

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS
ELÉCTRICOS INTERIORES Y EXTERIORES PARA EL COLEGIO
NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

ANGEL LEONARDO CAIZA AÑAMISI (angeleo.caiza@hotmail.es)

MIGUEL MIGUEL RUEDA AGUINDA (miguelmiguel96@hotmail.com)

DIRECTOR: ING CARLOS CHILUISA RIVERA (carlos.chiluisa@epn.edu.ec)

QUITO, ABRIL DE 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Angel Leonardo Caiza Añamisi y Miguel Miguel Rueda Aguinda, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Angel Leonardo Caiza Añamisi

Miguel Miguel Rueda Aguinda

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por Angel Leonardo Caiza Añamisi y Miguel Miguel Rueda Aguinda, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Chiluisa
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Dejamos constancia de nuestro más profundo agradecimiento al Señor Ingeniero Carlos Chiliza Rivera por su acertada dirección en este proyecto de titulación, a todos los señores profesores de la prestigiosa y gloriosa Escuela Politécnica Nacional, quienes supieron impartir sus conocimientos forjando la profesión que ejerceremos con honradez y eficiencia para engrandecer a nuestra Patria, el Ecuador, y dejar muy en alto el nombre de la E.P.N y la Carrera de Tecnología Electromecánica.

DEDICATORIA

A mis padres, Miguel Rueda y María Antonia Aguinda, por su dedicación, sacrificio, entrega y amor. Porque me inculcaron valores morales que me acompañarán toda la vida.

A mis abuelos, Leonidas Rueda y Lucila Rosales, por todo su apoyo.

DEDICATORIA

A mi madre, Blanquita Añamisi quien con su amor, esfuerzo y sacrificio me supo acompañar a lo largo de toda mi vida y de forma especial durante mi carrera universitaria.

RESUMEN

Para ejecutar este trabajo, como primer paso se realizó un estudio general del estado de toda la instalación eléctrica del Colegio Técnico Nacional “Jacinto Jijón y Caamaño”, comenzando desde el tablero principal, subtableros y sus circuitos.

Analizado el problema, se requerían los planos arquitectónicos consiguiendo los del bloque 2 en el Departamento de Estudios y Proyectos del DINSE, Dirección Nacional de Servicios Educativos, mientras que del bloque 1 se hizo el levantamiento de implantación.

Conociendo ya las falencias de todo el sistema eléctrico, se procedió a realizar el diseño de la nueva instalación.

Para la realización del trabajo se escogió el material, calidad y cantidad de acuerdo al presupuesto con que contaba el colegio, previa la adquisición de pro formas. Seguidamente procedimos a implementar las instalaciones eléctricas guiándonos en el nuevo diseño realizado con antelación.

Finalmente se hizo las pruebas correspondientes para verificar el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento que posee el ser humano lo hace diferente de otro ser viviente y es lo que le permite ser libre, un hombre o mujer preparado es capaz de enfrentarse a cualquier circunstancia adversa que se le presente en la vida. Cada estado en el mundo se preocupa por uno de los aspectos más importantes para su desarrollo como lo es la educación, y por esta razón se crean una serie de planificaciones según las necesidades de su población. Nuestro país no se excluye de esta necesidad. Cada vez se elaboran planes, programas y proyectos para mejorar la educación en sus tres niveles, sin embargo no cubren todas las expectativas, empezando por una entrega mínima del presupuesto asignado, haciéndose evidente en la infraestructura e implementación de los planteles educativos primarios y secundarios que dependen directamente del fisco.

Uno de los planteles fiscales del Cantón Rumiñahui, el Colegio Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño”, a través de sus autoridades y Comité Central de Padres de Familia, solicitaron a la Escuela Politécnica Nacional la colaboración para solucionar el grave problema que representaba la deficiencia de servicio eléctrico dentro de la Institución.

Considerando que nosotros poseemos los conocimientos profesionales necesarios referente a instalaciones eléctricas, y previa la obtención del Título de Tecnólogo Electromecánico, nos decidimos a realizar y ejecutar este proyecto de titulación.

Para tener un discernimiento real del problema, se realizó una inspección del lugar, determinando que todo el sistema eléctrico se encontraba en mal estado debido a que ya había sobrepasado el tiempo de vida útil, complementándose con la falta de mantenimiento, siendo más afectados los centros de cómputo ya que por fallas eléctricas se habían dañado algunas tarjetas electrónicas porque carecían de un sistema a tierra. La iluminación del colegio no era la adecuada, siendo este inconveniente más evidente en las noches, principalmente en las aulas, obstaculizando el desempeño normal de clases y en los sitios de recreación. La mala distribución eléctrica existente, acarrea problemas de caída de voltaje, evitando el correcto funcionamiento de los equipos que utilizan

energía de esta instalación. Así, también se podía evidenciar estos defectos en los tomacorrientes, los mismos que carecían de energía.

Hubo la imperiosa necesidad de realizar una restauración total del tablero principal y subtableros, para conseguir una mejor distribución de circuitos y poder determinarlos por ambientes.

Como nos damos cuenta hay una serie de deficiencias en las instalaciones eléctricas que definitivamente afectaban en el proceso enseñanza – aprendizaje de los jóvenes estudiantes. Por toda esta realidad que vivía el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se puso a su servicio todos los conocimientos adquiridos durante los tres años de carrera en la Escuela de Formación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional.

Al inspeccionar las instalaciones eléctricas y verificar los aciertos y errores de la misma, se planificó una nueva.

Se hizo un análisis de la resistividad del terreno para efectuar una correcta puesta a tierra y así dotar de un servicio confiable a los equipos electrónicos.

Para ejecutar la instalación eléctrica planificada, previamente se realizó un estudio que determinaría la adecuada ubicación y distribución eléctrica.

La puesta a tierra, la ubicación correcta de los reflectores, la disposición estratégica de los sensores; todos ellos comandados por el tablero principal y subtableros, fueron aspectos que se cuidaron mucho a la hora de implementarlos.

Cumpliendo con todo este proceso, podemos asegurar que se logró alcanzar el objetivo que dice: “Realizar una instalación eléctrica en el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” utilizando los adelantos tecnológicos que exigen los actuales momentos, con la finalidad de permitir que maestros, alumnos, personal administrativo y de servicio puedan utilizar todos los equipos eléctricos y electrónicos con seguridad, economía y eficiencia”.

Este proceso se lo pudo efectuar gracias a la colaboración económica, que cada Padre de Familia, aportó para beneficio de la educación de sus hijos.

Nuestro proyecto de titulación, consta de cinco capítulos. En el primer capítulo encontramos las generalidades del Colegio Técnico Nacional “Jacinto Jijón y Caamaño”, la razón del por qué se realizó una nueva instalación eléctrica.

En el capítulo dos consta el diseño e implementación de las instalaciones eléctricas interna y externa de los bloques 1 y 2.

El capítulo tres se refiere a las protecciones eléctricas y tableros de distribución.

El procedimiento que se sigue para realizar una malla a tierra, se detalla en el capítulo cuatro.

En el capítulo cinco constan las actividades ejecutadas que permitieron cumplir el objetivo del proyecto.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que se pudo obtener durante todo el proceso de ejecución de este proyecto de titulación.

Además, anexos, el presupuesto y las fuentes de financiamiento.

ÍNDICE

CONTENIDO

1 CAPÍTULO I

EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

1.1 GENERALIDADES

1.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

1.2.1 TABLERO PRINCIPAL

1.2.2 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

1.2.3 SUBTABLEROS

1.2.4 ILUMINACIÓN DE INTERIORES

1.2.5 ILUMINACIÓN EXTERIOR

1.2.6 CIRCUITOS DE FUERZA

1.2.7 ALIMENTACIÓN AL BLOQUE 2

2 CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES Y EXTERIORES DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

2.1 ILUMINACIÓN

2.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN.

2.2.1 FLUJO LUMINOSO

2.2.2 ILUMINACIÓN

2.2.3 EFICIENCIA LUMINOSA

2.2.4 LAS FUENTES LUMINOSAS

2.2.5 TIPOS DE ILUMINACIÓN

2.2.5.1 Iluminación directa

2.2.5.2 Semi-directa

2.2.5.3 Mixta

2.2.5.4 Semi-indirecta

2.2.5.5 Indirecta

2.3 ILUMINACIÓN DE INTERIORES

2.3.1 NIVEL DE ILUMINACIÓN

2.3.2 DESLUMBRAMIENTO

2.3.3 ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y LÁMPARAS

2.3.4 COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

2.3.5 COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN

2.4 NORMAS PARA PROYECTOS DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

2.4.1 NORMAS PARA CIRCUITOS DE ALUMBRADO

2.4.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA LUZ

2.5 MÉTODO DEL FLUJO TOTAL PARA EL CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE INTERIORES.

2.6 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA EL BLOQUE 1

2.6.1 ILUMINACIÓN DE LA PLANTA BAJA DEL BLOQUE 1

2.6.2 ILUMINACIÓN DE LA SEGUNDA Y TERCERA PLANTA DEL BLOQUE 1

2.7 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA EL BLOQUE 2

2.8 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN BLOQUE 1 Y 2.

2.8.1 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 1

2.8.1.1 Circuitos de iluminación planta baja del bloque 1

2.8.1.2 Circuitos de iluminación segunda planta del bloque 1

2.8.1.3 Circuitos de iluminación tercera planta del bloque 1

2.8.2 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 2

2.8.2.1 Circuitos de iluminación planta baja del bloque 2

2.8.2.2 Circuitos de iluminación segunda planta del bloque 2

2.9 CAÍDA DE VOLTAJE

2.9.1 CAÍDA DE VOLTAJE BLOQUE 1

2.9.2 CAÍDA DE VOLTEJE BLOQUE 2

2.10 ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

2.10.1 ALUMBRADO DE PROTECCIÓN, VIGILANCIA Y SEGURIDAD

2.10.2 ALUMBRADO DEPORTIVO

2.10.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

2.10.4 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

2.10.4.1 Circuitos de iluminación exterior bloque 1

2.10.4.2 Circuitos de iluminación exterior bloque 2

2.11 CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.

2.12 TOMACORRIENTES

2.12.1 TOMACORRIENTE POLARIZADO

2.12.2 TOMACORRIENTE NO POLARIZADO

2.12.3 INSTALACIÓN DE TOMACORRIENTES EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

2.13 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 1 Y 2

2.13.1 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 1

2.13.1.1 Circuitos de fuerza planta baja del bloque 1

2.13.1.2 Circuitos de fuerza segunda planta del bloque 1

2.13.1.3 Circuitos de fuerza tercera planta del bloque 1

2.13.2 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 2

2.13.2.1 Circuitos de fuerza planta baja del bloque 2

2.13.2.2 Circuitos de fuerza segunda planta del bloque 2

2.14 INTERRUPTORES

2.14.1 ACCIONAMIENTO MÚLTIPLE POR INTERRUPTORES

2.14.2 INSTALACIÓN DE INTERRUPTORES EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

2.14.3 SENSORES

2.15 CUADROS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

3 CAPÍTULO III

SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

3.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN

3.1.1 INTRODUCCIÓN

3.1.2 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

3.1.2.1 Sensibilidad

3.1.2.2 Selectividad

3.1.2.3 Velocidad

3.1.2.4 Simplicidad

3.1.2.5 Economía

3.1.3 Seguridad y Confiabilidad

3.1.3 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

3.1.3.1 Cortocircuito

3.1.3.1.1 Causas de los Cortocircuitos

3.1.3.2 Fusibles o Cortacircuitos

3.1.3.2.1 Clasificación de los Fusibles

3.1.3.3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos

3.1.3.3.1 Principio de Funcionamiento

3.1.3.3.2 Interruptor General

3.1.3.3.3 Interruptor Derivado

3.1.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

3.1.5 PROTECCIÓN CONTRA ELECTROCUCIÓN

3.2 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

3.2.1 DEFINICIÓN

3.2.2 UBICACIÓN

3.2.3 ACCESIBILIDAD

3.2.4 PROTECCIONES

3.2.5 DESCARGAS A TIERRA

3.2.6 FORMA DE DISTRIBUIR LA CARGA EN EL TABLERO

3.2.7 ESTRUCTURA DE LOS TABLEROS

3.2.7.1 Envolventes y Estructuras

3.2.7.2 Aisladores

3.2.7.3 Densidad de Corriente

3.2.7.4 Materiales

4 CAPÍTULO IV

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJON Y CAAMAÑO”

4.1 INTRODUCCIÓN

4.2 LA NECESIDAD DE UNA PUESTA A TIERRA

**4.3 CÓMO EVALUAR SI EXISTE UNA RED DE TIERRA EN
TOMAS DE POTENCIA DE BAJA TENSIÓN.**

4.3.2 VALORES ACEPTABLES DE RESISTENCIA A TIERRA

4.4 SUELOS

4.4.1 RESISTIVIDAD

**4.4.2 MÉTODO UTILIZADO EN LA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN DE LA
RESISTIVIDAD DEL SUELO.**

4.4.2.1 Método de los cuatro puntos o método de Wenner

**4.5 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE PUESTA
A TIERRA.**

4.5.1 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

4.5.1.1 Varillas Copperweld

4.5.1.2 Placas

4.5.1.3 Electrodo horizontales.

4.5.1.4 Anillo enterrado

4.5.1.5 Mallas de Tierra

4.6 CONEXIONES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

4.6.1 UNIONES MECÁNICAS

4.6.2 CONEXIONES BRONCEADAS

4.6.3 CONEXIONES SOLDADAS EN FORMA AUTÓGENA

4.6.4 SOLDADURA EXOTÉRMICA

4.6.4.1 Equipo de soldadura Exotérmica

4.6.4.2 Proceso de soldadura Exotérmica

4.6.4.3 Ventajas de la soldadura Exotérmica

4.7 PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA MALLA DE PUESTA A TIERRA MENOR A 5 OHMIOS PARA EQUIPOS SEGÚN LA NORMA ANSI/IEEE 80- 1986.

4.8 PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

4.9 MÉTODO UTILIZADO EN LA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

4.9.1 MÉTODO DE CAÍDA DE POTENCIAL O DEL 62%

4.9.1.1 Pasos a seguir para la medición de la resistencia de una malla

5 CAPÍTULO V

ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

5.1 TABLERO PRINCIPAL

5.2 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

5.3 SUBTABLEROS

5.4 ILUMINACIÓN DE INTERIORES.

5.5 INSTALACIÓN DE SENSORES

5.6 ILUMINACIÓN EXTERIOR

5.7 CIRCUITOS DE FUERZA

5.8 ALIMENTACIÓN AL BLOQUE 2

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

1 CAPÍTULO I

EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

1.1 GENERALIDADES

El Colegio nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se encuentra ubicado en el Cantón Rumiñahui, Parroquia de Sangolquí.

La creación de este colegio se realizó mediante Acuerdo Ministerial No 9724 de fecha 30 de mayo de 1980 con el nombre de “Fausto Molina Molina” bajo la característica de fiscomisional. En una ceremonia imponente efectuada en el coliseo del Cantón el 15 de octubre de 1981 y con la presencia de Autoridades Nacionales y Cantonales se inauguró el primer Plantel Técnico del Valle.

El primer año lectivo 1981-1982, el colegio inició sus actividades con 153 alumnos.

Debido al carácter de fiscomisional con el que nació el Plantel, estuvo bajo supervisión de la Fundación Fausto Molina de la cual no recibió ningún apoyo económico ni material, por lo que fue preciso solicitar a las autoridades educativas la nacionalización inmediata de la Institución. Luego de innumerables gestiones realizadas, el 14 de mayo de 1985 se expidió el Acuerdo Ministerial No 4733 el que nacionalizó y al mismo tiempo cambió de nombre al Plantel quedando como se lo conoce actualmente: Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño”, que tiene las especialidades de Contabilidad y Mecánica Industrial.

Debido a que estas especialidades técnicas han adquirido una gran demanda en la población estudiantil, el Colegio se vió en la necesidad de ampliar sus horarios, es así que cuenta con horarios matutino, vespertino y nocturno. El Colegio cuenta con centros de cómputo, laboratorios de física, matemática, química y ciencias naturales; videoteca para inglés, biblioteca

técnica especializada, talleres de ajustaje, torno, fresado, suelda oxiacetilénica, suelda eléctrica, de punto, aula de dibujo técnico, almacén escolar y demás servicios.

Sus autoridades están encabezadas por el Lic. Guillermo Parra (Rector) y la Dra. Rosana Rnegi (Vicerrectora).

1.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

Atendiendo al pedido que realizaran las Autoridades y Comité Central de Padres de Familia del Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” de colaborar para solucionar el grave problema de deficiencia en el servicio eléctrico interno del Plantel, acudimos al mismo en el mes de junio de 2007 para realizar una inspección de las instalaciones eléctricas, verificando que en su totalidad se encontraban en pésimo estado y por ende su funcionamiento no era el adecuado, obstaculizando el normal desenvolvimiento del personal administrativo, docente y alumnos.

Así, se pudo determinar las siguientes falencias:

1.2.1 TABLERO PRINCIPAL

El pésimo estado de las instalaciones eléctricas se constató desde el tablero principal.

Así, el dimensionamiento de breakers y conductores no era el adecuado, la salida de conductores del tablero no contaba con las mínimas normas de seguridad y protección del conductor. Además, el tablero principal se encontraba casi a la intemperie, recibiendo directamente la acción negativa de los factores externos, siendo el agua su mayor afectación generando óxido.



Fig. 1.1: Estado en el que se encontró el tablero principal de distribución.

1.2.2 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

Algunas áreas del colegio tomaban la energía directamente desde el tablero principal, incluso varias de éstas sin protección. Además, los circuitos eléctricos se encontraban a la intemperie, a vista y alcance de cualquier persona, poniendo en riesgo su seguridad. La derivación de circuitos hacia los subtableros tenía empalmes mal realizados, lo que impedía la buena conducción eléctrica. Los conductores pegados a las paredes y como consecuencia, su fricción producía en algunos casos fallas no francas por deterioramiento del aislante.



Fig. 1.2: Conductores en mal estado, con empalmes mal realizados expuestos a la intemperie.

1.2.3 SUBTABLEROS

De los circuitos que se encontraban en los subtableros, se pudo constatar que muchos de ellos no tenían protección eléctrica y en otros casos su protección estaba mal dimensionada. El deterioro de los subtableros era evidente, así como su mal funcionamiento en conductores y barras, quemados en el lugar del contacto, como se puede observar en la fig. 1.3:



Fig. 1.3: Subtableros en mal estado, con algunos circuitos sin protección.

1.2.4 ILUMINACIÓN DE INTERIORES

La iluminación de interiores en los dos bloques, a simple vista se pudo apreciar que era ineficiente, obsoleta e inclusive que estaba ausente en algunas aulas, por lo que era imposible utilizarlas en la noche, afectando directamente a todo el contingente humano.



Fig. 1.4: Corredores y aulas con iluminación ineficiente.

Para encender las escasas luminarias que funcionaban, se realizaba el cierre del circuito desde los subtableros, ya que como se puede observar en la Fig. 1.5, no existían interruptores.



Fig. 1.5: Cajas sin interruptores que ocasionaban accidentes a las personas.

Los conductores que llevaban la energía hacia las luminarias, en su mayoría estaban fuera de servicio y para tratar en parte de dar una solución se había realizado conexiones empíricas.



Fig. 1.6: Empalmes mal realizados.

1.2.5 ILUMINACIÓN EXTERIOR

En todo lugar es muy importante contar con una iluminación que presente garantías para seguridad y vigilancia, con mucha más razón en este Centro Educativo que también labora en la noche, donde tan solo funcionaba una luminaria externa. Esto se debía en gran parte a fallas de conexión, mal estado de interruptores y deterioro de reflectores.



Fig. 1.7: Caja de interruptores para los reflectores, que se encontraban dañados, con conexiones sueltas y en mal estado.

1.2.6 CIRCUITOS DE FUERZA

Tratando de dar una solución apresurada y temporal al problema eléctrico del Colegio, se había optado en realizar las conexiones de fuerza por la parte externa, sin cumplir ninguna norma.



Fig. 1.8: Circuitos de fuerza expuestos a las condiciones climáticas.

En el interior de la edificación principal, el problema también era evidente pues, se lo podía observar en los tomacorrientes y en los circuitos que los alimentaban.

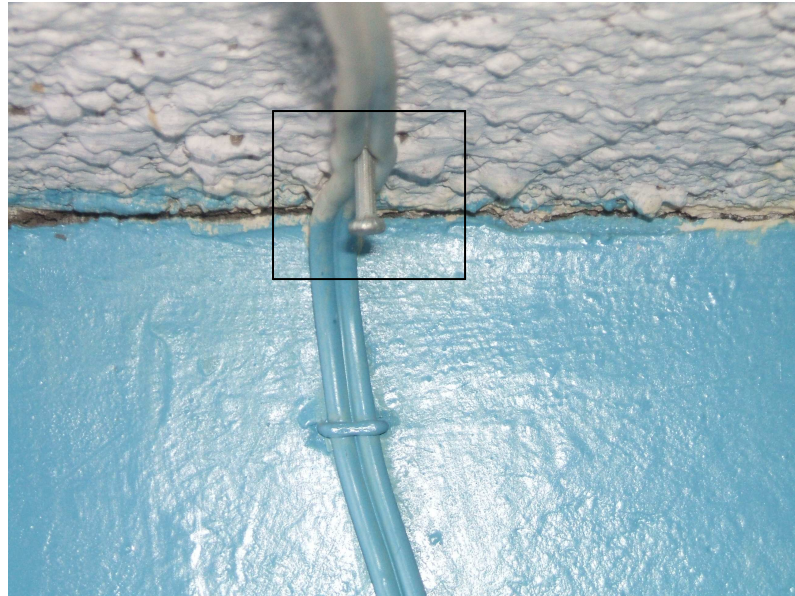


Fig. 1.9: Pequeños clavos que se encontraban asegurando el conductor, que ocasionaban cortocircuitos.



Fig. 1.10: Tomacorrientes en mal estado con sus conexiones expuestas.

1.2.7 ALIMENTACIÓN AL BLOQUE 2

Para la iluminación del bloque 2 se había realizado una conexión aérea, trayendo cables desde el bloque 1, pero el mayor problema era que en la terraza del bloque 2, estos cables al estar a la intemperie y realizando esfuerzo mecánico habían provocado el deterioro del aislante, añadiéndose a este problema los empalmes mal realizados, según se puede observar en la Fig. 1.11, y algo muy preocupante era que cualquier persona podía transitar por este lugar, arriesgando su integridad física.

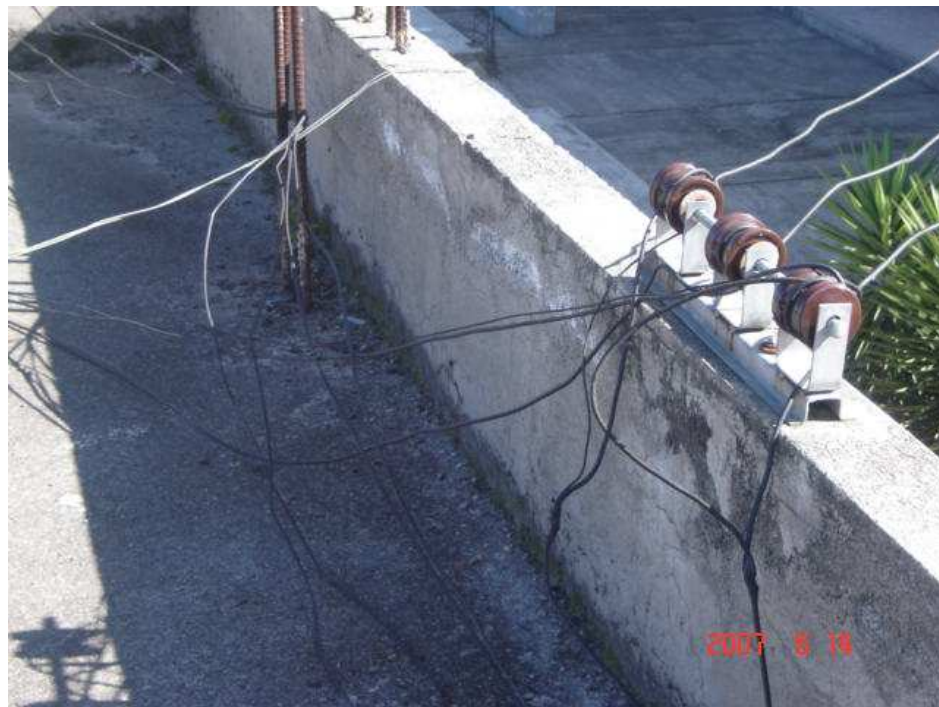


Fig. 1.11: Alimentación principal para el bloque 2, que se encontraba con empalmes pésimos expuestos al exterior y soportando esfuerzos mecánicos.

2 CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES Y EXTERIORES DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

2.3 ILUMINACIÓN

La iluminación es un factor importante para el desarrollo de toda actividad que realiza el hombre. Así, contamos con la luz natural y artificial. En los principios de la iluminación eléctrica tan solo el hecho de colocar una lámpara en medio del cuarto, denotaba una gran diferencia con la luz que proporcionaba una lámpara de petróleo o de gas. Obviamente durante el día, con la luz natural no se siente la necesidad de utilizar una iluminación artificial, según avanzan las horas y llega el atardecer, ésta se vuelve muy necesaria.

Sin embargo, proporcionar iluminación artificial adecuada no es tan fácil ya que se deben considerar algunos aspectos importantes como el estar ubicados en sitios estratégicos y la cantidad necesaria de luminarias. Por tanto, dotar de luz artificial se ha convertido en una profesión muy importante.

La luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura e higiénica de los otros tipos de luz artificial, sin embargo, requiere de una correcta utilización en forma eficiente y económica y tomando en consideración que las fuentes primarias de producción de la energía eléctrica que alimentan a las instalaciones y sistemas de alumbrado, están constituidas por alimentación de energéticos primarios como el petróleo que constituyen fuentes no

renovables, por lo que el ahorro de energía es fundamental, pero siempre logrando una buena iluminación.

Se estima que aproximadamente el 80% de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica, entonces, entenderemos la gran importancia de que los establecimientos educativos cuenten con un nivel de iluminación óptimo, para satisfacer las necesidades de una amplia diversidad de tareas visuales.

2.4 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN.

2.2.1 FLUJO LUMINOSO

El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa (puede ser una lámpara) en la unidad de tiempo (segundo). La unidad de medida del flujo luminoso es el "Lumen".

2.2.2 ILUMINACIÓN

Se define como el flujo luminoso por unidad de superficie, se designa con el símbolo E y se mide en LUX.

$$LUX = \frac{LUMEN}{M^2}$$

$$E = \frac{\text{Flujo - Lu min oso}}{\text{Unidad - de - Superficie}} = \frac{\Phi}{S}$$

2.2.3 EFICIENCIA LUMINOSA

Se define como eficiencia de una fuente luminosa a la relación entre el flujo expresado en Lumen, emitido por una fuente luminosa, y la potencia absorbida por una lámpara. Se expresa en Lumen/watt

2.2.4 LAS FUENTES LUMINOSAS

Para que una instalación de iluminación sea plenamente eficaz se debe cumplir entre otras cosas, con un buen nivel de iluminación.

2.2.6 TIPOS DE ILUMINACIÓN

Los tipos de iluminación se pueden clasificar de acuerdo a la distribución del flujo luminoso como:

2.3.5.1 Iluminación directa

El flujo luminoso es directo hacia abajo, las luminancias de este tipo tienen por lo general un rendimiento elevado (90-100%).

