



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO
DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Edwin Haroldo Zapata Minera

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO
DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN HAROLDO ZAPATA MINERA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RACANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha mayo de 2012.



Edwin Haroldo Zapata Minera

Quetzaltenango, 14 de Noviembre de 2013

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, USAC
Ciudad Universitaria

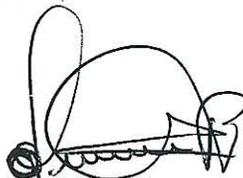
Estimado Ingeniero Merck:

Me es grato dirigirme a usted, para informarle que he concluido con la **ASESORIA** al trabajo de EPS denominado: **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, presentado por el estudiante **EDWIN HAROLDO ZAPATA MINERA**, quien se identifica con carné universitario **200530610**, previo a optar el título de Ingeniero Electricista.

Como asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), procedí a revisar el informe final de la práctica, habiéndolo encontrado satisfactorio. En virtud, lo doy por **APROBADO**, solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj
Colegiado No. 5001
ASESOR





Guatemala, 13 de noviembre de 2013.
Ref.EPS.DOC.1238.11.13.

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

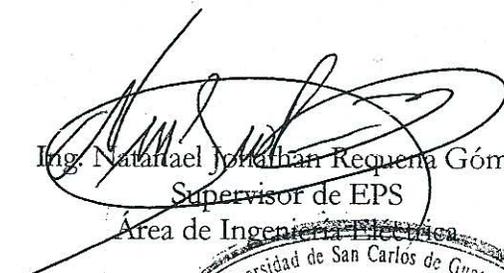
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edwin Haroldo Zapata Minera** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **200530610**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**.

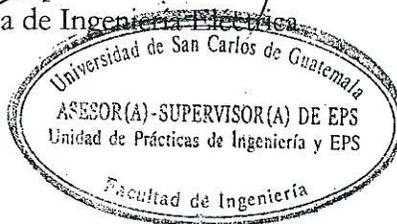
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NJRG/ra



Guatemala 14 de noviembre de 2013.
Ref.EPS.D.830.11.13.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edwin Haroldo Zapata Minera**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Renacoj y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Directora Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

JMC/ra



REF. EIME 86. 2013.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; EDWIN HAROLDO ZAPATA MINERA titulado: ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 14 DE NOVIEMBRE 2,013.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edwin Haroldo Zapata Minera** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la vida, inteligencia y sabiduría.
Mis padres	Por su total apoyo a lo largo de toda mi carrera profesional.
Mis hermanas	Por su apoyo y motivación en todo momento.
Mis compañeros	Por su compañía y apoyo a lo largo de toda la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por alojarme a lo largo de toda mi carrera y ser fuente de educación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser la Facultad a la que siempre pertencí.
Departamento de Mantenimiento del Centro Universitario de Occidente	Por su apoyo a lo largo de la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado en el centro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	1
1.1. Instalaciones eléctricas.....	1
1.2. Características de las cargas	1
1.2.1. Estado actual y dimensionamiento de conductores	3
1.3. Tuberías	3
1.4. Protecciones.....	6
1.4.1. Corto circuito.....	6
1.4.2. Sobrecargas	7
1.4.3. Elementos de protección	7
1.4.3.1. Interruptores electromagnéticos	7
1.4.3.2. Prueba de disparo	9
1.4.3.2.1. Prueba de corto circuito térmico	9
1.4.3.2.2. Prueba de disparo magnético.....	10
1.4.3.3. Fusibles	11

1.5.	Tableros	11
1.5.1.	Tableros principales	12
1.5.1.1.	Características de los tableros principales	12
1.5.1.1.1.	Tablero principal A	12
1.5.1.1.2.	Tablero principal E	13
1.5.1.1.3.	Tablero principal I	14
1.5.2.	Tableros secundarios	14
1.5.2.1.	Características de los tableros secundarios	14
1.6.	Iluminación	32
1.6.1.	Lámparas de descarga	32
1.6.1.1.	Arrancador	35
1.6.1.2.	Reactor	35
1.6.2.	Revisión visual	36
1.6.3.	Sistema de alumbrado	36
1.6.4.	Iluminación del parqueo	36
1.7.	Bancos de transformadores	37
2.	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	39
2.1.	Cálculo de conductores eléctricos	39
2.1.1.	Cálculo de conductores por corriente	39
2.2.	Cálculo de protecciones	42
2.3.	Cálculo de conductores y protecciones del sistema eléctrico del CUNOC	43
2.3.1.	Cálculo de conductores y protecciones de los tableros principales	43
2.3.2.	Cálculo de conductores y protecciones del Módulo D	45

2.3.3.	Cálculo de conductores y protecciones del Módulo 90	49
2.3.4.	Cálculo de conductores y protecciones Módulo E.....	51
2.3.5.	Cálculo de conductores y protecciones Módulo I.....	54
2.3.6.	Cálculo de conductores y protecciones Módulo administración	61
2.4.	Cálculo de corrientes de corto circuito.....	62
2.4.1.	Cálculo de la corriente de corto circuito de los tableros principales E e I	64
2.4.2.	Cálculo de la corriente de corto circuito del tablero principal A	64
2.5.	Cálculo de tuberías.....	65
2.5.1.	Número de conductores en tubería	65
2.5.2.	Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre.....	67
2.5.3.	Cálculo de tubería del sistema eléctrico del CUNOC.....	69
2.6.	Conceptos de iluminación.....	71
2.6.1.	Coeficiente de utilización (CU).....	71
2.6.2.	Curva de distribución	72
2.6.3.	Luz.....	72
2.6.4.	Flujo luminoso.....	72
2.6.5.	Nivel de iluminación	72
2.6.6.	Pasos que se deben seguir para calcular un sistema de iluminación.....	73
2.6.7.	Cálculos de Iluminación de aulas y oficinas del CUNOC.....	75

2.7.	Red de tierras.....	77
2.7.1.	Puesta a tierra	78
2.7.2.	Condición actual.....	79
2.7.2.1.	Factores que influyen en la resistividad del terreno	80
2.7.2.2.	Electrodos de puesta a tierra	80
2.7.2.3.	Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra.....	81
2.7.2.4.	Consideraciones para un buen diseño de sistema de puesta a tierra de equipos eléctricos	83
2.8.	Pararrayos.....	83
2.8.1.	Condición actual.....	84
2.8.2.	Cálculo de pararrayos	85
3.	DIAGRAMAS UNIFILIARES DE LOS TABLEROS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE	87
3.1.	Diagrama Unifilar	87
3.2.	Tableros principales	88
3.2.1.	Tablero principal A	88
3.2.1.1.	Diagrama Unifilar tablero principal A	88
3.2.2.	Tablero principal E	89
3.2.2.1.	Diagrama Unifilar tablero principal E	89
3.2.3.	Tablero principal I.....	90
3.2.3.1.	Diagrama Unifilar tablero principal I.....	90
3.3.	Tableros secundarios.....	90

3.3.1.	Diagramas Unifilares Módulo D	91
3.3.2.	Diagramas Unifilares Módulo 90.....	94
3.3.3.	Diagramas Unifilares Módulo E	96
3.3.4.	Diagramas Unifilares Módulo I.....	99
3.3.5.	Diagramas Unifilares Módulo administración y oficinas de registro.....	106
4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS.....	109
4.1.	Comparación y propuesta de mejoramiento para los conductores	109
4.1.1.	Tableros principales.....	109
4.1.2.	Módulo D	110
4.1.3.	Módulo 90.....	116
4.1.4.	Módulo E.....	119
4.1.5.	Módulo I.....	122
4.1.6.	Módulo administración.....	129
4.2.	Comparación y propuesta de mejoramiento para las protecciones	131
4.2.1.	Tableros principales.....	131
4.2.2.	Módulo D	133
4.2.3.	Módulo 90.....	138
4.2.4.	Módulo E.....	141
4.2.5.	Módulo I.....	144
4.2.6.	Módulo administración.....	151
4.3.	Comparación y propuesta de mejoramiento para la tubería.....	153
4.3.1.	Tablero principal A.....	153
4.3.2.	Tablero principal E.....	153

4.3.3.	Tablero principal I.....	154
4.3.4.	Tableros secundarios	155
4.4.	Comparación y propuesta de mejoramiento para el número de luminarias.....	155
5.	PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.....	157
5.1.	Sistemas de alumbrado.....	157
5.1.1.	Factores de pérdida en el alumbrado	158
5.1.1.1.	Pérdidas de elementos luminosos por vida útil.....	158
5.1.1.2.	Pérdidas a consecuencia de polvo y suciedad.....	159
5.1.1.3.	Apagones de las bombillas o elementos luminosos.....	159
5.1.1.4.	Bajo voltaje.....	160
5.1.1.5.	Superficies de baja reflexión	160
5.2.	Equipos auxiliares de mantenimiento.....	161
5.3.	Operación de mantenimiento al sistema de iluminación	163
5.4.	Operación de mantenimiento al sistema de fuerza	164
5.5.	Plan de mantenimiento.....	166
5.5.1.	Iluminación	166
5.5.2.	Circuitos de fuerza e interruptores	168
5.5.3.	Protecciones eléctricas.....	169
5.6.	Mantenimiento a los transformadores	170
5.6.1.	Mantenimiento preventivo	170
5.6.1.1.	Inspección periódica.....	170

5.6.1.2.	Transformadores con humedad en los aislamientos	171
5.6.1.3.	Aceite.....	171
	5.6.1.3.1. Prueba de aceite	172
5.6.1.4.	Empaques	172
5.6.1.5.	Tanque	173
5.7.	Análisis económico	173
CONCLUSIONES		181
RECOMENDACIONES		183
BIBLIOGRAFÍA.....		185
ANEXOS		187

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Interruptor termomagnético	9
2.	Pruebas de disparo de corto circuito térmico y disparo magnético	10
3.	Lámpara de descarga	34
4.	Arrancador	35
5.	Varilla electroquímica	82
6.	Diagrama Unifilar del tablero principal A	88
7.	Diagrama Unifilar del tablero principal E	89
8.	Diagrama Unifilar del tablero principal I.....	90
9.	Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo D	91
10.	Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo D.....	92
11.	Diagrama Unifilar del tablero del tercer nivel Módulo D	93
12.	Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo 90.....	94
13.	Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo 90	95
14.	Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo E.....	96
15.	Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo E	97
16.	Diagrama Unifilar del tablero del tercer nivel Módulo E.....	98
17.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del primer nivel Módulo I	99
18.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 2 del primer nivel Módulo I	100
19.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 3 del primer nivel Módulo I	101
20.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del segundo nivel Módulo I	102
21.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 2 del segundo nivel Módulo I	103
22.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del tercer nivel Módulo I	104
23.	Diagrama Unifilar del tablero núm. 2 del tercer nivel Módulo I	105

24.	Diagrama Unifilar del tablero Módulo administración.....	106
25.	Diagrama Unifilar del tablero oficinas de registro.....	107

TABLAS

I.	Equipo eléctrico utilizado en los edificios.....	2
II.	Características de la tubería del tablero principal A.....	4
III.	Características de la tubería del tablero principal E.....	5
IV.	Características de la tubería del tablero principal I.....	5
V.	Características de la tubería de los tableros del primer nivel a los tableros de los niveles 2 y 3 Módulo I.....	5
VI.	Características de la tubería del tablero secundario D a los tableros de cada nivel Módulo D.....	6
VII.	Características del tablero principal A.....	13
VIII.	Características del tablero principal E.....	13
IX.	Características del tablero principal I.....	14
X.	Características del tablero secundario D Módulo D.....	15
XI.	Características del tablero primer nivel Módulo D.....	16
XII.	Características del tablero segundo nivel Módulo D.....	17
XIII.	Características del tablero tercer nivel Módulo D.....	18
XIV.	Características del tablero primer nivel Módulo 90.....	19
XV.	Características del tablero segundo nivel del Módulo 90.....	20
XVI.	Características del tablero primer nivel Módulo E.....	21
XVII.	Características del tablero segundo nivel Módulo E.....	22
XVIII.	Características del tablero tercer nivel Módulo E.....	23
XIX.	Características del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I.....	24
XX.	Características del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I.....	25
XXI.	Características del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I.....	26
XXII.	Características del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I.....	27

XXIII.	Características del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I.....	28
XXIV.	Características del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I	29
XXV.	Características del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I	30
XXVI.	Características del tablero Módulo administración.....	31
XXVII.	Características del tablero oficinas de registro	32
XXVIII.	Factores de corrección de acuerdo al número de conductores en tubo	40
XXIX.	Factores de corrección por temperatura ambiente	41
XXX.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero.....	43
XXXI.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero.....	44
XXXII.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero.....	44
XXXIII.	Cálculo de conductores y protecciones tablero secundario D Módulo D.....	45
XXXIV.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero primer nivel Módulo D	46
XXXV.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero segundo nivel Módulo D.....	47
XXXVI.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero tercer nivel Módulo D	48
XXXVII.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero primer nivel Módulo 90.....	49
XXXVIII.	Cálculo de conductores y protecciones tablero segundo nivel Módulo 90	50
XXXIX.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero primer nivel Módulo E	51
XL.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero segundo nivel Módulo E.....	52

XL I.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero tercer nivel Módulo E	53
XL II.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I.....	54
XL III.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I.....	55
XL IV.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I.....	56
XL V.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I	57
XL VI.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I	58
XL VII.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I.....	59
XL VIII.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I.....	60
XL IX.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero Módulo administración	61
L.	Cálculo de conductores y protecciones del tablero oficinas de registro	62
LI.	Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería	67
LII.	Área para TW o THW.....	68
LIII.	Cálculo de la tubería del tablero principal A.....	69
LIV.	Cálculo de la tubería del tablero principal E.....	69
LV.	Cálculo de la tubería del tablero principal I	70
LVI.	Cálculo de la tubería del tablero secundario D a cada nivel	70
LVII.	Cálculo de la tubería de los tableros del primer nivel a los tableros de los niveles 2 y 3 Módulo I.....	70

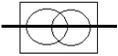
LVIII.	Cálculo de la tubería promedio de los tableros secundarios de los diferentes módulos	71
LIX.	Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo D	75
LX.	Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo 90	76
LXI.	Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo E.....	76
LXII.	Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo I	76
LXIII.	Cálculos de iluminación oficinas administración y registro	77
LXIV.	Comparación de resultados para los conductores del tablero principal A	109
LXV.	Comparación de resultados para los conductores del tablero principal E	110
LXVI.	Comparación de resultados para los conductores del tablero principal I	110
LXVII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero secundario D Módulo D	111
LXVIII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel Módulo D	112
LXIX.	Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel Módulo D	113
LXX.	Comparación de resultados para los conductores del tablero tercer nivel Módulo D	114
LXXI.	Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel del Módulo 90	116
LXXII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel del Módulo 90	117
LXXIII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel Módulo E	119
LXXIV.	Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel Módulo E.....	120

LXXV.	Comparación de resultados para los conductores del tablero tercer nivel Módulo E.....	121
LXXVI.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I.....	122
LXXVII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I.....	123
LXXVIII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I.....	124
LXXIX.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I.....	125
LXXX.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I.....	126
LXXXI.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I.....	127
LXXXII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I.....	128
LXXXIII.	Comparación de resultados para los conductores del tablero Módulo administración.....	129
LXXXIV.	Comparación de resultados para los conductores del tablero oficinas de registro.....	130
LXXXV.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal A.....	131
LXXXVI.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal E.....	132
LXXXVII.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal I.....	132
LXXXVIII.	Comparación de resultados de las protecciones tablero secundario D Módulo D.....	133

LXXXIX.	Comparación de resultados de las protecciones tablero primer nivel Módulo D	134
XC.	Comparación de resultados de las protecciones tablero segundo nivel Módulo D.....	135
XCI.	Comparación de resultados de las protecciones tablero tercer nivel Módulo D	136
XCII.	Comparación de resultados de las protecciones tablero primer nivel Módulo 90.....	138
XCIII.	Comparación de resultados de las protecciones tablero segundo nivel Módulo 90	139
XCIV.	Comparación de resultados de las protecciones tablero primer nivel Módulo E	141
XCV.	Comparación de resultados de las protecciones tablero segundo nivel Módulo E.....	142
XCVI.	Comparación de resultados de las protecciones tercer nivel Módulo E	143
XCVII.	Comparación de resultados para las protecciones del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I	144
XCVIII.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I	145
XCIX.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I	146
C.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I.....	147
CI.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I.....	148
CII.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I	149

CIII.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I	150
CIV.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero Módulo administración.....	151
CV.	Comparación de resultados de las protecciones del tablero oficinas de registro	152
CVI.	Comparación de resultados de la tubería tablero principal A	153
CVII.	Comparación de resultados de la tubería tablero principal E	154
CVIII.	Comparación de resultados de la tubería tablero principal I.....	154
CIX.	Comparación de resultados para el numero de luminarias	156
CX.	Plan de mantenimiento al sistema de iluminación	167
CXI.	Plan de mantenimiento al sistema de fuerza e interruptores.....	168
CXII.	Plan de mantenimiento a las protecciones eléctricas	169
CXIII.	Presupuesto reconductorado Módulo D	174
CXIV.	Presupuesto del cambio de luminarias Módulo D	176
CXV.	Energía utilizada por los tubos fluorescentes y balastros actualmente, Módulo D.....	176
CXVI.	Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de EEMQ actualmente, Módulo D.....	177
CXVII.	Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de Deocsa actualmente, Módulo D	177
CXVIII.	Energía utilizada por los nuevos tubos fluorescentes y balastros, Módulo D	178
CXIX.	Precios anuales del consumo de energía con la tarifa de EEMQ y las nuevas luminarias, Módulo D	178
CXX.	Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de Deocsa y las nuevas luminarias, Módulo D.....	179
CXXI.	Ahorro de energía anual con la tarifa de EEMQ, Módulo D.....	179
CXXII.	Ahorro de energía anual con la tarifa de Deocsa, Módulo D	180

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
	Banco de transformadores
I_{cc}	Corriente de corto circuito
I_{nom}	Corriente nominal
Φ	Diámetro del tubo
KVA	Kilovoltio-amperios
KW	Kilowatts
MC	Miles de circular mils
mm²	Milímetros cuadrados
x	No cumple con lo requerido
P/N	Para el neutro
P/F	Para las fases

π

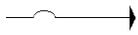
Pi

%

Porcentaje

plg.

Pulgadas



Ramal con su respectiva protección



Si cumple con lo requerido

Σ

Sumatoria

Z_{pu}

Valor de la impedancia en valores por unidad

V

Voltios

W

Watts

GLOSARIO

Amperio	Unidad de medida de la corriente eléctrica, que representa el número de cargas (<i>coulombs</i>) por segundo que pasan por un punto de un material conductor.
Breaker	Dispositivo eléctrico utilizado para la protección de circuitos eléctricos, protegen contra sobrecarga y cortocircuito.
Carga	Es la potencia que será demandada por una instalación eléctrica.
Circuito	El lazo cerrado o camino por el que fluye una corriente eléctrica o un flujo magnético.
Conductor	Un material que ofrece una baja resistencia al paso de la corriente eléctrica.
Consumo	Es la cantidad de energía utilizada por una instalación, en determinado tiempo.
Corriente	Un desplazamiento de cargas eléctricas medidas en amperios.

Corto circuito	Una conexión entre dos puntos de un circuito a través de una fuente de energía eléctrica, mediante un camino de baja resistencia.
EEMQ	Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango
Fusible	Elemento conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto valor determinado.
I tabla	Es el valor de la corriente nominal dividido entre factores como: continuidad del servicio, temperatura ambiente, material del tubo y número de conductores en el tubo.
Interruptor	Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico.
Lumen	Unidad de medida de flujo luminoso.
Luminaria	Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una lámpara, contiene otros accesorios para conectarla al circuito eléctrico.
Trifásico	Sistema eléctrico formado por tres líneas de tensión de igual magnitud, desfasadas 120°.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realiza un estudio de las instalaciones eléctricas del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dicho estudio muestra el estado actual de las instalaciones eléctricas, describe y cuantifica las características de las diferentes cargas instaladas en el Centro Universitario.

Con base en la información recopilada se realizó el rediseño de los sistemas de iluminación y fuerza de los diferentes edificios, se elaboraron los diagramas unifilares de los tableros primarios y secundarios. Dicho rediseño incluye el cálculo de conductores, tuberías y protecciones.

Los resultados teóricos obtenidos en el rediseño se compararán con los prácticos, dando una propuesta de mejoramiento a los problemas encontrados para que así puedan realizarse de una mejor manera las actividades docentes, estudiantiles y administrativas.

Finalmente, se propone un programa de mantenimiento y se realiza un análisis económico, cuya implementación permitirá evitar interrupciones en las actividades que se realizan diariamente, se le dará un mayor tiempo de vida útil y se obtendrá una mayor eficiencia de los dispositivos que integran el sistema eléctrico del Centro Universitario de Occidente.

OBJETIVOS

General

Estudiar el sistema eléctrico del Centro Universitario de Occidente (CUNOC) y proponer las mejoras correspondientes, mediante el recálculo de dichas instalaciones eléctricas, para que se realicen en mejores condiciones las actividades estudiantiles, docentes y administrativas.

Específicos

1. Realizar una investigación descriptiva y participativa mediante la técnica del diagnóstico, para priorizar los problemas en cuanto a las instalaciones eléctricas del CUNOC.
2. Desarrollar un análisis teórico de las instalaciones eléctricas, para determinar los parámetros técnicos de las instalaciones eléctricas con los que debería contar actualmente el CUNOC.
3. Comparar los resultados del análisis teórico con las instalaciones eléctricas actuales, determinar la ubicación de los sectores críticos y con esto realizar la propuesta de mejoramiento.
4. Elaborar un plan de mantenimiento y capacitar al personal del Departamento de Mantenimiento, para transmitir los criterios de operación y mantenimiento que se le deben de efectuar a las instalaciones eléctricas del CUNOC.

INTRODUCCION

El sistema eléctrico es uno de los elementos más importantes en un edificio, es por eso que se desea aprovechar al máximo todos los beneficios que proporciona, para lograr de esta manera, un mejor rendimiento en todas las actividades que se realicen dentro del mismo.

Actualmente, el aumento constante de la población universitaria en el Centro Universitario de Occidente, ha provocado que los diferentes edificios se saturen, ya que estos fueron diseñados para determinado número de estudiantes, el cual actualmente se ha sobrepasado; prueba de ello es que algunos de los salones de clases son utilizados como laboratorios, salones de cómputo, oficinas, etc., provocando de esta manera una sobrecarga en el sistema eléctrico, saturación de los conductores y un desbalance de cargas. En cuanto al mantenimiento brindado a los dispositivos eléctricos, no ha sido el adecuado, impidiendo de esta manera que los mismos brinden un servicio óptimo.

