

**ANALISIS, ESTUDIO Y REDISEÑO DE LAS  
INSTALACIONES ELECTRICAS EN EL COLEGIO  
INTEGRADO MESA DE JERIDAS**

**EDWIN FABIAN SERRANO ARDILA  
HASSHAN LEOPOLDO RODRIGUEZ SANTANDER  
JANUAR ALEXIS LAGOS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2012**

**ANALISIS, ESTUDIO Y REDISEÑO DE LAS  
INSTALACIONES ELECTRICAS EN EL COLEGIO  
INTEGRADO MESA DE JERIDAS**

**EDWIN FABIAN SERRANO ARDILA  
HASSHAN LEOPOLDO RODRIGUEZ SANTANDER  
JANUAR ALEXIS LAGOS**

**Proyecto de Grado presentado como Requisito Parcial para optar  
el Título de Ingeniero Electricista.**

**Director  
Ing. Ciro Jurado Jerez**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2012**

## *Dedicatoria*

*A Dios principalmente por todas las bendiciones recibidas en cada instante de mi vida.*

*A mi madre hermosa que siempre estuvo presente dándome su apoyo incondicional y desinteresado.*

*A Mónica Yusely Jaimes Largo por su comprensión, paciencia, y amor.*

*Y a todos mis amigos y familiares con todos sus buenos deseos y ánimos*

*Januar Alexis Lagos*

## *Dedicatoria*

*A Dios por darme voluntad, sabiduría y fuerza en todo momento durante mi vida en la realización de mis metas y deseos. A mis padres por ser mis guías espirituales y terrenales en todo lo que debía aprender y hacer. A mis hermanos por ser ese apoyo constante e inmarcesible. Y a todas las personas que con su experiencia y su sabiduría hicieron de mí el ser que soy ahora. Gracias a todos Uds.*

*Hasshan Leopoldo Rodríguez Santander*

*Dedicatoria:*

*A mis padres por su paciencia comprensión y apoyo durante toda mi preparación profesional*

*A Dios por todas las energías, sabiduría y entusiasmo para trabajar cada día*

*A mi novia por motivarme y apoyarme incondicionalmente durante todo el camino recorrido*

*Y a mis amigos que siempre han estado conmigo desde el principio.*

*Edwin Fabián Serrano Ardila*

## Contenido

INTRODUCCION .....	42
1. MARCO TEORICO .....	43
1.1 REGULACION DE TENSION .....	43
1.2 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS RAMALES .....	46
1.3 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE LAS ACOMETIDAS y ALIMENTADORES.....	50
1.4 SELECCIÓN PARA LOS ELEMENTOS DE PROTECCION Y DESCONEXION.....	53
1.5 SELECCIÓN DE LA DUCTERIA .....	53
1.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	57
1.6.1 Método de los Cuatro Puntos o Perfil de una capa .....	57
1.6.2 METODO SUNDE O PERFIL DE LAS DOS CAPAS.....	60
Método Gráfico de Sunde:.....	61
1.7 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA .....	63
1.7.1 Método de la regla del 62% o caída de potencial.....	63
1.8 REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ILUMINACION.....	65
1.8.1 El deslumbramiento .....	67
1.8.2 Uniformidad.....	68
1.9 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS .....	69
1.10 MEDICION PARA ILUMINACIÓN EXISTENTE.....	71
1.10.1 Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.....	75
1.10.2 Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.....	76
1.10.3 Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila. ....	77
1.11 CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR .....	77
1.11.1 METODO DE CAVIDADES ZONALES .....	79
1.12 PROTECCIÓN DIFERENCIAL .....	86
1.13. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS .....	87
1.13.1 Analizador de redes.....	88
1.13.2 Pinza amperimetrica.....	88

1.13.3	Multímetro digital. ....	89
1.13.4	Luxómetro. ....	90
1.13.5	Telurómetro:.....	90
1.13.6	Rastreador de circuitos. ....	91
1.14	CALCULOS MODELOS.....	93
1.14.1	Regulación .....	93
1.14.2	Método de las cavidades zonales .....	95
2.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO.....	103
2.1	Diagramas de tensiones por fase y en el neutro. ....	105
2.1.1	Análisis de los resultados en tensión.....	119
2.2	Diagramas de Corrientes por fase y en el neutro. ....	120
2.3	Analisis de THD en tensiones y corrientes por fase.....	121
2.3.1	THD en tensiones por fase .....	122
2.3.2	THD en corrientes por fase.....	126
2.3.3	Diagramas de Demanda y Energía: .....	130
3	LEVANTAMIENTO.....	132
3.1	METODOLOGÍA IMPLEMENTADA.....	133
3.2	FASES .....	133
3.2.1	Obtención de la Información Existente. ....	133
3.2.2	Redes Eléctricas. ....	136
3.2.3	Análisis Diagnóstico del Estado actual de las Instalaciones.....	137
3.3	DESCRIPCION DEL ESTADO ACTUAL .....	137
3.3.1	Subestación eléctrica 45 kva.....	139
3.3.2	Seccionamiento y protección .....	139
3.3.3	Grupo de medida.....	140
3.3.4	Puesta a tierra interna de la subestación. ....	140
3.3.5	Descripción de los tableros de distribución.....	142
3.3.6	Acometidas.....	159
3.3.7	Tierra Sala De Sistemas .....	161
3.3.8	Resistividad Del Terreno.....	162
3.3.9	Puesta A Tierra Aislada.....	165
3.3.10	Puesta A Tierra Del Transformador .....	167
3.3.11	Condiciones De Aislamiento .....	169

3.3.12 Iluminación .....	169
3.3.13 Cuadros De Regulación .....	189
3.3.14 Cuadros De Carga .....	194
4. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS	157
4.1 Descripción de la subestación: .....	157
4.2 Totalizador:.....	160
4.3 Equipo de medida: .....	160
4.3.1 CT .....	162
4.4. REDISEÑO ILUMINACIÓN .....	163
4.4.1 Resultado del método de cavidades zonales .....	165
4.4.2 Iluminación deportiva .....	170
4.4.3 Iluminación del camino .....	172
4.4.4 Recomendaciones en el rediseño de iluminación de la institución.....	173
4.5 REDISEÑO TABLEROS .....	174
4.5.1 Tablero General de baja Tensión .....	175
4.5.2 TABLERO TA.....	176
4.5.3 TABLERO TB .....	177
4.5.4 TABLERO TC .....	178
4.5.5 TABLERO TD .....	178
4.5.6 TABLERO TE .....	180
4.5.7 TABLERO TF .....	181
4.5.8 TABLERO TG .....	182
4.5.9 TABLERO TH .....	183
4.5.10 TABLERO TI .....	184
4.5.11 TABLERO TJ .....	185
4.5.12 TABLERO TK .....	186
4.6 Cuadros de Carga Proyectado: .....	187
4.7 Cuadros de Regulación:.....	196
4.8 Rediseño de la puesta a tierra .....	205
4.9 Protección diferencial .....	207
Selección de las protecciones diferenciales .....	208
4.10 Cajas De Inspección.....	211

4.11.1 DISTRIBUCION DE LOS CIRCUITOS EN LAS CAJAS DE INSPECCIÓN.....	213
5. PRESUPUESTO DE CANTIDAD DE OBRA .....	216
6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES .....	222
7. BIBLIOGRAFIA.....	225
ANEXOS .....	226

## FIGURAS

Figura 1 Acometida aérea.....	50
Figura 2 Acometida Subterránea .....	50
Figura 3 Canalización Subterránea .....	55
Figura 4 Entrada y salida de ductos subterráneos.....	56
Figura 5 Posición de los Electrodo	58
Figura 6 Modelo de las dos Capas .....	60
Figura 7 Método Gráfico de Sunde.....	62
Figura 8 Disposición Clásica de Medidas de RPT .....	63
Figura 9 Características de Puntos de Medida de Resistencia de Puesta a Tierra Aparente .....	64
Figura 10 La iluminación de las aulas está sujeta a las de oficina .....	69
Figura 11 Area regular múltiples luminarias .....	75
Figura 12 Areas regulares con luminaria simple .....	76
Figura 13 Areas regulares luminarias en una sola fila .....	77
Figura 14 Efecto del diseño de la luminaria en del coeficiente de utilización (CU) para un local dado. ....	79
Figura 15 Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local. ....	80
Figura 16 Esquema protección diferencial .....	87
Figura 17 Espectro Fotométrico Lumin. TL5 .....	96
Figura 18 Dimensiones Luminaria .....	96
Figura 19 Formula para interpolación de doble entrada .....	98
Figura 20 Curvas Dialux.....	102
Figura 21 Diagramas de tensiones por fase y en el neutro. ....	105
Figura 22 Fase A Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00.....	107
Figura 23 Fase B Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00.....	108
Figura 24 Fase C Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00.....	109
Figura 25 Fase A Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00 .....	110

Figura 26 Fase B Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00	111
Figura 27 Fase C Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00	112
Figura 28 Fase A Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00	113
Figura 29 Fase B Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00	114
Figura 30 Fase C Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00	115
Figura 31 Fase A Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00	116
Figura 32 Fase B Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00	117
Figura 33 Fase C Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00	118
Figura 34 Análisis valores extremos	119
Figura 35 Diagramas de Corrientes por fase y en el neutro.	120
Figura 36 DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO TENSIÓN	122
Figura 37 DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO TENSIÓN	123
Figura 38 DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO TENSIÓN	124
Figura 39 DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO INTENSIDAD	126
Figura 40 DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO INTENSIDAD	127
Figura 41 DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO INTENSIDAD	128
Figura 42 Diagramas de Demanda y Energía:	130
Figura 43 Ubicacion Proyecto	135
Figura 44 Subestación Levantamiento	139
Figura 45 Esquema de conexion del contador	140
Figura 46 Contador Trifásico Levantamiento	140
Figura 47 Tierra Deficiente levantamiento	141
Figura 48 Electrodo de Puesta a Tierra	141
Figura 49 Tablero TA levantamiento	143
Figura 50 Tablero TB levantamiento	146

Figura 51 Tablero TC levantamiento .....	148
Figura 52 Tablero TD levantamiento .....	150
Figura 53 Tablero TE levantamiento .....	152
Figura 54 Tablero TF levantamiento.....	154
Figura 55 Tablero TG levantamiento .....	156
Figura 56 Tablero TH levantamiento .....	158
Figura 57 Acometida Deteriorada .....	159
Figura 58 Acometida Aérea Errónea .....	160
Figura 59 Nodos y Puntos de Unión Deplorables .....	160
Figura 60 Tierra Aislada Sala de Computo .....	161
Figura 61 $\rho_{prom}$ vs Profundidad .....	162
Figura 62 Resistividad Teórica .....	164
Figura 63 Resistividad Teórica .....	165
Figura 64 Resistencia del electrodo vs Distancia.....	166
Figura 65 Curva de Resistividad PT del Transformador .....	168
Figura 66 Laboratorio de Química Modelo 1 .....	172
Figura 67 Salón de clases (Primaria 9) Modelo 2 .....	176
Figura 68 Almacén Modelo 3 .....	180
Figura 69 Totalizador .....	160
Figura 70 Contador Rediseño.....	161
Figura 71 Transformador de Corriente .....	162
Figura 72 Relación entre la separación del campo y la altura de los postes .....	171
Figura 73 Distribución Lumínica de la Cancha.....	171
Figura 74 Proyector Cancha de Microfútbol.....	172
Figura 75 Luminaria modelo .....	172
Figura 76 Sistemas con puesta a tierra dedicada e interconectada.....	205
Figura 77 Protección Diferencial.....	207
Figura 78 Diseño de Caja Modelo1 .....	211
Figura 79 Diseño de Caja Modelo 2 .....	212

## TABLAS

Tabla 1 Constantes de regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.....	44
Tabla 2 Factores de corrección para otras conexiones. ....	45
Tabla 3 Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.....	47
Tabla 4 Capacidades de corriente (A) permisibles para conductores aislados para 0 a 2000 V nominales. Para no más de 3 conductores en canalización, cable o directamente enterrados. Temperatura ambiente 30 °C .....	49
Tabla 5 Utilización de conductores.....	49
Tabla 6 Factores de corrección por temperatura. ....	50
Tabla 7 Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrada.....	51
Tabla 8 Cajas de inspección. ....	52
Tabla 9 Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores. ....	54
Tabla 10 Número máximo de conductores en tubo conduit rígido de PVC.....	54
Tabla 11 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea. ....	68
Tabla 12 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigible para diferentes áreas y actividades.....	70
Tabla 13 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea .....	72
Tabla 14 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI) .....	73
Tabla 15 Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias .....	82
Tabla 16 Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas. ....	83
Tabla 17 Valores Límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI).....	86
Tabla 18 Constantes de Regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico. ....	94
Tabla 19 Factores de corrección para otras conexiones. ....	95
Tabla 20 Características luminarias .....	97

Tabla 21 Resultado coeficiente uniformidad.....	99
Tabla 22 Transformador trifásico existente .....	103
Tabla 23 Resultados promedio en el periodo descrito por fase en tensión y corriente analizador de redes .....	104
Tabla 24 Resultados porcentaje THD tensión y corriente .....	104
Tabla 25 Resultados Tensiones max. y min. Analizador de Redes .....	106
Tabla 26 Demanda y energía existente .....	131
Tabla 27 Informe De Potencia MIN/MAX/PROMEDIO.....	132
Tabla 28 Resumen potencia Tablero TA .....	144
Tabla 29 Resumen potencia Tablero TB.....	146
Tabla 30 Resumen potencia Tablero TC .....	148
Tabla 31 Resumen potencia Tablero TD .....	150
Tabla 32 Resumen potencia Tablero TE .....	152
Tabla 33 Resumen potencia Tablero TF .....	154
Tabla 34 Resumen potencia Tablero TG .....	156
Tabla 35 Resumen potencia Tablero TH.....	158
Tabla 36 Resistividad del terreno levantamiento .....	162
Tabla 37 Resistividad levantamiento método de sunde.....	163
Tabla 38 Medición resistencia de puesta a tierra .....	166
Tabla 39 resistencia por medio de la Regla del 62% .....	167
Tabla 40 Resistencia de puesta a tierras de acuerdo a la ubicación del electrodo .....	168
Tabla 41 Resistencia por el método del 62% .....	169
Tabla 42 Descripción de paredes, pisos y techos. ....	172
Tabla 43 Condiciones generales .....	173
Tabla 44 Disposición de las luminarias en el local .....	173
Tabla 45 Resultados medidas tomadas .....	174
Tabla 46 Descripción de paredes pisos y techos.....	176
Tabla 47 Condiciones generales .....	177
Tabla 48 Medidas de iluminancia .....	177

Tabla 49 Resultados Obtenidos.....	178
Tabla 50 Descripción de paredes pisos y techos.....	180
Tabla 51 Condiciones generales.....	181
Tabla 52 Medidas de iluminancia.....	181
Tabla 53 Resultados de medidas tomados.....	182
Tabla 54 Medición de iluminancia en puesto de trabajo.....	184
Tabla 55 Resultados iluminación levantamiento.....	186
Tabla 56 Elementos iluminación existente.....	188
Tabla 57 Regulación Tablero TA Etapa 2 y laboratorios.....	190
Tabla 58 Regulación acometida Tablero TA Etapa 2 y laboratorios.....	190
Tabla 59 Regulación Tablero TB Cocina profesores.....	191
Tabla 60 Regulación acometida Tablero TB Cocina profesores.....	191
Tabla 61 Regulación Tablero TC Etapa 3.....	191
Tabla 62 Regulación acometida Tablero TC Etapa 3.....	191
Tabla 63 Regulación Tablero TD Biblioteca.....	192
Tabla 64 Regulación acometida Tablero TD Biblioteca.....	192
Tabla 65 Regulación Tablero TE Sala de cómputo.....	192
Tabla 66 Regulación acometida Tablero TE Sala de cómputo.....	192
Tabla 67 Regulación Tablero TF Aulas antiguas.....	193
Tabla 68 Regulación acometida Tablero TF Aulas antiguas.....	193
Tabla 69 Regulación Tablero TG Primeros salones etapa 3.....	193
Tabla 70 Regulación acometida Tablero TG Primeros salones etapa 3.....	193
Tabla 71 Regulación Tablero TH Gabinete internet.....	194
Tabla 72 Regulación acometida Tablero TH Gabinete internet.....	194
Tabla 73 Carga instalada resumen por tablero.....	195
Tabla 74 Cargas Tablero TA Etapa 2 y laboratorios.....	196
Tabla 75 Tablero TB Cocina profesores.....	197
Tabla 76 Cargas Tablero TC Etapa 3.....	198
Tabla 77 Cargas Tablero TE Sala de cómputo.....	199
Tabla 78 Cargas Tablero TD Biblioteca.....	199

Tabla 79 Tablero TF Aulas antiguas .....	200
Tabla 80 Cargas Tablero TG Primeros salones etapa 3 .....	200
Tabla 81 Cargas Tablero TH Gabinete internet .....	201
Tabla 82 Fuente: ESSA sección 2.1.1 tabla 2.1 Demanda máxima por niveles de tensión.....	159
Tabla 83 Fuente ESSA, sección 2.1.6 tabla 2.5 Impedancia de puesta a tierra ...	159
Tabla 84 Características contador de energía.....	161
Tabla 85 Datos técnicos del Ct .....	162
Tabla 86 Niveles de iluminancia según tipo de recinto .....	164
Tabla 87 Reflectancias para diversos materiales y terminados .....	164
Tabla 88 Reflectancias para diversos materiales y terminados .....	165
Tabla 89 Cálculos previos para hallar la iluminancia promedio.....	167
Tabla 90 Cálculos de los niveles de luminancia por cada lugar.Fuente: los autores .....	169
Tabla 91 Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares .....	170
Tabla 92 Totalizadores rediseño.....	175
Tabla 93 Cuadro de cargas TA proyectado .....	185
Tabla 94 Cuadro de cargas TB proyectado .....	185
Tabla 95 Cuadro de cargas TB proyectado.....	186
Tabla 96 Cuadro de cargas TE proyectado .....	188
Tabla 97 Cuadro de cargas TE proyectado .....	188
Tabla 98 Cuadro de cargas TF proyectado .....	190
Tabla 99 Cuadro de cargas TG proyectado.....	191
Tabla 100 Cuadro de cargas TH proyectado.....	192
Tabla 101 Cuadro de cargas TI proyectado.....	193
Tabla 102 Cuadro de cargas TJ proyectado.....	194
Tabla 103 Cuadro de cargas TK proyectado .....	194
Tabla 104 Tablero General de Distribución .....	195
Tabla 105 Regulación TA proyectado.....	196
Tabla 106 Regulación TB proyectado.....	197

Tabla 107 Regulación TC proyectado.....	198
Tabla 108 Regulación TD proyectado.....	199
Tabla 109 Regulación TD proyectado.....	200
Tabla 110 Regulación TE proyectado.....	200
Tabla 111 Regulación TG proyectado .....	201
Tabla 112 Regulación TH proyectado.....	202
Tabla 113 Regulación TI proyectado .....	202
Tabla 114 Regulación TJ proyectado .....	203
Tabla 115 Regulación TK proyectado.....	203
Tabla 116 Cuadro de regulación acometida de tableros proyectado .....	204
Tabla 117 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra .....	205
Tabla 118 Requisito para electrodo de puesta a tierra .....	206
Tabla 119 Protecciones diferenciales rediseño .....	209
Tabla 120 Protecciones diferenciales proyectadas en TE y TF .....	210
Tabla 121 Cajas de inspección proyectadas .....	215
Tabla 122 Presupuesto de materiales para el rediseño.....	221

## LISTA DE ANEXOS

<u>ANEXO A</u> .....	226
<u>ANEXO B</u> .....	229
<u>ANEXO C</u> .....	230

## ABREVIATURAS

<b>°C</b>	Grados Celsius.
<b>ANSI</b>	Instituto Nacional Americano de Estandarización (American National Standards Institute).
<b>AWG</b>	American Wire Gage (galga Americana).
<b>B.T</b>	Baja tensión.
<b>C.A</b>	Corriente Alterna.
<b>C.C</b>	Corriente Continua.
<b>CEI</b>	Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission).
<b>DDR</b>	interruptor diferencial residual.
<b>E.P.M</b>	Empresas Públicas de Medellín.
<b>ESSA</b>	Electrificadora de Santander S.A.
<b>Fp</b>	Factor de Potencia.
<b>Hz</b>	Hertz (Unidad de Medida de Frecuencia).
<b>I</b>	Intensidad de Corriente Eléctrica.
<b>ICONTEC</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Committee.
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute Engineer electrical electronic).
<b>IES</b>	Illuminating Engineering Society.

<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana.
<b>Ohm</b>	Ohms (Unidad de Medida de Resistencia).
<b>Pp</b>	Pérdidas de Potencia en %.
<b>R</b>	Resistencia en Ohms.
<b>RETIE</b>	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
<b>RETILAP</b>	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades.
<b>STD</b>	Estándar.
<b>V</b>	Tensión en Volts.
<b>VA</b>	Volts-Amperes (Unidad de Medida de Potencia Aparente)
<b><math>\rho</math></b>	Resistividad.

## GLOSARIO

Esta sección contiene únicamente las definiciones esenciales para la aplicación apropiada de este documento. No trata de incluir todos los términos generales o los términos técnicos comúnmente definidos en códigos o normas. En general en este Glosario se definen los términos utilizados durante todo el desarrollo del texto<sup>1</sup>.

**Accesible:** (referido a métodos de alambrado): que se puede desmontar o quitar sin daños a la estructura o acabado del edificio, o que no está permanentemente cerrada por la estructura o acabado del edificio.

**Acometida:** Derivación de la red local del servicio público correspondiente, que llega hasta el elemento de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el elemento de corte general.

**Activo:** Energizado.

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

---

<sup>1</sup> Las definiciones presentes fueron tomadas de los glosarios de la Norma ESSA, Norma NTC 2050, RETIE y

**Automático:** Que actúa por sí mismo, funcionando por sus propios mecanismos cuando se le acciona por un medio sin intervención personal.

**Balasto:** Unidad insertada en la red y una o más bombillas de descarga, la cual, por medio de inductancia o capacitancia o la combinación de inductancias y capacitancias, sirve para limitar la corriente de la(s) bombilla(s) hasta el valor requerido. El balasto puede constar de uno o más componentes.

Puede incluir, también medios para transformar la tensión de alimentación y arreglos que ayuden a proveer la tensión de arranque, prevenir el arranque en

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

**Baja tensión:** Nivel de tensión menor o igual a 1000 V.

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

**Bombilla o lámpara:** Término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre.

Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

**Cable:** Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

**Capacidad de corriente:** Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

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

**Capacidad instalada:** Capacidad nominal del componente limitante de un sistema.

**Capacidad nominal:** Conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento continuado bajo unas condiciones específicas.

**Campo visual:** Lugar geométrico de todos los objetos o puntos en el espacio que pueden ser percibidos cuando la cabeza y los ojos de un observador se mantienen fijos. El campo puede ser monocular o binocular.

**Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras.

**Candela (cd):** Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de  $540 \times 10^{12}$  Hz y en la cual la intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  W por estereorradián.

**Carga:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**Carga Continua:** Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

**Circuito:** Conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, interconectados entre sí, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. Los cableados internos de equipos no se toman como circuitos.

**Circuito alimentador:** Línea eléctrica que lleva potencia eléctrica de una central generadora o subestación a un centro de consumo.

**Circuito ramal en baja tensión:** Conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas internas.

**Coefficiente de Utilización (CU o K):** Relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar (flujo útil) y el flujo total emitido por una luminaria. Usualmente, se aplica este término cuando se refiere a luminarias de alumbrado público. También se conoce como factor de utilización de la luminaria.

**Conductor activo (conductor de fase):** Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

**Conduit:** Tubo rígido metálico o no metálico, destinado para alojar conductores.

**Contacto directo:** Contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

**Contador de energía:** Aparato que registra el consumo de energía eléctrica.

**Corriente de contacto:** Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión.

**Cuadro de distribución:** Un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos.

**Curva Isolux:** Línea que une todos los puntos que tengan la misma iluminancia en el plano horizontal, para una altura de montaje de 1 m o 10 m y un flujo luminoso de 1.000 lm.

**Descargador de sobretensiones:** Dispositivo para protección de equipos eléctricos, el cual limita el nivel de la sobretensión, mediante la absorción de la mayor parte de la energía transitoria, minimizando la transmitida a los equipos y reflejando la otra parte hacia la red (se le conoce erróneamente como pararrayos).

**Depreciación lumínica:** Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.

**Distancia de seguridad:** Mínima distancia entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá descarga por acercamiento.

**DPS:** Sigla del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias o descargador de sobretensiones.

**Electrodo de puesta a tierra:** Conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

**Empalme:** Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

**Factor de carga:** Razón de la demanda promedio en un cierto periodo a la demanda máxima durante ese periodo.

**Factor de demanda:** Razón de la demanda máxima de un sistema a la carga instalada del mismo.

**Factor de diversidad:** Razón de la suma de las demandas máximas.

**Factor de potencia:** Razón entre la potencia activa (kW) y la potencia de dimensionamiento (kVA).

**Factor de mantenimiento (FM):** Factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un período dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la bombilla, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el período de operación (limpieza) de la luminaria.

**Factor de uniformidad de iluminancia:** Medida de la variación de la iluminancia sobre un plano dado, expresada mediante alguno de los siguientes valores

- a) Relación entre la iluminancia mínima y la máxima.
- b) Relación entre la iluminancia mínima y la promedio.

**Factor de uniformidad general de la luminancia ( $U_o$ ):** Relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio sobre la superficie de una calzada.

**$U_o = L_{min}/L_{proen}$  [%].** Es una medida del comportamiento visual que no puede ser inferior a 40% para  $L$  comprendido entre el rango de 1 cd/m<sup>2</sup> a 3 cd/m<sup>2</sup>, con el fin de que un objeto sea perceptible el 75% de los casos en un tiempo no mayor a 0,1 s.

**Fase:** Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

**Flujo luminoso ( $\Phi$ ):** Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

**Fusible:** Aparato cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual está insertado.

**Iluminancia:** Flujo luminoso por unidad de superficie que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

**Iluminación:** Acción o efecto de iluminar.

Nota: Este término no debe ser utilizado para referirse a la densidad de flujo luminoso en una superficie.

**Índice de deslumbramiento unificado (UGR):** Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 117.

**Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Lumen (lm):** Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián)

por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

**Luminaria:** Componente mecánico principal de un sistema de alumbrado, que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación.

**Lux (lx):** Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ( $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ )

**Luxómetro:** Instrumento para la medición del nivel de iluminación.

**Mantenimiento:** <Del flujo luminoso> Efecto de mantener o mantenerse, cuidar su permanencia.

Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones puedan seguir funcionando adecuadamente.

**Momento eléctrico:** Producto de la longitud de un tramo de red por la potencia que circula por la misma.

**Neutro:** Conductor activo equipotencial izado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.

**Norma técnica colombiana (NTC):** Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

**Pararrayos:** Elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación a proteger (se denomina terminal de captación).

**Plano:** Representación a escala de una superficie.

**Plano de trabajo:** Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

**Potencia activa:** Valor promedio de la potencia instantánea en un número entero de periodos. Es la componente de la potencia de dimensionamiento para la cual la tensión se encuentra en fase con la corriente.

**Potencia reactiva:** Componente en cuadratura, de la potencia de dimensionamiento. Se obtiene como la raíz cuadrada de la diferencia de los cuadrados de la potencia de dimensionamiento y la potencia activa.

**Puesta a tierra:** Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**Red de distribución:** Conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.

**Reflectancia de una superficie:** Relación entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente sobre una superficie. Se expresa en %.

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi_i}$$

**Reglamento técnico:** Documento en el que se presentan las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

**Regulación:** Razón en porcentaje (%) entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y a plena carga, con respecto a la magnitud de la tensión en el receptor a plena carga.

**Rendimiento visual:** Es el término usado para describir la velocidad con la que funciona el ojo, así como la precisión con la cual se puede llevar a cabo una tarea visual.

El valor del rendimiento visual para la percepción de un objeto se incrementa hasta cierto nivel al incrementar la iluminancia o la luminancia del local. Otros factores que influyen sobre el rendimiento visual son el tamaño de la tarea visual y su distancia al observador, así como los contrastes de color y luminancia.

**RETIE ó Retie:** Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

**Resistencia de puesta a tierra:** Razón entre la diferencia de potencial del sistema de puesta a tierra a medir con respecto a una tierra remota, y la corriente que fluye entre estos puntos.

**Salida:** Punto en el sistema de alambrado de una instalación interna donde se toma energía eléctrica para alimentar un aparato o equipo (también se denomina punto de conexión común).

**Seguridad:** Estado de riesgo aceptable o actitud mental de las personas.

**Sistema de distribución:** Conjunto de las instalaciones cuyo propósito es el transporte de electricidad a usuarios situados en un área, a niveles de media y/o baja tensión.

**Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interruptores ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y el cableado puesto a tierra.

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

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

**Subestación:** Conjunto de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**Subestación aérea:** Subestación que se instala a la intemperie y en la cual la base del transformador está a una altura de seis metros o más sobre el nivel del piso.

**Subestación de distribución:** Subestación que toma potencia de circuitos de media tensión y la entrega al nivel requerido por el usuario.

**Tablero de acometida o tablero parcial:** Conjunto de equipos de medida y protección, barrajes y cableado, que recibe la(s) acometida(s) y del cual se derivan las acometidas parciales.

**Tablero de distribución:** Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.

**Tensión:** Diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

**Tierra (Ground o earth):** Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

**Tomacorriente:** Dispositivo con contactos hembra, diseñado para instalación fija en una estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija.

**Tomacorriente GFCI:** Tomacorrientes con protección contra corrientes de falla a tierra (Ground Fault Current Interruptor).

**Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor.

**Valor de eficiencia energética de la instalación VEII.** Valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 luxes.

**Vida útil (de una fuente luminosa):** Período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.

**Visibilidad:** Cualidad o estado de ser perceptible por el ojo. En muchas aplicaciones en exteriores, la visibilidad se define en términos de distancia a la cual un objeto puede ser percibido escasamente por el ojo. En aplicaciones en interiores, usualmente se define en términos de contraste o del tamaño de un objeto estándar de prueba, observado en condiciones normalizadas de visión, con el mismo umbral que el objeto dado.

**Zona de servidumbre:** Franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

## RESUMEN

### **TITULO: ANALISIS, ESTUDIO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN EL COLEGIO INTEGRADO MESA DE JERIDAS \***

#### **AUTORES:**

EDWIN FABIAN SERRANO ARDILA  
HASSHAN LEOPOLDO RODRIGUEZ SANTANDER  
JANUAR ALEXIS LAGOS \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Instalaciones Eléctricas, Estudio, Levantamiento, Análisis, Rediseño.

El presente documento hace en primera medida un estudio del estado actual de las Instalaciones eléctricas de todos los planteles del Colegio Integrado Mesa de Jéridas, con la intención de plantear una propuesta de actualización y seguridad en toda la Institución.

En primera estancia se registra toda la información obtenida del levantamiento en relación al estado físico, ubicación y disposición del transformador, de las acometidas, de los tableros generales y de distribución, los alimentadores, las instalaciones eléctricas externas e internas, iluminación interior y condiciones de todas las salidas de energía o interrupción. Una vez se registra la información de manera escrita y visual en los planos, se diagnostica el funcionamiento de todo el sistema, donde se enseñan detalles sobre la carga instalada, regulación de tensión, iluminación y sistema de tierras.

Una vez se determinan todas las fallas y carencias del sistema, presentamos un diseño como solución y mejora a la situación actual, basados en la seguridad y el bienestar de todos los usuarios, argumentado en cálculos y planos, con enfoque especial en todos los reglamentos y normativas aplicables a Colombia.

Por medio del documento y de fotografías se evidencian todos los fallos e inconformidades que se encontraron

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director del Proyecto Ing. Ciro Jurado Jerez.

## SUMMARY

**TITLE: ANALYSIS, STUDY AND REDESIGN OF THE ELECTRICAL FACILITIES IN THE INTEGRATED COLLEGE MESA DE JERIDAS \***

**AUTHORS:**

EDWIN FABIAN SERRANO ARDILA  
HASSHAN LEOPOLDO RODRIGUEZ SANTANDER  
JANUAR ALEXIS LAGOS \*\*

**KEY WORDS:** Electrical Facilities, Study, Lift, Analysis, Redesign.

The present document does in the first measure a study of the current condition of the electrical Facilities of all the nurseries of the Integrated College Mesa de Jéridas, with the intention of propose an offer of update and security in the whole Institution.

The first step is to register all the information obtained of the electrical raising in relation to the physical condition, location and disposition of the transformer, of the assaults, of the general boards and of distribution, the feeders, the electrical external and internal facilities, interior lighting and conditions of all the exits of energy or interruption. Once all the information was registered, in written and visual way in the planes, there is diagnosed the functioning of the whole system, where details are taught on the installed load, regulation of tension, lighting and system of lands.

Once there decide all the faults and lacks of the system, let's sense beforehand a design as solution and improvement to the current situation, based on the safety and the well-being of all the users, argued in calculations and planes, with special approach in all the regulations and norms applicables to Colombia.

By means of the document and photographs there are demonstrated all the failures and dissents that they found

---

\* Project of Promotion.

\*\* Faculty of Sciences Physic-mechanics, School of Electrical, Electronic Engineering and Telecommunications. The director of the Project Ing.CiroJurado Jerez.

## INTRODUCCION

En este trabajo de grado desarrollamos un recorrido a través de las instalaciones eléctricas del Colegio Integrado Mesa de Jeridas, debido a que la institución presentaba una serie de problemas y fallencias eléctricas las cuales se nos fueron expuestas por el rector del plantel, con la finalidad de ofrecer posibles soluciones a las fallas que encontramos.

Por esta razón se realizó un estudio, el cual abarcó los temas desde aguas abajo del transformador hasta todas las posibles salidas de la institución educativa rural de nivel básico. Conjuntamente se analizó la calidad del servicio.

Para la solución de dudas e inquietudes en cuanto a métodos de medida, diseño, análisis de los datos etc. Nos basamos en la normativa colombiana, tanto para diseño de iluminación, diseño de las instalaciones y seguridad, como por ejemplo el RETILAP, la NTC 2050, RETIE, además de reglamentos y manuales como los aportados por EPM, para el desarrollo e instalación de los sistemas de puesta a tierra.

También se encontrarán los cálculos modelos que se recomiendan realizar en cada uno de los elementos que componen el diseño de una institución pública educativa, buscando satisfacer las necesidades de los usuarios directos de este servicio, seleccionando además equipos e instrumentos de diferentes catálogos escogidos, por las características que cumplen de la forma más eficiente los requerimientos.

# 1. MARCO TEORICO

## 1.1 REGULACION DE TENSION

Para los diseños de instalaciones eléctricas es necesario dimensionar las características de los conductores necesarios para satisfacer las necesidades del plantel, para esto hemos de calcular además del calibre del conductor y su capacidad de conducción, la posible caída de tensión en el caso más extremo de los circuitos ramas y alimentadores.

La regulación de tensión es el porcentaje entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y en plena carga, con respecto a la magnitud del receptor a plena carga, se presenta debido a que existe una impedancia en la red que transporta la corriente.

Según la ESSA<sup>2</sup> y teniendo en cuenta el factor de corrección definen la regulación de la siguiente manera.

$$\delta\% = \frac{K_g * S * L * F_s}{V^2}$$

---

<sup>2</sup> Sección 3.1.12.9.2 Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.

Dónde:

$\delta$  %: el valor de la regulación en por ciento.

Fs: Factor de corrección para transformadores y circuitos no trifásicos.

V: Tensión de línea en el extremo receptor, en V.

Kg: constante de regulación del conductor.

L: Longitud del conductor en m

S: Demanda máxima en kVA

Tensión	(KG) Baja tensión (*)				
Cos f	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14 AWG	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12 AWG	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10 AWG	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8 AWG	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6 AWG	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4 AWG	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2 AWG	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1 AWG	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0 AWG	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0 AWG	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0 AWG	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0 AWG	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368
250 kcmils	18,349	18,40482	18,2864	17,8453	15,5456
350 kcmils	14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059
500 kcmils	11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739
750 kcmils	9,65586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18
1000 kcmils	8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942

**Tabla 1 Constantes de regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.**

Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.12.9.2. Tabla 3.25.

El factor de corrección se utiliza de acuerdo al tipo de subestación y del tipo de red, y se muestran en la tabla 1. Para sistemas tetrafilares balanceados en baja tensión y balanceados en media tensión este factor corresponde a 1.

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2,25

**Tabla 2 Factores de corrección para otras conexiones.**  
Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.12.9.3. Tabla 3.26.

Según la NTC 2050 en su sección 210-19, Inciso a, Nota 4: “Los conductores de circuitos ramales como están definidos en la sección 100, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere al 5%, ofrecen una eficacia razonable de funcionamiento”, es pocas palabras observamos que para los circuitos ramales tenemos una regulación máxima 3% y en los circuitos alimentadores tenemos 2%, para cumplir con el 5% desde los bornes del transformador hasta la última salida.

## **1.2 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS RAMALES**

Para hacer un buen dimensionamiento de estos conductores debemos analizar la carga a alimentar para deducir la cantidad de corriente que circula, con esto poder seleccionar un calibre adecuado y posteriormente garantizar el cumplimiento de la regulación exigida por la norma, en caso que la primera selección no cumpla debemos aumentar el calibre y corroborar de nuevo. Aunque no se puede olvidar el nivel de tensión para el aislamiento y el factor de corrección por temperatura para la capacidad del conductor.

Las cargas se calculan preferiblemente con base en los volt-amperios; además para efectos de cálculo se tendrá en cuenta las tensiones nominales de cada sistema.

Para esto nos basamos en la NTC 2050 sección 220-3, teniendo en cuenta:

a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.

Excepción. Cuando el conjunto, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente, esté certificado para funcionamiento continuo al 100 % de su capacidad nominal.

La carga de iluminación y tomas comunes de 20A o menos no será menor de 32VA por metro cuadrado y el área a considerar no incluye espacios de acceso descubierto, garajes, ni espacios sin uso presente o futuro, según la tabla:

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m <sup>2</sup> )
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38 **
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propiamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

**Tabla 3 Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.**  
Fuente: Norma NTC 2050. Sección 220-3. Tabla 220-3.b).

La carga mínima para cada toma de uso general, no será menor a:

- Salida para equipos específicos: igual a la del equipo a servir.
- La salida que alimenta luminarias empotradas en cielo falso igual a la de la luminaria
- Salida para portalámparas de tipo pesado: 600VA
- Otras salidas: 180VA

Los conductores de los alimentadores deberán tener suficiente capacidad portadora de corriente para atender la carga conectada así:

- a. Carga continua y no continua
- b. Carga de iluminación
- c. Unidades fijas de calefacción
- d. Carga de los circuitos ramales de 20A adicionales en la cocina en la zona de ropas
- e. Aparatos no portátiles o electrodomésticos en viviendas
- f. Secadores de ropa en viviendas

- g. Estufas o equipos de cocina
- h. Cargas no coincidentes

Aunque no todas las anteriormente mencionadas existen para nuestro caso.

Dada la necesidad para que el conductor cumpla con la condición de regulación, se considera el cálculo del conductor para el rediseño, para lo cual se tiene la siguiente relación:

$$KG = \frac{\delta\% \cdot V^2}{f_c \cdot S \cdot l}$$

Dónde:

$\delta\%$ : Regulación en por ciento.

$f_c$ : Factor de corrección.

S: Potencia aparente en VA.

L: Longitud entre receptor y fuente en m.

V: Tensión nominal de línea para sistemas trifásicos tetrafilares V.

Seleccionamos el conductor que cumpla con este valor o con un valor inmediatamente inferior, de la ESSA, en su numeral 3.1.12.9.2 Conductores de cobre aislado en ducto no metálico, establece los valores de Kg, para sistemas en baja tensión.

Para obtener la constante de regulación K se divide el valor correspondiente de la constante generalizada KG por el voltaje de línea al cuadrado  $K = \frac{KG}{V_l^2}$

Ahora se procede a seleccionar el conductor según la carga calculada, la utilización y la regulación, de acuerdo a la ESSA en su sección 3.1.12, además de realizar la corrección por temperatura de trabajo.

Conductor		Temperatura nominal del conductor					
		60 °C TW		75 °C THW		90 °C XLP	
Sección transv. [mm <sup>2</sup> ]	Calibre AWG ó kcmil	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
0,82	18	-	-	-	-	14	-
1,31	16	-	-	-	-	18	-
2,08	14	20*	-	20*	-	25	-
3,3	12	25*	20*	25*	20*	30*	25*
5,25	10	30	25	35*	30*	40*	35*
8,36	8	40	30	50	40	55	45
13,29	6	55	40	65	50	75	60
21,14	4	70	55	85	65	95	75
26,66	3	85	65	100	75	110	85
33,62	2	95	75	115	90	130	100
42,2	1	110	85	130	100	150	115
53,5	0	125	100	150	120	170	135
67,44	00	145	115	175	135	195	150
85,02	000	165	130	200	155	225	175
107,21	0000	195	150	230	180	260	205
126,67	250	215	170	255	205	290	230
152,01	300	240	190	285	230	320	255
177,34	350	260	210	310	250	350	280
202,68	400	280	225	335	270	380	305
253,35	500	320	260	380	310	430	350
304,02	600	355	285	420	340	475	385
354,69	700	385	310	460	375	520	420
380,02	750	400	320	475	385	535	435
405,36	800	410	330	490	395	555	450
456,03	900	435	355	520	425	585	480
506,7	1000	455	375	545	445	615	500
633,38	1250	495	405	590	485	665	545
760,05	1500	520	435	625	520	705	585
886,73	1750	545	455	650	545	735	615
1013,4	2000	560	470	665	560	750	630

**Tabla 4 Capacidades de corriente (A) permisibles para conductores aislados para 0 a 2000 V nominales. Para no más de 3 conductores en canalización, cable o directamente enterrados. Temperatura ambiente 30 °C**

Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.12.3. Tabla 3.15.

Red	Utilización	Instalación	Material	Calibre mínimo (AWG)
MT	Urbana**	Aérea	ACSR	2/0
MT	Rural	Aérea	ACSR	2
MT	Urbana o Rural	Subterránea	Cu XLPE	2 (13,2 kV) - 1/0 (34,5 kV)
BT	Urbana (F)*	Aérea	Al THW	4
BT	Urbana (N)*	Aérea	ASC o ACSR	4
BT	Rural	Aérea	ACSR	4
BT	Urbana (F y N)	Subterránea	Cu THW	6
BT	Acometida	Aérea	Al, Cu TW o THW	6 (Al) - 8 (Cu)
BT	Acometida	Subterránea	Al, Cu TW o THW	6 (Al) - 8 (Cu)
BT	Internas	Ducto	Cu TW	14
AP	Urbana o rural	Aérea	Al TW	8
AP	Urbana	Subterránea	Al, Cu TW o THW	8 (Al) - 10 (Cu)

**Tabla 5 Utilización de conductores.**

Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.12.1. Tabla 3.13.

Temperatura Ambiente °C	Temperatura del conductor		
	60 °C TW	75 °C THW	90 °C XLP
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	-	0,58	0,71
61-70	-	0,33	0,58
71-80	-	-	0,41

Tabla 6 Factores de corrección por temperatura.

Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.12.4. Tabla 3.16.

### 1.3 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE LAS ACOMETIDAS y ALIMENTADORES

El conductor de la acometida deberá tener suficiente capacidad portadora de corriente para manejar la carga y deberán ser aislados para la tensión de servicio.

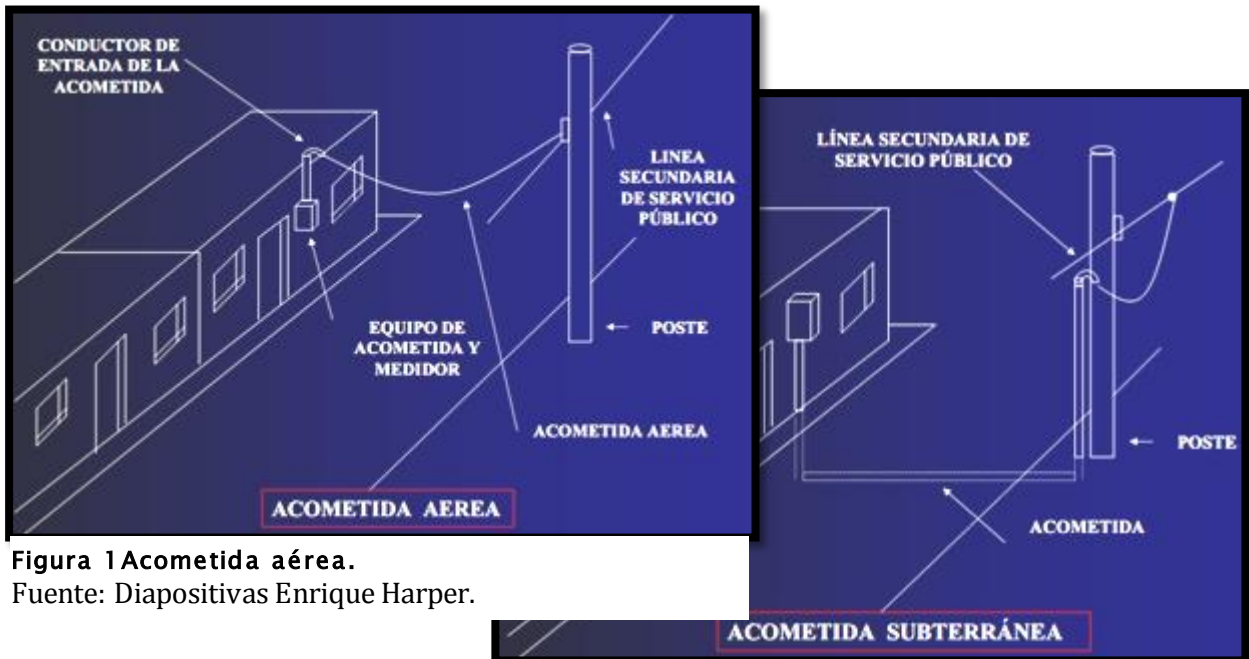


Figura 1 Acometida aérea.

Fuente: Diapositivas Enrique Harper.

Figura 2 Acometida Subterránea

Fuente: Diapositivas Enrique Harper.

Los factores de demanda de la Tabla 220-11 de la NTC 2050, se deben aplicar a la parte de la carga total calculada del circuito ramal de alumbrado general. Esos factores no se deben aplicar para calcular el número de circuitos ramales para alumbrado general. Para este caso el método para **Unidades de vivienda**.

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3.001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Hospitales *	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20.001 a 100 000	40
	A partir de 100 000	30
Depósitos	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Todos los demás	VA totales	100

**Tabla 7 Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrada.**

Fuente: NTC 2050. Sección 220-11. Tabla 220-11.

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

Las cajas de inspección<sup>4</sup> deben quedar localizadas en andenes o zonas verdes y no podrán tener ningún elemento sobre ellos que impida la libre apertura de la tapa. Cuando se requiera su localización en calzadas sometidas a tráfico vehicular

<sup>3</sup> NTC 2050. Sección 384-14 Panel de distribución para circuito ramal de alumbrado y artefactos.

<sup>4</sup> Norma ESSA. Sección 4.5.1.1 Cajas de Inspección.

se revisará el diseño de la mampostería y la tapa, y se solicitará aprobación a la Empresa para su instalación con una justificación adecuada.

Las cajas para redes de media tensión serán exclusivas para un solo nivel de tensión, mientras que las cajas para redes de baja tensión podrán alojar a su vez redes de alumbrado público. En ningún caso las cajas para redes eléctricas podrán ser cruzadas por ductos o conductores de otros sistemas (por ejemplo: comunicaciones, televisión, acueducto, gas, alcantarillado, etc.).

Las canalizaciones subterráneas en ductos, deben tener cámaras de inspección que cumplan los requerimientos antes dichos, debiéndose instalar, en tramos rectos, a distancias no mayores a 40 metros, salvo cuando existan causas debidamente justificadas que exijan una distancia mayor, por ejemplo cruce de grandes avenidas, en cuyo caso debe quedar asentado en las memorias o especificaciones técnicas del proyecto. En el caso de cruce de una vía se debe instalar una caja de inspección a cada lado de la misma. En caso de derivación de redes subterráneas, de redes aéreas, se debe instalar una caja de inspección cerca de la base del poste.

Red	Utilización	Medidas interiores [m]	Marco	Tapa
MT	Caja doble (*)	1,2 x 1,5 x 1	Metálico	Concreto
MT	Caja sencilla	0,7 x 1,2 x 1,17	Metálico	Concreto
MT	Tipo vehicular	1,5 x 1,5 x 1,8	Metálico	Concreto
BT	Vías públicas	0,6 x 0,6 x 0,82	Metálico	Concreto
BT	Vías privadas	0,6 x 0,6 x 0,82	Metálico	Concreto
AP	Vías públicas	0,4 x 0,4 x 0,5	Metálico	Concreto
AP	Vías privadas	0,3 x 0,3 x 0,4	Metálico	Concreto
AP	Parques	0,3 x 0,3 x 0,4	Metálico	Concreto

**Tabla 8 Cajas de inspección.**

Fuente: Norma ESSA. Sección 4.5.1.1 Tabla 4.2.

Los empalmes y derivaciones de los conductores deben ser accesibles.

## **1.4 SELECCIÓN PARA LOS ELEMENTOS DE PROTECCION Y DESCONEXION**

Para la selección de estos elementos se tuvo en cuenta las aclaraciones dadas por la norma NTC 2050 en su sección 240, con el fin de garantizar la normalización de todo objeto que se use en el rediseño.

El equipo de protección de acometidas y alimentadores es usualmente un interruptor automático o fusible, el cual, está localizado en un punto accesible en el interior o exterior del inmueble, constituye el medio de control, protección y corte del suministro de energía.

Se debe colocar después del medidor de energía, su capacidad será igual a la capacidad calculada para los conductores de entrada de la acometida.

Cada conductor vivo de acometida deberá tener una protección de sobrecarga, cuya capacidad de corriente no será superior a la de los conductores.

Ningún aparato de sobrecorriente se podrá insertar en el conductor de puesta a tierra del circuito.

## **1.5 SELECCIÓN DE LA DUCTERIA**

Este ítem es de gran importancia, ya que es nuestro camino desde la alimentación hasta todas las salidas. Es aquí donde debemos garantizar que no haya reducción de la capacidad conductiva de los conductores o este sobredimensionada en los cálculos correspondientes. Además de respetar las secciones 341 a 351 del Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050 que presentan las generalidades instalación y especificaciones de construcción de los diferentes tipos de tubos y tubería utilizados en las instalaciones eléctricas, para las cuales se debe hacer referencia.

Para determinar el número máximo de conductores por ducto se debe aplicar la siguiente tabla, o referirse a las tablas de ocupación de los tubos conduit y tuberías para conductores del apéndice C del Código Eléctrico Colombiano.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53 %	31 %	40 %

**Tabla 9 Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores.**  
Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.10. Tabla 3.9.

Un tramo de la tubería entre salida y salida, salida y accesorios o accesorios y accesorios no contendrá más curvas que el equivalente a cuatro (4) ángulos rectos (360) para distancias menores a 15 metros y un ángulo recto (90°) para distancias hasta de 45 metros (para distancias intermedias se calcula proporcionalmente). Las curvas que se ejecuten en la obra serán hechas de tal forma que el radio mínimo de la curva correspondiente sea mínimo seis (6) veces el diámetro nominal del tubo que se esté figurando<sup>5</sup>.

El límite en el número de conductores por tubo conduit se muestra en la siguiente tabla.

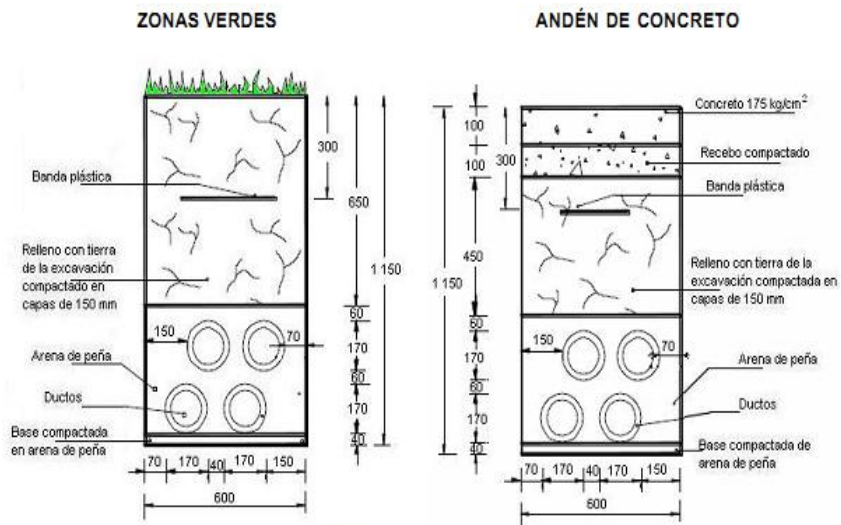
Aislamiento	Calibre AWG ó kcmil	Tamaño comercial en milímetros (pulgadas)											
		12,7 (1/2)	19,05 (3/4)	25,4 (1)	31,8 (1 1/4)	38,1 (1 1/2)	50,8 (2)	63,5 (2 1/2)	76,2 (3)	88,9 (3 1/2)	101,6 (4)	121 (5)	152,4 (6)
TW	14	8	14	24	42	57	94	135	209	280	361	568	822
	12	6	11	18	32	44	72	103	160	215	277	436	631
	10	4	8	13	24	32	54	77	119	160	206	325	470
THW	8	2	4	7	13	18	30	43	66	89	115	181	261
	14	5	9	16	28	38	63	90	139	186	240	378	546
	12	4	8	12	22	30	50	72	112	150	193	304	439
TW THW	10	3	6	10	17	24	39	56	87	117	150	237	343
	8	1	3	6	10	14	23	33	52	70	90	142	205
	6	1	2	4	8	11	18	26	40	53	69	109	157
	4	1	1	3	6	8	13	19	30	40	51	81	117
	3	1	1	3	5	7	11	16	25	34	44	69	100
	2	1	1	2	4	6	10	14	22	29	37	59	85
	1	-	1	1	3	4	7	10	15	20	26	41	60
	0	-	1	1	2	3	6	8	13	17	22	35	51
	00	-	1	1	1	3	5	7	11	15	19	30	43
	000	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	36
	0000	-	-	1	1	1	3	5	8	10	13	21	30
	250	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	350	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500	-	-	-	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	11
	700	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	7	10
	750	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	10
	800	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	9
900	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	6	8	
1000	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7	
1250	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	4	6	
1500	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	3	5	
1750	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	3	4	
2000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	3	4	

**Tabla 10 Número máximo de conductores en tubo conduit rígido de PVC.**

Fuente: Norma ESSA. Sección 3.1.10.1  
Tabla 3.10

<sup>5</sup> Norma ESSA. Sección 3.1.10 Ductería.