2.3.5.2 Semi-directa

El flujo luminoso es directo en gran parte hacia abajo (60-90%) y en parte hacia arriba (10-40%)

2.3.5.3 Mixta

El flujo luminoso está distribuido uniformemente hacia abajo (40-50%) y hacia arriba (50-60%).

2.3.5.4 Semi-indirecta

El flujo luminoso es prevalente hacia la parte superior (60-90%).

2.3.5.5 Indirecta

El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta del efecto de sombra, la iluminación hacia arriba es del (90-100%).

2.4 ILUMINACIÓN DE INTERIORES

Las condiciones necesarias para obtener una buena iluminación requieren de tres factores fundamentales:

- a) El nivel de iluminación adecuado a las características de los locales por iluminar y las actividades que se desarrollen.
- b) Una distribución apropiada de la luz.
- c) El tipo de fuente luminosa y los aparatos de iluminación (luminarias).

2.5.1 NIVEL DE ILUMINACIÓN

El nivel de iluminación que se toma en consideración es el disponible sobre el plano de trabajo, es decir, sobre el lugar donde se encuentran los objetos por observar. Normalmente el plano de trabajo se encuentra en un plano horizontal entre 800 mm. y 900 mm. sobre el nivel del suelo.

2.5.2 DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestias, interferencia con la visión o fatiga visual.

Son precauciones lógicas contra el deslumbramiento excesivo la protección de todas las lámparas que hayan de instalarse dentro del campo de la visión, el uso de colores claros en techos y paredes para reducir el contraste, el montaje de las fuentes de luz por encima de la línea normal de visión siempre que sea posible, y la reducción del brillo y de las luminarias a límites razonables.

2.5.3 ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y LÁMPARAS

La elección de las fuentes de luz depende en gran medida del aspecto del conjunto y la economía. En ciertas aplicaciones la gran superficie de la lámpara fluorescente es más ventajosa desde el punto de vista de bajo

brillo y mínimo deslumbramiento reflejado. Por otra parte, cuando se desea un control exacto son más efectivas las fuentes más pequeñas pero de mayor brillo.

2.5.4 COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

El valor del coeficiente de utilización en porcentaje indica, la porción del flujo luminoso suministrado por las lámparas que llega al plano de trabajo; depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (I_L), del factor de reflexión del techo y de las paredes del local, dado en tablas o catálogos de los fabricantes.

2.5.5 COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN

El coeficiente de conservación de la instalación depende de la facilidad de retener el polvo que tengan los aparatos, de la proporción de polvo, el humo del ambiente y la frecuencia de la limpieza.

Este coeficiente toma en consideración la reducción en la luz emitida por las lámparas o luminarias, debido al envejecimiento y acumulación de suciedad.

Los manuales Philips, por mencionar un ejemplo, consideran tres coeficientes: bueno, medio y malo, cuyos valores varían de acuerdo a la luminaria escogida, por consiguiente también es un dato dado en catálogos de fabricantes.

2.6 NORMAS DE LA NEC PARA PROYECTOS DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

2.6.1 NORMAS PARA CIRCUITOS DE ALUMBRADO

Los circuitos de alumbrado son aquellos, cuyas salidas sirven exclusivamente para instalar equipos de iluminación. Para calcular el número de circuitos de alumbrado, se procede de la siguiente manera:

- a) Se determina la carga total instalada de acuerdo con los datos del diseño.
- b) Se divide esta carga total en tantos circuitos de 15 o 20 amperios, según el diámetro de los conductores que se desea utilizar (#14 o #12 AWG)

Los circuitos de alumbrado deben seguir las siguientes normas:

1. Toda salida de luz cuya potencia no haya sido previamente determinada se deberá considerar como una carga de 100 vatios.
2. La potencia máxima por circuito de alumbrado no deberá ser mayor de 2000 vatios.
3. El calibre de los conductores para los circuitos de alumbrado estarán de acuerdo a la potencia del circuito y caída de tensión, pero en ningún caso podrá ser menor de 2,5 milímetros cuadrados de sección (#14 AWG) de cobre o su equivalente.
4. El máximo porcentaje de caída de tensión permitido en un circuito de alumbrado es de 3%, al circuito de máxima carga o al dispositivo más lejano.
5. Para los centros de alumbrado y puntos de conexión, se debe utilizar cajas octogonales o cuadradas metálicas o plásticas y de las dimensiones adecuadas para el número de conductores y empalmes que van a contener y con perforaciones de dimensiones apropiadas para las tuberías que van a llegar a ellas.
6. Para la salida de interruptores se debe emplear cajas de forma rectangular en instalaciones empotradas, todas las cajas en paredes o cielos rasos deben quedar al ras de la superficie.
7. Las cajas para interruptores, deben alinearse adecuadamente y las cajas de conexiones deben ser cerradas completamente con sus respectivas tapas y ubicarse en sitios fácilmente accesibles.
8. No deben usarse cajas de conexión redondas, cuando los tubos o conductos exijan el uso de tuercas o manguitos para ser conectados a las caras laterales de la caja.

No deben usarse artefactos de hojalata en los centros de alumbrado, ni en las cajas de conexión, por fácil oxidación de los mismos y por falta de resistencia mecánica.

9. No deben utilizarse cajas de madera para las salidas del interruptor.
10. Las cajas no metálicas se pueden utilizar únicamente en instalaciones a la vista, con conductores montados sobre aisladores o con cables multipolares con funda metálica.
11. Los conductores deben ser continuos de derivación a derivación y no deben haber empalmes internos dentro de la tubería.
12. Los conductores deben ser empalmados de manera que la unión eléctrica y mecánica sea firme, por medio de conectores y entorches. Todos los empalmes, uniones y los extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores.
13. La conducción de los conductores a los dispositivos o aparatos de alumbrado, deben hacerse por medio de tornillos que aseguren una perfecta conexión.
14. En los centros de alumbrado se dejarán por lo menos 30 centímetros de conductor desde el borde de la caja de conexión. En las cajas de empalme o interruptores se dejará por lo menos 15 centímetros de conductor para uniones y conexiones.
15. Los conductores deben ser accesibles para la instalación, revisión o cambio de los circuitos alimentadores.
16. Los conductores para alumbrado deben ser llevados por las tuberías apropiadas de 13mm (1/2") de diámetro interior como mínimo, para mayor facilidad en la instalación.
17. Las tuberías, cajas de conexión y accesorios, deben instalarse como un sistema completo de canalización, sin los conductores.
18. Se debe utilizar dentro de las tuberías guías de alambre de hierro galvanizado o de otro material similar para tirar los conductores de las instalaciones.
19. Los conductores no deben meterse en las tuberías, sino luego de que toda la canalización eléctrica esté totalmente instalada, sujeta y limpia.

20. En elementos de hormigón, los extremos de las tuberías y las cajas de conexión deben taponarse perfectamente con papel o carbón.

2.6.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA LUZ

La distribución espacial de la luz cuenta con criterios generales. Así, en el caso de escuelas, oficinas, laboratorios, etc. se debe evitar que las fuentes de iluminación produzcan sombras sobre el plano de trabajo y tener cuidado en su correcta selección pues, de esto depende de que los efectos de iluminación sea buena y confortable.

Otro aspecto a considerar en la localización de las lámparas es el deslumbramiento que se debe tratar de evitar, en caso de ser necesario utilizar luminarias con difusores que eviten esta condición.

2.7 MÉTODO DEL FLUJO TOTAL PARA EL CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE INTERIORES.

Para la aplicación de este método se deben conocer o en su caso determinar los siguientes elementos:

E = Nivel de iluminación medio que se pretende realizar (Lux)

Φ = Flujo luminoso total emitido por la lámpara para obtener el nivel de iluminación deseado (En Lúmenes).

S = Superficie total del local por iluminar en m^2

μ = Factor de utilización, depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K) del factor de reflexión del techo y de las paredes del local (dado en tablas o catálogos de fabricantes). Este factor de utilización se obtiene experimentalmente en

locales prototipo y empleando lámparas y luminarias de características fotométricas similares.

K = Índice de local, toma en consideración el ancho y largo del local, así como la altura de las luminarias de características fotométricas similares.

Para distribución con luz directa, semi-directa y mixta, el índice de local se calcula con la expresión:

$$k = \frac{A * B}{H(A + B)} = I_L$$

Donde:

A = Ancho del local en metros.

B = Largo del local en metros.

H = Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros.

Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz semi-directa o indirecta, se debe tomar en cuenta la altura del local (H) con respecto al plano de trabajo.

δ = Factor de depreciación que interviene para el cálculo del flujo total, depende del tipo de luminaria del nivel de ensuciamiento y la frecuencia de limpieza de estas.

El procedimiento de cálculo por el método del flujo total es el que se resume a continuación:

- 1) Obtener las características del local por iluminar como son: la actividad que se desarrollará en el mismo, disposición y altura de los objetos por iluminar (Plano de trabajo), etc.

2) Obtener de tablas de recomendaciones, el nivel de iluminación en Luxes. (Anexo 1)

3) Determinar la superficie del local (S) en metros cuadrados.

$$S = A * B$$

4) Calcular el índice de local (K).

$$k = \frac{A * B}{H(A + B)}$$

5) Obtener de tablas el coeficiente de reflexión del techo y las paredes.

En las tablas se expresan

P_T = factor de reflexión del techo

P_P = factor de reflexión de las paredes

Se resume, la reflexión del techo y paredes de la siguiente manera:

Techo de color blanco $P_T = 0,7$

Techo de color muy claro $P_T = 0,7$

Techo de color claro $P_T = 0,5$

Techo de color medio $P_T = 0,3$

Paredes de color claro $P_P = 0,5$

Paredes de color medio $P_P = 0,3$

Paredes de color oscuro $P_P = 0,1$

Si no se tiene datos sobre el color del techo y de las paredes o en caso de duda se adoptaran los siguientes valores:

Techo $P_T = 0,5$

Paredes $P_P = 0,3$

6) Seleccionar (en su caso) el tipo de luminaria.

Para la iluminación interior y corredores del Colegio “Jacinto Jijón y Caamaño”, se utilizó los siguientes tipos de luminarias:

Tipo A:

Luminaria fluorescente electrónica

TBS 300 de 2 x 40W

Marca:	General Electric
Numero de tubos:	2
Flujo luminoso:	3000 lm
Potencia de la lámpara:	40W
Voltaje:	120V
Dimensiones:	largo 1.20m y ancho 0.3 m

Iluminación directa

Tipo B

Luminaria fluorescente compacta de ahorro de energía SL-20W

Marca:	Philips
Flujo luminoso:	1200 lm
Potencia de la lámpara:	20W
Voltaje:	120V

Tipo C:

Luminaria fluorescente electrónica

TBS 300 de 2 x 40W

Marca:	Philips
Numero de tubos:	2
Flujo luminoso:	3000 lm
Potencia de la lámpara:	40W
Voltaje:	120V
Dimensiones:	largo 1.20m y ancho 0.3 m

Iluminación semi-directa con pantalla difusora

7) Obtener el factor de utilización (μ)

Obtenemos en tablas del (Anexo 2) mediante los factores de reflexión y el índice del local K.

8) Indicar el tipo de mantenimiento y el factor de depreciación δ .
Este valor lo obtenemos en tablas, para ello debemos considerar el tipo de mantenimiento previsto. (Anexo 2)

9) Calcular el flujo total (Φ_T).

$$\Phi_T = \frac{E * S * \delta}{\mu}$$

10) Calcular el número de lámparas requerido

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

11) Calcular la potencia total requerida por la instalación.

$$P = I * V$$

2.11 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA EL BLOQUE 1

El bloque 1 del Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” es una edificación de tres plantas. En la planta baja se encuentra el área administrativa y el departamento médico, en la segunda planta tenemos tres aulas, el laboratorio de física y el centro odontológico, mientras que en la planta superior contamos con la biblioteca, el laboratorio de ciencias naturales, laboratorio de computación y el DOBE.

2.11.1 ILUMINACIÓN PLANTA BAJA DEL BLOQUE 1

La planta baja del bloque 1 está conformada por los siguientes locales: rectorado, colecturía 1, colecturía 2, secretaría 1, secretaría 2, vicerrectorado, 2 inspecciones de las mismas dimensiones, almacén, sala de profesores, corredor y el centro médico.

A continuación se presenta un ejemplo completo de cómo se realiza el diseño de iluminación para un local ya que los demás locales van a estar tabulados en tablas para evitar el largo procedimiento de cálculo.

Rectorado

1) Características del local:

Largo (B): 7,80 metros

Ancho (A): 3,48 metros

Alto (H): 2,94 metros

El techo y las paredes son de colores claros.

2) Del anexo 1, se obtiene que el nivel adecuado de iluminación es de 200 lux.

3) Superficie del local:

Cambiamos un poco las medidas de este ambiente debido a que una importante área esta ocupada por mostradores, y en otros espacios no se necesita altos niveles de iluminación.

$$S = A * B$$

$$S = 6,8m * 3m$$

$$S = 20,4m^2$$

4) Índice del local

$$k = \frac{A * B}{H(A + B)} = \frac{6,8 * 3,0}{(2,94 - 0,8)(6,8 + 3,0)} = 0,97$$

5) Coeficiente de reflexión del techo y paredes.

Consideramos para el techo 0,7 mientras que para las paredes 0,5

6) Luminaria.

Luminaria tipo A

7) Factor de utilización

Se encuentra el factor de utilización

$$\mu = 0,29$$

8) Tipo de mantenimiento previsto.

Consideramos ensuciamiento mínimo, entonces: $\delta = 1,0$

9) Flujo total.

Calculamos de la siguiente forma:

$$\Phi_t = \frac{E * S * \delta}{\mu} = \frac{200 * 20,4 * 1,0}{0,29} = 14069 \text{ Lumen}$$

10) Calculamos el número de lámparas:

Cada lámpara tiene un flujo de 3000 lumen. Entonces:

$$n = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{14069}{3000} = 4,69$$

Para iluminar este ambiente utilizamos dos luminarias de dos lámparas cada una.

11) Calculamos la potencia requerida.

$$P = 4 \text{ lámparas} * 40 \text{ vatios} = 160 \text{ vatios}$$

$$I = 160 \text{ vatios} / 121 \text{ voltios} = 1,32 \text{ A}_{MP}$$

En el siguiente cuadro se detalla los datos utilizados para el cálculo de luminarias y resultados obtenidos para las áreas de la planta baja.

ILUMINACIÓN PLANTA BAJA BLOQUE 1

Descripción	LOCAL		Nivel de iluminación (lux)	LUMINARIAS			CÁLCULOS				Nº luminarias instaladas	Corriente en amperios [I]
	Dimensiones			Tipo*	Potencia (w)	Flujo luminoso (lum)	Relación de local	Coef. de utilización	Coef. de conservación	Nº lámparas calculadas		
	Área (m)	Altura (m)										
Rectorado	7,80x3,48	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,97	0,29	1	4,69	2	1,32	
Vicerectorado	4,75x2,94	2,54-0,80	200	2x40	3000	1,04	0,32	1	2,91	2	0,66	
Secretaría 1	5,96x2,85	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,86	0,29	1	3,73	2	1,32	
Secretaría 2	3,97x2,22	2,54-0,80	200	2x40	3000	0,82	0,32	1	1,84	1	0,66	
Colecturía 1	3,72x3,16	2,54-0,81	200	2x40	3000	0,98	0,32	1	2,45	1	0,66	
Colecturía 2	2,10x3,16	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,58	0,32	1	1,38	1	0,66	
Inpección 1	3,85x3,22	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,81	0,29	1	2,85	2	1,32	
Inpección 2	3,85x3,22	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,81	0,32	1	2,56	1	0,66	
Almacén	3,8x4,57	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,96	0,29	1	3,99	2	1,32	
Sala de prof.	3,85x6,80	2,54-0,80	200	20	1200	1,39	0,39	1	10,7	10	1,65	
Hall			100	2x40	3000			1		1	0,66	
Centro med.	4,45x2,10	2,94-0,80	200	2x40	3000	0,67	0,29	1	2,69	2	1,32	
Corredor	25,50x2,10	2,94	100	2x40	3000	0,66	0,29	1,4	6,03	6	3,97	
Entrada Princ.			100	2x42	3000			1,4		2	1,32	
Baño Adm.				B	20					1	0,18	
Baño Cen. Med.				B	20					1	1	
TOTAL LUMINARIAS										TIPO A	25	
TOTAL LUMINARIAS										TIPO B	12	
TOTAL LUMINARIAS											37	

2.11.2 ILUMINACIÓN DE LA SEGUNDA Y TERCERA PLANTA DEL BLOQUE 1.

En la segunda planta tenemos tres aulas de las mismas dimensiones, el laboratorio de física y el centro odontológico, mientras que en la tercera planta contamos con la biblioteca, el laboratorio de ciencias naturales, laboratorio de computación y el DOBE.

En las 2 plantas tenemos dos corredores con las mismas características, y en todo el bloque completo tenemos cinco áreas relativamente iguales correspondientes a las gradas, sus descansos y continuación de corredores. Se calculará solo una de ellas.

Los corredores de las tres plantas del bloque 1 son idénticos. En los cálculos se obtiene 6 luminarias de 40w para cada corredor, además de éstas en la segunda y tercera planta se instalaron 3 luminarias fluorescentes compactas de 20w, alternadamente con las de 2x40w para mejorar la iluminación, en cambio en el corredor de la planta baja se instalaron 6 luminarias de 2x40w, debido a que en este sitio existe mayor actividad durante las noches.

Para la iluminación del hall y los baños se procedió a colocar una luminaria en el centro del local como sugería la obra arquitectónica. Mientras que en la entrada principal se colocó estratégicamente dos luminarias.

ILUMINACIÓN DE LA SEGUNDA Y TERCERA PLANTA DEL BLOQUE 1													
LOCAL			Dimensiones		Nivel de iluminación		LUMINARIAS			CALCULOS			Corriente en amperios [U]
Descripción	Área (m)	Altura (m)	iluminación (lux)	Tipo*	Potencia (w)	Flujo luminoso (lum)	Relación de local	Coef. de utilización	Coef. de conservación	N° lámparas calculadas	N° luminarias instaladas		
												Aula 1	7,80x6,80	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	1,69	0,46	1,4	10,76	6	3,97
Aula 2	7,80x6,80	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	1,69	0,46	1,4	10,76	6	3,97	
Aula 3	7,80x6,80	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	1,69	0,46	1,4	10,76	6	3,97	
Lab. Física	6,80x5,80	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	1,46	0,41	1,4	8,98	4	2,46	
Odontología	4,45x2,10	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	0,67	0,29	1	2,69	2	1,32	
Corredor 1	25,50x2,10	2,94	70	A y B	2x40 y 20	2100	0,66	0,29	1,4	6,03	3 y 3	2,48	
Gradas desc. 1	4,00x2,10	2,94	100	A	2x40	3000	0,47	0,29	1,4	1,35	1		
Gradas desc. 2	4,00x2,10	2,94	100	A	2x40	3000	0,47	0,29	1,4	1,35	1		
Gradas desc. 3	4,00x2,10	2,94	100	A	2x40	3000	0,47	0,29	1,4	1,35	1	3,31	
Gradas desc. 4	4,00x2,10	2,94	100	A	2x40	3000	0,47	0,29	1,4	1,35	1		
Gradas desc. 5	4,00x2,10	2,94	100	A	2x40	3000	0,47	0,29	1,4	1,35	1		
Biblioteca	6,80x5,80	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	1,46	0,41	1,4	8,98	4	2,46	
Lab. CC.NN.	7,80x6,80	2,94-0,80	250	A	2x40	3000	1,7	0,44	1,4	14,06	8	5,29	
Lab. Comp.	15,5x6,8	2,94-0,80	70	B	2x40	3000	2,22	0,52	1,4	16,87	16	2,65	
Dobe	4,45x2,10	2,94-0,80	200	A	2x40	3000	0,67	0,29	1	2,69	2	1,32	
Corredor 2	25,50x2,10	2,94	70	A y B	2x40 y 20	2100	0,66	0,29	1,4	6,03	3 y 3	2,48	
Baño Odg.				B	20	1200					1	0,18	
Baño Dobe				B	20	1200					1	0,18	
TOTAL LUMINARIAS											TIPO A	49	
TOTAL LUMINARIAS											TIPO B	24	
TOTAL LUMINARIAS												73	

2.12 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA EL BLOQUE 2

El bloque 2 del Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” es una edificación de dos plantas, las dimensiones del edificio son las siguientes: largo, ancho y alto son de 36 x 7.1 x 6.48 metros respectivamente, incluyendo en estas mediciones las gradas.

Cada planta cuenta con tres aulas, que son exactamente iguales en sus dimensiones, por lo cual realizaremos los cálculos de iluminación en una de ellas y los resultados serán los mismos para las demás aulas.

También cuenta con dos corredores con las mismas características, uno en cada planta, la iluminación de estos corredores se realizó de igual manera que los corredores de la segunda y tercera planta del bloque 1, ya que sus dimensiones son parecidas.

Las gradas de este bloque cuentan con 3 áreas relativamente iguales, en donde según los cálculos debe ir ubicada una luminaria de 2 lámparas, estos lugares son: la continuación de los corredores y el descanso de media escalera. Conociendo la importancia de la iluminación en las gradas se ha decidido añadir 2 luminarias fluorescentes compactas de 20 vatios, cada una en los ascensos verticales. De tal manera que calculamos la corriente total que consumen todas las luminarias ubicadas en este local, la cual va ir en el cuadro que se indica en la siguiente página.

Calculamos la potencia requerida:

$$P = 6 \text{ lámparas} * 40 \text{ vatios} = 240 \text{ vatios}$$

$$P = 2 \text{ lámparas} * 20 \text{ vatios} = 40 \text{ vatios}$$

$$\text{Entonces: } P_T = 240 \text{ vatios} + 40 \text{ vatios} = 280 \text{ vatios}$$

$$I = 280 \text{ vatios} / 121 \text{ voltios} = 2.31 \text{ A}_{MP}$$

ILUMINACIÓN PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA BLOQUE 2

Descripción	LOCAL		Nivel de iluminación (lux)	LUMINARIAS			CÁLCULOS				N° luminarias instaladas	Corriente en amperios [I]
	Dimensiones			Tipo*	Potencia (w)	Flujo luminoso (lum)	Relación de local	Coef. de utilización	Coef. de conservación	N° lámparas calculadas		
	Área (m)	Altura (m)										
Aula 1	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Aula 2	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Aula 3	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Aula 4	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Aula 5	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Aula 6	8,80x5,80	3,03-0,80	200	C	2x40	3000	1,57	0,29	1,55	18,19	8	5,3
Gradas desc. 1	4,50x2,00	3,03	100	A	2x40	3000	0,33	0,29	1,4	1,45	1	
Gradas desc. 2	4,50x2,00	3,03	100	A	2x40	3000	0,33	0,29	1,4	1,45	1	
Gradas desc. 3	4,50x2,00	3,03	100	A	2x40	3000	0,33	0,29	1,4	1,45	1	2,31
Ascenso vert. 1				B							1	
Ascenso vert. 2				B							1	
Corredor 1	31,50x2	3,03	100	A y B	2x40 y 20	2100	0,62	0,29	1,4	7,1	3 y 3	2,48
Corredor 2	31,50x2	3,03	100	A y B	2x40 y 20	2100	0,62	0,29	1,4	7,1	3 y 3	2,48
TOTAL LUMINARIAS											TIPO A	57
TOTAL LUMINARIAS											TIPO B	8
TOTAL LUMINARIAS												65

2.13 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN BOQUE 1 Y 2.

Para realizar los circuitos de iluminación debemos tomar en cuenta que estos no deben exceder los 20 amperios, de manera que es aconsejable considerar 15 amperios para este tipo de circuitos. Tomando en cuenta esta recomendación entonces se trabajará con no más de 1800 vatios por circuito. Es preciso indicar que debemos considerar un factor de 25% para futuras cargas.

Para la transformación de vatios (W) a voltamperios (VA), se considera en factor de potencia (fp) de 0,9 debido al efecto inductivo que proporciona el balastro de las luminarias.

Es muy importante que la división de circuitos se la realice por ambientes, para de esta forma tener un mejor control y una óptima distribución de los mismos, de tal manera que si existiere alguna falla o si se realizara alguna reparación, el corte de energía sea seccionado y no afecte a grandes áreas.

2.13.1 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 1

En el bloque 1 del Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” están instalados cuatro subtableros bifásicos de donde se alimenta a los diferentes circuitos. Estos se encargan del control, distribución y protección de su respectivo ambiente.

2.13.1.1 Circuitos de iluminación planta baja del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD1

CIRCUITO A1. Cuenta con 9 luminarias: 8 de 80W para rectorado, vicerrectorado, secretaría (1 y 2), colecturía (1y 2) y una luminaria de 20W para el baño.

La potencia total activa será:

$$P = (8 * 80W) + 20W$$

$$P = 660 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{660W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 916,67 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{916,67VA}{120V}$$

$$I = 7,64 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A2. Cuenta con 6 luminarias de 80W para el corredor de la planta baja.

La potencia total activa será:

$$P = (6 * 80W)$$

$$P = 480 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{480W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 666,67 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{666,67VA}{120V}$$

$$I = 5,56 \text{ [A]}$$

Sub-tablero de distribución TD2

CIRCUITO A3. Cuenta con 5 luminarias de 80W para entrada principal e inspecciones.

La potencia total activa será:

$$P = (5 * 80W)$$

$$P = 400 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{400W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 555,56 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{666,67VA}{120V}$$

$$I = 4,63 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A4 Cuenta con 16 luminarias: 5 de 80W para el almacén, hall y departamento médico; once de 20W: diez para la sala de profesores y una para el baño.

La potencia total activa será:

$$P = (5 * 80W) + (11 * 20W)$$

$$P = 620 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{620W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 861,11 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{861,11VA}{120V}$$

$$I = 7,17 \text{ [A]}$$

2.13.1.2 Circuitos de iluminación segunda planta del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD3

CIRCUITO A5 Cuenta con 5 luminarias de 80W para las gradas de la edificación.

La potencia total activa será:

$$P = (5 * 80W)$$

$$P = 400 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{400W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 555,56 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{666,67VA}{120V}$$

$$I = 4,63 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A6 Cuenta con seis luminarias: 3 de 80W y 3 de 20W todas para el corredor de la primera planta alta.

La potencia total activa será:

$$P = (3 * 80W) + (3 * 20)$$

$$P = 300 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{300W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 416,67 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{416,67VA}{120V}$$

$$I = 3,47 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A7 Cuenta con 12 luminarias de 80W para el aula 1 y 2.

La potencia total activa será:

$$P = (12 * 80W)$$

$$P = 960 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{960W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 1333,33 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{1333,33VA}{120V}$$

$$I = 11,11 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A8 Cuenta con 10 luminarias de 80W: 6 para el aula 3 y cuatro para el laboratorio de física.

La potencia total activa será:

$$P = (10 * 80W)$$

$$P = 800 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{800W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 1111,11 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{1111,11}{120V}$$

$$I = 9,26 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A9 Cuenta con 4 luminarias: 2de 80W y 2 de 20W todas éstas para el centro odontológico.

La potencia total activa será:

$$P = (2 * 80W) + (2 * 20W)$$

$$P = 200 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{200W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 277,78 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{277,78}{120V}$$

$$I = 2,31 \text{ [A]}$$

2.13.1.3 Circuitos de iluminación tercera planta del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD4

CIRCUITO A10 tiene las mismas características que el **CIRCUITO A6** ambos son destinados a la iluminación de los corredores.

CIRCUITO A11 Cuenta con 4 luminarias de 80W para biblioteca.

La potencia total activa será:

$$P = (4 * 80W)$$

$$P = 320 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{320W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 444,44 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{444,44VA}{120V}$$

$$I = 3,70 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A12 Cuenta con 8 luminarias de 80W para el laboratorio de ciencias naturales.