En el presente trabajo de graduación se presenta un estudio eléctrico de las instalaciones eléctricas actuales, donde se presentan los resultados del estudio de campo, del análisis teórico, de las mediciones realizadas y la interpretación de los resultados. De la cual se plantean las mejoras correspondientes, cuya implementación permitirá tener una red eléctrica eficiente y segura. Finalmente se realiza un análisis económico y se propone un plan de mantenimiento, con el cual se pretende mejorar la eficiencia de los dispositivos que conforman el sistema eléctrico del centro y darles un mayor tiempo de vida útil.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACION DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre los elementos que la constituyen se encuentran: tableros, medidores, luminarias, interruptores, transformadores, cables, conexiones, soportes, protecciones, etc.

Para que una instalación eléctrica cumpla con la necesidad del usuario debe encontrarse enlazada a un sistema que proporcione una buena calidad de servicio. Cuando se tiene calidad de servicio es porque el mismo es continuo, tiene una buena regulación de voltaje y frecuencia.

1.2. Características de las cargas

El Centro Universitario de Occidente (CUNOC) se caracteriza por tener cargas inductivas, entre las cuales se pueden mencionar como principal el sistema activo de iluminación, bombas de agua, equipos electrónicos de laboratorio, computadoras, fotocopadoras, equipo de oficina, cabe mencionar que los diferentes edificios fueron diseñados originalmente para ser usados como aulas, en la actualidad han sido modificadas las aulas por laboratorios, biblioteca, salas audiovisuales, salas de cómputo y oficinas.

Circuitos de iluminación: los circuitos de iluminación están constituidos por las luminarias que se encuentran en los distintos ambientes de los edificios, así como también en los pasillos interiores y exteriores de los mismos.

Circuitos de fuerza: los tomacorrientes actuales son de 120 voltios, los cuales se encuentran en cada uno de los ambientes de cada edificio como: aulas, baños, salones de catedráticos, salones de audiovisuales, laboratorios, etc.

La siguiente tabla describe las características de equipo eléctrico utilizado dentro de los edificios:

Tabla I. **Equipo eléctrico utilizado en los edificios**

Descripción del equipo	Voltaje nominal (Volts)	Potencia (Watts)
Lámparas fluorescentes (40w)	120	50
Lámparas fluorescentes (80w)	120	90
Computadoras	120	350
Cafetera	110	1090
Fotocopiadora de piso	120	1430
Fotocopiadora de mesa	120	480
Impresora	120	80
Ventilador tipo pedestal	120	90
Ventilador de techo	120	70
Horno microondas	120	1800

Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Estado actual y dimensionamiento de conductores

En las instalaciones eléctricas los elementos que proveen la trayectoria para la circulación de la corriente eléctrica son los conductores. Estos, generalmente están constituidos por un elemento conductor y un aislante. Los materiales que mayormente se utilizan para la construcción de los conductores son cobre y aluminio. Cada uno con las características y las aplicaciones especiales. Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica pero un mayor peso, mientras los de aluminio tienen una menor conductividad y un menor peso por lo que son más utilizados en tendidos de línea aérea.

Las características de los conductores utilizados en los diferentes circuitos del Centro Universitario de Occidente se muestran en el subcapítulo 1.5.

1.3. Tuberías

Las tuberías o canalizaciones eléctricas tienen como función principal proporcionar protección física a los conductores de cualquier instalación. De acuerdo a la interacción con los circuitos que contienen, se encuentran divididas en dos grandes grupos como lo son las tuberías magnéticas de construcción ferrosa y a las no magnéticas como son las de aluminio y plásticos.

En el Centro Universitario de Occidente se utilizan tuberías según lo requiera la instalación.

Entre los diferentes tipos de tuberías que se utilizan en el Centro Universitario se pueden mencionar:

- Tubo conduit galvanizado (pared gruesa)
- Tubos plásticos (poliducto)
- Tuvo flexible (BX)
- Tubo PVC eléctrico

La tubería para los circuitos de iluminación de los diferentes edificios esta empotrada en la pared y es tipo poliducto de $\frac{3}{4}$ de pulgada. La tubería para los circuitos de fuerza esta empotrada en la pared y piso, es tipo poliducto de $\frac{3}{4}$ de pulgada y la tubería entre los tableros principales y secundarios se muestra en las siguientes tablas.

Tabla II. **Características de la tubería del tablero principal A**

Circuito	Tubería Instalada (plg.)
Módulo D	2,5
Módulo 90	3
Módulo Administración	2,5
Oficinas de Registro	2,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Características de la tubería del tablero principal E**

Circuito	Tubería Instalada (plg.)
Primer Nivel	2
Segundo Nivel	2
Tercer Nivel	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Características de la tubería del tablero principal I**

Circuito	Tubería Instalada (plg.)
Primer Nivel #1	3
Primer Nivel #2	3
Primer Nivel #3	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Características de la tubería de los tableros del primer nivel a los tableros de los niveles 2 y 3 Módulo I**

Circuito	Tubería Instalada (plg.)
Segundo Nivel	2
Tercer Nivel	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Características del la tubería del tablero secundario D a los tableros de cada nivel Módulo D**

Circuito	Tubería Instalada (plg.)
Primer Nivel	2
Segundo Nivel	2
Tercer Nivel	2

Fuente: elaboración propia.

1.4. Protecciones

Se entiende por una instalación apropiadamente protegida a aquella en la cual se cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñen las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar daños por situaciones anormales de operación y aislar la zona específica donde aparece la falla, de tal forma que el resto de la instalación que no se encuentra implicada siga funcionando en las mejores condiciones posibles.

1.4.1. Corto circuito

Estos pueden llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica. Las causas más importantes que los ocasionan son fallas de aislamiento, errores de maniobra, deficiencia de mantenimiento, contaminación, etc.

1.4.2. Sobrecargas

Se trata de una corriente superior al valor nominal o valor calculado de la misma. El origen de la sobrecarga es una demanda de potencia superior a la nominal, o en algunos casos debido a problemas en la instalación.

1.4.3. Elementos de protección

Entre los elementos de protección con que cuenta el Centro Universitario de Occidente para la protección de las instalaciones eléctricas se encuentran:

- Interruptores termomagnéticos
- Fusibles
- Cuchillas

1.4.3.1. Interruptores electromagnéticos

Son elementos de uso generalizado para instalaciones eléctricas, desarrollan funciones de conexión, desconexión y protegen al circuito de corto circuitos y sobrecargas.

Está constituido por una caja plástica moldeada con terminales, una para unirse a la barra del tablero y la otra para la salida mediante el conductor y una palanca para el accionamiento que puede ser manual o motorizado.

El sistema de disparo del interruptor termo magnético funciona mediante el almacenamiento de energía mecánica por la compresión de un resorte, cuando se cierran los contactos, se oprime el resorte en donde se almacena la energía,

al operar el interruptor ya sea por sobrecarga o corto circuito la energía almacenada se libera separando los contactos.

La protección contra sobrecarga está constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como el tiempo que se mantenga, provoca un disparo que abre los contactos de todos los polos a la vez por medio de un enclavamiento mecánico, constituido por una barra que entrelaza los polos.

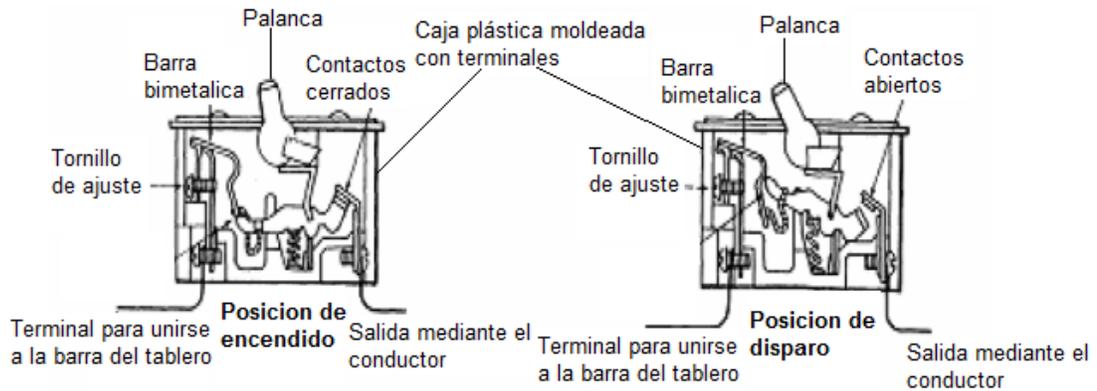
Cuando un interruptor electromagnético se dispara por sobre carga o corto circuito, la manija queda en una posición intermedia entre encendido y apagado, para restaurarlo debemos primeramente llevar la manija a la posición de apagado y luego de reparada la falla, pasar la manija a la posición de encendido.

La capacidad interrumpida o la potencia máxima de corto circuito que puede soportar un interruptor electromagnético está limitada por:

- La posición o separación de los contactos en posición abierta
- El tiempo máximo de apertura. Este tiempo a su vez depende generalmente de la cantidad de energía que almacena el resorte y de la fricción que existe en los pivotes del eje de los contactos.
- La capacidad de la cámara de extinción

La capacidad de corto circuito se especifica en KA. Si la corriente de corto circuito sobrepasa la capacidad interruptiva, primeramente, se pueden fundir los contactos, generando así un arco y la corriente como consecuencia lógica sigue fluyendo. La energía disipada en forma de calor aumenta considerablemente y puede llegar a estallar la caja del interruptor.

Figura 1. **Interruptor termomagnético**



Fuente: Enríquez Harper. El ABC de las instalaciones eléctricas. p.20.

1.4.3.2. **Prueba de disparo**

A continuación se presentan los diferentes tipos de pruebas que se le realizan a los interruptores termomagnéticos.

1.4.3.2.1. **Prueba de corto circuito térmico**

La prueba de disparo se realiza cuando la corriente pasa por un conductor paralelo a una tira bimetálica, calentándola en función de I^2 y el tiempo, así como a la disipación del mecanismo.

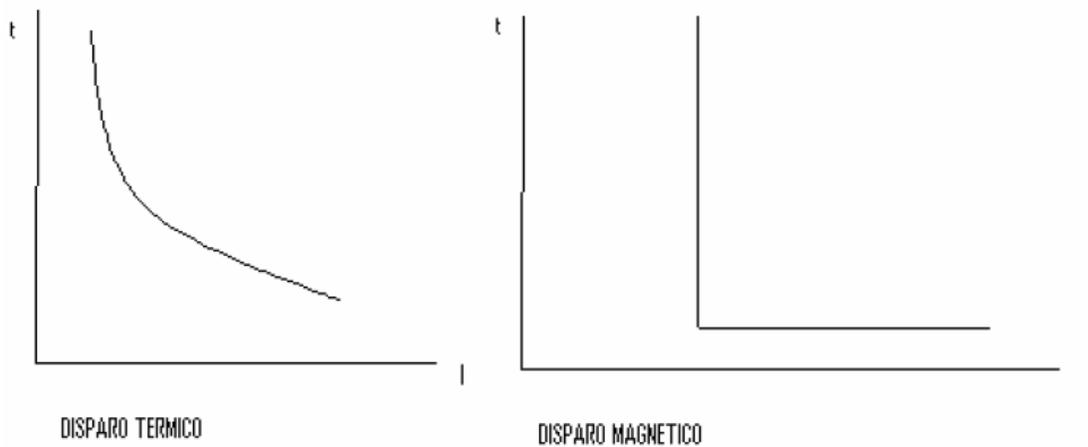
Al calentarse, la tira bimetálica se encorva, empujando una palanca del mecanismo de disparo, con lo que los contactos se abren rápidamente por la acción de un resorte tensado. Al dispararse, la palanca externa queda en una posición intermedia, indicando el disparo. Primero se tiene que bajar la palanca

para reponer el mecanismo de disparo y luego subirla, para cerrar nuevamente el circuito.

1.4.3.2.2. Prueba de disparo magnético

El disparo magnético se utiliza para la protección más rápida en caso de cortocircuito. Consiste en una bobina conectada en serie con la corriente, que al sobrepasar un cierto valor, atrae su armadura, que esta interconectada mecánicamente en el mecanismo de disparo. El elemento magnético generalmente es ajustable en cuanto a la corriente de disparo, el tiempo es fijo, casi instantáneo.

Figura 2. Pruebas de disparo de corto circuito térmico y disparo magnético



Fuente: Luis Méndez. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas. p.84.

1.4.3.3. Fusibles

Los fusibles presentan las siguientes particularidades de operación:

- Son de una operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe romperse el fusible completo o su elemento fusible.
- Son de operación individual ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el corto circuito o sobrecarga.
- Son más económicos comparados con otros elementos de protección
- Tienen una curva de operación muy inversa o tiempo de operación muy corto, lo cual hace que resulte difícil coordinarlo con otros tipos de protección que no sean fusibles.
- Tienen una potencia de corto circuito mayor o capacidad interrumpida mayor que otros dispositivos de protección.
- Si son de buena calidad, y preferentemente sellados, son seguros y difícilmente operan sin causa justificada, ahora si son de mala calidad y del tipo no-sellado puede llegar a existir una falla y estos no accionar poniendo en peligro toda la instalación.

En forma general podemos decir que un fusible es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él, pasa de cierto valor predeterminado. Cabe mencionar también que los fusibles darán únicamente una protección contra corto circuito y no contra sobrecargas.

1.5. Tableros

Como tablero eléctrico se conoce un gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contienen los elementos necesarios para la distribución de energía eléctrica a varios circuitos derivados.

1.5.1. Tableros principales

Están colocados en un cuarto eléctrico destinado exclusivamente para los tableros, son de tipo auto soportado y la alimentación se realiza directamente del secundario del transformador el cual pasa por su respectivo contador, dicho cuarto tiene el espacio suficiente para la circulación del personal de mantenimiento. El tablero principal A se encuentra a la par de la administración, el tablero principal E se encuentra en la parte de atrás del módulo de económicas y el tablero principal I se encuentra en la parte de atrás del módulo de ingeniería.

1.5.1.1. Características de los tableros principales

A continuación se presentan las características de los tableros principales, dentro de los parámetros que se detallan se encuentran: circuito, conductor, *breaker* actual, etc.

1.5.1.1.1. Tablero principal A

Las características del tablero son: trifásico, 240 V, 5 hilos, 36 polos y una capacidad de 600 A. A continuación se muestran los circuitos conectados al mismo.

Tabla VII. **Características del tablero principal A**

Circuito	Conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	Breaker instalado
Módulo D	3/0	85,01	210	3X200
Módulo 90	3/0	85,01	210	3X200
Módulo Administración	2	33,62	125	2X60
Oficinas de Registro	2	33,62	125	2X60

Fuente: elaboración propia.

1.5.1.1.2. **Tablero principal E**

Las características del tablero son: trifásico, 240 V, 4 hilos, 30 polos y una capacidad de 400 A. A continuación se muestran los circuitos conectados al mismo.

Tabla VIII. **Características del tablero principal E**

Circuito	Conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	Breaker instalado
Primer nivel	2	33,62	125	3X100
Segundo nivel	2	33,62	125	3X70
Tercer nivel	2	33,62	125	3X70

Fuente: elaboración propia.

1.5.1.1.3. Tablero principal I

Las características del tablero son: trifásico, 240 V, 4 hilos, 30 polos y una capacidad de 600 A. A continuación se muestran los circuitos conectados al mismo.

Tabla IX. Características del tablero principal I

Circuito	Conductor (AWG)	Área del conductor (mm ²)	Capacidad de conducción (A)	Breaker instalado
Primer nivel #1	3/0	85,01	210	3X200
Primer nivel #2	3/0	85,01	210	3X175
Primer nivel #3	6	13,30	65	2X70

Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Tableros secundarios

Los diferentes tableros secundarios se encuentran en los edificios y están alimentados por los respectivos tableros principales.

1.5.2.1. Características de los tableros secundarios

Las características de los tableros secundarios son: trifásicos, 120/240V, 4 hilos, 36 polos y una capacidad de 200A. A continuación se presentan las características de los tableros secundarios, dentro de los parámetros que se detallan se encuentran: circuito, conductor, *breaker* actual, etc.

Tabla X. **Características del tablero secundario D Módulo D**

Circuito	Conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	Breaker instalado
Primer nivel	2	33,62	125	3X100
Segundo nivel	2	33,62	125	3X100
Tercer nivel	2	33,62	125	3X100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Características del tablero primer nivel Módulo D**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el Tablero	Calibre del Conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	2	12	3,31	20	1X30
B	4	12	3,31	20	1X20
C	6	10	5,26	30	1X20
D	8	12	3,31	20	1X20
E	10	12	3,31	20	1X30
F	12	12	3,31	20	1X20
G	14	12	3,31	20	1X50
H	16	12	3,31	20	1X20
I	18	12	3,31	20	1X20
J	20	12	3,31	20	1X30
K	22	12	3,31	20	1X30
L	24	12	3,31	20	1X30
M	26	10	5,26	30	1X20
N	1	10	5,26	30	1X30
O	3	10	5,26	30	1X20
P	5	12	3,31	20	1X30
A1	7	12	3,31	20	1X30
B1	9	12	3,31	20	1X30
C1	11	12	3,31	20	1X30
D1	13	12	3,31	20	1X20
E1	15	12	3,31	20	1X20
F1	17	12	3,31	20	1X20
G1	19	12	3,31	20	1X20
H1	21	12	3,31	20	1X20
I1	23	12	3,31	20	1X20
J1	25	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Características del tablero segundo nivel Módulo D**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	2	12	3,31	20	1X30
B	4	12	3,31	20	1X20
C	6	12	3,31	20	1X20
D	8	12	3,31	20	1X20
E	10	12	3,31	20	1X30
F	12	12	3,31	20	1X30
G	14	12	3,31	20	1X30
H	16	12	3,31	20	1X30
I	18	12	3,31	20	1X20
J	20	12	3,31	20	1X30
K	22	12	3,31	20	1X30
L	1	12	3,31	20	1X20
M	3	12	3,31	20	1X30
N	5	10	5,26	30	1X30
O	7	12	3,31	20	1X20
P	9	12	3,31	20	1X20
Q	24	12	3,31	20	1X20
A1	11	12	3,31	20	1X20
B1	13	12	3,31	20	1X20
C1	15	12	3,31	20	1X20
D1	17	12	3,31	20	1X20
E1	19	12	3,31	20	1X20
F1	21	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Características del tablero tercer nivel Módulo D**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	2	12	3,31	20	1X30
B	4	12	3,31	20	1X20
C	6	12	3,31	20	1X20
D	8	12	3,31	20	1X20
E	10	12	3,31	20	1X30
F	12	12	3,31	20	1X30
G	16	12	3,31	20	1X20
I	18	12	3,31	20	1X30
J	20	12	3,31	20	1X20
K	22	12	3,31	20	1X20
L	24	12	3,31	20	1X20
M	26	12	3,31	20	1X30
N	28	12	3,31	20	1X30
O	30	12	3,31	20	1X20
P	1	12	3,31	20	1X20
R	5	12	3,31	20	1X30
S	7	12	3,31	20	1X30
A1	9	12	3,31	20	1X20
B1	11	12	3,31	20	1X30
C1	13	12	3,31	20	1X20
D1	15	12	3,31	20	1X20
E1	17	10	5,26	30	1X20
F1	19	10	5,26	30	1X20
G1	21	12	3,31	20	1X20
H1	23	12	3,31	20	1X20
I1	25	12	3,31	20	1X20
J1	27	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Características del tablero primer nivel Módulo 90**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	2	10	5,26	30	1X15
B	4	10	5,26	30	1X15
C	6	10	5,26	30	1X15
D	8	10	5,26	30	1X15
E	10	12	3,31	20	1X15
F	12	10	5,26	30	1X15
G	14	12	3,31	20	1X15
H	16	12	3,31	20	1X15
I	18	12	3,31	20	1X30
J	20	10	5,26	30	1X20
K	1	12	3,31	20	1X15
L	3	10	5,26	30	1X15
M	5	12	3,31	20	1X15
N	7	12	3,31	20	1X15
O	9	12	3,31	20	1X15
P	13	10	5,26	30	1X30
Q	15	10	5,26	30	1X15
R	17	12	3,31	20	1X15
S	19	12	3,31	20	1X15
T	21	12	3,31	20	1X20
U	25	12	3,31	20	1X15
W	33	10	5,26	30	1X30
X	28	1/0	53,49	155	3X100
Z	34	10	5,26	30	2X30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Características del tablero segundo nivel del Módulo 90**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	2	12	3,31	20	1X15
B	4	12	3,31	20	1X15
C	6	12	3,31	20	1X15
D	8	12	3,31	20	1X15
E	10	12	3,31	20	1X15
F	12	10	5,26	30	1X15
G	14	10	5,26	30	1X15
H	16	12	3,31	20	1X20
I	18	12	3,31	20	1X15
J	20	10	5,26	30	1X15
K	22	10	5,26	30	1X15
L	24	10	5,26	30	1X15
M	26	10	5,26	30	1X15
N	28	12	3,31	20	1X15
O	30	12	3,31	20	1X15
P	32	12	3,31	20	2X20
Q	36	10	5,26	30	1X15
R	1	12	3,31	20	1X30
S	3	10	5,26	30	1X15
T	5	10	5,26	30	1X15
U	7	10	5,26	30	1X15
W	11	10	5,26	30	1X40
A1	13	12	3,31	20	1X15
B1	15	12	3,31	20	1X15
C1	17	12	3,31	20	1X15
D1	21	10	5,26	30	1X40
E1	23	10	5,26	30	1X15
F1	25	10	5,26	30	1X15
G1	29	12	3,31	20	1X15
H1	31	10	5,26	30	1X15
I1	33	10	5,26	30	1X15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Características del tablero primer nivel Módulo E**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	7	12	3,31	20	1X20
E	9	12	3,31	20	1X20
F	11	12	3,31	20	1X20
G	13	12	3,31	20	1X20
H	15	10	5,26	30	1X30
J	25	12	3,31	20	1X20
K	27	12	3,31	20	1X20
L	22	10	5,26	30	1X20
M	24	10	5,26	30	1X20
N	26	10	5,26	30	1X20
O	1	10	5,26	30	1X20
P	3	12	3,31	20	1X20
Q	5	12	3,31	20	1X20
R	28	10	5,26	30	1X50
S	7	10	5,26	30	1X20
T	9	10	5,26	30	1X20
U	11	10	5,26	30	1X20
W	13	12	3,31	20	1X20
X	15	12	3,31	20	1X20
Z	17	10	5,26	30	2X30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Características del tablero segundo nivel Módulo E**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	10	5,26	30	1X20
B	3	10	5,26	30	1X20
C	5	10	5,26	30	1X20
D	7	10	5,26	30	1X30
E	9	12	3,31	20	1X20
F	11	10	5,26	30	1X20
G	13	12	3,31	20	1X20
H	15	12	3,31	20	1X20
I	17	12	3,31	20	1X20
J	19	12	3,31	20	1X20
K	21	10	5,26	30	1X20
L	2	12	3,31	20	1X20
M	4	12	3,31	20	1X20
N	6	12	3,31	20	1X20
O	8	10	5,26	30	1X20
P	10	10	5,26	30	1X20
Q	12	10	5,26	30	1X20
R	14	12	3,31	20	1X20
S	16	12	3,31	20	1X20
T	18	10	5,26	30	1X20
U	20	10	5,26	30	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Características del tablero tercer nivel Módulo E**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	10	5,26	30	1X20
B	3	10	5,26	30	1X20
C	5	10	5,26	30	1X20
D	7	10	5,26	30	1X40
E	9	12	3,31	20	1X20
F	11	10	5,26	30	1X20
G	13	10	5,26	30	1X20
H	15	12	3,31	20	1X20
I	17	10	5,26	30	1X20
J	19	10	5,26	30	1X20
K	2	12	3,31	20	1X20
L	4	10	5,26	30	1X20
M	6	10	5,26	30	1X20
N	8	10	5,26	30	1X20
O	10	10	5,26	30	1X20
P	12	10	5,26	30	1X20
Q	14	10	5,26	30	1X20
R	16	10	5,26	30	1X20
S	18	12	3,31	20	1X20
T	20	10	5,26	30	1X20
U	22	10	5,26	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Características del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	8	12	3,31	20	1X20
H	10	12	3,31	20	1X20
I	12	12	3,31	20	1X20
J	14	12	3,31	20	1X20
L	16	12	3,31	20	1X20
M	18	12	3,31	20	1X20
N	20	12	3,31	20	1X20
O	22	12	3,31	20	1X20
P	24	12	3,31	20	1X20
Q	26	12	3,31	20	1X20
R	28	12	3,31	20	1X20
S	30	12	3,31	20	1X20
T	32	12	3,31	20	1X20
Iluminación Exterior	34	8	8,36	50	2X20
Tablero 2.1	7	6	13,30	65	3X50
Tablero 3.1	13	6	13,30	65	3X70