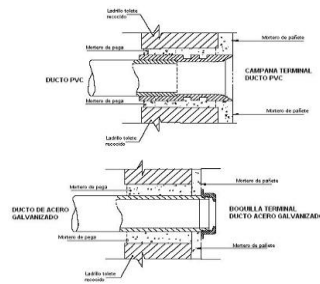
En el caso de redes subterráneas se permitirán tramos con distancia máxima de 40 m. Cada tramo podrá tener hasta una curva de 90° salvo en el caso de esquinas en predios urbanos, donde necesariamente se deberá instalar una caja de inspección.



**Figura 3 Canalización Subterránea**  
Fuente: Norma ESSA. ANEXO. Figura A.13.

Los ductos más profundos deben descansar uniformemente sobre lechos nivelados y compactados. Se debe colocar una capa de arena de peña con un espesor mínimo de 4 cm en el fondo de la zanja. Las uniones de los ductos dentro del tendido de la ductería deben quedar traslapadas, nunca deben quedar una sobre otra. Los espacios entre ductos deben ser llenados exclusivamente con arena de peña compactada, libre de piedras.

El tendido de los ductos se ha de hacer lo más recto posible, en caso de cambio de dirección se debe construir una caja para tal efecto. Al llegar a las cajas los ductos deberán estar provistos de campanas (Ductos en PVC) o de boquillas terminales (Ductos de acero galvanizado).



**Figura 4 Entrada y salida de ductos subterráneos**

Fuente: Norma ESSA. ANEXO. Figura A.14.

<sup>6</sup> Los ductos de reserva deben taponarse a fin de mantenerlos libres de basura, tierra, etc. Como señal preventiva de presencia de ductos eléctricos instalados, se debe colocar una banda plástica adecuada para la identificación de los ductos, a lo largo de la zanja a una profundidad de 30 cm de la superficie de relleno.

La ductería alojará redes de un mismo nivel de tensión; en ningún caso se podrán llevar por un mismo ducto redes de baja y de media tensión. Así mismo, no se permitirá la utilización de la ductería de las redes eléctricas para alojar componentes de otros sistemas (por ejemplo: comunicaciones, televisión, acueducto, gas, alcantarillado etc.).

Se podrán utilizar canaletas para las acometidas subterráneas en los predios del suscriptor, en cuyo caso se presentará el diseño para su aprobación por parte de la Empresa.

---

<sup>6</sup> Norma ESSA. Sección 4.5.1.2. Ductería.

## **1.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

Toda instalación eléctrica deberá tener un conductor puesto a tierra y apropiadamente identificado<sup>7</sup>; los sistemas eléctricos se ponen a tierra por diferentes razones como limitar tensiones transitorias y de descargas atmosféricas, contactos accidentales de líneas, estabilizar la tensión a tierra durante la operación, facilitar la operación de las protecciones, etc.

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" que para el interés de este trabajo, será conocida simplemente como "Resistividad del Terreno"

Cuando se desea diseñar un sistema de puesta a tierra es necesario primero caracterizar el suelo en el cual se va a ubicar la PT; para esto se debe conocer la resistividad del suelo; por lo tanto en la experiencia se desea caracterizar el suelo por medio de dos métodos; el método de los cuatro puntos y el método de Sunde.

### **1.6.1 Método de los Cuatro Puntos o Perfil de una capa<sup>8</sup>**

Para caracterizar el terreno por medio de este método es necesario poseer el instrumento adecuado en este caso un Telurómetro Wegger. Es el método más

---

<sup>7</sup> RETIE, artículo 15 PUESTAS A TIERRA

<sup>8</sup> PROYECTO DE NORMA TECNICA COLOMBIANA, NTC DE 389/03. Sección 5.1.1 Método de los cuatro electrodos.

preciso en la práctica para la medición de la resistividad promedio de grandes volúmenes de suelo.

Unos pequeños electrodos son enterrados en cuatro agujeros en el terreno de interés a una profundidad  $b$  y espaciados en línea recta a intervalos definidos. Entonces se hace pasar una corriente  $I$  por los electrodos exteriores y se mide el potencial  $V$  en las sondas interiores con un voltímetro de alta impedancia o potenciómetro. Finalmente  $V/I$  arroja la resistencia en ohmios.

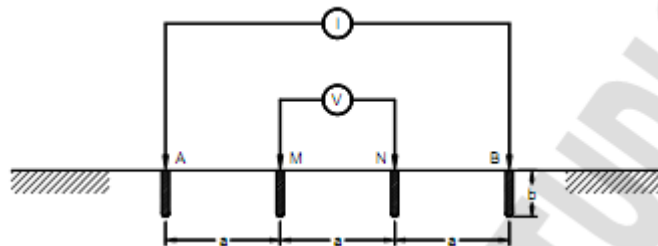


Figura 5 Posición de los Electrodos

Fuente: NTC 389/03. Figura 22

Para nuestro caso se utilizó el arreglo Wenner; que consiste en espaciar los electrodos a una misma distancia  $a$ . por medio de este arreglo y usando las aproximaciones de Wenner se encuentra que en términos de las unidades de longitud utilizadas,  $\rho$  es:

$$\rho = \frac{4 * \pi * a * R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Sin embargo los electrodos se ubican a distancias relativamente grandes comparadas con la distancia de enterramiento, de modo de suponerse a éstos como fuentes puntuales de corriente. De esta manera, en la práctica  $b < 0.1 \cdot a$ , simplificándose la expresión para la resistividad a partir de que  $b$  puede asumirse como cero:

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

La cual arroja aproximadamente la resistividad promedio del suelo a la profundidad **a**

Para una mayor comprensión de las medidas y elegir mejor un método debemos realizar un **perfil de resistividad aparente del terreno**, el cual consiste en una gráfica resultante de trazar el promedio de las mediciones de resistividad (R) contra distancia entre electrodos (a).

Una trayectoria de tendencia rectilínea paralela al eje de las abscisas, corresponde a suelos con comportamiento resistivo uniforme (suelo homogéneo); sin embargo la mayoría de conformaciones de suelo es estratificada (varias capas), a la profundidad del uso eléctrico, es decir a profundidades a las que se entierran los electrodos de puesta tierra de las instalaciones. Para estos casos se utiliza un esquema de dos capas; dichas características tienen una forma bicóncava opuesta, con un punto de Inflexión que indica el límite entre las dos capas diferentes.

- a. Tendencia Paralela al eje de las Abscisas (eje X): Indica suelo homogéneo con una resistividad promedio ( $\rho$ ); se trata de un suelo cuyo estrato superficial es más grueso que la profundidad de exploración.
- b. Tendencia Descendente con un Punto de Inflexión: Indica suelo de dos estratos, con el estrato superficial ( $\rho_1$ ) de mayor resistividad que el estrato subyacente ( $\rho_2$ ).
- c. Tendencia Ascendente con un Punto de Inflexión: Indica suelo de dos estratos, con el estrato superficial ( $\rho_1$ ) de menor resistividad que el estrato subyacente ( $\rho_2$ ).

### 1.6.2 METODO SUNDE O PERFIL DE LAS DOS CAPAS<sup>9</sup>

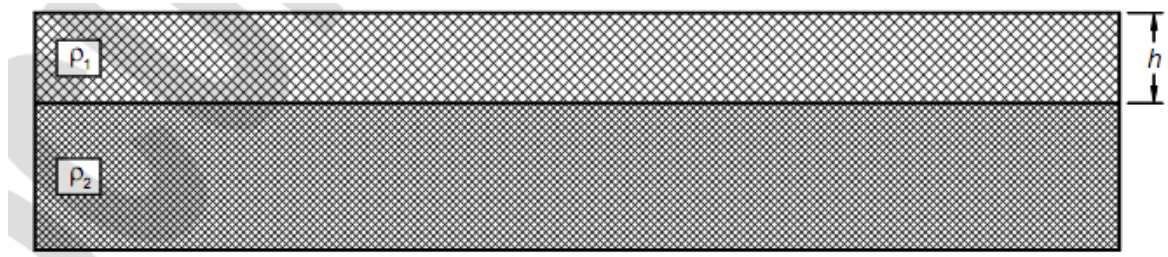
El modelo de dos capas consiste en una capa superior de profundidad finita y con una resistividad diferente a una capa inferior de espesor infinito. En algunos casos la variación de la resistividad del suelo puede mostrar mínimos y máximos, y el equivalente de dos capas podría no darnos un modelo preciso, en este caso se recomienda considerar el terreno con múltiples capas.

La profundidad de las barras de tierra depende el modelo de suelo utilizado, en el caso de dos capas la barra debe penetrar la capa más profunda.

El cambio brusco de la resistividad en los límites de cada capa del suelo se puede describir por medio de un factor de reflexión (K)

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \text{ Dónde: } \rho_1 \text{ Es la resistividad de la capa superior en } \Omega\text{-m}$$

$\rho_2$  Es la resistividad de la capa inferior en  $\Omega\text{-m}$



**Figura 6 Modelo de las dos Capas**  
Fuente: NTC 389/03. Figura 25

---

<sup>9</sup> PROYECTO DE NORMA TECNICA COLOMBIANA, NTC DE 389/03. Sección 5.1.2.2 Modelo de dos capas.

### **Método Gráfico de Sunde<sup>10</sup>:**

Los parámetros  $\rho_1$  y  $\rho_2$  se obtienen por la inspección de las medidas de resistividad en el gráfico de perfil.

Solamente el parámetro  $h$  se obtiene por el método gráfico de la siguiente forma:

- a)** Hacer una gráfica de resistividad aparente ( $\rho_a$ ) vs. espaciamiento de electrodos adyacentes.
- b)** Estimar una densidad  $\rho_1$  y  $\rho_2$  del gráfico obtenido en a).  $\rho_1$  es lo que corresponde a un espacio pequeño del espaciamiento de electrodos y  $\rho_2$  corresponde a un espaciamiento grande.
- c)** Determinar  $\rho_2/\rho_1$  y seleccionar una curva apropiada que coincida en el gráfico de Sunde y dibujar una nueva curva en la gráfica.
- d)** Seleccionar el valor en el eje Y de  $\rho_a/\rho_1$  dentro de la región con desniveles de la curva apropiada de  $\rho_2/\rho_1$
- e)** Leer los valores correspondientes de  $a/h$  en el eje X.
- f)** Calcular  $\rho_a$  al multiplicar los valores seleccionados,  $\rho_a/\rho_1$  en d) por  $\rho_1$
- g)** Leer el espacio de sondeo (eje X) correspondiente del gráfico de la resistividad aparente del punto a)
- h)** Calcular  $h$ , la profundidad del nivel superior, utilizando los espacios de separación ( $A$ ) en forma apropiada (eje X).

---

<sup>10</sup> PROYECTO DE NORMA TECNICA COLOMBIANA, NTC DE 389/03. Sección 5.1.2.3 Modelo de dos capas por métodos gráficos.

Se utiliza el siguiente gráfico para aproximar el suelo a un modelo de dos capas:

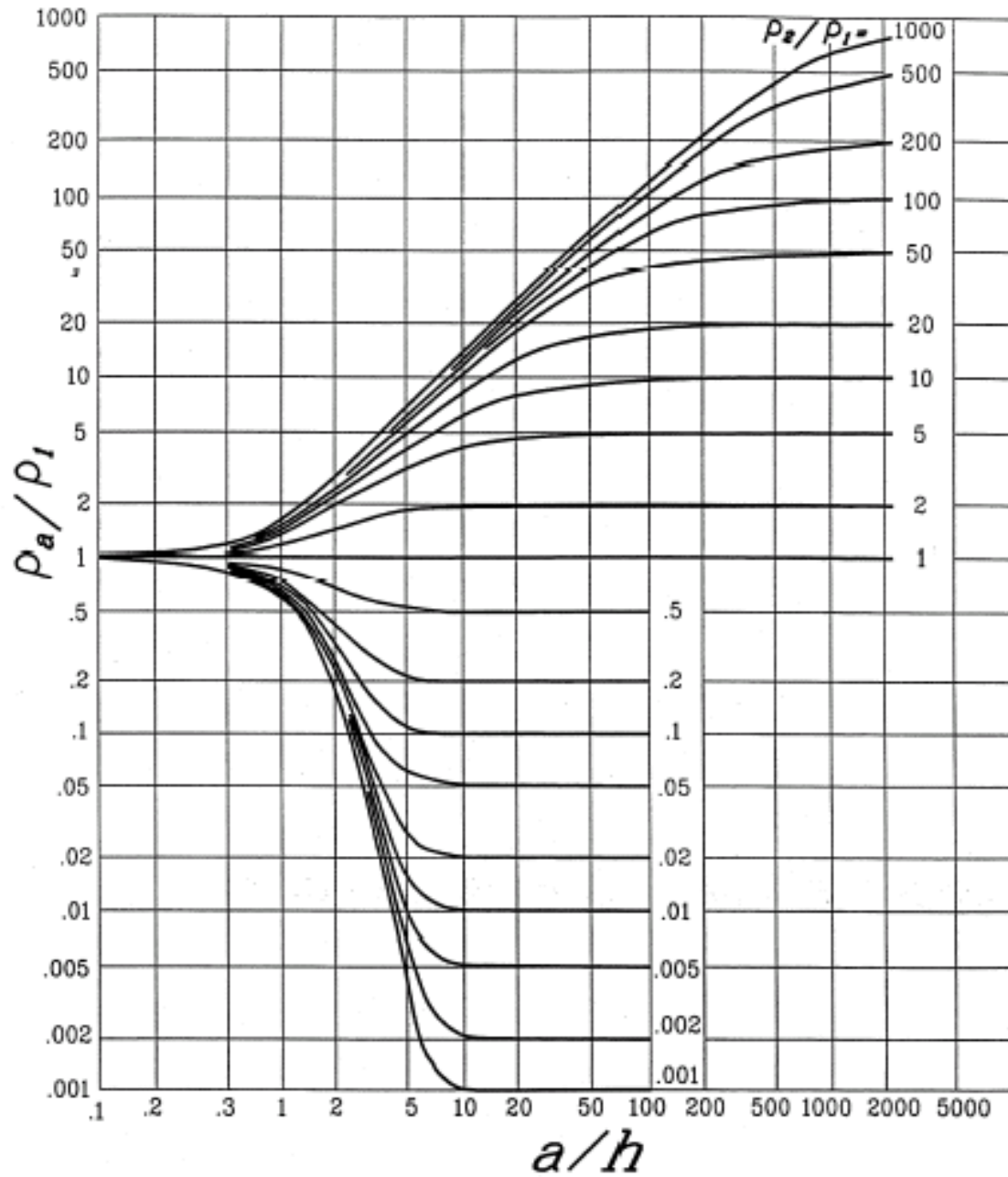


Figura 7 Método Gráfico de Sunde.  
Fuente: NTC 389/03. Figura 26

## 1.7 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA<sup>11</sup>

La determinación de la resistencia de una puesta a tierra es un procedimiento en el cual se establece las condiciones actuales de una de puesta tierra. Y así se verifica que sus condiciones permiten cumplir a cabalidad las funciones para las cuales fue diseñada entre ellas; la evacuación correcta de cualquier sobre tensión del sistema.

### 1.7.1 Método de la regla del 62% o caída de potencial.

En la siguiente figura se observa la forma en que se instala el Megger para realizar las mediciones por este método. Como se ve los terminales C y P están conectados mediante un puente.

Requiere del uso de dos electrodos auxiliares de medida bien distantes de la PAT (Fig.8), uno de ellos destinado a cerrar el circuito de Corriente hallándose efectivamente fuera de la influencia de la PAT, por lo que su interface de contacto con el suelo debe tener baja Resistencia, y el otro que se consagra al circuito de

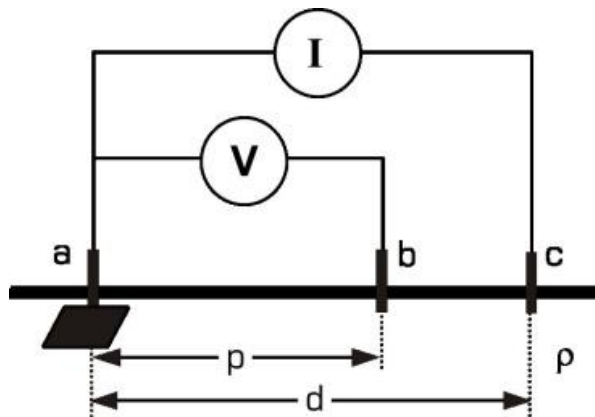


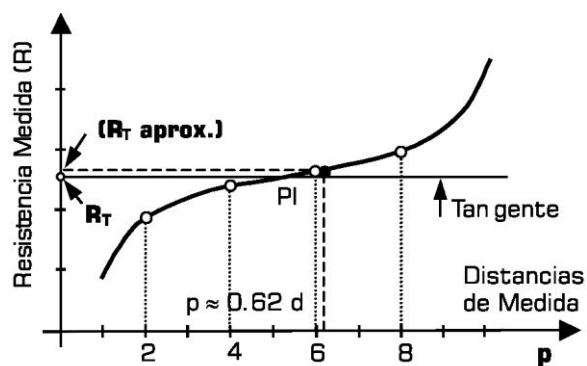
Figura 8 Disposición Clásica de Medidas de RPT  
Fuente: Tierras soporte de la seguridad eléctrica figura 17

<sup>11</sup> Tierras soporte de la seguridad eléctrica 2007

Potencial que mide la caída de tensión hasta el punto de Potencial cero que representa la Tierra Remota; en este caso la exigencia del contacto del electrodo con el suelo es mínima ( $< 3000 \text{ w}$ ), no obstante en dicha localización la densidad de líneas de corriente debe ser muy baja.

La medida consiste en hacer circular una Corriente ( $I$ ) generada por una fuente, entre el electrodo de PAT (a) y el electrodo más lejano con el que se cierra el circuito de Corriente (a, c), registrando la caída de Tensión ( $V$ ) entre la PAT y el electrodo más cercano que corresponde al circuito de Potencial (a, b), de modo que éste último se halle localizado en un punto que cumpla con ser identificado por su Potencial cero.

En los casos en los que se tienen suelos con estratos superficiales gruesos y especialmente con mucho contraste de Resistividades, o cuando se desea establecer analíticamente en forma exacta el valor de la Resistencia de Dispersión de una PAT, teniendo en consideración la conformación del suelo, se opta por determinar primero una característica de puntos de valor aparente medidos sobre el terreno.



**Figura 9 Características de Puntos de Medida de Resistencia de Puesta a Tierra Aparente**  
**Fuente: Tierras soporte de la seguridad electrica figura 18**

La forma correcta consiste en colocar el electrodo de corriente a una distancia de 6.5 veces la distancia más larga de la malla, o 6.5 veces la longitud del electrodo, esto para evitar el acoplamiento de los gradientes de potencial.

La distancia (d) se divide en 10 segmentos iguales, para la progresión del juego de medidas de (R), con las correspondientes distancias (p), los puntos obtenidos se grafican (R contra p), se lisa la curva con una regresión matemática y se halla la Cónica o Función Continua  $f(p)$ .

El valor preciso de la Resistencia de Dispersión (RT) es determinado en la proyección del Punto de Inflexión de la cónica en el Eje de Ordenadas, después de haber sido localizado con el valor de abscisa que resulta cuando  $f'(p) = 0$ , o cuando  $f'(p)$  no está definida; la diferencia con la medida aproximada se puede visualizar proyectando también en el eje de Ordenadas la abscisa ( $p = 0.618 d$ ), normalmente la diferencia es mínima.

## **1.8 REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ILUMINACION**

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Los factores a tener en cuenta son la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente. Debe existir una colaboración estrecha entre el diseñador de la iluminación y el arquitecto.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- a) Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.

- c) Las condiciones de reflexión de las superficies
- d) Las necesidades para el espacio, modelación y rendimiento del color.
- e) La disponibilidad de la iluminación natural
- f) La apariencia del color de la fuente de luz y su unión con la iluminación natural.
- g) El control de luz directa e indirecta que ingresa por las ventanas.
- h) Localización de las luminarias y su acceso a ellas.
- i) Los requerimientos especiales en la calidad de las luminarias, tales como ambientes peligrosos, dificultad para encontrar acceso a ellas o para cumplir requerimientos de mantenimiento.

Todo diseño de iluminación interior debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
- b) La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
- c) El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.
- d) Los niveles de iluminancia y coeficiente de uniformidad; estos valores se deben diseñar y medir sobre las zonas de trabajo del recinto.
- e) El deslumbramiento.

### 1.8.1 El deslumbramiento<sup>12</sup>

Es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador.

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

En los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador, su principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, perturba la visión y dar lugar a errores y accidentes. El deslumbramiento molesto no reduce la visibilidad pero produce fatiga visual, puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las bombillas o lámparas.

El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas bombillas o lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.

Grado de deslumbramiento:

---

<sup>12</sup> RETILAP, 420.1.1 CONTROL DEL DESLUMBRAMIENTO.

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

- L<sub>b</sub>** es la iluminancia de fondo en cd/m<sup>2</sup>, calculada como E<sub>ind</sub> x π<sup>-1</sup>, en la que E<sub>ind</sub> es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador;
- L** es la iluminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en cd/m<sup>2</sup>;
- ω** es el ángulo sólido (estéreo radianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador;
- p** es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

### 1.8.2 Uniformidad.

El área donde se desarrolla la tarea debe ser iluminada de la manera más uniforme posible, así como las áreas circundantes deben ser iluminadas en proporción al nivel dado para el área de la tarea. Los valores a cumplir se consignan en la Tabla 440.2, del RETILAP.

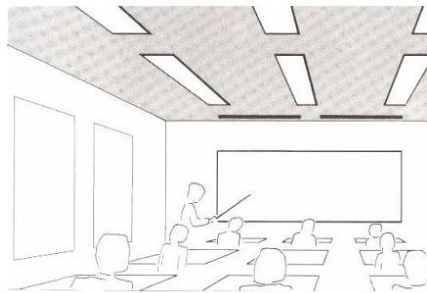
Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	E <sub>tarea</sub>
Uniformidad	
Mayor o igual a 0,7	Mayor o igual a 0,5

**Tabla 11 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.**

Fuente: Norma RETILAP, sección 440, Tabla 440.2

## **1.9 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.**

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.



**Figura 10 La iluminación de las aulas está sujeta a las de oficina**  
Fuente: Norma RETILAP, sección 440, Figura 440.2.2

El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero.

En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. Se debe de cumplir con los niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura según la siguiente Tabla.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Inspección y clasificación</b>	22	300	500	750
<b>Trabajos de impresión y encuadernación de libros</b>				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
<b>Industria textil</b>				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmote o inspección	19	750	1000	1500
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b>				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
<b>Centros de atención médica</b>				
<b>Salas</b>				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<b>Salas de examen</b>				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<b>Terapia intensiva</b>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
<b>Salas de operación</b>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
<b>Salas de autopsia</b>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
<b>Consultorios</b>				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<b>Farmacia y laboratorios</b>				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<b>Almacenes</b>				
<b>Iluminación general:</b>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
<b>Colegios y centros educativos.</b>				
<b>Salones de clase</b>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<b>Salas de conferencias</b>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Tabla 12 Índice UGR máximo y Niveles de iluminación exigible para diferentes áreas y actividades.

Fuentes: Retilap, sección 440, Tabla 440.1

## 1.10 MEDICION PARA ILUMINACIÓN EXISTENTE<sup>13</sup>

Los valores de los resultados a destacar para tener en cuenta las posibles falencias para este levantamiento y su posterior rediseño son:

**La iluminancia promedio:** Se define como el flujo luminoso recibido por una superficie, a manera de ejemplo citamos que quizás haya jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver está fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia. Tenemos presente que existen diferentes métodos para el cálculo de esta sobre todo dependiendo de la forma del recinto y condiciones del ambiente de este, por lo cual para nuestro trabajo expresamos para cada salón tipo la formula usada en cada medición.

**Uniformidad:** Relación entre la iluminación mínima y la media, de una instalación de alumbrado.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$$

Según el RETILAP, en su sección 440.2, estos son los valores exigidos para las instalaciones eléctricas Colombianas.

---

<sup>13</sup> RETILAP, SECCIÓN 490 PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES FOTOMÉTRICAS EN ILUMINACIÓN INTERIOR

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	$E_{tarea}$
<b>Uniformidad</b>	
Mayor o igual a 0,7	Mayor o igual a 0,5

Tabla 13 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea  
RETILAP, sección 440.2 Tabla 440.2

**Eficiencia energética:** De las instalaciones de iluminación (VEEI), el rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_{prom}}$$

Dónde:

**P** Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]

**S** Superficie iluminada [m<sup>2</sup>]

**E<sub>prom</sub>** Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

Los valores límites que se deben cumplir en los recintos interiores de las edificaciones son:

Según el RETILAP, Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene la iluminación, estas son:

**Grupo 1: Zonas de baja importancia lumínica.** Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

**Grupo 2: Zonas de alta importancia lumínica** o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI	
1 Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3,5	
	Andenes de estaciones de transporte	3,5	
	Salas de diagnóstico (4)	3,5	
	Pabellones de exposición o ferias	3,5	
	Aulas y laboratorios (2)	4,0	
	Habitaciones de hospital (3)	4,5	
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5	
	Zonas comunes (1)	4,5	
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5	
	Parqueaderos	5	
	Zonas deportivas (5)	5	
	2 Zonas De alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
		Estaciones de transporte (6)	6
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes		6	
Bibliotecas, museos y galerías de arte		6	
Zonas comunes en edificios residenciales		7,5	
Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)		8	
Hostelería y restauración (8)		10	
Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior		10	
Centros de culto religioso en general		10	
Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)		10	
Tiendas y pequeño comercio		10	
Zonas comunes (1)		10	
Habitaciones de hoteles, etc.		12	

**Tabla 14 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)**

Fuente: 440.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN. Tabla 440.3

#### NOTAS DE LA TABLA ANTERIOR:

(1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recepción, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

**(2)** Incluye la instalación de iluminación de aulas y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas con monitores de computador, música, laboratorios de idiomas, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

**(3)** Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

**(4)** Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.

**(5)** Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderías de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las transmisiones de televisión. Las graderías son asimilables a zonas comunes del grupo 1

**(6)** Espacios destinados al tránsito de viajeros como recepción de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de ventanillas de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

(7) Incluye la instalación de iluminación general y direccionada. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

(8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como mostrador, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

(9) Incluye la instalación de iluminación general y localizada de mostrador, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

### 1.10.1 Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.

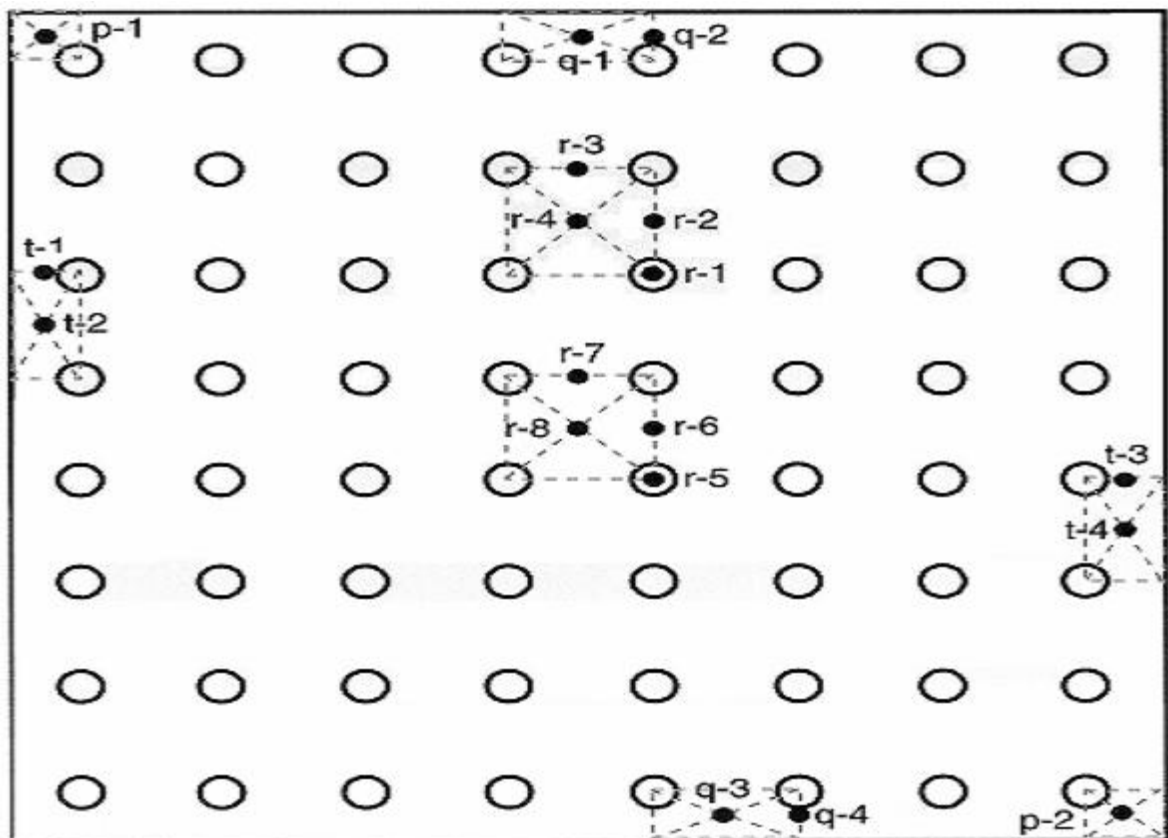


Figura 11 Área regular múltiples luminarias  
Fuente: RETILAP, Sección 490.1, Figura 490.1 a)

Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r-5, r-6, r-7 y r-8 para una cuadrícula típica central, promedie las 8 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se toman lecturas en los puntos q-1, q-2, q-3, y q-4, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. El promedio de estas cuatro lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de  $E_{prom}$ .

### 1.10.2 Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.

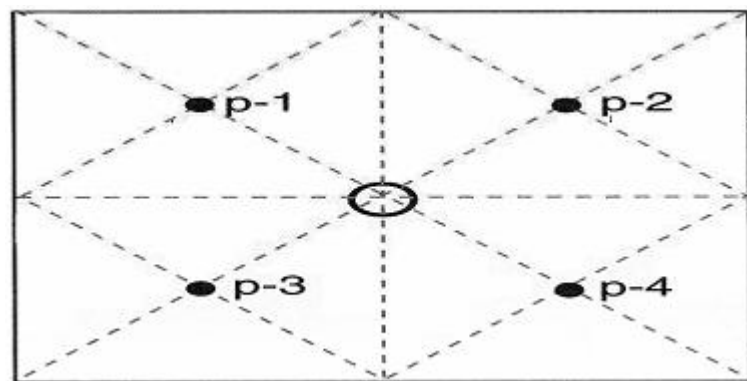


Figura 12 Áreas regulares con luminaria simple  
Fuente: RETILAP, Sección 490.1, Figura 490.1 b)

Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, p-3, y p- 4, en todas las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio del área en la Figura anterior.

### 1.10.3 Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila.

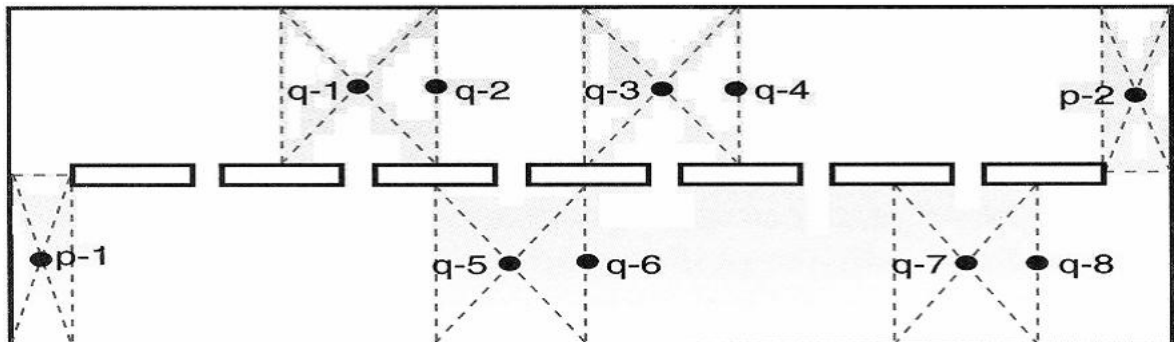


Figura 13 Áreas regulares luminarias en una sola fila  
Fuente: RETILAP, Sección 490.1, Figura 490.1 c)

Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.

Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de  $E_{prom}$ .

## 1.11 CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR<sup>14</sup>

En los cálculos de iluminación interior se deben tener en cuenta los requisitos de iluminancia, la uniformidad y el índice de deslumbramiento.

<sup>14</sup> RETILAP, SECCIÓN 430. CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR

El nivel de iluminancia de un local se debe expresar en función de la iluminancia promedio en el plano de trabajo. Para la aplicación del presente reglamento se deben cumplir los valores de la Tabla 440.1. Del RETILAP

Si no se especifica la altura del plano de trabajo (hm), se deberá tomar un plano imaginario a 0,75 m sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. La iluminancia promedio se calcula mediante la fórmula:

$$E_{prom} = \frac{\Phi_{tot} * CU * FM}{A}$$

Dónde:  $\Phi_{tot}$  Flujo luminoso total de las bombillas.

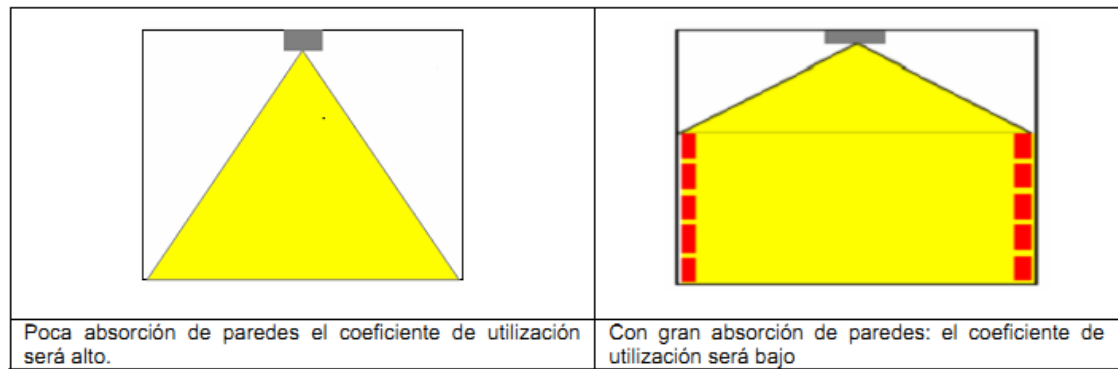
A Área del plano de trabajo en m<sup>2</sup>

CU Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

FM Factor de mantenimiento.

**El coeficiente de utilización** de la instalación también se conoce como factor reducido de utilización y es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria. Este coeficiente representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local.

El valor del coeficiente de utilización depende de la distribución fotométrica de la luminaria y de las dimensiones y características de reflectancia del local.



**Figura 14 Efecto del diseño de la luminaria en del coeficiente de utilización (CU) para un local dado.**  
Fuentes: RETILAP, sección 430, Figura 430.1, b)

### 1.11.1 METODO DE CAVIDADES ZONALES<sup>15</sup>

Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo, y otro a la altura de montaje de las luminarias.

Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso.

El método tiene cuatro pasos básicos:

- Determinar los índices de las cavidades zonales
- Determinar las reflectancias efectivas de las cavidades
- Seleccionar el coeficiente de utilización
- Calcular el nivel promedio de iluminación.

La iluminancia promedio horizontal se calculará entonces para la cavidad del local mediante la siguiente fórmula, aunque por lo general se usa para estimar el número de luminarias a instalar de acuerdo con un nivel de iluminancia requerido:

<sup>15</sup> RETILAP, 430.2 METODO DE CAVIDADES ZONALES

$$E_{prom} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_L \cdot CU \cdot FM}{l \cdot a}$$

- Dónde:
- N= Número de luminarias en el local.
  - n= Número de bombillas por luminaria
  - $\Phi_L$ = Flujo luminoso de una Bombilla de la luminaria.
  - CU= Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.
  - FM= Factor de mantenimiento de la instalación.
  - l= Longitud del local en metros
  - a= ancho del local en metros

### 1.11.1.1 ÍNDICES DE LAS CAVIDADES

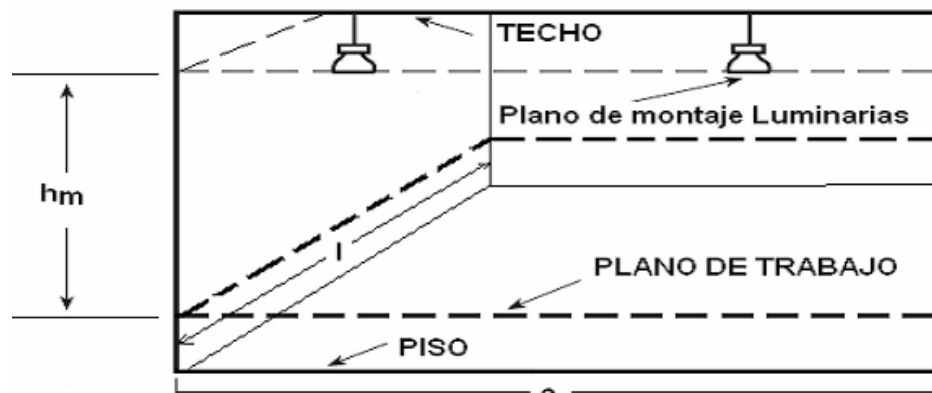


Figura 15 Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local.

Fuentes: RETILAP, sección 430, Figura 430.1, a)

Para un espacio rectangular se define los siguientes índices para cada una de las cavidades en función de sus dimensiones y la altura de montaje de las luminarias:

$$\text{Índice de la cavidad de techo} = hc = \frac{5 \cdot hc(l+a)}{(l \cdot a)}$$

$$\text{Índice de la cavidad de local} = km = \frac{5 \cdot hm(l+a)}{(l \cdot a)}$$

$$\text{Índice de la cavidad de Piso} = hf = \frac{5 \cdot hf(l+a)}{(l \cdot a)}$$

Dónde:  $hc$  = Altura de la cavidad del techo

$hm$  = Altura de la cavidad del local

$hf$  = Altura de la cavidad del piso

$l$  = Longitud del local

$a$  = Ancho de local

### 1.11.1.2. REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES ZONALES.<sup>16</sup>

Conocidas las reflectancias de techo, piso y paredes en la tabla siguiente se determinan las reflectancias efectivas para las cavidades de techo ( $\rho_{cc}$ ) y piso ( $\rho_{fc}$ ) Mediante el uso de los índices de cavidad de techo y de cavidad de piso.

---

<sup>16</sup> RETILAP, 430.2.2 R EFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES ZONALES.

Nótese que si la luminaria está montada en el techo o el plano de trabajo corresponde con el piso, el índice de cavidad será 0, y por lo tanto la reflectancia corresponderá con la del techo o el piso, respectivamente.

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
Indice de cavidad																					
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1.0	86	80	75	69	74	72	67	67	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04

**Tabla 15 Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias**  
Fuentes: RETILAP, sección 430, Tabla 430.22

La reflectancia de una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo que incide sobre ella. Generalmente para las tablas de coeficiente de utilización se utiliza una reflexión de piso del 20% y se parametrizan los correspondientes a techo y paredes.

TONO	COLOR		SUPERFICIES	ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN
Muy claro	Blanco nuevo	88		Cantera clara 18
	Blanco viejo	76		Cemento 27
	Azul verde	76	Maple 43	Concreto 40
	Crema	81	Nogal 16	Mármol blanco 45
	Azul	65	Caoba 12	Vegetación 25
	Miel	76	Pino 48	Asfalto limpio 7
	Gris	83	Madera clara 30-50	Adoquín de roca 17
Claro	Azul verde	72	Madera oscura 10-25	Grava 13
	Crema	79	ACABADOS METÁLICOS	Ladrillo claro 30-50
	Azul	55		Ladrillo oscuro 15-25
	Miel	70		
	Gris	73		
Mediano	Azul verde	54	Blanco polarizado 70-85	
	Amarillo	65	Aluminio pulido 75	
	Miel	63	Aluminio mate 75	
	Gris	61	Aluminio claro 59-79	
Oscuro	Azul	8		
	Amarillo	50		
	Café	10		
	Gris	25		
	Verde	7		
	Negro	3		

Tabla 16 Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas.  
Fuentes: Retilap, sección 430, Tabla 430.1.4

Para maximizar la efectividad de la luz suministrada es conveniente pintar la superficie de las paredes con colores claros, de esta forma se logra una buena reflectancia.

Colores claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80% de la luz incidente, mientras que colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente.

En un local se tienen tres tipos de reflectancias: del techo, de paredes y del plano de trabajo. Una cuarta reflectancia se da cuando las paredes tienen friso; es por ello que las reflectancias se definen en las tablas por un código de tres o cuatro dígitos, a manera de ejemplo: valores de la forma 7751 representa la reflectancia combinada de techo (0,7), friso (0,7), paredes (0,5) y plano de trabajo (0,1); 751 representa la reflectancia combinada de techo (0,7), paredes (0,5) y plano de trabajo (0,1).

### 1.11.1.3 NÚMERO DE LUMINARIAS NECESARIAS PARA PRODUCIR UNA ILUMINANCIA REQUERIDA<sup>17</sup>

El flujo luminoso total necesario para producir una iluminancia promedio requerida se calcula así:

$$\Phi_{\text{tot}} = (E_{\text{prom}} \times A) / (CU \times F_M)$$

El número de luminarias (N) necesario es por consiguiente:

$$N = (\Phi_{\text{tot}}) / (n \times \Phi)$$

Dónde:  $\Phi$  flujo luminoso de una bombilla.  
n número de bombillas por luminaria.

### 1.11.1.4 EL FACTOR DE MANTENIMIENTO<sup>18</sup>

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento.

El Factor de Mantenimiento (FM) desde el punto de vista de diseño de iluminación de la instalación, se puede considerar como el sobre dimensionamiento que se debe considerar en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación,

---

<sup>17</sup> RETILAP, 430.3 NÚMERO DE LUMINARIAS NECESARIAS PARA PRODUCIR UNA ILUMINANCIA REQUERIDA

<sup>18</sup> RETILAP, 330.5.1 EL FACTOR DE MANTENIMIENTO

para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenidos durante su funcionamiento.

El factor de mantenimiento está dado por la fórmula:

$$FM = FE \times DLB \times Fb$$

En donde: FM Factor de mantenimiento de la instalación

FE Depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb Factor de balasto

#### 1.11.1.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN<sup>19</sup>

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI expresado en (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_{prom}}$$

Dónde: P Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas

---

<sup>19</sup> RETILAP, 440.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

S Superficie iluminada [m<sup>2</sup>]

*E<sub>prom</sub>* Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI
1 Zonas de baja importancia luminica	Administrativa en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas (5)	5
2 Zonas De alta importancia luminica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, etc.	12

**Tabla 17 Valores Límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)**

Fuentes: RETILAP, sección 440, Tabla 440.3

## 1.12 PROTECCIÓN DIFERENCIAL

El interruptor diferencial es un interruptor electromecánico especial que, gracias a sus dispositivos internos, tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente absorbida por un aparato consumidor y la de retorno. Cuando esta diferencia supera un valor (en general 30 mA), el dispositivo interrumpe el circuito, cortando el suministro de corriente a toda la instalación.

Los interruptores diferenciales están provistos de un pulsador, que cuando se aprieta provoca un desequilibrio de corriente de 30 mA, que sirve para un control intermitente de su eficacia. Se recomienda pulsarlos una vez al mes.

Un núcleo magnético toroidal.

Un relé magnético de disparo.

Un mecanismo de apertura y cierre.

Su funcionamiento básico lo podemos observar en el siguiente diagrama:

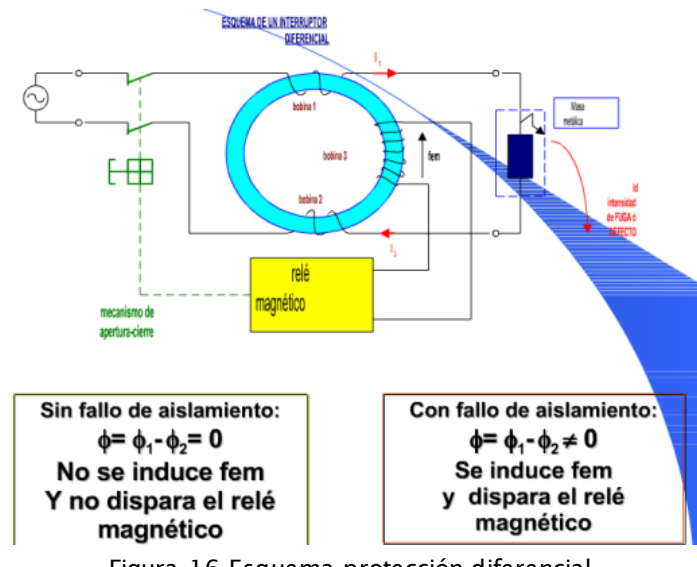


Figura 16 Esquema protección diferencial  
 Fuentes: Los Autores.

### 1.13. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

En el transcurso de la elaboración de este proyecto se hizo necesaria la toma de medidas, las cuales se realizaron con instrumentos especiales, para poder efectuar una buena recopilación de datos con el fin de establecer las falencias de las instalaciones y así instituir los puntos de partida para el rediseño.

Estos instrumentos se describen a continuación:

### **1.13.1 Analizador de redes.**

El analizador de redes es un equipo portátil de adquisición de datos que mediante un software permite la visualización grafica de los datos obtenidos.

El analizador de redes mide mediante tres entradas de tensión a.c. y tres entradas de corriente a.c.a intervalos de tiempo programables, los valores de tensión, corriente, potencia activa y frecuencia de un sistema trifásico, en forma simultánea para las tres fases.

#### **Características Generales**

- ✓ Marca: POWER VISA DRANETZ
- ✓ Tensión de alimentación. 120 V (+ 10%; - 15%)
- ✓ Frecuencia: 50/60 Hz
- ✓ Temperatura de trabajo: 0 / 50 °C
- ✓ Circuito de medida: Trifásico.
- ✓ Rangos de medida de tensión: 20 a 500 V A.C. (entre fase y neutro)
- ✓ Rangos de medición de corriente: 300 – 3000 A

### **1.13.2 Pinza amperimetrica.**

La pinza amperométrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico.

#### **Características Generales**

- ✓ Marca: KYORITSU
- ✓ Frecuencia: 50/60 Hz

- ✓ Temperatura de trabajo: 0 / 50 °C

### **Especificaciones técnicas, Tipo de medida Rango y Resolución**

- ✓ Tensión DC: 60V  $\pm 3\%$
- ✓ Tensión AC: 150/300/600V  $\pm 3\%$
- ✓ Resistencia: 1/10k $\Omega$  (25/250 $\Omega$  mid-scale),  $\pm 2\%$  of scale length
- ✓ Temperatura de trabajo: -20°C ~ +150°C  $\pm 5^\circ\text{C}$  (0°C ~ +100°C),  $\pm 10^\circ\text{C}$  (other ranges)
- ✓ Corriente AC: 6/15/60/150/300A  $\pm 3\%$

#### **1.13.3 Multímetro digital.**

Un multímetro, también denominado polímetro, *tester* o *multitester*, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras.

### **Especificaciones Generales**

- ✓ Tamaño: 142.3 mm L x 70.5 mm W x 34.6 mm
- ✓ Peso: 286 g
- ✓ Batería: Alcalina: 650 horas continuas

### **Especificaciones técnicas, Tipo de medida Rango**

- ✓ Tensión DC 4000 mV\*, 4.000V, 40.00V, 400V, 600V  $\pm (1.5\% + 1)$
- ✓ Tensión AC 4000 mV, 4.000V, 40.00V, 400V, 600V  $\pm (2.9\% + 3)$
- ✓ Resistencia 400.0 $\Omega$  4.000k $\Omega$  40.00k $\Omega$  400.0k $\Omega$  4.000M $\Omega$  40.00M $\Omega$   $\pm (1$
- ✓ Capacitancia 1.000  $\mu\text{F}$ , 10.00  $\mu\text{F}$ , 100.0  $\mu\text{F}$ , 1000  $\mu\text{F}$ , 10,000  $\mu\text{F}$  N/A

#### **1.13.4 Luxómetro.**

Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display con la correspondiente escala de luxes.

Estos instrumentos pueden tener varias escalas para adaptarse a las luminosidades débiles o las fuertes.

#### **Especificaciones generales:**

- ✓ Marca: Meterman LM631
- ✓ Precisión total : 3% lectura + 10 dígitos
- ✓ Resolución: 0.01 lux; 0.01 fc
- ✓ Temperatura de operación: 0 a 50 °C
- ✓ Baterías: 4 unidades de 1.5 V, triple A
- ✓ Peso: 220 gr con baterías
- ✓ Rangos: 20 lux, 200 lux, 2000 lux, 20000 lux, 20 c, 200 fc, 2000 fc, 20000 fc

#### **1.13.5 Telurómetro:**

Equipo profesional para efectuar mediciones en Sistemas de Puesta a Tierra en parámetros de voltaje y resistencia.

#### **Especificaciones generales:**

- ✓ Marca: Metrel
- ✓ Modelo: MI 2088-50

- ✓ Precisión:  $\pm$  (2% + 2 dígitos)
- ✓ Resolución: 0.001; 0.01; 0.1; 1; 10; 100 M
- ✓ Voltaje de prueba nomina: de 50 a 1000 V en pasos de 10 V
- ✓ Corriente de cortocircuito de prueba: <20mA
- ✓ Pantalla LCD con lectura de 4 dígitos
- ✓ Capacidad de memoria para 1000 pruebas
- ✓ Modelo de 4 varillas (2 de potencial, referencia y corriente)

### **1.13.6 Rastreador de circuitos.**

Es un instrumento que permite identificar fases y conductores neutros de instalaciones en techo, piso y paredes.

Este dispositivo está compuesto por un transmisor y un detector que al conectarse a un circuito cerrado, permite hacer el seguimiento del mismo. El transmisor se conecta en paralelo con el circuito a ser localizado, el cual emite una señal de alta frecuencia, esta señal eléctrica genera un campo magnético alrededor del cable o alambre a ser seguido y el detector recibe la señal, el detector genera entonces una señal tanto audible como visual, cuyas intensidades varían dependiendo de la distancia al circuito.

#### **Especificaciones generales:**

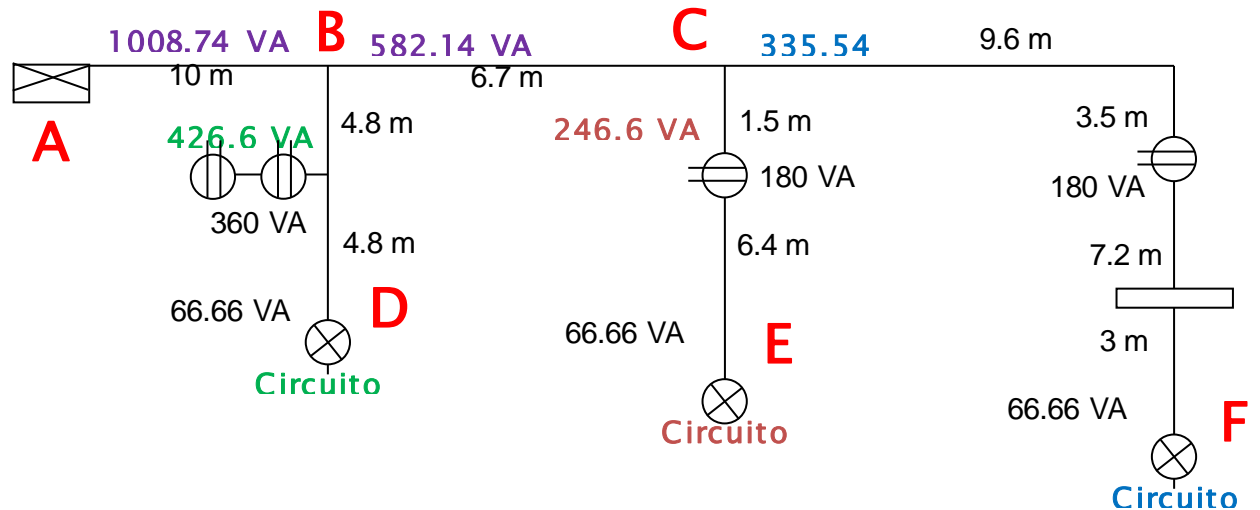
- ✓ Marca: AmprobeAdvancedTracer
- ✓ Serie: AT-2000
- ✓ Temperatura de Funcionamiento: de -18°C a 49°C.
- ✓ Temperatura de Almacenamiento: de -40°C a 66°C.

- ✓ Detectores: Escobilla electromagnética para la modalidad de cortocircuito.
- ✓ Escobilla de placa electrostática para la modalidad de circuito abierto.
- ✓ Selección de sensibilidad: Ajuste de ganancia de curso x1, x10, x100; Ajuste preciso de 0 a 10.
- ✓ Desempeño de la modalidad de circuito abierto: Mas de 12 pies en el aire bajo condiciones de prueba.
- ✓ Rechazo a 60 Hz. 120 dB
- ✓ Fuente de Energía: Batería alcalina de 9 V.
- ✓ Pantalla: 10 LED con lentes de filtro cromático.
- ✓ Caja: ABS 911 de combustión lenta.
- ✓ Peso: 176 gramos.
- ✓ Generador de Señal de Carga S2600
- ✓ Voltaje de funcionamiento: De 9 a 600 V C.A o C.C.
- ✓ Frecuencia de Funcionamiento: 32.768 kHz.
- ✓ Ciclo de servicio: Transmite 2 pulsos con una duración de 0.0625 cada uno cada 0.5 segundos

## 1.14 CALCULOS MODELOS

### 1.14.1 Regulación

Se realizo en el tablero TB y el Circuito # 5



1. Dividimos el Circuito 5 en las posibles redes radiales que pueden aparecer, y además concentramos los flujos de carga S en los Nodos.
2. Calculamos los momentos para cada circuito y verificamos cual posee el mayor de todos.