La potencia total activa será:

$$P = (8 * 80W)$$

$$P = 640 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{640W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 888,89 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{888,89VA}{120V}$$

$$I = 7,41 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A13 Cuenta con 17 luminarias de 20W para el laboratorio de computación y el baño y 2 luminarias de 80W para el DOBE.

La potencia total activa será:

$$P = (17 * 20W) + (2 * 80W)$$

$$P = 500 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{500W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 694,44 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{694,44}{120V}$$

$$I = 5,79 \text{ [A]}$$

2.13.2 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 2

En el bloque 2 del Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” existen dos sub-tableros bifásicos de donde se alimenta a los diferentes circuitos. Estos se encargan del control, distribución y protección de su respectivo ambiente.

2.13.2.1 Circuitos de iluminación planta baja del bloque 2

Sub-tablero de distribución TD6

CIRCUITO A14 se dedica a la iluminación del corredor de la planta baja del bloque 2 y tiene las mismas características que el **CIRCUITO A6** por lo que consideramos los mismos cálculos.

CIRCUITO A15 Cuenta con 16 luminarias de 80W para el aula 1 y 2.

La potencia total activa será:

$$P = (16 * 80W)$$

$$P = 1280 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{1280W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 1777,78 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{1777,77VA}{120V}$$

$$I = 14,81 \text{ [A]}$$

CIRCUITO A16 tiene las mismas características que el **CIRCUITO A12**, y controla la iluminación del aula 3 de esta planta.

2.13.2.2 Circuitos de iluminación de la segunda planta del bloque 2

Sub-tablero de distribución TD7

CIRCUITO A17 tiene iguales características que **CIRCUITO A14**, y controla la iluminación del corredor de la planta alta de este bloque.

CIRCUITO A18 tiene iguales características que **CIRCUITO A15**, y controla la iluminación de las aulas 1 y 2 de la planta alta de este bloque.

CIRCUITO A19 tiene iguales características que **CIRCUITO A16**, y controla la iluminación del aula 3 de la planta alta de este bloque.

CIRCUITO A20 Cuenta con 5 luminarias: 3 de 80W y 2 de 20W todas éstas ubicadas en las gradas.

La potencia total activa será:

$$P = (3 * 80W) + (2 * 20)$$

$$P = 280 \text{ [W]}$$

Considerando factor de potencia 0,9 y 25% adicional por futura carga la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P * 1,25}{0,9} = \frac{280W * 1,25}{0,9}$$

$$S = 388,89 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{388,89VA}{120V}$$

$$I = 3,24 \text{ [A]}$$

2.14 CAÍDA DE VOLTAJE

En los conductores utilizados para iluminación la caída de voltaje no debe superar el 3%. La caída de voltaje es proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional al área del mismo.

En estas edificaciones se ocupó el conductor # 14AWG y 12AWG en distintos circuitos tal como recomiendan las tablas para todos los circuitos de iluminación. Por este motivo bastará con realizar el cálculo de caída de voltaje en el circuito más alejado.

Para realizar el cálculo aplicamos la siguiente fórmula:

$$e\% = \frac{K * I * L}{S * V}$$

Donde:

K = 2 Para circuitos trifásicos

K = 4 Para circuitos monofásicos

I = Corriente que circula por el conductor

L = Longitud del conductor

S = Sección del conductor en mm²

V = Voltaje de operación

2.14.1 CAÍDA DE VOLTAJE BLOQUE 1

En este bloque se tiene la mayor caída de voltaje en el **CIRCUITO A8** por ser el que más lejos esta del tablero y tener una carga de 10 luminarias, entonces procedemos así:

K = 4 debido a que es circuito monofásico.

I = debido al factor de potencia de 0.9 considerado para las lámparas fluorescentes tenemos que la corriente consumida por cada una de las luminarias es 0.74 A_{MP}

L = se puede conseguir este dato en los planos eléctricos ubicados en el anexo 8. Los datos son los siguientes:

Tramo 1: desde el **TD3** hasta el aula 2 mide 25 metros.

Tramo 2: desde el aula 2 hasta el interruptor en el laboratorio de física mide 16 metros.

Tramo 3: desde el interruptor hasta la primera luminaria 8d del laboratorio de física mide 6 metros.

Tramo 4: desde la primera luminaria 8d a la segunda luminaria 8d mide 4 metros.

$$S = 3,31\text{mm}^2$$

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

Realizamos el cálculo por tramos:

$$\text{Tramo1} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 10) * 25m}{3,31mm^2 * 120V} = 1,86\%$$

$$\text{Tramo2} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 4) * 16m}{3,31mm^2 * 120} = 0,48\%$$

$$\text{Tramo3} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 2) * 6m}{3,31mm^2 * 120} = 0,09\%$$

$$\text{Tramo4} \quad e\% = \frac{4 * 0,74A * 4m}{3,31mm^2 * 120} = 0,03\%$$

La caída de voltaje total en este circuito es igual a la suma de la caída en cada tramo:

$$e\%_T = 1,86\% + 0,48\% + 0,09\% + 0,03 = 2,46\%$$

Esta medida menor al 3% cumple con la norma establecida.

2.14.2 CAÍDA DE VOLTEJE BLOQUE 2

En este bloque se tiene la mayor caída de voltaje en el **CIRCUITO A19** por ser el que más alejado está del tablero y tiene una carga de 8 luminarias, entonces procedemos así:

K = 4 debido a que es circuito monofásico.

I = debido al factor de potencia de 0.9 considerado para las lámparas fluorescentes la corriente consumida por cada una de las luminarias es 0.74 A_{MP}

L = se puede conseguir este dato en los planos eléctricos ubicados en el anexo 8. Los datos son los siguientes:

Tramo 1: desde el **TD7** hasta el interruptor del aula 3 mide 25 metros.

Tramo 2: desde el interruptor hasta la primera luminaria 19b mide 5,5 metros.

Tramo 3: de la primera luminaria 19b hasta la tercera luminaria 19b mide 4,5 metros.

Tramo 4: desde la tercera luminaria 19b hasta la cuarta luminaria 19b mide 3,5 metros

$$S = 2.08\text{mm}^2$$

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

Realizamos el cálculo por tramos:

$$\text{Tramo1} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 8) * 25m}{2,08\text{mm}^2 * 120} = 2,37\%$$

$$\text{Tramo2} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 4) * 5,5m}{2,08\text{mm}^2 * 120} = 0,26\%$$

$$\text{Tramo3} \quad e\% = \frac{4 * (0,74A * 2) * 4,5m}{2,08\text{mm}^2 * 120} = 0,11\%$$

$$\text{Tramo4} \quad e\% = \frac{4 * 0,74A * 3,5m}{2,08\text{mm}^2 * 120} = 0,04\%$$

La caída de voltaje total en este circuito es igual a la suma de la caída en cada tramo:

$$e\%_T = 2,37\% + 0,26\% + 0,11\% + 0,04 = 2,78 \%$$

Esta medida menor al 3% cumple con la norma establecida.

2.15 ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

La iluminación de exteriores es tan importante como la de interiores, así se tomará en cuenta el tipo de luminarias, características de fabricación, aplicación específica de cada una de ellas, materiales y calidad. Las luminarias deben estar ubicadas de tal forma que la acción nociva de los agentes externos no afecte en un mínimo porcentaje.

Las aplicaciones más usuales de la luminotecnica, para alumbrado de exteriores, son las siguientes:

- 1) Alumbrado de reclamo y publicitario.
- 2) Alumbrado de fachadas de edificios y monumentos.
- 3) Alumbrado de protección, vigilancia y seguridad.
- 4) Alumbrado de parques y jardines.
- 5) Alumbrado deportivo.

En el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se dio mayor importancia al alumbrado de protección, vigilancia y seguridad, y al deportivo en un menor porcentaje, debido a que el presupuesto del colegio, no era lo suficiente, para realizar una buena iluminación de las canchas deportivas.

2.10.1 ALUMBRADO DE PROTECCIÓN, VIGILANCIA Y SEGURIDAD

Existe un determinado tipo de zonas o lugares en los que es necesario disponer de una iluminación suficiente, no para desarrollar una actividad productiva o de esparcimiento, sino únicamente para poder controlar y vigilar el paso o presencia de personas u objetos y, en contadas ocasiones, llevar a cabo trabajos de tipo basto que no precisen de elevados niveles de iluminación.

2.10.2 ALUMBRADO DEPORTIVO

Como es lógico, toda institución educativa debe contar con espacios donde los estudiantes practiquen deportes o tengan lugares de recreación, en tal virtud, el Colegio “Jacinto Jijón y Caamaño” no es una excepción. Sin embargo, para realizar una iluminación dentro de los niveles recomendados, el costo es bastante elevado, lo cual fue un factor limitante, por lo que tan solo se utilizó el número de proyectores que el Colegio pudo comprar. Estos proyectores fueron ubicados estratégicamente para lograr una iluminación adecuada y que abarque la totalidad del espacio de recreación y al mismo tiempo sirva como alumbrado de protección, vigilancia y seguridad.

Por lo anteriormente expuesto, realizamos un cálculo inverso, tomando como base el número de reflectores, consiguiendo una iluminación aceptable.

2.10.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

Realizamos este cálculo utilizando el método del flujo total:

1) Características del área a iluminar:

Largo: 37,5 metros

Ancho: 35,0 metros

Consideramos una altura media de 15 metros

2) Para iluminar esta área se ocuparon 5 reflectores de 400 vatios cada uno a 220 voltios.

3) Superficie del local:

$$S = A * B \quad S = 37,5\text{m} * 35\text{m} \quad S = 1312,5\text{m}^2$$

4) Índice del local

$$k = \frac{A * B}{H(A + B)} = \frac{37,5 * 35}{(15 - 1,4)(37,5 + 35)} = 1,33$$

5) Coeficiente de reflexión del techo y paredes.

Consideramos para el techo y paredes el mínimo

6) Tipo de lámparas.

Reflectores 220 voltios 400 vatios

7) Factor de utilización dado que $K = 1,33$ podemos adoptar el valor

$$\mu = 0.42$$

8) Tipo de mantenimiento previsto.

Consideramos ensuciamiento medio: $\delta = 1,50$

9) Calculamos flujo total ya que conocemos el número de lámparas instaladas:

Cada lámpara tiene un flujo de 38000 lúmenes. Entonces:

$$\text{De } n = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} \quad \text{Obtenemos } \Phi_T = n * \Phi_L = 5 * 38000 = 190000 \text{lumen}$$

10) Obtenemos el nivel de iluminación partiendo del flujo total.

$$\text{De } \Phi_t = \frac{E * S * \delta}{\mu} \quad \text{Obtenemos } E = \frac{\Phi_T * \mu}{S * \delta} = \frac{190000 * 0,42}{1312,5 * 1,50} = 40,53 \text{lumen}$$

11) Calculamos la potencia requerida.

$$P = 5 \text{ luminarias} * 400 \text{ vatios} = 2000 \text{ vatios}$$

2.10.4 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

Para la iluminación exterior se ocupó reflectores que trabajan con 210 voltios, por tal motivo se realizó circuitos bifásicos. Todo esto, manteniendo las normas que se especificó anteriormente para circuitos de iluminación. Para el tipo de reflectores utilizados se considera también un factor de potencia de 0,9

2.10.4.1 Circuitos de iluminación exterior bloque 1

Tenemos tres circuitos y cada uno alimenta a un reflector que están ubicados en el borde superior de este bloque y se controla desde un gabinete adjunto al tablero principal que en su interior tiene 3 breakers bifásicos.

CIRCUITO A21, A22 Y A23 Cuenta con 1 luminaria de 400W cada uno, están ubicadas en el borde superior del bloque 1.

La potencia total activa será:

$$P = 400W$$

Considerando factor de potencia 0,9 la potencia total aparente será:

$$S = \frac{P}{fp} = \frac{400W}{0,9} = 444,44VA$$

$$S = 444,44 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{444,44VA}{210V} = 2,12A$$

$$I = 2,12 \text{ [A]}$$

2.10.4.2 Circuitos de iluminación exterior bloque 2

Aquí existen dos circuitos **A24 Y A25**. Cada uno alimenta a un reflector, los que están ubicados en la parte superior del bloque y son controlados con breakers bifásicos desde una caja colocada en el corredor de la planta baja.

Estos dos circuitos tienen las mismas características que los circuitos de iluminación exterior del bloque 1.

2.11 CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

Para realizar este cálculo vamos a considerar el **CIRCUITO A23** ya que éste es el que tiene la luminaria más lejana respecto al lugar de control, en este caso el gabinete.

Consideramos:

$$K = 2$$

$$I = 2,12 \text{ A}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$S = 5,26 \text{ mm}^2$$

$$V = 210 \text{ v}$$

Entonces:

$$e\% = \frac{K * I * L}{S * V} = \frac{2 * 2,12 * 40m}{5,26mm^2 * 210V} = 0,15\%$$

2.12 TOMACORRIENTES

La tecnología ha invadido todo espacio y está al alcance de todos. En muchos casos para poder utilizar estos instrumentos tecnológicos que sirven de herramienta de trabajo, que ayudan y facilitan la vida, necesitan funcionar con electricidad y por esta razón en toda edificación es imprescindible ubicar tomacorrientes.

Las tomas de corriente son elementos de medidas normalizadas, destinados a facilitar la conexión de cualquier aparato eléctrico. Normalmente consisten en una base bipolar o tripolar, con orificios que permiten la entrada de las clavijas del enchufe macho que está conectado al aparato. Tanto las clavijas como los alojamientos están contruidos de tal forma que, en conexión, trabajan a presión, facilitando un buen contacto eléctrico.

Para prever el número suficiente de salidas para tomacorrientes de uso general, se busca armonizar la distribución arquitectónica (perímetro útil de paredes) y las necesidades de servicio establecidos al hacer el estudio específico de cada uno de los ambientes.

De esta manera se determina en cada caso, el tipo de dispositivos a utilizarse: tomacorrientes simples, dobles, de pared, de piso, resistente a la intemperie, etc.

Al proyectar los tomacorrientes de uso general se debe procurar que estos sean ubicados cerca de los rincones y términos de las paredes, pues así hay menos posibilidad que queden escondidos detrás de los muebles por esto se recomienda instalar los tomacorrientes a 50 centímetros de las esquinas, medidos a lo largo de la pared en que se va a instalar.

Como norma general obligatoria se debe planificar siempre un tomacorriente cercano a la puerta de cualquier local de un edificio, para conectar la aspiradora, pulidora u otros objetos móviles de limpieza.

En la planificación eléctrica de un edificio, se debe proyectar el número suficiente de tomacorrientes según el uso y la aplicación del ambiente.

Existen dos clases de tomacorrientes denominados polarizados y no polarizados.

2.12.1 TOMACORRIENTE POLARIZADO

Se caracteriza por tener tres puntos de conexión, el vivo o positivo, el negativo y el de tierra física, es muy importante el uso de estos tomacorrientes, ya que por el terminal de tierra se disipan las corrientes parásitas.

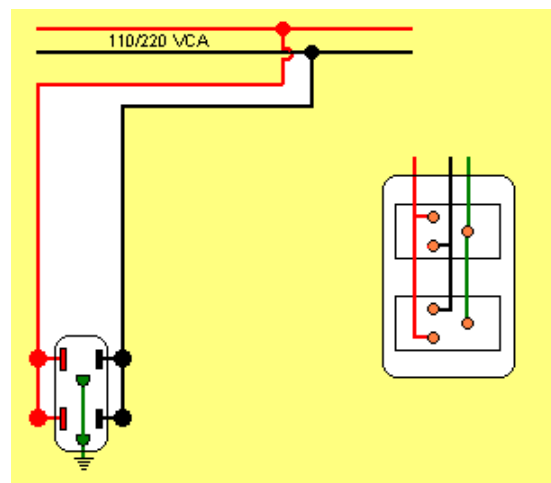


Fig. 2.1: Tomacorriente polarizado.

2.12.2 TOMACORRIENTE NO POLARIZADO

Este tomacorriente únicamente tiene 2 puntos de conexión, el vivo o positivo y el negativo; este tipo de tomacorriente no es recomendable para aparatos que necesiten una protección adecuada contra sobrecargas y descargas atmosféricas.

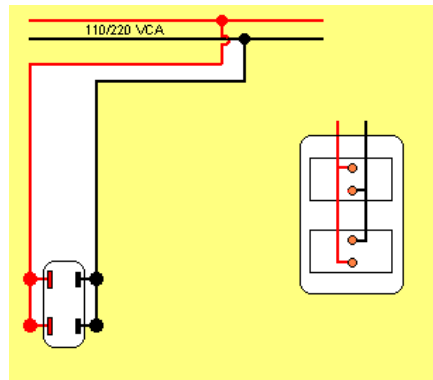


Fig. 2.2: Tomacorriente no polarizado.

Los circuitos de los tomacorrientes deben sujetarse a las siguientes normas:

1. El calibre de los conductores para los circuitos de tomacorrientes no podrán en ningún caso, ser menor al de 4 milímetros cuadrados de sección (# 12 AWG) de cobre o su equivalente.
2. Capacidad y tipo: Los tomacorrientes instalados para la conexión de cordones portátiles, tendrán una capacidad no menor de 10 amperios para 120 voltios y 5 amperios para 250 voltios.
3. Las tapas serán metálicas y de un espesor no menor a 0,8 mm. Las tapas no metálicas con acabado de material incombustible tendrán un espesor no menor a 2,5 mm, por resistencia mecánica.
4. Tomacorrientes en los pisos: Los tomacorrientes en los pisos estarán dentro de cajas de piso metálicas, cuya tapa tendrá un espesor no menor de 2 mm., por resistencia mecánica.
5. Los tomacorrientes instalados en lugares húmedos o mojados serán del tipo a prueba de intemperie.

2.12.3 INSTALACIÓN DE TOMACORRIENTES EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

Para instalar los tomacorrientes en el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se utilizó el conductor **# 12 AWG** sólido según la norma de la NEC, que tiene capacidad de conducción de 25 amperios según el Anexo 4.

2.13 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 1 Y 2

2.13.1 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 1

2.13.1.1 Circuitos de fuerza planta baja del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD1

CIRCUITO T1. Cuenta con 10 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno. Están ubicados en colecturía 1, colecturía 2, secretaría 1 y secretaría 2.

$$S_T = S * \#tom. = 200[VA] * 10 = 2000[VA]$$

$$S_T = 2000 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{2000[VA]}{120[V]} = 16,67[A]$$

$$I = 16,67 [A]$$

CIRCUITO T2. Cuenta con 10 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno. Están ubicados en rectorado, vicerrectorado, baño y entrada principal.

$$S_T = S * \#tom. = 200[VA] * 10 = 2000[VA]$$

$$S_T = 2000 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{2000[VA]}{120[V]} = 16,67[A]$$

$$I = 16,67 [A]$$

Sub-tablero de distribución TD2

CIRCUITO T3. Cuenta con 7 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno. Están ubicados en inspección 1, inspección 2 y almacén.

$$S_T = S * \#tom. = 200[VA] * 7 = 1400[VA]$$

$$S_T = 1400 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1400[VA]}{120[V]} = 11,67[A]$$

$$I = 11,67 [A]$$

CIRCUITO T4. Cuenta con 7 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno. Están ubicados en centro médico, sala de profesores y hall.

$$S_T = S * \#tom. = 200[VA] * 7 = 1400[VA]$$

$$S_T = 1400 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1400[VA]}{120[V]} = 11,67[A]$$

$$I = 11,67 [A]$$

2.13.1.2 Circuitos de fuerza segunda planta del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD3

CIRCUITO T5. Cuenta con 18 tomacorrientes; se considera una carga de 100VA para cada uno debido a que nunca se utilizan todos a la misma vez. Están ubicados en las aulas y en el laboratorio de física.

$$S_T = S * \#tom. = 100[VA] * 18 = 1800[VA]$$

$$S_T = 1800 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 15[\text{A}]$$

$$I = 15 \text{ [A]}$$

Sub-tablero de distribución TB1

CIRCUITO T6. Cuenta con 3 tomacorrientes; se considera una carga de 300VA para cada uno. Están ubicados en odontología.

$$S_T = S * \#tom. = 300[\text{VA}] * 3 = 900[\text{VA}]$$

$$S_T = 1800 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{900[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 7,5[\text{A}]$$

$$I = 7,5 \text{ [A]}$$

2.13.1.3 Circuitos de fuerza tercera planta del bloque 1

Sub-tablero de distribución TD4

CIRCUITO T7. Cuenta con 13 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno. Están ubicados en las paredes de la biblioteca, laboratorio de ciencias naturales, laboratorio de computación y DOBE.

$$S_T = S * \#tom. = 200[\text{VA}] * 13 = 2600[\text{VA}]$$

$$S_T = 2600 \text{ [VA]}$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{2600[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 21,67[\text{A}]$$

$$I = 21,67 \text{ [A]}$$

CIRCUITO T8. Cuenta con 12 tomacorrientes; se considera una carga de 150VA para cada uno, ya que nunca se utilizan todos los tomacorrientes a la vez. Están ubicados en las mesas del laboratorio de ciencias naturales.

$$S_T = S * \#tom. = 150[VA] * 12 = 1800[VA]$$

$$S_T = 1800 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[VA]}{120[V]} = 15[A]$$

$$I = 15 [A]$$

Sub-tablero de distribución TD5

CIRCUITO T9. Cuenta con 6 tomacorrientes; se considera una carga de 300VA para cada uno. Están ubicados en el piso del laboratorio de computación al lado izquierdo.

$$S_T = S * \#tom. = 300[VA] * 6 = 1800[VA]$$

$$S_T = 1800 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[VA]}{120[V]} = 15[A]$$

$$I = 15 [A]$$

CIRCUITO T10. Cuenta con 6 tomacorrientes; se considera una carga de 300VA para cada uno. Están ubicados en el piso del laboratorio de computación al lado derecho.

$$S_T = S * \#tom. = 300[VA] * 6 = 1800[VA]$$

$$S_T = 1800 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 15[\text{A}]$$

$$I = 15 [\text{A}]$$

CIRCUITO T11 y CIRCUITO T12. Cada circuito cuenta con 5 tomacorrientes de 300VA cada uno. Están ubicados en el centro del laboratorio de computación en el piso.

$$S_T = S * \#tom. = 300[\text{VA}] * 5 = 1500[\text{VA}]$$

$$S_T = 1500 [\text{VA}]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1500[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 12,5[\text{A}]$$

$$I = 12,5 [\text{A}]$$

2.13.2 CIRCUITOS DE FUERZA BLOQUE 2

2.13.2.1 Circuitos de fuerza planta baja del bloque 2

Sub-tablero de distribución TD6

CIRCUITO T13. Cuenta con 9 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno, debido a que estos tomacorrientes son utilizados de vez en cuando. Están ubicados en las aulas de la planta baja.

$$S_T = S * \#tom. = 200[\text{VA}] * 9 = 1800[\text{VA}]$$

$$S_T = 1800 [\text{VA}]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[\text{VA}]}{120[\text{V}]} = 15[\text{A}]$$

$$I = 15 [\text{A}]$$

2.13.2.2 Circuitos de fuerza segunda planta del bloque 2

Sub-tablero de distribución TD7

CIRCUITO T14. Cuenta con 9 tomacorrientes; se considera una carga de 200VA para cada uno, por la misma razón anterior. Están ubicados en las aulas de la planta alta.

$$S_T = S * \#tom. = 200[VA] * 9 = 1800[VA]$$

$$S_T = 1800 [VA]$$

Entonces la corriente total que circula por los conductores es:

$$I = \frac{S_T}{V} = \frac{1800[VA]}{120[V]} = 15[A]$$

$$I = 15 [A]$$

2.14 INTERRUPTORES

Es importante el ahorro de energía, lo que se puede conseguir apagando las luminarias que no son necesarias, al apagar las mismas, el tiempo de vida útil se alarga y todo esto se puede conseguir con un interruptor.

Los interruptores deben estar ubicados en lugares de fácil manipulación. Estos son aparatos destinados a efectuar la apertura y cierre de un circuito que pueden permanecer en dos posiciones fijas en ausencia de acción exterior, correspondientes a circuito abierto y a circuito cerrado, respectivamente.

2.14.1 ACCIONAMIENTO MÚLTIPLE POR INTERRUPTORES

Cuando interesa accionar uno o varios puntos de luz o cualquier otro elemento, desde varios puntos distintos, deben encontrarse soluciones que hagan cómodo este accionamiento y permitan abrir o cerrar un circuito. Para ello existen distintas soluciones según el caso que se trate.

Conmutadores

Se emplea cuando se precisa el accionamiento desde dos puntos distintos y para ello los interruptores están provistos de tres contactos, uno fijo y dos alternativos, con lo que, colocados en serie, se puede activar independientemente sobre el circuito.

En el caso de instalaciones entre fase y neutro, es importante hacer la conexión solo sobre la fase, pues en caso de hacerla, el neutro y la fase, podría crearse cortocircuito en los interruptores.

Conmutadores con cruzamiento

Empleados para accionar un circuito desde más de dos puntos distintos; basan su funcionamiento en el empleo de dos conmutadores normales al principio y al final y de uno o varios especiales con cuatro polos entre ellos, con este sistema puede actuarse mediante cualquier cantidad de interruptores, aunque al aumentar el número de los mismos se duplica la complicación de la conexión por el número de conductores que debe emplearse.

2.14.2 INSTALACIÓN DE INTERRUPTORES EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

Para instalar y ubicar los interruptores se tomó en cuenta la estructura arquitectónica de la Institución, el número y ubicación de los aparatos de alumbrado y cumpliendo las normas establecidas para la colocación de interruptores

Según los requerimientos del Colegio, se situaron interruptores dobles en las aulas, laboratorios y corredores. En el área administrativa se utilizó interruptores simples y en las gradas del bloque dos, conmutadores.

2.14.3 SENSORES

Los sensores de movimiento son unos de los más usados en edificios.

Permiten controlar la iluminación y el sistema de seguridad. Estos sensores no deben activarse por sí solos con señales falsas como ser variaciones en la luminosidad natural, presencia de animales o variaciones bruscas de temperatura.

Los sensores de movimiento deben ser seleccionados según el área que se desee supervisar, el tipo de movimiento que se debe sensor y el tipo de carga que se va a comandar.

Muchos sensores de movimiento tienen dispositivos integrados como por ejemplo: sensores de luminosidad, receptores de IR, temporizadores y controladores horarios.

La utilización de sensores permite ahorro energético y otorga comodidad a los usuarios que deben transitar en horarios nocturnos, por esta razón y previo un análisis de espacio y necesidades, se decidió que en el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se debía implementar estos equipos en la entrada principal, corredor de la planta baja y gradas del bloque 1.

Haciendo un sondeo de los tipos de sensores que el mercado ofrece, se decidió adoptar un sensor volumétrico, que incluye temporizador y sensor de luminosidad, con una amplitud de 360°, soporta una corriente de 8 A y tiene un alcance de 2 metros de diámetro.

2.15 CUADROS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

A continuación presentamos cuadros explicativos que resumen los cálculos realizados en este capítulo referente a los circuitos de iluminación.

CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN BLOQUE 1								
Tablero	Circuito	Área	Potencia por luminaria	No. Luminarias	Potencia activa [W]	fp	Potencia aparente [VA]	Corriente [A]
PLANTA BAJA								
TD1	A1	Rectorado	2x40W	2	660	0,9	916,67	7,64
		Vicerrectorado	2x40W	1				
		Secretaría 1	2x40W	2				
		Secretaría 2	2x40W	1				
		Colecturía 1	2x40W	1				
		Colecturía 2	2x40W	1				
	Baño	1x20W	1					
A2	Corredor	2x40W	6	480	0,9	666,67	5,56	
TD2	A3	Inspección 1	2x40W	2	400	0,9	555,56	4,63
		Inspección 2	2x40W	1				
		Ent. Princ.	2x40W	2				
	A4	Almacén	2x40W	2	620	0,9	861,1	7,17
		Hall	2x40W	1				
		Dep. Med.	2x40W	2				
		Sala Prof.	1x20W	10				
Baño	1x20W	1						
PRIMERA PLANTA ALTA								
TD3	A5	Gradas	2x40W	5	400	0,9	555,56	4,63
	A6	Corredor	2x40W	3	300	0,9	416,67	3,47
			1x20W	3				
	A7	Aula 1	2x40W	6	960	0,9	1333,33	11,11
		Aula 2	2x40W	6				
	A8	Aula 3	2x40W	6	800	0,9	1111,11	9,26
Física		2x40W	4					
TB1	A9	Odontología	2x40W	2	220	0,9	277,78	2,31
			1x20W	2				
SEGUNDA PLANTA ALTA								
TB4	A10	Corredor	2x40W	3	300	0,9	416,67	3,47
			1x20W	3				
	A11	Biblioteca	2x40W	4	320	0,9	444,44	3,7
	A12	CCNN	2x40W	8	640	0,9	888,89	7,41
	A13	Computación	1x20W	16	500	0,9	694,44	5,79
		DOBE	2x40W	2				
		Baño	1x20W	1				
TOTAL ILUMINACION BLOQUE 1				110	6600	0,9	9138,89	66,89

CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN BLOQUE 2								
Tablero	Circuito	Área	Potencia por luminaria	No. Luminarias	Potencia activa [W]	fp	Potencia aparente [VA]	Corriente [A]
o PLANTA BAJA								
TD7	A14	Corredor	2x40W	3	300	0,9	416,67	3,47
			1x20W	3				
	A15	Aula 1	2x40W	8	1280	0,9	1777,78	14,81
		Aula 2	2x40W	8				
A16	Aula 3	2x40W	8	640	0,9	888,89	7,41	
PLANTA ALTA								
TD8	A17	Corredor	2x40W	3	300	0,9	416,67	3,47
			1x20W	3				
	A18	Aula 1	2x40W	8	1280	0,9	1777,78	14,81
		Aula 2	2x40W	8				
	A19	Aula 3	2x40W	8	640	0,9	888,89	7,41
	A20	GRADAS	2x40W	3	280	0,9	388,89	3,24
1x20W			2					
TOTAL ILUMINACIÓN BLOQUE 2				65	4720	0,9	6555,57	54,62

3 CAPÍTULO III

SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

3.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN

3.1.1 INTRODUCCIÓN

El alma de cualquier instalación eléctrica está constituida por los conductores, por lo tanto deben existir en cualquier instalación eléctrica dispositivos de seguridad que garanticen que la capacidad de conducción de corriente no se exceda en los conductores. Una corriente excesiva, también conocida como sobrecorriente (corriente de falla), pueden alcanzar valores desde una pequeña sobrecarga hasta valores de corriente de cortocircuito, dependiendo de la localización de la falla en el circuito.

Cuando ocurre un cortocircuito, las pérdidas I^2R se incrementan en forma notable, de manera que en unos pocos segundos se puede alcanzar temperaturas elevadas, tales que pueden llegar al punto de ignición de los aislamientos de los conductores, pudiendo provocar los temidos incendios.

La protección de sobrecorrientes no permite circular excesiva corriente en los conductores.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN.

3.1.2.1 Sensibilidad

Esta característica nos indica que la protección debe operar holgadamente para todo tipo de falla, pero cuando esa falla se produzca dentro de su zona de protección.

3.1.2.2 Selectividad

Las protecciones deben tener capacidad de distinguir la ubicación de la falla para aislar aquel equipo valioso.

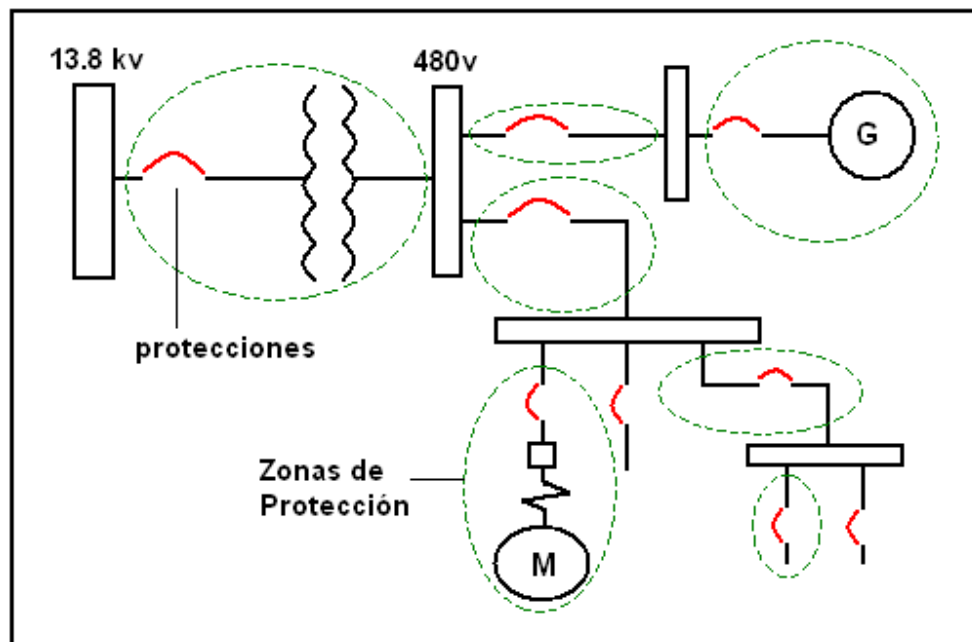


Fig. 3.1: Diagrama esquemático de las zonas de protección.

3.1.2.3 Velocidad

Mientras más rápido actúen las protecciones menor daño producirán a los equipos y las perturbaciones serán de menor tiempo.

3.1.2.4 Simplicidad

Se debe utilizar el mínimo equipamiento de protección o equipo de control (no colocar protecciones donde no sea necesario).

3.1.2.5 Economía

La mejor solución técnico – económica. La economía es un factor muy importante al momento de hacer el presupuesto de una instalación eléctrica, ya que por ser económico, no se va a poner un dispositivo o material de mala calidad, ni tampoco vamos a sub-dimensionar estos dispositivos, siempre se debe jugar con estos dos factores: lo técnico y lo económico.

3.1.2.6 Seguridad y Confiabilidad

Esta característica nos indica que las protecciones van a operar solo cuando el sistema lo requiera.

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecorrientes que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará a un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobrecorrientes previsibles.

Las sobrecorrientes pueden estar motivadas por:

- Cortocircuitos.
- Sobrecargas debidas al consumo de los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.

Existen muchos tipos de protecciones, que aseguran que una instalación eléctrica sea completamente segura ante cualquier contingencia.

Las instalaciones de alumbrado, domésticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de baja o alta tensión deben contar obligadamente con estos tres tipos de protecciones eléctricas que son:

- Protección contra Cortocircuitos
- Protección contra Sobrecargas
- Protección contra electrocución

3.1.3 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

3.1.3.1 Cortocircuito

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

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. En la práctica, la intensidad producida por un cortocircuito, siempre queda amortiguada por la resistencia de los propios conductores que, aunque muy pequeña, nunca es cero.

$$I = V / Z \text{ (si } Z \text{ es cero, } I = \text{ infinito)}$$

Donde: I = Corriente de cortocircuito

V = Voltaje de en el momento del cortocircuito

Z = Impedancia del circuito

3.1.3.1.1 Causas de los Cortocircuitos

- En Líneas Aéreas
 - Ruptura o contaminación de las cadenas de aisladores
 - Caída de la líneas de alta tensión
 - Balanceo de los conductores debido al viento (fallas transitorias)

- Contacto accidental de los conductores con cuerpos extraños que también son conductores.

- En Líneas Subterráneas de Transmisión
 - Ruptura del aislamiento por movimiento de la tierra
 - Golpes accidentales con herramientas
 - Infiltración de humedad (cables de mala calidad o mala aplicación de cables)

- En Sistemas Industriales
 - Conexiones sueltas o flojas (son fuentes de calor)
 - Sobrevoltajes transitorios (cuando se energizan bancos de capacitores)
 - Deterioro mecánico del aislamiento
 - Acumulación de humedad
 - Insectos o roedores
 - Contaminación de las herramientas de trabajo

- Otras Causas
 - Daños de bobinados
 - Falsas maniobras
 - Puesta a tierra de líneas energizadas por trabajo

Según los reglamentos electrotécnicos de la NEC, dice: **"En el origen de todo circuito deberá colocarse un dispositivo de protección, de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación"**. No obstante se admite una protección general contra cortocircuitos para varios circuitos derivados.

Los dispositivos mas empleados para la protección contra cortocircuitos son:

- Fusibles calibrados (también llamados cortacircuitos)

- Interruptores automáticos magnetotérmicos

3.1.3.2 Fusibles o Cortacircuitos

Los fusibles o cortacircuitos, según se ve en la figura 3.2, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea esta la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

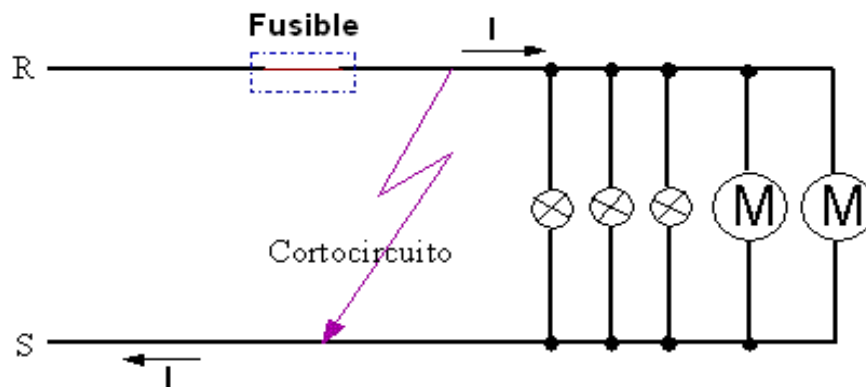


Fig. 3.2: Fundamento del cortacircuito o fusible.

Antiguamente los fusibles eran finos hilos de cobre o plomo, colocados al aire, lo cual tenía el inconveniente de que al fundirse saltaban pequeñas partículas incandescentes, dando lugar a otras averías en el circuito.

Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; por tal motivo también se denominan cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado.

Los cartuchos fusibles también pueden mejorarse aplicándole técnicas de enfriamiento o rapidez de fusión, para la mejor protección de los diferentes tipos de circuitos que puede haber en una instalación.

3.1.3.2.1 Clasificación de los Fusibles

Los cartuchos fusibles se clasifican según la tabla 3.3

Tipo	Según Norma	UNE
Fusibles Rápidos	gF	gL, gl, F, FN Instanfus
Fusibles Lentos	gT	T, FT Tardofus
Fusibles de Acompañamiento	aM	A, FA Contanfus

Tabla 3.3 Clasificación de los Fusibles.

Si llamamos I_f a la intensidad a la cual ha de fundir un fusible, los tres tipos antes mencionados, se diferencian en la intensidad que ha de atravesarlos para que se fundan en **un segundo**.

Los fusibles **lentos** se funden en un segundo para $I = 5 I_f$

Los fusibles **rápidos** se funden en un segundo para $I = 2.5 I_f$

Los fusibles **de acompañamiento** se funden en un segundo para $I = 8 I_f$

Los fusibles de acompañamiento (aM) se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que aguantan sin fundirse, a las puntas de intensidad, que los motores absorben en el arranque. Su nombre lo dice que han de ir acompañados de otros elementos de protección, como son generalmente los relés térmicos.

Cada cartucho fusible tiene en realidad unas curvas de fusión, que pueden diferir algo de las definiciones anteriores.

En la figura 3.4, vemos algunos tipos de cartuchos fusibles, así como unas curvas de fusión orientativas, de los tres tipos existentes.

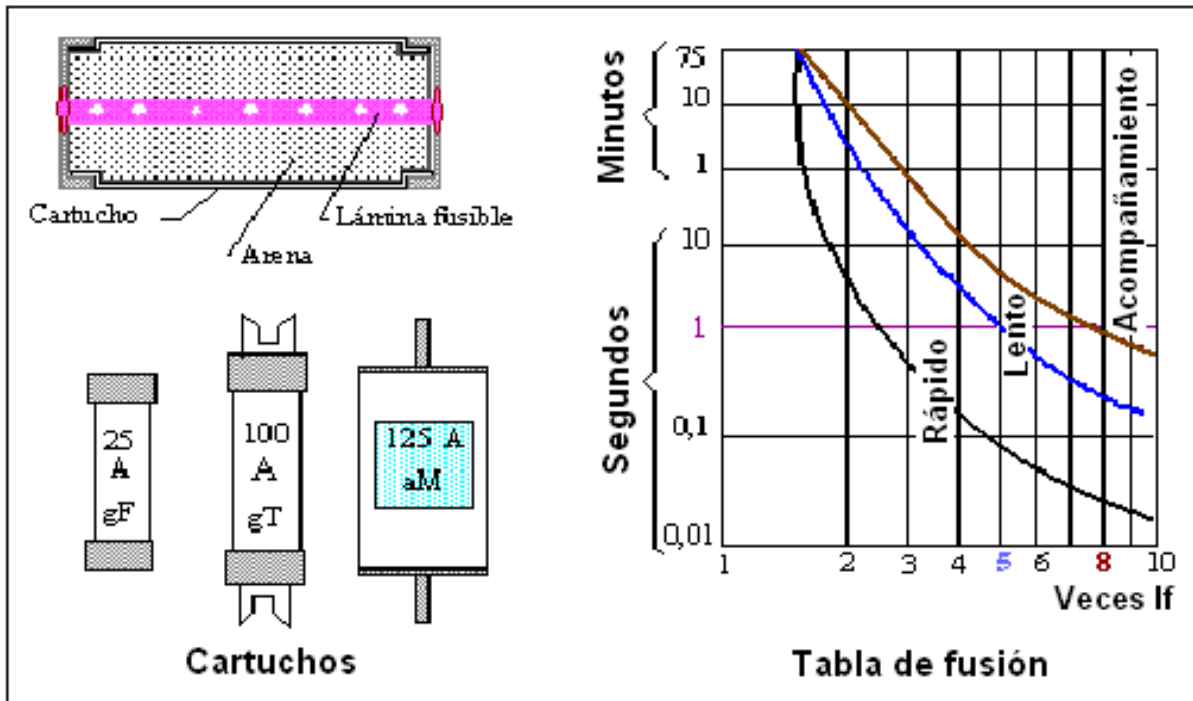


Fig. 3.4: Tipos de cartuchos y curvas orientativas de fusión.

Los cartuchos fusibles de los tipos **gF** y **gT** bien elegidos, se emplean también como **protección contra sobrecargas**, principalmente en instalaciones de alumbrado y de distribución, pero nunca debe emplearse el tipo **aM**, ya que éstos, como ya se dijo, están diseñados especialmente para la protección contra cortocircuitos de los motores eléctricos.

3.1.3.3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos, estos interruptores

automáticos o conocidos comúnmente como “breakers”, se emplean para la protección de circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecarga.

Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por lo tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

En la actualidad los interruptores automáticos han sustituido en gran parte a los fusibles, debido a que estos son mucho más fáciles de operar y no hay que estarlos cambiando cuando ocurre algún tipo de sobrecorriente.

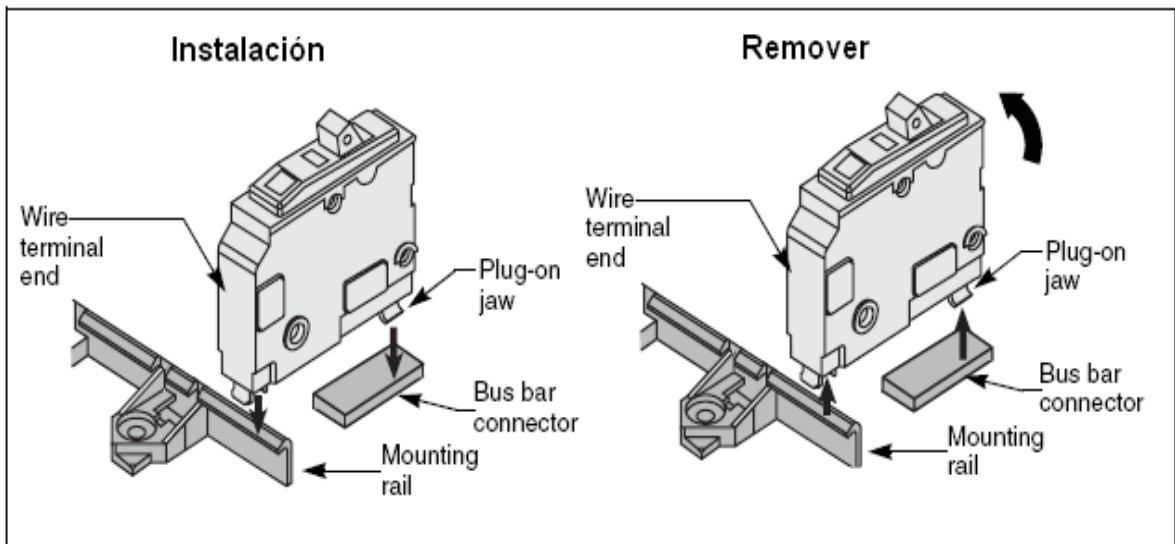


Fig.3.5: Manera de montar y desmontar un interruptor automático.

3.1.3.3.1 Principio de Funcionamiento

Al circular la corriente el electroimán crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir un contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del

interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

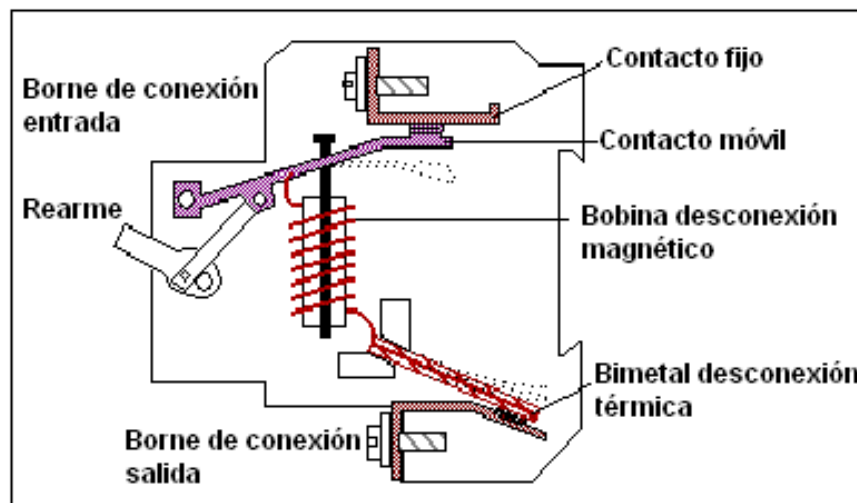


Fig.3.6: Interruptor Magnetotérmico.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica (representada en rojo) que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y pasa a la posición señalada en línea de trazos lo que, mediante el correspondiente dispositivo mecánico, provoca la apertura del contacto. Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

Ambos dispositivos se complementan en su acción de protección, el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una

palanca que permite la desconexión manual de la corriente y el rearme del dispositivo automático cuando se ha producido una desconexión. No obstante, este rearme no es posible si persisten las condiciones de sobrecarga o cortocircuito. Incluso volvería a saltar, aunque la palanca estuviese sujeta con el dedo, ya que utiliza un mecanismo independiente para desconectar la corriente y bajar la palanca.

Los interruptores termomagnéticos se fabrican de los siguientes tipos y capacidades de acuerdo a normas internacionales:

- Un polo: 15A, 20A, 30A, 40A, 50A
- Dos polos 15A, 20A, 30A, 40A, 50A, 70A
- Tres polos 15A, 20A, 30A, 40A, 50A, 70A, 100A, 125A, 150A, 175A, 200A, 225A, 250A, 300A, 350A, 400A, 500A, 600^a

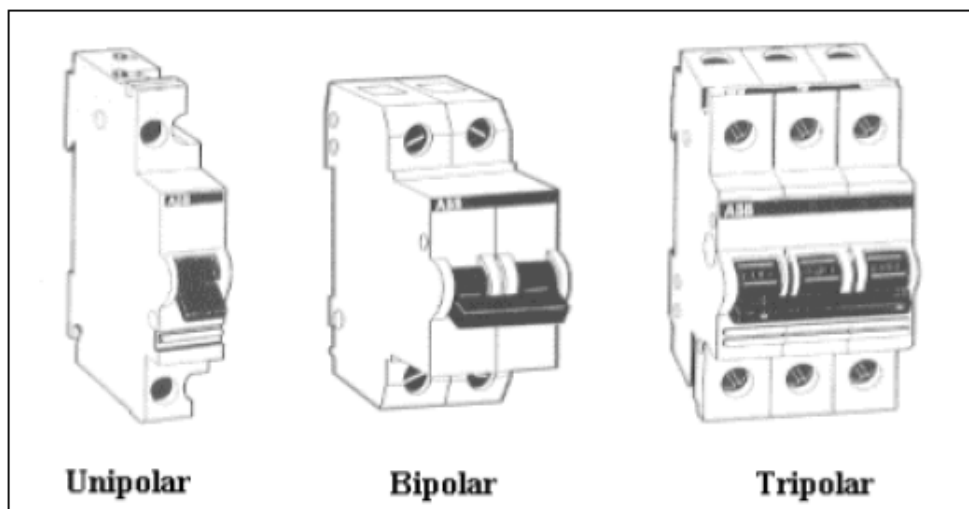


Fig. 3.7: Interruptores magnetotérmicos de distintos número de polos.

3.1.3.3.2 Interruptor General

Se denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el tablero general o

principal, y que se utiliza como medio de desconexión y protección de todo el sistema.

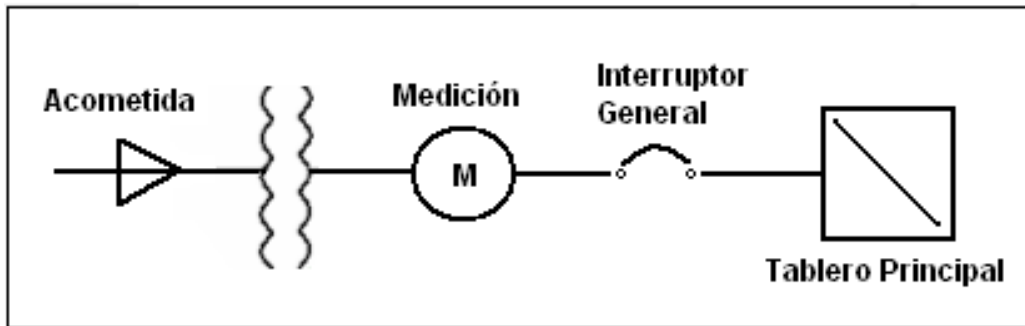


Fig3.8: Diagrama unifilar desde la acometida hasta el tablero principal del colegio.

Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general o principal puede ser alguno de los siguientes dispositivos: caja con cuchillas y fusibles, interruptor magnetotérmico o interruptor de potencia.

Para nuestra instalación en el colegio utilizamos un interruptor principal magnetotérmico LG de 225 A, el cual energiza las barras del tablero principal.

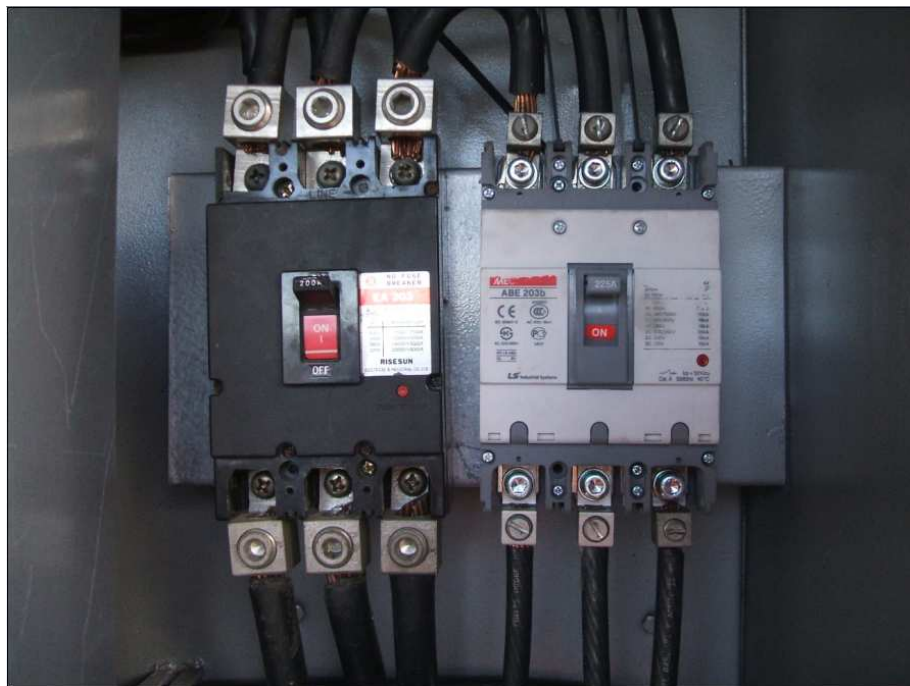


Fig3.9: Interruptor principal de 225A instalado en el Colegio.

3.1.3.3 *Interrupitor Derivado*

Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

En la instalación del colegio se utilizaron 6 interruptores magnetotérmicos de marca LG, ubicados en el tablero principal de: 40A, 40A, 40A, 30A, 60A, 100A, según se puede observar en la Fig. 3.10:



Fig3.10: Interruptores Derivados colocados en el tablero principal.

3.1.4 **PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS**

Entendemos 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.

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.

Según los reglamentos electrotécnicos de la NEC dice: **"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.

Los dispositivos más empleados para la protección contra sobrecargas son:

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

3.1.5 PROTECCIÓN CONTRA ELECTROCUCIÓN

Se emplean principalmente dos tipos de protecciones diferentes, a saber:

- Puesta a tierra de las partes metálicas.
- Relés de control de aislamiento.

3.2 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

3.2.1 DEFINICIÓN

Los tableros de distribución y centros de carga representa el cerebro de los sistemas de distribución, consisten en paneles sencillos o conjuntos de paneles diseñados para ser ensamblados en forma de un sólo panel que incluye: barras, elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y que pueden estar equipados con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza. Los tableros de distribución son diseñados para instalación en

gabinetes, cajas montados sobre la pared y son accesibles solo por su frente.

Los tableros de distribución deben estar debidamente rotulados por el fabricante con:

- El nombre del fabricante o la marca comercial.
- La tensión nominal.
- La corriente nominal.
- El número de fases.

Los tableros de distribución se clasifican en dos grupos:

- Tableros de distribución para circuitos ramales de alumbrado y pequeños artefactos.
- Tableros de distribución para circuitos ramales de fuerza.

Los tableros de distribución para circuitos ramales de alumbrado y pequeños artefactos son los que tienen más del 10% de sus dispositivos de protección contra sobrecorriente de 30 A nominales o menos y conexiones para el neutro.

En un tablero general o principal se instalarán los siguientes dispositivos:

- Un interruptor general automático, que tenga accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Unos interruptores automáticos para seccionamiento para los tableros derivados.
- Un borne de conexión de los conductores de protección o conductor de tierra.

3.2.2 UBICACIÓN

Los tableros de distribución deberán estar ubicados en lugares de rápido y fácil acceso y dispuestos de tal forma que no sean perjudicados por el pasaje de personas o cosas.