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Características del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	7	12	3,31	20	1X20
H	9	12	3,31	20	1X20
I	11	12	3,31	20	1X20
J	13	12	3,31	20	1X20
K	8	12	3,31	20	1X20
L	10	12	3,31	20	1X20
M	12	12	3,31	20	1X20
N	14	12	3,31	20	1X20
Iluminación Parqueo	15	8	8,36	50	2X20
Tablero 2.2	19	6	13,30	65	3X70
Tablero 3.2	25	6	13,30	65	3X50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Características del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	7	12	3,31	20	1X20
E	9	12	3,31	20	1X20
F	11	12	3,31	20	1X20
G	13	12	3,31	20	1X20
Q	2	12	3,31	20	1X20
P	16	12	3,31	20	1X20
R	18	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Características del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	7	12	3,31	20	1X20
H	9	12	3,31	20	1X20
I	11	12	3,31	20	1X20
J	8	12	3,31	20	1X20
K	10	12	3,31	20	1X20
L	12	12	3,31	20	1X20
M	13	12	3,31	20	1X20
N	15	12	3,31	20	1X20
O	17	12	3,31	20	1X20
P	14	12	3,31	20	1X20
Q	16	12	3,31	20	1X20
R	18	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Características del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	7	12	3,31	20	1X20
H	9	12	3,31	20	1X20
I	11	12	3,31	20	1X20
J	8	12	3,31	20	1X20
K	10	12	3,31	20	1X20
L	12	12	3,31	20	1X20
M	13	12	3,31	20	1X20
N	15	12	3,31	20	1X20
O	17	12	3,31	20	1X20
P	14	12	3,31	20	1X20
Q	16	12	3,31	20	1X20
R	18	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Características del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	7	12	3,31	20	1X20
H	9	12	3,31	20	1X20
I	11	12	3,31	20	1X20
J	8	12	3,31	20	1X20
K	10	12	3,31	20	1X20
L	12	12	3,31	20	1X20
M	13	12	3,31	20	1X20
N	15	12	3,31	20	1X20
O	14	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Características del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
B	3	12	3,31	20	1X20
C	5	12	3,31	20	1X20
D	2	12	3,31	20	1X20
E	4	12	3,31	20	1X20
F	6	12	3,31	20	1X20
G	7	12	3,31	20	1X20
H	9	12	3,31	20	1X20
I	11	12	3,31	20	1X20
J	8	12	3,31	20	1X20
K	10	12	3,31	20	1X20
L	12	12	3,31	20	1X20
M	13	12	3,31	20	1X20
N	14	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Características del tablero Módulo administración**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	1	12	3,31	20	1X20
B	2	12	3,31	20	1X20
C	5	10	5,26	30	1X30
D	6	10	5,26	30	1X20
E	7	10	5,26	30	1X30
F	8	10	5,26	30	1X30
G	9	12	3,31	20	1X20
H	10	10	5,26	30	1X30
I	11	10	5,26	30	1X30
J	12	12	3,31	20	1X20
K	13	10	5,26	30	1X30
L	14	12	3,31	20	1X20
M	15	12	3,31	20	1X40
N	16	12	3,31	20	1X30
O	17	12	3,31	20	1X30
P	18	12	3,31	20	1X30
Q	20	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Características del tablero oficinas de registro**

Circuito	Núm. de <i>breaker</i> en el tablero	Calibre del conductor (AWG)	Área del conductor (mm ²)	Capacidad de conducción (A)	<i>Breaker</i> instalado
A	13	12	3,31	20	1X20
B	14	10	5,26	30	1X20
C	15	12	3,31	20	1X20
D	16	12	3,31	20	1X20
E	17	12	3,31	20	1X20
F	18	12	3,31	20	1X20
G	19	12	3,31	20	1X20
H	20	12	3,31	20	1X20
I	21	12	3,31	20	1X20
J	22	12	3,31	20	1X20
K	23	12	3,31	20	1X20
L	24	12	3,31	20	1X20

Fuente: elaboración propia.

1.6. Iluminación

El alumbrado es una parte integral de cualquier actividad, ya que con él se hacen visibles los objetos y se obtienen efectos agradables y decorativos. Las personas pueden observar los objetos porque estos reflejan la luz desde la superficie hacia los ojos. Si un objeto blanco se encuentra en una habitación oscura, el mismo sería incapaz de ser percibido por la vista si no existiera alguna fuente de luz que produjera que el objeto reflejara esta luz hacia los ojos, esta es la gran importancia que tiene la iluminación.

1.6.1. Lámparas de descarga

En estas lámparas la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas, en lugar de atravesar un hilo o filamento, como en

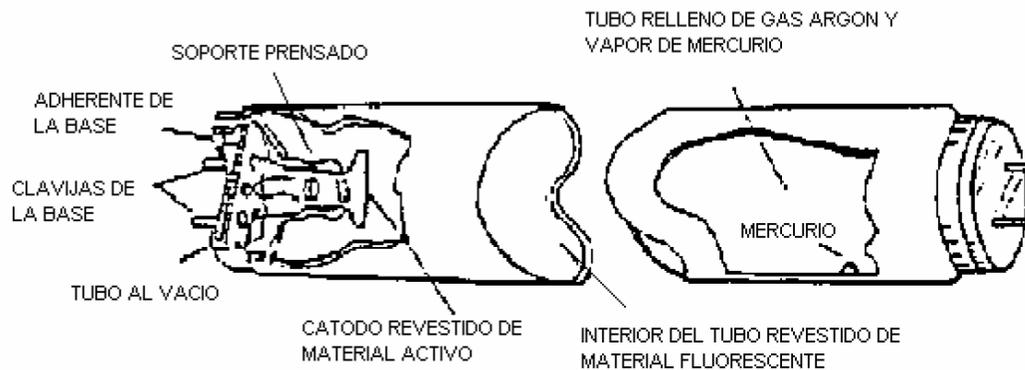
el caso de las lámparas incandescentes. Un vacío determinado de la lámpara y una tensión lo suficientemente elevada en sus bornes o contactos hacen al gas conductor, permitiendo que se establezca la corriente entre dos electrodos situados en extremos opuestos de la misma. Los electrones que forman la corriente o arco de descarga circulan con grandes velocidades a través del gas, chocando continuamente con los átomos de este. El impacto altera por un momento, las posiciones normales de los electrones de dichos átomos, los cuales tienden a recuperarlas lo más rápidamente posible. En este movimiento de recuperación al estado normal, la energía absorbida en el choque la devuelven en forma de luz.

Las lámparas de descarga tienen resistencia eléctrica de característica negativa, esto es, la resistencia disminuye facilitando el paso de la corriente eléctrica a medida que aumenta la temperatura; por ello, si se conectan directamente a la red eléctrica la intensidad de corriente absorbida iría aumentando y con ella la temperatura. Lo que daría lugar rápidamente a la destrucción de la lámpara. Para evitar esto las lámparas de descarga deben conectarse a través de una bobina de inducción reactancia que limite el aumento de la corriente eléctrica.

La producción de luz y su colorido en las lámparas de descarga dependen fundamentalmente de la naturaleza o clase del gas, de la presión que rodea el arco, de la temperatura y de la tensión aplicada. Como conductores gaseosos se emplean principalmente el mercurio y el sodio. Entre las principales lámparas de descarga eléctrica figuran las denominadas fluorescentes, mercurio y sodio. Las lámparas fluorescentes poseen excelentes características luminotécnicas para proporcionar la cantidad, la calidad y el tono de luz requeridos en la moderna iluminación, además de presentar la ventaja económica que supone el elevado rendimiento luminoso y su gran duración en comparación con las

lámparas de incandescencia, han conseguido que se generalice el uso en el alumbrado de industrias, oficinas, comercios, locales públicos, viviendas, etc.

Figura 3. **Lámpara de descarga**



Fuente: C.F.P. Ricaldone. Instalaciones eléctricas residenciales. p.22.

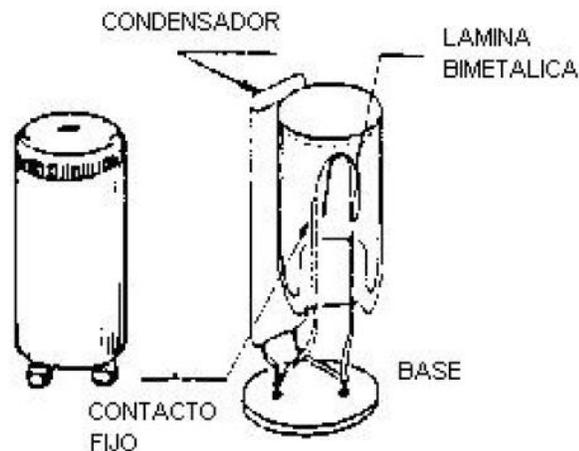
Las lámparas de descarga presentan un elevado rendimiento luminoso y una larga vida, siendo de esta manera las más adecuadas a utilizar en donde se requiera una iluminación rica y abundante. El empleo está especialmente indicado para el moderno alumbrado urbano, industrial, residencial, etc. Además de otras aplicaciones de carácter especial. Para la conexión y funcionamiento de luminarias fluorescentes son necesarios los siguientes accesorios:

- Arrancador
- Reactor

1.6.1.1. Arrancador

Es un interruptor automático que consiste en un tubo de vidrio sellado de gas argón. Al cerrar el circuito de arranque las puntas de la lámina fija y de la móvil (bimetálica) se separan y se produce entre ellos una descarga lumínica; se calientan las láminas y cierran el circuito. De esto se aprovecha el reactor para calentar los filamentos y hacen funcionar los tubos.

Figura 4. Arrancador



Fuente: C.F.P. Ricaldone. Instalaciones eléctricas. p.23.

1.6.1.2. Reactor

Llamado también balastro o transformador para lámpara fluorescente sirve para limitar el paso de la corriente al valor que la lámpara puede soportar, y para elevar la tensión al prender la lámpara.

El reactor cumple la función principal de producir tensión inicial necesaria para el encendido del tubo fluorescente, pero también limita la corriente cuando aumenta la tensión por causas externas o cuando disminuye la tensión.

1.6.2. Revisión visual

En el Centro Universitario de Occidente se presenta un problema de iluminación por el escaso mantenimiento que se le brinda a las luminarias, esto puede observarse ya que cuando se queman las lámparas de los edificios, las mismas no son reemplazadas con rapidez como se debería de hacer. Otro aspecto es que la limpieza de las luminarias no se realiza en intervalos adecuados, para obtener los niveles de iluminación deseados y así, realizar las distintas actividades de una manera más eficiente y comfortable.

1.6.3. Sistema de alumbrado

Los sistemas de alumbrado se clasifican normalmente en varios tipos, partiendo del alumbrado directo al indirecto de acuerdo a las características de la distribución de los rayos luminosos por los artefactos del alumbrado.

Existen dos tipos de fuentes de luz que se utilizan en el CUNOC, las cuales son: fluorescentes y de mercurio.

1.6.4. Iluminación del parqueo

El Centro Universitario cuenta con cinco parqueos, los cuales se encuentran iluminados con sistemas compuestos por lámparas de mercurio de 220 voltios.

1.7. Bancos de transformadores

El CUNOC cuenta con tres bancos de transformadores con las siguientes características:

- Tres transformadores convencionales
- Capacidad de los transformadores 25 KVA por unidad
- Conexión estrella/estrella
- Alimentan a los tableros principales E, I y a la bomba de agua por medio de un sistema trifásico de cuatro conductores.

El banco de transformadores que alimenta al tablero principal A posee las siguientes características:

- Tres transformadores convencionales
- Capacidad del los transformadores 100 KVA por unidad
- Conexión estrella/estrella
- Alimentan al tablero por medio de un sistema trifásico de cuatro conductores.

2. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. Cálculo de conductores eléctricos

La selección del calibre del conductor que llevará la corriente a un dispositivo específico debe realizarse tomando en cuenta los siguientes criterios:

- La capacidad de transporte del conductor
- La caída de voltaje o regulación (distancia de transportación)
- Análisis económico

Los primeros dos factores se deben considerar por separado para el análisis y luego deben compararse para la toma de decisión. Es normal que los dos resultados difieran por lo que se debe tomar el factor que indica la mayor sección transversal, ya que de esta forma cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

2.1.1. Cálculo de conductores por corriente

Este método utiliza la potencia aparente que esté conectada en el momento que se realiza el cálculo y el voltaje nominal de la instalación. Con estos datos se obtiene la corriente del circuito, esta corriente debe dividirse entre diferentes factores tales como:

- Continuidad del servicio
- Temperatura ambiente
- Material del tubo
- Número de conductores en el tubo

Para aplicar los factores se deben de tomar en cuenta los siguientes criterios: si el servicio es continuo (conectado más de tres horas) un factor de corrección de 0,8, si no de 1. Si el tubo es metálico un factor de corrección de 1 y si es no metálico un factor de 0,8. Una vez teniendo el valor de la corriente ya dividida dentro de los factores anteriormente mencionados, se procede a buscar dicho valor en la tabla de capacidad de conductores (ver anexo A) y ver el calibre de conductor que corresponde. Dichos factores se muestran en las siguientes tablas.

Tabla XXVIII. **Factores de corrección de acuerdo al número de conductores en tubo**

Nro. de conductores	Factor de corrección de capacidad de conducción
4 a 6	80 %
7 a 24	70 %
25 a 42	60 %
Más de 42	50 %

Fuente: Eduardo Campero. Tabla 5.1 a factores de corrección por agrupamiento. p. 102.

Tabla XXIX. **Factores de corrección por temperatura ambiente**

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima, permisible en el aislamiento en °C			
	60	75	85	90
31-40	0,82	0,88	0,9	0,91
41-45	0,71	0,82	0,85	0,87
46-50	0,58	0,75	0,8	0,82
51-55	0,41	0,67	0,74	0,76
56-60		0,58	0,67	0,71
61-70		0,35	0,52	0,58
71-80			0,3	0,41

Fuente: Eduardo Campero. Tabla 5.1 b factores de corrección por agrupamiento. p.102.

El NEC recomienda no cargar un conductor sobre el 80 % de la capacidad nominal cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico y pueden existir sobrecargas o desbalances, lo cual hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor.

$$I_{\text{nominal del cable}} = I_{\text{nominal del circuito}} / \text{factores de corrección}$$

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de un conductor, con los siguientes datos:

Voltaje= 120 V

Potencia= 800 W

Factor de servicio continuo= 0,8

Factor de temperatura ambiente= 1

Factor de número de conductores en tubo= 0,7

Factor de material del tubo= 1

$$I_{\text{nominal del circuito}} = \frac{800}{120} = 6,67 \text{ A}$$

$$I_{\text{nominal del cable}} = \frac{6,67}{(0,8)(1)(0,7)(1)} = 11,90 \text{ A}$$

Al buscar la corriente nominal del cable en la tabla (anexo A) se observa que el calibre que corresponde es un 12 AWG.

2.2. Cálculo de protecciones

Las protecciones eléctricas a los circuitos son sumamente importantes ya que de esta manera los mismos son protegidos de las fallas, ya sea que estas ocurran dentro o fuera de la instalación eléctrica.

Con la correcta coordinación de las protecciones se logra aislar solamente la parte de la instalación afectada, mientras las otras zonas continúan funcionando sin interrupción alguna, lográndose una continuidad del servicio.

A continuación la fórmula para calcular la corriente nominal del interruptor de protección.

$$I_{\text{nominal del interruptor}} = 1,25 * I_{\text{nominal del circuito}}$$

2.3. Cálculo de conductores y protecciones del sistema eléctrico del CUNOC

El método que se utilizó para calcular los conductores de los diferentes edificios del CUNOC fue el método por corriente, expuesto en la sección 2.1.1. y para las protecciones el método expuesto en la sección 2.2.

2.3.1. Cálculo de conductores y protecciones de los tableros principales

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones de los tableros principales.

Tabla XXX. Cálculo de conductores y protecciones del tablero principal A

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)
Módulo D	120	19 493,33	162,44	170,99	2/0	200
Módulo 90	120	13 128,89	109,41	115,17	1/0	200
Módulo Administración	120	5 120,00	42,67	44,91	6	60
Oficinas de Registro	120	3 480,00	29,00	30,53	8	50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero principal E**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)
Primer nivel	120	8 200,00	68,33	85,42	2	100
Segundo nivel	120	6 613,33	55,11	68,89	4	100
Tercer nivel	120	6 640,00	55,33	69,17	4	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero principal I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)
Primer nivel #1	120	11 306,67	94,22	117,78	1/0	150
Primer nivel #2	120	11 231,11	93,59	116,99	1/0	150
Primer nivel #3	120	4 120,00	34,33	42,92	8	50

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Cálculo de conductores y protecciones del Módulo D

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones correspondientes al Módulo D.

Tabla XXXIII. **Cálculo de conductores y protecciones tablero secundario D Módulo D**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)
Primer nivel	120	6 506,67	54,22	67,78	2	100
Segundo nivel	120	6 213,33	51,78	64,72	2	100
Tercer nivel	120	6 773,33	56,44	70,56	2	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero
primer nivel Módulo D**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)	Descripción
A	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
B	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
C	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
D	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
E	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
F	120	1200	10,00	17,86	12	20	Iluminación
G	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
H	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
I	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
J	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
K	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
L	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
M	120	1120	9,33	16,67	12	20	Iluminación
N	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
O	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
P	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
A1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
B1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
C1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
D1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
E1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
F1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
G1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
H1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
I1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
J1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero
segundo nivel Módulo D**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)	Descripción
A	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
B	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
C	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
D	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
E	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
F	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
G	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
H	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
I	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
J	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
K	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
L	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
M	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
N	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
O	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
P	120	1200	10,00	17,86	12	20	Iluminación
Q	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
A1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
B1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
C1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
D1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
E1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
F1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero
tercer nivel Módulo D**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)	Descripción
A	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
B	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
D	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
E	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
F	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
G	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
I	120	1200	10,00	17,86	12	20	Iluminación
J	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
K	120	640	5,33	9,52	12	20	Iluminación
L	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
M	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
N	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
O	120	800	6,67	11,90	12	20	Iluminación
P	120	720	6,00	10,71	12	20	Iluminación
R	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
S	120	960	8,00	14,29	12	20	Iluminación
A1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
B1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
C1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
D1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
E1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
F1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
G1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
H1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
I1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza
J1	120	600	5,00	8,93	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Cálculo de conductores y protecciones del Módulo 90

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones correspondientes al Módulo 90.

Tabla XXXVII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero primer nivel Módulo 90**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor (A)	Descripción
A	120	1600,00	13,33	20,83	10	30	Iluminación
B	120	1480,00	12,33	19,27	12	20	Iluminación
C	120	1520,00	12,67	19,79	12	20	Iluminación
D	120	1640,00	13,67	21,35	10	30	Iluminación
E	120	1600,00	13,33	20,83	10	30	Iluminación
F	120	1480,00	12,33	19,27	12	20	Iluminación
G	120	1600,00	13,33	20,83	10	30	Iluminación
H	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
I	120	2200,00	18,33	28,65	10	30	Iluminación
J	120	1800,00	15,00	23,44	10	30	Iluminación
K	120	1600,00	13,33	20,83	10	30	Iluminación
L	120	1600,00	13,33	20,83	10	30	Iluminación
M	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
N	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
O	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
P	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
Q	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
R	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
S	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
T	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
U	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
W	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
X	120	7666,67	63,89	70,99	4	100	Alimentación 2do. Nivel
Z	120	2600,00	21,67	33,85	10	30	Iluminación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Cálculo de conductores y protecciones tablero
segundo nivel Módulo 90**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
B	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
D	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
E	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
F	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
G	120	800	6,67	10,42	12	20	Iluminación
H	120	800	6,67	10,42	12	20	Iluminación
I	120	880	7,33	11,46	12	20	Iluminación
J	120	880	7,33	11,46	12	20	Iluminación
K	120	880	7,33	11,46	12	20	Iluminación
L	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
M	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
N	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
O	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
P	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
Q	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
R	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
S	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
T	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
U	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
W	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
A1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
B1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
C1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
D1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
E1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
F1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
G1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
H1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
I1	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Cálculo de conductores y protecciones Módulo E

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones correspondientes al Módulo E.