Entonces:

$$M_{A-B} = (1.00874 \text{ KVA} * 10m) = 10.0874 \text{ KVA} \cdot m$$

$$M_{B-C} = (0.58214 \text{ KVA} * 6.7m) = 3.9003 \text{ KVA} \cdot m$$

$$M_{C-F} = (0.33554 \text{ KVA} * 13.1m) + (0.15554 \text{ KVA} * 7.2m) + (0.06666 * 3m) \\ = 5.713428 \text{ KVA} \cdot m$$

$$M_{C-E} = (0.2466 \text{ KVA} * 1.5m) + (0.06666 \text{ KVA} * 6.4m) = 0.79614 \text{ KVA} \cdot m$$

$$M_{B-D} = (0.4266 \text{ KVA} * 4.8m) + (0.06666 \text{ KVA} * 4.8m) = 2.04768 \text{ KVA} \cdot m$$

**Circuito 1:**  $M_{A-D} = M_{A-B} + M_{B-D} = 10.0874 + 3.9003 = 12.13508 \text{ KVA} \cdot m$

**Circuito 2:**  $M_{A-E} = M_{A-B} + M_{B-C} + M_{C-E} = 10.0874 + 3.9003 + 0.79614 = 14.7838 \text{ KVA.m}$

**Circuito 3:**  $M_{A-F} = M_{A-C} + M_{C-F} = 13.9877 + 5.713428 = 19.70116 \text{ KVA.m}$

**Circuito 3 > Circuito 2 > Circuito 1**

3. Calculamos la regulación para el circuito 3 por ser el de mayor momento, garantizando que para los demás va la regulación a ser menor. Con este dato corroboramos si cumple o no el calibre con la regulación esperada.

$$\delta\% = \frac{Kg.M.Fs}{VI^2}$$

Entonces de la tabla 3.25 del Manual de la ESSA obtenemos el valor de Kg para el calibre del conductor que alimenta todas las salidas, siendo en este caso #14 AWG y un  $f_p=0.9$ .

Tensión	(KG) Baja tensión (*)				
Cos f	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14 AWG	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12 AWG	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10 AWG	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8 AWG	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6 AWG	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4 AWG	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2 AWG	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1 AWG	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0 AWG	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0 AWG	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0 AWG	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0 AWG	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368
250 kcmils	18,349	18,40482	18,2864	17,8453	15,5456
350 kcmils	14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059
500 kcmils	11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739
750 kcmils	9,65586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18
1000 kcmils	8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942

Tabla 18 Constantes de Regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico.

Fuente: ESSA, Sección 3.1.12.9.2 Tabla 3.25

De la tabla 3.25 del manual de la ESSA obtenemos el valor de  $F_s$ , que corresponde al factor de corrección para otras conexiones.

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2,25

**Tabla 19 Factores de corrección para otras conexiones.**

Fuente: ESSA, Sección 3.1.12.9.3 Tabla 3.26

En este caso el tipo de subestación es trifásico y el circuito monofásico, escogiéndose un valor de  $F_s=6$ .

$$\delta\% = \frac{842.141 \cdot 19.7011 \cdot 6}{208^2} = 2.3007 \% \text{ aprox. } 2.30\%$$

#### 1.14.2 Método de las cavidades zonales

Este método que fue recomendado por la IES de 1964, que consiste en encontrar un coeficiente de utilización, y con este hallar el flujo luminoso total necesario para producir una iluminancia promedio requerida en cada salón analizado.

Las especificaciones que planteamos para el mejoramiento de la iluminación son:

##### 1.14.2.1 Reflectancias:

Color techo: Crema. Reflectancia de techo = 80%

Color paredes: Blanco viejo. Reflectancia de pared = 76 %

Color piso: Baldosa granito. Reflectancia piso = 20%

Color de Puerta: Aluminio blanco. Reflectancia puerta= 70%

Tomadas de la tabla 430.1.4 del RETILAP

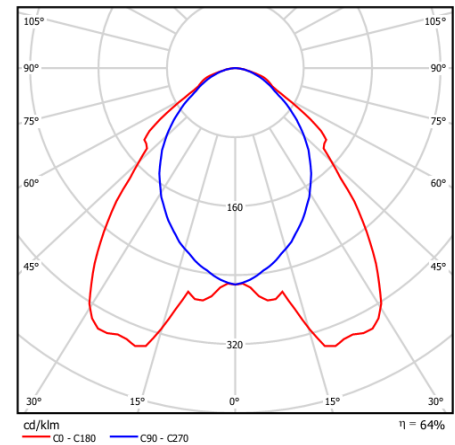
*Espacios de trabajo:*

Bachillerato 1

Largo:  $l = 7.18$  m

Ancho:  $a = 7.1$  m

Altura total:  $h = 2.8$  m



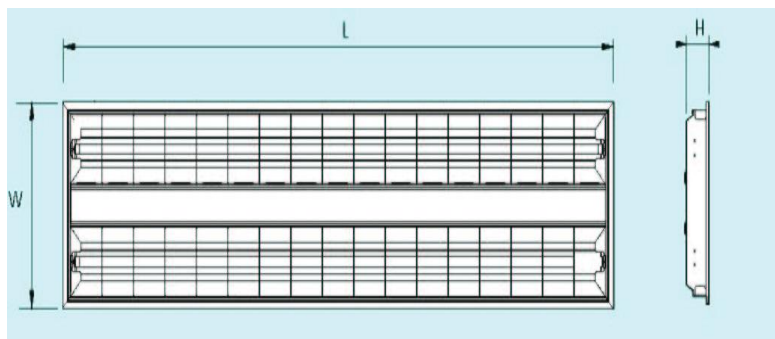
**Figura 17 Espectro Fotométrico Lumin. TL5**  
Fuente: Catalogo PHILIPS

Altura de la cavidad de techo:  $h_c = 0.0$  m

Altura de la cavidad de piso:  $h_f = 0.85$  m

Altura de la cavidad del local:  $h_m = 1.95$  m

### 1.14.2.2 Luminarias:



**Figura 18 Dimensiones Luminaria**  
Fuente: Catalogo PHILIPS

Luminaria modular de incrustar para iluminación general de áreas internas, PHILIPS, MASTER TL5 HE 28W/840 1SL, de dos bombillas por luminaria.

Especificaciones técnicas:

Carcasa: 0.4mm de acero laminado en frio

Óptica: 0.35mm aluminio anodizado

PHILIPS TL5 120 – 277V

Difusor: 0.8mm

**L=1.202 m W = 0.180 m H=0.102 m**

Código de familia de lámparas en la designación de producto de la luminaria	Tipo de lámpara	Casquillo	Temperatura de color [K]	Índice de reproducción cromática (Ra)	Flujo luminoso [lm]	Máxima intensidad luminosa [cd]	Vida útil media nominal (conv.) [hrs]	Vida útil media nominal (electr.) [hrs]
<b>MASTER TL5 High Efficiency</b>								
TL5-14W/827	MASTER TL5 HE 14W/827	G5	2700	85	1200			20000
TL5-28W/830	MASTER TL5 HE 28W/830	G5	3000	85	2600			20000
TL5-28W/835	MASTER TL5 HE 28W/835	G5	3500	85	2600			20000
<b>TL5-28W/840</b>	<b>MASTER TL5 HE 28W/840</b>	G5	<b>4000</b>	<b>85</b>	<b>2600</b>			<b>20000</b>
TL-D15W/827	MASTER TL-D Super 80 15W/827	G13	2700	85	1000		15000	20000
TL-D15W/830	MASTER TL-D Super 80 15W/830	G13	3000	85	1000		15000	20000

**Tabla 20 Características luminarias**

Fuente: Catalogo PHILIPS

*1.14.2.3 Determinación los índices de las cavidades zonales:*

$$\text{Índice de la cavidad de techo} = hc = \frac{5 \cdot hc(l+a)}{(l \cdot a)} = 0$$

$$\text{Índice de la cavidad de local} = km = \frac{5 \cdot hm(l+a)}{(l \cdot a)} = 2.7312$$

Índice de la cavidad de Piso=  $hf = \frac{5*hf(l+a)}{(l*a)} = 1.1905$

**1.14.2.4 Determinación de las reflectancias efectivas de la cavidad local:**

$$\rho_m = \frac{\sum(\rho_n * A_n)}{\sum A_n}$$

$$\rho_m = \frac{((7.1 * 2 * 2.8 + 1.4 * 7.18 + 6.38 * 2.8) * 0.76 + (1.6 * 0.7) + ((7.18 * 1.4) * 0.08))}{(7.1 * 2 * 2.8 + 1.4 * 7.18 + 6.38 * 2.8) + (1.6) + (7.18 * 1.4)}$$

$$= 0.7575$$

**1.14.2.5 Seleccionamos el coeficiente de utilización:**

Por medio de una interpolación de doble entrada aplicamos:

	$y_1$	$y_2$
$x_1$	$Z_{11}$	$Z_{12}$
$x_2$	$Z_{21}$	$Z_{22}$

$$Z = Z_{11} + \frac{Z_{21} - Z_{11}}{x_2 - x_1} (x - x_1) + \frac{Z_{12} - Z_{11}}{y_2 - y_1} (y - y_1)$$

**Figura 19 Formula para interpolación de doble entrada**

Fuente: los autores

Con los datos de la tabla del coeficiente de utilización, según el RETILAP, en su sección 430.2.3, calculamos CU siendo Z en la ecuación anterior:

Índice de	Reflectancia media local				
<b>cavidad local</b>	80	70	K	CU	$\rho_m$
<b>2</b>	0.845	0.82	2.7312	0.7814	75.75
<b>3</b>	0.7725	0.74			

**Tabla 21 Resultado coeficiente uniformidad**

Fuente: los autores

#### 4.4.1.6 Calcular el nivel promedio de iluminación:

Pero para esto primero se calcula el flujo luminoso por bombilla para poder escoger el producto adecuado:

$$\Phi_{\text{tot}} = (E_{\text{prom}} \times A) / (CU \times F_M)$$

Dónde:

$\Phi_{\text{tot}}$	Flujo luminoso total.
$E_{\text{prom}}$	Iluminancia promedio requerida.
A	Área en m <sup>2</sup>
CU	Coeficiente de utilización.
$F_M$	Factor de mantenimiento.

Donde el factor de mantenimiento es:

$$F_M = F_E \times DLB \times F_b$$

$F_M$	Factor de mantenimiento de la instalación
$F_E$	Depreciación de la luminaria por ensuciamiento
<b>DLB</b>	Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla
<b>Fb</b>	Factor de balasto

Y según los datos del fabricante

$F_b = 0.95$  para un balasto electrónico.

$F_E = 0.75$  Para lugares limpios sin contaminación excesiva.

DLB= 0.9 Este valor esta dado a 25 °C

Entonces:  $F_M = 0.95 * 0.75 * 0.9 = 0.64125 \gg \phi_T = \frac{(500*51)}{(0.7814*0.64125)} = 50868.86$

Con este flujo total se calcula la cantidad de luminarias según el flujo luminoso de cada bombilla escogida:

$$N = (\phi_{tot}) / (n * \phi_l)$$

$\phi_l$  flujo luminoso de una bombilla.

n número de bombillas por luminaria.

$$N = \frac{50868.86}{(2 * 2600)} = 9.78 \approx 10$$

Con este valor no podemos obtener una configuración uniforme para nuestras aulas rectangulares, por este motivo aumentamos el número de luminarias a la cantidad más próxima, con la cual se pueda realizar una distribución de luminarias uniforme, teniendo la precaución de no exceder los límites de iluminancia eficiencia y deslumbramiento.

Según lo cual obtendremos:

$$N = 12$$

Ahora se procede a calcular la iluminancia promedio con los valores anteriormente calculados:

$$E_{prom} = \frac{N * n * \phi_l * CU * FM}{l * a}$$

$$E_{prom} = \frac{12 * 2 * 2600 * 0.7814 * 0.64125 * 0.95}{7.18 * 7.1} = 582.675$$

Según este valor verificamos que cumple para las condiciones de iluminancia promedio exigidas por la norma para instituciones educativas, lo cual es verificable en la tabla 440.1 de la reglamento técnico de iluminación y alumbrado público.

Debido al espectro tridimensional de iluminación de las luminarias se ha agregado este factor igual a 0.95, para no sobredimensionar el valor promedio.

Según estos datos y la elección de las luminarias para el proyecto obtenemos las siguientes simulaciones de los niveles de iluminancia en el recinto seleccionado por modelo.

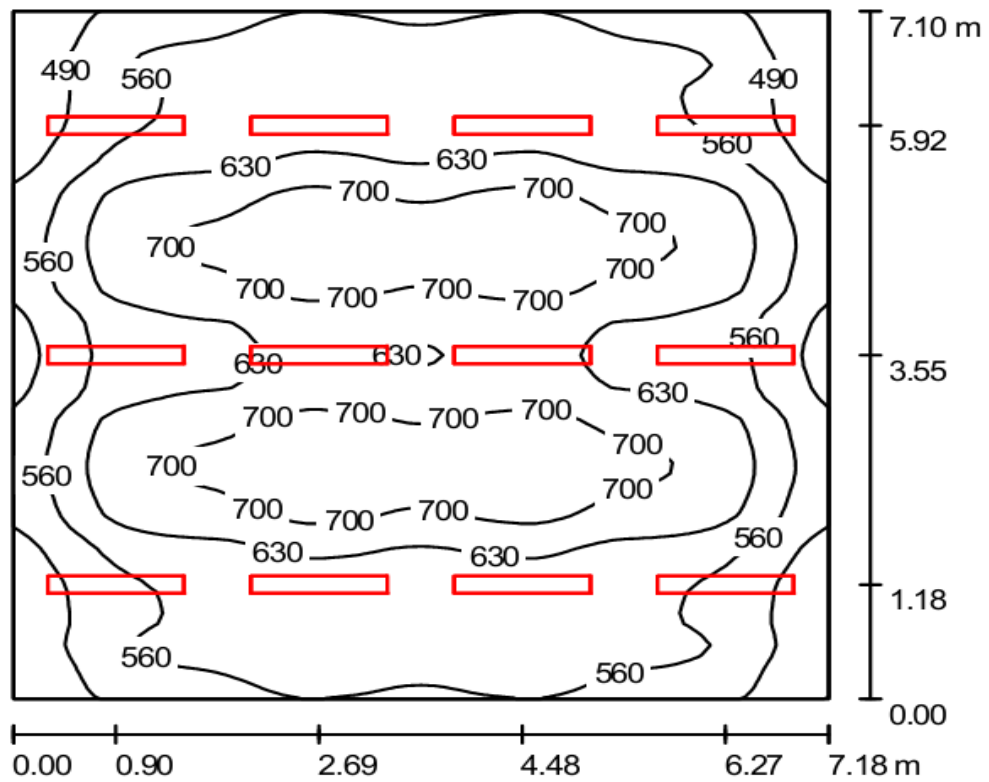
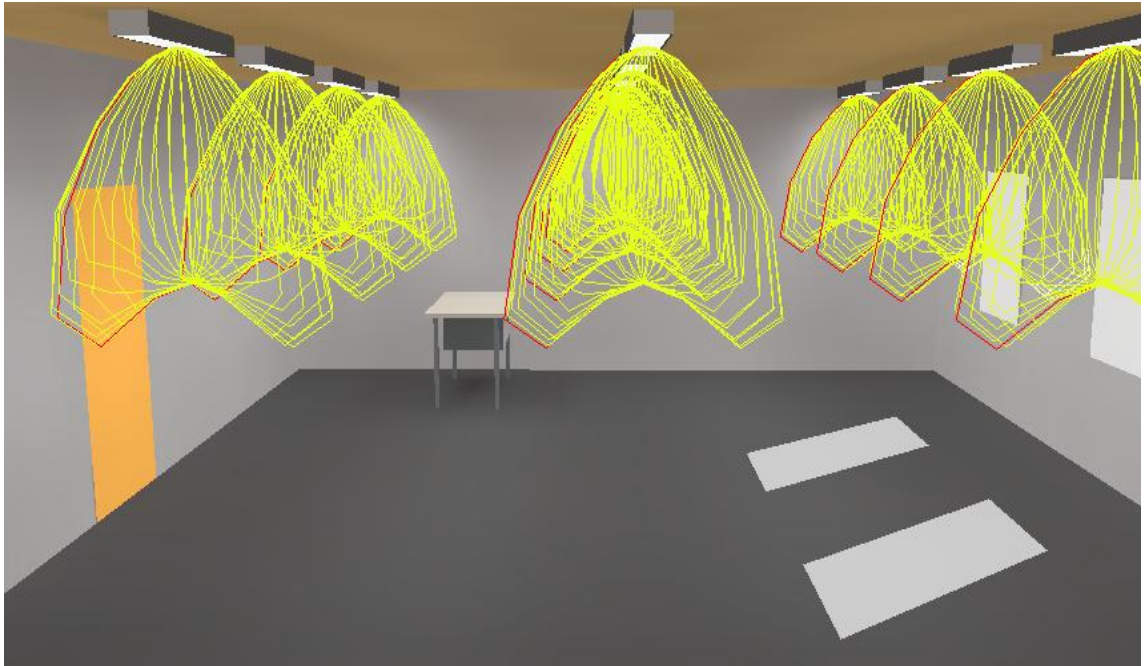


Figura 20 Curvas Dialux  
Fuente: los autores

## 2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO

Para un estudio íntegro de las instalaciones eléctricas del Colegio Integrado Mesa de Jeridas es necesario analizar el comportamiento del sistema en cuanto a las perturbaciones que afectan la calidad del suministro. Esto con el fin de conocer si el operador de red, la Electrificadora de Santander ESSA cumple con la normativa establecida e igualmente verificar como las cargas pueden estar afectando la calidad de la onda. También se analizará la cargabilidad del transformador previendo futuras ampliaciones en la red eléctrica de la institución que se encuentra en constante crecimiento. Todo lo anterior mediante los datos tomados por medio del analizador de redes suministrado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones el cual fue conectado aguas abajo del medidor de energía, de manera continua por un periodo de una semana la cual comienza el día 14/02/2011 y termina el 20/02/2011. Se conectó una pinza de tensión por fase y una en el neutro, los neutros de estas pinzas se configuraron en conexión Y, y se unieron a la tierra del equipo, de igual manera se conectó una bobina de corriente por cada fase y una en el neutro.

### Transformador trifásico de 45 KVA:

Transformador	45 [kVA]
Relación de Transformación	13200 / 127-220 [V]
Corriente en el primario	1.97 [A]
Corriente en el secundario	118.1 [A]
Totalizador del tablero general en baja tensión	No existente
Frecuencia del sistema	60 [Hz]

**Tabla 22 Transformador trifásico existente**

Fuente: Los autores

**Resultados obtenidos:**

	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
Vmax	145,4 [V]	146,4 [V]	142,5 [V]	0,1967 [V]
Vmin	86,45 [V]	81,54 [V]	86,87 [V]	0,0302 [V]
Imax	14,99 [A]	9.962 [A]	23,56 [A]	0.1041 [A]
Imin	0,6993 [A]	0,5884 [A]	0,6076 [A]	0.06082 [A]

**Tabla 23 Resultados promedio en el periodo descrito por fase en tensión y corriente analizador de redes**

Fuente: Los autores

A continuación se presentan los valores porcentuales de THD en tensión y corriente los cuales fueron obtenidos contrastando el valor rms de THD con el valor de la componente fundamental tanto en tensión como en corriente.

	Fase A	Fase B	Fase C
THD (Tensión)	7.58%	8,36%	8,40%
THD (Corriente)	46,94%	61,56%	21,36%

**Tabla 24 Resultados porcentaje THD tensión y corriente**

Fuente: Los autores

## 2.1 Diagramas de tensiones por fase y en el neutro.

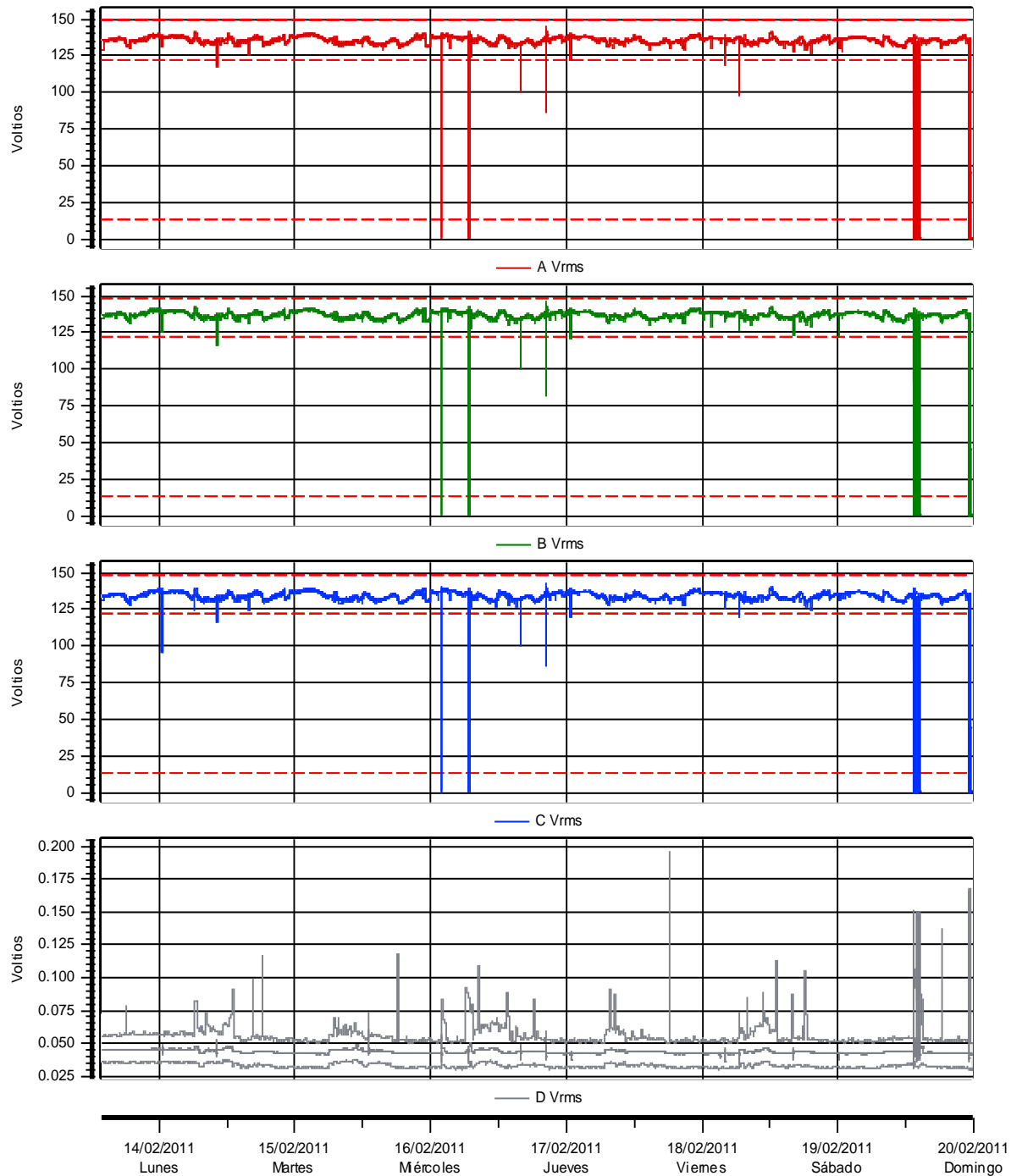


Figura 21 Diagramas de tensiones por fase y en el neutro.

Fuente: Los autores

	Min	Máx.	Pro
AVrms	86,45	145,4	135,7
BVrms	81,54	146,4	137,1
CVrms	86,87	142,5	134,3
DVrms	0,0302	0,1967	0,04248

**Tabla 25 Resultados Tensiones max. y min. Analizador de Redes**

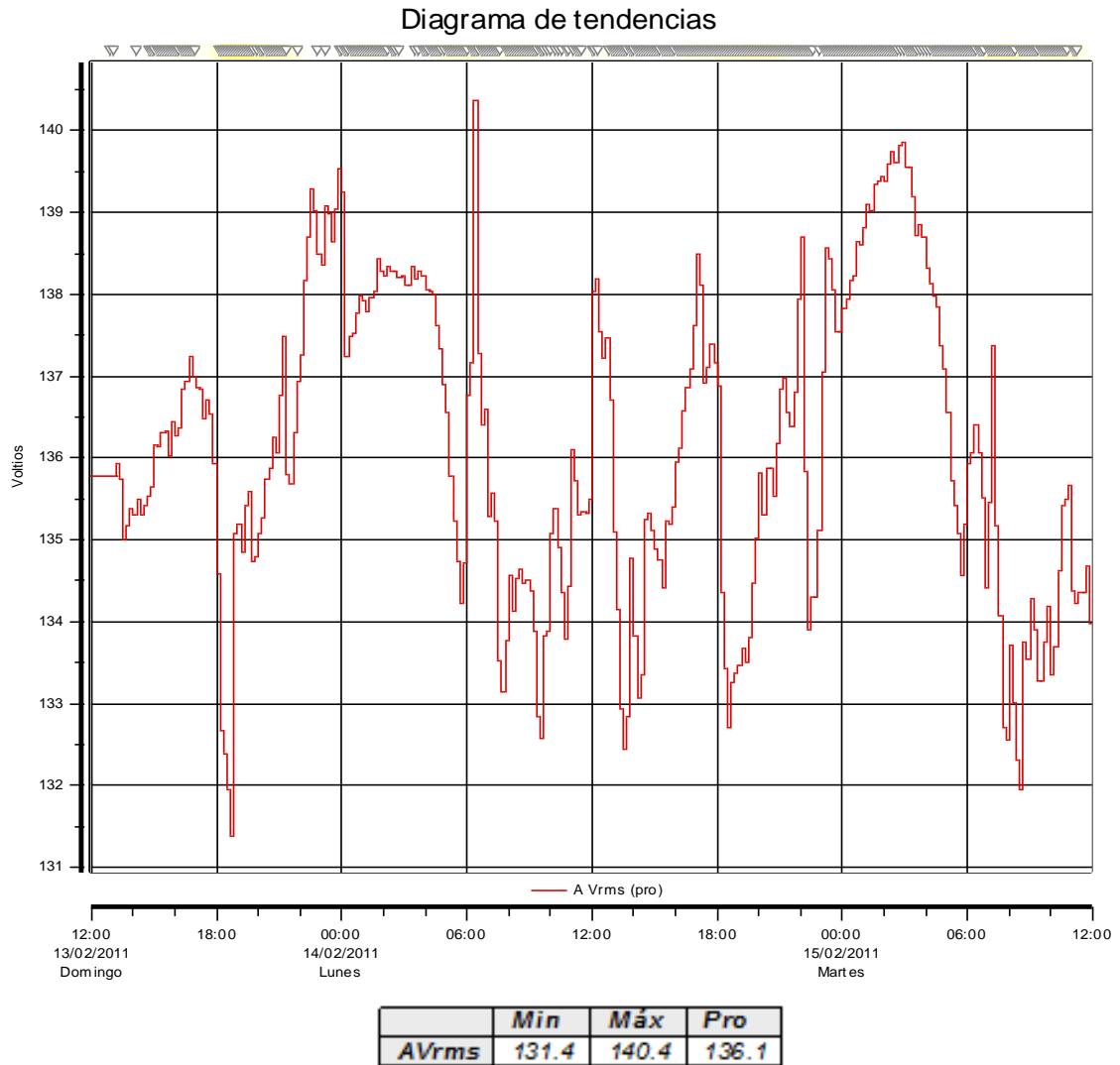
Fuente: Los autores

Como se observa en las gráficas las tensiones presentan irregularidades y excesos los cuales sobrepasan los valores permitidos según la norma IEEE 1159, siendo la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes es de 135.7 V en promedio y valores máximos de 145.4 V, este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Tampoco cumple con la norma NTC 1340 según su **Tabla 2**. Clasificación, denominación y valores de la tensión nominal

Los resultados anteriores corresponden a los 7 días en los cuales el analizador permaneció conectado en la institución, a continuación se mostraran los resultados por periodos de tiempo más cortos, por fases para su clara distinción y mejor análisis:

Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00



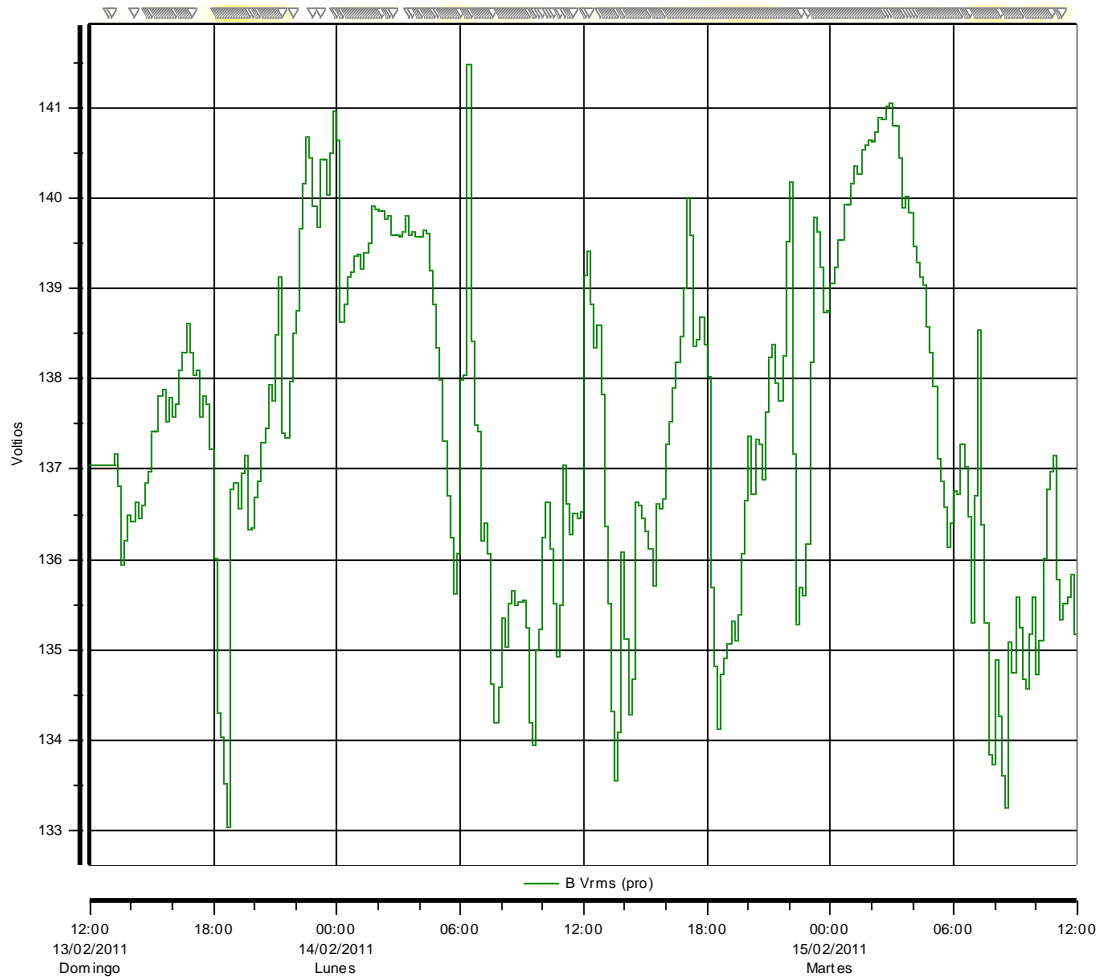
**Figura 22 Fase A Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase A:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada  $127\text{ V} \pm 5\%$  y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de  $136.1\text{ V}$  en promedio y valores máximos de  $140.4\text{ V}$ , lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de  $+5\%$  y  $-10\%$ .

Diagrama de tendencias



	Min	Máx	Pro
<b>BVrms</b>	133.0	141.5	137.4

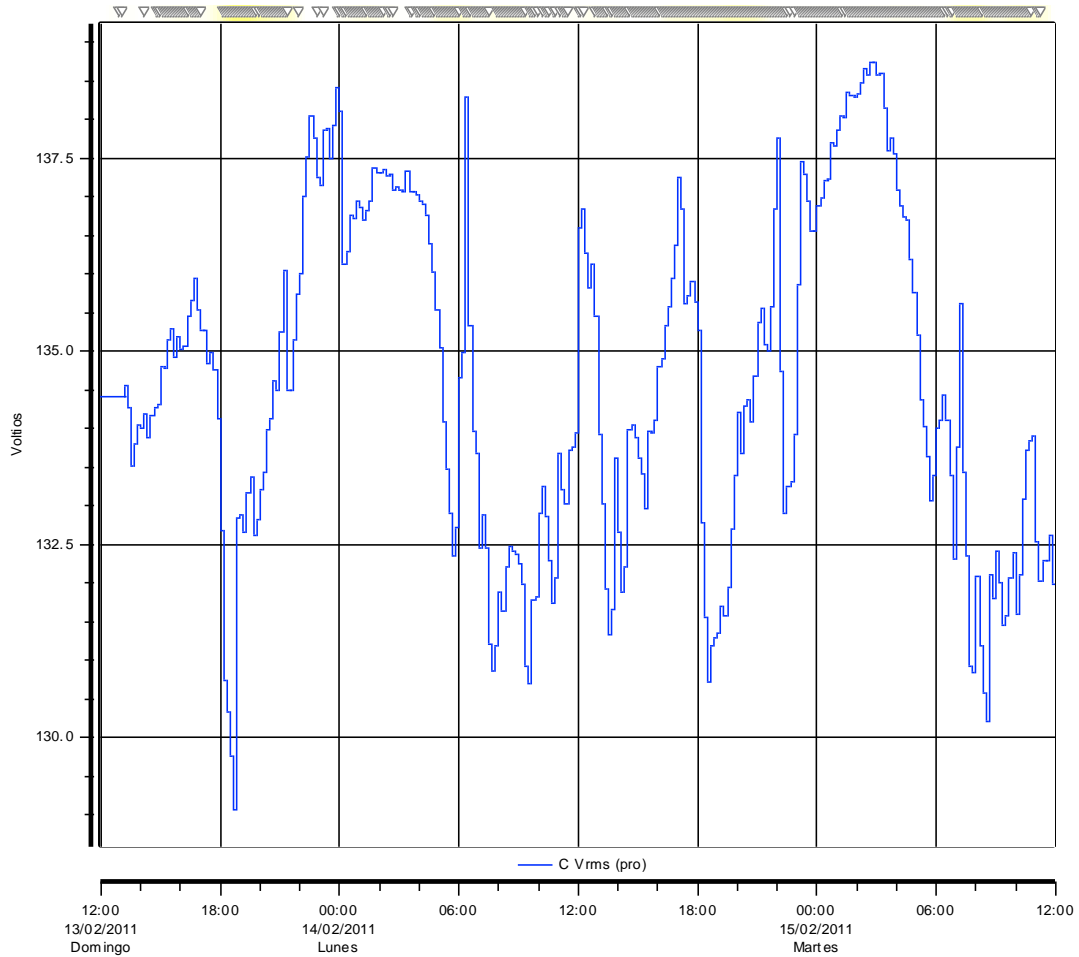
**Figura 23 Fase B Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase B:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada  $127\text{ V} \pm 5\%$  y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de  $137.4\text{ V}$  en promedio y valores máximos de  $141.5\text{ V}$ , lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de  $+5\%$  y  $-10\%$ .

Diagrama de tendencias



	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
<i>CVrms</i>	129.1	138.7	134.6

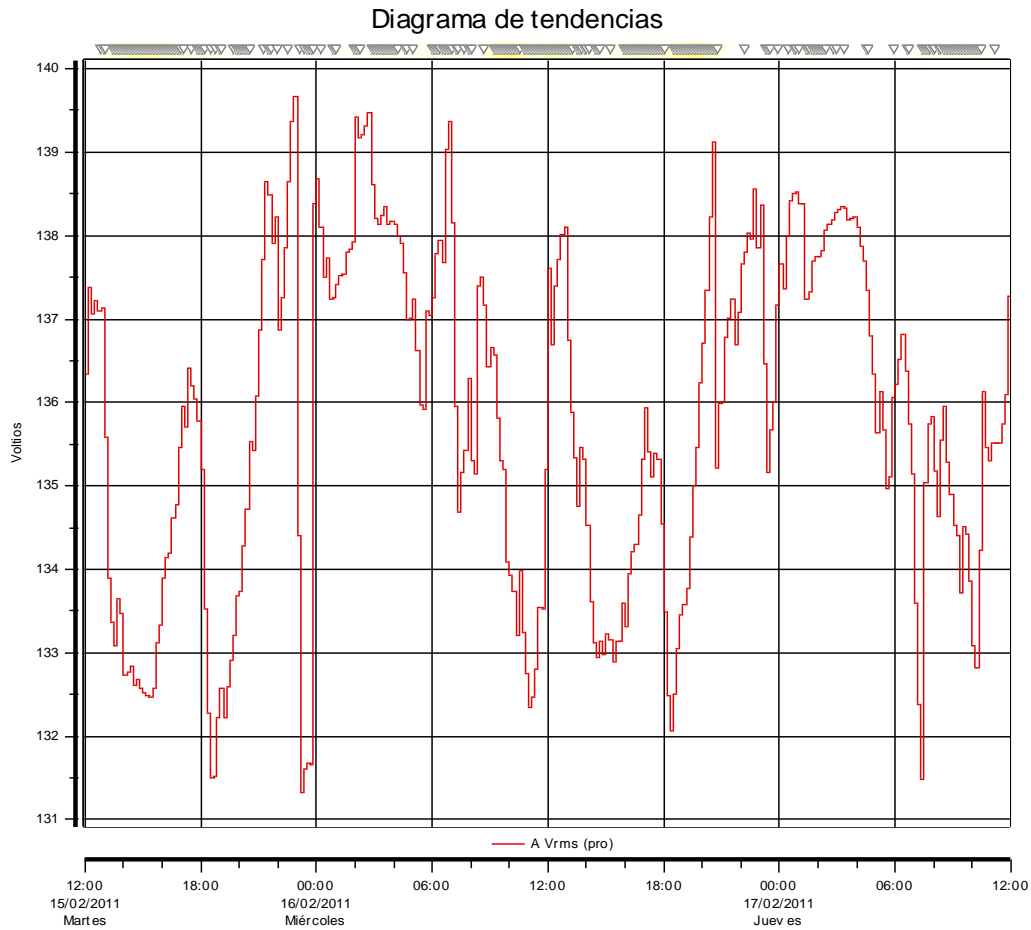
**Figura 24 Fase C Domingo 13/02/2011 a las 12:00 hasta el Martes 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase C:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 134.6 V en promedio y valores máximos de 138,7 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00



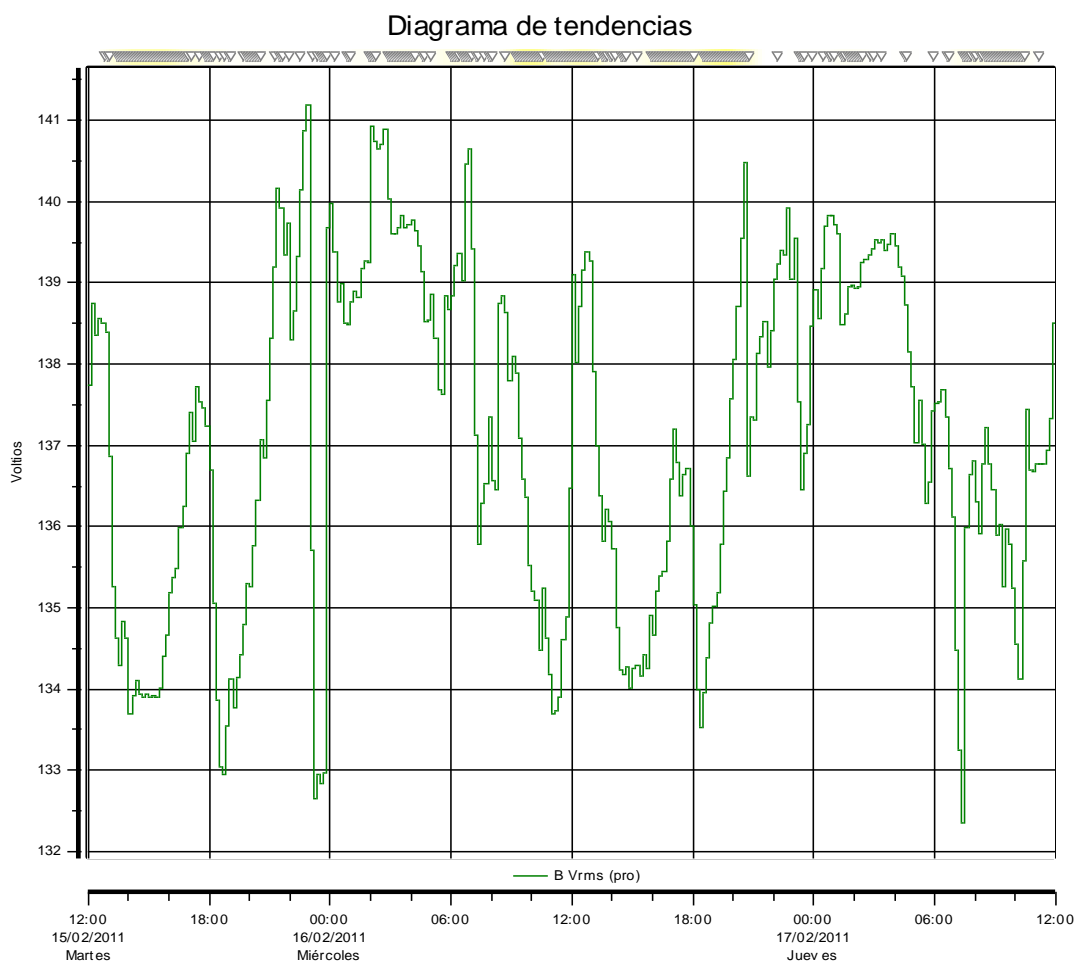
	Min	Máx	Pro
<b>AVrms</b>	131.3	139.7	135.8

**Figura 25 Fase A Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase A:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada  $127\text{ V} \pm 5\%$  y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de  $135.8\text{ V}$  en promedio y valores máximos de  $139.7\text{ V}$ , lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de  $+5\%$  y  $-10\%$ .



	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
<b>B Vrms</b>	<b>132.3</b>	<b>141.2</b>	<b>137.1</b>

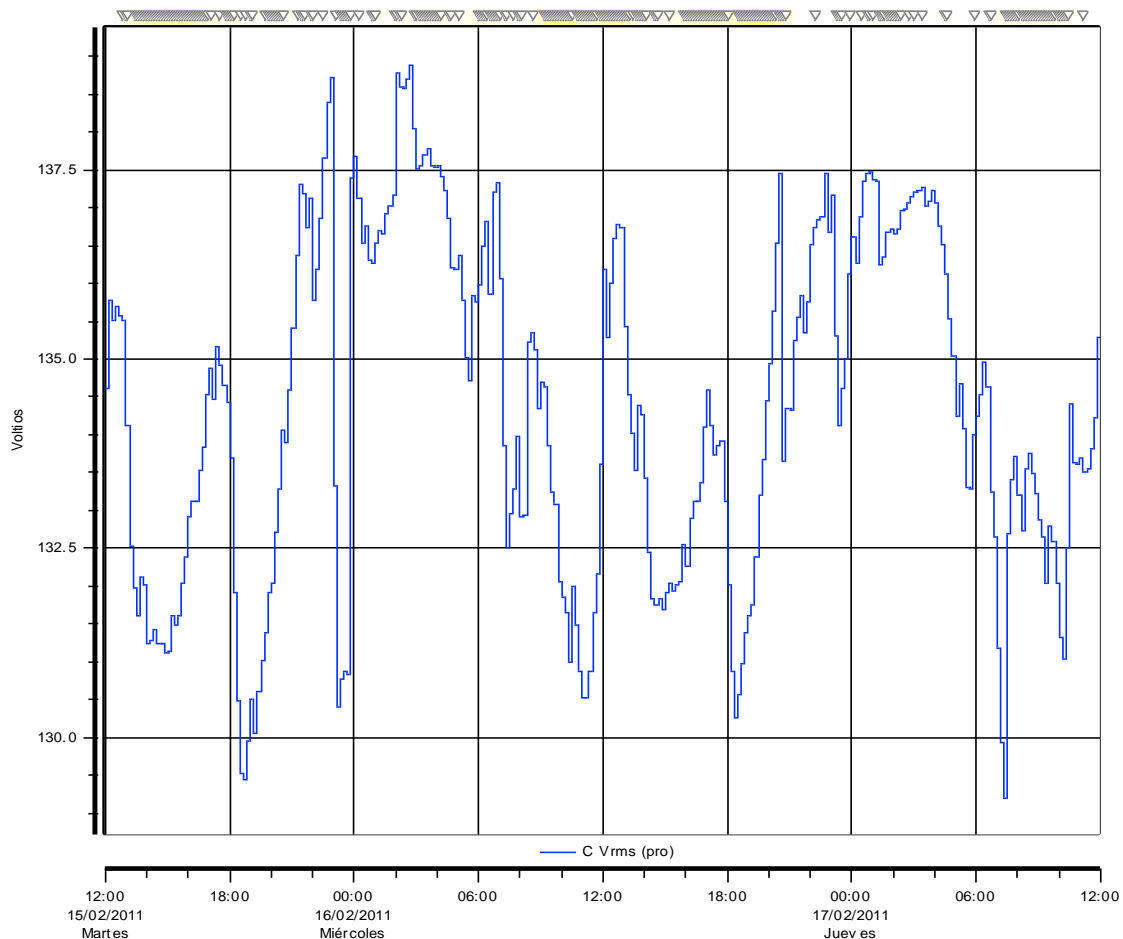
**Figura 26 Fase B Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase B:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada  $127\text{ V} \pm 5\%$  y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de  $137.1\text{ V}$  en promedio y valores máximos de  $141.2\text{ V}$ , lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de  $+5\%$  y  $-10\%$ .

Diagrama de tendencias



	Min	Máx	Pro
CVrms	129.2	138.9	134.4

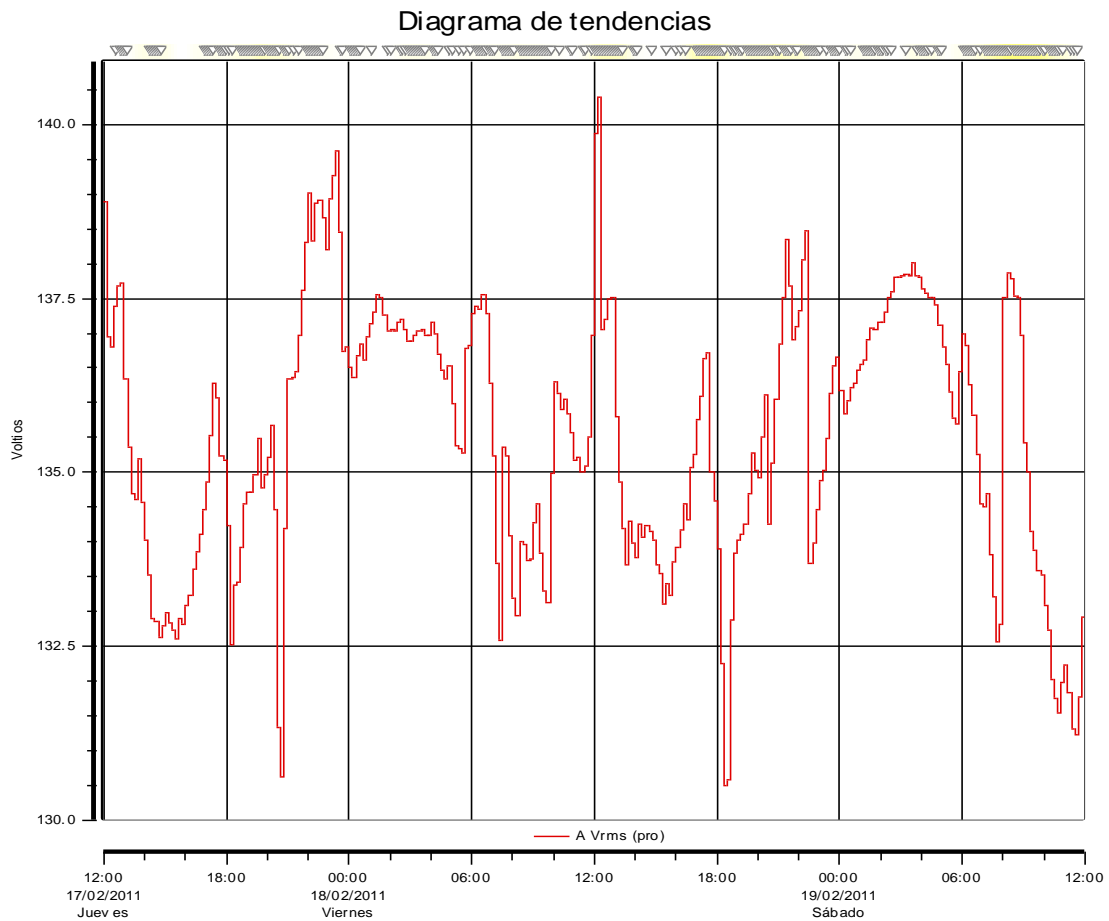
**Figura 27 Fase C Martes 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Jueves 15/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase C:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 134.4 V en promedio y valores máximos de 138.9 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00



	Min	Máx	Pro
<b>AVrms</b>	130.5	140.4	135.5

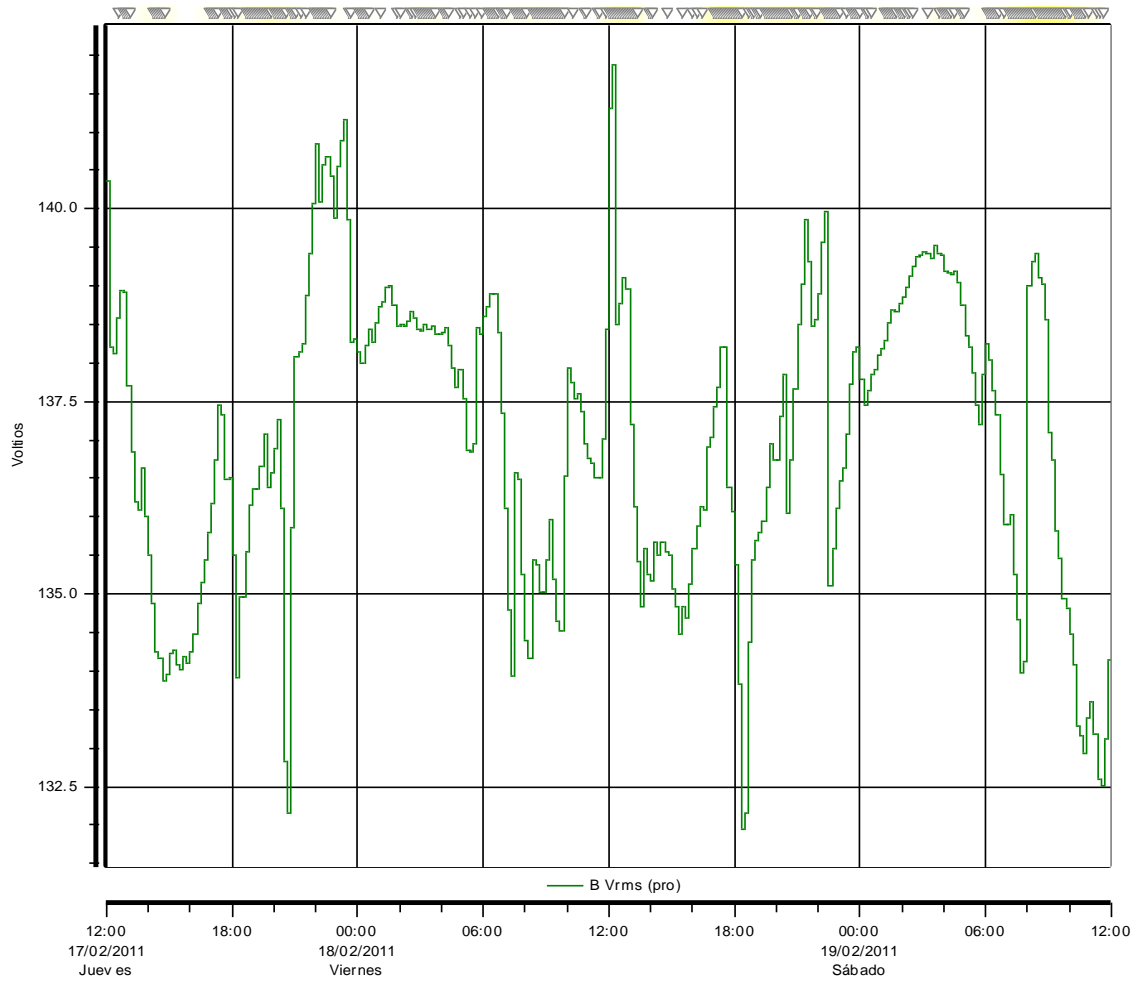
**Figura 28 Fase A Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase A:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada  $127\text{ V} \pm 5\%$  y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de  $135.5\text{ V}$  en promedio y valores máximos de  $140.4\text{ V}$ , lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de  $+5\%$  y  $-10\%$ .