Frente a todo tablero deberá dejarse un espacio libre de por lo menos un metro, medido desde la parte mas saliente (en viviendas y oficinas se podrá admitir hasta 0,80 m). La misma distancia deberá dejarse frente a todos los planos que den acceso al tablero.

Deberá evitarse la ubicación de tableros en zonas o ambientes afectados por: humedad, polvo, vibraciones que puedan afectar el servicio del tablero, existencia de substancias combustibles, vapores, temperatura ambiente superior a 50°C, aguas limpias o servidas u otros elementos como los que resultan de tintorerías, curtiembres, playas de matanza, cocimientos, lavaderos, garajes, cámaras frigoríficas, locales con emanaciones de vapores o gases corrosivos e industrias similares. Si no fuera posible, se deberá plantear la solución adecuada en el proyecto.

3.2.3 ACCESIBILIDAD

La altura máxima de los implementos, de maniobra de los distintos tipos de tableros, será de 2m. medidos desde el suelo, y la altura mínima de 0,25m.

Todos los fusibles, aparatos o implementos de maniobra que consten en los tableros, se instalarán en forma ordenada y que asegure una fácil sustitución, observación u operación. Las disposiciones de las barras o conductores, así como salidas de ramales, derivaciones, etc., deberá responder a un orden lógico y presentar una ejecución que admita la libre y segura manipulación.

Los aparatos de comando y protección de cada circuito que sale de un tablero deberán llevar una chapa esmaltada o de acrílico con una leyenda en la que indique el destino de cada uno.

Junto a cada tablero y en un lugar bien visible, deberá colocarse un plano esquemático de la instalación, en la que consten ubicación de cargas, tableros, secciones de ramales y líneas principales, etc. Este plano se complementará con una planilla en la que ordenadamente, se hará una relación de tableros, ubicación de cargas, líneas, ramales y derivaciones.

3.2.4 PROTECCIONES

Los tableros, tendrán adecuada protección mecánica contra contactos accidentales y podrán dejar accesibles sólo a los dispositivos de comando y protección, señalización y medición.

En los frentes de operación de los tableros que ofrezcan peligro de contactos directos en su operación, deberán colocarse alfombras o camineros de material aislante, fijos en el piso, que abarquen la totalidad de su frente y de ancho no inferior a 0,80m.

Los tableros de cualquier tipo ubicados en lugares en que eventualmente puedan estar expuestos a golpes por el tránsito de vehículos o similares, deberán protegerse con defensas adecuadas que se colocarán de manera que ejerzan una eficiente protección del tablero.

3.2.5 DESCARGAS A TIERRA

Los conductores de las descargas a tierra de derivaciones, líneas, ramales, etc., así como los de las estructuras metálicas de los tableros, deberán reunirse en un terminal o en una placa de conexión, en un sitio adecuado. En las tapas de los tableros o en la protección exterior de los mismos, deberá pintarse en forma bien visible, el símbolo de la descarga a tierra, de manera tal que indique claramente la ubicación del borne o barra de conexión mencionados.

3.2.6 FORMA DE DISTRIBUIR LA CARGA EN EL TABLERO

Las cargas deberán distribuirse equilibradamente en las tres fases.

Cuando sea imposible lograr esa distribución se admitirá un desequilibrio no superior al 10% entre fases.

En los tableros con sistemas de barras, deberán diferenciarse las fases con colores característicos de las líneas alimentadoras.

3.2.7 ESTRUCTURA DE LOS TABLEROS

3.2.7.1 Envolventes y Estructuras

Las envolventes y estructuras de los tableros serán dimensionadas para soportar las solicitudes eléctricas y mecánicas a las que estarán sometidas y deberán guiarse por la Norma UNE 20324/89, en lo referente a su índice de protección de acuerdo al medio ambiente donde se encuentre instalado. Para la ejecución de tableros deberán emplearse materiales incombustibles de resistencia mecánica adecuada.

Cuando se trate de envolventes conductoras deberá existir continuidad eléctrica entre las partes móviles y fijas, estando todas puestas a tierra correctamente.

3.2.7.2 Aisladores

Los aisladores para el soporte de barras, deberán colocarse a razón de que las barras queden bien fijadas, y podrán ser de cualquier tipo de material no higroscópico, siempre que reúnan las condiciones de aislamiento, durabilidad y resistencia mecánica requeridas en cada caso.

3.2.7.3 Densidad de Corriente

Las barras, conductores, puentes, pernos, elementos de contacto, etc., deberán dimensionarse según las densidades de corriente admisible y de cortocircuitos.

3.2.7.4 Materiales

Todos los materiales, aparatos e implementos eléctricos que se empleen en la construcción de tableros, deberán de ser de tipo normalizado y adecuados para su función específica.

Para el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño” se instaló 8 tableros de distribución:

- TP Tablero de Distribución Principal.
- TD1 Tablero de Distribución 1 (Ubicado en el 1er piso del bloque1 y Controla la parte Administrativa).
- TD2 Tablero de Distribución 2 (Ubicado en el 1er piso del bloque1 y Controla el Almacén, Sala de Profesores y el Departamento médico).
- TD3 Tablero de Distribución 3 (Ubicado en el 2do piso del boque 1 y Controla Aulas y el Laboratorio de Física).
- TD4 Tablero de Distribución 4 (Ubicado en el 3er piso del bloque 1 y Controla la Biblioteca, Laboratorio de Química y el Departamento de DOBE)
- TD5 Tablero de Distribución 5 (ubicado en el 3er piso del bloque 1 y Controla el Laboratorio de Computación).
- TD6 Tablero de Distribución 7 (Ubicado en el 1er piso del bloque 2 y Controla Aulas y una Bodega).
- TD7 Tablero de Distribución 8 (Ubicado en el 2do piso del bloque 2 y Controla Aulas).

- G1 Gabinete para los Reflectores del bloque1 (3 breakers Bifásicos 30A)
- G2 Gabinete para los Reflectores del bloque 2 (2 breakers Bifásicos 30A)

A continuación se presenta la información referente a cada Tablero de Distribución con su respectiva carga.

COLEGIO NACIONAL TÉCNICO "JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO"
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

TD1

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A1	Iluminación	8	1		916,67	7,64	1P - 15A
2	A2	Iluminación	6			666,67	5,56	1P - 15A
3	T1	Tomacorrientes			8	2000	16,67	1P - 20A
4	T2	Tomacorrientes			8	2000	16,67	1P - 20A
		TOTAL	14	1	16	5583,34	46,54	2P - 40

TIPO BIFÁSICO DE 4 ESPACIOS

L = 8m

e (%) = 0,74

ALIMENTADOR: 1" ; 3X8AWG TW ; + 1X10AWG

TD2

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A3	Iluminación	5			555,56	4,63	1P - 15A
2	A4	Iluminación	5	11		861,11	7,17	1P - 15A
3	T3	Tomacorrientes			7	1400	11,67	1P - 20A
4	T4	Tomacorrientes			7	1400	11,67	1P - 20A
		TOTAL	10	11	14	4216,67	35,14	2P - 40

TIPO BIFÁSICO DE 4 ESPACIOS

L = 30m

e (%) = 3,34

ALIMENTADOR: 3/4" ; 3X10AWG TW ; + 1X12AWG

TB1

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A9	Iluminación	2	2		277,78	2,31	1P - 10A
2	T6	Tomacorrientes			3	900	7,5	1P - 15A
		TOTAL	2	2	3	1177,78	9,81	1P - 20A

TIPO MONOFÁSICO DE 2 ESPACIOS

L = 35m

e (%) = 3,45

ALIMENTADOR: 3/4" ; 2X12AWG TW ; + 1X12AWG

TD3

	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A5	Iluminación	5			555,56	4,64	1P - 15A
2	A6	Iluminación	3	3		416,67	3,47	1P - 15A
3	A7	Iluminación	12			1333,33	11,11	1P - 15A
4	A8	Iluminación	10			1111,11	9,26	1P - 15A
5	TB1	Odontología				1177,78	9,81	1P - 20A
6	T5	Tomacorrientes			12	1800	16,67	1P - 20A
		TOTAL	30	3	12	6394,45	54,96	2P - 40

TIPO BIFÁSICO DE 6 ESPACIOS

L = 11m

e (%) = 1,2

ALIMENTADOR: 1" ; 3X8AWG TW ; + 1X10AWG

TD4

	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A10	Iluminación	3	3		416,67	3,47	1P - 15A
2	A11	Iluminación	4			444,44	3,7	1P - 15A
3	A12	Iluminación	8			888,89	7,41	1P - 15A
4	A13	Iluminación	2	17		694,44	5,79	1P - 15A
5	T7	Tomacorrientes			12	2400	20	1P - 20A
6	T8	Tomacorrientes			9	1800	15	1P - 20A
		TOTAL	17	20	21	6644,44	55,37	2P - 40

TIPO BIFÁSICO DE 6 ESPACIOS

L = 14m

e (%) = 1,54

ALIMENTADOR: 1" ; 3X8AWG TW ; + 1X10AWG

TD5

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	T9	Tomacorrientes			6	1800	15	1P - 20A
2	T10	Tomacorrientes			6	1800	15	1P - 20A
3	T11	Tomacorrientes			5	1500	12,5	1P - 20A
4	T12	Tomacorrientes			5	1500	12,5	1P - 20A
		TOTAL			22	6600	55	2P - 60A

TIPO BIFÁSICO DE 4 ESPACIOS

L = 33m

e (%) = 3,34

ALIMENTADOR: 1" ; 3X8AWG TW ; + 1X10AWG

TD6

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A14	Iluminación	3	3		416,67	3,47	1P - 15A
2	A15	Iluminación	16			1777,78	14,81	1P - 20A
3	A16	Iluminación	8			888,89	7,41	1P - 15A
4	T13	Tomacorrientes			9	1800	15	1P - 20A
		TOTAL	27		9	4883,34	40,69	2P - 100A

TIPO BIFÁSICO DE 4 ESPACIOS

L = 70m

e (%) = 3,57

ALIMENTADOR: 1" ; 3X6AWG TW ; + 1X10AWG

TD7

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	2x40W	20W	TOMAS	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A17	Iluminación	3	3		416,67	3,47	1P - 15A
2	A18	Iluminación	16			1777,78	14,81	1P - 20A
3	A19	Iluminación	8			888,89	7,41	1P - 15A
4	A20	Iluminación	3	2		388,89	3,24	
5	T14	Tomacorrientes			9	1800	15	1P - 20A
6		Desocupado						
		TOTAL	32	5	9	5272,23	43,93	2P - 100A

TIPO BIFÁSICO DE 6 ESPACIOS

L = 75m

e (%) = 4,13

ALIMENTADOR: 1" ; 3X6AWG TW ; + 1X10AWG

GABINETE PARA REFLECTORES BLOQUE 1

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	400W	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A20	Iluminación (210V)	1	444,44	2,12	2P - 15A
2	A21	Iluminación (210V)	1	444,44	2,12	2P - 15A
3	A22	Iluminación (210V)	1	444,44	2,12	2P - 15A
		TOTAL	3	1333,32	6,36	3P - 30A

TIPO BIFÁSICO DE 3 ESPACIOS

L = 2m

e (%) = 0,023

ALIMENTADOR: 3/4" ; 3X10AWG TW

GABINETE PARA REFLECTORES BLOQUE 2

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	400W	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	A23	Iluminación (210V)	1	444,44	2,12	2P - 15A
2	A24	Iluminación (210V)	1	444,44	2,12	2P - 15A
		TOTAL	2	888,88	4,24	2P - 100A

TIPO BIFÁSICO DE 3 ESPACIOS

L = 4m

e (%) = 3,63

ALIMENTADOR: 3/4" ; 2X10AWG TW

TP (Tablero principal, salida del secundario del transformador)

ITEM	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	S [VA]	I [A]	PROTECCIÓN
1	TD1	Área Administrativa	5583,34	46,54	2P - 40A
2	TD2	Almacén, Sala de Profesores y el Departamento médico	4216,67	35,14	2P - 40A
3	TD3	Aulas y el Laboratorio de Física	6394,45	54,96	2P - 40A
4	TD4	Biblioteca, Laboratorio de Química y el Departamento de DOBE	6644,44	55,37	2P - 40A
5	TD5	Laboratorio de Computación	6600	55	2P - 60A
6	TD6	Aulas planta baja bloque 2	4883,34	40,69	2P - 100A
7	TD7	Aulas planta alta bloque 2	5272,23	43,93	2P - 100A
8	G1	Gabinete para reflectores bloque 1	1333,32	6,36	3P - 30A
9	G2	Gabinete para reflectores bloque 2	888,88	4,24	2P - 100A
10		Reserva			3P - 40A
		TOTAL	41816,67	342,23	3P - 225A

TIPO TRIFÁSICO DE 6 ESPACIOS

L = 25m

e (%) = 1,21

ALIMENTADOR: 2" ; 3X2/0AWG TW ; + 1X2/0AWG desnudo

4 CAPÍTULO IV

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es resaltar la importancia de una buena puesta a tierra, el por qué de su monitoreo y mantenimiento, y en particular algunos métodos para llevar a cabo la medición de la resistencia de la misma en diferentes tipos de instalación; principalmente en instalaciones pequeñas y medianas.

Para realizar el estudio y el diseño de la misma, se revisaron y analizaron diferentes estándares reconocidos como los de la IEEE (“Institute of Electrical and Electronics Engineers”), publicaciones, manuales de equipos de medición y páginas en Internet de algunos de los fabricantes de dichos equipos.

Con la información recopilada se explicarán algunas definiciones básicas relativas a resistividad y resistencia. También se dedica una sección al procedimiento práctico de la malla de puesta a tierra en el Colegio, todos los problemas que se presentaron y las soluciones a dichos problemas.

4.2 LA NECESIDAD DE UNA PUESTA A TIERRA

Un buen sistema de puesta a tierra es necesario para mantener buenos niveles de seguridad del personal, operación de los equipos y desempeño de los mismos.

En sistemas de potencia la puesta a tierra mantiene la referencia necesaria. La forma en que el sistema se conecta a tierra puede tener un gran efecto en la magnitud de los voltajes de línea a tierra que pueden ser mantenidos en condiciones normales y bajo condiciones transitorias. En sistemas no puestos a tierra, algunas tensiones pueden provocar fallas en el aislamiento de los equipos y sistemas. La puesta a tierra del neutro del sistema permite la operación de sistemas de protección basados en la detección de corrientes que circulan por la misma, despejándose así el circuito bajo falla.

La puesta a tierra de los equipos se refiere a la conexión intencional de las carcasas, bastidores o estructuras metálicas no portadores o transmisores de corriente de los mismos, para lograr los siguientes propósitos:

- Mantener una diferencia de voltaje bajo entre diferentes estructuras metálicas con lo que busca resguardar al personal de cualquier choque eléctrico.
- Contribuir a un mejor desempeño de los sistemas de protección.
- Evitar incendios provocados por materiales volátiles o la combustión de gases al proveer un camino efectivo y seguro para la circulación de corrientes de falla y descargas atmosféricas y estáticas y así eliminar los arcos y elevadas temperaturas en los equipos eléctricos, que pueden provocar tales incendios.
- Buen desempeño de equipos. En los sistemas o redes de computación una buena puesta a tierra no sólo mantiene la seguridad del personal y

provee de un camino de baja impedancia para las corrientes de falla, sino que mantiene el mismo nivel de potencial de tierra en todas la unidades del sistema, si estas están conectadas entre si a tierra al mismo tiempo.

Estas son, entre otras, las razones de la necesidad de un buen sistema de puesta a tierra, así como su mantenimiento.

Debido a la falta de un buen sistema de tierra en el **Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño”**, nosotros diseñamos un nuevo sistema de tierra para toda su instalación, en especial para los centros de cómputo que posee dicha institución, así como todas sus partes metálicas con el propósito de protegerlas contra las descargas atmosféricas, la estática, las sobretensiones y muchos problemas más que acarrea cuando no se tiene un buen sistema de puesta a tierra.

4.3 ¿CÓMO EVALUAR SI EXISTE UNA RED DE TIERRA EN TOMAS DE POTENCIA DE BAJA TENSIÓN?

Es necesario que antes de dimensionar una malla de tierra verifiquemos la existencia de la misma.

CONSIDERACIONES PARA EVALUAR LA PRESENCIA DE UN SISTEMA DE TIERRA.

Luego de realizar un sondeo a algunas de las personas que laboran en la Institución, recibimos la información de que si existía un sistema de tierra, el cual fue construido hace 10 años, pero que en la actualidad este sistema ya no cumplía ninguna función, ya que tenían algunos problemas en los centros de cómputo del Colegio y en muchos otros lugares, las computadoras se dañaban cuando caían los rayos en las temporadas de lluvia, se encontraban partes metálicas energizadas como es el caso de los tableros y subtableros, y algunos otros inconvenientes.

Para corroborar la información recibida, continuamos con el siguiente paso.

Se realizó la inspección de los dos edificios del Colegio, desarmando varios tomacorrientes para ver si tenían dos o tres conductores (fase, neutro y tierra), nos encontramos con la novedad de que solo en los tomacorrientes del centro de cómputo existían los tres conductores, pero el terminal de tierra se encontraba suelto en el subtablero. En el resto del sistema eléctrico no existía el conductor de tierra, llegando a la conclusión, que en el Colegio no existía un sistema de puesta a tierra.

4.3.2 VALORES ACEPTABLES DE RESISTENCIA A TIERRA

La norma oficial ecuatoriana (Código Eléctrico Ecuatoriano), sección 250-56 demanda que los electrodos artificiales o fabricados (varillas de Coppeweld), tengan una resistencia a tierra igual o inferior a 25 Ohms.

Los valores recomendados por el Std IEEE 142-1991(6) son los siguientes:

- Para grandes subestaciones, líneas de transmisión y estaciones de generación es: 1 Ohms
- **Para subestaciones de plantas industriales, edificios y grandes instalaciones comerciales es: 1 – 5 Ohms (valor aplicado en la instalación de puesta a tierra del Colegio “Jacinto Jijón y Caamaño”**
- Para un electrodo pequeño 25 Ohms

4.4 SUELOS

4.4.1 RESISTIVIDAD

Uno de los factores más relevantes al momento de diseñar un sistema de puesta a tierra es la resistividad del terreno, por eso es importante considerar qué tipo de suelo existe en el sitio de la instalación, y qué características de conducción posee.

Si bien es cierto el tipo de suelo es un factor importante; la temperatura, la humedad y otros factores ambientales condicionan el valor de la resistividad del suelo, teniéndose el caso de que en tiempo de sequía, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en las peores condiciones climáticas.

El tipo de suelo, la temperatura, la humedad, etc...., son parámetros que determinan la resistividad del terreno, pero además existe una estrecha dependencia entre el valor de resistividad y la corrosividad de un suelo.

Se ha constatado en numerosas ocasiones una relación directa entre esta propiedad y la corrosión, como se puede observar en la tabla 4.1.

AUMENTO DE	RESISTIVIDAD	CORROSIÓN
Temperatura	Baja	Aumenta
Salinidad	Baja	Aumenta
Humedad	Baja	Aumenta
Porosidad	Aumenta	Baja

Tabla 4.1.-Relación entre Resistividad y Corrosión en función del estado del suelo.

Cuanto menor sea la resistividad del terreno, más fácilmente se puede alcanzar valores bajos para la resistencia de la instalación de tierra.

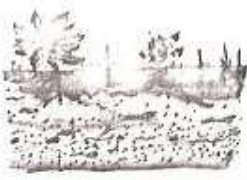


Resistividad ohmios - metro	Tipo de Terreno	Ejemplo
10 a 100	Terreno orgánico Húmedo	
100 a 200	Terreno orgánico Pero no húmedo	
400 a 800	Terreno guijoso	
1000 o más	Terreno rocoso	

Fig. 4.2: Valor de la resistividad de acuerdo al tipo de terreno.

Resistividad vs. Resistencia

Existen dos parámetros importantes a la hora de diseñar o realizar mantenimiento de un sistema de puesta a tierra que son la resistividad del terreno y la resistencia de puesta a tierra del sistema.

Aun cuando pudiese confundirse estos dos términos, tienen significados diferentes. La eficiencia de un sistema de un electrodo enterrado (barra, jabalina, malla, plato, etc.) es evaluado en términos de resistencia. Es una medida de cuán bien el electrodo puede dispersar corriente en el suelo circundante. Las propiedades eléctricas del suelo son descritas en términos de resistividad. Al hacer una medición de resistencia, se está probando un sistema particular de tierra. Al hacer una medición de resistividad se está haciendo una prueba al propio suelo.

4.4.2 MÉTODO UTILIZADO EN LA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.

Para realizar la medición de la resistividad del terreno en donde se ubicó nuestra malla de tierra, utilizamos el método de los 4 puntos o llamado

también el método de Wenner, ya que contábamos con un telurómetro de 4 terminales.

4.4.2.1 Método de los cuatro puntos o método de Wenner

Generalmente la resistividad del terreno se mide por el método universal de los cuatro puntos desarrollado por F.Wenner en 1915. Este método es el más seguro en la práctica para medir la resistividad de los volúmenes extensos de los suelos naturales.

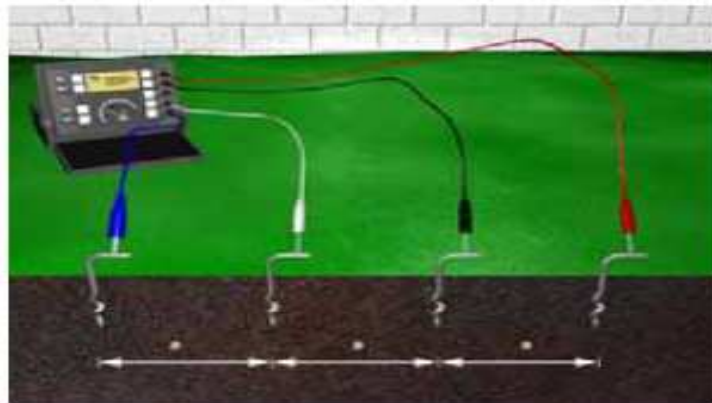


Fig. 4.3: (a) Megger e instalación de electrodos.

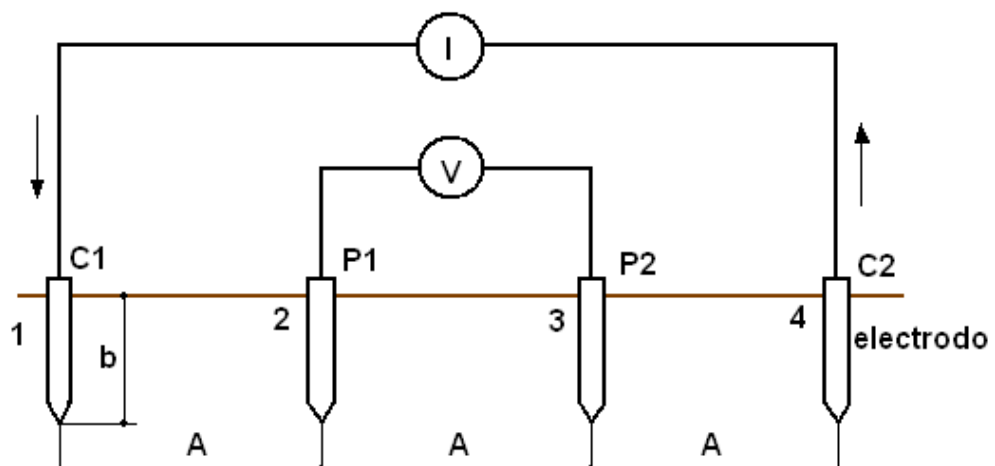


Fig. 4.3: (b) Funcionamiento del Método de Wenner.

En las figuras 4.3 (a) y (b) se describe gráficamente el método de Wenner. En este método se clavan en el suelo 4 electrodos pequeños dispuestos en línea recta con una misma distancia "A" entre ellos, y a una misma profundidad "b". La distancia b no puede exceder un décimo de la distancia A, por ejemplo: si la distancia $A = 10\text{m}$, entonces: $b = 1\text{m}$.

El método consiste en inyectar una corriente conocida por los electrodos de prueba C1 y C2. Entre los electrodos de prueba P1 y P2 se mide la diferencia de potencial resultante de la inyección de la corriente anterior. Con estos datos se puede calcular la resistencia y el valor de la resistividad del terreno, a una profundidad, b, será:

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

$$\pi: 3.1415926$$

A: distancia entre electrodos en metros

Donde:

p: resistividad promedio a la profundidad "b"

R: lectura del Megger o telurómetro en Ohms.

En la medición que realizamos con el telurómetro obtuvimos **3.5 Ohms**. Con estos datos se procedió a calcular la resistividad del suelo.

Datos:

$$A = 10\text{m}$$

$$B = 50\text{cm}$$

$$R = 2.6 \text{ Ohms}$$

Entonces:

$$\rho = 2 \cdot 3.1415926 \cdot 10 \cdot 2.6$$

$$\rho = \mathbf{163.36 \text{ Ohms-m}}$$

4.5 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

4.5.1 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

El electrodo de puesta a tierra es el componente que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para disipar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra.

Los electrodos de puesta a tierra deben tener propiedades mecánicas y eléctricas apropiadas para responder satisfactoriamente a las condiciones que los afectan, durante un período de tiempo relativamente largo. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de

un amplio rango de condiciones de suelo. El material preferido generalmente es el cobre.

El electrodo puede tomar diversas formas: varillas copperwel, conductores horizontales, placas, combinación de conductores horizontales y barras verticales (mallas de tierra), como se muestra a continuación.

4.5.1.1 Varillas Copperweld

Esta es la forma más común de electrodos, cuando no se requiere controlar los potenciales de superficie. Su costo de instalación es relativamente bajo y pueden usarse para alcanzar en profundidad, capas de terreno de baja resistividad.

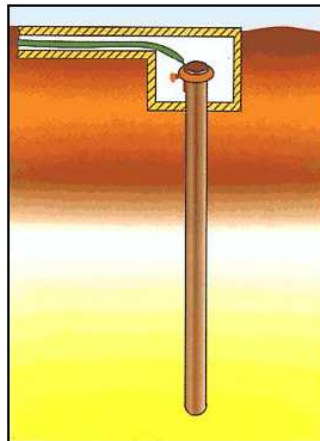


Fig. 4.4 Varilla copperweld

La barra es de cobre puro o de acero recubierto de cobre. El tipo recubierto se usa cuando la barra se entierra por medios mecánicos (impacto) ya que el acero empleado tiene alta resistencia mecánica. La capa de cobre debe ser de alta pureza y aplicada electrolíticamente para que no se deslice al enterrar la barra. Las varillas copperweld en nuestro país están disponibles en diámetros de 5/8" x 7" de longitud y 75 micras de revestimiento de cobre.

La resistencia de una barra vertical de radio a [m] y longitud L [m] enterrada desde la superficie en un terreno de resistividad equivalente ρ es:

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

4.5.1.2 Placas

Los electrodos de placa son de cobre o de acero galvanizado. Las planchas de acero galvanizado tienen un mínimo de 3 mm de espesor y son cuadradas de 915 ó 1220 mm por lado. Las planchas de cobre son típicamente cuadradas de 600 mm ó 900 mm de lado y entre 1,6 mm y 3 mm de espesor.

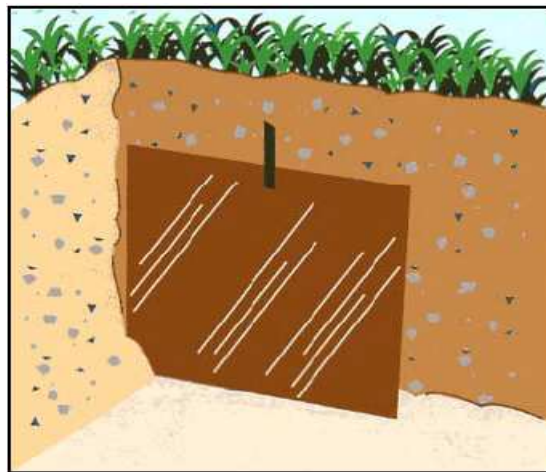


Fig. 4.5: Placa rectangular de cobre enterrada.