Tabla XXXIX. Cálculo de conductores y protecciones del tablero primer nivel Módulo E

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
B	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
C	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
D	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
E	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
F	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
G	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
H	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
J	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
K	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
L	120	1600	13,33	20,83	10	30	Iluminación
M	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
N	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
O	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
P	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
Q	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
R	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
S	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
T	120	1600	13,33	20,83	10	30	Iluminación
U	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
W	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
X	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
Z	120	1800	15,00	23,44	10	30	Iluminación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero segundo nivel Módulo E**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
B	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
C	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
D	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
E	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
F	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
G	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
H	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
I	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
J	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
K	120	1800	15,00	23,44	10	30	Iluminación
L	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
M	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
N	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
O	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
P	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
Q	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
R	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
S	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
T	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
U	120	1600	13,33	20,83	10	30	Iluminación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero tercer nivel Módulo E**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
B	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
C	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
D	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
E	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
F	120	600	5,00	7,81	12	20	Fuerza
G	120	1600	13,33	20,83	10	30	Iluminación
H	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
I	120	1600	13,33	20,83	10	30	Iluminación
J	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
K	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
L	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
M	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
N	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
O	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
P	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
Q	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
R	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
S	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
T	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
U	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación

Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Cálculo de conductores y protecciones Módulo I

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones correspondientes al Módulo I.

Tabla XLII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
B	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
C	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
D	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
E	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
F	120	960,00	8,00	12,50	12	20	Iluminación
G	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
H	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
I	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
J	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
L	120	1400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
M	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
N	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
O	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
P	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
Q	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
R	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
S	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
T	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
Iluminación Exterior	120	1200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
Tablero 2.1	120	5493,33	45,78	57,22	6	70	Alimentador
Tablero 3.1	120	4466,67	37,22	46,53	8	50	Alimentador

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 2
primer nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
B	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
C	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
D	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
E	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
F	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
G	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
H	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
I	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
J	120	800,00	6,67	10,42	12	20	Fuerza
K	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
L	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
M	120	1 400,00	11,67	18,23	12	20	Iluminación
N	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
Iluminación Parqueo	120	1 200,00	10,00	15,63	12	20	Iluminación
Tablero 2.2	120	6 333,33	52,78	65,97	6	70	Alimentador
Tablero 3.2	120	4 560,00	38,00	47,50	8	50	Alimentador

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 3
primer nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
B	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
D	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
E	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
F	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
G	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
Q	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
P	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
R	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 1
segundo nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del Conductor (AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
B	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
D	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
E	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
F	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
G	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
H	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
I	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
J	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
K	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
L	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
M	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
N	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
O	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
P	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
Q	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
R	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero núm. 2
segundo nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor(AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	800	6,67	10,42	12	20	Iluminación
B	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
C	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
D	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
E	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
F	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
G	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
H	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
I	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
J	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
K	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
L	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
M	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
N	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
O	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
P	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
Q	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
R	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero
núm. 1 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor(AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
B	120	1400	11,67	18,23	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
D	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
E	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
F	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
G	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
H	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
I	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
J	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
K	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
L	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
M	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
N	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
O	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero
núm. 2 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor(AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
B	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
C	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
D	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
E	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
F	120	1200	10,00	15,63	12	20	Iluminación
G	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
H	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
I	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
J	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
K	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
L	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
M	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza
N	120	800	6,67	10,42	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Cálculo de conductores y protecciones Módulo administración

A continuación se presentan los cálculos de conductores y protecciones correspondientes al Módulo Administración.

Tabla XLIX. Cálculo de conductores y protecciones del tablero
Módulo administración

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor(AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
B	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
C	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
D	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
E	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
F	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
G	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
H	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
I	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
J	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
K	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
L	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
M	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
N	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
O	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
P	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
Q	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Cálculo de conductores y protecciones del tablero oficinas de registro**

Circuito	Voltaje (V)	Potencia (W)	I nominal (A)	I tabla (A)	Calibre del conductor(AWG)	Capacidad del interruptor(A)	Descripción
A	120	960	8,00	12,50	12	20	Iluminación
B	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
C	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
D	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
E	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
F	120	720	6,00	9,38	12	20	Iluminación
G	120	640	5,33	8,33	12	20	Iluminación
H	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
I	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
J	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
K	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza
L	120	400	3,33	5,21	12	20	Fuerza

Fuente: elaboración propia.

2.4. Cálculo de corrientes de corto circuito

Corto circuito es el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, el cual ocurre generalmente por accidente. Con el estudio del cortocircuito se calcula el máximo valor de la corriente y el comportamiento durante el tiempo que permanece el cortocircuito, esto permite determinar el valor de corriente que debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente.

Las características de los elementos que soportan cortocircuitos son:

- Robustez suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos de la máxima fuerza posible.
- Capacidad de los conductores para soportar los esfuerzos térmicos de la corriente más alta que puede ocurrir.
- Rapidez de respuesta del sistema de protecciones para interrumpir y aislar la zona donde aparezca un cortocircuito.
- Capacidad de los interruptores para disipar la energía del arco

Las protecciones de toda instalación deben estar diseñadas para operar con seguridad en condiciones extremas y para aislar las partes dañadas de tal forma que pueda continuar el mayor número de equipos cercanos a la falla.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito se considera que el voltaje durante una falla de cortocircuito es igual al voltaje que existía un instante antes de la falla, aplicando el teorema de Thévenin: la corriente de cortocircuito en un punto es igual al cociente del voltaje que había en ese punto antes de ocurrir la falla, entre la impedancia equivalente del sistema visto desde el punto de análisis (incluyendo la impedancia de la fuente); con todas las otras fuentes de voltaje iguales a cero.

La corriente de falla en un instante se obtiene simplemente con la ley de Ohm.

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{eq}}$$

Lo que se pretende es hallar la impedancia equivalente en los diferentes instantes de la falla, al determinarlas se reduce el circuito a una sola fuente de voltaje con una impedancia.

Para la protección en edificios contra cortocircuitos y sobrecargas se utilizan: interruptores o flipones, fusibles (solo protegen contra cortocircuito), interruptores de circuito con relevadores y relevadores térmicos de corriente inversa.

Para nuestro análisis solo tomaremos en cuenta los interruptores termomagnéticos y calcularemos la I_{cc} desde la acometida de la EEMQ hasta el lugar de instalación de los tableros de los diferentes módulos, entre los cuales hay una distancia de 40 mts. y tomaremos nuestra $Z_{pu} = 2\%$ o 0.02.

2.4.1. Cálculo de la corriente de corto circuito de los tableros principales E e I

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{nom LL}} = \frac{75,000}{\sqrt{3} * 240} = 180,4 \text{ A}$$

$$I_{cc} = \frac{I_{nom T}}{Z_{T eq}} = \frac{180,4}{0,02} = 9\ 021,1 \text{ A}$$

2.4.2. Cálculo de la corriente de corto circuito del tablero principal A

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{nom LL}} = \frac{300\ 000}{\sqrt{3} * 240} = 0,72 \text{ kA}$$

$$I_{cc} = \frac{I_{nom T}}{Z_{T eq}} = \frac{721,7}{0.02} = 36,1 \text{ kA}$$

2.5. Cálculo de tuberías

A continuación se detallan todos los lineamientos necesarios para calcular el diámetro de las tuberías en una instalación eléctrica.

2.5.1. Número de conductores en tubería

Los conductores eléctricos para su instalación necesitan de elementos que los protejan, por lo cual normalmente van alojados dentro de algún tipo de ducto: tubos de acero o de materiales plásticos, estos ductos pueden fijarse en las paredes, techos o pueden ir de manera subterránea. Tanto los conductores como los ductos deben protegerse contra daños mecánicos y apartarse de fuentes de calor. En ambientes corrosivos se aplica recubrimiento necesario para canalizaciones metálicas.

Debido a que la capacidad de conducción se calcula para cierta condición, debe procurarse que los alimentadores tengan las mismas características de ventilación y agrupamiento en todo su trayecto.

Para el cálculo del diámetro de tuberías donde irán alojados varios conductores, debe tomarse en cuenta la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluido su aislamiento) y el área transversal del tubo. A esta relación se le llama factor de relleno. Según la norma NEC para un conductor puede ser de 53 %, para dos conductores se limita a un máximo de 31 % y para tres conductores o más a un 40 %. También hay otro factor a tomar en cuenta que es el factor de arreglo el cual es de 0,8

por la norma NEC, esto debido a que el área del cobre del conductor no es igual al área del conductor forrado. Las fórmulas para el cálculo de las tuberías se muestran a continuación.

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4}$$

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\sum A_{\text{conductores}}}{F.A \cdot F.R}$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum A_{\text{conductores}}}{\pi \cdot F.A \cdot F.R}}$$

Donde:

A_{tubo} = área de la tubería

Φ = diámetro de la tubería

F.A = factor de arreglo = 0,8

F.R = factor de relleno

Tabla LI. **Número de conductores de acuerdo al diámetro de la tubería**

CALIBRE AWG o MCM	DIÁMETRO DE TUBERÍA EN PULGADAS									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3

Fuente: National Electrical Code (NEC).

2.5.2. Selección de la tubería cuando los conductores no son del mismo calibre

Estas condiciones se dan cuando existen diferentes calibres de los conductores y se trata de que exista una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de la canalización, a esta relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$F = a/A$$

Donde:

F= factor de relleno

a= la sección transversal del conjunto de conductores

A= la sección transversal de la canalización

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para las instalaciones realizadas con tubería:

- 53 % para un conductor
- 31 % para dos conductores
- 40 % para tres o más conductores

En la tabla siguiente se pueden observar las diferentes áreas para conductores TW y THW de acuerdo a su calibre.

Tabla LII. **Área para conductores TW o THW**

CALIBRE AWG o MCM	TIPO DE AISLANTE TW o THW
	Área aproximada plg ²
14	0.0206
12	0.0251
10	0.0311
8	0.0526
6	0.0819
4	0.1087
2	0.1473
1/0	0.2367
2/0	0.2781
3/0	0.3288
4/0	0.3904
250	0.4877
300	0.5581
350	0.6291
400	0.6969

Fuente: National Electrical Code (NEC).

2.5.3. Cálculo de tubería del sistema eléctrico del CUNOC

A continuación se presentan los cálculos de la tubería del sistema eléctrico del CUNOC, las fórmulas utilizadas para los cálculos fueron las descritas en la sección anterior.

Tabla LIII. Cálculo de la tubería del tablero principal A

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Nro. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	φ (mm)	φ (plg)
Módulo D	3/0	4	794,2	2 836,43	60,10	2,5
Módulo 90	3/0	4	794,2	2 836,43	60,10	2,5
Módulo Administración	2	4	351	1 253,57	39,95	2
Oficinas de Registro	2	4	351	1 253,57	39,95	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. Cálculo de la tubería del tablero principal E

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Nro. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	φ (mm)	φ (plg)
Primer nivel	2	4	351	1253,57	39,95	2
Segundo nivel	2	4	351	1 253,57	39,95	2
Tercer nivel	2	4	351	1 253,57	39,95	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Cálculo de la tubería del tablero principal I**

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Nro. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	φ (mm)	φ (plg)
Primer nivel #1	3/0	4	794,2	2 836,43	60,10	2,5
Primer nivel #2	3/0	4	595,7	2 127,50	52,05	2,5
Primer nivel #3	6	4	192,1	686,07	29,56	1,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Cálculo de la tubería del tablero secundario D a cada nivel**

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Núm. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	φ (mm)	φ (plg)
Primer nivel	2	4	351	1 253,57	39,95	2
Segundo nivel	2	4	351	1 253,57	39,95	2
Tercer nivel	2	4	351	1 253,57	39,95	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Cálculo de la tubería de los tableros del primer nivel a los tableros de los niveles 2 y 3 Módulo I**

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Núm. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	φ (mm)	φ (plg)
Segundo nivel	6	4	192,1	686,07	29,56	1,5
Tercer nivel	6	4	192,1	686,07	29,56	1,5

Fuente: elaboración propia

Tabla LVIII. **Cálculo de la tubería promedio de los tableros secundarios de los diferentes módulos**

Circuito	Calibre del conductores(AWG)	Núm. de conductores en tubo	ΣA	A tubo	ϕ (mm)	ϕ (plg)
Iluminación	12	6	72	257,14	18,09	0,75
Fuerza	14	6	56	200,00	15,96	0,75
Ilum. O Fuerza	10	5	80	285,71	19,07	0,75

Fuente: elaboración propia.

2.6. Conceptos de iluminación

A continuación se presentan algunas definiciones para que se pueda tener una mejor comprensión sobre el tema.

2.6.1. Coeficiente de utilización (CU)

Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por una luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas de la luminaria. Por esta razón, el coeficiente de utilización lo debe proporcionar el fabricante de la luminaria, ya que este depende de las características físicas y de las lámparas de la misma.

Debido a que existen estándares de formas para las luminarias, se tienen tablas que se pueden utilizar como aproximaciones bastante exactas.

2.6.2. Curva de distribución

Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria. Se presenta en coordenadas polares y los valores están en candelas.

2.6.3. Luz

Es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible es la que actúa sobre el ojo y estimula, está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3.800 a 7,800 ángstrom.

2.6.4. Flujo luminoso

Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente de iluminación en una unidad de tiempo, su unidad de medida es el lumen.

2.6.5. Nivel de iluminación

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. Se utiliza también el pie-candela (en inglés *footcandle*) como unidad de nivel de iluminación. Se suele representar el nivel de iluminación con la letra E.

$$E = \Phi / A$$

Donde:

E= nivel de iluminación en lux

φ = flujo luminoso en lúmenes

A= área iluminada en m²

2.6.6. Pasos que se deben seguir para calcular un sistema de iluminación

- Determinar el tipo de trabajo que se desarrolla en el local. Con esta información, se determinará la calidad y cantidad de luz que se necesita. El Illuminating Engineering Society of North American indica los niveles de iluminación recomendados para todos específicos, (ver anexo A).
- Determinar las características física y operacionales del área y como se usa. Esto incluye dimensiones del local, valores de reflectancia, localización de plano de trabajo, etc.
- Seleccionar la luminaria que se usará. Algunos de los factores que ayudan a determinar la luminaria que deberá usarse son:
 - Altura de montaje
 - Tipo de lámpara seleccionada
 - Característica de depreciación de la luminaria
 - Restricciones físicas del montaje

- Mantenimiento requerido (limpieza del reflector y reemplazo de las lámparas).
- Costo, tamaño y peso
- Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de pérdida de luz se pueden dividir en dos categorías:
 - No recuperables
 - Recuperables

Con el fin de simplificar los cálculos se usan solamente los factores que afectan en mayor proporción la pérdida de luz:

L.L.D.: depreciación de lúmenes de la lámpara

L.D.D.: depreciación de la luminaria

Multiplicando estos dos factores se obtendrá el factor de mantenimiento (F.M).

Los factores de depreciación de los lúmenes de la lámpara y de la luminaria, debido al polvo, se pueden determinar con los datos proporcionados por el fabricante.

- Determinar el coeficiente de utilización (C.U)

Primero se calcula la relación del ambiente.

$$RR = \frac{\text{Área}}{[hcc * (\text{largo} + \text{ancho})]}$$

Donde:

RR= relación ambiente

h_{cc} = altura a la que va a estar colocada la lámpara

Conociendo el RR y la reflectancia de las superficies del local se encuentra CU, en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para la luminaria que se usara(Ver anexo A).

- Cálculo del número de luminarias requeridas: con los datos anteriores se debe aplicar la fórmula siguiente:

$$\text{Núm. de luminarias} = \frac{\text{área} * \text{nivel de iluminación}}{(\text{número de lámparas}) * (\text{lúmenes por lámpara}) * (\text{C. U}) * (\text{F. M})}$$

2.6.7. Cálculos de Iluminación de aulas y oficinas del CUNOC

A continuación se presentan los cálculos de iluminación de aulas y oficinas de los diferentes módulos del CUNOC, las fórmulas utilizadas fueron las descritas en la sección anterior.

Tabla LIX. Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo D

Descripción	Largo	Ancho	H	RR local	Coef. K	Nivel de iluminación	FM	Luminarias teóricas	Luminarias aprox.
Aulas módulo D	12	9	2	2,57	0,76	500	0,65	17,60	18
Oficinas módulo D	2,75	2,5	1,7	0,77	0,42	500	0,65	2,04	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo 90**

Descripción	Largo	Ancho	H	RR local	Coef. K	Nivel de iluminación	FM	Luminarias teóricas	Luminarias aprox.
Aulas módulo 90	7	3,5	2	1,17	0,54	500	0,65	5,59	6
Oficinas módulo 90	2,75	2,5	1,6	0,82	0,44	500	0,65	1,95	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo E**

Descripción	Largo	Ancho	H	RR local	Coef. K	Nivel de iluminación	FM	Luminarias teóricas	Luminarias aprox.
Aulas módulo E	11	8	1,9	2,44	0,75	500	0,65	14,57	15
Oficinas módulo E	3	2	1,6	0,75	0,41	500	0,65	1,82	2

Fuente: elaboración propia

Tabla LXII. **Cálculos de iluminación aulas y oficinas Módulo I**

Descripción	Largo	Ancho	H	RR local	Coef. K	Nivel de iluminación	FM	Luminarias teóricas	Luminarias aprox.
Aulas módulo I	11	8	2	2,32	0,74	500	0,65	14,79	15
Oficinas módulo I	8	4	2	1,33	0,58	500	0,65	6,88	7

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Cálculos de iluminación oficinas administración y registro**

Descripción	Largo	Ancho	H	RR local	Coef. K	Nivel de iluminación	FM	Luminarias teóricas	Luminarias aprox.
Oficinas Admon.	3	2,5	1,9	0,72	0,40	500	0,65	2,34	3
Oficinas Registro	3	2,5	1,9	0,72	0,40	500	0,65	2,34	3

Fuente: elaboración propia.

2.7. Red de tierras

La física acepta la convención que el globo terráqueo tiene un potencial eléctrico de cero voltios, en la práctica esto es muy importante, ya que el suelo es considerado como un conductor de la corriente eléctrica, de manera que un conductor conectado a ella pasa a tener el mismo potencial y este es también llamado tierra (*earth, ground*). El término masa es utilizado cuando no se trata de una tierra verdadera, sino de un chasis, un soporte metálico o bastidor.

También se representa comúnmente por las siglas GND o en algunos instrumentos por las letras E o G. En el tendido de cables es indicado con el aislante de color verde, amarillo, verde-amarillo o un cable desnudo.

La instalación de un Sistema de Puesta a Tierra permite la protección de las personas y los bienes, contra los efectos de las caídas de rayos, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y contactos indirectos por corrientes de fugas a tierra. Por lo tanto, la ejecución correcta del sistema de puesta a tierra brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

2.7.1. Puesta a tierra

Se le llama sistema de puesta a tierra, a la unión eléctrica entre todas las masas metálicas de una instalación y por lo menos un electrodo dispersor enterrado en el suelo, con el fin de conseguir una unión con la menor resistencia eléctrica posible entre las masas y la tierra. Si esa unión se realiza sin interposición de impedancia alguna, se dice que es una puesta a tierra directa, en caso contrario sería una vinculación indirecta.

Se entiende por masa a las partes metálicas accesibles de los elementos de la instalación y de los aparatos eléctricos, separados de las partes bajo tensión por el aislamiento funcional. Asimismo, los contactos indirectos son aquellos que se establecen con piezas conductoras (elementos inactivos) que, sin estar normalmente bajo tensión, pueden estarlo por un defecto del aislamiento. La peligrosidad está en que los usuarios se acerquen a las masas sin saber que están energizadas.

Con el sistema de puesta a tierra se busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocará la carcasa metálica bajo tensión. De esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra, en lugar de hacerlo por el cuerpo de la persona.

Las normas de aplicación establecen que, en las instalaciones eléctricas en general se conectarán al sistema de puesta a tierra:

- Las instalaciones de pararrayos
- Las instalaciones de antenas, tanto de TV como de FM

- Los tomacorrientes y las masas metálicas de baños y cocinas
- Las estructuras metálicas y las armaduras de columnas y muros de hormigón.
- Las instalaciones ejecutadas con tubos metálicos de: agua y calefacción, calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable de baja tensión.

Por este motivo, en los aparatos y en la instalación eléctrica, hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente al sistema de puesta a tierra. En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

2.7.2. Condición actual

Los edificios de administración, módulo 90 y módulo D cuentan con un sistema de red de tierras pero el mismo está deteriorado y no se encuentra en uso. Los módulos E e I sí cuentan con un sistema de tierras.

Debido a lo indicado en el párrafo anterior se detallan los siguientes conceptos a tomar en cuenta para poner en funcionamiento el sistema de tierras de los módulos indicados.

2.7.2.1. Factores que influyen en la resistividad del terreno

Desde el punto de vista eléctrico, un terreno se caracteriza por la resistividad. Es importante que la resistividad sea lo más baja posible. Puesto que los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a la composición, un terreno dado tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La resistividad aparente, no es constante en el tiempo y se ve afectado por varios factores, siendo los principales:

- Naturaleza del terreno
- Humedad
- Temperatura
- Salinidad
- Estratigrafía
- Variaciones estacionales

2.7.2.2. Electrodo de puesta a tierra

Son varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y con menor resistividad eléctrica. Son muy importantes en terrenos sin vegetación y cuya superficie al quedar expuesta a los rayos del sol, esté completamente seca. Los electrodos se fabrican con tubos o varillas de acero galvanizado o bien con varillas de *copperweld*, debido a su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión.