Diagrama de tendencias



	Min	Máx	Pro
BVrms	131.9	141.9	137.0

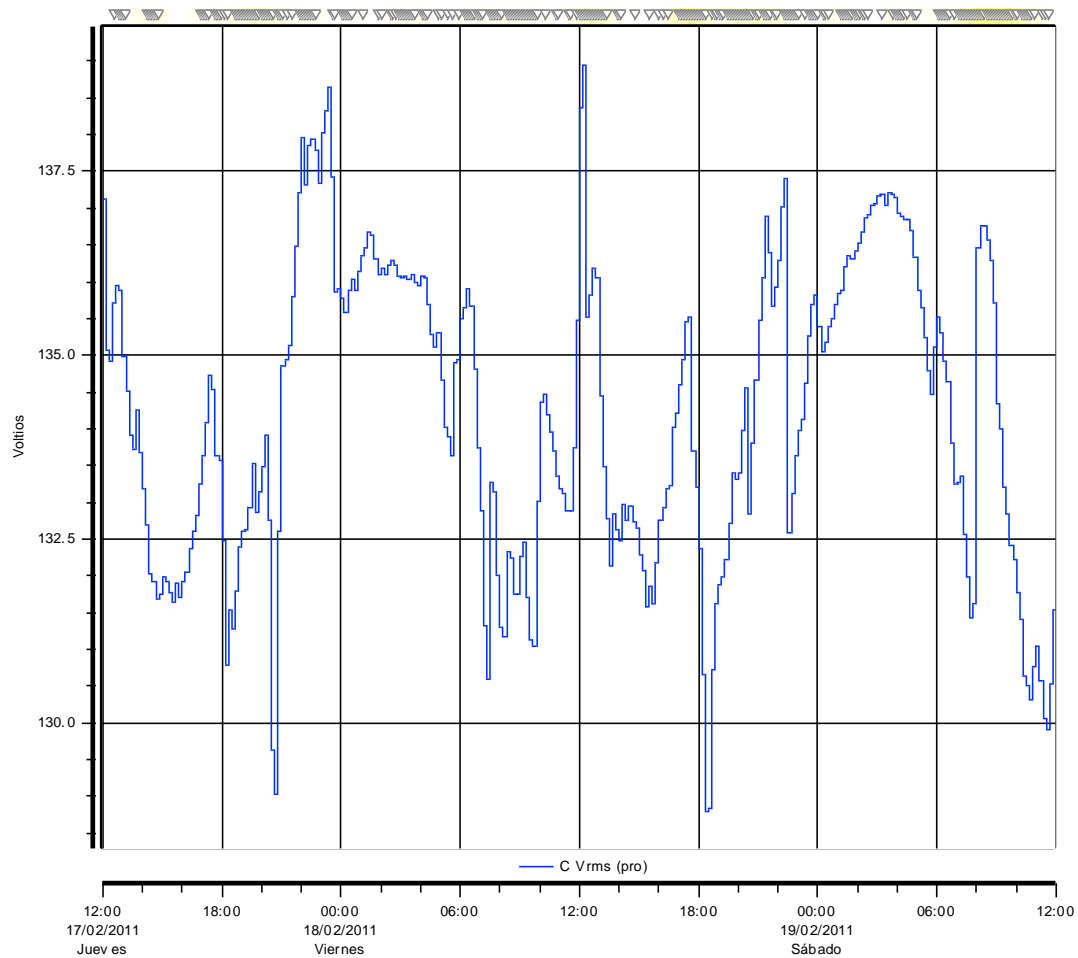
**Figura 29 Fase B Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase B:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 137.0 V en promedio y valores máximos de 141.9 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Diagrama de tendencias



	Min	Máx	Pro
<i>CVrms</i>	128.8	139.0	134.2

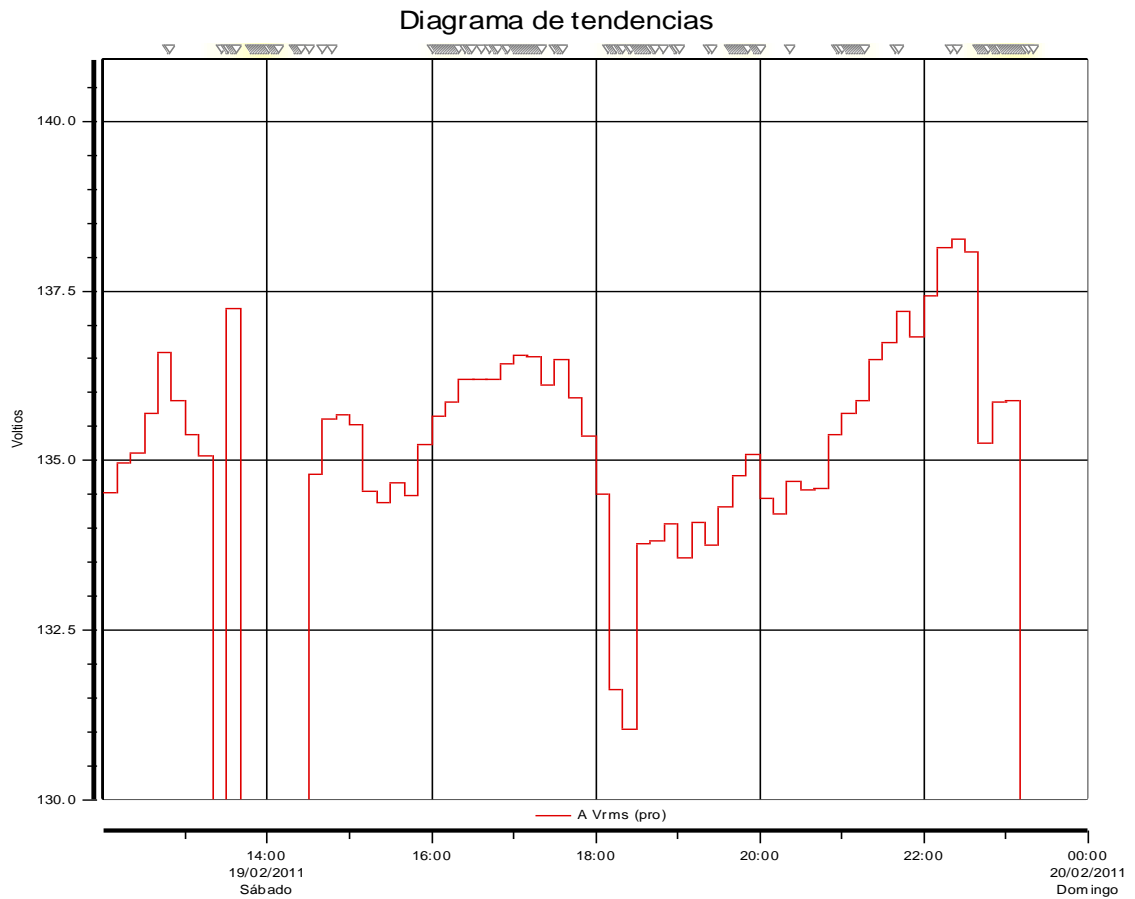
**Figura 30 Fase C Jueves 15/02/2011 a las 12:00 hasta el Sábado 19/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase C:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 134.2 V en promedio y valores máximos de 139.0 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00



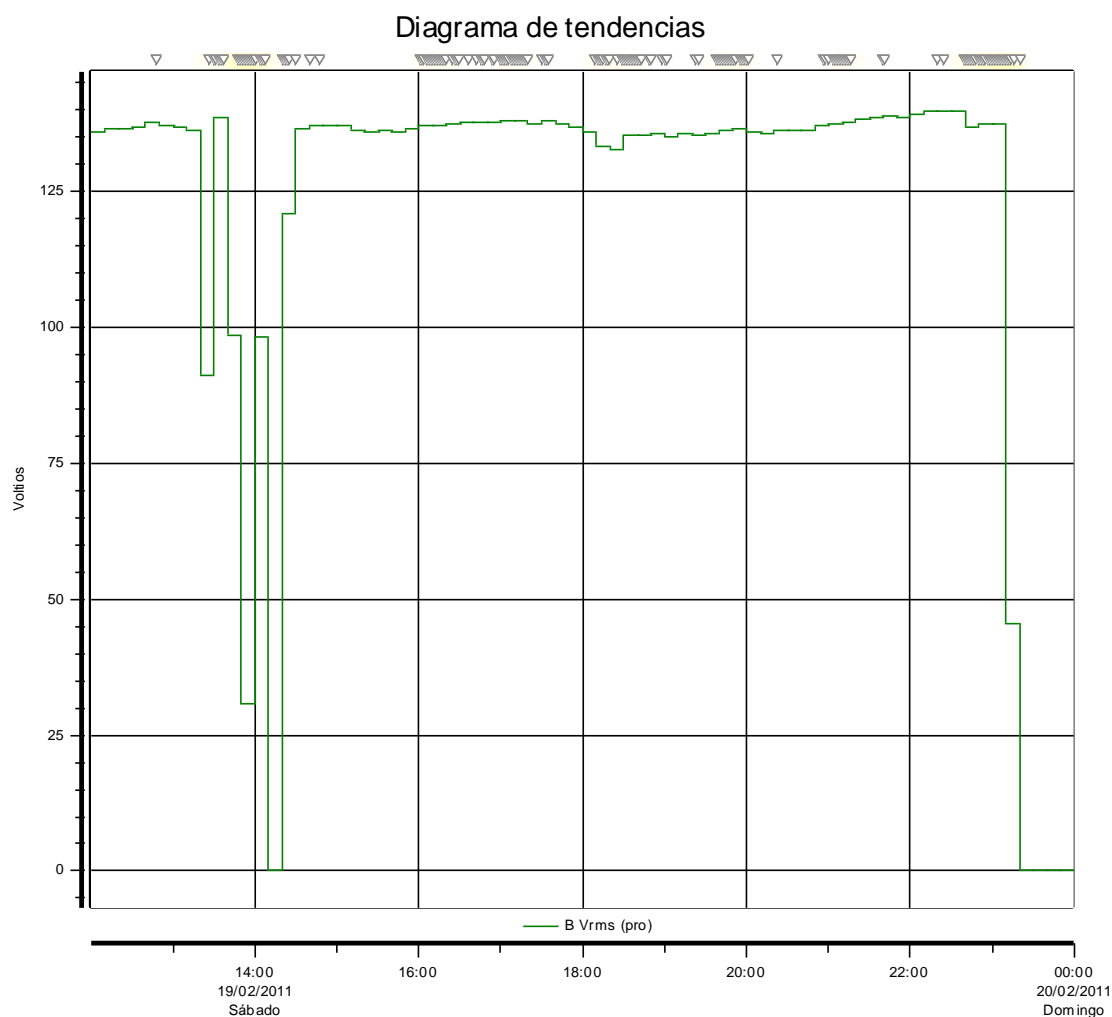
	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
<i>A Vrms</i>	0.05265	138.3	121.5

**Figura 31 Fase A Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase A:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 121.5 V en promedio y valores máximos de 138.3 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.



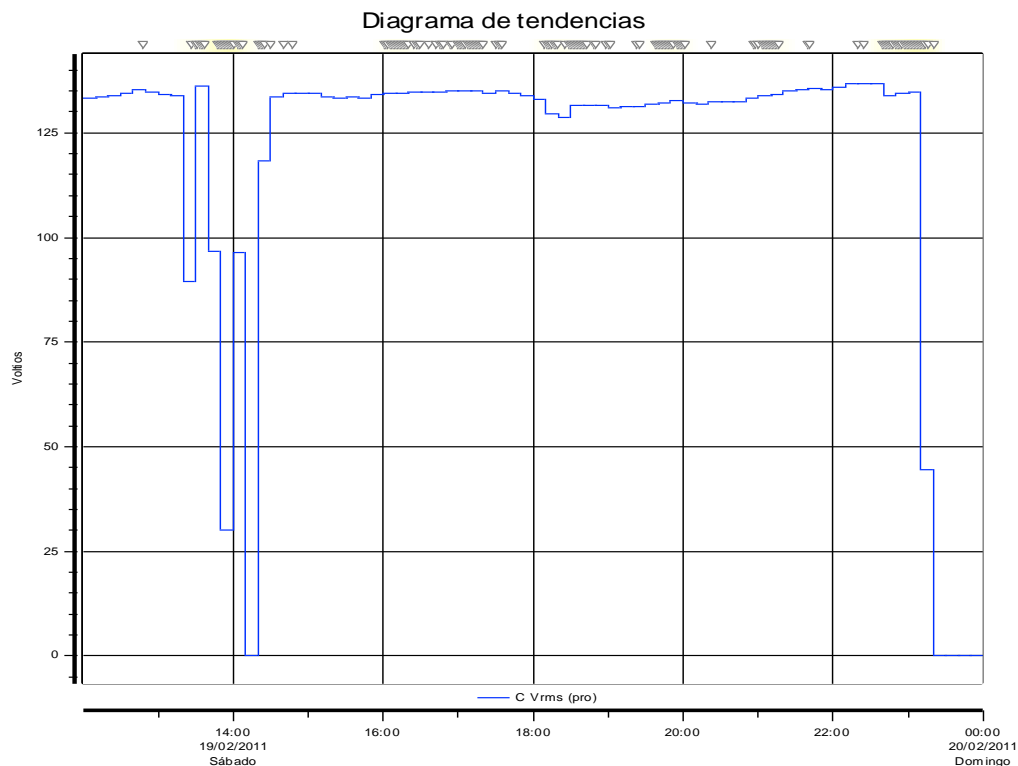
	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
<i>B Vrms</i>	0.04877	139.9	122.9

**Figura 32 Fase B Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase B:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 122.9 V en promedio y valores máximos de 139.9 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.



	Min	Máx	Pro
C Vrms	0.03908	136.8	120.1

**Figura 33 Fase C Sábado 19/02/2011 a las 12:00 hasta el Domingo 20/02/2011 a las 12:00**

Fuente: Los autores

Fase C:

Según la norma IEEE 1159 la tensión de operación adecuada 127 V +/- 5% y la obtenida según los datos del analizador de redes para este periodo de tiempo es de 120,1 V en promedio y valores máximos de 136,8 V, lo cual excede lo estipulado por la norma IEEE 1159, además este rango sobrepasa también los requerimientos mínimos de la norma ESSA en su sección 2.1.3 la cual admite variaciones máximas de tensión de +5% y -10%.

Los cruces de la tensión por 0 corresponden a los cortes de energía presentados durante el periodo de conexión del analizador de redes, no se editaron con el fin de demostrar la mala continuidad del servicio y los continuos cortes presentados en el sector.

### 2.1.1 Análisis de los resultados en tensión

Analizando los resultados presentados en el periodo de tiempo descrito de la figura 29 a la figura 41 de este documento, se observó sobretensiones que sobrepasan los límites establecidos por la norma IEEE 1159 y la norma NTC 1340 según su **Tabla 2**.

A continuación se analizara un ejemplo de lo descrito anteriormente, tomando un solo periodo de tiempo de una de las fases

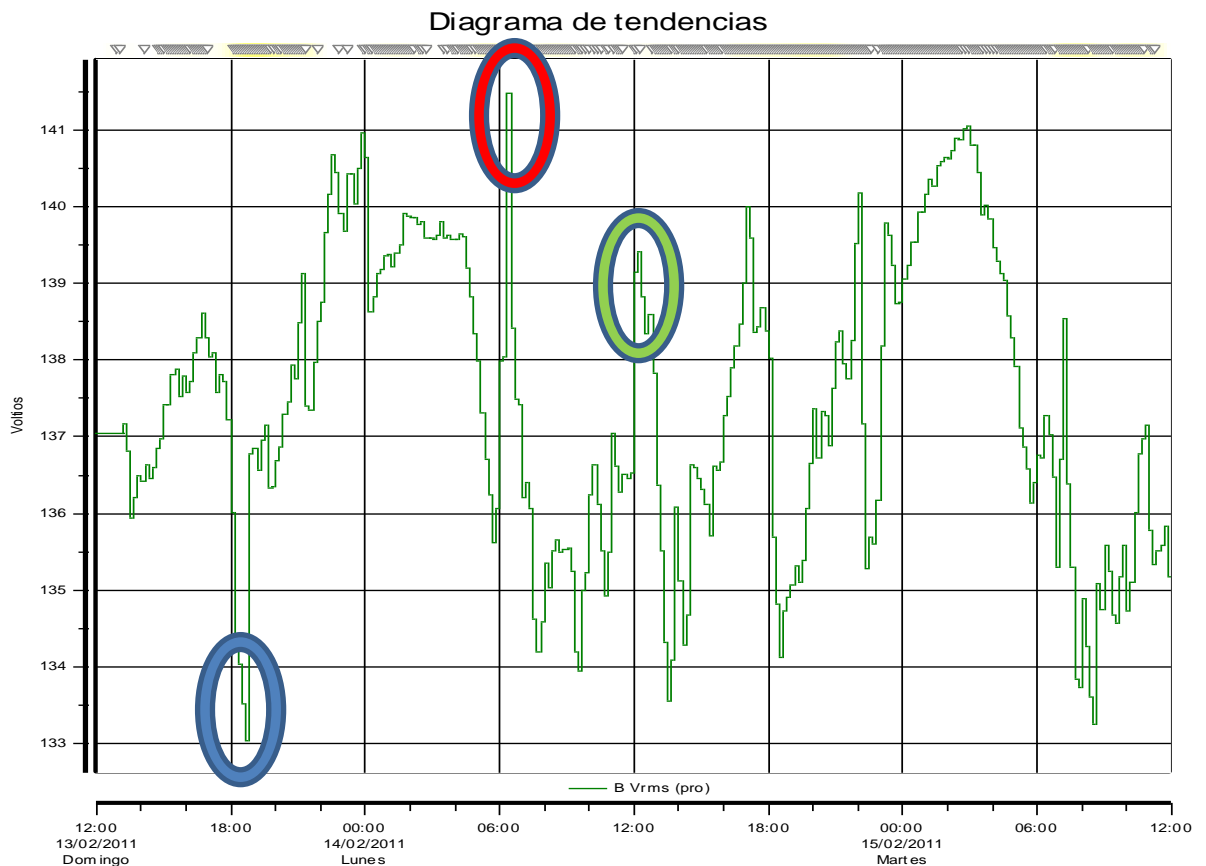
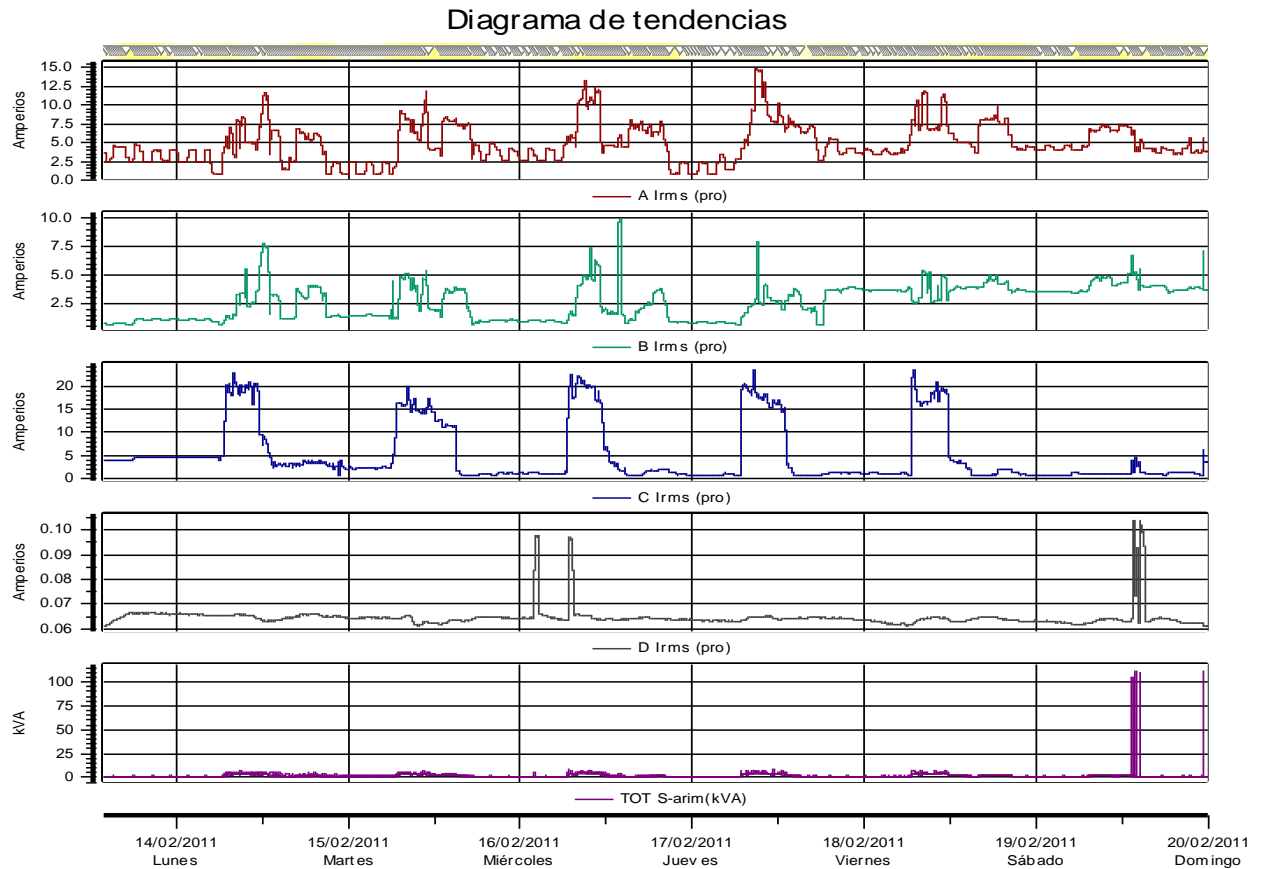


Figura 34 Análisis valores extremos  
Fuente: Los autores

En el círculo rojo marcado se muestra la tensión máxima presentada en el periodo de domingo 13/02/2011 a las 12 m hasta Martes 15/02/2011 a las 12 m el cual tuvo un valor de 141,5 V.

Observamos también sobretensiones constantes, uniformes y una amplia variación de sus valores, el valor mínimo de la tensión se presenta a las 6 de la tarde lo cual indica el ingreso de carga en el sistema, pero alrededor de las 8 de la noche vuelve a incrementarse hasta un valor de 136,8 V. Se presentan sobretensiones en el horario nocturno las cuales se deben a la ausencia de carga, pero también se presentan en las horas pico al medio día.

## 2.2 Diagramas de Corrientes por fase y en el neutro.



	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
<i>Alrms</i>	0.6993	14.99	4.876
<i>Blrms</i>	0.5884	9.962	2.661
<i>Clrms</i>	0.6076	23.56	5.025
<i>Dlrms</i>	0.06082	0.1041	0.06459
<i>TOTS-arim(kVA)</i>	0.0	111.9	1.683

**Figura 35 Diagramas de Corrientes por fase y en el neutro.**

Fuente: Los autores

Durante los periodos de plena carga se alcanzan niveles de 23.56 [A], Lo cual evidencia el bajo rango de utilización del transformador.

También se puede observar una diferencia de consumo entre las tres fases la más notoria entre las fases B y C, lo cual nos muestra un desbalance de carga en este transformador, podemos destacar a la fase C como la fase más cargada dentro de nuestra instalación.

Se destacan los periodos de consumo en la institución que inician a las 8 am y terminan en su mayoría y con algunas excepciones a las 12 del mediodía.

Los picos presentes en el neutro y la tierra en el transcurso de sábado a domingo corresponden a un corte de energía presentado a estas horas.

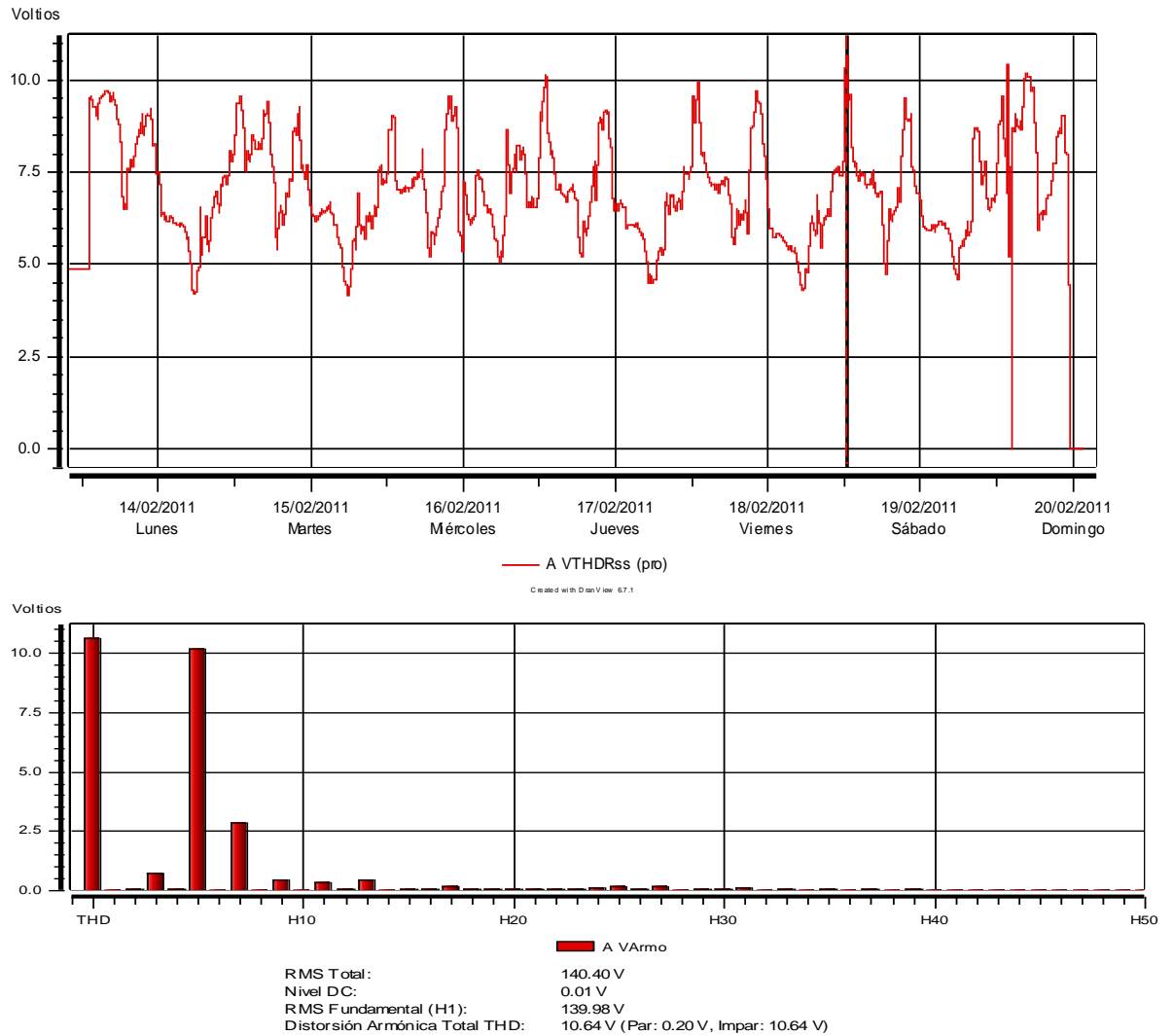
### **2.3 Analisis de THD en tensiones y corrientes por fase**

Segun la norma IEEE 1159 el THD no puede exceder el 5% para tensiones Y el 20% para corrientes

### 2.3.1 THD en tensiones por fase

#### DIAGRAMA DE FASE A DEL ARMÓNICO

#### TENSIÓN



**Figura 36 DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO TENSIÓN**

Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 5% del valor real. Para la fase A el nivel de armónicos alcanza el 7.58%, el cual está por fuera del rango permisible.

## DIAGRAMA DE FASE B DEL ARMÓNICO

### TENSIÓN

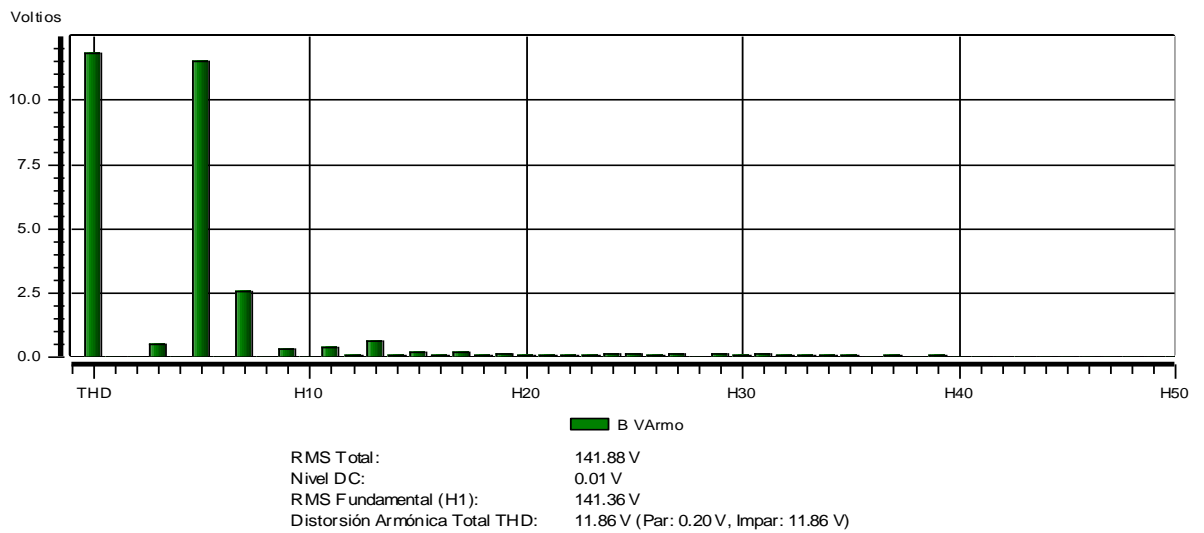
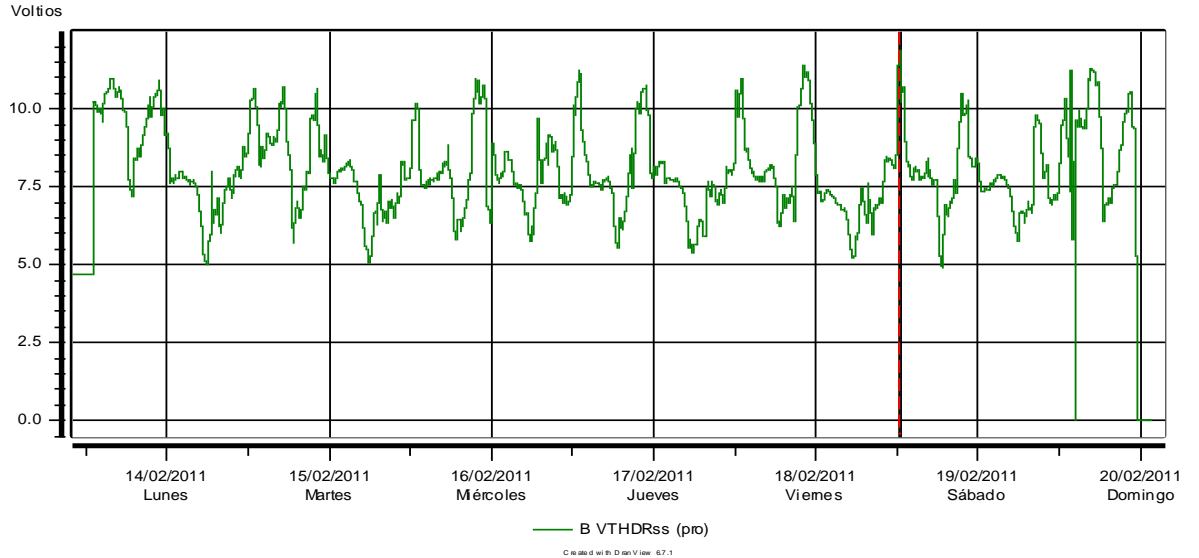


Figura 37 DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO TENSIÓN

Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 5% del valor real. Para la fase B el nivel de armónicos alcanza el 8,36%, el cual no se encuentra en el rango permisible.

## DIAGRAMA DE FASE C DEL ARMÓNICO

### TENSIÓN

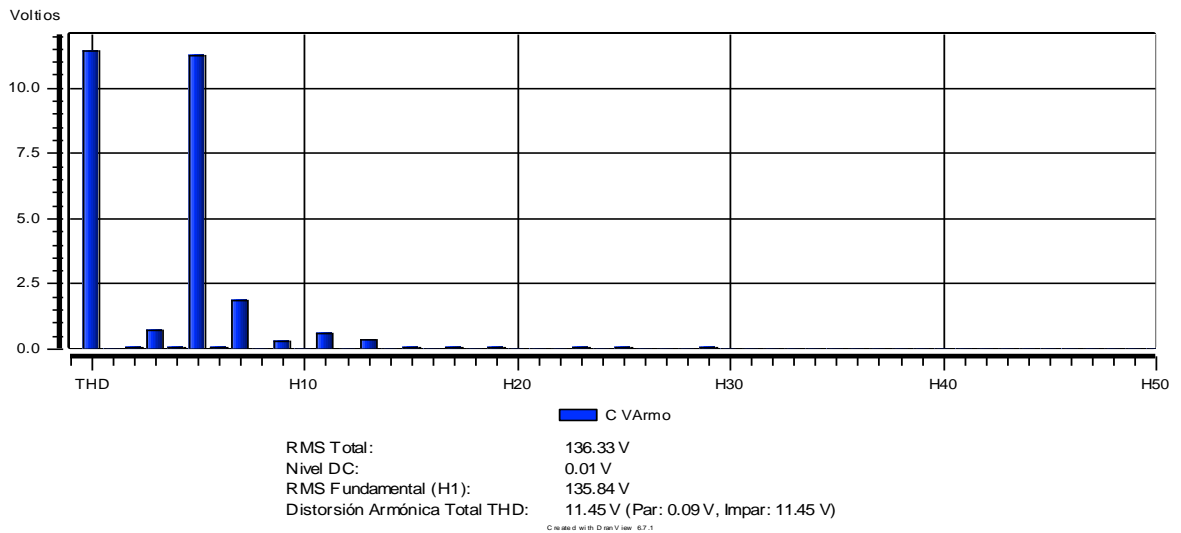
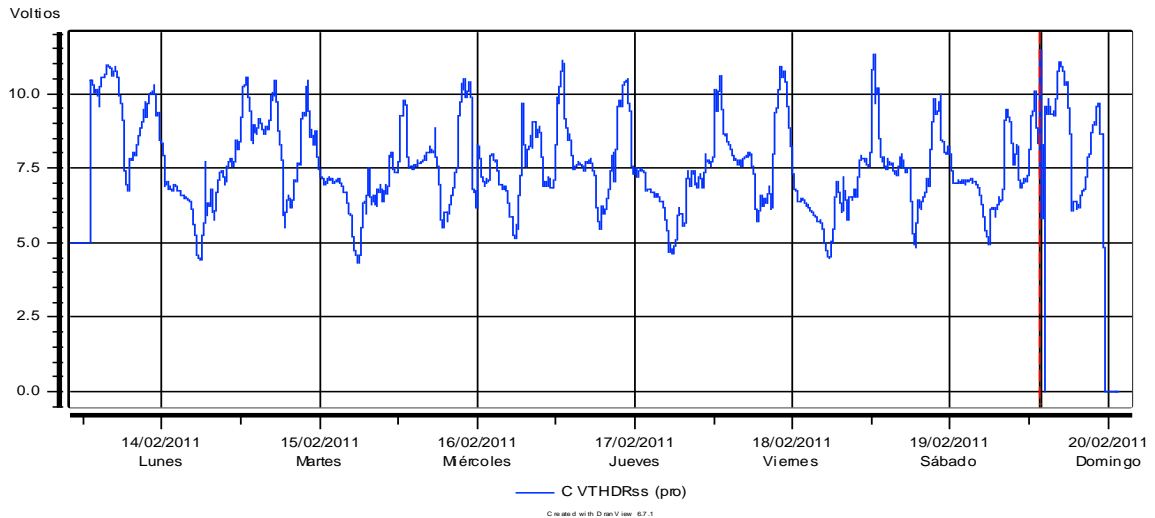


Figura 38 DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO TENSIÓN  
Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 5% del valor real. Para la fase C el nivel de armónicos alcanza el 8,4%, el cual no se encuentra en el rango permisible.

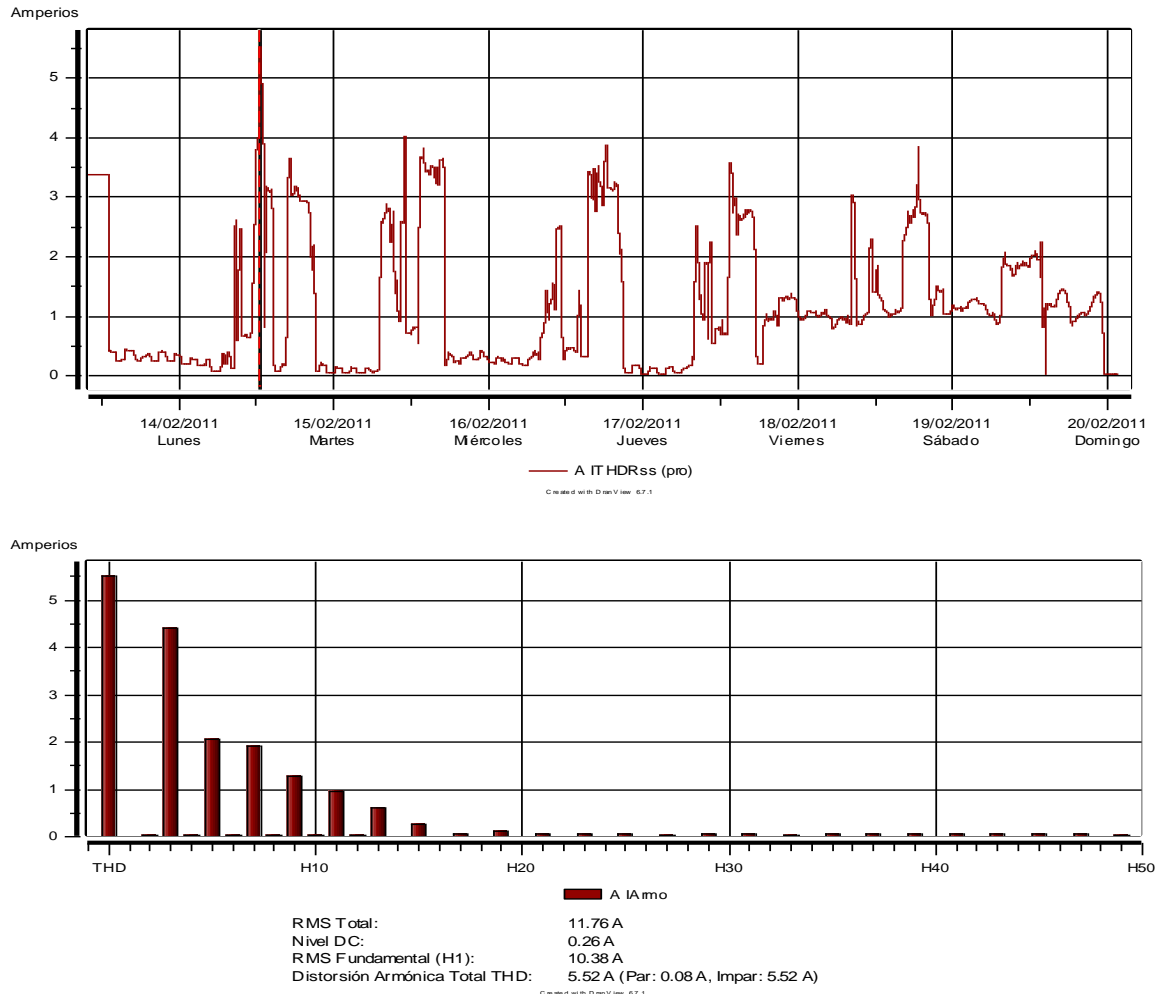
Analizando el comportamiento de las ondas de THD en tensión observamos que se presentan armónicos de orden 5 y 7 (predominantemente el 5) tanto en el periodo que se presenta carga en la institución de 8 am a 12m de cualquier día como en el periodo de ausencia de la misma siendo estos armónicos más críticos en este punto sin carga lo cual aísla el colegio de la red y nos indica que los armónicos en tensión vienen con la red y no son producidos por la instalación.

Todos los armónicos presentes en las ondas de tensión son causadas por las características y elementos conectados en la red como podría ser el horno de arco con el cual cuenta una fábrica de ladrillos cercana, además de pequeños motores, motobombas y diversas cargas sin compensación que se pueden presentar en cualquier finca del sector, todo esto sumado a la carencia de compensación que por medio de inspección visual fue inexistente.

## 2.3.2 THD en corrientes por fase

### DIAGRAMA DE FASE A DEL ARMÓNICO

#### INTENSIDAD

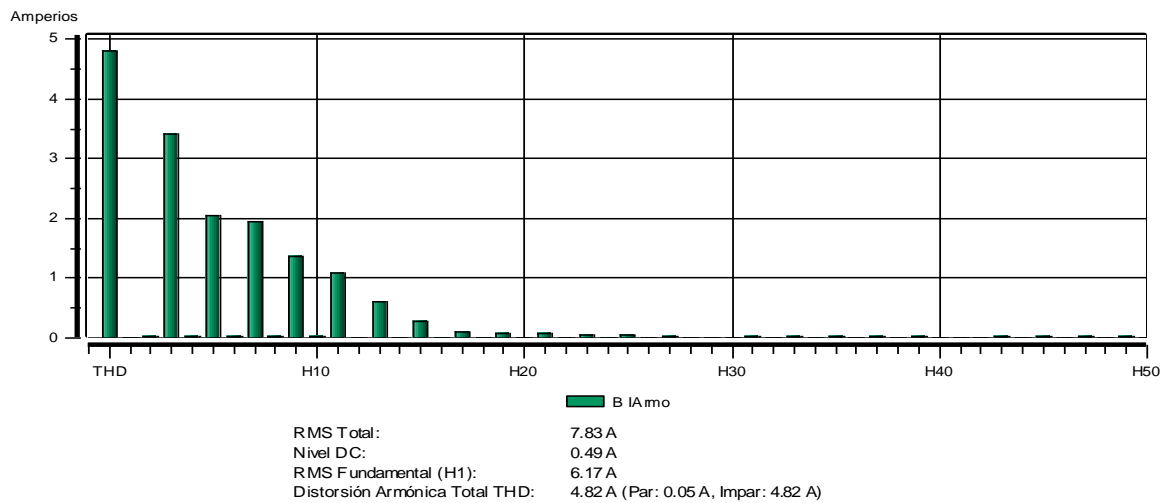
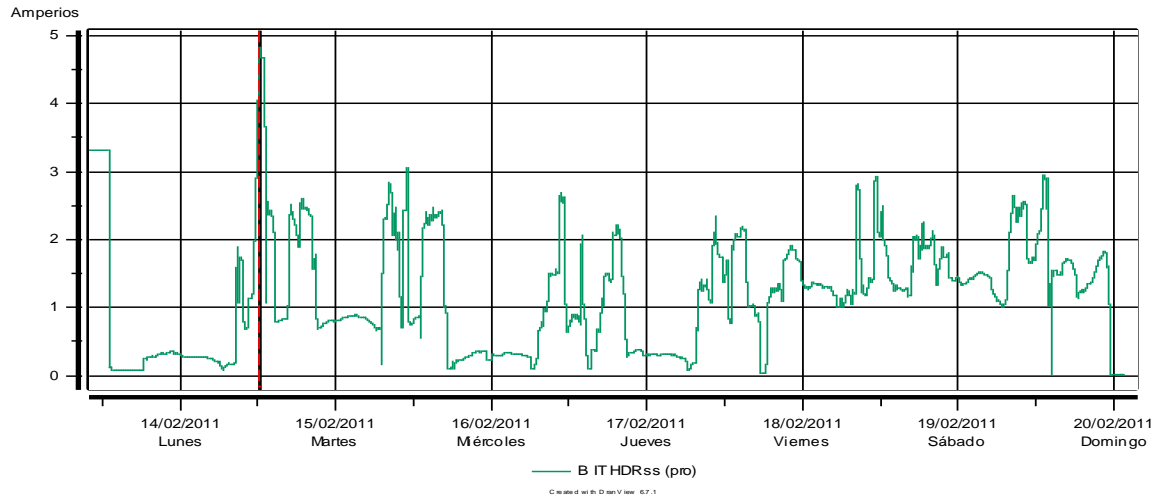


**Figura 39 DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO INTENSIDAD**  
Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 20% del valor real. Para la fase A el nivel de armónicos alcanza el 46.94%, el cual está por fuera del rango permisible.

## DIAGRAMA DE FASE B DEL ARMÓNICO

### INTENSIDAD



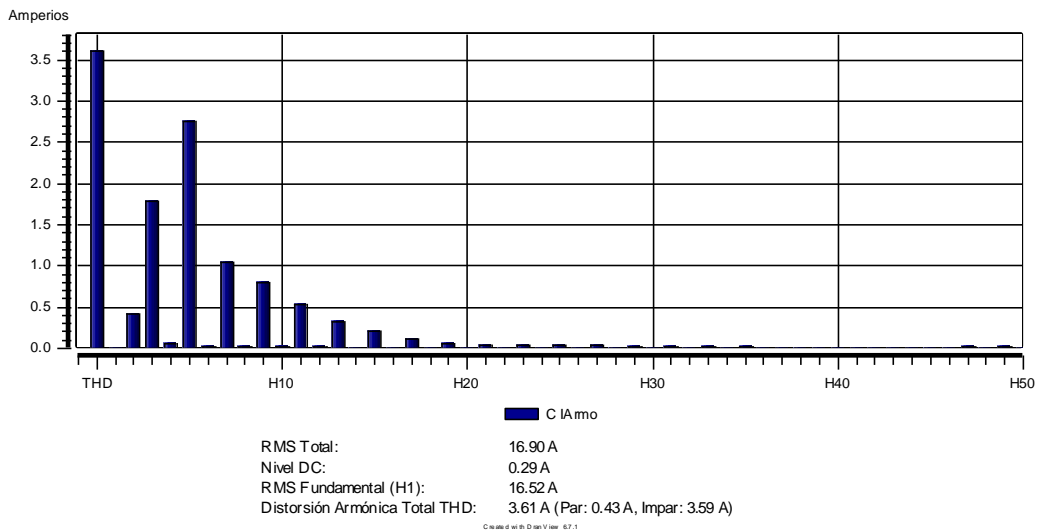
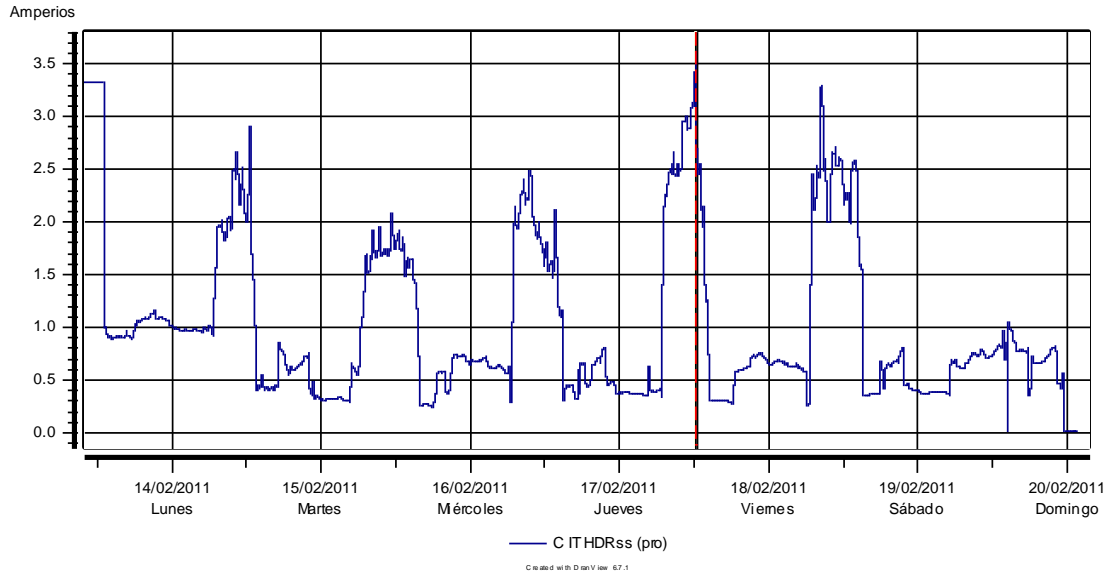
**Figura 40 DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO INTENSIDAD**

Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 20% del valor real. Para la fase B el nivel de armónicos alcanza el 61,56%, el cual está por fuera del rango permisible.

## DIAGRAMA DE FASE C DEL ARMÓNICO

### INTENSIDAD



**Figura 41 DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO INTENSIDAD**  
Fuente: Los autores

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos deben estar entre el 0% y el 20% del valor real. Para la fase B el nivel de armónicos alcanza el 21,36%, el cual está por fuera del rango permisible.

El tap en el transformador de potencia se encuentra en su valor mas alto (13530 posicion 1) esta informacion fue obtenida en la ESSA la cual realizo una revision del mismo, por tanto es imposible reducir la sobretension del secundario por este medio, se recomienda cambio de transformador.

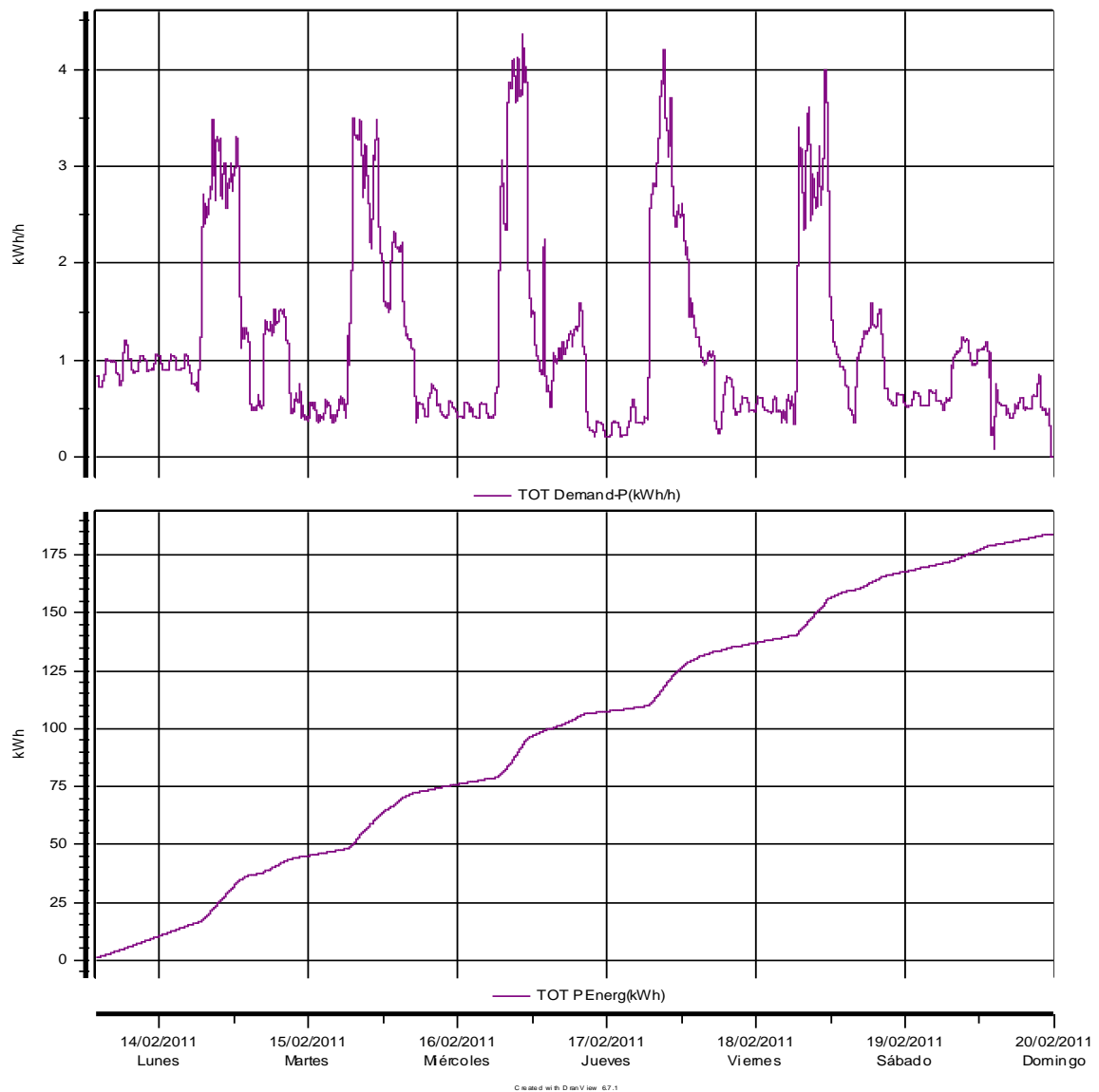
La distorsion armonica evidenciada en el estudio se debe a la gran cantidad de equipos de computo conectados a la institucion los cuales representan el mayor porcentaje de consumo y la carga mas sobresaliente, con ausencia de cargas de otra naturaleza.

Analizando el comportamiento de las ondas de THD en corriente observamos que se presentan armónicos de orden 3, 5, 7 y 9 (predominantemente el 3), la institución hace un aporte a estos armónicos debido a los equipos de cómputo y a los fluorescentes con balasto magnético.

También debido a la baja carga presente en la institución se encuentran valores en la fase B de la corriente fundamental de magnitud similar a la THD de corriente, esto se debe a que la carga más significativa en la institución es la sala de cómputo y las cargas por iluminación de balasto magnético, este último se ubica en esta fase, y produce las perturbaciones que se presentan y se evidencian en la figura 48 de este documento.

La fase C presenta menos perturbaciones porque la carga es mayor que en otras fases, adicional a esto todas las lámparas conectadas son de balasto electrónico el cual tiene una generación menos significativa de armónicos.

### 2.3.3 Diagramas de Demanda y Energía:



**Figura 42 Diagramas de Demanda y Energía:**

Fuente: Los autores

En la figura 42 se presentaron los diagramas de demanda y energía, el diagrama de demanda presenta los consumos de potencia activa durante el periodo de conexión del equipo de medida, nos muestra las horas de mayor consumo (miércoles 16/02/2011 12m) y el comportamiento de la carga durante todo el periodo de tiempo.

**DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
Min kWh/h 23:35:00					0.000	en	19/02/2011
Máx kWh/h 10:35:00					4.366	en	16/02/2011
Mediana kWh/h					0.884		
Promedio kWh/h							1.188

**ENERGÍA ACTIVA (WH)**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
kWh 23:15:00	84.3	20.6	78.8	0.000	183.0	en	19/02/2011

**Tabla 26 Demanda y energía existente**

Los valores de demanda y energía indican que durante el periodo de medida se registra una demanda máxima de 4.366 [kWh/h] y una energía consumida en todo el periodo de 183 [kWh],

**Informe De Potencia MIN/MAX/PROMEDIO****POTENCIA ACTIVA P(W)**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
Min kW 23:20:00	-0.002	-0.377	-0.198	-0.000	-0.001	en	19/02/2011
Máx kW 11:20:00	2.256	2.224	5.473	0.000	6.848	en	17/02/2011
Mediana kW	0.501	0.106	0.193	0.000	0.880		
Promedio kW	0.547	0.129	0.512	0.000	1.188		

**POTENCIA APARENTE, S(VA)**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
Min kVA 02:00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	en	16/02/2011
Máx kVA 23:20:00	16.916	57.770	53.478	0.000	8.587	en	19/02/2011
Mediana kVA	0.582	0.368	0.229	0.000	1.250		
Promedio kVA	0.656	0.360	0.667	0.000	1.683		

**POTENCIA REACTIVA Q, A LA FREC. FUND.**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
Min kVAR 06:20:00	-0.371	-0.602	-0.119	-0.000	-0.820	en	18/02/2011
Máx kVAR 11:20:00	1.333	0.651	3.480	0.000	4.467	en	17/02/2011
Mediana kVAR	0.181	0.011	0.039	-0.000	0.352		
Promedio kVAR		0.163	-0.116	0.342	-0.000		0.389

**FACTOR DE POTENCIA**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>TOTAL</b>		
Min 19:30:00	-0.996	-0.992	-0.951	-0.634	-1.000	en	14/02/2011
Máx 17:50:00	0.996	0.994	0.998	0.661	1.000	en	14/02/2011
Mediana	0.560	0.510	0.790	-0.055	0.699		
Promedio	0.271	0.312	0.713	-0.088	0.557		

**Tabla 27 Informe De Potencia MIN/MAX/PROMEDIO**

Fuente: Los autores

La potencia máxima consumida durante el periodo de medición fue de 8,587 [kVA], lo cual indica que el transformador está trabajando al 19.1% de su valor nominal.