Una expresión simplificada para determinar su resistencia de puesta a tierra es:

$$R = \frac{0,8\rho_e}{L} [\Omega]$$

Siendo L [m] la profundidad máxima y ρ_e [Ohm-m] la resistividad equivalente del terreno.

4.5.1.3 Electrodo horizontales.

Están hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos (cables). La cinta es el material más conveniente pues para una sección dada de material presenta una mayor superficie y se considera que

tiene un comportamiento mejor a alta frecuencia. Puede ser más difícil de conectar (por ejemplo a barras verticales), de modo que puede significar un costo de instalación levemente mayor.

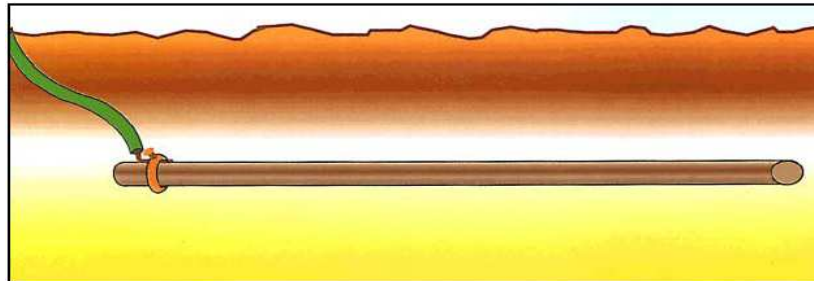


Fig. 4.6: Electrodo o cable enterrado horizontalmente.

Los materiales más utilizados son:

- Cable de cobre macizo o cableado (**35mm² de sección como mínimo**)
- Platinas de cobre (35mm² de sección y 2mm de espesor) o de acero galvanizado (95mm² de sección).

La resistencia de tierra en ohmios que ofrece el conductor enterrado como electrodo, es directamente proporcional a la resistividad del terreno e inversamente proporcional a la longitud en metros, de cable enterrado.

La resistencia de un conductor cilíndrico horizontal de radio a [m] y longitud L [m] enterrado a una profundidad de s [m], es:

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

4.5.1.4 Anillo enterrado

Es un cable de cobre de forma cuadrada o rectangular enterrado a una profundidad mínima de 0.80m.

Los conductores enterrados horizontalmente que forman los lados del anillo deben tener una sección mínima de **35mm²** a igual que una malla.

Para calcular la resistencia aproximada de puesta a tierra de un anillo se utiliza la siguiente formula:

$$R = \frac{2\rho}{P} [\Omega]$$

Siendo P el perímetro total del anillo y ρ la resistividad del suelo.

4.5.1.5 Mallas de Tierra

Es un rectángulo formado por la unión de conductores horizontales, normalmente según direcciones perpendiculares y uniformemente espaciados, incluyendo eventualmente conductores verticales (barras).

Se utiliza especialmente cuando el objetivo principal de la puesta a tierra es mantener un control de potenciales en la superficie del terreno, con un bajo valor de resistencia.

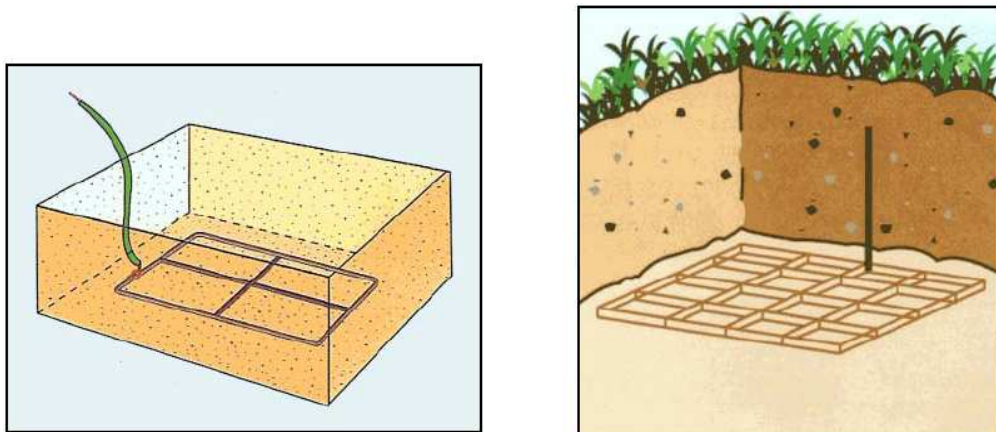


Fig. 4.7 mallas de tierra sin electrodos verticales.

Para calcular la resistencia aproximada de puesta a tierra de una malla sin electrodos verticales se utiliza la siguiente formula:

$$R = \frac{\rho}{L} [\Omega] \quad \text{Donde L es la suma total de todos los lados de la malla.}$$

4.6 CONEXIONES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Las conexiones entre los diferentes componentes deben ser mecánicamente robustas, tener buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias. Debe considerarse la duración y el valor de corriente de falla que se espera que soporte el sistema de tierra.

Los métodos de unión empleados incluyen uniones:

- Mediante Uniones Mecánicas
- Mediante Conexiones Bronceadas
- Mediante soldadura por fusión Autógena
- Mediante **Soldadura Exotérmica** que es la unión que ejecutamos en nuestra malla de tierra.

4.6.1 UNIONES MECÁNICAS

Las de uso más frecuente son la conexión apernada (en el caso de cintas o barras de sección rectangular) y la conexión por compresión (abrazadera). Es esencial una conexión eléctrica de baja resistencia. En las conexiones apernadas, debe tenerse cuidado con el tamaño de las perforaciones taladradas para acomodar el perno, para no perjudicar la capacidad de transporte de corriente de la cinta o barra. El diámetro de esta perforación no debe ser superior a un tercio del ancho de la cinta o barra.

Para unir distintos tipos de conductores, por ejemplo barras de tierra a cinta o cable, se dispone de abrazaderas o conectores, terminales. (Ver fig. 4.8).

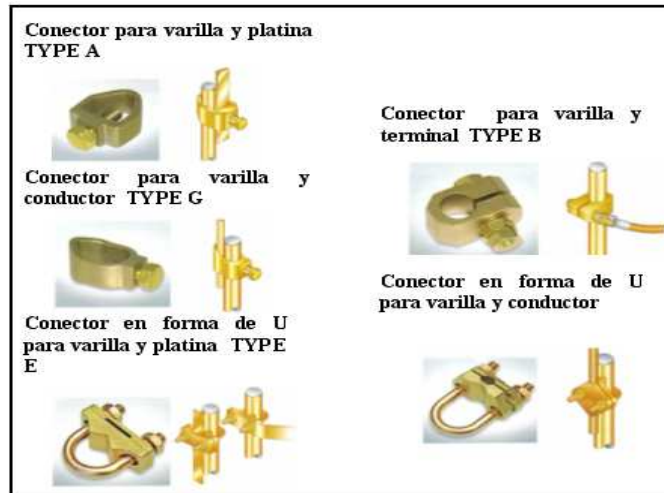


Fig. 4.8: Tipos de conectores utilizados para sistemas de tierra.

4.6.2 CONEXIONES BRONCEADAS

La conexión bronceada se aplica ampliamente al cobre y aleaciones de cobre. Es esencial disponer las superficies planas limpias pues los materiales de bronceado no fluyen como la soldadura. Es esencial además una buena fuente, de calor, particularmente para conectores grandes. La técnica emplea alta temperatura y bronce como material de relleno, que es el que más se ajusta al cobre.

4.6.3 CONEXIONES SOLDADAS EN FORMA AUTÓGENA

Cuando necesitan unirse componentes de cobre de gran tamaño, se usa soldadura autógena en ambiente gaseoso. El arco eléctrico proporciona el calor, mientras que el área entorno al electrodo y la soldadura envuelta por un gas tal como argón, helio o nitrógeno. Este último se usa ampliamente como el «gas inerte» cuando se suelda cobre. El aluminio puede soldarse vía arco de gas inerte de tungsteno o arco de gas inerte de metal. También en este caso (Aluminio) se usa algunas veces la soldadura en frío a presión.

4.6.4 SOLDADURA EXOTÉRMICA

La unión mediante soldadura exotérmica es el método más efectivo. Esta soldadura de alto punto de fusión y buena conductividad, consiste en la reducción del óxido de cobre mediante aluminio en polvo, consiguiéndose así que el cobre metálico se funda y forme el material de aportación. Para iniciar la reacción es necesario elevar la temperatura mediante un cartucho que contiene el material que produce la ignición.

4.6.4.1 Equipo de soldadura Exotérmica

Para realizar el proceso de soldadura se necesita el siguiente equipo, que en nuestro caso lo obtuvimos gracias al Ing. Carlos Chiluisa:

➤ Molde de Grafito

El molde de grafito en forma de paralelepípedo (Ver fig. 4.9), el mismo que se abre en dos mitades para introducir los extremos de los conductores a unir, en su interior está la cámara de soldadura, unida a la chimenea por donde bajara el cobre fundido y al crisol en donde se produce la ignición.

Para sujetar las partes del molde se usa una tenaza especial (Ver figura 4.10), la misma contiene firmemente el molde mientras se realiza el proceso de soldadura.



Fig. 4.9: Molde de grafito.



Fig. 4.10: Tenaza para sujetar el molde.

El molde se construye de grafito porque resiste perfectamente las altas temperaturas sin producir deformaciones, y porque no se produce adherencias de los metales fundidos y es fácilmente mecanizable.

➤ **Cartucho**

Es una caja cilíndrica de plástico que contiene el material de aportación.

Está compuesta de óxido de cobre, aluminio en polvo y feldespatos, a la que se añaden productos varios para fluidificar la masa de cobre fundido y evitar la oxidación durante el periodo de solidificación. Es de color negruzco y brillo metálico.

➤ **Disco de contención**

Este disco es de chapa metálica y forma circular, que se coloca en el fondo del crisol, para evitar que toda la materia del cartucho caiga por la chimenea hacia la cámara de soldadura. (Ver figura 4.11).



Fig. 4.11: Disco de contención.

➤ **Pistola de ignición**

Elemento que utilizaremos para proyectar chispas sobre la masa de ignición, incendiándola y provocando la reacción exotérmica de la masa de aportación. (Ver figura 4.12).



Fig. 4.12: Pistola de ignición.

4.6.4.2 Proceso de soldadura Exotérmica

- Limpiar los extremos de los conductores que se van a unir mediante un cepillo de alambre y colocarlos en el molde. (Ver figura 4.13).

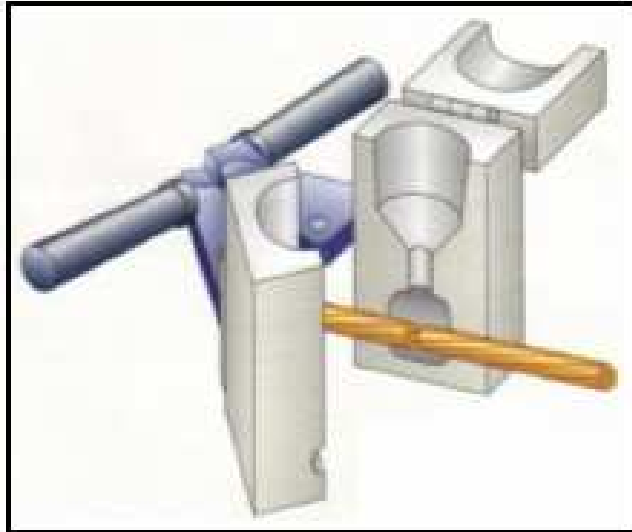


Fig. 4.13: Equipo de suelda exotérmica.

- Cerrar el mango observando que el molde quede bien cerrado y colocar el disco de contención. (Ver figura 4.14).

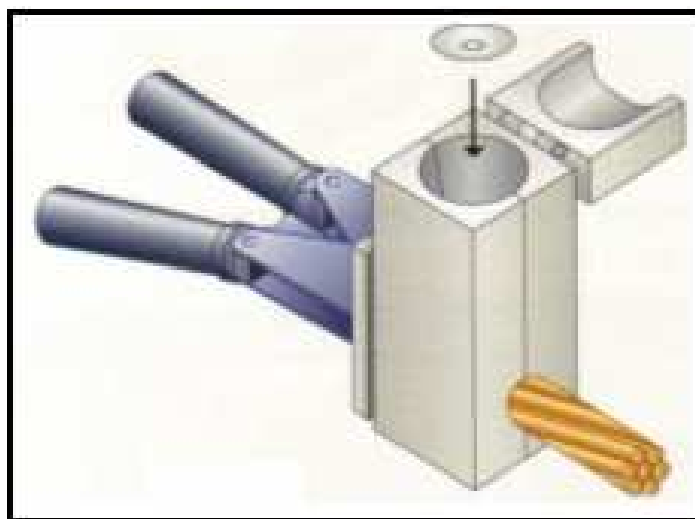


Fig. 4.14: Colocar el disco de contención en el molde.

- Verter el contenido del cartucho de una forma correcta. (Ver figura 4.15).

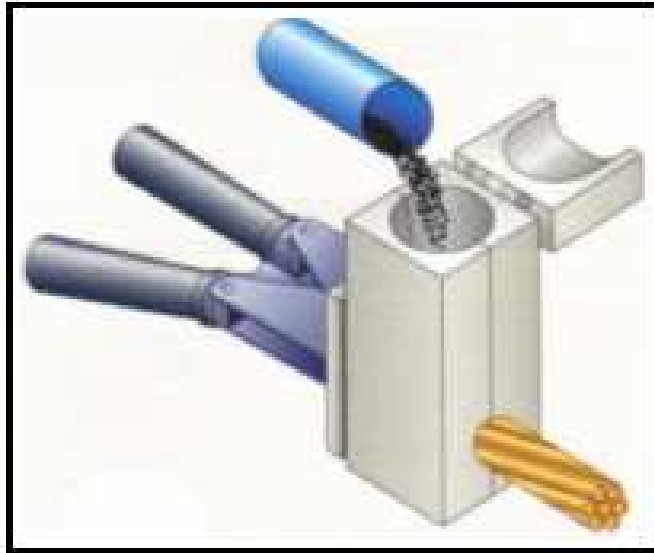


Fig. 4.15: Colocar el contenido del cartucho en el molde.

- Cerrar la tapa del molde e iniciar la reacción con la pistola de ignición (Ver figura 4.16).

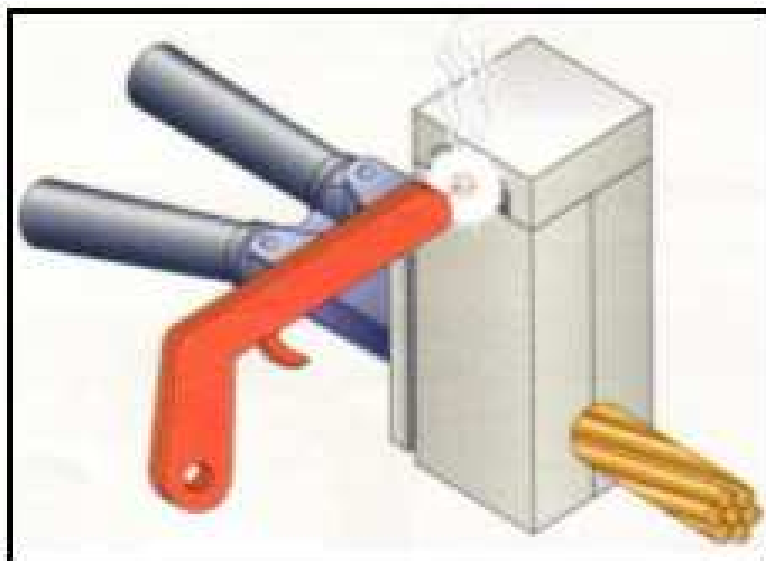


Fig. 4.16: Ignición.

4.6.4.3 Ventajas de la soldadura Exotérmica

- 1) Se elimina la unión física entre las partes a unir, de manera que se suprimen todos los problemas derivados de la unión de dos metales, como son la migración de iones, corrosión, oxidación, etc. que con el tiempo reducen la eficacia del contacto hasta en el peor de los casos, hacerla desaparecer.
- 2) La conductividad de la unión aumenta, ya que al aportar cobre a la unión se aumenta la sección del conductor en el empalme, llegando la sección prácticamente al doble y por lo tanto, convirtiendo la unión en un punto fuerte.

El tiempo que se realiza la soldadura es muy pequeño, por lo que no se dañan los conductores, aunque las temperaturas que se alcanzan son elevadas aproximadamente 1600°C. El calor se disipa en el molde y en los elementos que hay que unir por lo que los metales sufren menos que con cualquier otro tipo de soldadura.

Debido a esto incluso se puede soldar cables aislados, simplemente pelando el aislante de los conductores unos 5cm a cada lado de la embocadura del cable que vamos a introducir en el molde, y poniendo trapos mojados sobre ellos para conseguir una más rápida evacuación de calor evitando la fusión o deformación del aislamiento.

- 3) Al ser soldadura de alto punto de fusión 1600°C, no se producirá la fusión del empalme ni la separación de los conductores cuando se produzca una descarga a través de esta puesta a tierra, como podría ocurrir con soldaduras de bajo punto de fusión.
- 4) Por último, otra ventaja que se puede destacar es la facilidad de procedimiento, la eficacia de la soldadura, la ligereza del equipo necesario y su fácil aprendizaje.

4.7 PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA MALLA DE PUESTA A TIERRA MENOR A 5 OHMIOS PARA EQUIPOS SEGÚN LA NORMA ANSI/IEEE 80- 1986.

Se debe recordar que las normas a las cuales se refiere en este punto son IEEE 80-1986 y artículos de la NEC sección 250.

Un sistema adecuado de puesta a tierra debe tener una resistencia de tierra tan baja como sea posible dentro de un rango de 0 – 5 ohmios como se describió anteriormente, para proteger el equipo eléctrico y electrónico sensible.

Los cálculos de la malla de tierra y sus procedimientos en esta sección están de acuerdo con la norma IEEE 80-1986.

Antes de emprender el diseño es necesario efectuar un análisis general del área y del cubrimiento de la malla. Un diseño preliminar incluirá la longitud y el calibre del conductor que se extiende alrededor de la periferia del área, más los conductores en paralelo para brindar acceso de los equipos.

Las normas indican que el diseño de una red o malla de tierra debe tener presente los potenciales de paso y de contacto para brindar protección a las personas.

La norma IEEE 80-1986 supone que todo diseño corresponde a una malla horizontal en forma de retícula conformada por conductores enterrados y complementada por cierto número de varillas verticales.

Las formulas para el diseño de una malla de puesta a tierra que establece el IEEE, son uno de los métodos más usados en el mundo. Las prácticas evaluadas por el IEEE establecen ciertos parámetros fundamentales para realizar el cálculo de la malla.

Estos son:

- a) valor máximo de la resistencia de puesta a tierra
- b) corriente de falla
- c) tiempo máximo de duración de la falla en segundos
- d) resistividad del terreno

e) otros parámetros secundarios incluyen la profundidad de la zanja donde se entierra la malla, la resistividad superficial, el conductor utilizado y su longitud, así como el espaciamiento entre electrodos.

El procedimiento general para calcular la malla de tierra es el siguiente:

- 1) Cálculo de corriente de cortocircuito
- 2) Cálculo del calibre y material del conductor electrodo puesta a tierra
- 3) Cálculo de la resistencia de la malla

4.7.1 CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Para este cálculo utilizaremos el diagrama unifilar de la instalación.

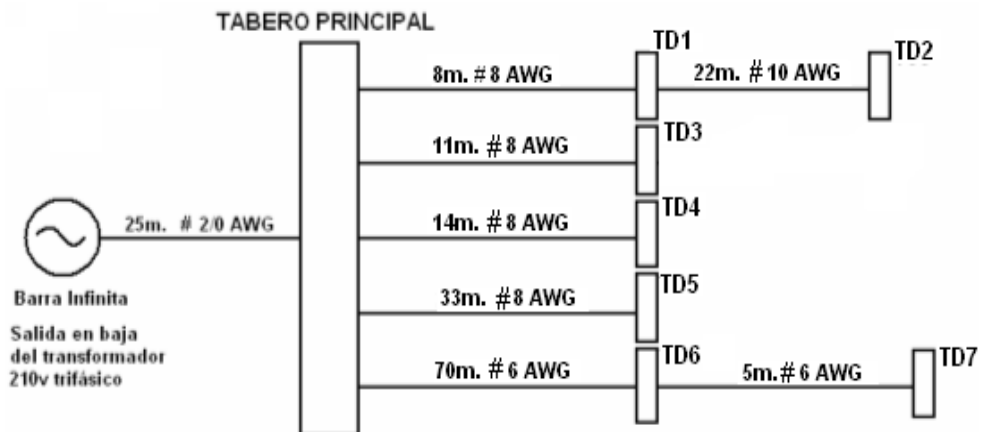


Fig. 4.17: Diagrama unifilar de longitud y calibre de los conductores de la instalación del colegio

En este punto utilizaremos la tabla 9 de la NEC, ver Anexo 5, para determinar los valores de impedancia de los conductores, para calcular la I_{cc} (Corriente de Cortocircuito).

Nuestra barra principal de tierra la colocaremos en el tablero principal, por lo que calcularemos la corriente de cortocircuito en las barras del tablero principal.

Transformamos los 25m a pies y tenemos 82 pies, esta transformación se realiza debido a que en la tabla 9 se trabaja en Ohms por cada 1000 pies.

De la tabla 9 tenemos los siguientes datos:

Reactancia $X_L = 0.043 \Omega/1000 \text{ pies}$

Resistencia $R = 0.10 \Omega/1000 \text{ pies}$

Con estos datos realizamos una regla de tres simple, para determinar la impedancia con nuestro valor de longitud.

Para el conductor # 2/0 AWG en 25m = 82 pies

$$\frac{0,043\Omega \rightarrow 1000 \text{ pies}}{X_L \rightarrow 82 \text{ pies}}$$

$$X_L = \frac{0.043\Omega * 82 \text{ pies}}{1000 \text{ pies}} = 0,003527\Omega$$

$X_L = 0.003527 \Omega$

$R = 0.0082$

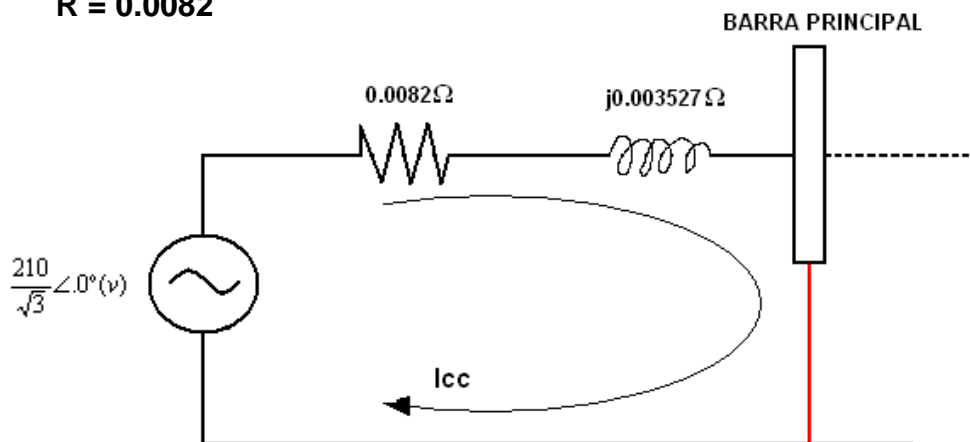


Fig. 4.18 Impedancia de los conductores que llegan al tablero principal.

La corriente de cortocircuito en el tablero principal se calcula con la ley de Ohm así:

$$I_{cc} = \frac{\frac{210}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ (v)}{(0.0082 + j0.003527)} = \frac{\frac{210}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ (v)}{0.008926 \angle 23.27^\circ \Omega}$$

$$I_{cc} = 13583.19 \angle -23.27^\circ (A)$$

2) CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA MALLA DE TIERRA

De la tabla de Onderdonk, considerando conexiones soldables y una falla con duración menor a los 0.100 milisegundos, tenemos que el calibre mínimo recomendado para evitar la fusión del cable se determina con la constante 6.5 cmils /amp., por lo que la sección mínima del conductor será:

$$S = I_{cc} \times K_{ow}$$

Donde:

S = sección del conductor en circular mil (c.m)

KON = constante de Onderdonk

S = 13583.19 x 6.5 cmils

S = 88290.73 cmils

Con este valor vamos a la tabla 8 de la NEC (anexo 7), a que conductor corresponde los cmils.

Equivalente al calibre 1/0 AWG, pero se utilizará el **2/0 AWG**, con sección 107.2 mm y 133100 cmils, debido a los esfuerzos mecánicos que sufre el cable en el momento de la soldadura.

3) CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MALLA

Para este cálculo utilizaremos las formulas del IEEE 80-1986 (Ver Anexo 6), que son las siguientes:

Se utiliza la fórmula #2 porque empleamos varillas copperweld.

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

Como se va a unir las varillas con conductor horizontal se empleará la fórmula #5.

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

Utilizando las formulas del IEEE para el cálculo de las resistencias a tierra, determinaremos la cantidad de varillas y conductor.

Para facilitar nuestro cálculo, se utilizó el programa de Microsoft Excel, con el fin de jugar con las variables y poder de esta manera conseguir una resistencia menor a 5 Ohms.

Como por ejemplo de un cálculo para una malla en forma de retícula como se puede observar en la fig. 4.18.1, que consta de 4 varillas y 22.5m de cable desnudo.

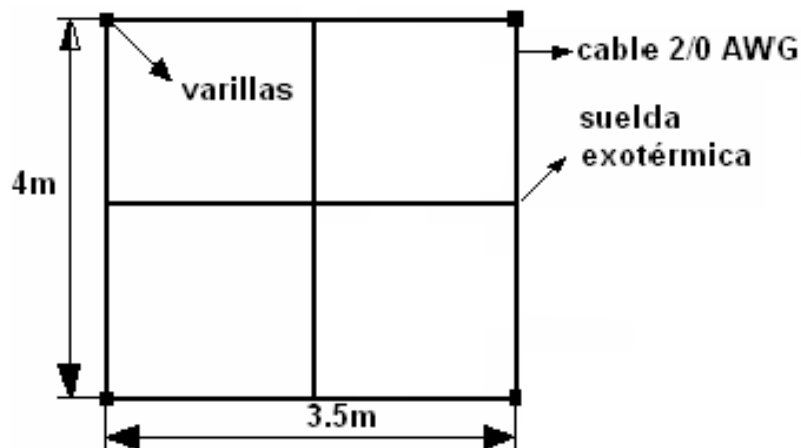


Fig. 4.18.1: Malla de tierra en forma de retícula.

Se procedió a jugar con las variables resistividad, longitud del cable, número de varillas y la profundidad a la cual se alojará la malla, todas estas variables aplicadas en la fórmulas #2 y #5 del IEEE, obteniendo un resultado de una resistencia total del sistema RTS = 6,21Ω, este valor no cumple con las normas, ya que para nuestra instalación se necesita una resistencia menor a los 5Ω, por lo que se procedió a seguir jugando con las mismas variables hasta obtener una RTS menor a 5Ω, como se muestra a continuación.

De lo anterior conseguimos dimensionar nuestra malla donde utilizaremos 6 varillas de 5/8" x 7" separadas y el cable a unir en forma de retícula (Fig.4.19).