Ahora bien, todo metal convertido en electrodo e introducido en un terreno más o menos húmedo, se corroe debido a las siguientes causas:

- Reacción química entre el agua del terreno y el electrodo
- Ataque de los agentes químicos contenidos en el terreno
- Corrientes eléctricas que atraviesan el terreno
- Corrientes galvánicas

2.7.2.3. Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra

Se puede clasificar a los materiales que forman el pozo de puesta a tierra de la siguiente manera:

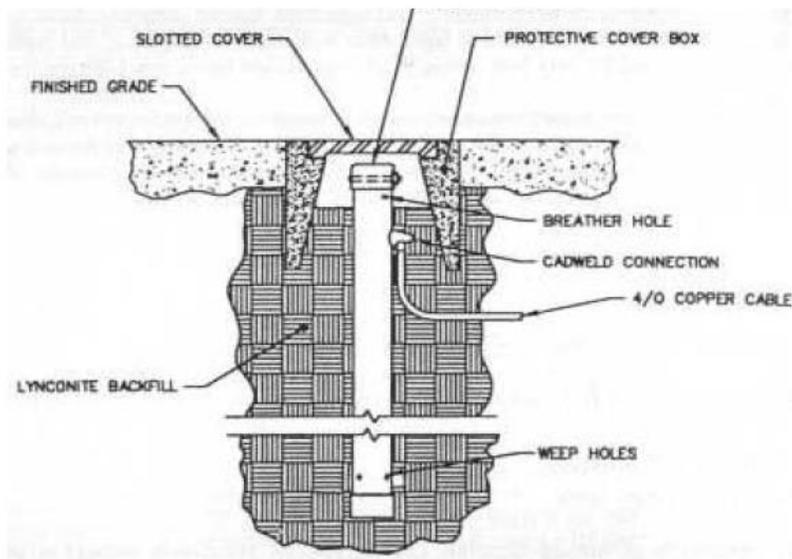
- Material circundante al electrodo
- Elementos químicos para reducir la resistencia de puesta a tierra
- Conectores entre el electrodo y conductor de puesta a tierra
- Protección externa del pozo

La elección e instalación de los materiales debe ser tal que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme a las normas de protección y se mantenga la estabilidad de la resistencia.
- Las corrientes de falla a tierra y fuga circulen sin peligro, según sollicitaciones térmicas y electromecánicas.
- La solidez y protección mecánica estén aseguradas, según condiciones estimadas de influencia externa.

Ahora bien, el problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociado con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el pozo. El relleno ideal debe compactarse fácilmente, no ser corrosivo, ser buen conductor eléctrico, y no debe dañar el ambiente, ni perjudicar la vida o la fauna. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio, el sulfato de cobre, o compuestos químicos patentados (THOR GEL, GEM, GAP, etc.) cumplen con esos requisitos.

Figura 5. **Varilla electroquímica**



Fuente: CHÁVEZ, Rolando. Análisis comparativo de métodos de medición de redes de tierra. p.29.

2.7.2.4. Consideraciones para un buen diseño de sistema de puesta a tierra de equipos eléctricos

El trayecto a tierra desde circuitos, equipos y cubiertas conductoras debe:

- Ser permanente y continuo
- Tener suficiente capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente de falla probable que pueda circular en él.
- Tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar la tensión a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito.

Un sistema de puesta a tierra bien diseñado, considera:

- La conexión de la varilla de tierra
- Conectar a tierra el tubo conduit metálico del conductor del sistema de puesta a tierra.
- Emplear las charolas y las tuberías metálicas roscadas como conductores de puesta a tierra.
- Usar los interruptores automáticos con detector de falla a tierra en los garajes, cocinas, y obras en construcción.

2.8. Pararrayos

Son elementos de protección contra descargas atmosféricas que se producen por la presencia de nubes, que debido a la fricción del aire con pequeñas gotas de agua se cargan negativamente. Un sistema de pararrayos consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados

en las partes superiores de los objetos a proteger. Se conectan entre sí al sistema de tierras. Existen varios tipos de pararrayos entre los cuales se pueden mencionar.

Pararrayos de alta tensión impulsiva. La presencia de cargas eléctricas en la cúspide de una punta, de signo contrario a la masa nubosa debajo de la cual está colocada, favorece el paso de las descargas eléctricas y por consiguiente, la captación de los rayos. Un sistema de tensión impulsiva genera impulsos eléctricos adecuados para poder crear penachos en su cúspide. La zona de frecuencia escogida para estos impulsos permite la supresión del fenómeno de cargas de espacio, conservando al camino ionizado las propiedades de avance preferencial de energía atmosférica del campo eléctrico ambiental que existe en el momento de la tormenta. El pararrayos capta y transforma esta energía en impulsos de alta tensión, de amplitud y frecuencias determinadas.

Pararrayos piezoeléctricos o ionizantes: el principio del pararrayos piezoeléctrico se basa en varios factores: el reforzamiento del campo eléctrico local, la excitación e iniciación del efecto corona y las condiciones favorables para el desarrollo de dicho efecto.

2.8.1. Condición actual

Los diferentes edificios del Centro Universitario de Occidente no cuentan con sistema de pararrayos, pero es recomendable la instalación de dicho sistema ya que protegería al equipo eléctrico, y a las personas que pudieran tener contacto con alguna instalación eléctrica o estructura metálica de los mismos durante una descarga electroatmosférica sobre alguno de los edificios.

2.8.2. Cálculo de pararrayos

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, dado que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres o esquinas de estructuras o edificios. Según el Lightning Protection Code (NFPA), un objeto está razonablemente protegido cuando queda bajo un cono cuyo vértice superior es la punta de la barra, y que tiene una base de radio igual a dos veces la altura de la punta.

La NFPA establece un método de construcción de sistemas de pararrayos en edificios, consistente en lo siguiente:

- Las barras puntiagudas deben estar conectadas, al menos, a dos conductores que vayan a la tierra en direcciones opuestas y con las trayectorias más cortas posibles.
- Las curvaturas de los conductores deben ser lo más amplias posibles y nunca formar ángulos menores a 90°. Deben estar colocados en el lado exterior de los muros y protegidos contra daños metálicos (entubados) en zonas de tránsito.
- Los cables conductores y de interconexión no deben ser menores al cable número 2 AWG.
- Las varillas que sirven como terminal puntiaguda deben tener una altura mínima de 0,6 metros y la misma sección neta especificada para los cables.

- En edificios con azoteas planas las terminales puntiagudas deben colocarse en todas las esquinas y sobre las orillas con una separación máxima de 7,5 metros. En el interior de la azotea la separación puede ser hasta de 15 metros.
- El material de las varillas y de todos los elementos del sistema debe estar protegido contra la oxidación y el envejecimiento.

3. DIAGRAMAS UNIFILIARES DE LOS TABLEROS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

3.1. Diagrama Unifilar

Los diagramas unifilares son la representación gráfica y simbólica, por medio de una sola línea de todo el equipo y elementos que forman parte de las redes de distribución de energía eléctrica de una instalación. Por medio de un diagrama unifilar se determina de una mejor forma los elementos que integran las instalaciones.

El diseño de una instalación eléctrica tiene origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga del lugar, con proyección a un futuro de mediano plazo.

Los diagramas unifilares internos de la instalación, nos permitirán conocer la distribución de los elementos hacia las cargas que se encuentran instaladas, por medio de estos, será más fácil identificar los circuitos de iluminación y fuerza, que se tiene dentro del edificio y en caso de producirse algún tipo de falla interrumpir solamente la zona afectada, haciendo que los demás ambientes no sufran discontinuidad en el servicio.

3.2. Tableros principales

A continuación se presenta la ubicación y el diagrama unifilar de los tableros principales.

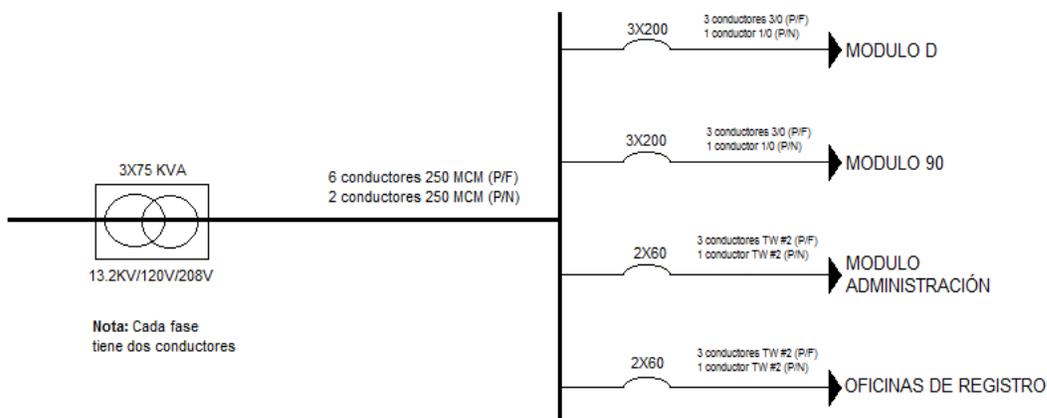
3.2.1. Tablero principal A

El tablero principal se encuentra ubicado a la par del módulo de administración.

3.2.1.1. Diagrama Unifilar tablero principal A

A continuación se muestra el Diagrama Unifilar del tablero principal A, mostrando así mismo los ramales que tiene conectados.

Figura 6. Diagrama Unifilar del tablero principal A



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

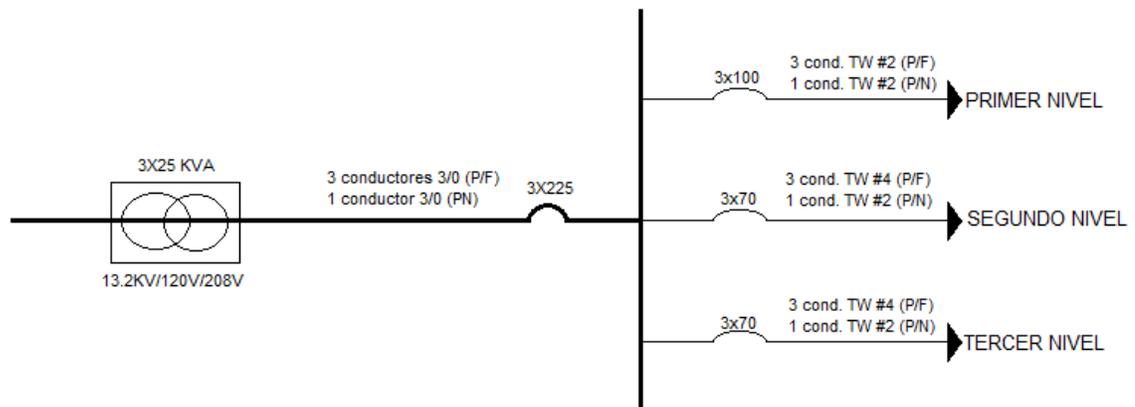
3.2.2. Tablero principal E

El tablero principal se encuentra en la parte de atrás del módulo E.

3.2.2.1. Diagrama Unifilar tablero principal E

A continuación se muestra el Diagrama Unifilar del tablero principal E, mostrando así mismo los ramales que tiene conectados.

Figura 7. Diagrama Unifilar del tablero principal E



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

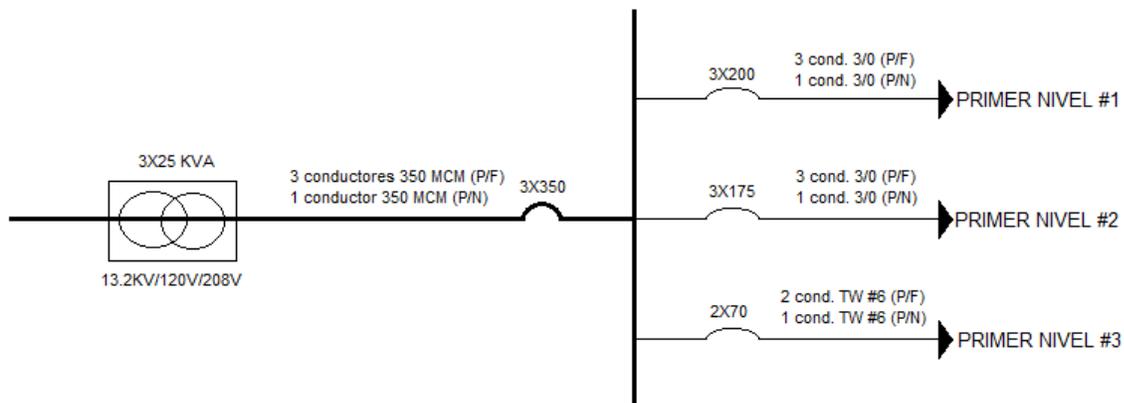
3.2.3. Tablero principal I

El tablero principal se encuentra en la parte de atrás del módulo I.

3.2.3.1. Diagrama Unifilar tablero principal I

A continuación se muestra el Diagrama Unifilar del tablero principal I, mostrando así mismo los ramales que tiene conectados.

Figura 8. Diagrama Unifilar del tablero principal I



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

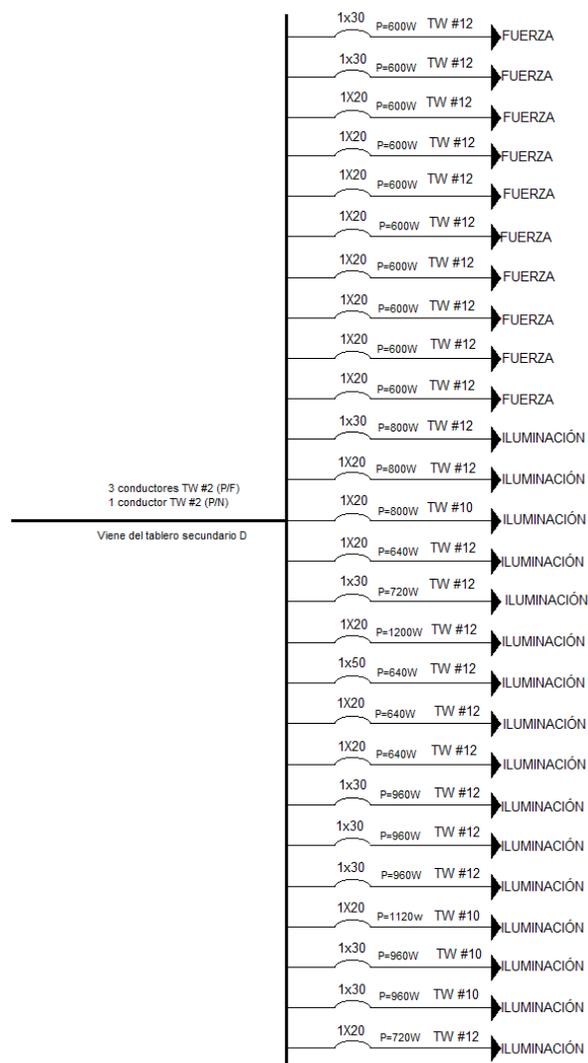
3.3. Tableros secundarios

A continuación se presentan los diagramas unifilares de los diferentes tableros secundarios.

3.3.1. Diagramas Unifilares Módulo D

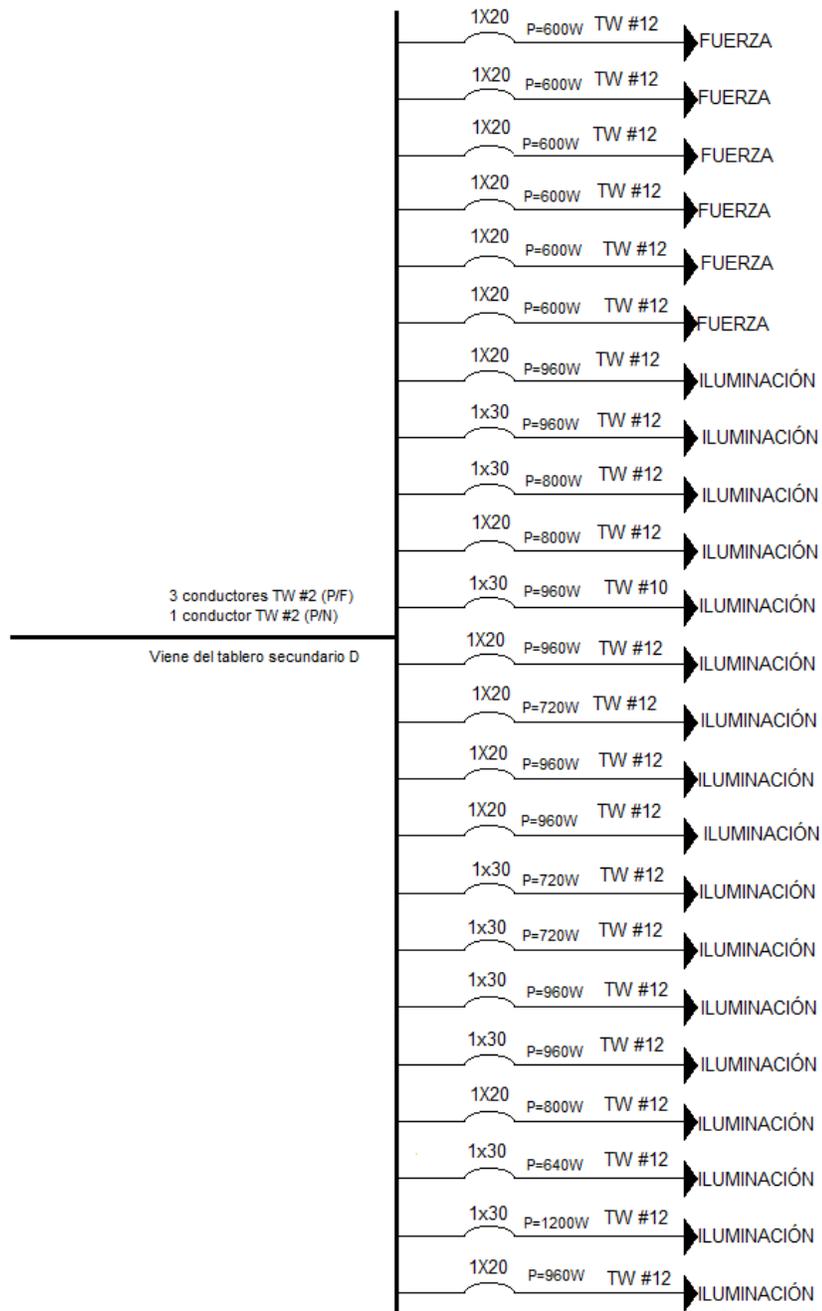
A continuación se presentan los diagramas unifilares de los niveles uno, dos y tres del Módulo D.

Figura 9. Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo D



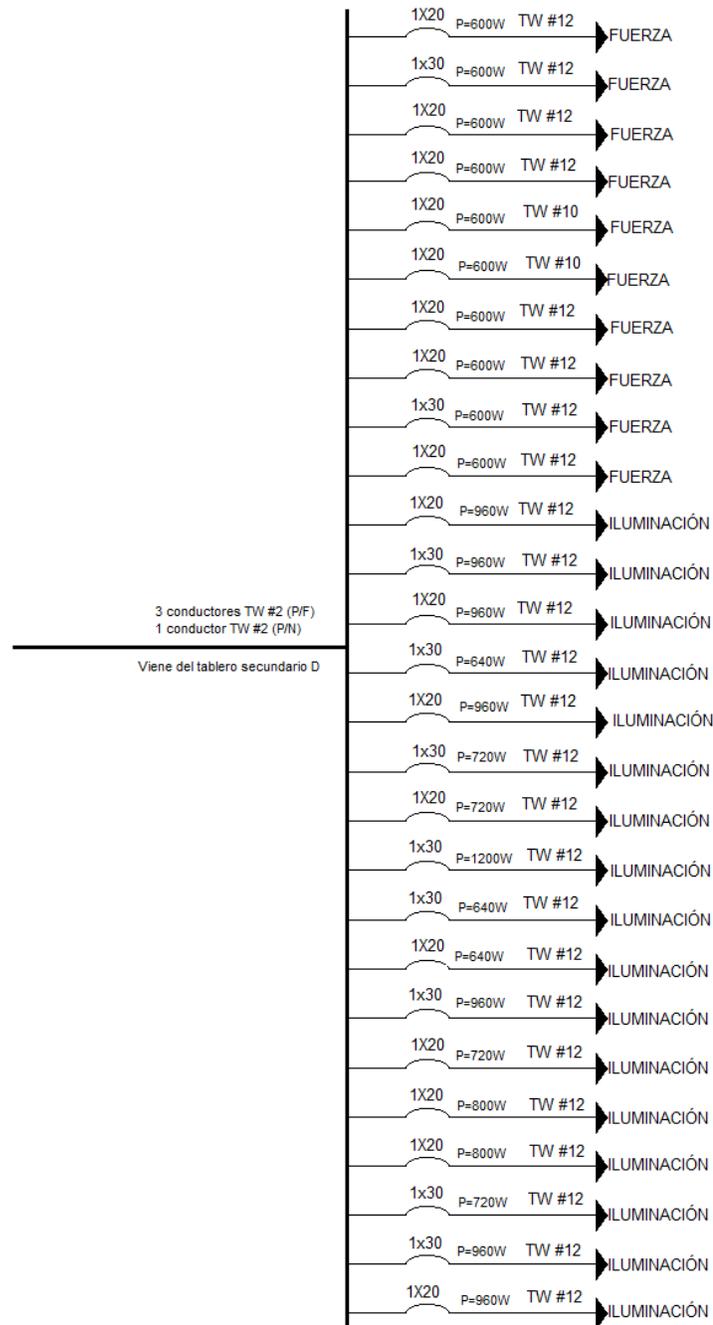
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 10. Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo D



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 11. Diagrama Unifilar del tablero del tercer nivel Módulo D