## 3 LEVANTAMIENTO

### 3.1 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA.

Para el desarrollo del levantamiento, fue necesario fragmentarlo en fases con el propósito de optimizar la obtención de información. También se recurrió a Normas Técnicas, manuales de los equipos a usar, e instrucción por parte de nuestro director en lo correspondiente a la seguridad que se debe tener en la toma de medidas eléctricas en circuitos activos para prevenir los accidentes.

Una vez se obtuvieron todos los datos que se requerían, se continua a analizarlos y dar una diagnóstico del estado actual de las instalaciones, con el fin de reconocer falencias e implementar mejoras que sean seguras y efectivas en pro de los usuarios de la institución.

### 3.2 FASES

#### .2.1 Obtención de la Información Existente.

Ubicación: Departamento de Santander, Municipio los Santos.

Sector “La Granja”, Km 20 vía los Santos.



Circuito: 35 501 (Mesa de los Santos 1)

Usuario: No Regulado. Residencial Estrato 3.

Propiedad de los Activos: Propiedad de la Empresa.

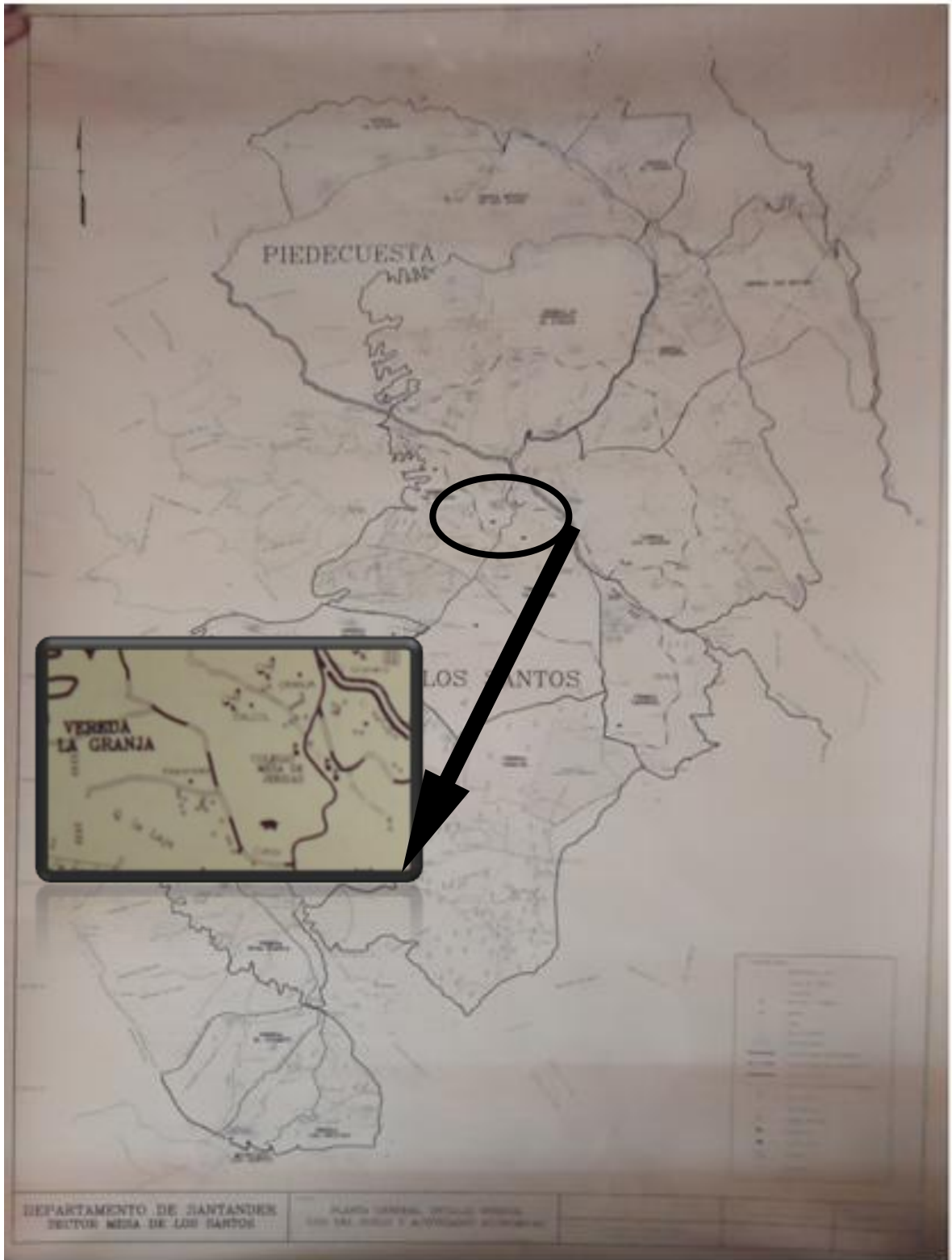
Se inició en primera estancia con la recopilación referente a la institución, entendiéndose por ello, planos arquitectónicos, planos eléctricos, y todo aquello que pudiera agilizar este proceso. Sin embargo de esto no se obtuvo mayor cosa

exceptuando el plano general de la institución, puesto que ni el municipio ni la gobernación poseía dicha información, por lo cual se requirió de nuestra participación en la elaboración de los planos de los planteles de la institución, para poder en ellos plasmar nuestro levantamiento eléctrico<sup>20</sup>.

Una vez hechas las medidas métricas correspondientes a la parte física del Instituto continuamos con la fase dos del proyecto.

---

<sup>20</sup> Ver Planos “Redes Eléctricas Existentes” desde el 1 al 3.



### 3.2.2 Redes Eléctricas.

Con una inspección visual de las instalaciones y con todos los equipos preparados<sup>21</sup> se da comienzo a esta labor. Esta Fase se centra en la toma de datos correspondientes a Tableros de distribución, interruptores automáticos, puestas a tierra, tomacorrientes, luminarias, cableado y tubería de todos los circuitos, subestación, contador y posibles equipos que hacen parte de todo el plantel educativo.

Para este fin el proceso fue<sup>22</sup>:

- Localización y toma de datos de la Subestación, en cuanto a su alimentación, puesta a tierra, protecciones, conductores y Contador.
- Localización y toma de datos de los tableros de distribución, interruptores automáticos, puesta a tierra, cableado y circuitos referentes, conjuntamente la tubería y todo el entramado de la red, además de sus acometidas.
- Por cada circuito se toman las distancias tanto de salidas de luces como de tomacorrientes monofásicos, cajas de conexión y equipos especiales.
- Medición del nivel de Iluminación de los recintos y salones.
- Medición de la resistencia de las puestas a tierra.

---

<sup>21</sup> Ver 2.11 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS pág. Xx.

<sup>22</sup> Todos estos ítems están contenidos en la sección 3.3 DESCRIPCION ACTUAL

- Medición con el Analizador de redes para la caracterización y arquitectura de las curvas de Potencia activa, reactiva y aparente, adicionalmente las gráficas de Tensiones de Fase de línea, y Corriente<sup>23</sup>.

### **3.2.3 Análisis Diagnóstico del Estado actual de las Instalaciones<sup>24</sup>.**

Una vez recopilada toda la información del levantamiento eléctrico, se hacen los cálculos para verificar que se cumple con la regulación de tensión, los calibres correspondientes, los niveles de iluminancia promedio, los estándares de seguridad mínimos y todo aquello que en nuestros objetivos denuncia la norma.

Este diagnóstico pretende dar una detallada información del lamentable estado actual de las instalaciones eléctricas, que por el mal uso, la mala planeación y el tiempo se deterioran y crean riesgo eléctrico para todos los usuarios, que en nuestro particular caso la mayoría son menores de edad.

## **3.3 DESCRIPCION DEL ESTADO ACTUAL**

El Colegio Integrado Mesa de Jéridas consta de tres etapas divididas según el tiempo en que se construyeron durante toda su existencia. Además la subestación de 45 KVA es compartida para alimentar la iglesia vecina de la institución. El plantel educativo cuenta con 8 tableros de distribución que están distribuidos como se describe a continuación:

La etapa 1 consta de 2 tableros de distribución TB y TF los cuales alimentan cargas convencionales entre iluminación y tomas de los pasillos y salones, también podremos destacar que desde TB se alimentan los tableros TF, TG y todos los demás circuitos de esta etapa. Es relevante denunciar la ausencia de un

---

<sup>23</sup>

<sup>24</sup> Ver desde la Sección 3.3.13 ILUMINACION, Hasta 3.3.15 CUADROS DE CARGA.

totalizador o cualquier otro medio de desconexión total entre TB y el transformador.

La etapa 2 consta de 4 tableros de distribución TA, TE, TH y TD, los cuales alimentan los equipos de cómputo de la institución, los laboratorios de química y manualidades, las oficinas de rectoría y coordinación, así como las aulas de clase de bachillerato, también podemos destacar que desde TA se alimentan los tableros TE, TH, TD y todos los demás circuitos de esta etapa, también podemos destacar la ausencia de un totalizador o cualquier medio de desconexión entre TA y el transformador.

La etapa 3 consta de 2 tableros de distribución TC y TG los cuales alimentan todos los circuitos correspondientes a los salones de primaria. El tablero TG es alimentado desde TB.

TC por su parte no posee totalizador o algún medio de desconexión que lo separe o aíse del contador Y el transformador.

### 3.3.1 Subestación eléctrica 45 kva

Es una Subestación aérea, estructura sencilla, conectadas a red de 13.2 kv.

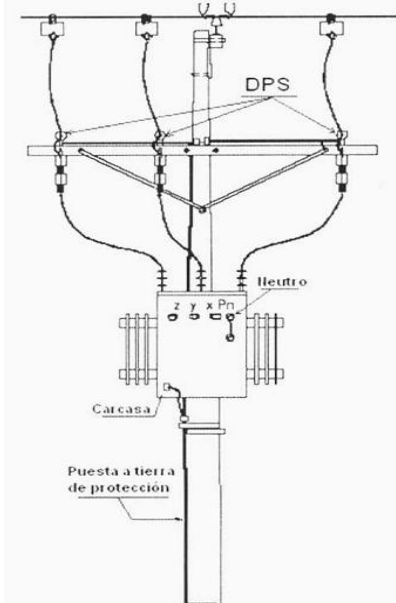


Figura 44 Subestación Levantamiento

Fuente: ESSA, Figura A.37

TRANSFORMADOR:

Capacidad: 45 KVA

Conexión: Dyn 5

Refrigeración: ONAN

(ON) Refrigeración de Aceite Natural.

(AN) Refrigeración de Aire Natural "Radiadores".

Clase de Aislamiento: Ao

Ao: Aislamientos Sólidos y fluido refrigerante Clase A.

Aceite Aislante: Aceite Mineral

Posición Conmutador:

1. 13530

4. 12540

Fases: 3 Fases

2. 13200

5. 12210

BIL: 95/30

3. 12870

### 3.3.2 Seccionamiento y protección

Derivando de la Red de B.T a 13.2 KV, se conecta a los:

DPS: Oxido Metálico; 12 Kv; MCOV: 10.2 KV; 10 KA.

Cortacircuitos Primario y sus Herrajes para sujeción al poste:

- 100 A ó 200 A, 15KV.

### 3.3.3 Grupo de medida

La medida se hace de manera directa. La medición de tensión y de corriente para conocer el consumo del Colegio se realiza conectando al contador 3 conductores calibre #4 AWG THW Cu. La distribución a los diferentes tableros de la institución educativa, se realiza derivando de las borneras secundarias del contador conductores de calibre #8 AWG. No tiene medio de desconexión.

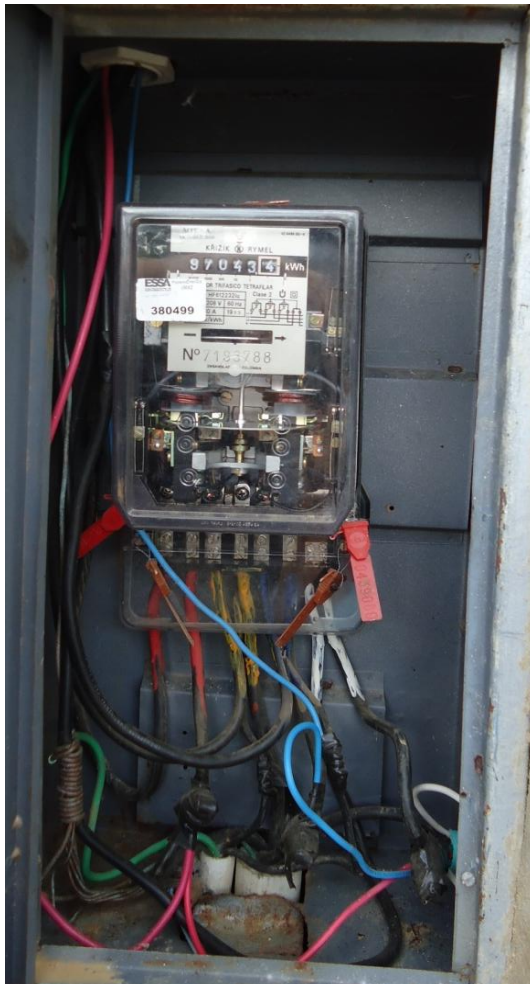


Figura 46 Contador Trifásico Levantamiento  
Fuente: los autores

MEDIDOR:

Medidor Trifásico Tetrafilar.

Marca: KRIZIK & RYMEL

3 X 120/208 V

20 – 100 A

Año: 1999

Frecuencia: 60 Hz

Clase: 2

100 Rev. / KWH

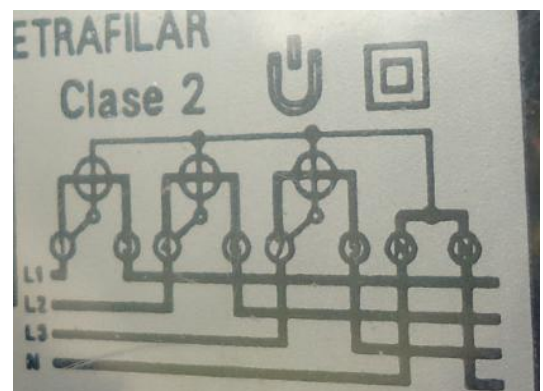
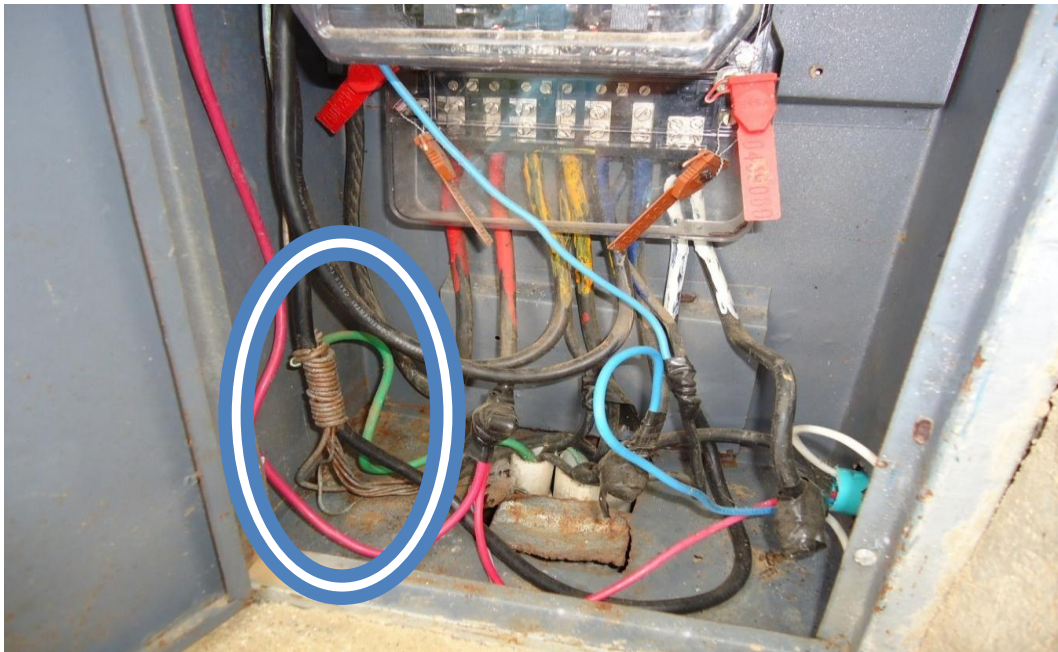


Figura 45 Esquema de conexión del  
contador  
Fuente: los autores

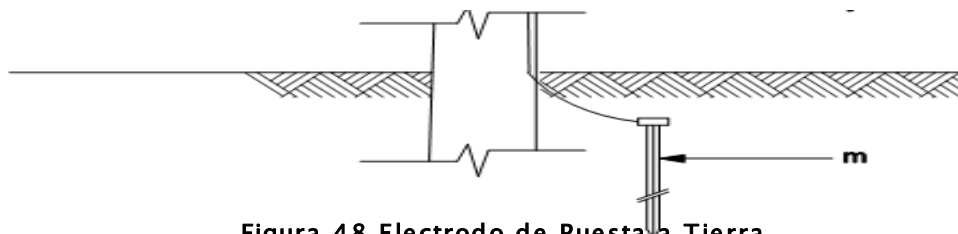
### 3.3.4 Puesta a tierra interna de la subestación.

La puesta a tierra de la subestación consiste en una varilla de Cobre de Longitud de 2.40 metros de Cu comercial, conjuntamente con conductor de puesta a tierra #4 AWG Cu, del cual sin Barraje se conectan las derivaciones de tierras que irán a los tableros generales, y estas derivaciones son de calibre #6 AWG cobre.



**Figura 47 Tierra Deficiente levantamiento**

Fuente: Los Autores



**Figura 48 Electrodo de Puesta a Tierra**

Fuente: Los Autores

**M: Electrodo de Puesta a Tierra, Cobre Comercial Calibre # 2/0 AWG, L = 2.4 m**

No se evidencia en ningún punto del medidor la presencia de un totalizador o limitador que permita la desconexión de energía eléctrica a los tableros de la institución, los cuales se alimentan del contador directamente.

Los estudios debieron hacerse con las precauciones posibles para el trabajo energizado de los conductores al momento de hacer las mediciones con el analizador de redes.

### **3.3.5 Descripción de los tableros de distribución**

A continuación se hará una descripción detallada del estado actual de los tableros de distribución presentes en la institución.

#### **TABLERO TA. ETAPA 2<sup>25</sup>**

Tablero trifásico de 18 puestos con dieciséis (16) breakers monopolares, se encuentra ubicado en el sector antiguo del colegio en el primer piso salón de manualidades. Las dimensiones del tablero no son las adecuadas para la cantidad de circuitos y derivaciones, puesto que no posee barraje de neutro y de tierra y los nodos están hechos con uniones peligrosas. Las fases que alimentan los barrajes y las derivaciones que alimentan los circuitos, no están especificadas con su respectivo código de colores según la Norma ESSA<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>26</sup> Sección 3.1.12 Conductores.



**Figura 49 Tablero TA levantamiento**  
Fuente: Los autores.

El calibre de los conductores de alimentación es # 8 AWG Cu. 60° THW

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito A1: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A2: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A3: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A4: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A5: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A Alimentador a Tablero TD

Circuito A6: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A7: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A8: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A9: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A10: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A

Circuito A11: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A12: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A13: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A14: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito A15: # 10 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A Alimentador a Tablero TE

Circuito A16: # 10 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A Alimentador a Tablero TE

No existe barraje de tierra en el tablero, el barraje de neutro no está siendo usado, porque la cantidad de conductores excede el número de puntos de conexión, en cambio se hizo un empalme de todos los neutros y tierra de una manera inapropiada.

De la caja salen conductores al exterior sin ningún tipo de ductería, ninguna conexión ni uso aparente.

Este tablero alimenta los laboratorios de manualidades, los laboratorios de química, el cuarto de juegos, bachillerato 6, oficina del rector, secretaria, coordinación, bodega administración, los baños de administración, bachillerato 1, 2, 3,4, 5, además de los tableros secundarios TD y TE

TABLERO TA							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor	Protección	Canalización
A	B	C			AWG	(A)	(in)
6130	4306	5034	15470	17928	4	No	1"

Tabla 28 Resumen potencia Tablero TA

Fuente: Los autores

## **TABLERO TB. ETAPA 1<sup>27</sup>**

Tablero bifásico de 8 puestos con 8 BREAKERS, se encuentra ubicado en la pared interior al costado de la puerta de la cocina de profesores. Las dimensiones del tablero no son las adecuadas para la cantidad de circuitos y derivaciones. Las fases que alimentan los barrajes y las derivaciones que alimentan los circuitos, no están especificadas con su respectivo código de colores.

El calibre de los conductores de alimentación es # 8AWG Cu. 60° THW

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito B1: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A Alimentador de TF + 1 Toma.

Circuito B2: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito B3: # 10 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A Alimentador de TG

Circuito B4: # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A

Circuito B5: 2x # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito B6: # 10 AWG Cu. 60° THW y # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito B7: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A

Circuito B8: # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A

---

<sup>27</sup> Ver Planos “Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes”.



Figura 50 Tablero TB levantamiento  
Fuente: Los Autores.

Hay incoherencias en las protecciones con respecto a los conductores, como en el caso del circuito 4, 7 y 8, donde la protección está por encima de la capacidad de corriente nominal del conductor.

El circuito No. 1 alimenta una toma en la cocina y después se deriva a TF, del mismo circuito.

No existe barraje de tierra en el tablero ni conexión debida a tierra, el barraje de neutro no está siendo usado y la cantidad de conductores excede el número de puntos de conexión del barraje de neutro para el cual se hizo un empalme de todos los neutros y tierra de una manera inapropiada.

También se evidencia señales de corto circuito en la caja de fusibles posiblemente producto del encerramiento y mala ubicación de los conductores en la caja

Este tablero alimenta la cocina de profesores, el cuarto pedagógico, el almacén, las cocinas, el salón de audio, sala de profesores, sala de transición, la cafetería y la casa del viviente. Además alimenta los tableros secundarios TG y TF.

TABLERO TB							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor	Protección	Canalización
A	B	C			AWG	(A)	(in)
	6383	2756	9139	10154,4	10	No	1/2"

Tabla 29 Resumen potencia Tablero TB  
Fuente: Los Autores.

### **TABLERO TC. ETAPA 3<sup>28</sup>**

Tablero Bifásico de 12 puestos con cuatro BREAKERS, está ubicado en el bloque superior al frente de las escaleras de acceso al bloque superior, en un pasillo de acceso general.

Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>29</sup>.

Los conductores cumplen con el código de colores, tanto alimentación de las barras de fase como las salida de los Breakers el barraje del neutro, los conductores del neutro de color blanco y su respectiva tierra de conductor en cobre desnudo, el tablero en general se encuentra en muy buenas condiciones sin presentar señales de óxido.

El calibre de los conductores de alimentación es # 10 AWG Cu. 60° THW.

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito C1: 2 conductores # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito C2: 2 conductores # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 20 A

Circuito C3: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito C4: 2 conductores # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

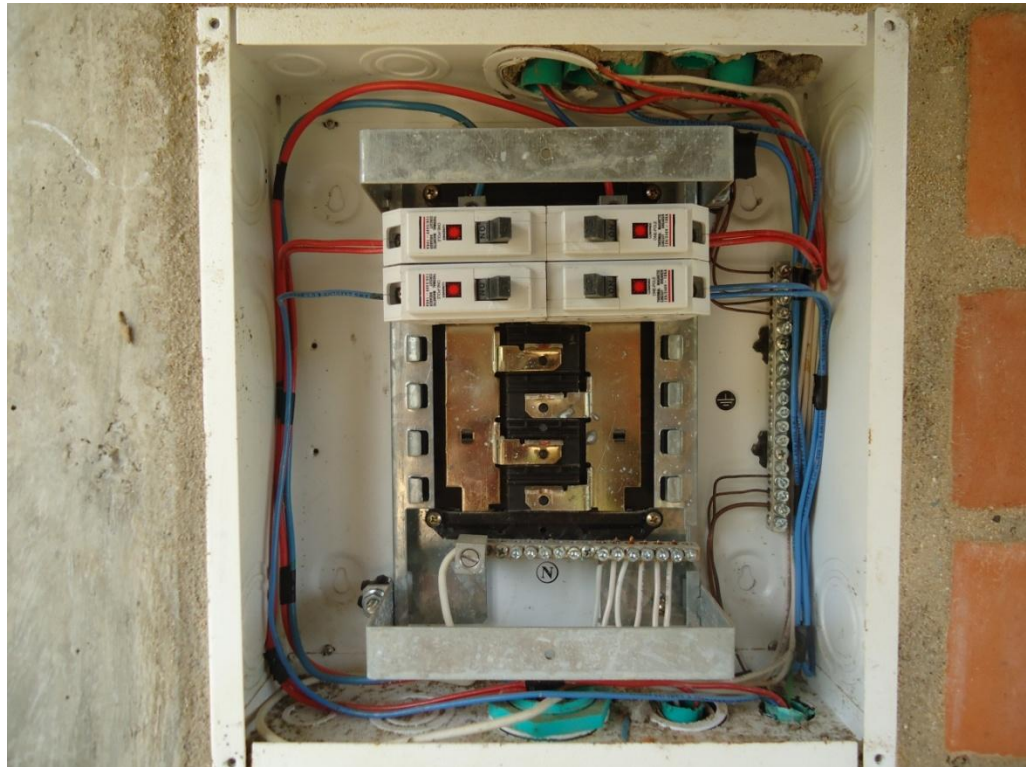
Todas las cajas están debidamente puestas a tierra con conductor CU #14

Este tablero alimenta los salones de primaria 3 y 6 además de los pasillos alrededor de dichos salones.

---

<sup>28</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>29</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.



**Figura 51 Tablero TC levantamiento**  
Fuente: Los Autores.

TABLERO TC							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)
A	B	C					
1516		1516	2852	3169	10	No	1/2"

Tabla 30 Resumen potencia Tablero TC  
Fuente: Los Autores.

## **TABLERO TD. ETAPA 2 BIBLIOTECA<sup>30</sup>**

Tablero Bifásico de 6 puestos con dos BREAKERS monopolares y un BREAKER bipolar, se encuentra ubicado en el sector antiguo del colegio en el segundo piso, específicamente en la Biblioteca. Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>31</sup>.

Los conductores no cumplen con el código de colores<sup>32</sup>, no se diferencia entre las diferentes fases y el neutro viene en calibre # 8 AWG

El calibre del conductor de alimentación es # 10 AWG Cu. 60° THW.

Circuito 1: D1 conductor # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 30 A

Circuito 2: D1 conductor # 12 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Podemos apreciar que con el BREAKER de 30 A está sobredimensionado para el calibre del conductor #12 la protección esta descoordinada y no está sirviendo como medio de desconexión.

El circuito de la izquierda del tablero, ante la ausencia de un interruptor se usa como apagador para la iluminación en la biblioteca

El tablero no cuenta con barraje de neutro, Ni con barraje de puesta a tierra

La tierra está ausente en todos los circuitos referentes a este tablero y el neutro es una conexión hechiza de todos los conductores de neutro del circuito envuelto en cinta aislante

No presenta señales de mantenimiento ni limpieza y alberga gran cantidad de insectos y un nido de los mismos.

El circuito doble referente al BREAKER doble no se encuentra conectado y la protección se encuentra unida a la barra pero sin ningún tipo de uso aparente.

---

<sup>30</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>31</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.

<sup>32</sup> Norma ESSA. Sección 3.1.12 Conductores.

Este tablero alimenta la biblioteca de la institución, y tiene asociado el puesto No. A5 del tablero TA con un BREAKER de 30 A.



TABLERO TD							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor	Protección	Canalización
A	B	C			AWG	(A)	(in)
		1166	1166	1295,5556	10	30	1/2"

Tabla 31 Resumen potencia Tablero TD  
Fuente: Los Autores.

## **TABLERO TE. ETAPA 2 SALA DE COMPUTO.<sup>33</sup>**

Tablero monofásico de 12 puestos con seis BREAKERS monopoles, está ubicado en el bloque inferior, segundo piso, sala de cómputo de la institución.

Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>34</sup>.

Los conductores cumplen con el código de colores, tanto alimentación de las barras de fase como las salidas de los Breakers el barraje del neutro, los conductores del neutro de color blanco y su respectiva tierra de conductor en cobre desnudo.

El calibre de los conductores de alimentación es 2\*# 10 AWG Cu. 60° THW.

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito E1: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito E2: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 20 A

Circuito E3: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito E4: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito E5: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito E6: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Todas las cajas están debidamente puestas a tierra con conductor CU #14, la caja se encuentra en perfectas condiciones y no presenta señales de óxido ni corrosión alguna.

Este tablero alimenta la sala de computo de la institución, adicional el breaker de 20 A también alimenta el tablero TH, y tiene asociado los puestos A15 y A16 del tablero TA con dos BREAKERS de 30 A.

---

<sup>33</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>34</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.



Figura 53 Tablero TE levantamiento  
Fuente: Los Autores.

TABLERO TE							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor	Protección	Canalización
A	B	C			AWG	(A)	(in)
5770			5770	7150	10	2*30	10"

Tabla 32 Resumen potencia Tablero TE  
Fuente: Los Autores.

## **TABLERO TF. ETAPA 1 AULAS ANTIGUAS ARRIBA.<sup>35</sup>**

Tablero monofásico de 4 puestos con un BREAKER monopolar que alimenta 1 circuito. Está ubicado en el bloque superior en primaria 7.

Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>36</sup>.

Los conductores no cumplen con el código de colores; el barraje correspondiente a la fase no posee una conexión firme como la exigida por la norma NTC 2050<sup>37</sup> por el contrario se encuentra unido por un conductor de cobre desnudo calibre # 12, los conductores del circuito tanto de entrada como de salida se encuentran desordenados y dispersos por la caja, no posee barra de tierra ni de neutro, la caja no está debidamente conectada a tierra y el neutro es una conexión hechiza de los conductores protegida con cinta negra aislante. La caja se encuentra llena de hojas lo que evidencia falta de mantenimiento.

El calibre del conductor de alimentación es # 10 AWG Cu. 60° THW.

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito F1: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Este tablero alimenta los salones de primaria 7, 8, 9, y tiene asociado el puesto A1 del tablero TB con un BREAKER de 30 A.

---

<sup>35</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>36</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.

<sup>37</sup> Sección 384 CUADROS DE DISTRIBUCION Y PANELES DE DISTRIBUCION.



**Figura 54 Tablero TF levantamiento**

Fuente: Los Autores.

TABLERO TF							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)
A	B	C					
	1086,03		1086,03	1206,7	14	30	1/2"

Tabla 33 Resumen potencia Tablero TF

Fuente: Los Autores.

### **TABLERO TG. ETAPA 3 AULAS NUEVAS.<sup>38</sup>**

Tablero monofásico de 4 puestos con dos BREAKERS monopolares que alimentan 2 circuitos. Está ubicado en el plantel de la etapa 3 que corresponde a 4 salones, dentro de primaria 2 a la izquierda de las escaleras de acceso al segundo piso.

Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>39</sup>.

La fase que alimenta el barraje es de color amarillo y cumple el código de colores<sup>40</sup>, y las salidas están todas especificadas con el color rojo, los neutros de color blanco y la tierra desnuda.

El calibre del conductor de alimentación es # 10 AWG Cu. 60° THW.

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito G1: 3 conductores # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 20 A

Circuito G2: 2 conductores # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 20 A

No existe barraje de neutro y tierra que soporte todos los conductores, por el contrario se utiliza un empalme envuelto en cinta aislante para los neutros de cada circuito. Este tablero alimenta los salones de primaria 1, 2, 4, 5, Y tiene asociado el puesto B3 del tablero TB con un BREAKER de 30 A.

---

<sup>38</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>39</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.

<sup>40</sup> Norma ESSA. Sección 3.1.12 Conductores.



**Figura 55 Tablero TG levantamiento**

Fuente: Los Autores.

TABLERO TG							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor	Protección (A)	Canalización (in)
A	B	C			AWG		
	4660		4660,002	5177,78	10	30	1/2"

Tabla 34 Resumen potencia Tablero TG

Fuente: Los Autores.

## **TABLERO TH. ETAPA 2 SALA DE COMPUTO.<sup>41</sup>**

Tablero monofásico de 2 puestos con dos BREAKERS monopolares. Está ubicado en el bloque inferior, segundo piso, sala de cómputo de la institución.

Las dimensiones de este tablero cumplen con los requerimientos del RETIE<sup>42</sup>.

Los conductores cumplen con el código de colores<sup>43</sup>, tanto alimentación de las barras de fase como las salida de los Breakers el barraje del neutro, los conductores del neutro de color blanco y su respectiva tierra de conductor en cobre desnudo.

El calibre de los conductores de alimentación es 2\*# 10 AWG Cu. 60° THW.

El calibre de las salidas de los BREAKERS está dado para cada circuito de la siguiente forma:

Circuito H1: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Circuito H2: 1 conductor # 14 AWG Cu. 60° THW, BREAKER de 15 A

Todas las cajas están debidamente puestas a tierra con conductor CU #14

No se evidencia señales de óxido o corrosión mostrándose en buenas condiciones este tablero alimenta el gabinete del internet y está asociado al tablero TE en su breaker de 20 A.

---

<sup>41</sup> Ver Planos "Diagrama Unifilar de las Redes Eléctricas Existentes".

<sup>42</sup> Sección 17.9 TABLEROS ELECTRICOS.

<sup>43</sup> Norma ESSA. Sección 3.1.12 Conductores.



**Figura 56 Tablero TH levantamiento**

Fuente: Los Autores.

TABLERO TH							
Fase			P (W)	S (VA)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)
A	B	C					
450			450	500	12	20	60*22

Tabla 35 Resumen potencia Tablero TH

Fuente: Los Autores.

### 3.3.6 Acometidas

La alimentación a los tableros en la Institución presentan un grave problema, debido a la falta de planeación o desarrollo indebido de la instalación, como es el caso del tablero TG, donde vemos en la imagen a continuación que para el espacio descubierto del tubo, no se oculta lo suficiente o no se hace metálico, sino que por el contrario se someten al paso de los usuarios.



**Figura 57 Acometida Deteriorada**  
Fuente: Los Autores.

La ruptura del tubo es inminente y presenta peligros como filtrados de agua en la tubería que pueda ocasionar cortocircuitos en los conductores y la posibilidad de choque eléctrico, que en nuestro caso su mayoría está conformado por menores de edad inclusive de edades entre los 5 a los 10 años de edad.

Otro problema de gran riesgo que se pudo observar, fue irregularidades en el transporte de los conductores, por ejemplo en la alimentación del tablero TF. La alimentación no es debidamente enterrada como suministro subterráneo ó alimentación aérea. En la imagen contigua podemos observar a los esfuerzos a los que se somete el tubo en su recorrido a al edificio.



**Figura 58 Acometida Aérea Errónea**  
Fuente: Los Autores.

Se observa como en parte del trayecto se encuentra el cable al descubierto, y el tubo por su peso se dobla, además presenta los mismos problemas de filtrado de agua que el anterior y la posibilidad de un cortocircuito, además de la posibilidad de choque a los menores, que por jugar puedan deteriorar aun más la instalación.

Viola también de acuerdo con la resolución 224 de 2000 de la Superintendencia de Industria y Comercio que el color de la ductería eléctrica de PVC debe ser de color VERDE.

En la siguiente imagen, se muestra como en el punto de derivación de estos alimentadores, No representan una correcta instalación además que en criterios de seguridad y orden es deplorable.



**Figura 59 Nodos y Puntos de Unión Deplorables**  
Fuente: Los Autores.

### 3.3.7 Tierra Sala De Sistemas

La alimentación del tablero T2.1 son conductores de calibre #10 AWG Cu, y el barraje de tierra conecta un conductor de electrodo de puesta a tierra calibre #8 AWG Cu, el cual sale del aula a través de ductería metálica de ½" hacia el electrodo de puesta tierra.

El electrodo de puesta a tierra es una varilla de 2.4m de cobre, de Diámetro 12.7 mm. Los conductores de Tierra para todos los tomas de los computadores son calibre numero #14 AWG para los circuitos 1,3-6. y calibre #12 AWG para el circuito 2.



**Figura 60 Tierra Aislada Sala de Computo**  
Fuente: Los Autores.

Además se debe observar que no se tiene una equipotencialización entre la tierra y el tablero general TA. Esta tierra sólo existe para la sala de cómputo, pero no se evidencia para los demás circuitos de esta sección de la institución un conductor de tierra.

### 3.3.8 Resistividad Del Terreno

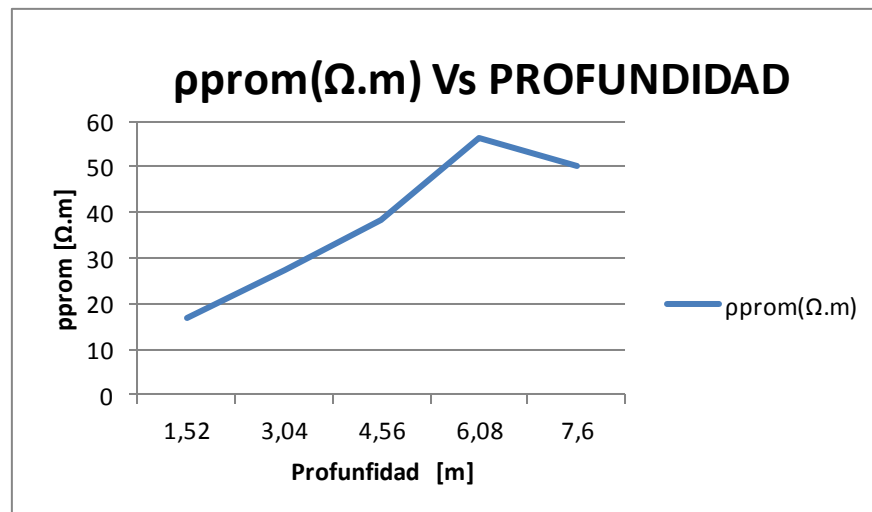
Para caracterizar el suelo se realizaron mediciones sobre el suelo, primero en dirección este-oeste y luego en dirección norte-sur; con la ayuda de un telurómetro y utilizando el arreglo antes mencionado. Para poder hacer uso de las aproximaciones del modelo matemático se obtienen los siguientes resultados:

A	DIRECCION N-S		DIRECCION E-W		$\rho_{prom}(\Omega.m)$	PROFUNDIDAD $P_f(0,76*a)$
	R( $\Omega$ )	$\rho(\Omega.m)$	R( $\Omega$ )	$\rho(\Omega.m)$		
2	1.22	16.4	1.24	17.6	17	1.52
4	1.2	28.6	1.16	25.9	27.25	3.04
6	1.14	40.1	1.11	36.8	38.45	4.56
8	1.05	54.8	1	58.2	56.5	6.08
10	0.82	49.7	0.78	50.3	50	7.6

**Tabla 36 Resistividad del terreno levantamiento**

Fuente: Los Autores.

Con los datos obtenidos se traza el siguiente grafico de perfil de resistividad:



**Figura 61 pprom vs Profundidad**

Fuente: Los Autores

Debido a que se observa un cambio del comportamiento de la resistividad, se decide trabajar el método de Sunde para obtener un valor más apropiado.

Norte – Sur			Este – Oeste		
A (Distancia) m	R (Ω)	$\rho(\Omega^*m)$ Teórico	A (Distancia) m	R (Ω)	$\rho(\Omega^*m)$ Teórico
2	1.22	15.33	2	1.24	15.58
4	1.2	30.16	4	1.16	29.15
6	1.14	42.98	6	1.11	41.85
8	1.05	52.78	8	1	50.27
10	0.82	51.52	10	0.78	49.01

**Tabla 37 Resistividad levantamiento método de sunde**

Fuente: Los Autores.

**Norte – sur**

$$\rho_2 / \rho_1 = 52.78 / 15.33 = 3.44$$

Se busca este valor o un aproximado en el grafico de Sunde.

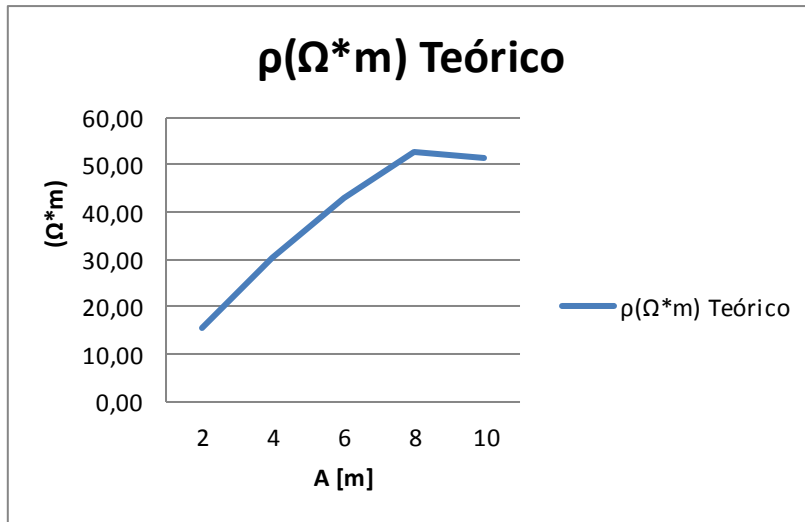
- ❖ Seleccionamos  $\rho_a / \rho_1$  de acuerdo al grafico dentro de la region que presenta desniveles para la curva de  $\rho_2 / \rho_1$ . Se toma un valor apropiado a :

$$\rho_a / \rho_1 = 3.5$$

- ❖ Se lee el valor de a/h en el eje de las X del gráfico. El valor de a/h = 5.4

- ❖ Se calcula  $\rho_a$  de la expresión:  $\rho_2 = (\rho_a / \rho_1) * (\rho_1) = 53.66$

- ❖ Se lee el valor de la distancia entre electrodos (a) de la curva de perfil de resistividades para  $\rho_a = 53.66 (\Omega^*m)$  con a =8 m.



**Figura 62**  
Resistividad Teórica  
Fuente: Los Autores.

- ❖ La profundidad de la capa es  $h = a/(a/h) = 1.5 \text{ m}$
- ❖ El valor estimado para  $\rho_2$  es de  $53.66 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$ .

### Este – Oeste

$$\rho_2 / \rho_1 = 50.27 / 15.58 = 3.23$$

Se busca este valor o un aproximado en el gráfico de Sunde.

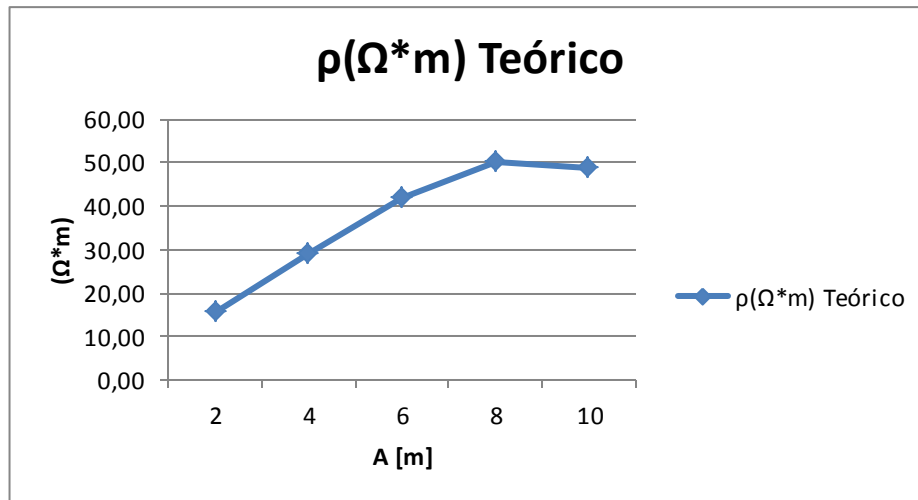
- ❖ Seleccionamos  $\rho_a / \rho_1$  de acuerdo al gráfico dentro de la región que presenta desniveles para la curva de  $\rho_2 / \rho_1$ . Se toma un valor aproximado a :

$$\rho_a / \rho_1 = 3.2$$

- ❖ Se lee el valor de  $a/h$  en el eje de las X del gráfico. El valor de  $a/h = 5$

- ❖ Se calcula  $\rho_a$  de la expresión:  $\rho_2 = (\rho_a / \rho_1) * (\rho_1) = 49.86$

Se lee el valor de la distancia entre electrodos ( $a$ ) de la curva de perfil de resistividades para  $\rho_a = 624.29 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$  con  $a = 8 \text{ m}$ .



**Figura 63**  
**Resistividad**  
**Teórica**  
 Fuente: Los Autores.

- ❖ La profundidad de la capa es  $h = a/(a/h) = 1.6 \text{ m}$
- ❖ El valor estimado para  $\rho_2$  es de  $49.86 \text{ } (\Omega * m)$ .

Por lo cual hacemos un promedio y decidimos que el valor de la resistividad del terreno experimentalmente es:

$$\rho = \frac{53.66 + 49.86}{2} = 51.76 \Omega * m$$

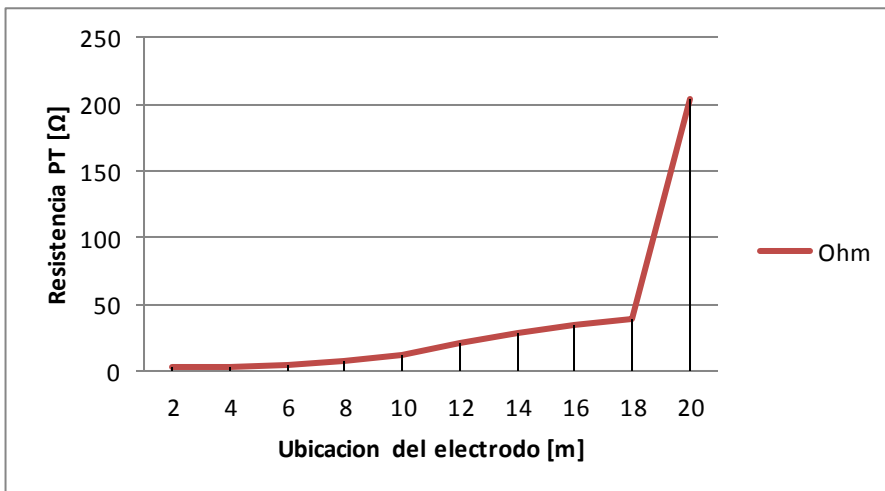
### 3.3.9 Puesta A Tierra Aislada

En las instalaciones propias del colegio solo existe una puesta a tierra aislada de la sala de computadores que se conforma por un bajante de cobre dentro de un ducto metálico galvanizado y un electrodo de cobre comercial enterrado a una profundidad de 0.3 m, a la cabeza del electrodo de diámetro 12.7 mm y asumimos que era del 2.4 m de longitud.

Datos registrados:

Ubicación del electrodo de potencia		Resistencia de puesta a tierra
%	m	Ohm
10	2	2.8
20	4	3.2
30	6	4.6
40	8	7.3
50	10	11.8
60	12	21.2
70	14	28.7
80	16	34.7
90	18	38.6
100	20	203.8

**Tabla 38 Medición resistencia de puesta a tierra**  
Fuente: Los Autores



**Figura 64 Resistencia del electrodo vs Distancia**  
Fuente: Los Autores.

Aplicando la regla del 62% la distancia del electrodo de potencia  $D = 0.618 * D_{\text{inicial}}$

$$D = 0.618 * 20 = 12.36 \text{ m}$$

Evaluando en los tres puntos de acuerdo a la regla del 62% se tiene:

Posición D del Electrodo	Resistencia
12.36	21.2
+ 10% D = 13.596	28.7
- 10% D = 11.124	11.8

**Tabla 39 resistencia por medio de la Regla del 62%**  
Fuente: Los Autores

Promediando

$$R = \frac{21.2 + 28.7 + 11.8}{3} = 20.6 \Omega$$

Como un valor aproximado de resistencia.

### 3.3.10 Puesta A Tierra Del Transformador

Este sistema cuenta con una tierra compuesta por un electrodo normalizado de 2.4 m de longitud y 12.7 mm de diámetro, enterrado en la base del poste y conectado al transformador, para calcular la resistencia de este elemento y tener una referencia a la hora de diseñar la tierra a usar en los tableros del rediseño, se realizó la medida y análisis a través del método del 62%, el cual describimos a continuación:

De acuerdo a las recomendaciones del método tomamos una medida de 2.4\*6.5 m, dando como resultado una longitud de 15.6 m, y para un facilidad en la toma medidas aproximamos a 20 m.

El electrodo de corriente se ubicó a 20 metros y con variaciones desde 0 a 20 de a 2 de distancia entre cada una de las medidas.

Datos registrados:

Ubicación del electrodo de potencia		Resistencia de puesta a tierra
%	m	Ohm
10	2	0.85
20	4	1.27
30	6	1.65
40	8	2.14
50	10	3.87
60	12	9.44
70	14	9.76
80	16	12.55
90	18	21
100	20	157.9

Tabla 40 Resistencia de puesta a tierras de acuerdo a la ubicación del electrodo  
Fuente: Los Autores.

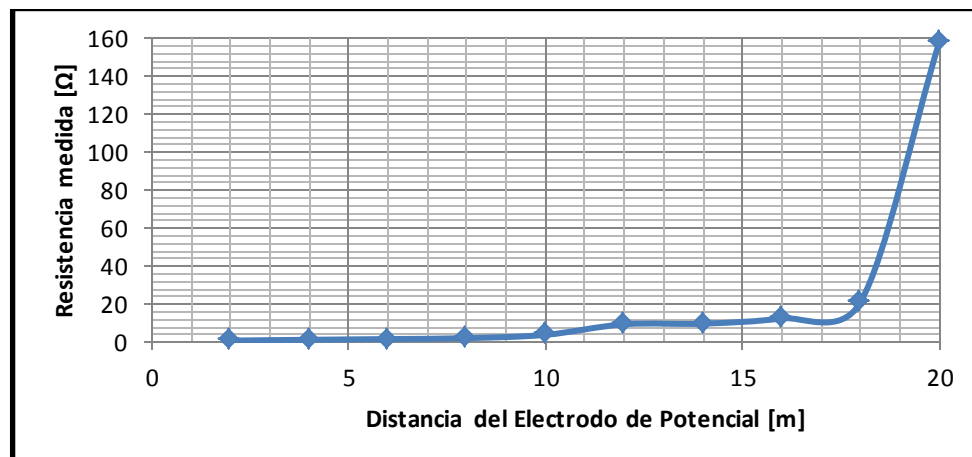


Figura 65 Curva de Resistividad PT del Transformador  
Fuente: Los Autores.

Aplicando la regla del 62% la distancia del electrodo de potencia  $D = 0.618 * D_{\text{inicial}}$

$$D = 0.618 * 20 = 12.36 \text{ m}$$

Evaluando en los tres puntos de acuerdo a la regla del 62% se tiene:

Posición D del Electrodo	Resistencia
12.36	9.21
+ 10% D = 13.596	9.36
- 10% D = 11.124	7

**Tabla 41 Resistencia por el método del 62%**

Fuente: Los Autores.

Promediando:

$$R = \frac{9.21 + 7 + 9.36}{3} = 8.52 \Omega$$

Como un valor aproximado de resistencia.

### 3.3.11 Condiciones De Aislamiento

Se realizaron las mediciones de los aislamientos en los circuitos visualmente deteriorados, pero en ningún caso el medidor Fluke 1520 Megohmmeter registro valores por debajo de los estipulados por el RETIE<sup>44</sup>.

Solo se realizaron medidas en zonas a las que se tuvo acceso y que podían presentar alguna inconformidad. Además para los elementos que mostraban un daño eminente no se realizaron ninguna medida. Por lo cual se pudo inferir que el aislamiento de los conductores se encuentra en óptimas condiciones.

### 3.3.12 Iluminación

Para efectos laborales y de aprendizaje los niveles de iluminación son tan importantes como lo es la energía eléctrica para el funcionamiento de todos los instrumentos de trabajo en cualquiera de estas situaciones, puesto que la mayor

---

<sup>44</sup> Tabla 17.1.7 Requisitos para alambres y cables aislados.

parte de información, entre el 80 y 90 por ciento, lo recibimos a través de nuestros ojos, y para esto necesitamos tener una percepción óptima de nuestro entorno, por lo cual necesitamos tener un apoyo con la iluminación para evitar la fatiga de nuestra visión, ya que si estamos usando este sentido humano necesitamos tener un ambiente claro, es por esto que hacemos referencia a la importancia de garantizar los niveles de iluminación.

Debido a lo anteriormente mencionado hemos realizado el estudio de iluminación establecido en el RETILAP. Para nuestro proyecto, nos basamos en la sección 4.90 PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES FOTOMÉTRICAS EN ILUMINACIÓN INTERIOR, con el fin de comprobar los niveles existentes, y con estos resultados realizar la comparación con los niveles exigidos para cada local de nuestro establecimiento educativo, según el RETILAP en su sección 440 ESPECIFICACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ALUMBRADO INTERIOR, en su tabla 440.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades.

### **3.3.12.1 Levantamiento de la iluminación del plantel escolar**

Para este procedimiento hemos seguido los pasos de la norma, como lo indica el RETILAP, en su sección 490<sup>45</sup>, donde encontramos el procedimiento para las mediciones fotométricas en iluminación, lo cual dice, que para la medición de precisión el área debe ser dividida en cuadros y la iluminación se mide en el centro de cada cuadro y a la altura del plano de trabajo.