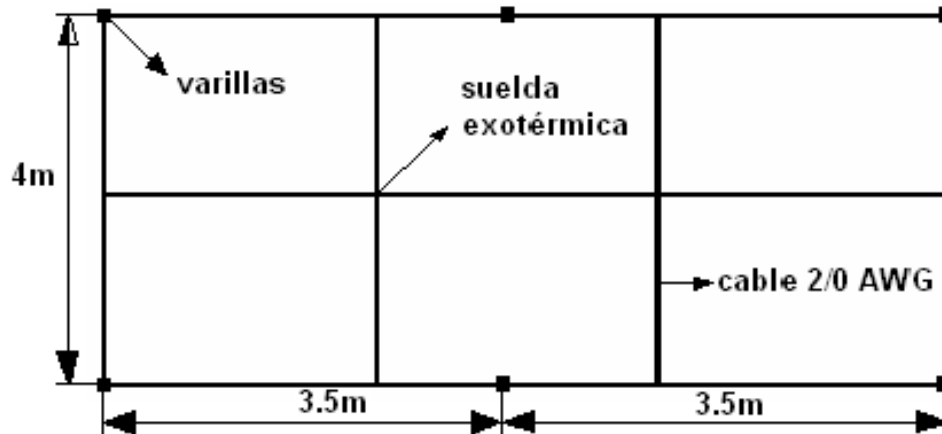


Fig. 4.19: Forma de la malla que utilizamos para nuestro diseño.

➤ Resistencia por varilla:

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

Donde:

$$R = \frac{163.36 \Omega / m}{2 * \pi * 1.80m} \left(\ln \frac{4 * 1.80m}{0.0047625m} - 1 \right)$$

R = resistencia de la varilla (Ω)

ρ = resistividad del suelo donde se enterrará la varilla (Ω/m)

L = longitud de la varilla (m)

a = radio de la varilla en (m)

$$R = 91.3 (\Omega/\text{varilla})$$

➤ Resistencia con cierto número de varillas (hasta obtener una resistencia que en conjunto con la del conductor horizontal de una resistencia menor a 5 Ohms.

$$R_T = \frac{\text{Resistencia...por..varilla}\Omega}{n}$$

Donde:

$$R_T = \frac{91.3\Omega}{6}$$

RT = resistencia del numero de varillas (Ω)

$$RT = 15.22 \Omega$$

n = número de varillas

- Resistencia del conductor enterrado horizontalmente (hasta obtener una resistencia que en conjunto con las varillas de una resistencia menor a 5 Ohms)

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

$$R_c = \frac{16336 \Omega/m}{4\pi * 37m} \left(\ln \frac{4*37m}{0.00463m} + \ln \frac{4*37m}{1m} - 2 + \frac{1m}{2*37m} - \frac{(1m)^2}{16*(37m)^2} + \frac{(1m)^4}{512(37m)^4} \dots \right)$$

$$R_c = 4.7 \Omega$$

Donde:

R_c = resistencia del conductor enterrado horizontalmente (Ω)

ρ = resistividad del terreno (Ω/m)

L = longitud total del conductor enterrado (m)

a = radio del conductor

s = profundidad a la cual va a ser enterrado

- Finalmente realizamos una última ecuación en paralelo entre la resistencia del conductor y la de las varillas, debido a que las varillas ubicadas en un terreno se encuentran en paralelo, así obtenemos la resistencia total de la malla (RTS):

$$RTS = \frac{R_T * R_c}{R_T + R_c}$$

$$RTS = \frac{15.22 * 4.7}{15.22 + 4.7}$$

$$RTS = 3.6 \Omega$$

El resultado obtenido es aceptable ya que cumple con un valor que recomiendan las normas para el tipo de instalación que estamos realizando.

4.8 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA PUESTA A TIERRA EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”.

Una vez que se realizó el diseño de nuestra malla, se procedió a escoger el lugar adecuado que cumpla con las dimensiones necesarias que se requiere para instalar la malla.

- El lugar que escogimos fue el acceso al parqueadero del Colegio, ya que cumplía con el espacio necesario, este tiene 200 metros cuadrados de área, se asignó 28 metros cuadrados para la malla, y además se encuentra cercano al tablero principal, en donde ubicamos la barra de tierra.
- Luego se midió la resistividad del suelo con ayuda de un telurómetro utilizando el método de Wenner estudiado en el numeral (4.4.2.1), el cual nos dio 2.6Ω , con este dato y aplicando la siguiente fórmula: $\rho = 2\pi \cdot a \cdot r$ obtenemos que: resistividad del terreno igual a **163.36 Ω/m** , este valor de resistividad alta nos indica que el terreno no era tan adecuado para colocar la malla por lo que se decidió preparar el terreno, para bajar el nivel de resistividad del mismo.
- Con ayuda de personas dedicadas a la construcción y un brazo mecánico se realizó la excavación de 7m de largo por 4m de ancho y 3 metros de profundidad.(Ver figura 4.20)



Fig. 4.20: Excavación del terreno.

- Una vez que se encontraba lista la excavación, se compró 4 volquetas de tierra negra o arcilla, la misma fue mezclada con carbón para mejorar la calidad de la tierra, luego con esta tierra se rellenó dos metros de profundidad de la excavación, dejando un metro, para rellenar luego de la instalación de la malla de tierra.



Fig. 4.21: Relleno de dos metros con la tierra preparada.

- En el metro de profundidad se realizó unas pequeñas zanjas de acuerdo a la forma de la malla que nosotros diseñamos.(Ver figura 4.22)



Fig. 4.22: Zanjas en donde se ubicó la malla de puesta a tierra.

- A continuación se clavó las varillas copperweld de acuerdo al diseño realizado. (Ver figura 4.23).



Fig. 4.23: Instalación de las varillas copperweld.

- Luego se ubicó y se procedió a soldar los cables y varillas como se observa en las figuras: 4.24, 4.25 y 4.26



Fig. 4.24: Procedimiento de la soldadura exotérmica.



Fig. 4.25: Suelda exotérmica entre la varilla y el cable.



Fig. 4.26: Suelda exotérmica entre cables.

- Terminada la ejecución de la malla según se ve en la figura 4.27 se adicionó carbón vegetal con el fin de conservar la humedad y así mantener la resistividad de la malla en los valores recomendados en las normas ya especificadas.



Fig. 4.27: Malla terminada. Instalada a 1m de profundidad.

- Una vez terminada la instalación de la malla se realizó la medición de la resistencia de la misma, la cual nos dio **3.9 Ω** , que es un valor muy aproximado al calculo teórico y se puede apreciar que es un valor muy aceptable acorde a la instalación que estamos realizando y de acuerdo a las normas.

La medición de la resistencia de nuestra malla se realizó a través de el método detallado a continuación.

4.9 MÉTODO UTILIZADO EN LA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

Para realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra de nuestra malla utilizamos el método de la caída de potencial o también llamado método del 62%.

4.9.1 MÉTODO DE CAÍDA DE POTENCIAL O DEL 62%

En la Fig. 4.28, se observa la forma en que se instala el Megger para realizar las mediciones. Como se ve, los terminales C1 y P1 están conectados mediante un puente.

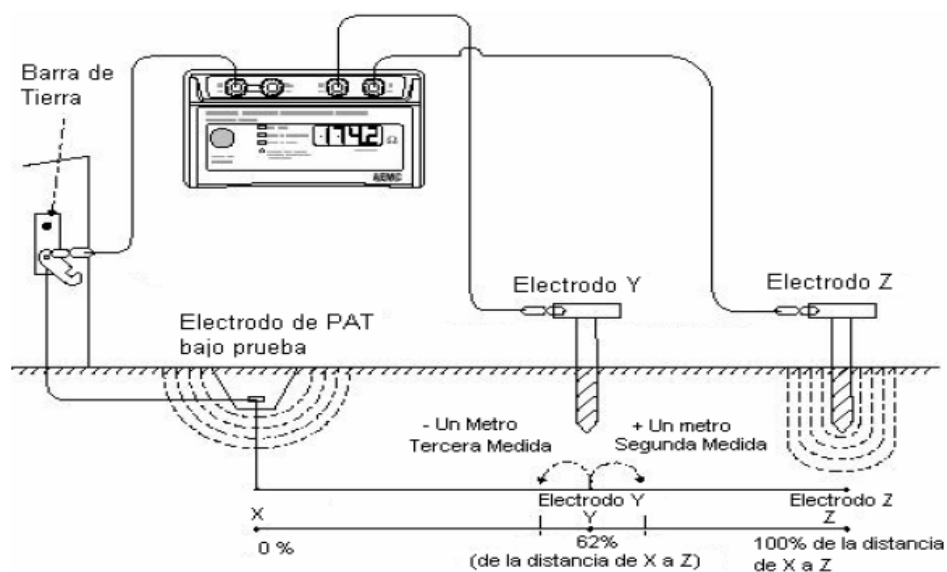


Fig. 4.28: Método de caída de potencial.

El método consiste en inyectar corriente a través de un electrodo de prueba denominado de corriente, y medir el alza de potencial mediante otro electrodo auxiliar denominado de potencial. Conocido el valor de tensión y el valor de corriente se podrá obtener mediante la ley de Ohm el valor de resistencia. Los tres electrodos se mantienen en línea recta y se va corriendo el electrodo de potencial hacia el electrodo de corriente para hacer sucesivas mediciones de resistencia.

En la figura 4.29, se presenta otro esquema del método. En ella se presentan los puntos X, Y, Z (también C1, P2, C2 o E, S, H); dependiendo del fabricante del equipo.

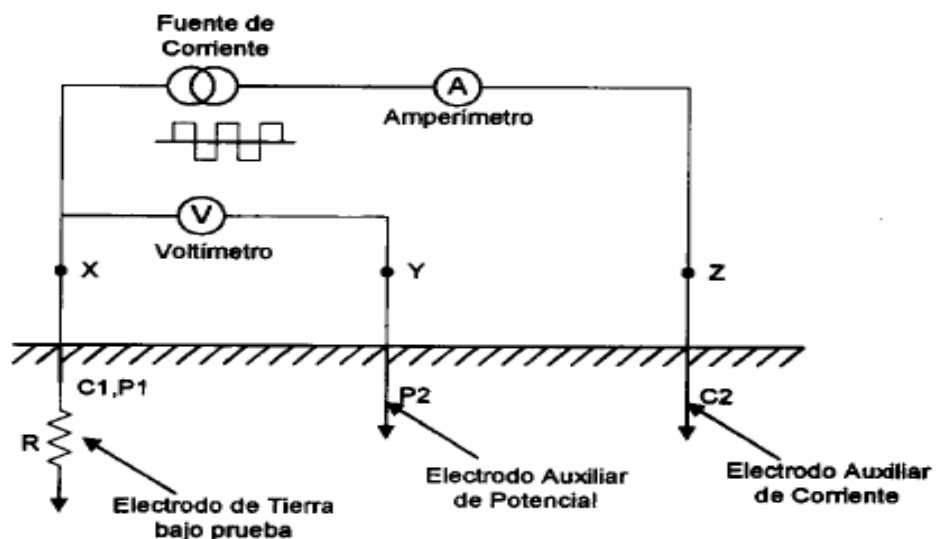


Fig. 4.29: Método de caída de potencial.

En cuanto a la distancia óptima para el electrodo de potencial para hallar el punto en que se estabiliza la curva de resistencia en función de la distancia del electrodo de potencial respecto al de tierra, se tiene que generalmente este punto de equilibrio se encuentra al 62% de la distancia entre el electrodo de puesta a tierra bajo prueba y el electrodo de corriente; por lo que el método de caída de potencial también se lo conoce como método del 62%.

En la tabla 4.26, se presenta como ejemplo las distancias aproximadas recomendadas para ubicar los electrodos de corriente y voltaje cuando se realiza la medición de resistencia de puesta a tierra.

Tabla 4.30

Distancia aproximada a los electrodos auxiliares usando el método del 62%		
Profundidad del electrodo bajo Prueba (X, C1 o E) (m)	Distancia al electrodo De potencial (Y, P2 o S) (m)	Distancia al electrodo De corriente (Z, C2 o H) (m)
1,83	13,72	21,95
2,44	15,24	24,38
3,05	16,76	26,82
3,66	18,29	29,26
5,49	21,64	35,05
6,10	22,56	36,58
9,14	26,21	42,67

Método del 62% (Distancia aproximada de los electrodos de prueba)

4.9.1.1 Pasos a seguir para la medición de la resistencia de una malla

Para realizar el proceso de medición del valor de resistencia de una malla de puesta a tierra, es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1) Desconectar del sistema de puesta a tierra en estudio todos los componentes que estén conectados (computadoras, partes metálicas, equipo electrónico, etc).
- 2) Conectar el equipo de medición a la barra o electrodo en cuestión.
- 3) Colocar el electrodo de corriente a una distancia conocida de la barra o electrodo bajo prueba.(Ver tabla 4.30)
- 4) Realizar varias mediciones de resistencia para diferentes ubicaciones del electrodo de potencial, sin mover el electrodo de corriente.
- 5) Poner en línea recta el electrodo bajo estudio y los electrodos de prueba.

5 CAPÍTULO V

ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”

Luego de seguir todo el procedimiento pertinente como el análisis, diseño e implementación de la nueva instalación, se concluyó el trabajo que duró aproximadamente seis meses. Para tener la seguridad de haber cumplido con los objetivos planteados al inicio del proyecto, se realizaron las pruebas pertinentes, llegando a la conclusión de que todo el trabajo estaba muy bien ejecutado.

5.1 TABLERO PRINCIPAL

- Mantenimiento general del tablero principal.
- Conexiones internas.
- Protección del tablero, contra los factores externos.
- Protecciones eléctricas según los cálculos realizados.

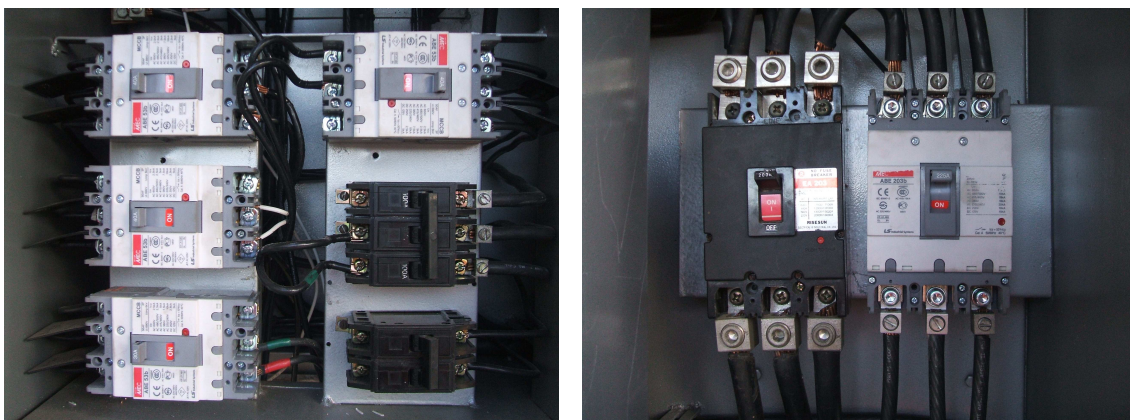


Fig. 5.1: Breakers de seccionamiento instalados en el tablero de distribución principal

5.2 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN

- Cajas de conexión y tubería conduit.
- Cableado de circuitos.
- Empalmes.
- Conexión a tablero principal



Fig. 5.2: Caja de conexión entre tablero principal y sub-tableros.

5.3 SUBTABLEROS

- Mantenimiento
- Conexión de circuitos
- Protecciones

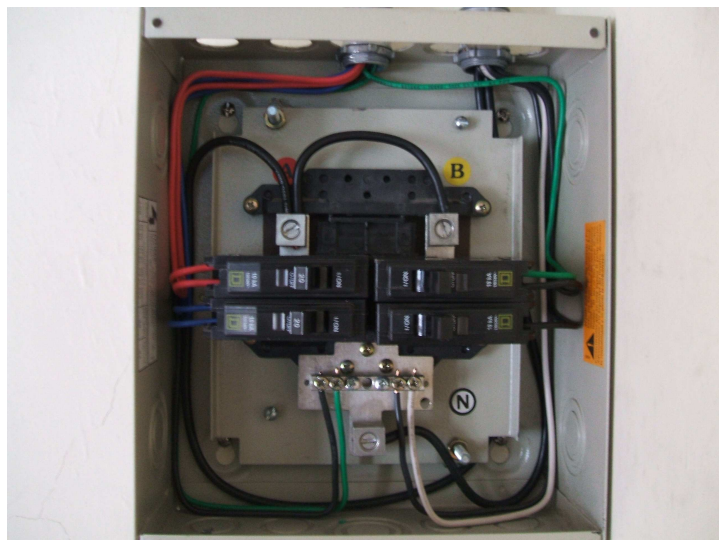


Fig. 5.3: Estado actual de un sub-tablero de distribución.

5.4 ILUMINACION DE INTERIORES.

- Cálculo de alumbrado de interiores.
- Diseño de circuitos de alumbrado.
- Mantenimiento de lámparas existentes.
- Implementación de circuitos de alumbrado.
- Instalación de lámparas.
- Ubicación y conexión de interruptores.



Fig. 5.4: Iluminación de aulas.



Fig. 5.5: Tipo de interruptor instalado.

5.5 INSTALACIÓN DE SENSORES

- Determinar luminarias a gobernar.
- Ubicación estratégica de los sensores.
- Instalación y programación de sensores.



Fig. 5.6: Sensor de movimiento.



Fig. 5.7: Entrada principal del Colegio.

5.6 ILUMINACIÓN EXTERIOR

- Cálculo de alumbrado de exteriores.
- Diseño de circuitos de alumbrado exterior.
- Situar luminarias.
- Instalación de circuitos.
- Ubicación y conexión de interruptores.



Fig. 5.8: Iluminación área recreativa.



Fig. 5.9: Caja de breakers para accionamiento de reflectores.

5.7 CIRCUITOS DE FUERZA

- Diseño de circuitos de fuerza.
- Implementación y conexión de toma corrientes.

5.8 ALIMENTACIÓN AL BLOQUE 2

- Diseño de alimentación al bloque 2.
- Colocación de tubería y cajas de conexión.
- Introducción de conductores en tubería y conexión.



Fig. 5.10: Acometida en tubería conduit para el bloque 2.



Fig. 5.11: Empalmes realizados en las cajas de conexión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluido el proceso de investigación, tanto en lo teórico como en lo práctico, no serviría de mucho poner término al trabajo en estas condiciones, sin antes determinar las respectivas conclusiones, las cuales contendrán los datos fundamentales alcanzados y la esencia misma del tema tratado.

Luego de las conclusiones y complementando el esfuerzo investigativo, se formularán las respectivas recomendaciones, las cuales pretenden de alguna manera superar las restricciones y carencias detectadas.

CONCLUSIONES

- Para realizar la instalación eléctrica en el Colegio Nacional Técnico “Jacinto Jijón y Caamaño luego del estudio y análisis de la misma, se desarrolló un plan de trabajo que nos permitió avanzar periódicamente la obra y cumplir con el objetivo general que dice textualmente; “Realizar una nueva instalación eléctrica en el COLEGIO NACIONAL TÉCNICO “JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO” utilizando los adelantos tecnológicos que exige los actuales momentos, con la finalidad de permitir que maestros y alumnos puedan utilizar todos los equipos eléctricos y electrónicos con seguridad, economía y eficiencia”
- El estudio del estado de las instalaciones eléctricas antiguas, determinó todas las deficiencias del sistema, siendo de imperiosa necesidad hacer un cambio total, por lo que se diseñó una nueva instalación de forma adecuada guiándonos en las normas establecidas que garantizan su óptimo funcionamiento..
- El análisis de la demanda energética en las distintas áreas del establecimiento educativo es de gran importancia, ya que es el punto de partida para el dimensionamiento de todos los componentes eléctricos de la instalación como conductores, protecciones, tomacorrientes,

interruptores, sensores, luminarias, etc. e influirá en la inversión inicial y futura de la instalación así como en el ahorro de energía.

- Una implantación exacta de las instalaciones y la identificación de la demanda de cada una de ellas permiten escoger la ruta óptima de las redes, en este caso de bajo voltaje, así como de las redes de alumbrado exterior.

- En el caso de las caídas de voltaje, se debe tener mucho cuidado en no solamente poner atención en el límite de la caída de voltaje en circuitos secundarios (3.5%) sino que se debe tomar en consideración el amperaje requerido, puesto que un conductor determinado aparentemente cumple con el parámetro del límite de caída de voltaje, mas no con el de capacidad de conducción del conductor.

- La elaboración de una minuciosa planilla de estructuras, aplicando las normas de construcción y la experiencia práctica hacen que se obtenga un listado de equipos y materiales muy exacto, ayudando a obtener un presupuesto de construcción óptimo.

- La reparación, sustitución de partes y mantenimiento del tablero principal y los subtableros permitieron una distribución ordenada y eficiente de circuitos en los diferentes ambientes de la institución. Además, la protección que brindan estos tableros mediante la utilización de breakers de caja moldeada para todos los circuitos, previene posibles catástrofes provocados por cortocircuitos y sobrecargas.

- La ejecución de circuitos de iluminación permitió ubicar estratégicamente las luminarias internas y externas obteniendo un servicio adecuado en cada área, ajustándose a las necesidades del establecimiento haciéndose más evidente durante la noche. De esta manera, se permite el desempeño normal de maestros, alumnos, personal administrativo y de servicio en sus

respectivos lugares de trabajo, complementándose con el alumbrado de seguridad y vigilancia. Así, para el control de luminarias se colocó interruptores manuales en los lugares según determinan las normas. También, son de gran utilidad los sensores instalados en los corredores de la planta baja y gradas del bloque 1.

- Toda instalación eléctrica debe contar con una correcta puesta a tierra que cumple con objetivos muy importantes como son el de dar protección, tanto a las personas como a los equipos, contra sobrevoltajes accidentales, ruidos electrónicos, la contaminación electromagnética, fallas de transmisión y facilitar el paso a tierra de las corrientes de defectos y de las descargas de origen atmosférico.

- Un sistema a tierra bien realizado protege al equipo electrónico sensible, da seguridad a las personas, previene grandes catástrofes como son los incendios y principalmente es la referencia cero para todo el sistema eléctrico instalado. Consecuentemente evita la interrupción de servicio al usuario, pago de elevados costos para reparación o reemplazo de equipos.

RECOMENDACIONES

- Si se desea beneficiarse de las bondades que presta la electricidad para el desarrollo de las diferentes actividades que conlleva la educación en un establecimiento, es indispensable que para el funcionamiento adecuado y óptimo de la iluminación y de los equipos eléctricos y electrónicos, las instalaciones eléctricas deban tener un mantenimiento periódico planificado.

- Si consideramos que la electricidad en nuestros tiempos es fundamental para el desarrollo de innumerables actividades entre ellas las educativas, es importantísimo estar concientes de su utilidad y los accidentes que puede ocasionar por un manejo inadecuado, por tal razón, es aconsejable que

todo tipo de trabajo en instalaciones eléctricas, sea ejecutada por un profesional.

- El aspecto económico que posee cada persona o institución es determinante a la hora de adquirir materiales, sin embargo no es recomendable escatimar recursos en el área eléctrica, ya que depende del material para proporcionar calidad, durabilidad y seguridad en una instalación eléctrica. De no ser así, la calidad del servicio eléctrico disminuiría considerablemente a corto o mediano plazo, además de poner en riesgo la seguridad del contingente humano y la misma edificación, lo que obligaría a otro egreso económico. Es decir, se aplicaría el adagio que dice “Lo barato, sale caro”.
- Los equipos electrónicos son muy serviciales, pero a la vez, caros y delicados exigiendo dotarlos de mucho cuidado. Estos cuidados son proporcionados en gran parte por la conexión a tierra, por lo que se recomienda efectuar chequeos periódicos, cada dos o tres años, de la malla de puesta a tierra.
- Los elementos visibles de la instalación eléctrica como lámparas, tomacorrientes e interruptores también tienen rubros elevados. Se pudo observar que estos estaban totalmente destruidos e inservibles, en tal virtud recomendamos que se haga una campaña de concientización especialmente en los alumnos, acerca del servicio y beneficio que prestan estos equipos y de esta forma conseguir una adecuada manipulación de los mismos.
- Dependiendo del trato que se de a los equipos, afecta directamente en su durabilidad, podemos decir que era evidente la destrucción intencionada de los mencionados accesorios eléctricos por lo que sugerimos se de la sanción respectiva a los autores de estos hechos, pudiendo ser el pago del equipo y su instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ENRÍQUE HARPER, Gilberto. "Guía Práctica para el Cálculo de instalaciones Eléctricas". Primera edición. Editorial Limusa S.A. México DF. 2002
- WESTINGHOUSE. Manual de Alumbrado.
- WESTINGHOUSE. Manual de Luminotecnia.
- JOSÉ RAMÍREZ VÁZQUEZ. "Monografías CEAC de Electricidad". Instalaciones Eléctricas Interiores.
- H.P. RICHTER Y W. CREIGHTON SCHWAN. "Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas". Domésticas, de Granjas e Industrias.
- GERMÁN GARCÍA Y PEDRO MANINAT M. "Medición de Resistividad de Suelos y Resistencia de Tierra en Subestaciones", III Jornadas de Potencia, Maracaibo Mayo 1982.
- "IEEE Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradients in the Earth". IEEE Standard 81 – 1962.
- IGNACIO AGULLEIRO. "Técnicas Modernas para la Medición de Sistemas de Puesta a Tierra en Zonas Urbanas" 1997.
- MANUALES DE INCELEC

FUENTES DE INTERNET

- http://www.Investigacion_sobre_el_diseño_de_mallas_de_tierra-Monografias_com.mht

PRESUPUESTO

Para realizar la parte práctica de nuestro proyecto de titulación se necesitó una serie de materiales y también obra civil, los gastos por este concepto fueron asumidos por el Comité Central de Padres de Familia del Colegio Nacional Técnico "Jacinto Jijón y Caamaño"

PRESUPUESTO PARA REALIZAR LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO "JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO" (MATERIALES Y OTROS)				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO C/U USD	PRECIO TOTAL USD
1	1	BREAKER LG 3P 600V 225A	85,7	85,7
2	3	BREAKER LG 3P 600V 40A	42,25	126,75
3	1	BREAKER LG 3P 600V 30A	42,25	42,25
4	6	BREAKER LG 2P 600V 32A	9	54
5	12	BREAKER SQD 1 POLO 20A	4,415	52,98
6	1	BREAKER SQD 1 POLO 10A	4,42	4,42
7	1	BREAKER SQD 1 POLO 15A	4,42	4,42
8	2	MARTILLADO	4,5	9
9	4	LIJAS	0,525	2,1
10	1	SIERRA	3,6	3,6
11	26	TAIPE NITTO 20 YARDAS	0,694230769	18,05
12	45	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO	1,958444444	88,13
13	1	CENTRO DE CARGA SQD 2 ESPACIOS	13,99	13,99
14	6	CODO EMT 3/4"	1,171666667	7,03
15	10	UNIÓN EMT 3/4"	0,458	4,58
16	18	CONECTOR EMT 3/4"	0,496666667	8,94
17	9	TUBO CONDUIT EMT 3/4"	6,222222222	56
18	65	CANALETA LISA DEXON 20X12	1,276307692	82,96
19	7	VARILLA COOPERWALL 5/8" X 1,80	6,844285714	47,91
20	100	CABLE GEMELO 2X16	0,4859	48,59
21	2	AISLADOR PORTA BARRA	1,99	3,98
22	48	LÁMPARA INDUSTRIAL 2X40	17,7425	851,64
23	116	TUBO FLUORESCENTE	1,242586207	144,14
24	3	LÁMPARA REFLECTOR HALOG.	113,3433333	340,03
25	750	TACO FIJER F6	0,009186667	6,89
26	750	COLEPATO 1X8	0,011626667	8,72
27	8	BROCA DE CONCRETO 1/4	1,19625	9,57
28	1	BROCA DE CONCRETO 5/16	1,41	1,41
29	25	ABRAZADERA METÁLICA 1/2"	0,0396	0,99
30	55	ABRAZADERA METÁLICA 3/4"	0,049818182	2,74
31	4	ABRAZADERA METÁLICA 1"	0,11	0,44
32	5	ABRAZADERA METÁLICA 2"	0,25	1,25
33	100	AMARRA PLAST. NEGRA	0,0324	3,24
34	1	GABINETE MET BEACOUPE 20X20	14,69	14,69
35	1	CAJA TERCOL 15X15X10	6,82	6,82
36	5	CAJA ESTANCA 100X100X55	2,81	14,05