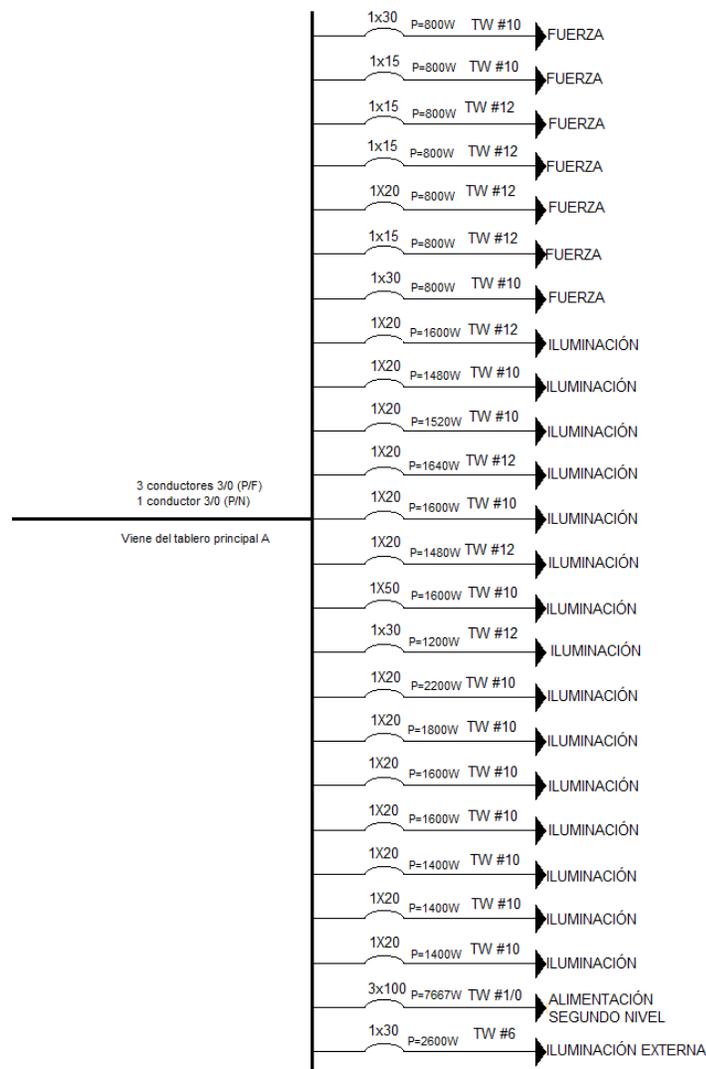


Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

3.3.2. Diagramas Unifilares Módulo 90

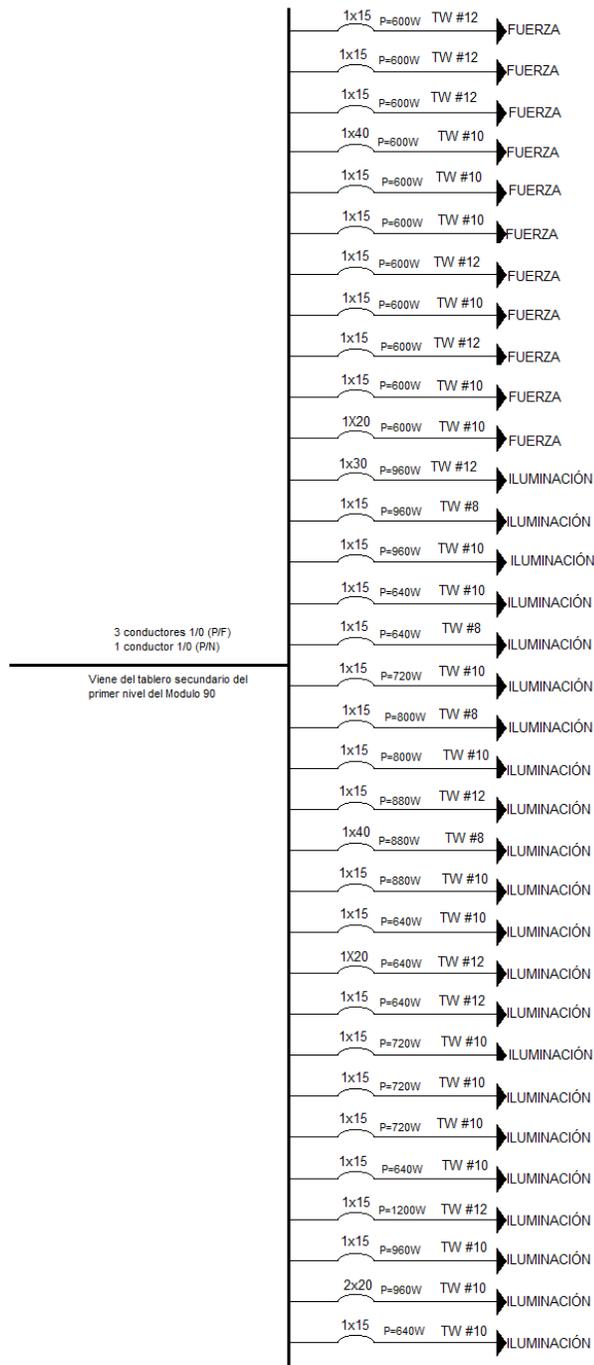
A continuación se presentan los diagramas unifilares de los niveles uno y dos del Módulo 90.

Figura 12. Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo 90



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 13. Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo 90

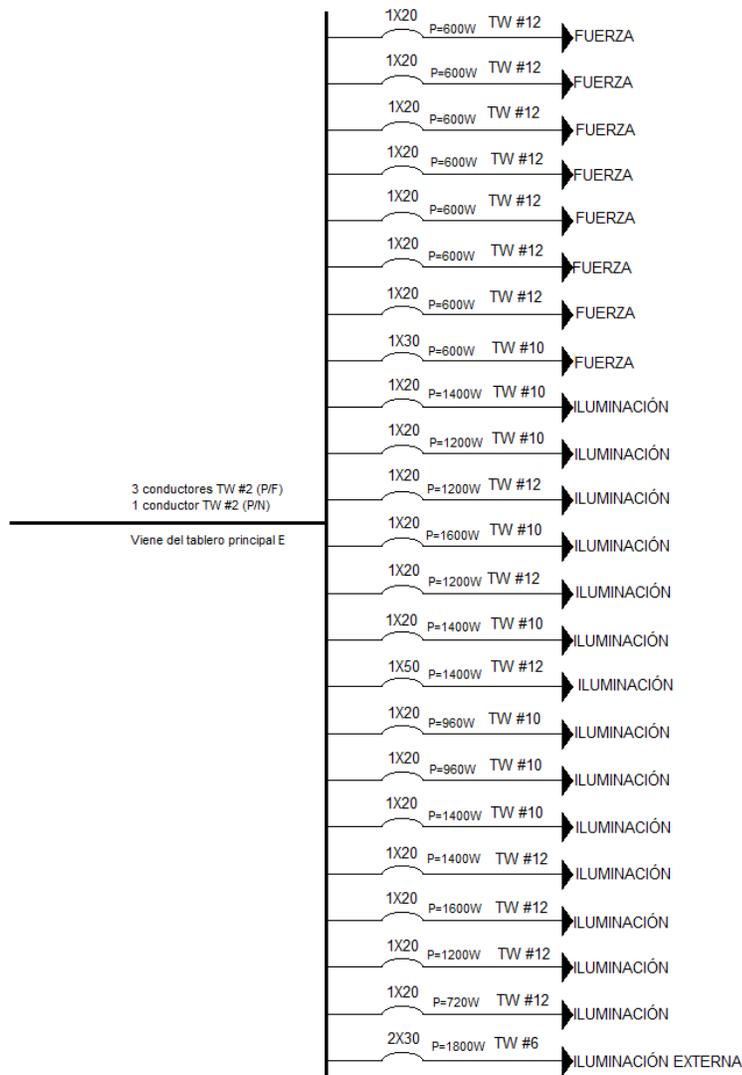


Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

3.3.3. Diagramas Unifilares Módulo E

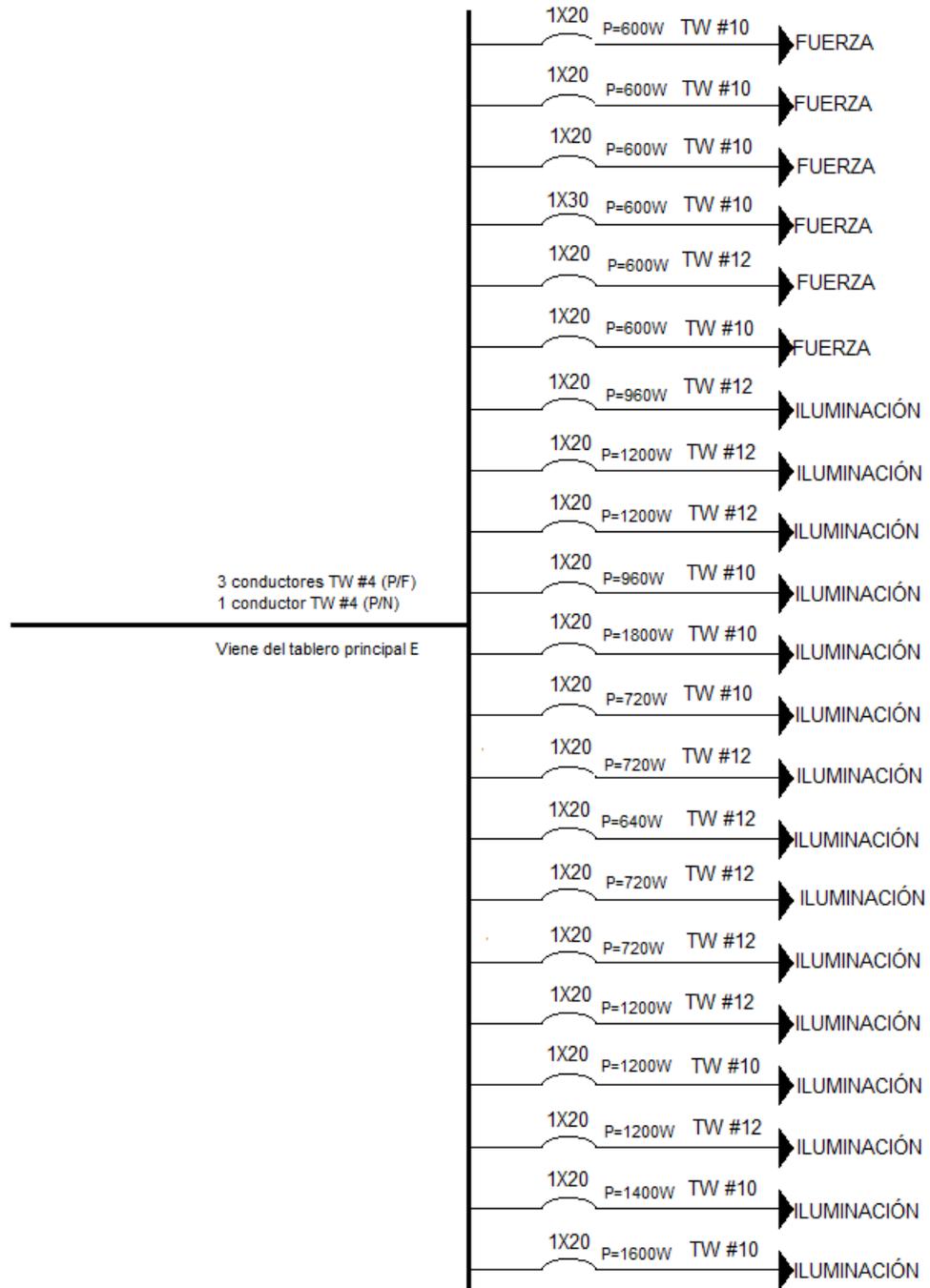
A continuación se presentan los diagramas unifilares de los niveles uno, dos y tres del Módulo E.

Figura 14. Diagrama Unifilar del tablero del primer nivel Módulo E



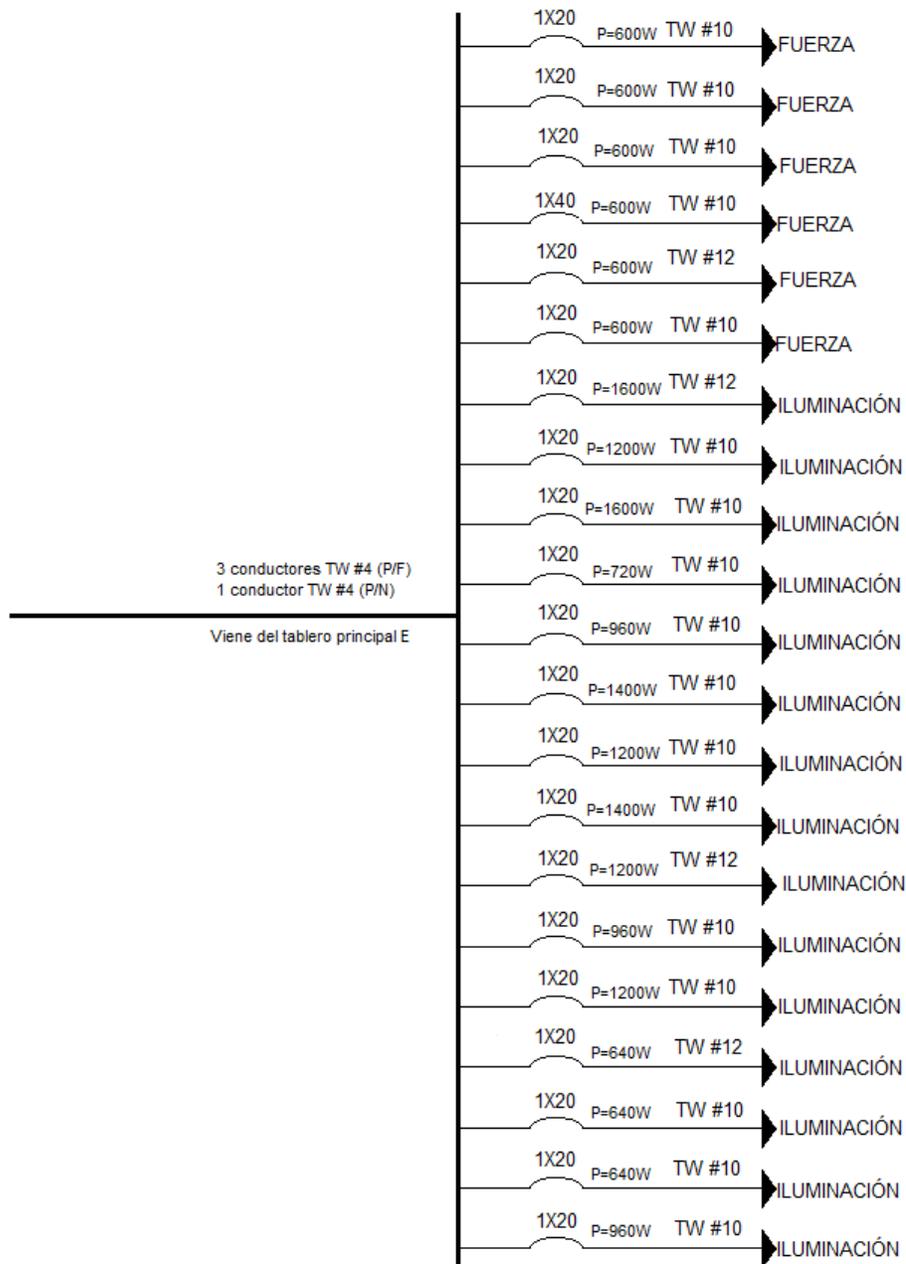
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 15. Diagrama Unifilar del tablero del segundo nivel Módulo E



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 16. **Diagrama Unifilar del tablero del tercer nivel**
Módulo E

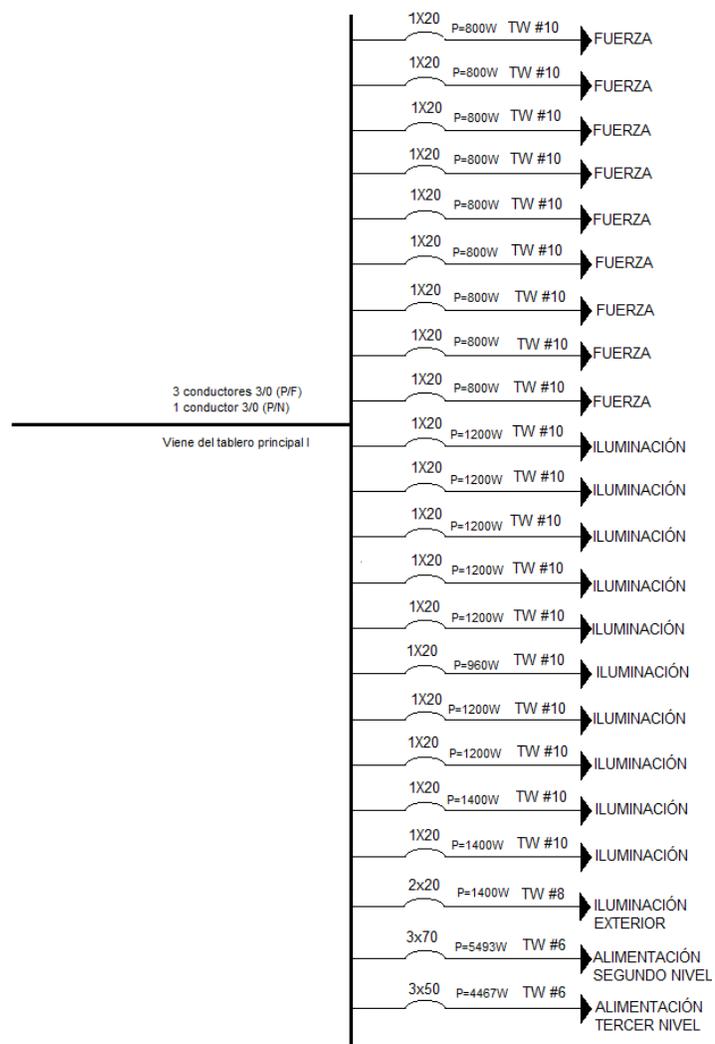


Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

3.3.4. Diagramas Unifilares Módulo I

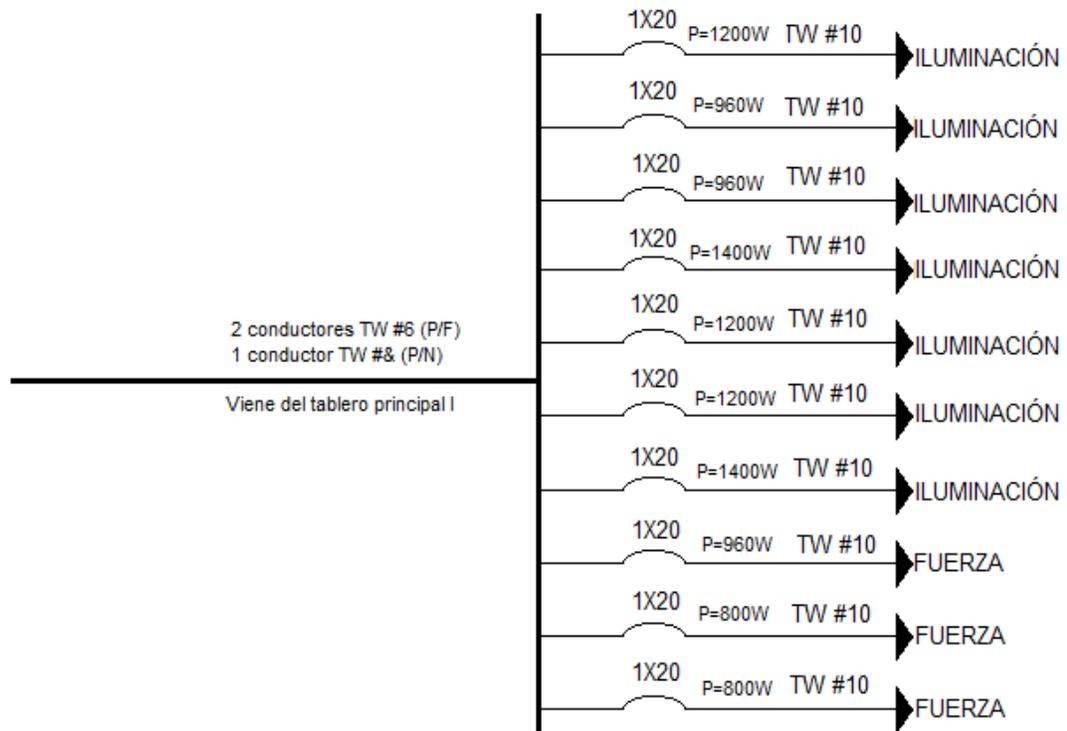
A continuación se presentan los diagramas unifilares de los niveles uno, dos y tres del Módulo I.