Para la verificación de diseños se deberán usar las mismas mallas de cálculo empleadas en el diseño de la obra anterior, pero estas no estaban disponibles para la verificación, pues la mayor parte de la obra tanto civil como eléctrica fue

---

<sup>45</sup> Sección 490. Procedimientos para las mediciones fotométricas en iluminación interior.

realizada sin inspección profesional. Por tanto La iluminancia promedio del área total para el levantamiento se obtuvo al promediar todas las mediciones realizadas por los autores con el luxómetro.

Para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar en el plano de trabajo, si no se especifica este parámetro, se considera un plano imaginario de trabajo de 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. Esto se puede lograr por medio de un soporte portátil sobre el cual se coloca el sensor. La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas, superficies opacas que no permiten la penetración de la luz día. El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de 0,6 metros es apropiada para muchos espacios<sup>46</sup>.

Para locales irregulares o una iluminación no uniforme, como corredores bajo iluminaciones de emergencia, se recomienda consultar el Capítulo 9 del Handbook IESNA<sup>47</sup>.

### **3.3.12.2 Cálculos Y Formatos Del Levantamiento De Iluminación**

Para este trabajo mostramos el cálculo tipo para los tres tipos de recintos representativos del plantel en estudio siguiendo la guía del RETILAP<sup>48</sup> y sus respectivos formatos para las especificaciones de estas áreas de trabajo.

---

<sup>46</sup> Sección 490.1 Medición de Iluminación general de un Salón.

<sup>47</sup> Recomendación del RETILAP.

<sup>48</sup> Sección 4.2 Presentación de los datos obtenidos.

### 3.3.12.2 .1INSPECCIÓN GENERAL DEL AREA O PUESTO DE TRABAJO

#### MODELO 1.

**UBICACIÓN:** laboratorio de química

#### 1. CONDICIONES DEL ÁREA:

##### DIMENSIONES:

**LONGITUD:** 7 [m]    **ANCHO:** 7.25 [m]    **ALTURA:** 2.96 [m]    **ÁREA:** 51 [m<sup>2</sup>]

#### PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

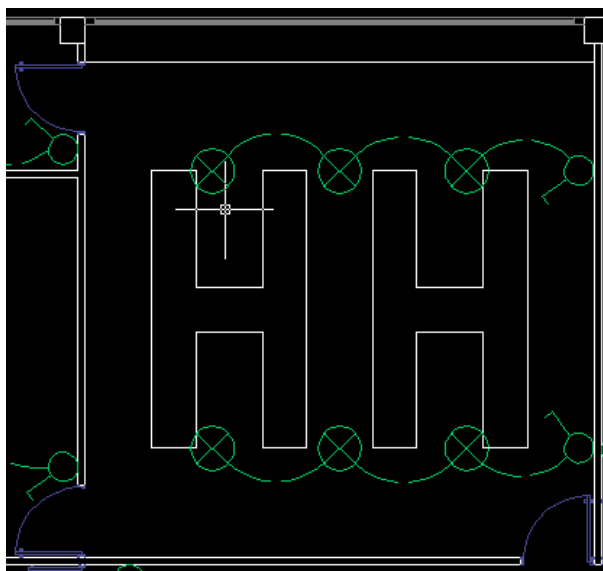


Figura 66 Laboratorio de Química Modelo 1  
Fuente: Los Autores.

#### 2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS:

DESCRIPCIÓN	CONDICION DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLOR	TEXTURA	LIMPIA	MEDIA	SUCIA
<b>Paredes</b>	ladrillo pintado	blanco	liso		X	
<b>Techo</b>	cemento	blanco	liso	X		
<b>Piso</b>	Baldosín	rojo	liso		X	
<b>Superficie de trabajo</b>	Granito	blanco	liso	X		

Tabla 42 Descripción de paredes, pisos y techos.

Fuente: Los Autores.

### 3. CONDICIONES GENERALES:

Laboratorio			
Luminarias, tipo	Fluorescente		
Especificación de las bombillas	lámparas ahorradoras		
bombillas por luminaria	1		
Número de luminarias	6		
Número de filas	3		
Luminarias por fila	2		
Altura del montaje (m)	2.96		
Espacios entre luminarias (m)	1.5		
Condición de las luminarias	Limpio	Medio	X Sucio

**Tabla 43 Condiciones generales**

Fuente: Los Autores.

### 4. MEDIDAS DE ILUMINANCIA

**Disposición de las luminarias en el local:** áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos filas.

Puntos de medida	Lectura (lx)	Puntos de medida	Lectura (lx)	Puntos de medida	Lectura (lx)
r-1	262	q-1	168	t-1	164
r-2	267	q-2	170	t-2	161
r-3	263	q-3	166	t-3	162
r-4	265	q-4	167	t-4	160
r-5	266	q-5	/	p-1	158
r-6	265	q-6	/	p-2	138
r-7	271	q-7	/	p-3	/
r-8	264	q-8	/	p-4	/

**Tabla 44 Disposición de las luminarias en el local**

Fuente: Los Autores.

### 5. Resultados de las medidas tomadas:

$$E_{prom} = R (N-1) (M-1) + Q (N-1) + T (M-1) + P / NM$$

Dónde:

**E<sub>prom</sub>** Iluminancia promedio

- N** Número de luminarias por fila.  
**M** Número de filas.

N	2
M	3
R	265.375
Q	167.75
T	161.75
P	148
Eprom	195
Emin	138
Emax	271
Coeficiente de uniformidad	0.7077
Área (m <sup>2</sup> )	51
Potencia (W)	120
VEEI	1.2066

	Valor Obtenido	Rango Recomendado	Cumple	
			SI	NO
<b>Eprom</b>	195	300 a 750		X
<b>Uo</b>	0.7077	0.5	X	
<b>VEEI</b>	1.2066	6	X	

**Tabla 45 Resultados medidas tomadas**  
Fuente: Los Autores.

## 6. REPORTE DEL ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO.

EMPRESA: Colegio Integrado Mesa de Jeridas laboratorio de química

Área: 51 m<sup>2</sup>

### APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural. 15000 Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. 138 Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): 1.3 %

Coefficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: 2 %

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP) pag 84

### TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo \_\_\_\_\_ ventanas X ambas \_\_\_\_\_

### ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:

Número de luminarias: 6

Área de trabajo: Largo: 7 m Ancho 7.5 m.

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: 1 m.

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: 1.96m.

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: 0m.

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: 1.5m.

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: 2.5m.

### LUMINARIA:

Fabricante y referencia. philips

Bombillas por luminaria: 1

Potencia total por luminaria: 20 W

### CONTROLES:

Tipo manual (Suiches): interruptor sencillo.

Tipo control automático: NA

### ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedio: 195 lux

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: 138 lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado: 120 W.

Factor de potencia: 0.95

Eficiencia energética de la instalación, W/m<sup>2</sup> por cada 100 luxes (VEEI): 1.2066

### MANTENIMIENTO:

Período limpieza de ventanas: Poco usual.

Período de limpieza de techos: Poco usual.

Período limpieza de luminarias: Nunca

Período de reemplazo de las bombillas: Cuando se dañan

Período de limpieza de manteniendo de techo, paredes y pisos: 1 por semana

## MODELO 2.

**UBICACIÓN:** Salón de clases (Primaria 9)

### 1. CONDICIONES DEL ÁREA:

**DIMENSIONES:**

**LONGITUD:** 10.55 [m]      **ANCHO:** 4.70 [m]      **ALTURA:** 2.96 [m]      **ÁREA:** 49.6 [m<sup>2</sup>]

### PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

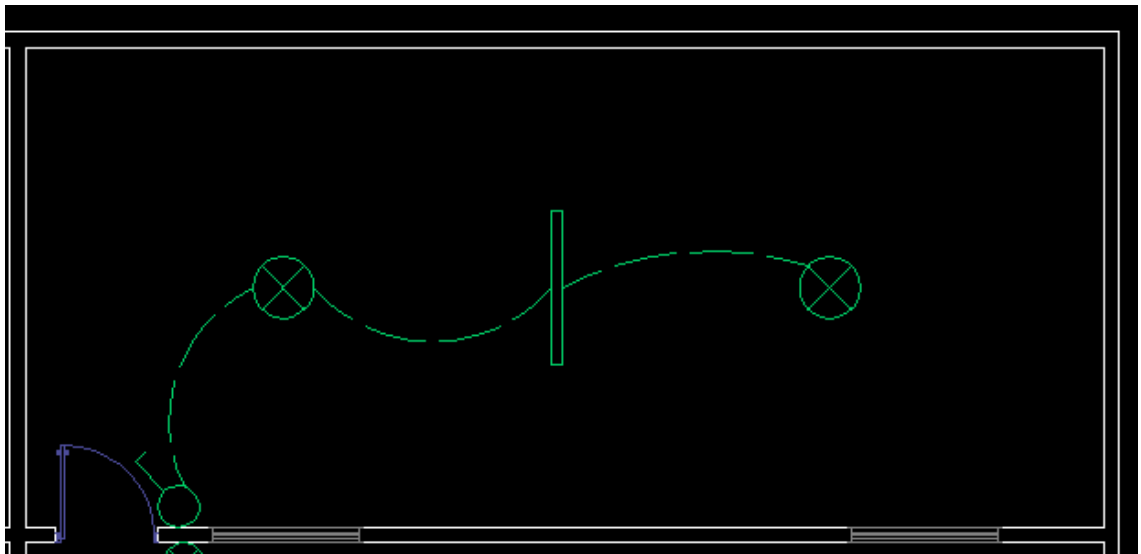


Figura 67 Salón de clases (Primaria 9) Modelo 2

Fuente: Los Autores

### 2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS:

DESCRIPCIÓN	CONDICION DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLOR	TEXTURA	LIMPIA	MEDIA	SUCIA
<b>Paredes</b>	material pintado	blanco	liso		X	
<b>Techo</b>	Eternit	blanco	liso		X	
<b>Piso</b>	Cemento	Gris	liso		X	
<b>Superficie de trabajo</b>	madera clara	Miel	liso	X		

Tabla 46 Descripción de paredes pisos y techos

Fuente: Los Autores.

### 3. CONDICIONES GENERALES:

Salón			
Luminarias, tipo	incandescente		
Especificación de las bombillas	bombilla de 60 W		
bombillas por luminaria	1		
Número de luminarias	2		
Número de filas	1		
Luminarias por fila	2		
Altura del montaje (m)	2.96		
Espacios entre luminarias (m)	2.5		
Condición de las luminarias	Limpio	Medio X	Sucio

**Tabla 47 Condiciones generales**

Fuente: Los Autores.

### 4. MEDIDAS DE ILUMINANCIA

**Disposición de las luminarias en el local:** Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila.

Puntos de medida	Lecturas (lx)	Puntos de medida	Lecturas (lx)	Puntos de medida	Lecturas (lx)
q-1	296	q-5	299	p-1	260
q-2	297	q-6	301	p-2	271
q-3	/	q-7	/		
q-4	/	q-8	/		

**Tabla 48 Medidas de iluminancia**

Fuente: Los Autores.

### 5. Resultados de las medidas tomadas:

$$E_{prom} = Q(N-1) + P / N$$

Dónde:

**E<sub>prom</sub>** Iluminancia promedio

**N** Número de luminarias.

N	2
Q	298.25
P	265.5
Eprom	281.875
Emin	260
Emax	301
Coeficiente de uniformidad	0.92239468
Área (m <sup>2</sup> )	49.6
Potencia (W)	160
VEEI	1.14441027

	Valor Obtenido	Rango Recomendado	Cumple	
			SI	NO
<b>Eprom</b>	281.875	300 a 750		X
<b>Uo</b>	0.9224	0.5	X	
<b>VEEI</b>	1.1444	6	X	

**Tabla 49 Resultados Obtenidos.**

Fuente: Los Autores

## 6. REPORTE DEL ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO.

EMPRESA: Colegio Integrado Mesa de Jeridas salón de clases.

Área: 49.6 m<sup>2</sup>

### APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural. 15000 Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. 260 Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): 1.88 %

Coefficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: 2 %

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP)

### TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo        ventanas X ambas       

### ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:

Número de luminarias: 3

Área de trabajo: Largo: 10.55 m Ancho 4.7 m.

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: 0.85 m.

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: 2.11m.

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: 0m.

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: 2.5m.

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: NA

### LUMINARIA:

Fabricante y referencia. Topluz y Philips.

Bombillas por luminaria: 1

Potencia total por luminaria, 60 W y 40 W.

### CONTROLES:

Tipo manual (Suiches): interruptor sencillo.

Tipo control automático: NA

### ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedio: 281.87 lux

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: 260 lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado: 160 W.

Factor de potencia: 0.95

Eficiencia energética de la instalación, W/m<sup>2</sup> por cada 100 luxes (VEEI): 1.1439

### MANTENIMIENTO:

Período limpieza de ventanas: Poco usual.

Período de limpieza de techos: Poco usual.

Período limpieza de luminarias: Nunca

Período de reemplazo de las bombillas: Cuando se dañan

Período de limpieza de manteniendo de techo, paredes y pisos: 1 por semana

### MODELO 3.

**UBICACIÓN:** Almacén

#### 1. CONDICIONES DEL ÁREA:

**DIMENSIONES:**

**LONGITUD:** 4.8 [m] **ANCHO:** 3.0 [m] **ALTURA:** 2.8 [m] **ÁREA:** 14.4 [m<sup>2</sup>]

#### PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:



Figura 68 Almacén Modelo 3  
Fuente: Los Autores

#### 2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS:

DESCRIPCIÓN	CONDICION DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLOR	TEXTURA	LIMPIA	MEDIA	SUCIA
<b>Paredes</b>	ladrillo pintado	blanco	liso	X		
<b>Techo</b>	eternit	blanco	liso		X	
<b>Piso</b>	Baldocion	rojo	liso		X	
<b>Superficie de trabajo</b>	madera clara	miel	liso	X		

**Tabla 50 Descripción de paredes pisos y techos**

Fuente: Los Autores.

### 3. CONDICIONES GENERALES:

salon			
Luminarias, tipo	incandescente		
Especificación de las bombillas	bombilla de 60 W		
bombillas por luminaria	1		
Número de luminarias	2		
Número de filas	1		
Luminarias por fila	2		
Altura del montaje (m)	2.8		
Espacios entre luminarias (m)	2.5		
Condición de las luminarias	Limpio	Medio X	Sucio

**Tabla 51 Condiciones generales**

Fuente: Los Autores.

### 4. MEDIDAS DE ILUMINANCIA

**Disposición de las luminarias en el local:** Áreas regulares con luminaria simple con localización simétrica.

Puntos de medida	de	Lecturas (lx)
p-1		156
p-2		153
p-3		155
p-4		155

**Tabla 52 Medidas de iluminancia**

Fuente: Los Autores.

5. Resultados de las medidas tomadas:

$$E_{prom} = 1/n \sum_{i=1}^n p_i$$

Eprom	154.75
Emin	153
Emax	156
Coefficiente de uniformidad	0.9887
Área (m <sup>2</sup> )	14.4
Potencia (W)	60
VEEI	2.6925

	Valor Obtenido	Rango Recomendado	Cumple	
			SI	NO
<b>Eprom</b>	154.75	300 a 750		X
<b>Uo</b>	0.9887	0.5	X	
<b>VEEI</b>	2.6925	6	X	

**Tabla 53 Resultados de medidas tomadas**

Fuente: Los Autores

## 6. REPORTE DEL ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO.

EMPRESA: Colegio mesa de jerdas almacén.

Área: 14.4 m<sup>2</sup>

### APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural. 15000 Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. 153 Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): 1.03 %

Coefficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: 2 %

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP)

### TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo        ventanas X ambas       

### ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:

Número de luminarias: 1

Área de trabajo: Largo: 4.8 m Ancho 3.0 m.

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: 0.8 m.

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: 2 m.

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: 0m.

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: NA

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: NA

### LUMINARIA:

Fabricante y referencia. Topluz

Bombillas por luminaria: 1

Potencia total por luminaria, 60 W

### CONTROLES:

Tipo manual (Suiches): interruptor sencillo.

Tipo control automático: NA

### ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedio: 154.75 lux

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: 153 lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado: 60 W.

Factor de potencia: 1.0

Eficiencia energética de la instalación, W/m<sup>2</sup> por cada 100 luxes (VEEI): 2.6925

### MANTENIMIENTO:

Período limpieza de ventanas: Poco usual.

Período de limpieza de techos: Poco usual.

Período limpieza de luminarias: Nunca

Período de reemplazo de las bombillas: Cuando se dañan

Período de limpieza de manteniendo de techo, paredes y pisos: 1 por semana

### 3.3.12.3 Medición De Iluminancia En Puestos De Trabajo:

A continuación exponemos los datos de iluminancia medidos en puestos de trabajo

Puesto de trabajo	Altura sobre el piso (m)	Plano (horizontal, vertical o Inclinado)	Iluminancia (luxes)	CLD% ( $E_{int}/E_{ext}$ )*100
			General únicamente	
mesa de laboratorio	1	horizontal	195	1.3
pupitre	0.85	horizontal	281.87	1.88
escritorio	0.8	horizontal	154.75	1.03

**Tabla 54 Medición de iluminancia en puesto de trabajo**

Fuente: Los Autores

Y según los procedimientos anteriormente mostrados y todas las características ya especificadas, ahora enseñamos una tabla resumen de todas las áreas en la institución en estudio con sus niveles de iluminación.

Ubicación	Eprom	Emin	Emax	Coefficiente de uniformidad	Area (m <sup>2</sup> )	Potencia (w)	VEE
Laboratorio de Química	195	138	271	0.7077	51	120	1.2066
Anexo 1. dellab. De Química	189	153	259	0.8095	7.6	20	1.3924
Anexo 2. dellab. De Química	186	150	248	0.8065	19	20	0.5659
Laboratorio de Manualidades	197	141	270	0.7157	55	120	1.1075
Anexo 1. dellab. De Manualidades	184	143	251	0.7772	7.3	20	1.4890
Anexo 2. dellab. De Manualidades	178	132	251	0.7416	18.7	20	0.6009
Sala de juego 1.	206	132	297	0.6408	25.55	40	0.7600
Sala de juego 2.	203	147	288	0.7241	26.7	40	0.7380
Biblioteca	178	122	224	0.6854	105.1	340	1.8174
Bachillerato 5.	189	141	223	0.7460	51.8	40	0.4086
Sala de Computo	187	142	225	0.7594	52.5	40	0.4074
Bachillerato 1.	192	148	226	0.7708	51	120	1.2255
Bachillerato 2.	190	147	225	0.7737	51	60	0.6192
Bachillerato 3.	201	148	231	0.7363	51	120	1.1706
Bachillerato 4.	188	144	221	0.7660	51	60	0.6258
Oficina del Rector	253	169	298	0.6680	6	40	2.6350
Secretaría	203	171	256	0.8424	9.6	20	1.0263
Coordinación	227	177	274	0.7797	9.8	20	0.8990
Bodega de administración	212	178	235	0.8396	9.45	20	0.9983
Bachillerato 6.	196	149	238	0.7602	65.52	20	0.1557
Baños de Mujeres	188	136	222	0.7234	15.5	60	2.0590
Baños de Hombres	188	137	223	0.7287	16	60	1.9947
Cocina de Profesores	196	138	238	0.7041	8.4	60	3.6443
Almacén	154.75	153	156	0.9887	14.4	60	2.6925
Pedagógico	212	164	242	0.7736	12.5	60	2.2642
Salón de audio	211	165	248	0.7820	12.5	60	2.2749
Cocina 1.	198	161	250	0.8131	13.9	60	2.1801
Cocina 2.	196	160	251	0.8163	13.9	60	2.2023
Sala de Profesores	180	142	251	0.7889	66.2	60	0.5035
Salón de Transición	193	145	298	0.7513	45.6	80	0.9090
Primaria 7.	201	174	312	0.8657	36.9	160	2.1572
Primaria 8.	185	141	287	0.7622	44.65	40	0.4842
Primaria 9.	282	260	301	0.9220	49.6	160	1.1439

Ubicación	<u>E<sub>prom</sub></u>	<u>E<sub>min</sub></u>	<u>E<sub>max</sub></u>	Coefficiente de uniformidad	Area (m <sup>2</sup> )	Potencia (w)	VEEI
<b>Primaria 1.</b>	501	171	612	0.3413	32	432	2.6946
<b>Primaria 2.</b>	502	173	602	0.3446	33	432	2.6078
<b>Primaria 3.</b>	512	172	638	0.3359	54	576	2.0833
<b>Primaria 4.</b>	503	164	611	0.3260	32.4	432	2.6508
<b>Primaria 5.</b>	509	159	615	0.3124	32.5	432	2.6115
<b>Primaria 6.</b>	541	175	616	0.3235	54	576	1.9717
<b>Viviente</b>	303	197	455	0.6502	15	60	1.3201
<b>Cafetería</b>	315	201	472	0.6381	11.4	60	1.6708
<b>Salón auxiliar</b>	Este salón no tiene alimentación eléctrica ninguna						

**Tabla 55 Resultados iluminación levantamiento**

Fuente: Los Autores.

<b>Ubicación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Laboratorio de Química</b>	6 luminarias ahorradoras
<b>Anexo 1. dellab. De Química</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Anexo 2. dellab. De Química</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Laboratorio de Manualidades</b>	6 luminarias ahorradoras
<b>Anexo 1. dellab. De Manualidades</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Anexo 2. dellab. De Manualidades</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Sala de juego 1.</b>	2 luminarias ahorradoras
<b>Sala de juego 2.</b>	2 luminarias ahorradoras
<b>Biblioteca</b>	2 fluorescentes T12 y dos bombillas incandescentes hay otro par de fluorescentes y otro de bombillas en mal estado
<b>Bachillerato 5.</b>	2 luminarias ahorradoras
<b>Sala de Computo</b>	2 luminarias ahorradoras
<b>Bachillerato 1.</b>	2 luminarias incandescentes
<b>Bachillerato 2.</b>	son 2 bombillas incandescentes de las cuales una está dañada
<b>Bachillerato 3.</b>	2 luminarias incandescentes
<b>Bachillerato 4.</b>	son 2 bombillas incandescentes de las cuales una está dañada
<b>Oficina del Rector</b>	lámpara T-8 existe otra bombilla ahorradora que no está en funcionamiento
<b>Secretaria</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Coordinación</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Bodega de administración</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Bachillerato 6.</b>	1 luminaria ahorradora
<b>Baños de Mujeres</b>	1 luminaria incandescente
<b>Baños de Hombres</b>	1 luminaria incandescente
<b>Cocina de</b>	1 luminaria incandescente, en el baño de esta hay plafón dañado

Ubicación	Observaciones
<b>Profesores</b>	
<b>Almacén</b>	1 luminaria incandescente
<b>Pedagógico</b>	1 luminaria incandescente
<b>Salón de audio</b>	1 luminaria incandescente
<b>Cocina 1.</b>	1 luminaria incandescente
<b>Cocina 2.</b>	1 luminaria incandescente
<b>Sala de Profesores</b>	1 luminaria incandescente
<b>Salón de Transición</b>	2 fluorescentes T8
<b>Primaria 7.</b>	1 fluorescentes T8 y dos bombillas incandescentes
<b>Primaria 8.</b>	Fluorescente
<b>Primaria 9.</b>	1 fluorescentes T8 y dos bombillas incandescentes
<b>Primaria 1.</b>	6 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Primaria 2.</b>	6 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Primaria 3.</b>	8 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Primaria 4.</b>	6 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Primaria 5.</b>	6 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Primaria 6.</b>	8 pares de fluorescentes de 36*2 W
<b>Viviente</b>	1 luminaria incandescente
<b>Cafetería</b>	1 luminaria incandescente
<b>Salón auxiliar</b>	

**Tabla 56 Elementos iluminación existente**

Fuente: Los Autores.

-

### 3.3.13 Cuadros De Regulación

Regulación actual de las instalaciones:

A continuación se muestran los resultados obtenidos por medio del análisis del estado actual de las instalaciones, se tomaron los datos de potencia obtenidos del cuadro de cargas del estado actual de las instalaciones y aplicando la metodología propuesta por la norma NTC 2050<sup>49</sup> Y se procedió a calcular la regulación de tensión parcial y total de cada uno de los circuitos presentes en la institución.

La explicación del cálculo del momento eléctrico, la selección de los KG y Fs está debidamente argumentada en el marco teórico presente en este documento<sup>50</sup>.

El orden en que se presentan los tableros corresponde a la importancia del tablero con respecto a la carga que maneja en la institución, por lo cual iniciamos con los tableros de mayor carga y terminamos con los de menor.

#### 3.3.13.1 TABLAS DE REGULACION

Del mismo modo que se hizo para el circuito anterior, se aplica este cálculo para los demás circuitos. Se debe cumplir con lo establecido en la Norma NTC 2050<sup>51</sup> considerando que desde bornes del transformador hasta la salida más lejana de cada tablero debe existir máximo una caída de 5%, la cual se distribuye de la siguiente manera:

2% desde bornes del transformador hasta el tablero.

---

<sup>49</sup> Sección 220. CALCULO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES, RAMALES Y ACOMETIDAS.

<sup>50</sup> Sección 2.1 CALCULO DE REGULACION pág. xx

<sup>51</sup> Sección 219-10. Conductores: capacidad de corriente y sección transversal mínima. A) Generalidades. Nota 4.

3% desde el tablero hasta la salida más lejana del circuito.

Debe garantizarse siempre que esté por debajo o muy aproximado a dicho límite, y en caso de no cumplir se debe tomar como una no conformidad del sistema.

Para comprender mejor la distribución de los cuadros, se deben analizar conjuntamente con los planos de “REDES ELECTRICAS EXISTENTES” desde el primer hasta el último plano.

T A										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
A1	400	14	0,9	6	842,141	40,89	33,39	3,8996516	4,476108626	No cumple
A2	666,7	14	0,9	6	842,141	76	32,707	3,8198834	4,39634037	No cumple
A3	468,9	12	0,9	6	532,18	30,14	8,53	0,6295528	1,206009801	
A4	922,2	14	0,9	6	842,141	37,36	26,387	3,0817642	3,658221224	No cumple
A5	1296	12	0,9	6	532,18	26,9	36,4764	2,6921242	3,268581244	No cumple
A6	155,6	14	0,9	6	842,141	53,73	6,85	0,8000184	1,376475378	
A7	1347	12	0,9	6	532,18	53,18	36,64	2,7041987	3,280655669	No cumple
A8	986,7	12	0,9	6	532,18	59,16	54,3	4,007587	4,584044001	No cumple
A9	808,9	14	0,9	6	842,141	33,61	15,512	1,8116621	2,388119055	
A10	1440	12	0,9	6	532,18	28,02	35,37	2,6104669	3,186923892	No cumple
A11	155,6	14	0,9	6	842,141	22,1	1,953	0,2280928	0,804549831	
A12	513,3	14	0,9	6	842,141	88	29,12	3,400954	3,977411038	No cumple
A13	628,9	14	0,9	6	842,141	62,53	26,85	3,1358385	3,712295459	No cumple
A14	988,9	12	0,9	6	532,18	69,1	46,05	3,3986995	3,975156473	No cumple
A15	3350	10	0,8	6	337,154	3	11,1	0,5190102	1,095467179	
A16	3053	10	0,8	6	337,154	3	9,986	0,4669221	1,043379131	

**Tabla 57 Regulación Tablero TA Etapa 2 y laboratorios**

Fuente: Los Autores.

Acometida T A			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
1	89,2797	279,345	0,576457

**Tabla 58 Regulación acometida Tablero TA Etapa 2 y laboratorios**

Fuente: Los Autores.

T B										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
B1	1386,7	14	0,9	6	842,141	26	38,145	4,4550045	5,932664529	No cumple
B2	1120	14	0,9	6	842,141	28,8	16,53	1,9305553	3,408215297	
B3	3978,9	10	0,9	6	337,154	21,213	86,784	4,057818	5,535477964	No cumple
B4	606,7	14	0,9	6	842,141	10,9547	6,1624	0,7197129	2,197372883	
B5	1008,9	2*14	0,9	6	842,141	35,6862	19,7	2,3007828	3,77844278	No cumple
B6	733	1*12;1*10	0,9	6	337,154	25,2564	10,162	0,4751515	1,952811481	
B7	1200	12	0,9	6	532,18	2,84	3,79	0,2797192	1,75737924	
B8	180	12	0,9	6	532,18	15,1	3,02	0,2228897	1,700549737	

Tabla 59 Regulación Tablero TB Cocina profesores

Fuente los Autores.

Acometida T B			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
2,25	337,154	84,2734	1,47766

Tabla 60 Regulación acometida Tablero TB Cocina profesores

Fuente los Autores.

T C										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
C1	684,4	14	0,9	6	842,141	21,35	10,373	1,21147309	3,122473085	
C2	684,4	14	0,9	6	842,141	25,8	13,253	1,54783118	3,458831177	
C3	900	14	0,9	6	842,141	20,4136	10,404	1,21509361	3,126093606	
C4	900	14	0,9	6	842,141	23,4136	13,404	1,56546662	3,476466619	

Tabla 61 Regulación Tablero TC Etapa 3

Fuente los Autores.

Acometida T C			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
2,25	337,154	109	1,911

Tabla 62 Regulación acometida Tablero TC Etapa 3

Fuente los Autores.

TD										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
D1	756	12	0,9	6	532,18	37,84	18,28	1,34914715	4,767817327	
D2	540	14	0,9	6	842,141	40,173	20,32	2,3731932	5,791863378	No cumple

**Tabla 63 Regulación Tablero TD Biblioteca**  
Fuente los Autores.

Acometida T D			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
6	532,18	38,51	2,842213175

**Tabla 64 Regulación acometida Tablero TD Biblioteca**  
Fuente: Los Autores.

TE										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
E1	1900	12	0,8	6	476,467	15,3	12,161	0,803575516	1,899042695	
E2	1050	12	0,8	6	476,467	8,76	4,564	0,301580352	1,397047531	
E3	1050	12	0,8	6	476,467	13,85	7,638	0,504704366	1,600171545	
E4	1050	12	0,8	6	476,467	16,7	9,564	0,631970745	1,727437925	
E5	1050	12	0,8	6	476,467	6,81	3,4	0,224665468	1,320132647	
E6	1050	12	0,8	6	476,467	15,24	7,03	0,464528894	1,559996073	

**Tabla 65 Regulación Tablero TE Sala de cómputo**  
Fuente los Autores.

Acometida T E			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
6	337,154	11,1	0,519010179

**Tabla 66 Regulación acometida Tablero TE Sala de cómputo**  
Fuente de los Autores.

TF										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
F1	1206,7	14	0,9	6	842,141	37,42	23,961	2,79842925	8,124469624	No cumple

**Tabla 67 Regulación Tablero TF Aulas antiguas**  
Fuente los Autores.

Acometida T F			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
6	842,141	32,951	3,848380375

**Tabla 68 Regulación acometida Tablero TF Aulas antiguas**  
Fuente: Los Autores.

TG										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
G1	2511,1	14	0,9	6	842,141	26,094	8,8385	1,03225729	6,314121631	No cumple
G2	2666,7	14	0,9	6	842,141	29,094	8,13233	0,94978299	6,231647328	No cumple

**Tabla 69 Regulación Tablero TG Primeros salones etapa 3**  
Fuente los Autores.

Acometida T G			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
6	337,154	81,36	3,804204342

**Tabla 70 Regulación acometida Tablero TG Primeros salones etapa 3**  
Fuente los Autores.

T H										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	Acumulada(%)	
H1	500	12	0,9	6	532,18	1	0,5	0,03690227	1,750926349	

**Tabla 71 Regulación Tablero TH Gabinete internet**

Fuente los Autores.

Acometida T H			
Fs	KG	Momento	Regulacion
		(KVA-m)	(%)
6	476,467	9,361	0,618556895

**Tabla 72 Regulación acometida Tablero TH Gabinete internet**

Fuente los Autores.

### 3.3.14 Cuadros De Carga

Cuadros de Carga estado actual de las instalaciones:

De acuerdo a los análisis de los diferentes circuitos presentes en las instalaciones de la institución educativa obtenemos los siguientes cuadros de cargas para los cuales se tuvo en cuenta la carga conectada en cada una de las salidas de toma corrientes y luces en general.

El orden en que se presentan los tableros corresponde a la importancia del tablero con respecto a la carga que maneja en la institución, por lo cual iniciamos con los tableros de mayor carga y terminamos con los de menor.

TABLERO	Fase			P (W)	S (VA)	I (A)	Conductor	Protección	Canalización
	A	B	C				AWG	(A)	
TA	6130	4306	5034	15470	17928	49,761739	4	No	1"
TB		6383	2756	9139	10154,4	48,819444	10	No	1/2"
TC	1516		1516	2852	3169	15,235577	10	No	1/2"
TD			1166	1166	1295,5556	10,796296	10	30	1/2"
TE	5770			5770	7150	59,583333	10	2*30	10"
TF		1086,03		1086,03	1206,7	10,055833	14	30	1/2"
TG		4660		4660,002	5177,78	43,148167	10	30	1/2"
TH	450			450	500	4,1666667	12	20	60*22 [mm]

Tabla 73 Carga instalada resumen por tablero  
Fuente los Autores.

Esta tabla representa la carga instalada contenida en la institución por cada tablero, y se debe notar en el plano de DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE que no existe tablero General de Distribución, ni medio de desconexión de todos los tableros.

TA																			
Ctos	Luces					Tomas			Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)	Observaciones
	Incan 60(W)	40(W)	20(W)	110(W)	A.P. (150w)	162 (W)	280 (W)	450 (W)	A	B	C								
A1	6								360			360	0,9	400	3,3	14	15	3/4"	
A2					4					600		600	0,9	666,7	5,556	14	15	1/2"	
A3	3		4			1				422		422	0,9	468,9	3,907	12	15	1/2"	
A4			1			5				830		830	0,9	922,2	7,685	14	15	1/2"	
A5	4			4		3				1166	1166	1166	0,9	1296	10,8	12	30	1/2"	TD
A6			7							140		140	0,9	155,6	1,296	14	15	1/2"	
A7	4					6				1212	1212	1212	0,9	1347	11,22	12	15	3/4"	
A8	4					4				888	888	888	0,9	986,7	8,222	12	15	3/4"	
A9			4			4				728		728	0,9	808,9	6,741	14	15	1/2"	
A10						8				1296		1296	0,9	1440	12	12	30	1/2"	
A11			7							140		140	0,9	155,6	1,296	14	15	1/2"	
A12	5					1				462	462	462	0,9	513,3	4,278	14	15	1/2"	
A13		1	2			3				566	566	566	0,9	628,9	5,241	14	15	1/2"	
A14			4			5				890		890	0,9	988,9	8,241	12	15	1/2"	
A15							10	1	3250			3250	0,8	4000	33,33	10	30	3/4"	TE
A16							9		2520			2520	0,8	3150	26,25	10	30	3/4"	TE
Total	26	1	29	4	4	40	19	1	6130	4306	5034	15470	0,9	17928	49,82	4	No	1"	

Tabla 74 Cargas Tablero TA Etapa 2 y laboratorios  
Fuente: Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el “DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE” para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

TB																			
Ctos	Luces						Tomas	Tomas	Fase			P	FP	S	I	Conductor	Protección	Canalización	Observaciones
	Incan 60(W)	40(W)	80(W)	36*2 (W)	120(W)	20(W)	Especiales	180 (w)	A	B	C	(W)		(VA)	(A)	AWG	(A)	(In)	
B1	8	3						4(1)		1248		1248	0,9	1386,7	11,5556	14	30	1/2"	TF + 1 toma
B2	6							4		1008		1008	0,9	1120	9,333333	14	15	1/2"	
B3				24	2	5		16		3581		3581	0,9	3978,9	33,1574	10	30	1/2"	TG
B4	1							3		546		546	0,9	606,7	5,6	14	30	1/2"	
B5	3		1					4			908	908	0,9	1008,9	8,40741	2*14	15	1/2"	
B6	2							3			606	606	0,9	733	6,1	1*12;1*10	15	1/2"	
B7							1				1080	1080	0,9	1200	10	12	30	1/2"	
B8								1			162	162	0,9	180	1,5	12	30	1/2"	
Total	20	3	1	24	2	5	1	32		6383	2756	9139	0,9	10154	48,8542	10	No	1/2"	

Tabla 75 Tablero TB Cocina profesores  
Fuente; Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el “DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE” para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

TC														
Ctos	Luces		Tomas	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)	Observaciones
	36*2 (W)	20(W)		162(W)	A	B								
C1	8	2		616			616	0,9	684	5,7	14	15	1/2"	
C2	8	2				616	616	0,9	684	5,7	14	20	1/2"	
C3			5	810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C4			5			810	810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
<b>Total</b>	16	4	10	1516		1516	2852	0,9	3169	15,2	10	No	1/2"	

Tabla 76 Cargas Tablero TC Etapa 3

Fuente: Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el “DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE” para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

T D														
Ctos	Luces		Tomas 162 (W)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)	Observaciones
	Incan 60(W)	110(W)		A	B	C								
D1	4	4				680	680	0,9	756	6,296	12	30	1/2"	
												2*30		
D2			3			486	486	0,9	540	4,5	14	30	1/2"	
<b>Total</b>	4	4	3			1166	1166	0,9	1296	10,8	10	30	1/2"	

Tabla 78 Cargas Tablero TD Biblioteca  
Fuente: Los Autores.

T E													
Ctos	Tomas 280 (W)	Tomas 450 (W)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (mm)	Observaciones
			A	B	C								
E1	4	1	1570			1570	0,8	1900	15,83	12	20	60*22	4 comp. + T H
E2	3		840			840	0,8	1050	8,75	12	15	60*22	
E3	3		840			840	0,8	1050	8,75	12	15	60*22	
E4	3		840			840	0,8	1050	8,75	12	15	60*22	
E5	3		840			840	0,8	1050	8,75	12	15	60*22	
E6	3		840			840	0,8	1050	8,75	12	15	60*22	
<b>Total</b>	19	1	5770			5770	0,8	7150	59,58	10	2*30	10"	

Tabla 77 Cargas Tablero TE Sala de cómputo  
Fuente: Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el “DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE” para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

TF														
Ctos	Luces		Tomas	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)	Observaciones
	Incan 60(W)	40(W)		A	B	C								
F1	8	3	3		1086,03		1086,03	0,9	1206,7	10,06	14	15	1/2"	
<b>Total</b>	8	3	3		1086,03		1086,03	0,9	1206,7	10,06	14	30	1/2"	

Tabla 79 Tablero TF Aulas antiguas  
Fuente: Los Autores.

TG															
Ctos	Luces			Tomas 162 (W)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (in)	Observaciones
	36*2 (W)	120(W)	20(W)		A	B	C								
G1	12		5	8		2260		2259,999	0,9	2511,1	20,93	14	20	1/2"	
G2	12	2		8		2400		2400,003	0,9	2666,7	22,22	14	20	1/2"	
<b>Total</b>	24	2	5	16		4660		4660,002	0,9	5177,8	43,15	10	30	1/2"	

Tabla 80 Cargas Tablero TG Primeros salones etapa 3  
Fuente: Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el "DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE" para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

TH												
Ctos	Tomas	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (mm)	Observaciones
		A	B	C								
	162 (W)									15	60*22	
<b>H1</b>	1	450			450	0,9	500	4,17	12	15	60*22	
<b>Total</b>		450			450	0,9	500	4,17	12	20	60*22	

Tabla 81 Cargas Tablero TH Gabinete internet  
Fuente: Los Autores.

Nota:

- Ver en planos el "DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED EXISTENTE" para ver los subtableros que dependen de este tablero.
- La potencia aparente para los circuitos que son alimentadores va corregida con el factor de demanda aplicado a dicho subtablero.

## **4. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS**

Producto del estudio hecho en la fase de levantamiento eléctrico se pusieron en evidencia una serie de problemas e inconsistencias, las cuales ponen en riesgo la integridad física de los miembros de la comunidad educativa, además incumplen con la norma NTC 2050 en sus capítulos 2, 3 y 4 para instalaciones eléctricas. De esta manera y por motivo de las malas condiciones de las instalaciones se hizo un rediseño completo, remodelando los circuitos y los tableros, aprovechando algunas salidas existentes, acomodando las instalaciones a las necesidades de los profesores, estudiantes y comunidad en general. Obteniendo unas instalaciones seguras y confiables para todos los usuarios.

### **4.1 Descripción de la subestación:**

Realizado el cálculo de la demanda máxima se obtuvo un valor de 37120.1 VA, con lo cual realizamos la elección del transformador, solo para satisfacer la carga del colegio sin compartirlo con la parroquia, el cual tendría las siguientes especificaciones:

Capacidad: 45 KVA

Conexión: Dyn 5

Relación de transformación:  $13200/220-127\text{ V} \pm 2*2.5\%$

Refrigeración: ONAN

(ON) Refrigeración de Aceite Natural.

(AN) Refrigeración de Aire Natural.

Clase de Aislamiento: Ao

Ao: Aislamientos Solidos y fluido refrigerante Clase A.

Aceite Aislante: Aceite Mineral

Posición Conmutador:

1. **14190**

2. 13860

3. 13530

4. 13200

5. 12870

Se recomienda la posición 1 para cumplir con la tensión en las instalaciones del colegio.

Fases: 3 Fases

BIL: 95/30

Para el cálculo de la demanda máxima hicimos uso del método de la NTC 2050 en su sección 220, usando como base los valores de consumo por área de iluminación, tomas y cargas especiales o de gran importancia de cada aula, oficina, pasillo, en general todo recinto existente de la institución.

El nivel de tensión seleccionado, fue de media tensión (13.2 kV), basado en la norma de la ESSA, sección 2.1.1 (Demandas máximas por niveles de tensión) debido a que la carga del colegio será mayor a 30 kVA.

Este transformador se conectara al circuito 35 501 (Mesa de Los santos 1), por disponibilidad de la red.

Tensión (kV)	Demanda máxima (kVA)
Baja	Hasta.....30
Media (13,2)	Hasta.....500
Media (34,5)	Hasta..... 5000

**Tabla 82 Fuente: ESSA sección 2.1.1 tabla 2.1 Demanda máxima por niveles de tensión**

El transformador será conectado a la línea de media a través de un conductor ASCR 2/0 AWG y protegido con una caja corta circuitos tipo K de 3\*2 A.

La protección contra sobre tensiones a usar será un DPS de óxido metálico de 3\*12 kV y 10 kA, que es el recomendado para líneas aéreas de 11.4 y 13.2 kV.

El sistema de puesta a tierra del transformador no se ha de cambiar, ya que cumple con las especificaciones de la norma de la ESSA, en su sección 2.1.6.

Descripción	Nivel (kV)	Z máxima(O)
Subestación distribución	34,5	10
Subestación distribución	13,2	10
Protección contra rayos	13,2 - 34,5	10
Redes de baja tensión	B.T.	20
Acometidas	B.T.	25 *

**Tabla 83 Fuente ESSA, sección 2.1.6 tabla 2.5 Impedancia de puesta a tierra**

Siendo un valor aproximado de 8.75 Ohm conectado a través de un conductor de cobre desnudo calibre 2 AWG.

**4.2 Totalizador:** o interruptor general automático (IGA), es un elemento encargado de proteger de sobrecargas o cortocircuitos la instalación completa de cualquier tipo de instalación eléctrica, evita que se sufran daños por calentamiento en sus derivaciones individuales en caso de tener una sobrecarga o cortocircuito, y es el elemento que se ha de utilizar para desconectar los circuitos en caso de reparaciones, ausencias largas, etc.

Este interruptor debe tener tanto protección térmica con un elemento bimetálico o dispositivo electrónico equivalente para la verificación del nivel de corriente, como protección magnética. Para garantizar estas posibilidades se proyecta un totalizador, ya que no existía este elemento aguas abajo del transformador, de las siguientes características:

DPX-U125 5272 15

Corriente Nominal a 40 °C (A): 125  
Número de polos: 3  
Tensión nominal  $U_e$  (V): 500  
Tensión de aislamiento  $U_i$  (V): 500  
Tensión asignada de impulso  $U_{imp}$  (kV): 6  
Frecuencia Nominal (Hz): 60



**Figura 69 Totalizador**

Fuente: Catalogo LEGRAND LUMINEX

#### **4.3 Equipo de medida:**

Puesto que la demanda máxima es inferior a 45 kVA se usara un medidor de inducción de energía activa, aunque usaremos medida semi directa, ya que los medidores aceptados por la ESSA están limitados en corriente, debido a esto

implementaremos transformadores de corriente para la medición de esta, entonces el medidor seleccionado es:

Medidor de inducción trifásico tetra Filiar Holley de 5 (20) A, siendo 5A la corriente para pruebas y 20A la máxima soportada sin afectar la medida.



Figura 70 Contador Rediseño

Fuente: Catalogo Holley

1	Tipo	HLT01(DT862)							
2	Norma aplicable	IEC60521							
3	Clase de exactitud (según IEC60521)	CT operado: Clase 2		Conexión directa: Clase 2					
4	Vida útil (MTTF)	15 años							
5	Corriente nominal ( $I_b$ ) A	1.5	3	2.5	5	10	15	20	30
6	Corriente máxima ( $I_{max}$ ) A	6	6	10	20	40	60	80	100
7	Ritmo de corriente de transformador $I_n$	5A		Conexión directa					
8	Voltaje referencial $U_n$	3×57.7/100V, 3×220/380V, 3×230/400V, 3×240/415V							
9	Frecuencia referencial $f_n$	50 Hz, 60 Hz							
10	Consumo de voltaje en 50 Hz $U_n$	1.0 W/ 5VA							
11	Consumo de corriente en 50Hz $U_n I_b$	<0.5 VA							
12	Sin carga	0.8~1.1Un							
13	Corriente de arranques	0.5%Ib							
14	Temperatura media de coeficiente: De 0.1Ib a Imax en unidad PF De 0.2Ib a Imax en unidad 0.5 retrasando	<0.10%/°C <0.15%/°C							
15	Nivel de aislamiento: Resistencia A.C. voltaje con 50 Hz, 1min Resistencia impulsa voltaje 1.2/50µs	>2 kV (base de baquelita>4kV) >6kV (base de baquelita>8kV)							
16	Par de la carga nominal a la unidad PF, Ib	>850µNm							
17	Peso del rotor	54 g							
18	Peso del medidor	≈3.1kg							
19	Base del medidor	Acero, Baquelita							
20	Tapa principal	ABS, PC transparente, Baquelita							
21	Tapa cubrebornes	ABS, Baquelita, PC							
22	Registrador	Ciclométrico singular, Unidireccional							
23	Opción	Tapón de reverso funcionamiento							

Tabla 84 Características contador de energía

Fuente: Catalogo Holley

**4.3.1 CT** usado para el medidor se seleccionó con los catálogos de este instrumento y buscando el cumplimiento de la ESSA<sup>52</sup>, es decir la corriente primaria del transformador está entre el 80 y 120 % de la corriente a plena carga del sistema eléctrico al cual nos encontramos conectados y la corriente en el secundario es la normalizada de 5 A, a la cual trabaja el medidor.

Las características de este transformador son:



**Figura 71 Transformador de Corriente**

Fuente: Catalogo Rymel

<b>NORMA:</b>	<b>IEC 60/85, IEC 60044-1, NTC 2205</b>
Tensión servicio:	[V] 120/208 ; 480/277
Tensión serie:	[V] 600
Clase:	[%] 0.5S, 0.5, 1
Instalación:	Interior o Exterior
Número de Núcleos:	1
Carga:	[VA] 2.5, 5, 10
Corriente Primaria (tipo ventana):	[A]100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900,1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000
Corriente Primaria: (tipo barra)	[A]100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800
Corriente Secundaria:	[A] 5
Corriente Térmica (Ith):	[A] 80 In
Corriente Dinámica (Id):	[A] 200 In
Factor de Seguridad:	<= 5
Nivel de Aislamiento:	
	Tensión a 60 Hz 1 minuto 3 KV
Aislamiento:	Tipo Clase Térmica 65
Tipo – Modelo: (Tipo Ventana)	TCIV (Uso Interior); TCEV (Uso Exterior)
Tipo – Modelo: (Tipo Barra)	TCIB (Uso Interior); TCEB (Uso Exterior)

Fuente: Catalogo Rymel

**Tabla 85 Datos técnicos del Ct**

<sup>52</sup> ESSA, sección 4.7.2.1 Requisitos generales de los equipos de medición

#### 4.4. REDISEÑO ILUMINACIÓN

Según los datos del levantamiento y analizando el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, en su sección 410, encontramos que la iluminación en lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, del RETILAP, para lo cual observamos que el valor medio de iluminancia, según el reglamento debe considerarse como el objetivo de diseño y asegurar que en cualquier momento durante la vida útil del proyecto la medición de iluminancia promedio no podrá ser superior al valor máximo, ni inferior al valor mínimo establecido que mostramos en el siguiente fragmento de la tabla, en el mismo cuadro se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR).

Pero se afirma que estas consideraciones se hacen obsoletas en la institución ya que solo se cumple para algunas oficinas y para ningún salón de clases, es por esto que se presenta un rediseño con sus correspondientes recomendaciones de mantenimiento e instalación.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)			
	UGRL.	Mínimo.	Medio	Máximo
<i>Colegios y centros educativos.</i>				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

**Tabla 86 Niveles de iluminancia según tipo de recinto**

Fuente: RETILAP, sección 440.1

Para lo cual se hace necesario conocer las reflectancias de los materiales más usados en el colegio, en los salones, porque estos van a influenciar el comportamiento lumínico de las lámparas que se instalen. Es por esto que se muestran los siguientes datos:

Material o terminado	$\rho$	Material o terminado	$\rho$
Mortero claro	0,35-0,55	Blanco	0,70-0,85
Mortero oscuro	0,20-0,30	Negro	0,03-0,07
Hormigón claro	0,30-0,50	Gris claro	0,40-0,50
Hormigón oscuro	0,15-0,25	Gris oscuro	0,10-0,20
Arenisca clara	0,30-0,40	Amarillo	0,50
Arenisca oscura	0,15-0,25	Beige	0,45
Ladrillo claro	0,30-0,40	Crema	0,50-0,75
Ladrillo oscuro	0,15-0,25	Marrón claro	0,30-0,40
Mármol blanco	0,60-0,70	Marrón oscuro	0,10-0,20
Granito	0,15-0,25	Rosa	0,50-0,55
Madera clara	0,30-0,50	Rojo claro	0,30-0,40
Madera oscura	0,10-0,25	Rojo oscuro	0,10-0,20
Espejo plateado	0,80-0,90	Verde claro	0,45-0,65
Aluminio mate	0,55-0,60	Verde oscuro	0,10-0,20
Aluminio brillante	0,80-0,85	Azul claro	0,40-0,55
Aceero inoxidable	0,65-0,65	Azul oscuro	0,05-0,15
Cielo acústico	0,50-0,65	□	□
Vidrio opaco negro	0,50	□	□
Seda blanca	0,28-0,38	□	□
Seda de color	0,20-0,10	□	□

**Tabla 87 Reflectancias para diversos materiales y terminados**

Fuente: Manual de Luminotecnia OSRAM

Material	$\rho$ (%)
Cartulina Blanca	70
Papel de aluminio	70-75
Vidrio opaco blanco	75-80
Vidrio transparente	8

**Tabla 88 Reflectancias para diversos materiales y terminados**

Fuente: Manual de Luminotecnia OSRAM

Como se evidencia al realizar la comparación de los niveles de iluminancia medidos existentes y los niveles exigidos por el RETILAP, en la tabla 440.1 ya mencionada. Más de un 80 por ciento de las instalaciones lumínicas del colegio en estudio son insuficientes para las exigencias mínimas según el reglamento Colombiano.

Por esta razón se realizó el cálculo para garantizar los niveles de lumínicos necesarios en cada recinto del plantel educativo, lo cual se realizó con la guía del RETILAP, en su sección 430, de donde se decidió trabajar con el método de cavidades zonales. Se realizó un cálculo tipo<sup>53</sup>, con el cual se evidencian los resultados necesarios a tener en cuenta en el rediseño de iluminación y recomendaciones para todo el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del plantel formativo.

Los equipos a usar fueron seleccionados previamente de una serie de catálogos, buscando que cumplieran con los estándares de reglamentación, garantías del producto y las características eléctricas presupuestadas.