37	6	SENSOR DE MOVIMIENTO NISSAN	13,995	83,97
38	50	ÁNGULO PLANO DEXON	0,276	13,8
39	20	ÁNGULO INTERNO DEXON	0,276	5,52
40	10	ÁNGULO EXTERNO DEXON	0,276	2,76
41	400	CABLE SÓLIDO 12 AWG	0,4865	194,6
42	300	CABLE SÓLIDO 14 AWG	0,317466667	95,24
43	200	CABLE AMBATO 6 AWG	2,09935	419,87
44	200	CABLE CUENCA FLEXIBLE 10 AWG	0,8969	179,38
45	100	MANGUERA DE CONSTRUCCIÓN 3/4"	0,2071	20,71
46	100	MANGUERA DE CONSTRUCCIÓN 1/2"	0,1713	17,13
47	20	INTERRUPTOR DOBLE VETO	3,4495	68,99
48	5	INTERRUPTOR SIMPLE VETO	1,936	9,68
49	40	TAPA REDONDA GRANDE	0,17825	7,13
50	10	TAPA REDONDA PEQUEÑA	0,151	1,51
51	20	PLACA CIEGA ORO O PLATA	0,345	6,9
52	3	CODO EMT 2"	5,716666667	17,15
53	2	CONECTOR EMT 2"	1,96	3,92
54	6	UNIÓN EMT 2"	2,168333333	13,01
55	1	CAJA DE PASO PINTADA 20X20	10,2	10,2
56	1	TUBO CONDUIT EMT 2"	15,82	15,82
57	1	TUBO CONDUIT EMT 1"	8,38	8,38
58	2	CONECTOR EMT 1"	0,59	1,18
59	20	BOQUILLA PLAFÓN DE CHINA	0,605	12,1
60	1	CONMUTADOR SIMPLE VETO	2,17	2,17
61	10	PLACA OVALADA EAGLE BLANCA	0,353	3,53
62	30	FOCO AHORRADOR 20W	3,326333333	99,79
63	20	COLEPATO 10X11/2	0,03	0,6
64	20	TACO FIJER F8	0,02	0,4
65	3	CAJA CONDULET "LB" 3/4"	3,68	11,04
66	1	CAJA CONDULET "T" 3/4"	4,18	4,18
67	4	CONECTOR EMT 1/2"	0,3125	1,25
68	1	CAJA SOBREPUESTA PARA RIEL	2,79	2,79
69	10	DERIVACIÓN EN T DEXON	0,276	2,76
70	26	DESNUDO 1/0 19 HILOS	8,211153846	213,49
71	33	DESNUDO 2/0 19 HILOS	10,53	347,49
72	14	SUELDA EXOTÉRMICA	15	210
73		EXCABACIÓN MALLA A TIERRA		500
74		GASTOS VARIOS		60
		TOTAL		4840,44

PRESUPUESTO PARA REALIZAR LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO (MANO DE OBRA)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO C/U USD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL USD
1	TUBO CONDUIT EMT 3/4"	m	1,74	27	46,98
2	TUBO CONDUIT EMT 2"	m	2,5	3	7,5
3	TUBO CONDUIT EMT 1"	m	2	3	6
4	CANALETA LISA DEXON 20X12	m	1	130	130
5	TABLERO DE DISTRIDUCION 3F	u	20	6	120
6	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 1	u	9,44	1	9,44
7	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 2	u	9,44	1	9,44
8	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 3	u	9,44	1	9,44
9	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 4	u	9,44	1	9,44
10	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 5	u	9,44	1	9,44
11	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 6	u	9,44	1	9,44
12	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F 7	u	9,44	1	9,44
13	TABLERO CONTROL (BREAKER) 1F TB1	u	9,44	1	9,44
14	GABINETE CONTROL REFLECTORES (BREAKER) 2F	u	15	3	45
15	ACOMETIDA TABLERO 1	m	6	8	48
16	ACOMETIDA TABLERO 2	m	6	30	180
17	ACOMETIDA TABLERO 3	m	6	11	66
18	ACOMETIDA TABLERO 4	m	6	14	84
19	ACOMETIDA TABLERO 5	m	6	33	198
20	ACOMETIDA TABLERO 6	m	6	70	420
21	ACOMETIDA TABLERO 7	m	6	75	450
22	ACOMETIDA TABLERO TB1	m	3	35	105
23	ILUMINACIÓN INTERIOR,PASILLOS Y GRADAS	pto	7	175	1225
24	ILUMINACIÓN EXTERIOR (SALIDAS ESPECIALES 220V)	pto	15	5	75
25	TOMACORRIENTES DOBLES	u	7	120	840
26	DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MALLA A TIERRA	u	300	1	300
27	LEVANTAMIENTO DE IMPLANTACIÓN, DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS	m ²	2	1548,45	3096,9
TOTAL					7518,9

Los rubros que representaron la mano de obra, diseño y elaboración de planos eléctricos, fueron asumidos por Ángel Caiza y Miguel Rueda, ejecutores de este proyecto de titulación.

COSTO TOTAL DE LA OBRA				
ITEM	DESCRIPCION			PRECIO
1	MANO DE OBRA			7518,9
2	MATERIALES Y OTROS			4840,44
TOTAL				12359,3

ANEXO 1

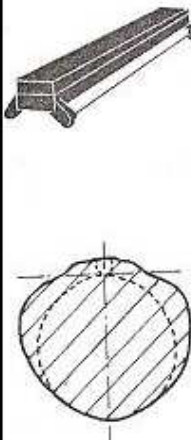
TABLA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LUXES PARA DIFERENTES LUGARES

LUGAR		LUXES	
		MIN	MAX
Habitaciones - Recreo - Deportes	Vestibulos, Corredores y Ascensores	50	70
	Escaleras	100	150
	Vestuarios, tocadores y lavabos	50	100
Oficinas y administraciones	Teneduría de libros, mecanografía, contabilidad, máquinas de calcular, ficheros y archivadores.	300	600
	Oficinas privadas y trabajos generales de oficina distintos a los anteriores.	200	.....
	Salas de dibujo: mesas	500	1000
	Alumbrado general	150	300
	Oficinas de información, salas de recepción, salas de espera.	150	500
	Archivos	100	.....
	Habitaciones de paso: iluminación general interior	150	500
Establecimientos públicos	Iglesias: altares, santuarios, coros	100	.....
	Naves	70	.....
	Dependencias	50	.....
	Bibliotecas: estanterías (alumbrado vertical)	100	200
	Salas de libros	100	200
	Salas de lectura	100	200
	Mesas de lectura	300	500
	Museos y galerías: alumbrado general interior	100	.....
	Vitrinas: alumbrado especial	500	.....
	Sobre los cuadros	100	200
Establecimientos de enseñanza	Salas de conferencias, antiteatros, salas de reuniones	200	500
	Gimnasios	150	300
	Vestuarios, tocadores y lavabos	50	100
	Salas de clases y laboratorios	200	500
	Dibujo de arte, industrial y costura	500	700
	Bibliotecas y despachos	100	200
	Salas de enseñanza manual	700	1000
	Pizarras	300	500

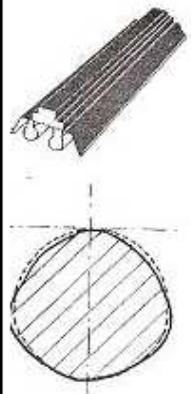
ANEXO 2

TABLAS DE COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE LUMINARIAS

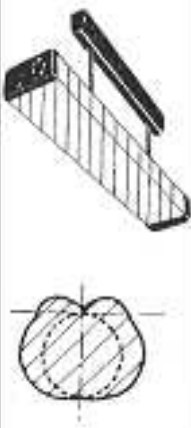
Lámpara fluorescente de flujo directo en regleta de montaje

Aparato de alumbrado		Índice del local K	factores de utilización									Factores de depreciación		
			$\rho_T=0,7$			$\rho_T=0,5$			$\rho_T=0,3$			Limpieza cada		
Tipo	Rend. η_A	K	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	1 año	2 años	3 años
"TL" F en regleta de montaje 	16 ↑ 97 ↓ 81		1	0,30	0,24	0,19	0,29	0,23	0,18	0,27	0,21	0,17		
		1,2	0,36	0,29	0,24	0,34	0,27	0,23	0,31	0,26	0,22			
		1,5	0,42	0,35	0,30	0,40	0,34	0,29	0,37	0,32	0,28			
		2	0,51	0,45	0,39	0,48	0,42	0,38	0,45	0,40	0,36			
		2,5	0,57	0,51	0,45	0,54	0,48	0,44	0,51	0,46	0,42	Ensuciamiento bajo × × ×		
		3	0,61	0,55	0,50	0,58	0,53	0,48	0,54	0,50	0,46			
		4	0,67	0,62	0,57	0,64	0,59	0,55	0,60	0,56	0,53	Ensuc. normal 1,35 1,55 1,75		
		5	0,71	0,66	0,62	0,67	0,63	0,60	0,64	0,60	0,57			
		6	0,74	0,70	0,66	0,70	0,67	0,63	0,67	0,64	0,61	Ensuciamiento alto 1,65 2,15 2,50		
		8	0,78	0,74	0,71	0,74	0,71	0,68	0,70	0,68	0,65			
10	0,80	0,77	0,74	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69					
1 aparato de alumbrado en el centro del local														
		1	0,32	0,26	0,21	0,30	0,25	0,20	0,29	0,23	0,20			
		1,2	0,38	0,32	0,27	0,36	0,30	0,26	0,34	0,29	0,25			
		1,5	0,46	0,40	0,35	0,44	0,38	0,34	0,42	0,37	0,33			
		2	0,57	0,51	0,47	0,54	0,49	0,45	0,51	0,47	0,43			


Lámpara fluorescente industrial de flujo directo

Aparato de alumbrado		Índice del local K	factores de utilización									Factores de depreciación		
			$\rho_T=0,7$			$\rho_T=0,5$			$\rho_T=0,3$			Limpieza cada		
Tipo	Rend. η_A	K	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	$\rho_p=0,5$	$\rho_p=0,3$	$\rho_p=0,1$	1 año	2 años	3 años
	16 ↑ 97 ↓ 81		1	0,29	0,24	0,20	0,29	0,23	0,20	0,28	0,23	0,20		
		1,2	0,35	0,29	0,25	0,34	0,28	0,25	0,33	0,28	0,24			
		1,5	0,41	0,36	0,31	0,41	0,35	0,31	0,40	0,35	0,31			
		2	0,50	0,45	0,41	0,49	0,44	0,41	0,48	0,44	0,41			
		2,5	0,55	0,50	0,47	0,54	0,50	0,46	0,53	0,50	0,46	Ensuciamiento bajo × × ×		
		3	0,59	0,55	0,51	0,58	0,54	0,51	0,58	0,54	0,51			
		4	0,65	0,61	0,58	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	Ensuc. normal 1,40 1,70 1,90		
		5	0,68	0,65	0,62	0,67	0,64	0,62	0,66	0,64	0,62			
		6	0,70	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	Ensuciamiento alto 1,85 2,55 3,10		
		8	0,73	0,71	0,69	0,72	0,71	0,69	0,72	0,70	0,69			
10	0,75	0,73	0,71	0,74	0,73	0,71	0,74	0,72	0,71					
1 aparato de alumbrado en el centro del local														
		1	0,32	0,26	0,22	0,31	0,26	0,22	0,30	0,26	0,22			
		1,2	0,38	0,33	0,29	0,37	0,32	0,29	0,37	0,32	0,29			
		1,5	0,46	0,41	0,38	0,46	0,41	0,38	0,45	0,41	0,38			
		2	0,57	0,53	0,50	0,57	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50			

Lámparas fluorescentes iluminación semidirecta con armadura de pantalla difusora

Aparato de alumbrado		Índice del local K	factores de utilización									Factores de depreciación		
Tipo	Rend. η & A		$\rho_T=0,7$			$\rho_T=0,5$			$\rho_T=0,3$			Limpieza cada		
		$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	1 año	2 años	3 años	
SEMIDIRECTO con pantalla de metacrilato 	14 ↑ 66 ↓ 52	1	0,20	0,15	0,12	0,18	0,14	0,11	0,17	0,13	0,11			
		1,2	0,23	0,18	0,15	0,21	0,17	0,14	0,20	0,16	0,13			
		1,5	0,28	0,23	0,19	0,26	0,21	0,18	0,24	0,20	0,17			
		2	0,34	0,29	0,25	0,31	0,27	0,24	0,29	0,25	0,23			
		2,5	0,37	0,33	0,29	0,35	0,31	0,28	0,32	0,29	0,26	Ensuciamiento bajo 1,30 1,45 1,65		
		3	0,40	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29			
		4	0,44	0,41	0,38	0,42	0,38	0,36	0,39	0,36	0,34		Ensuc. normal 1,55 1,90 2,15	
		5	0,47	0,44	0,41	0,44	0,41	0,39	0,41	0,39	0,37			
		6	0,49	0,46	0,43	0,46	0,44	0,41	0,43	0,41	0,39	Ensuciamiento alto X X X		
		8	0,52	0,49	0,47	0,49	0,47	0,45	0,46	0,44	0,42			
10	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49	0,47	0,47	0,46	0,44					
1 aparato de alumbrado en el centro del local														
		1	0,21	0,16	0,13	0,19	0,15	0,13	0,18	0,14	0,12			
		1,2	0,25	0,20	0,17	0,23	0,19	0,16	0,21	0,18	0,15			
		1,5	0,30	0,25	0,22	0,28	0,24	0,21	0,26	0,23	0,20			
		2	0,37	0,33	0,30	0,35	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27			

Lámparas incandescentes iluminación directa

Aparato de alumbrado		Índice del local K	factores de utilización									Factores de depreciación		
Tipo	Rend. η & A		$\rho_T=0,7$			$\rho_T=0,5$			$\rho_T=0,3$			Limpieza cada		
		$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	$\rho_b=0,5$	$\rho_b=0,3$	$\rho_b=0,1$	1 año	2 años	3 años	
	80 ↑ 80 ↓ 80	1	0,27	0,21	0,17	0,26	0,21	0,17	0,26	0,21	0,17			
		1,2	0,32	0,26	0,21	0,31	0,25	0,21	0,30	0,25	0,21			
		1,5	0,38	0,32	0,27	0,37	0,32	0,27	0,36	0,31	0,27			
		2	0,46	0,40	0,36	0,45	0,40	0,36	0,44	0,39	0,36			
		2,5	0,51	0,46	0,42	0,50	0,46	0,42	0,49	0,45	0,42	Ensuciamiento bajo X X X		
		3	0,55	0,50	0,46	0,54	0,50	0,46	0,53	0,49	0,46			
		4	0,61	0,56	0,53	0,60	0,56	0,53	0,59	0,55	0,53		Ensuc. normal 1,35 1,55 X	
		5	0,64	0,60	0,57	0,63	0,60	0,57	0,62	0,60	0,57			
		6	0,67	0,63	0,61	0,66	0,63	0,60	0,65	0,62	0,60	Ensuciamiento alto 1,65 2,15 X		
		8	0,70	0,67	0,65	0,69	0,67	0,65	0,68	0,66	0,65			
10	0,72	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,71	0,69	0,67					
1 aparato de alumbrado en el centro del local														
		1	0,29	0,23	0,19	0,28	0,23	0,19	0,28	0,23	0,19			
		1,2	0,35	0,29	0,25	0,34	0,29	0,25	0,33	0,28	0,25			
		1,5	0,42	0,37	0,33	0,41	0,36	0,33	0,41	0,36	0,33			
		2	0,52	0,47	0,44	0,51	0,47	0,44	0,50	0,47	0,44			

ANEXO 3

DIMENSIÓN DE TUBO CONDUIT Y ÁREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES

Diámetro nominal		Diámetro interior (mm)	Área interior total (mm ²)	Área disponible para conductores (mm ²)	
mm	pulg.			40% (para 3 conductores o más)	30% (para 2 conductores)
13	1/2"	15,81	196	78	59
19	3/4"	21,3	356	142	107
25	1"	26,5	552	221	166
32	1 1/4"	35,31	979	392	294
38	1 1/2"	41,16	1331	532	399
51	2"	52,76	2186	874	656
63	2 1/2"	62,71	3088	1235	926
76	3"	77,93	4769	1908	1431
89	3 1/2"	90,12	6318	2551	1913
102	4"	102,26	8213	3285	2464

ANEXO 4

CATÁLOGOS DE CABLES DE COBRE

CABLES DE COBRE, TIPOS TF Y TW - 600V									
CALIBRE	No DE HILOS	SECCION APROX.	DIAMETRO APROX.	PESO APROX.	ESPESOR DE AISLAM. mm	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	ESPESOR CHAQUETA mm	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN
AWG 0 MCM		mm ²	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	Kg/Km	Amp * Amp **
8	7	8,37	3,7	75,9	1,14	6,74	0,38	105,33	50 70
6	7	13,3	4,65	120,6	1,4	8,97	0,76	176,73	65 95
4	7	21,12	5,88	191,51	1,4	10,2	0,76	257,61	85 125
2	7	33,54	7,41	304,13	1,4	11,73	0,76	382,63	115 170
1/0	19	53,52	9,45	485,31	1,65	15,03	1,14	613,68	150 230
2/0	19	67,35	10,65	610,72	1,65	16,23	1,14	751,48	175 265
3/0	19	84,91	11,95	769,95	1,65	17,53	1,14	924,14	200 310
4/0	19	107,41	13,4	973,97	1,65	18,98	1,14	1143,12	230 360
250	37	126,37	14,55	1157,13	1,9	21,65	1,65	1399,94	255 405
300	37	151,85	15,95	1390,44	1,9	23,05	1,65	1651,75	285 445
350	37	177,28	17,23	1623,3	1,9	24,33	1,65	1901,53	310 505
400	37	203,19	18,45	1860,55	1,9	25,55	1,65	2154,91	335 545
500	37	252,89	20,65	2315,64	1,9	27,75	1,65	2639,07	380 620
600	37	303,18	22,61	2776,13	2,29	30,49	1,65	3164,4	420 690
700	61	353,95	24,43	3241,01	2,29	32,31	1,65	3653,26	460 755
750	61	380,81	25,34	3453,11	2,29	33,22	1,65	3878,44	475 785
800	61	404,31	26,11	3666,2	2,29	33,99	1,65	4102,6	490 815
1000	61	507,74	29,26	3604,08	2,29	37,14	1,65	5085,75	545 935

CABLES DE COBRE, TIPOS THW - 600V

CALIBRE AWG O MCM	No DE HILOS	SECCIÓN APROX.	DIAMETRO APROX.	PESO APROX	ESPESOR DE AISLAM.	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		TIPO
		mm ²	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km	Amp *	Amp **	
14	1	2,08	1,63	18,49	1,14	3,91	32,18	20	30	THW
12	1	3,31	2,05	29,43	1,14	4,33	45,2	25	35	THW
10	1	5,26	2,59	46,76	1,14	4,87	65,19	35	50	THW
8	1	8,37	3,26	74,41	1,52	6,3	105,91	50	70	THW
14	7	2,08	1,88	19,05	1,14	4,16	36,78	21	31	THW
12	7	3,31	2,36	30,31	1,14	4,64	50,86	26	36	THW
10	7	5,26	2,97	48,16	1,14	5,25	72,3	36	52	THW
8	7	8,37	3,7	75,9	1,52	6,74	116,77	52	72	THW
6	7	13,3	4,65	120,6	1,52	7,69	168,9	65	95	THW
4	7	21,12	5,88	191,51	1,52	8,92	249,44	85	125	THW
2	7	33,54	7,41	304,13	1,52	10,45	374,04	115	170	THW
1/0	19	53,52	9,45	485,31	2,03	13,51	599,3	150	230	THW
2/0	19	67,35	10,65	610,72	2,03	14,71	736,63	175	265	THW
3/0	19	84,91	11,95	769,95	2,03	16,01	908,77	200	310	THW
4/0	19	107,41	13,4	973,97	2,03	17,46	1127,18	230	360	THW
250	37	126,37	14,55	1157,13	2,41	19,37	1352,79	255	405	THW
300	37	151,85	15,95	1390,44	2,41	20,77	1602,25	285	445	THW
350	37	177,28	17,23	1623,3	2,41	22,05	1849,88	310	505	THW
400	37	203,19	18,45	1860,55	2,41	23,27	2101,2	335	545	THW
500	37	252,89	20,65	2315,64	2,41	25,47	2581,67	380	620	THW
600	61	303,18	22,61	2776,13	2,79	28,19	3111,29	420	690	THW
700	61	353,95	24,43	3241,01	2,79	30,01	3600,19	460	755	THW
750	61	380,81	25,34	3453,11	2,79	30,92	3824,3	475	785	THW
800	61	404,31	26,11	3666,2	2,79	31,69	4047,55	490	815	THW
1000	61	507,74	29,26	4604,08	2,79	34,84	5026,99	545	935	THW

CABLES DE COBRE, TIPOS TF Y TW - 600V

CALIBRE AWG O MCM	No DE HILOS	SECCIÓN APROX. mm ²	DIAMETRO APROX. mm	PESO APROX Kg/Km	ESPESOR DE AISLAM. mm	DIAMETRO EXTERIOR APROX. mm	PESO TOTAL APROX. Kg/Km	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		TIPO
								Amp *	Amp **	
20	1	0,52	0,81	4,62	0,76	2,33	9,79	6	7	TF
18	1	0,82	1,02	7,29	0,76	2,54	13,15	6	7	TF
16	1	1,31	1,29	11,65	0,76	2,81	18,4	8	10	TF
14	1	2,08	1,63	18,49	0,76	3,15	26,36	20	15	TW
12	1	3,31	2,05	29,43	0,76	3,57	38,69	25	30	TW
10	1	5,26	2,59	46,76	0,76	4,11	57,8	30	40	TW
8	1	8,37	3,26	74,41	1,14	5,54	96,16	40	60	TW
6	1	13,3	4,12	118,24	1,52	7,16	155,41	55	80	TW
14	7	2,08	1,88	19,05	0,76	3,4	29,38	21	26	TW
12	7	3,31	2,36	30,31	0,76	3,88	42,52	26	31	TW
10	7	5,26	2,97	48,16	0,76	4,49	62,76	31	41	TW
8	7	8,37	3,7	75,9	1,14	5,98	104,32	41	62	TW
6	7	13,3	4,65	120,6	1,52	7,69	168,9	57	82	TW
4	7	21,12	5,88	191,51	1,52	8,82	249,44	70	105	TW
2	7	33,54	7,41	304,13	1,52	10,45	374,04	95	140	TW
1/0	19	53,52	9,45	485,31	2,03	13,51	599,3	125	195	TW
2/0	19	67,35	10,65	610,72	2,03	14,71	736,63	145	225	TW
3/0	19	84,91	11,95	769,95	2,03	16,01	908,77	165	260	TW
4/0	19	107,41	13,4	973,97	2,03	15,46	1127,18	195	300	TW
250	37	126,37	14,55	1157,13	2,41	16,37	1352,79	215	340	TW
300	37	151,85	15,95	1390,44	2,41	20,77	1602,25	240	375	TW
350	37	177,28	17,23	1623,3	2,41	22,05	1849,88	260	420	TW
400	37	203,19	18,45	1860,55	2,41	23,27	2101,2	280	455	TW
500	37	252,89	20,65	2315,64	2,41	25,47	2581,67	320	515	TW
600	37	303,18	22,61	2776,13	2,79	28,19	3115,36	355	575	TW
600	61	303,18	22,68	2776,13	2,79	28,25	3112,22	355	575	TW
700	61	353,95	24,43	3241,01	2,79	30,01	3600,19	385	630	TW
750	61	380,81	25,34	3453,11	2,79	30,92	3824,3	400	655	TW
800	61	404,31	26,11	3666,2	2,79	31,69	4047,55	410	680	TW
1000	61	507,34	29,26	4604,08	2,79	34,84	5026,99	455	780	TW

ANEXO 5

TABLA 9 DEL CÓDIGO DE LA NEC

Resistencia y Reactancia de CA para cables de de 600 voltios, trifásicos, 60Hz, 75°C (167°F). Tres conductores sencillos en conduit.













Ohms a neutro por cada 1000 pies															
Calibre AWG/ Kcmil	XL (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia de ca para alambres de cobre sin recubrimiento			Resistencia de ca para alambres de aluminio			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de cobre sin recubrimiento			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de aluminio			Calibre AWG/ Kcmil
	Con- duits PVC, Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits Acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits 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	0.41	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	0.050	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	0.036	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	0.048	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

- La “Z efectiva” se define como $R \cos \theta + X \sin \theta$, donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Si se multiplica la corriente por la impedancia efectiva, da una buena aproximación para la caída de voltaje línea – neutro. Los valores de impedancia efectiva que se muestran en esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85.

Para otro factor de potencia (FP) de circuito se puede calcular la impedancia efectiva (Z_e) a partir de los valores de R y XL proporcionados en esta tabla, de modo siguiente: $Z_e = R \times FP + XL \sin [\arcsin (FP)]$

ANEXO 6

FORMULARIO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA CON DIFERENTE TIPO Y CONFIGURACIÓN DE ELECTRODO (IEEE 80 – 1986)

#	Símbolo	Descripción	Fórmula
1		Hemisferio, radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
2		Varilla longitud L, radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
3		Dos varillas S > L separación s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \left(\frac{\rho}{4\pi s} \right) \left(1 - \frac{L^2}{3s^8} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
4		Dos varillas S < L separación s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
5		Alambre horizontal enterrado Longitud 2L, profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
6		Alambre en ángulo recto Longitud de un lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^4}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L} \dots \right)$
7		Estrella de tres puntas Longitud de un lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^3}{L^8} - 0.054 \frac{s^4}{L} \dots \right)$
8		Estrella de cuatro puntas Longitud de lado L Profundidad 2/s	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^8} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
9		Estrella de seis puntas Longitud de lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^3} - 0.409 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
10		Estrella de ocho puntas Longitud de lado L Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^3} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
11		Anillo de alambre Diámetro del anillo O Diámetro del alambre d Profundidad s/2	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
12		Placa enterrada horizontalmente Longitud 2L, sección a por b, profundidad s/2 b < a/8	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$

ANEXO 7

TABLA 8 DEL CÓDIGO DE LA NEC

Utilización de la Tabla 8 del Código de la NEC para determinar el calibre del conductor de tierra.

		Conductores				Resistencia de C. C. a 75° C (165 °F)		
Calibre AWG/ Kcmil	Área Circ. Mils	Cantidad	Diámetro pulgadas	Diámetro pulgadas	Área pulgadas cuadradas	Sin Recubrimiento Ohm/mp	Con recubrimiento	OHMMIL 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	0.260	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	0.0367	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

PLANOS

DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DEL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO
“JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO”