESUPUESTO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA						
ITEM	Equipos/ Descripción	Cantida d	Jornal/Hora	Costo/hora	Rendimient o	Costo Unitario
1	Herramienta	1	0,5	0,5	37	18,5
SUBTOTAL 1						18,5
ITEM	Descripción	Cantida d	Jornal/Hora	Costo/hora	Rendimient o	Costo Unitario
1	Ayudante de electricista	2	3,2	6,4	37	236,8
2	Electricista	2	3,2	6,4	37	236,8
3	Especialista	1	0,42	0,42	37	15,54
SUBTOTAL 2						489,14
ITEM	Descripción Material	Uni.	Canti.	V. Unit.	V. Total	
1	Conductor desnudo de cobre, cableado, recocido suave, 7 hilos calibre #2/0 AWG	c/u	9,5	9,50	90,25	
2	Varilla Copperweld de 1,8 m x 5/8	c/u	11,5	11,50	132,25	
3	Suelda exotérmica de 115g	c/u	6,9	6,90	47,61	
4	Excavación de zanja y pozo	c/u	100	1,00	100,00	
5	Gel reductor	c/u	48	28,00	1344,00	
SUBTOTAL 3						1714,11
SUBTOTAL (1+2+3)					2221,75	
COSTOS INDIRECTOS (0,25%)					555,4375	
TOTAL SIN IVA					2777,19	
IVA 12%					333,2625	
COSTO TOTAL					3110,45	

Tabla A 10.2 Presupuesto de puesta a tierra

PRESUPUESTO TRABAJADORES INSTALACIÓN ELÉCTRICA						
ITEM	Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo/día (8h)	tiempo(día)	Total (1 mes)
1	Albañil	3	3,43	27,44	30	2469,6
2	Ayudante de electricista	3	3,70	29,60	30	2664
3	Electricista	4	4,10	32,80	30	3936
4	Especialista	1	6,00	48,00	30	1440
TOTAL						10509,6
PRESUPUESTO ELÉCTRICO						
ITEM	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total		
1	Puntos de iluminación interior	132	7,00	924,00		
2	Puntos de fuerza	132	7,00	924,00		
3	Armar subtableros y etiquetar	9	120	1080,00		
4	Puntos iluminación exterior	5	25	125,00		
5	Puntos tomas 220V	2	15	30,00		
6	Diseño	1	300	300,00		
TOTAL				3383,00		
TOTAL MANO DE OBRA						13892,60
MATERIALES		19917,96				
MANO DE OBRA		13892,60				
PUESTA A TIERRA		3110,45				
TOTAL		36921,0068				

Tabla A 10.3 Presupuesto de mano de obra y material

Anexo 11
Factor de Utilización

Factor de Utilización de Algunas Luminarias


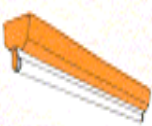
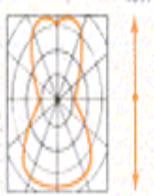

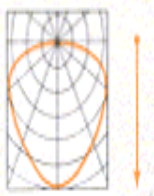

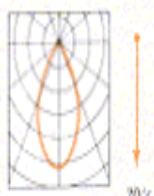

Tipo de iluminación	Luminarias	Índice del local K	Techo							
			75 %		50 %		30 %			
			Paredes							
		50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %	
semidirecta 	zócalo solo o con cubierta difusora 	0,50 ÷ 0,70	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17
		0,70 ÷ 0,90	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24
		0,90 ÷ 1,10	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27
		1,10 ÷ 1,40	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30
		1,40 ÷ 1,75	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33
		1,75 ÷ 2,25	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38
		2,25 ÷ 2,75	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44
		2,75 ÷ 3,50	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47
		3,50 ÷ 4,50	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52
		4,50 ÷ 6,50	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57
mixta 	difusores 	0,50 ÷ 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17
		0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
		0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
		1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26
		1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28
		1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30
		2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33
		2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36
		3,50 ÷ 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38
		4,50 ÷ 6,50	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41
directa 	reflectores de haz amplio 	0,50 ÷ 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
		0,70 ÷ 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38
		0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43
		1,10 ÷ 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47
		1,40 ÷ 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50
		1,75 ÷ 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	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 ÷ 3,50	0,63	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62
		3,50 ÷ 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66
		4,50 ÷ 6,50	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67
directa 	reflectores de haz medio 	0,50 ÷ 0,70	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30
		0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37
		0,90 ÷ 1,10	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41
		1,10 ÷ 1,40	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46
		1,40 ÷ 1,75	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50
		1,75 ÷ 2,25	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54
		2,25 ÷ 2,75	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57
		2,75 ÷ 3,50	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59
		3,50 ÷ 4,50	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62
		4,50 ÷ 6,50	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63

Tabla A 11.1 Factor de Utilización