#### **4.4.1 Resultado del método de cavidades zonales**

Se realizó el rediseño para cada recinto del colegio, obteniendo los siguientes resultados, que por comodidad se han tabulado, consiguiendo:

---

<sup>53</sup> Ver calculo tipo del método de cavidades zonales, sección 1.14.2 Método de las cavidades zonales

	longitud	Ancho	Area de Paredes	Area de Puertas	Area de Ventanas	Reflectancia Media Local	Indice de Cavidad Local	Coefficiente de Utilización
<b>Laboratorio de Química</b>	7	7.25	65.356	4.8	11.9	0.6579	2.7517	0.7451
<b>Anexo 1. dellab. De Química</b>	3.8	2	31.968	1.6	0	0.7571	7.4789	0.5280
<b>Anexo 2. dellab. De Química</b>	3.8	5.2	50.912	1.6	0	0.7582	4.4636	0.6894
<b>Laboratorio de Manualidades</b>	6.95	7.25	74.296	4.8	11.82	0.6684	2.8512	0.7408
<b>Anexo 1. dellab. De Manualidades</b>	3.65	2	31.08	1.6	0	0.7571	7.5849	0.5267
<b>Anexo 2. dellab. De Manualidades</b>	3.65	5.2	50.024	1.6	0	0.7581	4.5695	0.6880
<b>Sala de juego 1.</b>	3.5	7.3	55.618	1.6	5.95	0.6944	4.1425	0.6686
<b>Sala de juego 2.</b>	3.66	7.3	56.293	1.6	6.222	0.6925	4.0201	0.6750
<b>Biblioteca</b>	14.44	7.3	117.54	1.6	24.548	0.6432	2.1655	0.7869
<b>Bachillerato 5.</b>	7.13	7.3	82.112	1.6	12.121	0.6730	2.8417	0.7432
<b>Sala de Computo</b>	7.2	7.3	82.2	1.6	12.24	0.6723	2.8967	0.7386
<b>Bachillerato 1.</b>	7.18	7.1	67.676	1.6	10.052	0.7575	2.7312	0.7814
<b>Bachillerato 2.</b>	7.18	7.1	67.676	1.6	10.052	0.7575	2.7312	0.7814
<b>Bachillerato 3.</b>	7.18	7.1	67.676	1.6	10.052	0.7575	2.7312	0.7814
<b>Bachillerato 4.</b>	7.18	7.1	67.676	1.6	10.052	0.7575	2.7312	0.7814
<b>Oficina del Rector</b>	1.7	3.55	22.54	3.2	2.38	0.7523	8.6993	0.4572
<b>Secretaria</b>	2.7	3.55	23.03	3.2	4.97	0.7523	6.5206	0.5565

	longitud	Ancho	Área de Paredes	Área de Puertas	Área de Ventanas	Reflectancia Media Local	Índice de Cavidad Local	Coefficiente de Utilización
<b>Coordinación</b>	2.7	3.55	28.98	1.6	3.78	0.7561	6.5206	0.5573
<b>Bodega de administración</b>	2.7	3.55	28.98	1.6	3.78	0.7561	6.5206	0.5573
<b>Bachillerato 6.</b>	9.1	7.2	72.38	4.4	12.74	0.7556	2.4256	0.8030
<b>Baños de Mujeres</b>	3.45	4.9	44.52	1.6	0	0.7579	4.9394	0.6831
<b>Baños de Hombres</b>	3.45	4.9	44.52	1.6	0	0.7579	4.9394	0.6831
<b>Cocina de Profesores</b>	3	2.85	28.28	1.6	0	0.7568	6.5000	0.5583
<b>Almacén</b>	3	4.8	41.44	1.6	0	0.7578	5.4167	0.6191
<b>Pedagógico</b>	3	4.3	33.79	4.6	1.21	0.7323	5.6589	0.5752
<b>Salón de audio</b>	2.9	4.3	38.08	2	0	0.7570	5.7739	0.5814
<b>Cocina 1.</b>	2.9	4.8	40.88	1.6	0	0.7577	5.2550	0.5819
<b>Cocina 2.</b>	2.9	4.8	38.64	3.2	0	0.7554	5.2550	0.6342
<b>Sala de Profesores</b>	7.2	9.2	81.6	3.2	3.52	0.7307	2.4758	0.7932
<b>Salón de Transición</b>	5.5	8.3	63.7	6.4	4.62	0.7128	2.9474	0.7545
<b>Primaria 7.</b>	7.85	4.7	46.209	1.6	2.42	0.7253	3.5886	0.7094
<b>Primaria 8.</b>	9.5	4.7	77.328	1.6	3.92	0.7267	3.3552	0.7252
<b>Primaria 9.</b>	10.55	4.7	83.768	1.6	3.92	0.7291	3.2447	0.7333
<b>Primaria 1.</b>	5.8	5.6	53.5	1.6	11.9	0.6378	3.7029	0.6714
<b>Primaria 2.</b>	5.83	5.6	53.678	1.6	11.9	0.6381	3.6935	0.6721
<b>Primaria 3.</b>	7.6	7.1	69.55	1.6	15.47	0.6374	2.8741	0.7282
<b>Primaria 4.</b>	5.8	5.6	54.8	1.6	11.9	0.6401	3.7731	0.6682
<b>Primaria 5.</b>	5.81	5.6	54.86	1.6	11.9	0.6402	3.7699	0.6684
<b>Primaria 6.</b>	7.6	7.1	68.3	1.6	15.47	0.6357	2.9286	0.7232
<b>Viviente</b>	5	3	42.56	1.6	0	0.7578	5.3333	0.6278
<b>Cafetería</b>	3.8	3	29.38	1.6	6.46	0.6263	5.0702	0.6095
<b>Salón auxiliar</b>	10.2	5.2	100.02	20.8	2.38	0.7367338	4.572964	0.6823

**Tabla 89 Cálculos previos para hallar la iluminancia promedio**

Fuente: los autores

	Área (m2)	Flujo Total	Numero de luminarias	Luminarias Reales	Em	VEEI
<b>Laboratorio de Química</b>	50.75	53,106.44	10.21	15	697.655473	2.3725
<b>Anexo 1. dellab. De Química</b>	7.6	11,223.24	2.158	3	660.237365	3.3481
<b>Anexo 2. dellab. De Química</b>	19.76	22,349.13	4.298	6	663.11297	2.5643
<b>Laboratorio de Manualidades</b>	50.3875	53,032.08	10.2	15	698.633719	2.3862
<b>Anexo 1. dellab. De Manualidades</b>	7.3	10,806.03	2.078	3	685.728285	3.3561
<b>Anexo 2. dellab. De Manualidades</b>	18.98	21,510.71	4.137	6	688.959018	2.5695
<b>Sala de juego 1.</b>	25.55	29,795.65	5.73	6	497.388037	2.6439
<b>Sala de juego 2.</b>	26.718	30,863.03	5.935	6	480.186103	2.6189
<b>Biblioteca</b>	105.412	104,451.13	20.09	28	662.127842	2.2465
<b>Bachillerato 5.</b>	52.049	54,607.13	10.5	15	678.482885	2.3786
<b>Sala de Computo</b>	52.56	55,486.67	10.67	15	667.727915	2.3935
<b>Bachillerato 1.</b>	50.978	50,868.86	9.782	12	582.674735	2.2624
<b>Bachillerato 2.</b>	50.978	50,868.86	9.782	12	582.674735	2.2624
<b>Bachillerato 3.</b>	50.978	50,868.86	9.782	12	582.674735	2.2624
<b>Bachillerato 4.</b>	50.978	50,871.27	9.783	12	582.647144	2.2625
<b>Oficina del Rector</b>	6.035	10,292.82	1.979	2	479.946436	3.8668
<b>Secretaria</b>	9.585	13,429.54	2.583	3	551.768867	3.1766
<b>Coordinación</b>	9.585	13,411.68	2.579	3	552.503553	3.1724
<b>Bodega de administración</b>	9.585	13,411.68	2.579	3	552.503553	3.1724
<b>Bachillerato 6.</b>	65.52	63,617.56	12.23	16	621.212161	2.2014
<b>Baños de Mujeres</b>	16.905	19,295.38	3.711	3	384.029745	2.5878

	Área (m2)	Flujo Total	Numero de luminarias	Luminarias Reales	Em	VEEI
<b>Baños de Hombres</b>	16.905	19,295.38	3.711	3	384.02974 5	2.5878
<b>Cocina de Profesores</b>	8.55	11,940.46	2.296	3	620.57934 9	3.1663
<b>Almacén</b>	14.4	18,134.66	3.487	4	544.81301	2.8552
<b>Pedagógico</b>	12.9	17,486.52	3.363	4	565.00667 5	3.0733
<b>Salón de audio</b>	12.47	16,723.37	3.216	4	590.79013 4	3.0405
<b>Cocina 1.</b>	13.92	18,651.44	3.587	4	529.71783 4	3.0378
<b>Cocina 2.</b>	13.92	17,114.27	3.291	4	577.29605 5	2.7875
<b>Sala de Profesores</b>	66.24	65,116.83	12.52	16	606.90912 1	2.2288
<b>Salón de Transición</b>	45.65	47,175.61	9.072	12	628.29082 6	2.3430
<b>Primaria 7.</b>	36.895	40,552.62	7.799	9	548.17661 6	2.4920
<b>Primaria 8.</b>	44.65	48,007.19	9.232	12	617.40750 6	2.4377
<b>Primaria 9.</b>	49.585	52,724.35	10.14	12	562.16906 1	2.4107
<b>Primaria 1.</b>	32.48	37,720.49	7.254	8	523.85323 5	2.6330
<b>Primaria 2.</b>	32.648	37,876.11	7.284	8	521.70095	2.6303
<b>Primaria 3.</b>	53.96	57,778.18	11.11	15	641.24548 4	2.4276
<b>Primaria 4.</b>	32.48	37,901.13	7.289	8	521.35646 7	2.6456
<b>Primaria 5.</b>	32.536	37,955.12	7.299	8	520.61490 3	2.6448
<b>Primaria 6.</b>	53.96	58,177.65	11.19	15	636.84253 5	2.4444
<b>Viviente</b>	15	18,629.50	3.583	3	397.75617 7	2.8158
<b>Cafetería</b>	11.4	14,583.90	2.805	3	508.09443 8	2.9004
<b>Salón auxiliar</b>	53.04	60,613.70	11.66	15	611.24798 7	2.5909

**Tabla 90 Cálculos de los niveles de luminancia por cada lugar. Los Autores.**

#### 4.4.2 Iluminación deportiva

Los niveles de iluminación para la cancha se calcularon para obtener una uniformidad en todo el campo de juego sin provocar deslumbramiento en los jugadores, apegándonos a los niveles expuestos en el RETILAP, en su sección 510.4.3, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla extraída del RETILAP en su sección 510. Aunque la jornada escolar en la institución sea diurna, se previó si se hace alguna jornada deportiva sin iluminación natural.

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq \%$
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y alledañas a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

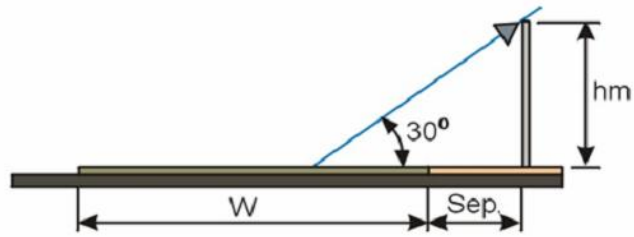
**Tabla 91 Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares**

Fuente: RETILAP, sección 510.4.3

Para calcular la altura de montaje de los proyectores, hm se proyecta en el diseño el haz de luz desde la cima del poste y se dirige en un ángulo de 30 ° bajo la horizontal, justo al frente. El haz debe llegar aproximadamente al plano de la cancha de juego a 1/3 de su ancho.

Las dimensiones de la cancha son:

Ancho = 15.3 m y largo = 28.6 m



**Figura 72 Relación entre la separación del campo y la altura de los postes**  
 Fuente: RETILAP, en su sección 550.3

$$h_m = \left[ \frac{W}{3} + Sep \right] * \text{Tan}(30^\circ)$$

Dónde:

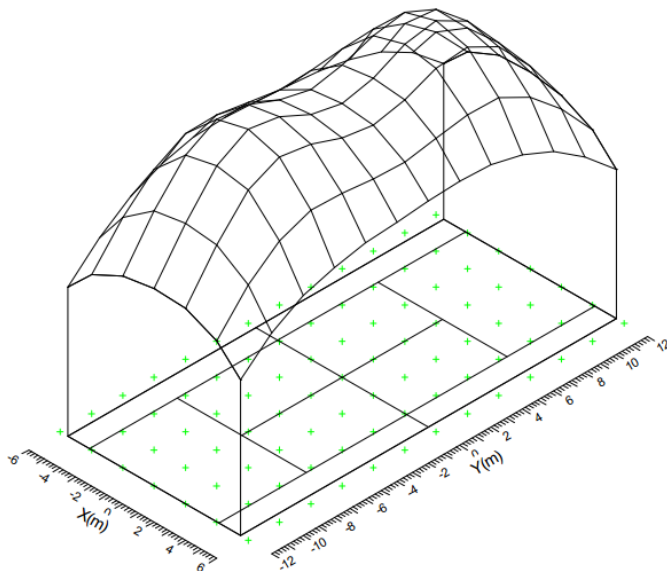
hm = Altura de montaje mínima de los proyectores

W = Ancho del campo deportivo

Sep = Separación entre el campo deportivo y la base de los postes

Esto garantiza un bajo nivel de deslumbramiento a los jugadores.

De lo cual se obtiene  $h_m = 3.87$  m, siendo  $Sep = 1.6$  m



**Figura 73 Distribución Lumínica de la Cancha.**  
 Fuente: los autores

Entonces las lámparas escogidas para iluminar este escenario deportivo son los reflectores PHILIPS de referencia MVP507 SON-TP, de 45000 lúmenes, obteniendo según el dialux una iluminación promedio de 60 luxes.



**Figura 74 Proyector Cancha de Microfútbol**

Fuente: Catalogo PHILIPS

#### **4.4.3 Iluminación del camino**

Las luminarias del camino se escogieron de acuerdo a las existentes en su versión actual comercial, y éstas son las MASTER CityWhite CDO-TT /E40 de 150 W a 220 V. estas lámparas serán agregadas en los puntos demarcados en los planos del rediseño<sup>54</sup>.



**Figura 75 Luminaria modelo**

Fuente: Catalogo PHILIPS

---

<sup>54</sup> Ver plano 6 de 6. Rediseño de las instalaciones eléctricas del colegio integrado mesa de Jeridas

#### **4.4.4 Recomendaciones en el rediseño de iluminación de la institución**

El alumbrado de emergencia es una instalación diseñada para entrar en funcionamiento si falta el alumbrado normal, lo cual no se hace necesario para estas instalaciones, ya que no se cumplen los requisitos para adicionar este complemento.

Estos requerimientos que no se cumplen son, según el RETILAP, en su sección 470:

Los edificios de más de 5 pisos o edificios que en cualquier hora de la noche concentren más de 100 personas deben disponer de por lo menos un sistema de alumbrado de emergencia, que en caso de falla del alumbrado normal suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Pero como el colegio es solo de jornada diurna y las salidas son directas a patios con luz solar en todo tiempo de trabajo, no se realizó el diseño del alumbrado de emergencia.

Para los baños la exigencia de iluminación media es de 150 lx, por esto la cantidad de bombillas para estos sitios es menos exigente que para los salones de clase.

En las cocinas por ser zonas de poca importancia lumínica, usamos como criterio de importancia la seguridad para quienes trabajan allí y es por eso que sus niveles de iluminancia media son los mínimos requeridos como para los salones de clase.

Se recomienda llevar un control de las luminarias con el fin de garantizar una iluminación adecuada, se deben aplicar los siguientes criterios de mantenimiento:

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas.

La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporan difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y están envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.

La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, permite mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de un local. Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las bombillas.

En la instalación de los circuitos hay que tener en cuenta el tipo de mando a usar, puesto que recomendamos para el control de más de 6 luminarias, apostar interruptores Leviton, ya que estos tienen una capacidad de 16 A superior a los LUMINEX de capacidad de 10 A. con esto obteniendo una vida útil prolongada, ya que estos materiales se usan a un valor aproximado al 50% de su capacidad y no al 100%, con lo cual evitamos la fundición espontánea de los polos del instrumento.

#### **4.5 REDISEÑO TABLEROS**

Debido a la gran cantidad de inconformidades con algunos tableros del colegio, ya sea por sus dimensiones, ausencia de barrajes, curvatura de los conductores, o falta de mantenimiento, se decidió seleccionar tableros que brinden mayor seguridad al momento de la manipulación del usuario, con gabinetes más amplios para evitar curvas forzadas a los conductores, eludir efectos inductivos innecesarios y cumplir con las distancias adecuadas. Todo esto no con el ánimo de lo estético, sino enfocado siempre a la Seguridad y Protección de las personas.

Las protecciones escogidas en cumplimiento de todas las obligaciones y normativas se tomaron de LUMINEX LEGRAND y su Catálogo Residencial e Industrial.

#### 4.5.1 Tablero General de baja Tensión

Para el tablero de distribución recomendamos un diseño singular, puesto que se propone dejar en el casillero de medición una sección adicional, es decir, el casillero tendrá un compartimiento de corte y protección, un compartimiento para el contador, un compartimiento para totalizador y barraje con las características especificadas por la ESSA, en su sección 384, y el compartimiento adicional para los interruptores generales de distribución, el cual se separara con las mismas medidas y especificaciones de los demás compartimientos para que exista un aislamiento. El medidor estará ubicado a una altura aproximada de 1.6 m para que el personal de la electrificadora se le facilite la toma de datos y debe de tener un espacio libre mínimo de 0.9 m para la manipulación rápida y segura de los equipos.

El equipo de medida se conectara los más cercano posible al punto de conexión, el cual será el armario ya expresado anteriormente, situado en la base del poste de concreto del transformador.

Tablero	In (A)	Icoci (KA)	Marca	Observaciones
TA	3 x 30	10	LUMINEX	
TB	3 x 30	10	LUMINEX	
TC	3 x 30	10	LUMINEX	
TD	3 x 40	10	LUMINEX	
TE	3 x 63	10	LUMINEX	DPX-U125 5272 13
TF	3 x 40	10	LUMINEX	
TG	3 x 30	10	LUMINEX	
TH	3 x 40	10	LUMINEX	
TI	2 x 30	10	LUMINEX	
TJ	3 x 30	10	LUMINEX	
TK	3 x 30	10	LUMINEX	

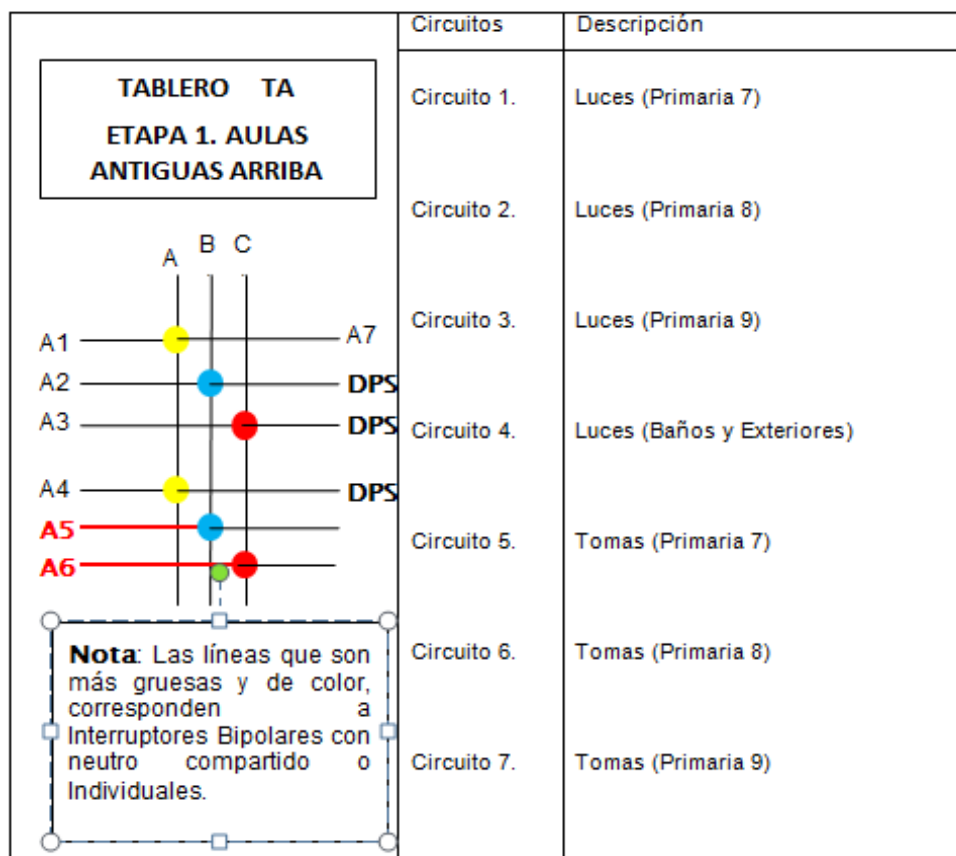
**Tabla 92 Totalizadores rediseño**

Fuente: los autores

#### 4.5.2 TABLERO TA<sup>55</sup>

El tablero de automáticos proyectado TA está ubicado en la “etapa 1 Antiguas arriba” de la institución, se selecciona trifásico de 12 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 32A (4x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 7 circuitos nuevos de la siguiente manera: 2 circuitos de 15A, 3 circuitos de 20A, 2 circuitos bipolares de 1x15A.



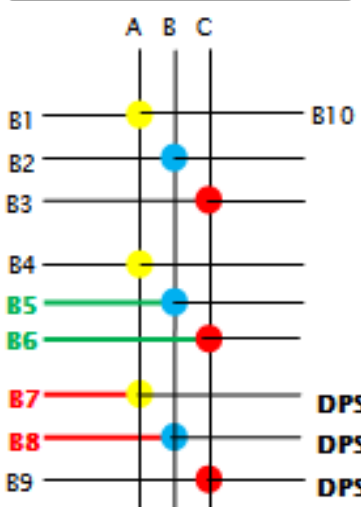
Fuente: los Autores

<sup>55</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

### 4.5.3 TABLERO TB<sup>56</sup>

El tablero de automáticos proyectado TB está ubicado en la “etapa 2 Administración” de la institución, se selecciona trifásico de 18 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 32A (4x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 10 circuitos nuevos de la siguiente manera: 4 circuitos de 15A, 2 circuitos de 20A, 4 circuitos bipolares de 1x15A.

<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>TABLERO TB ADMINISTRACION</b> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o individuales.</p> </div>	Circuitos	Descripción
	Circuito 1.	Luces (Bachillerato 6).
	Circuito 2.	Luces (Baños y Cuartos adjuntos)
	Circuito 3.	Luces (Oficina del Rector, Secretaria, Bodega administración, Coordinación).
	Circuito 4.	Luces (Bachillerato 6).
	Circuito 5.	Tomas (Oficina del Rector, Secretaria).
	Circuito 6.	Tomas (Bodega Administración, Coordinación).
	Circuito 7.	Tomas (Baños y Cuartos adjuntos).
	Circuito 8.	Tomas (Bachillerato 6).
	Circuito 9.	Tomas (Oficina del Rector Amplificador).
	Circuito 10.	Tomas (Oficina del Rector Alarma).

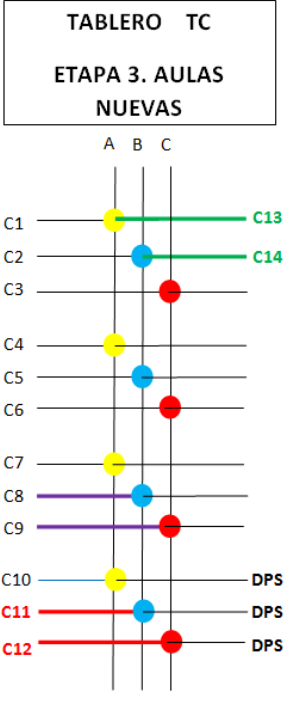
<sup>56</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

Fuente: los autores

#### 4.5.4 TABLERO TC<sup>57</sup>

El tablero de automáticos proyectado TC está ubicado en la “etapa 3 Aulas nuevas” de la institución, se selecciona trifásico de 24 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 32A (4x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 14 circuitos nuevos de la siguiente manera: 9 circuitos de 15A, 1 circuito de 20A, 4 circuitos bipolares de 1x15A.

 <p><b>TABLERO TC</b> <b>ETAPA 3. AULAS NUEVAS</b></p> <p>A B C</p> <p>C1 —●— C13 C2 —●— C14 C3 —●— C4 —●— C5 —●— C6 —●— C7 —●— C8 —●— C9 —●— C10 —●— DPS C11 —●— DPS C12 —●— DPS</p> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o Individuales.</p>	Circuitos	Descripción
	Circuito 1.	Luces (Primaria 6).
	Circuito 2.	Luces (Primaria 6 y Pasillos).
	Circuito 3.	Luces (Primaria 5).
	Circuito 4.	Luces (Primaria 4).
	Circuito 5.	Luces (Primaria 3).
	Circuito 6.	Luces (Primaria 2).
	Circuito 7.	Luces (Primaria 3, Pasillos).
	Circuito 8.	Luces (Primaria 1).
	Circuito 9.	Tomas (Primaria 6)
	Circuito 10.	Tomas (Primaria 10)
	Circuito 11.	Tomas (Primaria 4)
	Circuito 12.	Tomas (Primaria 5)
	Circuito 13.	Tomas (Primaria 2)
	Circuito 14.	Tomas (Primaria 1)

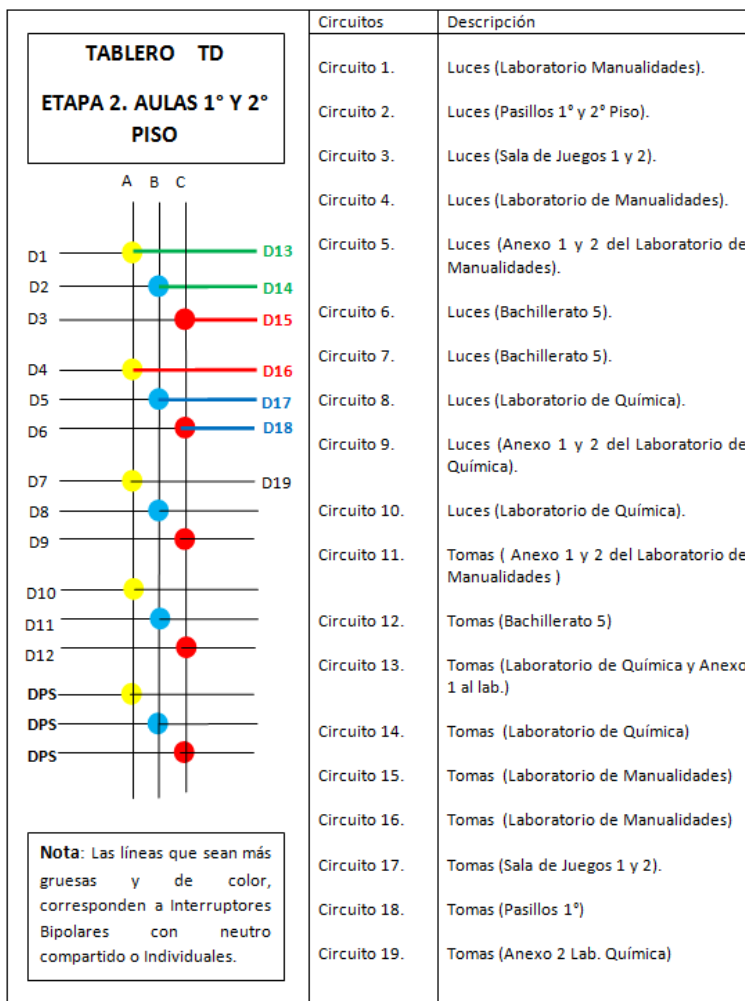
#### 4.5.5 TABLERO TD<sup>58</sup>

Fuente: los Autores

<sup>57</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

El tablero de automáticos proyectado TD está ubicado en la “etapa 2 Aulas primer piso y un salón del segundo piso” de la institución, se selecciona trifásico de 30 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 40A (4x 40A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 18 circuitos nuevos de la siguiente manera: 9 circuitos de 15A, 1 circuito de 20A, 4 circuitos bipolares de 1x15A.

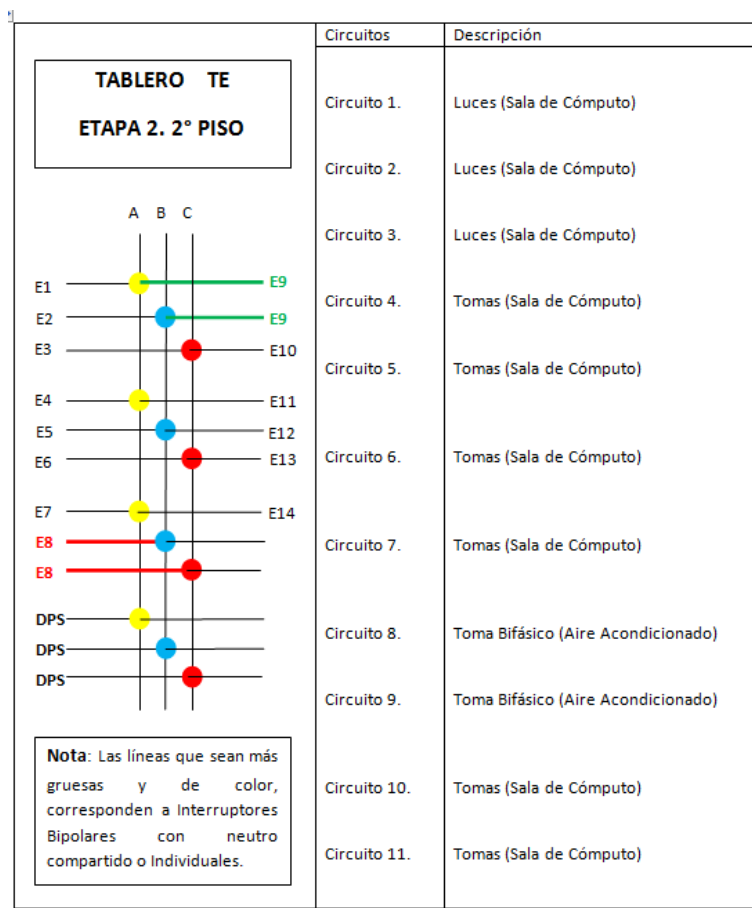


Fuente: los Autores

#### 4.5.6 TABLERO TE<sup>59</sup>

El tablero de automáticos proyectado TE está ubicado en la “etapa 2 Aulas segundo piso” de la institución, se selecciona trifásico de 24 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor totalizador de 3x63 y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 11 circuitos nuevos cada uno posee una protección diferencia independiente de la siguiente manera: 8 circuitos de 16A, 1 circuito de 20A, 2 circuitos bifásicos de 2x32A.



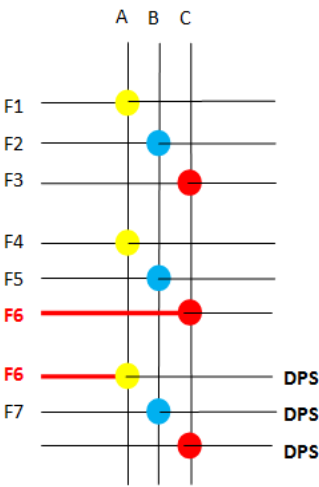
Fuente: los Autores

<sup>59</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

#### 4.5.7 TABLERO TF<sup>60</sup>

El tablero de automáticos proyectado TF está ubicado en la “etapa 2 Aulas segundo piso” de la institución, se selecciona trifásico de 18 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor totalizador de 3x40 y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 7 circuitos nuevos cada uno posee una protección diferencia independiente de la siguiente manera: 6 circuitos de 16A, 1 circuitos bifásico de 2x32A.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>TABLERO TF</b>  <b>ETAPA 2. 2° PISO SALA</b>  <b>COMP. PEQUEÑA</b> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o Individuales.</p> </div>	Circuitos	Descripción
	Círculo 1.	Luces (Sala de Cómputo)
	Círculo 2.	Luces (Sala de Cómputo)
	Círculo 3.	Tomas (Sala de Cómputo)
	Círculo 4.	Tomas (Sala de Cómputo)
	Círculo 5.	Tomas (Sala de Cómputo)
	Círculo 6.	Toma Bifásico (Aire Acondicionado)
	Círculo 7.	Tomas (Internet)

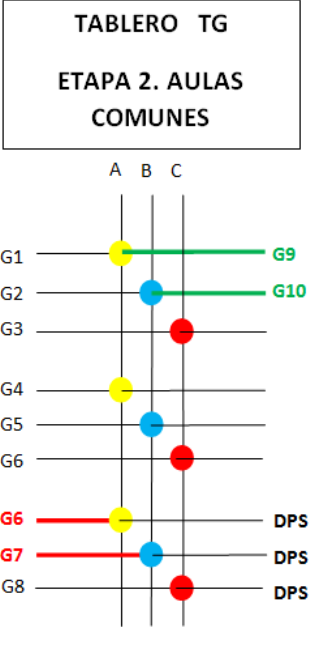
Fuente: los Autores

<sup>60</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

#### 4.5.8 TABLERO TG<sup>61</sup>

El tablero de automáticos proyectado TG está ubicado en la “etapa 2 Aulas comunes” de la institución, se selecciona trifásico de 18 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 32A (4x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 10 circuitos nuevos de la siguiente manera: 2 circuitos de 15A, 4 circuitos de 20A, 4 circuitos bipolares de 1x15A.

 <p><b>TABLERO TG</b> <b>ETAPA 2. AULAS COMUNES</b></p> <p>A B C</p> <p>G1 —●— G9 G2 —●— G10 G3 —●— G4 —●— G5 —●— G6 —●— G6 —●— DPS G7 —●— DPS G8 —●— DPS</p> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o Individuales.</p>	Circuitos	Descripción
	Circuito 1.	Luces (Bachillerato 3)
	Circuito 2.	Luces (Bachillerato 1)
	Circuito 3.	Luces (Bachillerato 2)
	Circuito 4.	Luces (Bachillerato 4)
	Circuito 5.	Luces (Pasillo)
	Circuito 6.	Tomas (Bachillerato 6)
	Circuito 7.	Tomas (Bachillerato 4)
	Circuito 8.	Tomas (Pasillo)
	Circuito 9.	Tomas (Bachillerato 2)
	Circuito 10.	Tomas (Bachillerato 1)

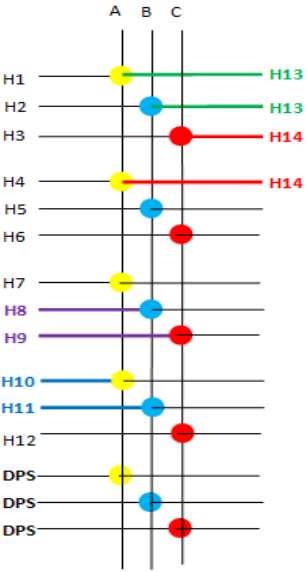
Fuente: los Autores

<sup>61</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

#### 4.5.9 TABLERO TH<sup>62</sup>

El tablero de automáticos proyectado TH está ubicado en la “etapa 1 Profesores” de la institución, se selecciona trifásico de 30 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 40A (4x 40A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 14 circuitos nuevos de la siguiente manera: 6 circuitos de 15A, 4 circuitos de 20A, 2 circuitos bipolares de 1x20A, 2 circuitos bifásicos de 2x20A.

<div style="text-align: center;"> <b>TABLERO TH</b>  <b>ETAPA 1. PROFESORES</b> </div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o Individuales.</p> </div>	Circuitos	Descripción
	Circuito 1.	Luces (Sala de Profesores).
	Circuito 2.	Luces (Cocina Profesores, Almacén).
	Circuito 3.	Luces (Sala de Transición).
	Circuito 4.	Luces (Baños y Pasillos).
	Circuito 5.	Luces (Sala de profesores).
	Circuito 6.	Luces (Sala de Audio, Pedagógico).
	Circuito 7.	Luces (Cocina 1, Cocina 2).
	Circuito 8.	Tomas (Salón de Audio, Cocina 2)
	Circuito 9.	Tomas (Salón de Audio, Pedagógico, Cocina profesores)
	Circuito 10.	Tomas (Sala de Profesores, Sala de Transición)
	Circuito 11.	Tomas (Sala de Profesores, Sala de Transición)
	Circuito 12.	Tomas (Almacén, Cocina)
	Circuito 13.	Tomas Bifásico (Cocina 1)
	Circuito 14.	Tomas Bifásico (Cocina 2)

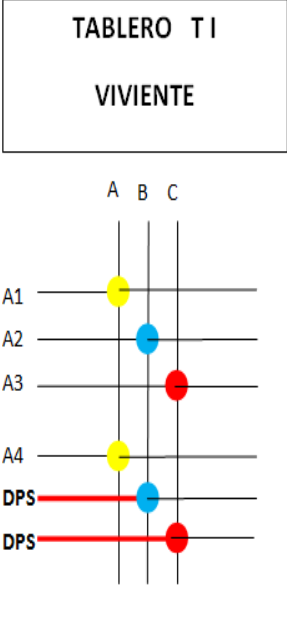
<sup>62</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

Fuente: Los Autores

#### 4.5.10 TABLERO TI<sup>63</sup>

El tablero de automáticos proyectado TI está ubicado en la “Cafetería y casa del viviente” de la institución, se selecciona Bifásico de 12puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de dos polos con corriente nominal de 32A (2x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, se proyectan 4 circuitos nuevos de la siguiente manera: 4 circuitos de 16A.

 <p><b>TABLERO TI</b> <b>VIVIENTE</b></p> <p>A B C</p> <p>A1 A2 A3 A4 DPS DPS</p> <p><b>Nota:</b> Las líneas que sean más gruesas y de color, corresponden a Interruptores Bipolares con neutro compartido o Individuales.</p>	Circuitos	Descripción
	Circuito 1.	Luces (Cafetería)
	Circuito 2.	Luces (Habitación)
	Circuito 3.	Luces (Cafetería Enfriador)
	Circuito 4.	Luces (Cafetería Calentador)

Fuente: los Autores

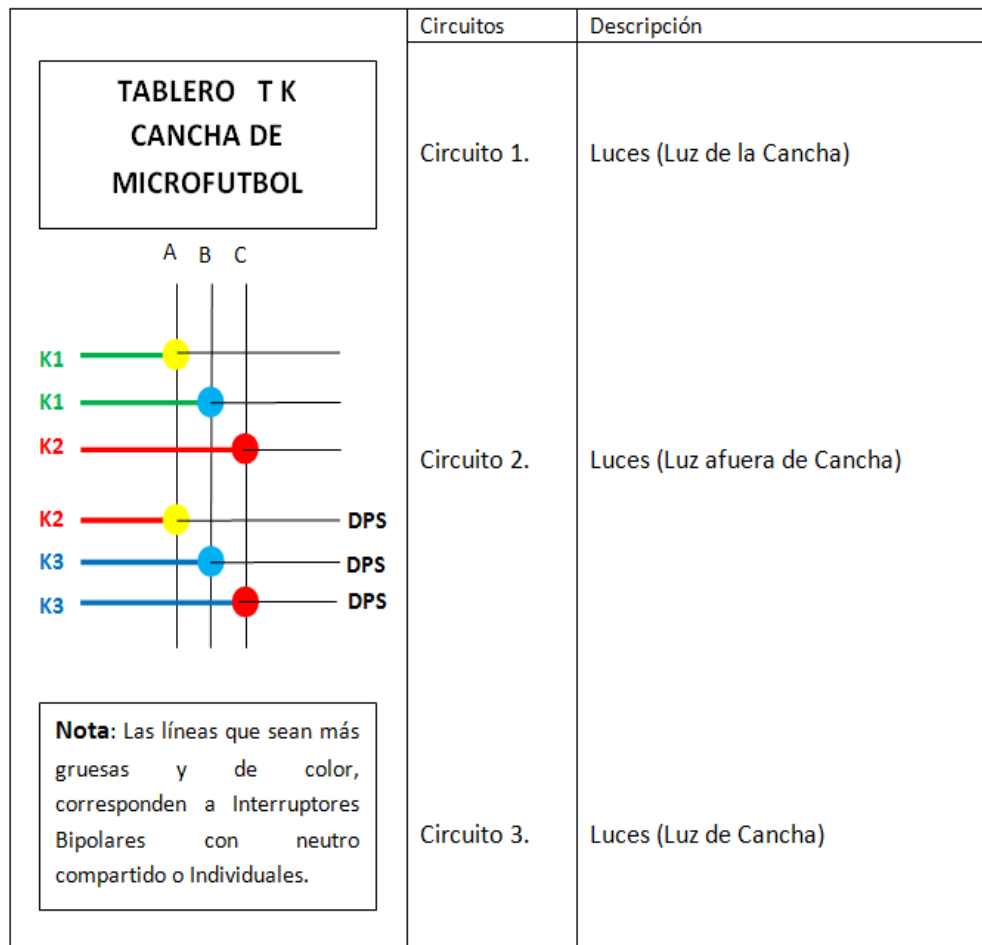
<sup>63</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR



#### 4.5.12 TABLERO TK<sup>65</sup>

El tablero de automáticos proyectado TK está ubicado en la “Canchas” de la institución, se selecciona trifásico de 12 puestos con barraje de neutro, barraje de tierra, puerta, chapa plástica, cerradura, espacio para interruptor diferencial de cuatro polos con corriente nominal de 32A (4x 32A) y D.P.S. Clase II ZnO, Uo: 150 V, I<sub>max</sub>: 40 KA, U<sub>p</sub>: 700 V.

También realizando una mejor distribución de los circuitos, separando iluminación general de las tomas se proyectan 3 circuitos nuevos de la siguiente manera: 3 circuitos bifásicos de 2x15A.



Fuente: Los Autores

<sup>65</sup> Ver plano 5 de 6 DIAGRAMA UNIFILAR

#### **4.6 Cuadros de Carga Proyectoado<sup>66</sup>:**

A continuación se muestran los circuitos proyectados y la carga de los mismos, los cuales fueron seleccionados siguiendo la normativa propuesta por la NTC 2050, sección 220, CALCULOS PARA CIRCUITOS RAMALES ALIMENTADOS Y ACOMETIDAS. y la norma de ESSA, 3.1.3 Circuitos ramales.

Para darle mayor confiabilidad ante incidentes y obtener un mejor balanceo en la distribución de cargas en las fases se decidió separar los circuitos de tomas y de luces en general.

Todas las salidas de baños y zonas húmedas en general están protegidas por tomacorrientes de tipo GFCI.

---

<sup>66</sup> Ver plano 5 de 6, DIAGRAMA UNIFILIAR DEL REDISEÑO.

TA														
Ctos	Luces		Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(VA)	28*2 (W)		A	B	C								
A1		9		810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
A2		12			1080		1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
A3		12				1080	1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
A4	6			540			540	0,9	600	5	14	15	1/2"	
A5			9		1458		1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con A6
A6			9			1458	1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con A5
A7			13	2106			2106	0,9	2340	19,5	8	20	3/4"	
<b>Total</b>	6	33	31	3456	2538	2538	8532	0,9	3525	9,79602045	8	4 x 32	1 1/2"	
								instalada	9480					

Tabla 93 Cuadro de cargas TA proyectado

Fuente: los autores

TB															
Ctos	Luces		Tomas	Tomas	Fase			P	FP	S	I	Conductor	Protección	Canalización	Observaciones
	100(W)	28*2 (W)	Especiales	180 (w)	A	B	C	(W)		(VA)	(A)	AWG	(A)	(In)	
B1		8			720			720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
B2	5	6				990		990	0,9	1100	9,16666667	12	20	1/2"	
B3	1	11					1080	1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
B4		8			720			720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
B5				10		1620		1620	0,9	1800	15	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con B6
B6				10			1620	1620	0,9	1800	15	10	1 x 15	3/4"	Bipolar con B5
B7				6	972			972	0,9	1080	9	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con B8
B8				10		1620		1620	0,9	1800	15	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con B7
B9			1				1620	1620	0,9	1800	15	12	15	1/2"	Consola Audio
B10			1		1620			1620	0,9	1800	15	12	15	1/2"	Alarma
<b>Total</b>	6	33	2	36	4032	4230	4320	12582	0,9	6863	19,0723655	4	4 x 32	1 1/2"	
									instalada	13980					

**Tabla 94 Cuadro de cargas tablero B**

Fuente: los autores

TC														
Ctos	Luces		Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(W)	28*2 (W)		A	B	C								
C1		9		810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C2	6	6			1080		1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
C3		9				810	810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C4		9		810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C5		9			810		810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C6	1	9				900	900	0,9	1000	8,33333333	14	15	1/2"	
C7	4	6		900			900	0,9	1000	8,33333333	14	15	1/2"	
C8		9			810		810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
C9			10			1620	1620	0,9	1800	15	12	15	1/2"	
C10			10	1620			1620	0,9	1800	15	12	15	1/2"	
C11			10		1620		1620	0,9	1800	15	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con C12
C12			9			1458	1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	3/4"	Bipolar con C11
C13			9	1458			1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	3/4"	Bipolar con C14
C14			9		1458		1458	0,9	1620	13,5	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con C13
<b>Total</b>	11	66	57	5598	5778	4788	16164	0,9	5400	15,0066696	10	4 x 32	1 1/2"	
								instalada	17060					

Tabla 95 Cuadro de cargas tablero B

Fuente: los autores

TD														
Ctos	Luces		Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(W)	28*2 (W)		A	B	C								
D1		9		810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
D2	11				990		990	0,9	1100	9,16666667	12	20	3/4"	
D3		12				1080	1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
D4		6		540			540	0,9	600	5	14	15	3/4"	
D5	1	8			810		810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
D6		9				810	810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
D7		6		540			540	0,9	600	5	14	15	1/2"	
D8		9			810		810	0,9	900	7,5	12	15	3/4"	
D9		9				810	810	0,9	900	7,5	12	15	1/2"	
D10		6		540			540	0,9	600	5	14	15	3/4"	
D11			9		1458		1458	0,9	1620	13,5	12	15	1/2"	
D12			11			1782	1782	0,9	1980	16,5	10	20	1/2"	
D13			8	1296			1296	0,9	1440	12	10	1 x 15	3/4"	Bipolar con D14
D14			8		1296		1296	0,9	1440	12	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con D13
D15			10			1620	1620	0,9	1800	15	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con D16
D16			10	1620			1620	0,9	1800	15	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con D15
D17			10		1620		1620	0,9	1800	15	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con D118
D18			10			1620	1620	0,9	1800	15	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con D17
D19			7	1134			1134	0,9	1260	10,5	10	15	1/2"	
Total	12	74	83	6480	6984	7722	21186	0,9	5190	14,4230769	6	4 x 40	1 1/2"	
								instalada	22640					

Tabla 96 Cuadro de cargas TD proyectado

Fuente: los autores

TE														
Ctos		Tomas	Tomas	Fase			P	FP	S	I	Conductor	Protección	Canalización	Observaciones
	28*2 (W)	Bifasico	120 (w)	A	B	C	(W)		(VA)	(A)	AWG	(A)	(In)	
E1	8			720			720	0,9	800	6,66666667	12	16	1/2"	
E2	8				720		720	0,9	800	6,66666667	12	16	1/2"	
E3	12					1080	1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
E4			7	756			756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
E5			7		756		756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
E6			7			756	756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
E7			7	756			756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
E8		1			2000	2000	4000	0,8	5000	24,0384615	10	2 x 32	1/2"	Aires
E9		1		2000	2000		4000	0,8	5000	24,0384615	10	2 x 32	1/2"	Aires
E10			7			756	756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
E11			6	648			648	0,9	720	6	12	16	1/2"	
Total	28	2	41	4880	5476	4592	14948		18057	50,1806358	1	3 x 63	1 1/2"	
								instalada	17000					

Tabla 97 Cuadro de cargas tablero B

Fuente: los autores

TF															
Ctos	Luces 28*2 (W)	Tomas Bifasicos	Tomas especiales	Tomas 120 (VA)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
					A	B	C								
F1	9				810			810	0,9	900	7,5	12	16	1/2"	
F2	6					540		540	0,9	600	5	12	16	1/2"	
F3				6			648	648	0,9	720	6	12	16	1/2"	
F4				6	648			648	0,9	720	6	12	16	1/2"	
F5				7		756		756	0,9	840	7	12	16	1/2"	
F6		1			2000		2000	4000	0,8	5000	24,0384615	10	2 x 32	1/2"	Aire
F7			1			1620		1620	0,9	1800	15	12	16	1/2"	Internet
Total	15	1	1	19	3458	2916	2648	9022	0,9	10762	29,9077368	2	3 x 40	1 1/2"	
									instalada	10580					

Tabla 98 Cuadro de cargas TF proyectado

Fuente: los Autores

TG														
Ctos	Luces		Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(W)	28*2 (W)		A	B	C								
G1		12		1080			1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
G2		12			1080		1080	0,9	1200	10	10	20	1/2"	
G3		12				1080	1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
G4		12		1080			1080	0,9	1200	10	12	20	1/2"	
G5	4				360		360	0,9	400	3,33333333	14	15	3/4"	
G6			9			1458	1458	0,9	1620	13,5	10	1 x 15	1/2"	Bipolar con G7
G7			9	1458			1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	3/4"	Bipolar con G6
G8			4		648		648	0,9	720	6	12	15	1/2"	
G9			9			1458	1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con G10
G10			9	1458			1458	0,9	1620	13,5	12	1 x 15	1/2"	Bipolar con G9
<b>Total</b>	4	48	40	5076	2088	3996	11160	0,9	4450	12,3666074	8	4 x 32	1 1/2"	
								instalada	12400					

Tabla 99 Cuadro de cargas TG proyectado

Fuente: los Autores

TH															
Ctos	Luces		Tomas Bifasico	Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(W)	28*2 (W)			A	B	C								
H1		8			720			720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
H2	1	7				720		720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
H3		12					1080	1080	0,9	1200	10	12	20	3/4"	
H4	9				810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
H5		8				720		720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
H6		8					720	720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
H7		8			720			720	0,9	800	6,66666667	14	15	1/2"	
H8				11		1782		1782	0,9	1980	16,5	12	1 x 20	1/2"	Bipolar con H9
H9				13			2106	2106	0,9	2340	19,5	12	1 x 20	1/2"	Bipolar con H8
H10				11	1782			1782	0,9	1980	16,5	12	1 x 20	1/2"	Bipolar con H11
H11				12		1944		1944	0,9	2160	18	12	1 x 20	1/2"	Bipolar con H10
H12				13			2106	2106	0,9	2340	19,5	10	20	1/2"	
H13			1		2000	2000		4000	1	4000	19,2307692	10	2 x 20	1/2"	Cocinas
H14			1		2000		2000	4000	1	4000	19,2307692	10	2 x 20	1/2"	Cocinas
<b>Total</b>	10	51	2	60	8032	7166	8012	23210		12350	34,3208092	8	4 x 40	1 1/2"	
									instalada	24900					

Tabla 100 Cuadro de cargas TH proyectado

Fuente: Los Autores

TI														
Ctos		Tomas	Tomas	Fase			P	FP	S	I	Conductor	Protección	Canalización	Observaciones
	28*2 (W)	especiales	180 (w)	A	B	C	(W)		(VA)	(A)	AWG	(A)	(In)	
I1	3		4		918		918	0,9	1020	8,5	12	16	1/2"	
I2	3		4			918	918	0,9	1020	8,5	12	16	1/2"	
I3		1			1620		1620	0,9	1800	15	12	16	1/2"	Enfriador
I4		1				1620	1620	0,9	1800	15	12	16	1/2"	Calentador
<b>Total</b>	6	2	8	0	2538	2538	5076	0,9	4464	21,4615385	10	2 x 32	1 1/2"	
								instalada	5640					

Tabla 101 Cuadro de cargas TI proyectado

Fuente: Los Autores

TJ															
Ctos	Luces			Tomas 180 (w)	Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	100(W)	150 (W)	28*2 (W)		A	B	C								
J1			9		810			810	0,9	900	7,5	14	15	1/2"	
J2			6			540		540	0,9	600	5	14	15	1/2"	
J3		9			675		675	1350	0,9	1500	7,212	12	2x 15	1/2"	luces Bifasicas
J4	1			3		576		576	0,9	640	5,33333333	12	15	1/2"	
J5				8			1296	1296	0,9	1440	12	12	15	1/2"	
<b>Total</b>	1	9	15	11	1485	1116	1971	4572	0,9	3100	8,61493997	8	4x 32	1 1/2"	
									instalada	5080					

Tabla 99 Cuadro de cargas TJ proyectado

Fuente: los Autores

TK													
Ctos	Luces		Fase			P (W)	FP	S (VA)	I (A)	Conductor AWG	Protección (A)	Canalización (In)	Observaciones
	150(W)	600(W)	A	B	C								
K1		2	600	600		1200	0,9	1333,33333	6,41025641	12	2 x 15	1/2"	luces Bifasicas
K2	1		75		75	150	0,9	166,666667	0,802	14	2 x 15	1/2"	luces Bifasicas
K3		2		600	600	1200	0,9	1333,33333	6,41025641	12	2 x 15	1/2"	luces Bifasicas
<b>Total</b>	1	4	675	1200	675	2550	0,9	2850	7,92018675	10	4 x 32	1 1/2"	
								instalada	2833,33333				

Tabla 100 Cuadro de cargas TK proyectado

Fuente: Los Autores

En este cuadro se observan las cargas totales instaladas para las potencias activas totales y por fase del rediseño calculado<sup>67</sup>, pero, se resalta que los de potencia aparente son los calculados con el factor de demanda para poder calcular las corrientes, calibres, protección y canalización sin sobredimensionar.

<b>Tablero General de Distribución</b>									
<b>Ctos</b>	<b>Fase</b>			<b>P (W)</b>	<b>S (VA)</b>	<b>I (A)</b>	<b>Conductor AWG</b>	<b>Protección (A)</b>	<b>Canalización (In)</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>						
<b>TA</b>	3456	2538	2538	8532	3525	9.7960204 5	8	3x30	1 1/2"
<b>TB</b>	4032	4230	4320	12582	6863	19.072365 5	4	3x30	1 1/2"
<b>TC</b>	5598	5778	4788	16164	5400	15.006669 6	10	3x30	1 1/2"
<b>TD</b>	6480	6984	7722	21186	5190	14.423076 9	6	3x40	1 1/2"
<b>TE</b>	4880	5476	4592	14948	1805 7	50.180635 8	1	3 x 63	1 1/2"
<b>TF</b>	3458	2916	2648	9022	1076 2	29.907736 8	2	3 x 40	1 1/2"
<b>TG</b>	5076	2088	3996	11160	4450	12.366607 4	8	3x30	1 1/2"
<b>TH</b>	8032	7166	8012	23210	1235 0	34.320809 2	8	3x40	1 1/2"
<b>TI</b>	0	2538	2538	5076	4464	21.461538 5	10	2x30	1 1/2"
<b>TJ</b>	1485	1116	1971	4572	3100	8.6149399 7	8	3x30	1 1/2"
<b>TK</b>	675	1200	675	2550	2850	7.9201867 5	10	3x30	1 1/2"
<b>Total</b>	4317 2	4203 0	4380 0	12900 2					

Tabla 101 Tablero General de Distribución

Fuente: los autores

<sup>67</sup> En base a la norma NTC 2050 en su sección 220 CALCULOS PARA CIRCUITOS RAMALES ALIMENTADOS Y ACOMETIDAS.

#### 4.7 Cuadros de Regulación:

Enseguida presentamos los resultados obtenidos en la selección de distancias, elementos y carga presentes en los circuitos diseñados en la propuesta de mejoramiento, para ello se tuvo en cuenta los datos obtenidos en los cuadros de cargas del rediseño y se aplicó la metodología propuesta por la norma NTC 2050, sección 220 cálculo de circuitos alimentadores ramales y acometidas se procedió a calcular la regulación de tensión parcial y total de cada uno de los circuitos diseñados para la institución.

La explicación del cálculo del momento eléctrico, la selección de los KG y Fs está debidamente argumentada en el marco teórico presente en este documento<sup>68</sup>.

TA										
Circuito	S (VA)	Conductor (AWG)	F.P.	Fs	KG	Longitud (m)	Momento (KVA-m)	Regulacion (%)	Regulacion Acumulada (%)	Observaciones
A1	900	14	0,9	6	842,141	21,6	14,7	1,71682776	3,412627281	
A2	1200	12	0,9	6	532,18	25,3	22,68	1,67388717	3,369686688	
A3	1200	12	0,9	6	532,18	34,8	34,08	2,51525902	4,211058545	
A4	600	14	0,9	6	842,141	18,75	3,365	0,39300173	2,08880125	
A5	1620	12	0,9	6	532,18	16,5	9,342	0,6894821	2,385281616	
A6	1620	12	0,9	6	532,18	26,7	16,47	1,21556092	2,91136044	
A7	2340	8	0,9	6	217,607	44,75	68,52	2,06782983	3,763629353	

Tabla 102 Regulación TA proyectado

Fuente: Los Autores

<sup>68</sup> Ver sección 2.1 REGULACION DE TENSION

TB										
Circuito	S (VA)	Conductor (AWG)	F.P.	Fs	KG	Longitud (m)	Momento (KVA-m)	Regulacion (%)	Regulacion Acumulada (%)	Observaciones
B1	800	14	0,9	6	842,141	25,9	15,68	1,83128294	3,183627895	
B2	1100	12	0,9	6	532,18	28,36	22	1,62370007	2,976045025	
B3	1200	12	0,9	6	532,18	11,6	7,44	0,54910584	1,901450794	
B4	800	14	0,9	6	842,141	31,6	20,24	2,36384992	3,716194873	
B5	1800	12	0,9	6	532,18	18,35	15,264	1,12655263	2,478897584	
B6	1800	10	0,9	6	337,154	46,6	51,354	2,40119358	3,753538532	
B7	1080	12	0,9	6	532,18	41,1	21,204	1,56495165	2,917296604	
B8	1800	12	0,9	6	532,18	28,4	28,35	2,09235896	3,44470391	
B9	1800	12	0,9	6	532,18	12	21,6	1,59417825	2,946523205	
B10	1800	12	0,9	6	532,18	12	21,6	1,59417825	2,946523205	

Tabla 103 Regulación TB proyectado  
Fuente: los Autores

TC										
Circuito	S (VA)	Conductor (AWG)	F.P.	Fs	KG	Longitud (m)	Momento (KVA-m)	Regulacion (%)	Regulacion Acumulada (%)	Observaciones
C1	900	14	0,9	6	842,141	19,36	11,2	1,30805925	2,74192446	
C2	1200	12	0,9	6	532,18	18,36	8,08	0,59634075	2,030205969	
C3	900	14	0,9	6	842,141	14,2	8,37	0,9775407	2,411405918	
C4	900	14	0,9	6	842,141	21,2	14,67	1,71332403	3,147189244	
C5	900	14	0,9	6	842,141	16,26	8,41	0,98221234	2,416077559	
C6	1000	14	0,9	6	842,141	21,66	15	1,75186506	3,185730275	
C7	1000	14	0,9	6	842,141	22,36	11,08	1,29404433	2,727909539	
C8	900	14	0,9	6	842,141	18,2	12	1,40149205	2,835357263	
C9	1800	12	0,9	6	532,18	28,8	22,716	1,67654413	3,110409345	
C10	1800	12	0,9	6	532,18	28,8	22,716	1,67654413	3,110409345	
C11	1800	10	0,9	6	337,154	40,1	47,61	2,22613285	3,659998065	
C12	1620	12	0,9	6	532,18	19,3	17,91	1,32183947	2,755704684	
C13	1620	12	0,9	6	532,18	25,7	21,33	1,57425103	3,008116241	
C14	1620	10	0,9	6	337,154	46,8	56,84	2,65770618	4,091571394	

Tabla 104 Regulación TC proyectado

Fuente: los autores

TD										
Circuito	S (VA)	Conductor (AWG)	F.P.	Fs	KG	Longitud (m)	Momento (KVA-m)	Regulacion (%)	Regulacion Acumulada (%)	observacione
D1	900	14	0,9	6	842,141	21,2	13,02	1,52061887	2,719341526	
D2	1100	12	0,9	6	532,18	45,85	23,38	1,72555035	2,924273004	
D3	1200	12	0,9	6	532,18	36,2	27,57	2,03479141	3,233514064	
D4	600	14	0,9	6	842,141	18,1	7,92	0,92498475	2,123707405	
D5	900	14	0,9	6	842,141	18,05	8,65	1,01024219	2,208964838	
D6	900	14	0,9	6	842,141	28,2	19,125	2,23362795	3,432350606	
D7	600	14	0,9	6	842,141	24,25	11,505	1,3436805	2,542403155	
D8	900	12	0,9	6	532,18	47,1	33,6	2,47983284	3,678555493	
D9	900	12	0,9	6	532,18	36,1	27,33	2,01707832	3,215800972	
D10	600	14	0,9	6	842,141	42,5	20,67	2,41407005	3,612792707	
D11	1620	12	0,9	6	532,18	18,8	16,83	1,24213056	2,44085321	
D12	1980	10	0,9	6	337,154	43,2	56,322	2,6334857	3,832208358	
D13	1440	10	0,9	6	337,154	40,4	41,85	1,95680865	3,155531302	
D14	1440	10	0,9	6	337,154	51,8	61,452	2,87335257	4,072075224	
D15	1800	12	0,9	6	532,18	20,1	19,908	1,46930096	2,668023611	
D16	1800	10	0,9	6	337,154	46,2	60,84	2,84473688	4,043459528	
D17	1800	10	0,9	6	337,154	69,2	63,6	2,97378805	4,172510708	
D18	1800	12	0,9	6	532,18	33,2	12,5	0,92255686	2,121279513	
D19	1260	10	0,9	6	337,154	46,4	48,672	2,2757895	3,474512153	

Tabla 105 Regulación TD proyectado

Fuente: los autores

TF										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
F1	900	12	0,9	6	532,18	18,6	10,485	0,77384069	2,214586978	
F2	600	12	0,9	6	532,18	17,15	7,245	0,53471396	1,97546024	
F3	1800	12	0,9	6	532,18	14,5	5,2	0,38378365	1,824529937	
F4	1800	12	0,9	6	532,18	14,5	9	0,66424094	2,104987223	
F5	2100	12	0,9	6	532,18	10	5,05	0,37271297	1,813459255	
F6	5000	10	0,8	2	302,877	6,5	14,6	0,20441957	1,645165856	
F7	1800	12	0,9	6	532,18	15	29	2,14033192	3,581078199	

Tabla 106 Regulación TD proyectado

Fuente: los autores

TE										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
E1	800	12	0,9	6	532,18	14,3	6,45	0,47603934	2,441214991	
E2	800	12	0,9	6	532,18	13,95	6,99	0,5158938	2,481069447	
E3	1200	12	0,9	6	532,18	23,3	16,46	1,21482287	3,179998524	
E4	2100	12	0,9	6	532,18	12,6	6,1	0,45020775	2,415383399	
E5	2100	12	0,9	6	532,18	10,5	5,5	0,40592502	2,371100669	
E6	2100	12	0,9	6	532,18	19,7	11,3	0,8339914	2,799167052	
E7	2100	12	0,9	6	532,18	19,4	11,7	0,86351322	2,828688872	
E8	5000	10	0,8	2	302,877	6,9	34,5	0,48304625	2,448221902	
E9	5000	10	0,8	2	302,877	9,5	47,5	0,66506368	2,63023933	
E10	2100	12	0,9	6	532,18	13,9	8,3	0,61257776	2,577753406	
E11	1800	12	0,9	6	532,18	10,6	3,5	0,25831592	2,223491572	

Tabla 107 Regulación TE proyectado

Fuente: los autores

TG										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
G1	1200	12	0,9	6	532,18	26,55	23,58	1,74031126	3,179095207	
G2	1200	10	0,9	6	337,154	41,2	41,16	1,92454585	3,3633298	
G3	1200	12	0,9	6	532,18	33,8	32,28	2,38241084	3,821194781	
G4	1200	12	0,9	6	532,18	21,6	17,64	1,30191224	2,740696187	
G5	400	14	0,9	6	842,141	47	14,78	1,72617104	3,164954986	
G6	1620	10	0,9	6	337,154	50,3	60,2262	2,81603701	4,25482096	
G7	1620	12	0,9	6	532,18	33,2539	29,096	2,14741715	3,586201098	
G8	720	12	0,9	6	532,18	25,44	9,8064	0,72375693	2,162540873	
G9	1620	12	0,9	2,25	532,18	39	42,39	1,17321556	2,611999505	
G10	1620	12	0,9	2,25	532,18	43,2	44,28	1,22552453	2,664308479	

Tabla 108 Regulación TG proyectado

Fuente: los autores

TH										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
H1	800	14	0,9	6	842,141	34,86	21,772	2,54277374	3,70179714	
H2	800	14	0,9	6	842,141	14	5,61	0,65519753	1,814220932	
H3	1200	12	0,9	6	532,18	44,92	44,391	3,27625773	4,435281125	
H4	900	14	0,9	6	842,141	58,5	22,35	2,61027894	3,76930234	
H5	800	14	0,9	6	842,141	32,56	20,936	2,44513646	3,60415986	
H6	800	14	0,9	6	842,141	13,5	7,59	0,88644372	2,04546712	
H7	800	14	0,9	6	842,141	19,7	10,79	1,26017493	2,419198333	
H8	1980	12	0,9	6	532,18	20,63	21,672	1,59949218	2,758515581	
H9	2340	12	0,9	6	532,18	22,1	27,27	2,01265005	3,171673445	
H10	1980	12	0,9	2,25	532,18	45,3	54,468	1,50749481	2,666518211	
H11	2160	12	0,9	2,25	532,18	45,45	59,364	1,64299996	2,802023362	
H12	2340	10	0,9	6	337,154	35,51	51,203	2,39413317	3,553156571	
H13	4000	10	1	2	927,36	5,7	22,8	0,97743195	2,136455352	
H14	4000	10	1	2	927,36	8,4	33,6	1,44042604	2,599449434	

Tabla 109 Regulación TH proyectado

Fuente: los Autores

TI										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
I1	945	12	0,9	6	532,18	8,5	2,13	0,15720369	1,58958762	
I3	945	12	0,9	6	532,18	18,1	11,64	0,85908495	2,291468879	
I2	1800	12	0,9	6	532,18	1	1,8	0,13284819	1,565232119	
I4	1800	12	0,9	6	532,18	3,1	5,58	0,41182938	1,844213314	

Tabla 110 Regulación TI proyectado

Fuente: los Autores

TJ										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
J1	900	14	0,9	6	842,141	24,1	14,76	1,72383522	3,149907361	
J2	600	14	0,9	6	842,141	13,2	5,07	0,59213039	2,018202532	
J3	1500	12	0,9	6	532,18	67,5	35,4	2,61268103	4,038753169	
J4	640	12	0,9	6	532,18	48,3	29,813	2,20033501	3,626407155	
J5	1440	12	0,9	6	532,18	24,76	19,7856	1,46026728	2,886339422	

Tabla 111 Regulación TJ proyectado

Fuente: los Autores

TK										
Circuito	S	Conductor	F.P.	Fs	KG	Longitud	Momento	Regulacion	Regulacion Acumulada	Observaciones
	(VA)	(AWG)				(m)	(KVA-m)	(%)	(%)	
K1	166,666667	14	0,9	2	842,141	10,3371	1,72285	0,06707113	1,259991243	
K2	1333,3333	12	0,9	2	532,18	19,8	26,4	0,64948003	1,842400145	
K3	1333,3333	12	0,9	2	532,18	37,3	49,7333	1,22351459	2,416434705	

Tabla 112 Regulación TK proyectado

Fuente: Los Autores

A continuación se presenta el cuadro resumen de la regulación de las acometidas por tablero con ayuda de la cual se calculó la regulación acumulada década circuito.

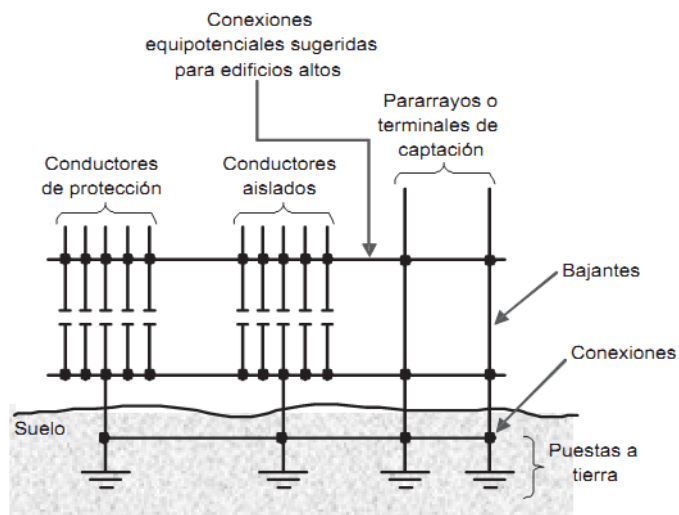
Regulación Acometida Tableros								
Tablero	Carga Instalada	Demanda	Longitud	Fp	Fs	KG	Momento (KVA-m)	Regulación (%)
TA	9480	3525	49,1	0,9	1	217,607	337,154	1,69579952
TB	14340	6863	95,5	0,9	1	89,2797	655,332085	1,35234495
TC	17360	5400	34,1	0,9	1	337,154	183,99528	1,43386521
TD	23540	5190	72,0	0,9	1	138,855	373,494198	1,19872265
TE	17720	18057	100,2	0,9	1	46,9888	1809,39627	1,96517565
TF	10580	10762	100,2	0,9	1	57,8007	1078,40298	1,44074628
TG	12400	4450	64,3	0,9	1	217,607	286,0549	1,43878395
TH	24900	12350	18,7	0,9	1	217,607	230,43371	1,1590234
TI	3840	2664	18,3	0,9	2,25	337,154	81,6912	1,43238393
TJ	5080	3100	93,4	0,9	1	217,607	283,527576	1,42607214
TK	2833,333333	2850	53,7	0,9	1	337,154	153,07692	1,19292012

Tabla 113 Cuadro de regulación acometida de tableros proyectado

Fuente: Los Autores

## 4.8 Rediseño de la puesta a tierra

Para el presente proyecto se ha decidido que cada tablero tendrá su propia puesta a tierra las cuales se equipotencializarán según el RETIE, en su sección 15.2 requisitos generales de las puestas a tierra, párrafo g.



**Figura 76 Sistemas con puesta a tierra dedicada e interconectada**

Fuente: RETIE, sección 15.2, figura 10 Sistemas con puesta a tierra dedicadas e interconectadas

Esta puesta a tierra se desea que se encuentre en el rango de valores establecidos, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla extraída del RETIE, en su sección 15.4 Valores de resistencia de puesta a tierra:

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 $\Omega$
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 $\Omega$
Subestaciones de media tensión.	10 $\Omega$
Protección contra rayos.	10 $\Omega$
Neutro de acometida en baja tensión.	25 $\Omega$

Tabla 114 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Fuente: RETIE, sección 15.4, tabla 25 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

Es por esta razón que hemos de aplicar la fórmula para electrodos verticales del manual de sistemas de puesta a tierra de EPM.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \left[ \frac{2l}{a} \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{a}{2l} \right)^2} \right) \right] + \frac{a}{2l} - \sqrt{1 + \left( \frac{a}{2l} \right)^2} \right)$$

De la cual obtenemos un valor de **R= 22.75Ω**

Siendo ρ el valor de resistividad hallado por medio del estudio del terreno realizado, y usamos los valores normalizados según el reglamento para instalaciones eléctricas<sup>69</sup>, para longitud del electrodo y radio del electrodo, que son, respectivamente:

L=2.4 m y a= 12.7 mm

Los cuales son tomados de la tabla 23 del RETIE

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento	14			250
	Acero con recubrimiento total en	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre o cobre estañado	1,8 para	25		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para	25		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	

Tabla 115 Requisito para electrodo de puesta a tierra

Fuente: RETIE, sección 15.3.1 la tabla 23

<sup>69</sup> RETIE, sección 15.3.1 Electrodo de puesta a tierra.

Además, el electrodo tipo varilla o tubo debe tener mínimo 2,4 m de longitud; adicional, debe estar identificado con la razón social o marca registrada del fabricante y sus dimensiones; esto debe hacerse dentro los primeros 30 cm desde la parte superior.

Se sugiere para la instalación seguir al pie de la letra las recomendaciones de la instalación, es decir, La unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra, debe hacerse con soldadura exotérmica o con un conector certificado para enterramiento directo, cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad, además,

el bajante de puesta a tierra corresponde al cable o conductor de la bajante del poste o el cable que descarga a tierra el neutro del sistema. El cable deberá ser de alambre de acero recubierto de cobre recocido cubierto con polietileno de baja densidad en calibre No 4 AWG. El espesor deberá ser mínimo de 2.8 mm. Por seguridad de las personas, no se debe instalar cable o conductor desnudo.

#### 4.9 Protección diferencial



Figura 77 Protección Diferencial

Fuente: Catalogo SASSIN ELECTRIC

## Selección de las protecciones diferenciales

Con el interruptor diferencial podemos interrumpir el suministro de energía eléctrica cuando esta se deriva a una persona en una cantidad superior a 30 mA, evitando que esta corriente aumente y ponga en peligro la vida. Por esta razón se recomendó tenerlo en toda la instalación eléctrica de la institución.

Para la selección de la protección diferencial se deben tener en cuenta las siguientes características y la con el RETIE, en su sección 17.7.3.2. Requisitos de producto, párrafo d:

Sensibilidad, la característica específica de un DDR es la sensibilidad ( $I_{\Delta N}$ ), que es la intensidad de defecto a partir de la cual está garantizado el disparo. Las sensibilidades habituales en las instalaciones de baja tensión son:

10 mA: Bañeras de hidromasaje.

30 mA: viviendas locales comerciales y oficinas.

300 mA: motores y maquinaria industrial de todo tipo.

La  $I_f$  Total de las cargas alimentadas debe cumplir:

$$I_{fuga}(t) \leq \frac{I_{\Delta n}}{2}$$

Por debajo de  $(I_{\Delta N}) / 2$  el diferencial no debe disparar y por encima siempre ha de disparar.

Calibre o intensidad nominal, al igual que el resto de dispositivos, es la máxima intensidad que puede circular por el DDR de forma indefinida sin provocar calentamientos excesivos. Ahora podemos encontrar una gama de estos productos con una combinación más competitiva entre interruptores diferenciales y

automáticos, que será la usada en nuestro rediseño. Debido a que podemos aprovechar la capacidad que tiene de soportar una determinada corriente.

Clase, existen dos categorías básicas de diferenciales, definidas como:

Clase AC: es la clase estándar, solo detecta corrientes de fuga alternas.

Clase A: esta clase permite detectar corrientes de fuga alternas o pulsantes con o sin componente continua.

Numero de polos, que deberá ser igual al número de conductores activos involucrados (fase R, S, T y N).

Con esta información previamente analizada seleccionamos las siguientes protecciones diferenciales para los tableros del rediseño:

Tablero	Clase	Polos	Sensibilidad	Intensidad Nominal
A	A	4	30 mA	32 A
B	A	4	30 mA	32 A
C	A	4	30 mA	32 A
D	A	4	30 mA	40 A
E	la protección de estos tableros es con automático, debido a que la de cada circuito es diferencial			
F				
G	A	4	30 mA	32 A
H	A	4	30 mA	40 A
I	A	2 y N	30 mA	32 A
J	A	4	30 mA	32 A
K	A	4	30 mA	32 A

Tabla 116 Protecciones diferenciales rediseño

Fuente: los autores

Los circuitos E y F no tienen esta protección diferencial, pues estos circuitos son de los equipos de cómputo, y como este tipo de carga tiene una determinada corriente de fuga entre 1,5 a 2,0 mA, siendo así una carga de más de 30 mA por sala obligando a usar para protección del tablero un diferencial con una sensibilidad de 300 mA, lo cual protegería los aparatos, pero no la vidas humanas,

que es nuestra prioridad en el diseño de instalaciones eléctricas. Por esta razón se subdividió en circuitos de 7 computadores como máximo, para obtener 14 mA de corriente de fuga por circuito y así usar una protección combinada con una sensibilidad de 30 mA y la intensidad nominal requerida dependiendo la carga de cada circuito.

Todos los circuitos de estos dos tableros tienen protección combinada para no dejar ninguno sin la protección diferencial.

En el siguiente cuadro se pueden observar las protecciones seleccionadas para estos circuitos:

Circuito	Clase	Polos	Sensibilidad	Intensidad Nominal
E1	A	2	30 mA	16
E2	A	2	30 mA	16
E3	A	2	30 mA	20
E4	A	2	30 mA	16
E5	A	2	30 mA	16
E6	A	2	30 mA	16
E7	A	2	30 mA	16
E8	A	2	30 mA	2 x 32
E9	A	2	30 mA	2 x 32
E10	A	2	30 mA	16
E11	A	2	30 mA	16
F1	A	2	30 mA	16
F2	A	2	30 mA	16
F3	A	2	30 mA	16
F4	A	2	30 mA	16
F5	A	2	30 mA	16
F6	A	2	30 mA	2 x 32
F7	A	2	30 mA	16

Tabla 117 Protecciones diferenciales proyectadas en TE y TF

Fuente: los autores

#### 4.10 Cajas De Inspección

Para el transporte de energía del tablero de distribución a los diferentes tableros de la institución, hubo necesidad de utilizar varias cajas de inspección por las distancias considerables entre los puntos, y para este propósito el diseño de las cajas se basó en la NORMA TECNICA 2050 Sección 370.28 y la NORMA ESSA<sup>70</sup>.

Una vez se obtuvieron las tuberías de las acometidas y se distribuyeron los circuitos, se diseñaron dos cajas modelo que ubicadas en los sitios correspondientes al rediseño satisfacían todas las necesidades y funciones requeridas.

Dependiendo de los centros de carga ubicados en el plantel se demandaba llevar más o menos circuitos por las cajas, y los diseños calculados y elegidos fueron:

Son las vistas de las caras internas de la caja, siendo el lado A por donde entra la red a distribuir.

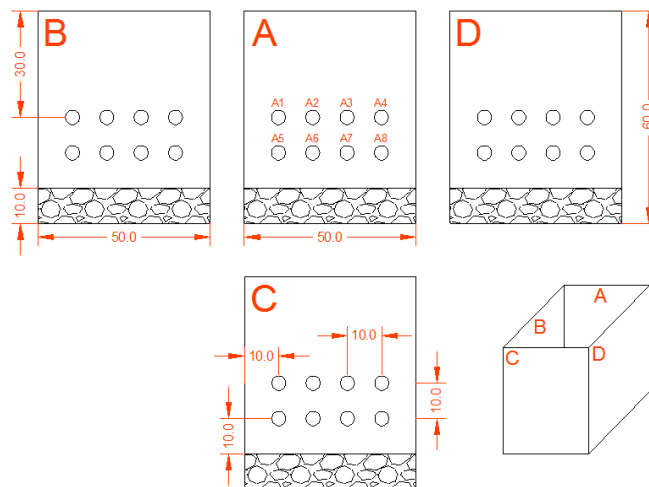


Figura 78 Diseño de Caja Modelo1  
Fuente: los autores

<sup>70</sup> ESSA, sección 4.5.1.1 Cajas de inspección.

Caja de Inspección Modelo, con largo de 50 cm, ancho de 50cm y profundidad de 60 cm, con orificios para tubería de calibre 1 ½ “ PVC tipo pesado. Capacidad de hasta 8 circuitos con la posibilidad de cambio de rumbo de ser necesario para los conductores y con capa de grava de 10 cm para el filtrado de las aguas. Además con la altura necesaria para desnivel de la tubería en su recorrido inferior a los 40 metros. El diseño para las cajas de paso en línea recta se fusionó con las de ángulo con la intención de unificar el modelo y hacerlo más práctico al momento de su instalación. Así se logró la distribución por todo el colegio de las acometidas. Son las vistas de las caras internas de la caja, siendo el lado W por donde entra la red a distribuir.

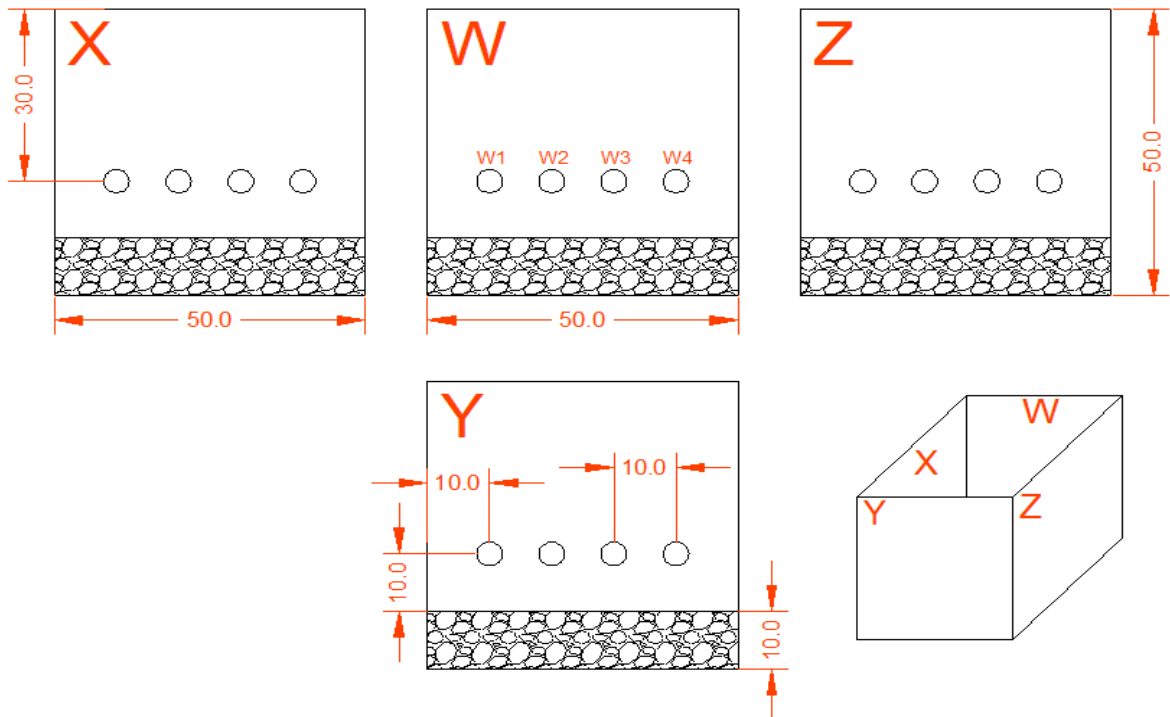


Figura 79 Diseño de Caja Modelo 2  
Fuente: los autores

Caja de Inspección Modelo, con largo de 50 cm, ancho de 50cm y profundidad de 50 cm, con orificios para tubería de calibre 1 ½ “ PVC tipo pesado. Capacidad de hasta 4 circuitos con la posibilidad de cambio de rumbo de ser necesario para los conductores y con capa de grava de 10 cm para el filtrado de las aguas. Además con la altura necesaria para desnivel de la tubería en su recorrido inferior a los 40 metros.

#### 4.11.1 DISTRIBUCION DE LOS CIRCUITOS EN LAS CAJAS DE INSPECCIÓN.

Teniendo en cuenta los modelos anteriores, y que la entrada de los ductos que vienen desde el tablero siempre es por A o por W dependiendo el modelo, se desarrolló la distribución de los circuitos para todo el entramado de acuerdo a las siguientes tablas, cuya posición de la caja se puede interpretar fácilmente en el plano 6 de 6<sup>71</sup> de este proyecto.

CAJA DE INSPECCION N° 1				
Posición	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D
1	TG	----	----	TI
2	TB	----	----	----
3	TH	TB	TH	----
4	TI	TG	----	----
5	TD	----	----	----
6	TE	TF	----	----
7	TF	TE	----	----
8	----	TD	----	----
CAJA DE INSPECCION N° 2				
Posición	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D
1	----	----	----	----
2	----	----	----	----
3	TB	----	TB	----
4	TG	----	TG	----
5	TD	----	----	----
6	TE	TF	----	----
7	TF	TE	----	----
8	----	TD	----	----

<sup>71</sup> Plano 6 de 6, Acometidas para el rediseño.

<b>CAJA DE INSPECCION N° 3</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	TF	----	TF	----
2	TE	----	TE	----
3	TD	----	TD	----
4	----	----	----	----
<b>CAJA DE INSPECCION N° 4</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	TG	----	----	----
2	TB	----	----	----
3	----	----	TB	----
4	----	TG	----	----
<b>CAJA DE INSPECCION N° 5</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	TJ	----	TK	----
2	TA	----	TC	----
3	TC	----	TA	----
4	TK	----	TJ	----

<b>CAJA DE INSPECCION N° 6</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	TJ	----	----	----
2	TA	----	TC	TK
3	TC	TA	----	----
4	TK	TJ	----	----
<b>CAJA DE INSPECCION N° 7</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	----	LK	----	----
2	----	TK	----	----
3	TK	----	----	----
4	----	----	----	LK
<b>CAJA DE INSPECCION N° 8</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	----	LJ	----	----
2	TJ	----	----	TA
3	TA	----	TJ	----
4	----	----	LJ	----

<b>CAJA DE INSPECCION N° 9</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	LJ	LJ	LJ	----
2	TJ	----	----	----
3	----	----	TJ	----
4	----	----	LJ	----
<b>CAJA DE INSPECCION N° 10</b>				
Posición	LADO W	LADO X	LADO Y	LADO Z
1	LJ	LJ	----	----
2	TJ	----	----	----
3	----	----	----	TJ
4	----	----	----	LJ

Tabla 118 Cajas de inspección proyectadas

Fuente: los autores

Los espacios que aparecen con T "x", corresponden al circuito que alimenta dicho tablero. Si están en la caja en la columna A o W, corresponde a que el circuito entra por ahí, y en los demás lados los lugares por donde sale.

## 5. PRESUPUESTO DE CANTIDAD DE OBRA

A continuación presentaremos una lista con los materiales requeridos para la implementación del proyecto, fueron seleccionados elementos comerciales de marcas conocidas y referenciados para su fácil selección y compra, adicional a esto todos los catálogos usados en dicha selección se encuentran presentes en el archivo magnético adjunto a este documento.

<b>MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO</b>					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Holley	HLD03	medidor de inducción	1	295000	295000
Bonerera	RF0001	bornera de conexión de CTs a medidor	1	120000	120000
Transformador de corriente	--	CT de 150/5	3	75000	225000
Dps	DG TM TNC 150	DPS tripolar	11	216000	2376000
Dps	DG S 150	DPS monopolar	2	193000	386000
Armario	--	gabinete diseñado a la medida	1	125000	125000

<b>MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO</b>					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LEGRAND - LUMINEX	DSE-1015	Interruptor Monopolar Termomagnetico enchufable de 15-16 Capacidad interruptiva 10kA Tensión de Aislamiento 600 V	43	9500	408500
LEGRAND - LUMINEX	DSE-1020	Interruptor Monopolar Termomagnetico enchufable de 20 Capacidad interruptiva 10kA Tensión de Aislamiento 600 V	16	9500	152000
LEGRAND - LUMINEX	DSE-2015	Interruptor Bipolar Termomagnetico enchufable de 15 Capacidad interruptiva 10kA Tensión de Aislamiento 600 V	15	31150	467250

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LEGRAND - LUMINEX	DSE-2020	Interruptor Bipolar Termomagnetico enchufable de 20 Capacidad interruptiva 10kA Tensión de Aislamiento 600 V	5	31150	155750
LEGRAND - LUMINEX	DSE-2030	Interruptor Bipolar Termomagnetico enchufable de 30 Capacidad interruptiva 10kA Tensión de Aislamiento 600 V	1	32150	32150
LEGRAND - LUMINEX	DPX U - 125	Interruptor Tripolar Termomagnetico enchufable de 30A Capacidad interruptiva 25kA Tensión de Aislamiento 500 V Disparo Térmico Regulable 0,7-1 In	6	150000	900000
LEGRAND - LUMINEX	DPX U - 125	Interruptor Tripolar Termomagnetico enchufable de 40A Capacidad interruptiva 25kA Tensión de Aislamiento 500 V Disparo Térmico Regulable 0,7-1 In	4	326500	1306000
LEGRAND - LUMINEX	DPX U - 125	Interruptor Tripolar Termomagnetico enchufable de 63A Capacidad interruptiva 25kA Tensión de Aislamiento 500 V Disparo Térmico Regulable 0,7-1 In	2	347800	695600
LEGRAND - LUMINEX	DPX U - 250	Interruptor Tripolar Termomagnetico enchufable de 125A Capacidad interruptiva 35kA Tensión de Aislamiento 500 V Disparo Térmico Regulable 0,64-1 In Magnético Regulable 3,5 - 10 In	1	1115480	1115480
SASSIN ELECTRIC	3SB1LE	Interruptor Bipolar combinado enchufable de 16 Capacidad interruptiva 6kA Tensión de Aislamiento 500 V	15	98000	1470000
SASSIN ELECTRIC	3SB1LE	Interruptor Bipolar combinado enchufable de 20 Capacidad interruptiva 6kA Tensión de Aislamiento 500 V	1	101000	101000
SASSIN ELECTRIC	3SB1LE	Interruptor Bipolar combinado enchufable de 32 Capacidad interruptiva 6kA Tensión de Aislamiento 500 V	4	104000	416000
SASSIN ELECTRIC	3SB1LE	Interruptor tetrapolar combinado enchufable de 32 Capacidad interruptiva 6kA Tensión de Aislamiento 500 V	6	135000	810000
SASSIN ELECTRIC	3SB1LE	Interruptor tetrapolar combinado enchufable de 40 Capacidad interruptiva 6kA Tensión de Aislamiento 500 V	2	137000	274000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO							
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO			UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LEGRAN D LUMINE X	TBP - 8B	TA - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 12 de de	trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	150000	150000
LEGRAN D LUMINE X	TBP - 8B	TB - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 18 de de	trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	157000	157000
LEGRAN D LUMINE X	TBP - 8B	TC - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 24 de de	trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	185000	185000
LEGRAN D LUMINE X	TWP - 18B	TD - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 30 de de	Trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	205000	205000
LEGRAN D LUMINE X	TWP - 18B	TE - con puerta Capacidad: Barra Barra Se adiciona Barra Tierra Aislada	Tablero y chapa 24 de de	Trifásico plástica. Circuitos Neutro Tierra	1	185000	185000
LEGRAN D LUMINE X	TBP - 12B	TF - con puerta Capacidad: Barra Barra Se adiciona Barra Tierra Aislada	Tablero y chapa 18 de de	Trifásico plástica. Circuitos Neutro Tierra	1	157000	157000
LEGRAN D LUMINE X	TBP - 12B	TG - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 18 de de	Trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	157000	157000
LEGRAN D LUMINE X	TWP - 12B	TH - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 30 de de	Trifásico plástica. Circuitos Neutro	1	205000	205000
LEGRAN D LUMINE X	TML - 4B	TI - con puerta Capacidad: Barra Barra de Tierra	Tablero y chapa 12 de de	Bifásico plástica. Circuitos Neutro	1	125000	125000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LEGRAN D LUMINE X	TML - 6B	TJ - Tablero Trifásico con puerta y chapa plástica. Capacidad: 12 Circuitos de Neutro Barra de Tierra	1	150000	150000
LEGRAN D LUMINE X	TWP - 6B	TK - Tablero Trifásico con puerta y chapa plástica. Capacidad: 12 Circuitos de Neutro Barra de Tierra	1	150000	150000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CENTElsa	200300	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>14 AWG</b>	4200	812	3410400
CENTElsa	200303	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>12AWG</b>	2000	1159	2318000
CENTElsa	200305	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>10 AWG</b>	800	1887	1509600
CENTElsa	200307	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>8 AWG</b>	550	3000	1650000
CENTElsa	200369	Cables THHN/THWN 90°C 600V <b>6 AWG</b>	450	5421	2439450
CENTElsa	200373	Cables THHN/THWN 90°C 600V <b>4 AWG</b>	550	8358	4596900
CENTElsa	200383	Cables THHN/THWN 90°C 600V <b>2 AWG para el sistema de sonido</b>	450	12976	5839200
CENTElsa	200386	Cables THHN/THWN 90°C 600V <b>1 AWG</b>	450	15582	7011900
CENTElsa	200456	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>16 AWG</b>	900	700	630000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PAVCO	12472	Tubo Conduit 1/2 pulg Longitud: 3m con campana	3000	1100	3300000
PAVCO	12478	Tubo Conduit 3/4 pulg Longitud: 3m con campana	200	1300	260000
PAVCO	12465	Tubo Conduit 1 1/2 pulg Longitud: 3m con campana	1000	2736	2736000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 303TG	Tomacorriente 15A y 127V 2 Polos + Tierra	340	9500	3230000
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 303TGF	Tomacorriente 20A y 127V 2 Polos + Tierra Protección GFCI	18	32000	576000
LEGRAND	P17 Tempra IP 4	Tomacorriente 20A y 127V 2 Polos + Tierra Bifásico	18	14000	252000
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 010T	Interruptor SENCILLO ON-OFF 10A 150V	33	3200	105600
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 101T	Interruptor DOBLE ON-OFF 10A 150V	17	4500	76500
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 020T	Interruptor Conmutable Sencillo Tres Vías 10A 150V	24	4500	108000
LEGRAND - LUMINEX	AQ - 202T	Interruptor conmutable Doble Tres Vías 10A 150V	10	6000	60000
LEVITON	X 00-INTER- 00B	Interruptor Sencillo Tres Vías 16A 150V	10	8000	80000
LEVITON	X 09-INTER- C0B	Interruptor 3 Tres Vías 16A 150V	6	12000	72000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PAVCO	10592	CAJA SENCILLA	340	800	272000
PAVCO	10588	CAJA DOBLE	50	1500	75000
PAVCO	10590	CAJA OCTOGONAL	55	1200	66000
LEGRAND - LUMINEX	SK - PLE27B	Plafón Bombillas hasta de 200W Color Blanco	55	1000	55000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PHILIPS	TWISTER Espiral	Bombillo Ahorrados 20W	55	6800	374000
PHILIPS	TBS 2*28W	LUMINARIA 32 CELDAS ELECTROCONTROL	380	122300	46474000
PHILIPS	MVP507 SON-TP	Proyector Asimétrico de Alta Eficiencia	4	350000	1400000
PHILIPS	GPS309	bombilla Transparente (Tropic) Luminaria Exteriores	10	180000	1800000
PHILIPS	EPS300 SON-Ti 150 W	Base equipada con Óptica Bidireccional (LO,DI)	10	160000	1600000

MATERIALES NECESARIOS PARA EL REDISEÑO					
MARCA	REFERENCIA	EQUIPO	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SAMSUNG	MC36F2A	Aire Acondicionado Multi split 36000 BTUs	3	3759000	11277000
YAMAKI	MAZ-300T	Amplificador 300 W, 120 V	1	1100000	1100000
American SOUND	AS-SPA-542 TBK	baffles de 16 W, dos vías, impedancia 8 ohm	22	75000	1650000
American SOUND	Cornetas	cornetas de 12 in 35 W, con transformador de 15 W	2	75000	150000
PKBITE	PVI-100	micrófono	1	55000	55000
CENTElsa	200456	Alambres THHN/THWN 90°C 600V <b>16 AWG</b>	900	700	630000
Visonic	POWER MAX PRO	Kit básico de alarma, tres sensores volumétricos, avisos disuasivos, panel de control, mando tipo llavero, y dos sirenas para exteriores	1	820000	820000

Tabla 119 Presupuesto de materiales para el rediseño

Fuente: los autores

## 6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Las instalaciones eléctricas actuales de la institución solo con una inspección visual dejan en evidencia el deterioro sufrido en su vida útil por malos hábitos, en cuanto a su mantenimiento, manejo, y mala planeación, por lo cual para nuestro grupo de trabajo se hizo necesario dejar recomendaciones de mantenimiento y revisión constante de sus tableros eléctricos, tomas y luminarias.

Debido al malogrado estado de los conductores, ductos, circuitos y las ramificaciones adicionales a los que han sido sometidos los tableros existentes, la regulación no cumple con los parámetros exigidos por la norma, lo cual nos llevó a mejorar la configuración eléctrica de estas instalaciones, basándonos en los cálculos previos.

La mayoría de los tableros con los que cuenta la institución no están bien diseñados en cuanto a su objetivo de separar eléctricamente áreas consecutivas, es decir existen tableros que manejan áreas demasiado amplias y para desconectar algunos circuitos de un edificio hay que ir a otro, por esta razón se diseñaron tableros en cada edificio del colegio, los cuales cumplen con las normas establecidas de nomenclatura, distancias, etc., de la NTC 2050 en su sección 384.

Para mejorar la regulación en algunos sectores del colegio, debido a grandes distancias, realizamos un diseño singular intercalando los circuitos que comparten neutro para trabajarlos como una red trifilar, de esta forma usamos un factor de corrección menor y disminuimos las pérdidas.

Se adquirió destreza en el manejo de equipos especiales, tales como, el analizador de redes el localizador de circuitos, el luxómetro y demás instrumentos usos específicos en nuestra carrera.

Los niveles de iluminación existentes en todas las áreas del colegio eran insuficientes para las diferentes labores realizadas en instituciones educativas. A raíz de esta falencia estudiamos la medición e interpretación de esta

característica. En base a esto se diseñaron espacios mejor iluminados para aprovechar la percepción visual.

Para una protección real de las vidas humanas se hizo necesario la implementación de protecciones diferenciales en los tableros eléctricos del rediseño planteado para el colegio integrado mesa de Jéridas, de esta forma se provee en que en caso de contacto directo o indirecto con material energizado existiera una protección que se dispare en caso de que no haya una equipotencialización a tierra.

Se planteó la implementación de DPS para los tableros, para evitar el deterioro del aislamiento que pueda ser provocado por cargas transitorias o elevaciones de tensión inesperadas.

Establecimos la colocación de totalizadores independientes de los ubicados en el tablero de distribución debido a la gran cantidad de protecciones que tienen los tableros, de este modo permitimos que en caso de emergencia se pueda desconectar desde el mismo tablero sin necesidad de ir hasta el tablero general de distribución y por consiguiente el circuito involucrado.

Puesto que las distancias del transformador hasta los tableros en algunos casos son mayores a 40 metros, se realizó la inserción de cajas de inspección previamente diseñadas, las cuales facilitan la instalación de los conductores alimentadores de estos tableros, además que ayudan a realizar un correcto drenaje de aguas de lluvia que se pudieran presentar.

Se instaló un sistema de sonido ambiental muy general, para permitir la emisión de mensajes a través de un micrófono ubicado en rectoría. El sistema hace necesario su conexión en paralelo de todos los parlantes debido a que cada una de ellos lleva en su interior una bobina auto regulable que mantiene el nivel de tensión adecuado.

Para las aulas de computadores se hizo necesario un sistema de seguridad integrado que garantizara una protección de hurto de la sala cuando no se da clases. Aplicando tecnología reciente se implementó un sistema inalámbrico y de bajo consumo.

El análisis del comportamiento del suministro de la red eléctrica en el levantamiento dio como resultado que los armónicos presentes en la institución provienen de la red misma, y no corresponden en su totalidad a la carga de la institución.

Como el rediseño fue muy significativo con respecto a la carga anterior, el análisis de redes del levantamiento no es suficiente para proponer una solución directa.

Debido a que no se conoce el comportamiento de las cargas no lineales y su influencia en armónicos como para prever el uso o no de filtros, es recomendable una vez aplicado el rediseño de la instalación medir nuevamente los efectos de los armónicos con la intención de mitigarlos. Teniendo en cuenta que la red independientemente va aportar armónicos que son ajenos a cualquier instalación interna que se haga.

El objetivo de los electrodos de puesta a tierra de todos los tableros es equipotencializar todas las partes metálicas de posible contacto proporcionando seguridad a los usuarios, además de mejorar la impedancia de puesta a tierra sin sobrepasar el límite de la puesta a tierra del transformador.

La cantidad de tomacorrientes propuestos tiene como objetivo cumplir el mínimo requerido por la norma NTC 2050, y las necesidades de la institución.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO – Norma Técnica Colombiana NTC 2050
- REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – RETIE
- REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO – RETILAP
- NTC IEC 61000-4-30 (Testing and measurement techniques - Power Quality Measurements Methods)
- Norma IEEE 80-2000. (Guide for safety in AC Substation Grounding)
- NORMA PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION-ESSA
- CASAS, Fabio. TIERRAS soporte de la seguridad Eléctrica. 2007, Bogotá. Colombia.
- NORMA TECNICA RA6-015 EPM- MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
- CODENSA. Especificación técnica ET-500, Descargadores de tensión de óxido metálico DPS
- NORMA TECNICA COLOMBIANA. NTC 5019, Selección de equipos de medición de energía eléctrica
- VentDepot. Procedimiento de cálculo para equipos de aire acondicionado.
- SOFTWARE AUTOCAD 2008-2009
- SOFTWARE Dialux 2.0
- [http://www.centelsa.com.co/userfiles/boletines/cables\\_tecnologia.pdf](http://www.centelsa.com.co/userfiles/boletines/cables_tecnologia.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO A.

#### Sonido ambiental:

Para la selección del sistema de audio interno en el colegio se tuvo en cuenta que, si no estamos profesionalmente ligados a los sistemas de audio, sólo hemos de tener en cuenta los OHMIOS y WATIOS, y en el mismo orden de importancia, cuando vamos a conectar altavoces. Si nos fijamos en un altavoz encontraremos dos datos: los ohmios y los watios. Los "Ohmios" (unidad de resistencia = Ohm) indica la impedancia o resistencia a la corriente eléctrica alterna de nuestro altavoz. Generalmente es de 4 u 8 Ohm, pero también los hay de 2, 16, 32 o más ohmios. Es el dato más importante a tener en cuenta con relación a la salida de nuestro equipo o amplificador. Igual que los altavoces, los amplificadores pueden venir con diferentes impedancias de salida, los más comunes, como los altavoces: 4 y 8 Ohm, pero también 2, 16, etc... Ahora conviene que ambos coincidan o en todo caso la impedancia del altavoz sea siempre igual o MAYOR que la de salida del amplificador, pero NUNCA inferior a éste, ya que se produciría una sobrecarga que puede destruir la etapa final de nuestro equipo. Por consiguiente debemos tener en cuenta la IMPEDANCIA EFECTIVA o total a la hora de conectar MÁS de 1 altavoz a cada salida. Los altavoces se pueden conectar de dos maneras: en SERIE y en PARALELO, para ello debemos hacer los cálculos como si de resistencias comunes se tratara:

En SERIE: no tiene más problemas, se suman todas las impedancias para saber el total.

Ventajas: la suma será casi siempre MAYOR que la salida del amplificador.

Desventajas:

- 1- Los altavoces deben ser de la misma potencia (wattios).
- 2- A mayor cantidad de altavoces, menor volumen disponible en cada uno.
- 3- Si un altavoz de la cadena se queda "abierto" no se escuchará ninguno.

PARALELO: hay que aplicar el cálculo siguiente:

Para dos o más altavoces de la MISMA impedancia:  $R : n = IE$  (donde  $R$ =impedancia ;  $n$ =número de altavoces ;  $IE$ =impedancia efectiva)

Para dos altavoces de diferentes impedancias:  $IE=(R1 \times R2):(R1+R2)$

Para dos o más altavoces de diferentes impedancias:

$(1:IE)=(1:R1)+(1:R2)+(1:R3)+$  etc...

También se pueden hacer combinaciones de serie y paralelo.

La POTENCIA - es expresada en WATIOS (W), para los amplificadores es la que pueden proporcionar y para los altavoces la que pueden soportar. En los amplificadores se mencionan a veces diferentes tipos de potencia: RMS y PICO, la que nos interesa es la RMS que es la potencia sonora efectiva. Muchos fabricantes mencionan una potencia "irreal" en sus productos, por ejemplo los altavoces para PC de "20 o 30 W." cuando en realidad apenas tendrán 3 o 4 W. rms, ya que dichos números se refieren a W pico, que son los que soportan el producto durante una fracción de segundo, dato completamente inútil para nosotros pero que "suena" mucho mejor para "vender" al ignorante. Si aplicaríamos los wattios de la salida de un amplificador (depende del volumen) a un altavoz de muchos wattios inferior, éste no se "quemaría" como podrían pensar, sino que se destrozaría físicamente. Sin embargo es conveniente que el amplificador que usamos para un determinado altavoz supere en aproximadamente un 50% los wattios de éste, que si no nos daría la sensación de falta de respuesta a medio volumen (normal), aunque hemos de tener cuidado cuando subimos el volumen "a tope" lo que tampoco es conveniente ya que disminuye la fidelidad sonora. Lo que no debemos hacer por consiguiente es conectar un altavoz de 5W a un

amplificador de 150W., ni un altavoz de 100W a un aparatito que proporciona apenas 3W, en el último caso no pasaría nada... ¡Ni siquiera se escucharía!

Por otro lado debemos controlar siempre el estado, tanto de altavoces como la salida del amplificador antes de conectar ambos: El amplificador nunca debe tener tensión continua en la salida (medir con un tester) eso indicaría un cortocircuito en el mismo y quemaría el altavoz. A su vez, un altavoz en corto o quemado puede destruir la etapa de salida del amplificador. (Actualmente la mayoría lleva protección integrada contra cortocircuitos, aunque algunos pueden ser momentáneos y no se debe descuidar el detalle)

## ANEXO B.

### Alarma:

#### SISTEMA DE ALARMA POWERMAX COMPLETE BASICO 868 S110830

El kit de alarma PowerMax Complete Básico, incluye todo lo necesario para proteger un hogar o negocio de tamaño pequeño. El sistema incluye la consola central PowerMax Complete, tres sensores de infrarrojos y un mando llavero a distancia bidireccional. Con el kit PowerMax Complete Básico tendrá toda la protección necesaria para su tienda, oficina o vivienda.



Comparativa sistemas de alarma PowerMax	PRO	COMPLETE	XPRESS
Frecuencia vía radio:	868MHz	868MHz	868MHz
Zonas inalámbricas:	28	28	28
Códigos de usuario:	8	8	8
Batería de respaldo:	SÍ (72h)	SÍ (24h)	SÍ (12h)
Zonas cableadas:	1	1 (+1 opcional)*	1
Transmisión receptora por canales rtc,sms,mms,gprs,adsl:	SÍ	SÍ	SÍ
Envío de mensajes sms a (requiere módulo GSM)	SÍ	SÍ	SÍ
Display de 16 caracteres:	SÍ	SÍ	SÍ
Teclado multifunción con tapa protectora:	SÍ	SÍ	SÍ
Sirena interior:	SÍ	SÍ	SÍ
Compatible con módulo GSM350:	SÍ	SÍ	SÍ
Fuente de alimentación interna:	SÍ	SÍ	SÍ
Teclas de emergencia:	SÍ	SÍ	SÍ
Compatible con PowerLink:	SÍ (PowerLink 2)	SÍ (PowerLink 2)	SÍ (PowerLink 2)
Compatible con lector de tarjetas de proximidad:	SÍ (opcional)	SÍ (opcional)	NO
Teclas de fuego y pánico:	SÍ	SÍ	NO
Transmisión a teléfonos particulares con habla-escucha:	SÍ	SÍ	NO
Micrófono y altavoz. Mensajes hablados:	SÍ	SÍ	NO
Compatible con módulo de expansión:	SÍ	SÍ	NO
Compatible con Speech box:	SÍ	SÍ	NO
Instalación conjunta GSM350+PowerLink:	SÍ	SÍ	NO
Salida programable:	1	1 (opcional)*	NO
Salida para sirena cableada:	1	1	NO
Módulo externo de interfaz de voz:	1 (opcional)	1 (opcional)	NO
Salida 12 Vdc alimentación:	1	NO	NO
Código de coacción:	SÍ	NO	NO
Compatibilidad con Domótica X10	SÍ	NO	NO

*Requiere módulo de expansión*

## **ANEXO C.**

### **Aulas Audiovisuales**

#### Descripción

Se trata de un espacio adecuadamente acondicionado para impartir formación a un grupo más o menos numeroso de alumnos. Se debe poder impartir y recibir formación desde la misma, por lo que la infraestructura audiovisual y de comunicaciones deberá estar diseñada teniendo en cuenta este aspecto. Se trata, en principio, de una sala de mediano aforo (20-80) personas. La sala, además, podrá ser utilizada de forma habitual como aula multimedia, aprovechando los recursos para mejorar las posibilidades de realizar presentaciones gráficas y audiovisuales. Se puede ver a continuación una foto con una sala de este tipo.



#### Características de la sala

ESPACIOS: Respecto a las dimensiones de este tipo de aulas, como dato orientativo, se puede hablar de una superficie entre 25-60 m<sup>2</sup>. Es importante tener en consideración la altura de este tipo de aulas: debe ser suficiente para facilitar la ubicación y visión correcta de una pantalla de proyección desde cualquier punto

de la sala, así como para poder colgar en los mismos focos u otros accesorios. Sin embargo un techo demasiado elevado, por otro lado, aumentaría el volumen total por lo que también lo haría el Tiempo de permanencia del sonido en la sala empeorando la calidad del sonido (a menos que se tratara acústicamente de forma eficaz para minimizar este efecto). Es aconsejable un valor de altura entre cuatro y seis metros, dependiendo también de la disposición geométrica de la misma. La disposición del aula debe diferenciar: mesa del profesor o conferenciante (en un plano más elevado que el resto), pantalla de proyección-pizarra, zona de alumnos.

ACUSTICA: Las condiciones acústicas deberán ser adecuadas para la escucha de la palabra, por lo que se habrá de conseguir valores del tiempo de permanencia del sonido bajos (inferiores a 1 segundo a frecuencias medias), por lo que se deberá tratar acústicamente en la mayoría de los casos algunas de las superficies límites, en especial el techo, mediante la colocación de materiales absorbentes a frecuencias medias-altas. La sala también debería presentar un correcto aislamiento acústico respecto al posible ruido procedente de salas anexas o el exterior, siendo aconsejable la ubicación de este tipo de salas en entornos poco ruidosos (tratar de que no se encuentren muy cerca pasillos de acceso o circulación de mucho tránsito, cafeterías, etc.)

ILUMINACION: Las condiciones de iluminación, también son un factor muy importante a considerar. Se prefiere iluminación artificial a natural, por lo que la sala ideal será aquella que carezca de ventanas, pudiendo ejercerse un control total sobre la iluminación dependiendo del uso que se le valla a dar, en nuestro caso se diseñaron dos niveles de iluminación de manera que puede estar más claro el auditorio, que el público o viceversa, dependiendo si es videoconferencia, conferencia personal o una proyección del video beam.

Equipamiento necesario

La infraestructura básica necesaria será la siguiente:

EQUIPOS DE VIDEO

1 Proyector de video (retro-proyección o con pantalla para proyección frontal)

1 Grabador-reproductor de video (formatos recomendados: DV, DVD, VHS)

1 Convertidor de VGA a video PAL

EQUIPOS DE AUDIO

2 cajas acústicas para el aula (dos vías)

1 Etapa de potencia para sonorizar las cajas acústicas

EQUIPAMIENTO ILUMINACION

Focos de luz fría (no emiten calor) para videoconferencia (2 Ud.)