Figura 17. Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del primer nivel
Módulo I



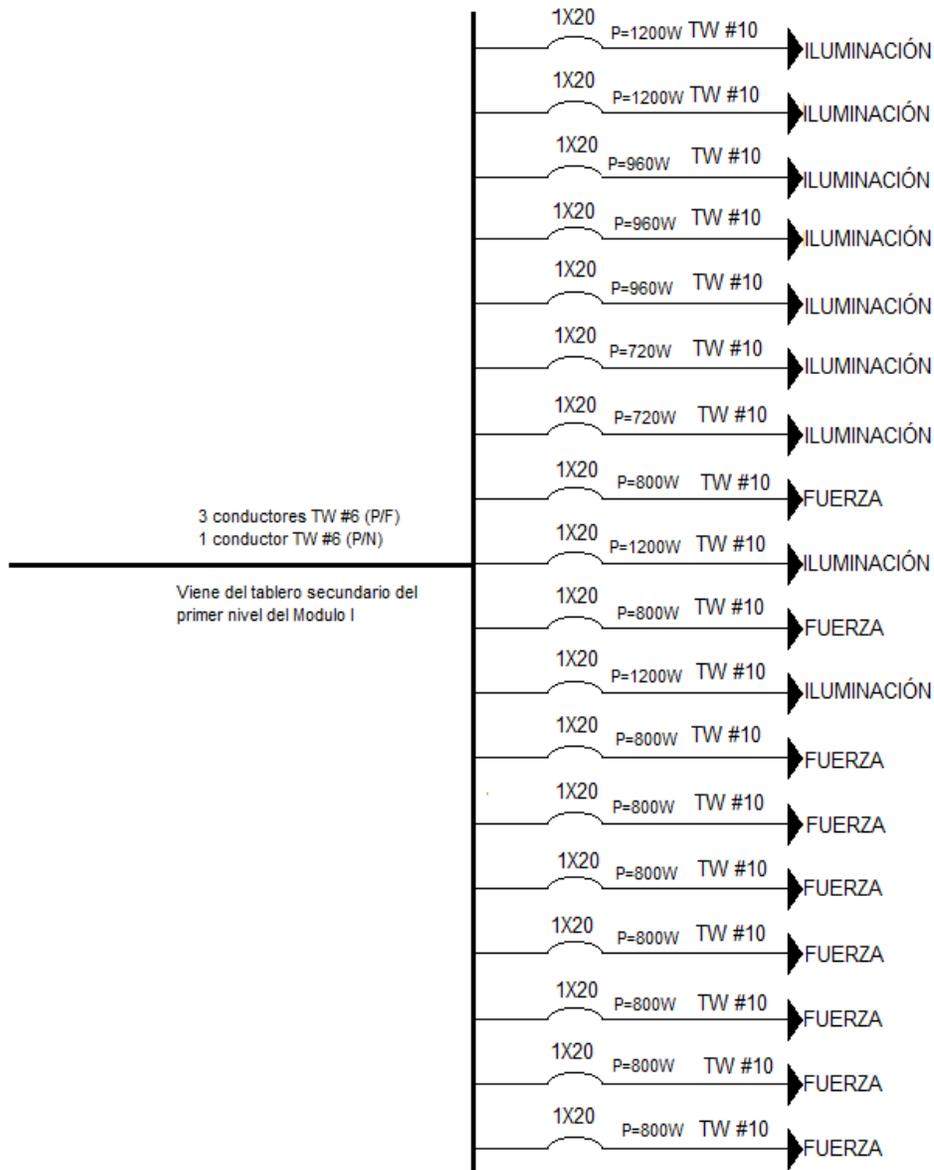
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 19. **Diagrama Unifilar del tablero núm. 3 del primer nivel
Módulo I**



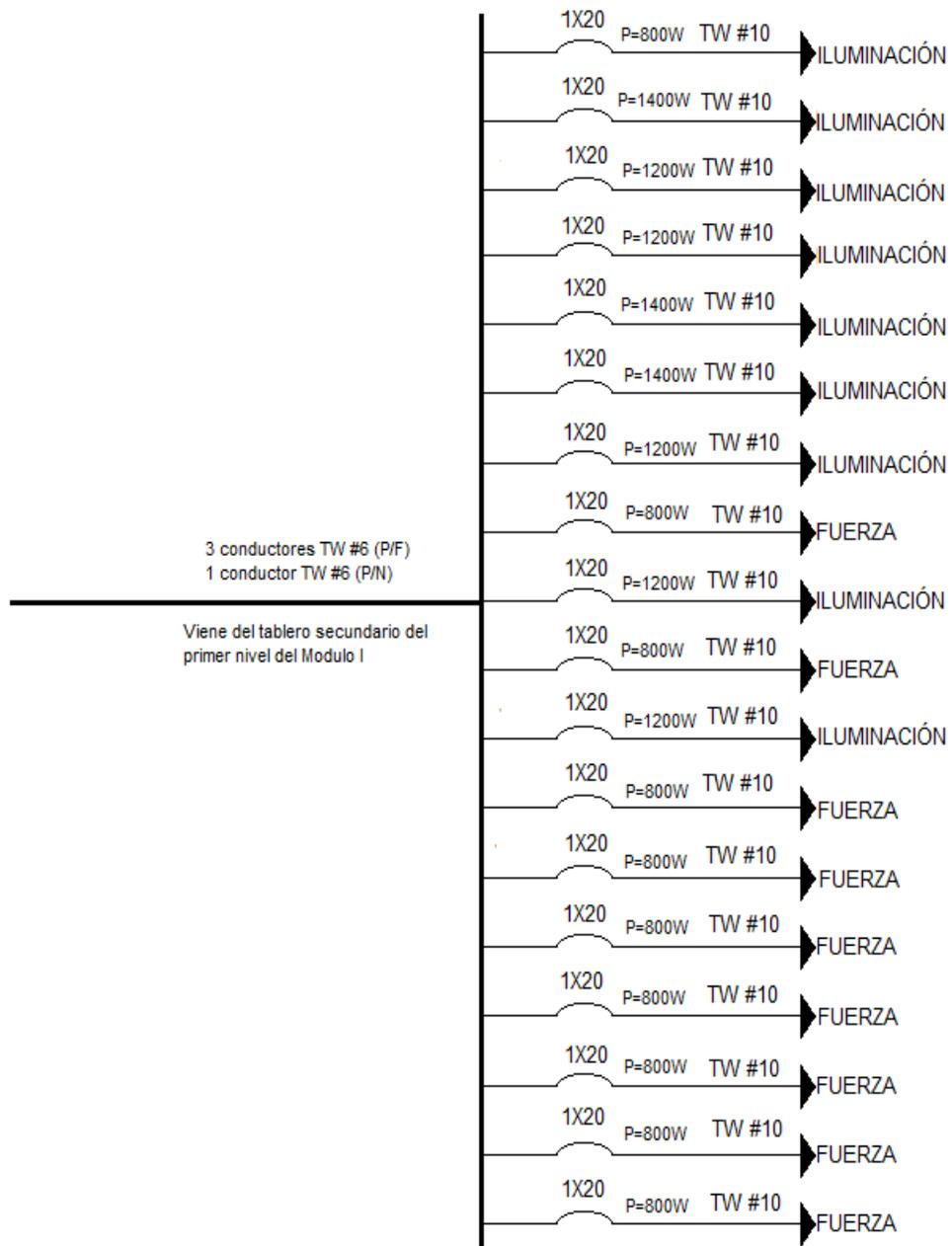
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 20. **Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del segundo nivel**
Módulo I



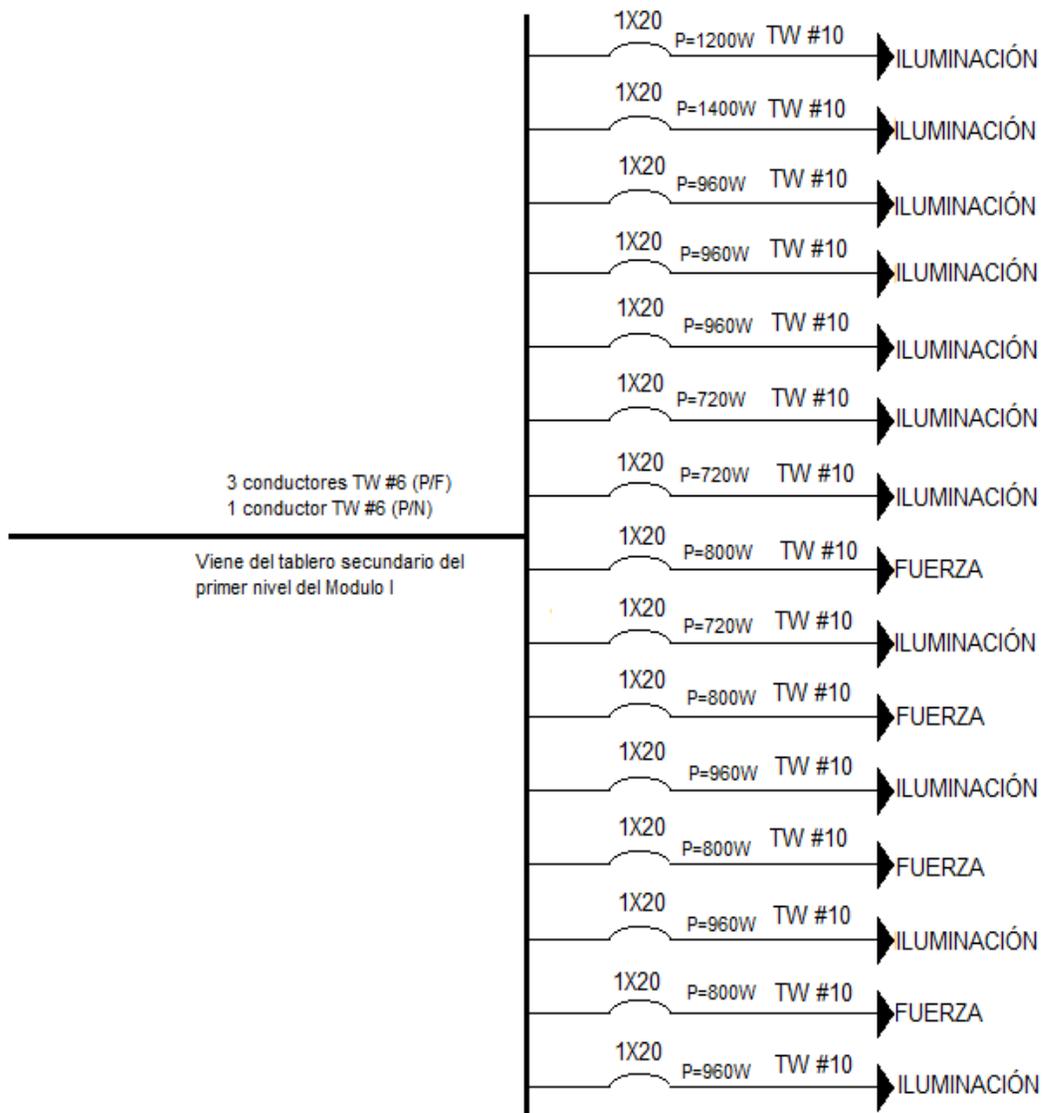
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 21. **Diagrama Unifilar del tablero núm. 2 del segundo nivel
Módulo I**



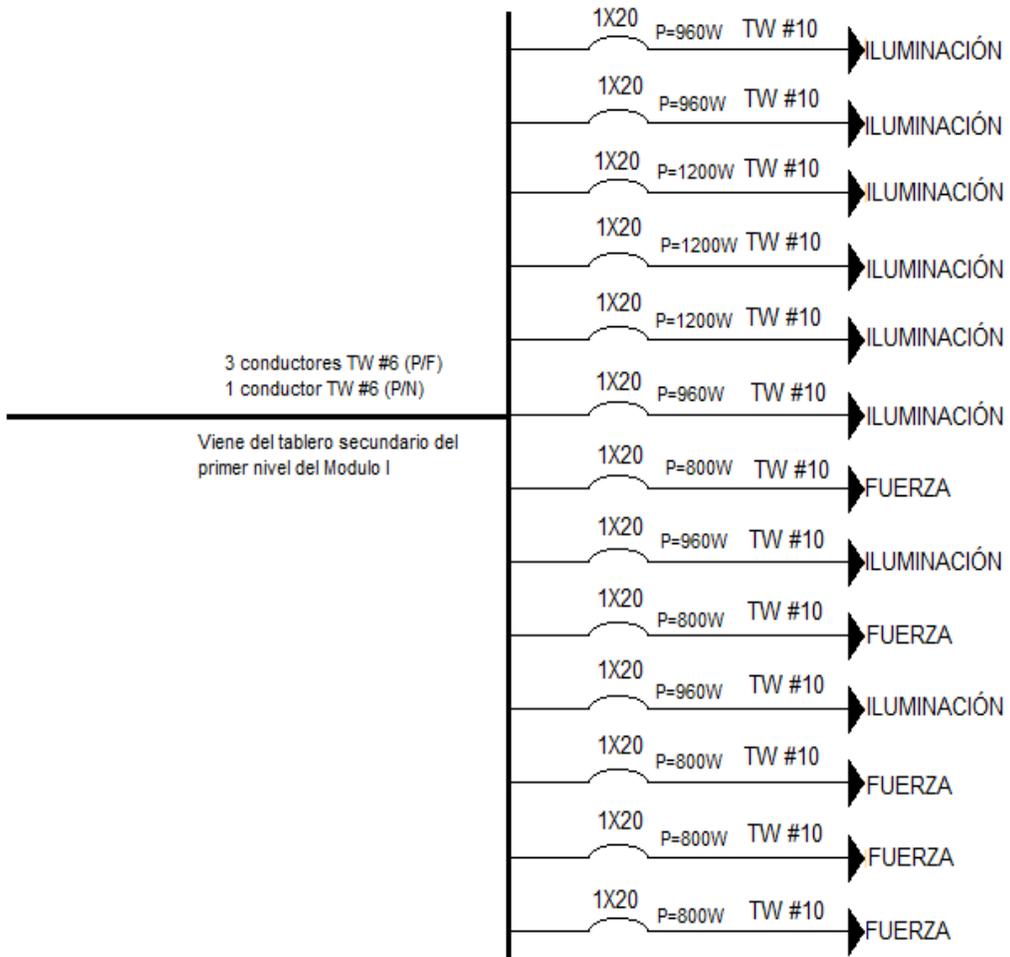
Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 22. **Diagrama Unifilar del tablero núm. 1 del tercer nivel**
Módulo I



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 23. **Diagrama Unifilar del tablero núm. 2 del tercer nivel
Módulo I**

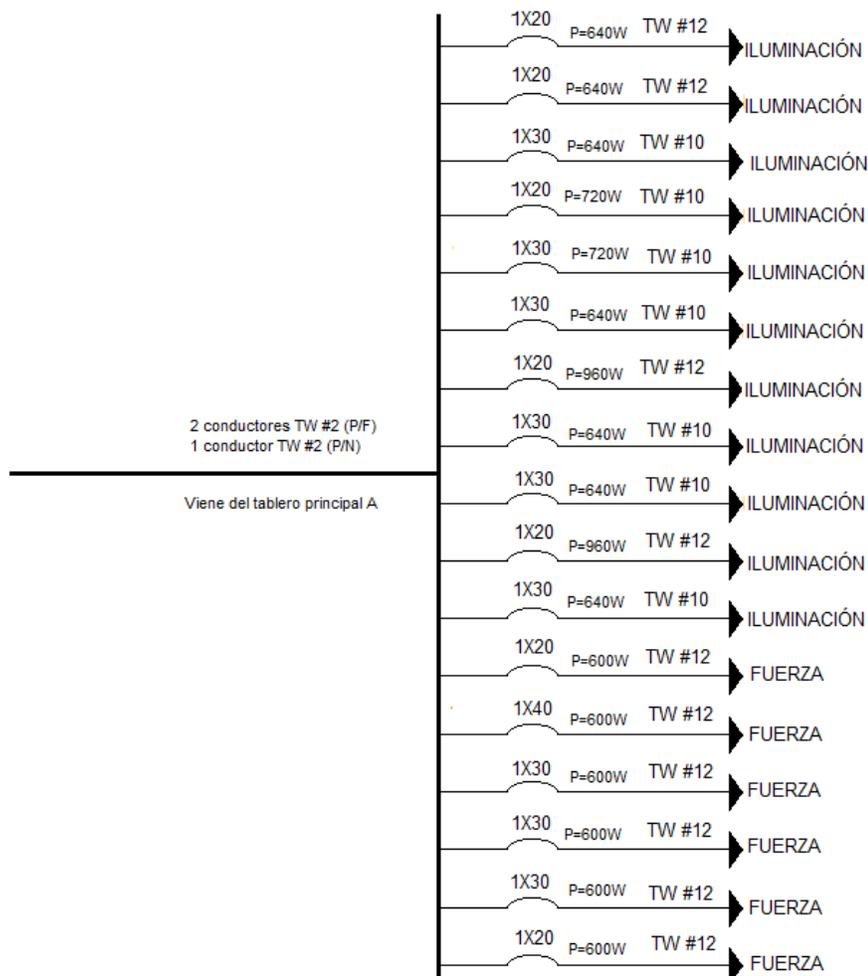


Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

3.3.5. Diagramas Unifilares Módulo administración y oficinas de registro

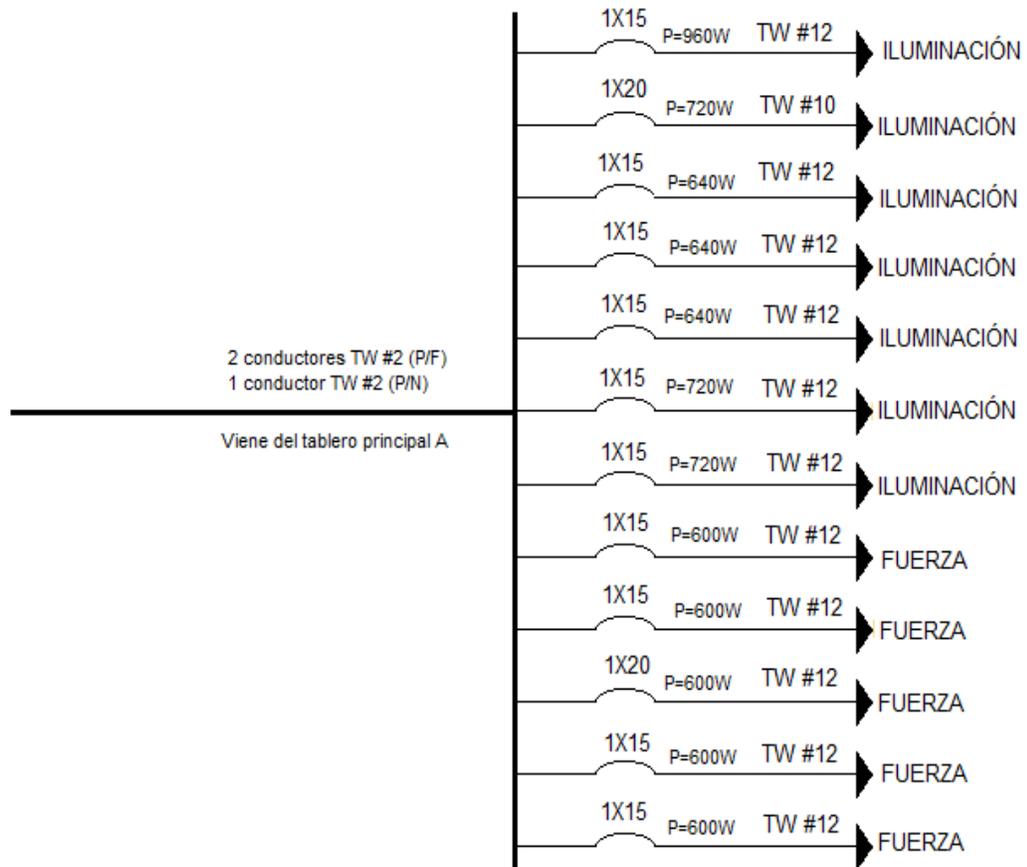
A continuación se presentan los diagramas unifilares del Módulo Administración.

Figura 24. Diagrama Unifilar del tablero Módulo administración



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

Figura 25. Diagrama Unifilar del tablero oficinas de registro



Fuente: elaboración propia, con programa de *Paint*.

4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

4.1. Comparación y propuesta de mejoramiento para los conductores

A continuación se presenta la comparación de resultados teóricos y prácticos para los conductores de los tableros principales, secundarios y la propuesta de mejoramiento para los problemas encontrados.

4.1.1. Tableros principales

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores de los tableros principales.

Tabla LXIV. **Comparación de resultados para los conductores del tablero principal A**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
Módulo D	3/0	2/0	✓
Módulo 90	3/0	1/0	✓
Módulo Administración	2	6	✓
Oficinas de Registro	2	8	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Comparación de resultados para los conductores del tablero principal E**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
Primer nivel	2	2	✓
Segundo nivel	2	4	✓
Tercer nivel	2	4	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Comparación de resultados para los conductores del tablero principal I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
Primer nivel #1	3/0	1/0	✓
Primer nivel #2	3/0	1/0	✓
Primer nivel #3	6	8	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas comparativas, todos los resultados de los calibres teóricos son menores a los calibres prácticos, con lo cual puede determinarse que los conductores de los tableros principales cumplen con el calibre del conductor requerido.

4.1.2. **Módulo D**

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores del Módulo D.

Tabla LXVII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero secundario D Módulo D**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
Primer nivel	2	2	✓
Segundo nivel	2	2	✓
Tercer nivel	2	2	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel Módulo D**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	10	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	10	12	✓
N	10	12	✓
O	10	12	✓
P	12	12	✓
A1	10	12	✓
B1	12	12	✓
C1	12	12	✓
D1	12	12	✓
E1	12	12	✓
F1	12	12	✓
G1	12	12	✓
H1	12	12	✓
I1	12	12	✓
J1	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. **Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel Módulo D**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	10	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓
A1	12	12	✓
B1	12	12	✓
C1	12	12	✓
D1	12	12	✓
E1	12	12	✓
F1	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. **Comparación de resultados para los conductores del tablero tercer nivel Módulo D**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
R	12	12	✓
S	12	12	✓
A1	12	12	✓
B1	12	12	✓
C1	12	12	✓
D1	12	12	✓
E1	10	12	✓
F1	10	12	✓
G1	12	12	✓
H1	12	12	✓
I1	12	12	✓
J1	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

En la mayoría de los circuitos el resultado teórico fue de un calibre 14 y en la práctica se tiene calibre 12, cumpliendo de esta manera con el calibre requerido.

En cuanto al estado físico de los dispositivos eléctricos como tomacorrientes e interruptores, durante la inspección física se determinó que la mayoría se encuentra en malas condiciones, ya que lo mismos presentan múltiples quebraduras y en algunos casos ya ni siquiera hay tomacorriente, por lo que se recomienda sustituir por tomacorrientes nuevos todos aquellos que se encuentren en estas condiciones y colocar igualmente nuevos en donde no haya tomacorriente.

4.1.3. Módulo 90

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores del Módulo 90.

Tabla LXXI. **Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel del Módulo 90**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	10	10	✓
B	10	12	✓
C	10	12	✓
D	10	10	✓
E	12	10	✗
F	10	12	✓
G	12	10	✗
H	12	12	✓
I	12	10	✗
J	10	10	✓
K	12	10	✓
L	10	10	✓
M	8	12	✓
N	8	12	✓
O	12	12	✓
P	10	12	✓
Q	10	12	✓
R	12	12	✓
S	12	12	✓
T	12	12	✓
U	12	12	✓
W	10	12	✓
X	1/0	4	✓
Z	10	10	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel del Módulo 90**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	8	12	✓
B	10	12	✓
C	10	12	✓
D	10	12	✓
E	12	12	✓
F	10	12	✓
G	10	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	10	12	✓
K	10	12	✓
L	10	12	✓
M	10	12	✓
N	12	12	✓
O	10	12	✓
P	10	12	✓
Q	10	12	✓
R	12	12	✓
S	10	12	✓
T	6	12	✓
U	8	12	✓
W	8	12	✓
A1	12	12	✓
B1	12	12	✓
C1	12	12	✓
D1	10	12	✓
E1	10	12	✓
F1	10	12	✓
G1	12	12	✓
H1	10	12	✓
I1	10	12	✓

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los circuitos cumple con el calibre requerido, a excepción de los circuitos E, G e I del tablero del primer nivel, pero de acuerdo a que la carga de los circuitos no se utiliza al 100 % se determina que el calibre 12 soporta la corriente de operación de los circuitos.

Durante la inspección física que se realizó en el módulo, se determinó que el estafo físico de los tomacorrientes es muy malo, ya que la mayoría de los mismos en todo el módulo, se encuentran quebrados y en algunos casos ya ni siquiera hay tomacorriente, por lo que se recomienda sustituir todos los tomacorrientes que se encuentren en mal estado por nuevos y colocar igualmente nuevos en donde no hayan tomacorrientes.

En cuanto a los interruptores, igualmente durante la inspección física se determino que algunos se encuentran también quebrados, por lo se recomienda sustituirlos por interruptores nuevos.

4.1.4. Módulo E

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores del Módulo E.

Tabla LXXIII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero primer nivel Módulo E**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	10	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	10	10	✓
M	10	12	✓
N	10	12	✓
O	10	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓
R	10	12	✓
S	10	12	✓
T	10	10	✓
U	10	12	✓
W	12	12	✓
X	12	12	✓
Z	6	10	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Comparación de resultados para los conductores del tablero segundo nivel Módulo E**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	10	12	✓
B	10	12	✓
C	10	12	✓
D	10	12	✓
E	12	12	✓
F	10	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	10	10	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	10	12	✓
P	10	12	✓
Q	10	12	✓
R	12	12	✓
S	12	12	✓
T	10	12	✓
U	10	10	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXV. **Comparación de resultados para los conductores del tablero tercer nivel Módulo E**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	10	12	✓
B	10	12	✓
C	10	12	✓
D	10	12	✓
E	12	12	✓
F	10	12	✓
G	10	10	✓
H	12	12	✓
I	10	10	✓
J	10	12	✓
K	12	12	✓
L	10	12	✓
M	10	12	✓
N	10	12	✓
O	10	12	✓
P	10	12	✓
Q	10	12	✓
R	10	12	✓
S	12	12	✓
T	10	12	✓
U	10	12	✓

Fuente: elaboración propia.

En la mayoría de los circuitos el resultado teórico fue de un calibre 14 y en la práctica se tiene calibre 12, cumpliendo de esta manera con el calibre requerido.

El estado físico de los tomacorrientes e interruptores, durante la inspección física se determinó que todos se encuentran en buenas condiciones.

4.1.5. Módulo I

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores del Módulo I.

Tabla LXXVI. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓
R	12	12	✓
S	12	12	✓
T	12	12	✓
Iluminación Exterior	8	10	✓
Tablero 2.1	6	6	✓
Tablero 3.1	6	8	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
Iluminación Parqueo	8	10	✓
Tablero 2.2	6	6	✓
Tablero 3.2	6	8	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
Q	12	12	✓
P	12	12	✓
R	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓
R	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	10	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓
R	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 1 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero núm. 2 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
B	12	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, en la mayoría de los circuitos el resultado teórico fue el mismo que el práctico, en los circuitos de alimentación de los tableros del primer nivel hacia el segundo y tercero el resultado teórico fue de un calibre 6 y 8, y en la práctica se tiene calibre 6, cumpliendo de esta manera todos los conductores con el calibre requerido.

En cuanto al estado físico de los dispositivos eléctricos como tomacorrientes e interruptores, durante la inspección física se determinó que todos se encuentran en perfectas condiciones.

4.1.6. Módulo administración

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para los conductores del Módulo administración.

Tabla LXXXIII. **Comparación de resultados para los conductores del tablero Módulo administración**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	12	12	✓
C	10	12	✓
D	10	12	✓
E	10	12	✓
F	10	12	✓
G	12	12	✓
H	10	12	✓
I	10	12	✓
J	12	12	✓
K	10	12	✓
L	12	12	✓
M	12	12	✓
N	12	12	✓
O	12	12	✓
P	12	12	✓
Q	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIV. **Comparación de resultados para los conductores del tablero oficinas de registro**

Circuito	Calibre del conductor instalado (AWG)	Calibre teórico (AWG)	Cumple con lo requerido
A	12	12	✓
B	10	12	✓
C	12	12	✓
D	12	12	✓
E	12	12	✓
F	12	12	✓
G	12	12	✓
H	12	12	✓
I	12	12	✓
J	12	12	✓
K	12	12	✓
L	12	12	✓

Fuente: elaboración propia.

En la mayoría de los circuitos el resultado teórico fue de un calibre 14 y en la práctica se tiene calibre 12 y 10, cumpliendo de esta manera con el calibre requerido.

En cuanto al estado físico de los dispositivos eléctricos como tomacorrientes e interruptores, durante la inspección física se determinó que todos se encuentran en buenas condiciones.

4.2. Comparación y propuesta de mejoramiento para las protecciones

A continuación se presenta la comparación de resultados teóricos y prácticos para las protecciones de los tableros principales, secundarios y la propuesta de mejoramiento para los problemas encontrados.

4.2.1. Tableros principales

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones de los tableros principales.

Tabla LXXXV. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal A**

Circuito	<i>Breaker</i> instalado	<i>Breaker</i> sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
Módulo D	3X200	200	✓
Módulo 90	3X200	200	✓
Módulo Administración	2X60	60	✓
Oficinas de Registro	2X60	50	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVI. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal E**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
Primer nivel	3X100	100	✓
Segundo nivel	3X70	100	✗
Tercer nivel	3X70	100	✗

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVII. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero principal I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
Primer nivel #1	3X200	150	✓
Primer nivel #2	3X175	150	✓
Primer nivel #3	2X70	50	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas comparativas anteriores, en la mayoría de casos los resultados teóricos fueron menores a los resultados prácticos, a excepción de los tableros de los niveles dos y tres del módulo E, por lo cual se recomienda sustituir los mismos por nuevos de una capacidad de 100 A para que no haya problema en el futuro con algún aumento de carga que pueda ocasionarse.

4.2.2. Módulo D

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones del Módulo D.

Tabla LXXXVIII. **Comparación de resultados de las protecciones tablero secundario D Módulo D**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
Primer nivel	3X100	100	✓
Segundo nivel	3X100	100	✓
Tercer nivel	3X100	100	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIX. **Comparación de resultados de las protecciones
tablero primer nivel Módulo D**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X30	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X30	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X50	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X30	20	✓
K	1X30	20	✓
L	1X30	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X30	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X30	20	✓
A1	3X30	20	✓
B1	1X30	20	✓
C1	1X30	20	✓
D1	1X20	20	✓
E1	1X20	20	✓
F1	1X20	20	✓
G1	1X20	20	✓
H1	1X20	20	✓
I1	1X20	20	✓
J1	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XC. **Comparación de resultados de las protecciones tablero segundo nivel Módulo D**

Circuito	Breaker instalado	Breakersugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X30	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X30	20	✓
F	1X30	20	✓
G	1X30	20	✓
H	1X30	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X30	20	✓
K	1X30	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X30	20	✓
N	1X30	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
A1	1X20	20	✓
B1	1X20	20	✓
C1	1X20	20	✓
D1	1X20	20	✓
E1	1X20	20	✓
F1	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCI. **Comparación de resultados de las protecciones tablero
tercer nivel Módulo D**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X30	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X30	20	✓
F	1X30	20	✓
G	1X20	20	✓
I	1X30	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X30	20	✓
N	1X30	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
R	1X30	20	✓
S	1X30	20	✓
A1	1X20	20	✓
B1	1X30	20	✓
C1	1X20	20	✓
D1	1X20	20	✓
E1	1X20	20	✓
F1	1X20	20	✓
G1	1X20	20	✓
H1	1X20	20	✓
I1	1X20	20	✓
J1	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Los resultados teóricos fueron menores a los resultados prácticos en las protecciones de los circuitos de los tres niveles, con lo cual puede determinarse que las mismas, cumplen con la capacidad de las protecciones requeridas.

Durante la inspección física, se determinó que todos los tableros y *breakers* del módulo son de marca Federal Pacific, pero actualmente dicha marca se encuentra descontinuada en el mercado, por considerarse ya como antigua. Por lo cual se recomienda sustituir los diferentes tableros del módulo por nuevos, de una marca moderna. La ventaja que traería cambiar los tableros, es que en caso de que se quiera sustituir algún *breaker* por algún desperfecto que el mismo presente, sin ningún problema pueda sustituirse. Ya que como se mencionó anteriormente los *breakers* de la marca actual ya no se encuentran en el mercado, y a la hora de que alguno presente algún problema y quiera sustituirse, no se podrá debido a que se encuentran descontinuos.

4.2.3. Módulo 90

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones del Módulo 90.

Tabla XCII. **Comparación de resultados de las protecciones tablero primer nivel Módulo 90**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X15	30	x
B	1X15	20	x
C	1X15	20	x
D	1X15	30	x
E	1X15	30	x
F	1X15	20	x
G	1X15	30	x
H	1X15	20	x
I	1X30	30	✓
J	1X20	30	x
K	1X15	30	x
L	1X15	30	x
M	1X15	20	x
N	1X15	20	x
O	1X15	20	x
P	1X30	20	✓
Q	1X15	20	x
R	1X15	20	x
S	1X15	20	x
T	1X20	20	✓
U	1X15	20	x
W	1X30	20	x
X	3X100	100	✓
Z	2X30	30	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCIII.

**Comparación de resultados de las protecciones tablero
segundo nivel Módulo 90**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X15	20	x
B	1X15	20	x
C	1X15	20	x
D	1X15	20	x
E	1X15	20	x
F	1X15	20	x
G	1X15	20	x
H	1X20	20	✓
I	1X15	20	x
J	1X15	20	x
K	1X15	20	x
L	1X15	20	x
M	1X15	20	x
N	1X15	20	x
O	1X15	20	x
P	2X20	20	✓
Q	1X15	20	x
R	1X30	20	✓
S	1X15	20	x
T	1X15	20	x
U	1X15	20	x
W	1X40	20	✓
A1	1X15	20	x
B1	1X15	20	x
C1	1X15	20	x
D1	1X40	20	✓
E1	1X15	20	x
F1	1X15	20	x
G1	1X15	20	x
H1	1X15	20	x
I1	1X15	20	x

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de las protecciones de los circuitos no cumplen con la capacidad requerida, a excepción de los circuitos en donde se observa que la capacidad del *breaker* teórico no sobrepasa a la del *breaker* actual, por lo cual se recomienda cambiar dichos breakers por los sugeridos.

Durante la inspección de campo se determinó que al igual que el módulo D, el tablero y los *breakers* son de la marca Federal Pacific, debido a que esta marca es un poco antigua actualmente se encuentra descontinuada en el mercado. Por lo que los *breakers* especificados en el párrafo anterior no podrían sustituirse. Es por eso que se recomienda cambiar el tablero a una marca que se encuentre actualmente activa en el mercado, para que de esta manera no haya ningún problema a la hora de querer sustituir algún *breaker*.

4.2.4. Módulo E

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones del Módulo E.

Tabla XCIV. **Comparación de resultados de las protecciones tablero primer nivel Módulo E**

Circuito	<i>Breaker</i> instalado	<i>Breaker</i> sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X30	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	30	x
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X50	20	✓
S	1X20	20	✓
T	1X20	30	x
U	1X20	20	✓
W	1X20	20	✓
X	1X20	20	✓
Z	2X30	2X30	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCV. **Comparación de resultados de las protecciones tablero segundo nivel Módulo E**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X30	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	30	✗
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓
S	1X20	20	✓
T	1X20	20	✓
U	1X20	30	✗

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCVI. **Comparación de resultados de las protecciones tercer nivel Módulo E**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X40	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	30	x
H	1X20	20	✓
I	1X20	30	x
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓
S	1X20	20	✓
T	1X20	20	✓
U	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas comparativas anteriores, la mayoría de las protecciones de los circuitos de los tres niveles se encuentran dimensionadas adecuadamente, a excepción de las que fueron indicadas, por lo cual se recomienda cambiar los *breakers* actuales por los requeridos.

4.2.5. Módulo I

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones del Módulo I.

Tabla XCVII. **Comparación de resultados para las protecciones del tablero núm. 1 primer nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓
S	1X20	20	✓
T	1X20	20	✓
Iluminación Exterior	2X20	20	✓
Tablero 2.1	3X70	70	✓
Tablero 3.1	3X50	50	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCVIII. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 2 primer nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
Iluminación Parqueo	2X20	20	✓
Tablero 2.2	3X70	70	✓
Tablero 3.2	3X50	50	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCIX. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero núm. 3 primer nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla C. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero
núm. 1 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla Cl. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero
núm. 2 segundo nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓
P	1X20	20	✓
Q	1X20	20	✓
R	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla CII. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero
núm. 1 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓
O	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla CIII. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero
núm. 2 tercer nivel Módulo I**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X20	20	✓
N	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas comparativas anteriores, las protecciones de los circuitos de los tres niveles se encuentran dimensionadas adecuadamente, cumpliendo así con la capacidad requerida.

4.2.6. Módulo administración

A continuación se presenta la comparación de resultados y propuesta de mejoramiento para las protecciones del Módulo administración.

Tabla CIV. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero
Módulo administración**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X30	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X30	20	✓
F	1X30	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X30	20	✓
I	1X30	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X30	20	✓
L	1X20	20	✓
M	1X40	20	✓
N	1X30	20	✓
O	1X30	20	✓
P	1X30	20	✓
Q	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Tabla CV. **Comparación de resultados de las protecciones del tablero oficinas de registro**

Circuito	Breaker instalado	Breaker sugerido (teórico)	Cumple con lo requerido
A	1X20	20	✓
B	1X20	20	✓
C	1X20	20	✓
D	1X20	20	✓
E	1X20	20	✓
F	1X20	20	✓
G	1X20	20	✓
H	1X20	20	✓
I	1X20	20	✓
J	1X20	20	✓
K	1X20	20	✓
L	1X20	20	✓

Fuente: elaboración propia.

Las protecciones de los dos tableros se encuentran dimensionadas adecuadamente, cumpliendo así con la capacidad requerida.

Durante la inspección física se determinó que el tablero y los breakers de las oficinas de registro son de marca Federal Pacific, y así como se mencionó con anterioridad esta marca se encuentra descontinuada en el mercado. Por lo que se recomienda sustituir dicho tablero y *breakers*, para que no haya problema cuando se necesite sustituir alguno de los mismos.

4.3. Comparación y propuesta de mejoramiento para la tubería

A continuación se presenta la comparación de resultados teóricos y prácticos para la tubería de los tableros principales, secundarios y propuesta de mejoramiento para los problemas encontrados.

4.3.1. Tablero principal A

A continuación se presenta la comparación de los resultados de la tubería del tablero principal A.

Tabla CVI. **Comparación de resultados de la tubería tablero principal A**

Circuito	Tubería teórica (plg.)	Tubería instalada (plg.)	Cumple con lo requerido
Módulo D	2,5	2,5	✓
Módulo 90	2,5	3	✓
Módulo Administración	2	2,5	✓
Oficinas de Registro	2	2,5	✓

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Tablero principal E

A continuación se presenta la comparación de los resultados de la tubería del tablero principal E.

Tabla CVII. **Comparación de resultados de la tubería tablero principal E**

Circuito	Tubería teórica (plg.)	Tubería instalada (plg.)	Cumple con lo requerido
Primer nivel	2	2	✓
Segundo nivel	2	2	✓
Tercer nivel	2	2	✓

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Tablero principal I

A continuación se presenta la comparación de los resultados de la tubería del tablero principal I.

Tabla CVIII. **Comparación de resultados de la tubería tablero principal I**

Circuito	Tubería teórica (plg.)	Tubería instalada (plg.)	Cumple con lo requerido
Primer nivel #1	2,5	3	✓
Primer nivel #2	2,5	3	✓
Primer nivel #3	1,5	2	✓

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas comparativas anteriores, en la mayoría de la tubería de los tableros principales el resultado teórico fue menor que el práctico, cumpliendo así con el diámetro requerido para la tubería.

4.3.4. Tableros secundarios

La tubería utilizada en los circuitos de iluminación y fuerza de los diferentes tableros secundarios de los edificios es poliducto o ducto de $\frac{3}{4}$ ", la cual como se mostró en los cálculos realizados se considera como la adecuada para el voltaje y potencia que los circuitos manejan.

4.4. Comparación y propuesta de mejoramiento para el número de luminarias

A continuación se presenta la comparación de resultados teóricos y prácticos para el número de luminarias instaladas en los diferentes ambientes de los edificios del CUNOC, y su propuesta de mejoramiento para los problemas encontrados.

Tabla CIX. **Comparación de resultados para el número de luminarias**

Descripción	Nro. Luminarias instaladas	Nro. Luminarias teóricas	Cumple con lo requerido
Aulas Módulo D	15	18	x
Oficinas Módulo D	1	2	x
Aulas Módulo 90	6	6	✓
Oficinas Módulo 90	1	2	x
Aulas Módulo E	12	15	x
Oficinas Módulo E	1	2	x
Aulas Módulo I	15	15	✓
Oficinas Módulo I	8	7	✓
Oficinas Admon.	2	3	x
Oficinas Registro	2	3	x

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla de comparación de resultados, la mayoría de espacios como lo son, aulas y oficinas, no cumplen con el número requerido de luminarias, por lo cual se recomienda la instalación de nuevas (2X40) para poder cumplir con el número de lúmenes requeridos para las aulas y oficinas.

5. PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

5.1. Sistemas de alumbrado

Dentro de las instalaciones del Centro Universitario de Occidente se hace necesario contar con una guía de mantenimiento del sistema eléctrico.

El mantenimiento al sistema de alumbrado permite la reducción de las pérdidas al mínimo posible y proporciona la máxima intensidad de alumbrado tan económicamente como sea posible. Las labores correspondientes deben de realizarse dentro de un programa establecido para lograr los objetivos anteriormente descritos.

Las pérdidas de iluminación pueden ser ocasionadas por acumulaciones de suciedad y polvo, envejecimiento de los dispositivos, fallas de estos, mala eficiencia luminosa, voltaje menor a la tensión nominal y factores de reflexión muy bajos del acabado del techo y paredes.

Cuando los sistemas de alumbrado han sido elegidos, diseñados e instalados para proporcionar intensidades luminosas específicamente aplicadas a las diferentes áreas de trabajo, se supone que estos niveles de iluminación fueron debidamente estudiados con el fin de dar la cantidad de luz necesaria para las diferentes tareas laborales.

La eficiencia original del alumbrado, puede conservarse teniendo un mantenimiento adecuado de los dispositivos de iluminación que existen en toda instalación eléctrica, así también el rendimiento de los sistemas de alumbrado se reduce notablemente al no recibir mantenimiento, al grado de perderse más de la mitad del valor del diseño.

5.1.1. Factores de pérdida en el alumbrado

Los factores de pérdidas básicos en el sistema eléctrico de iluminación se muestran a continuación.

5.1.1.1. Pérdidas de elementos luminosos por vida útil

El rendimiento en lúmenes de las fuentes de luz decrece con la edad de los elementos luminosos, o sea con el número de horas que se mantienen encendidos. A esta baja del rendimiento luminoso se le llama demérito de luminosidad y es una característica inherente de todos los elementos que producen luz artificial.

Las lámparas de luz fluorescentes se negrean a lo largo de todo el tubo. Este proceso no es en general muy notorio, pero causa daño en mayor proporción que cualquiera de los otros factores, el tubo se deprecia con la disminución consiguiente de la luminosidad.

5.1.1.2. Pérdidas a consecuencia de polvo y suciedad

La disminución de la intensidad del alumbrado motivada por la acumulación de suciedad y el polvo en condiciones ordinarias de operación alcanza valores hasta del 30 %, lo que depende de la frecuencia con la que las unidades sean limpiadas.

En la práctica real se ha visto que el promedio del demérito de la intensidad del alumbrado producido por las adherencias y acumulaciones de suciedad y polvo es más o menos como sigue: 10 % si los intervalos de limpieza son de un mes; 15 % para intervalos de limpieza de 3 meses; si la limpieza se ejecuta cada 6 meses, el demérito aumenta a 20 %, si la limpieza se practica cada vez que se quema algún elemento luminoso, se tendrá un demérito del 30 %.

Factores de importancia: (1) si se van a usar elementos luminosos abiertos, con ventilación, el mantenimiento será generalmente más fácil; (2) la pérdida de luz ocasionada por la suciedad y polvo depende de la clase y cantidad existente de estas materias, así como el ambiente en que se opera; (3) la proporción de materias extrañas que se adhieren, dependen del diseño de la lámpara, del tipo del elemento luminoso y del acabado del artefacto.

5.1.1.3. Apagones de las bombillas o elementos luminosos

Otro de los factores que contribuyen a la pérdida de luz y que se convierte en un problema, consiste en las fallas o apagones de las bombillas. Este factor causa disminución del alumbrado hasta del 10 %, lo que depende de la política

de mantenimiento para el cambio individual de bombillas quemadas. En consecuencia, es preciso realizar frecuentes inspecciones, reponiendo inmediatamente las bombillas quemadas.

5.1.1.4. Bajo voltaje

Cualquier disminución del voltaje, sobrecarga de los circuitos o regulación defectuosa del voltaje, origina un descenso de la intensidad luminosa producida por las lámparas.

Es de mucha importancia que el voltaje de la red en los circuitos del alumbrado se mantenga a su valor nominal. El sobrevoltaje acortará la vida de las bombillas, en particular a las de filamentos incandescentes, ocasionando también el sobrecalentamiento de las resistencias del alumbrado por luz fluorescente o por elementos de vapor de mercurio.

En cambio, el voltaje bajo tiene como consecuencia la reducción del rendimiento luminoso para todos los tipos de lámparas, causando además la inestabilidad del funcionamiento de las lámparas fluorescentes y de mercurio.

5.1.1.5. Superficies de baja reflexión

Todas las superficies de una habitación, incluyendo el cielo falso, las paredes, columnas, pisos, maquinarias, etc., absorben luz. Sin embargo, la capacidad reflectiva de estas superficies tiene una decisiva influencia sobre el resultado definitivo y la eficiencia general del sistema de alumbrado.

Si la mayoría de estas superficies es de color oscuro o el oscurecimiento se debe a la acumulación de suciedad y polvo o a la decoloración de superficies

que tuvieron acabados claros y brillantes con anterioridad, será absorbido un gran porcentaje de luz que emana de los cuerpos del alumbrado.

Por el contrario, si todas las superficies de los locales reciben un acabado brillante y son de colores claros, de los que tienen altos coeficientes de reflexión y siempre que se hayan conservado en estas condiciones, la luz que cae sobre estas superficies será reflejada en gran proporción, obteniéndose superficies que reflejan en gran proporción, logrando en estas zonas un aprovechamiento bastante alto de la luz.

5.2. Equipos auxiliares de mantenimiento

Para mantener en buenas condiciones los sistemas de iluminación es necesario contar con fácil acceso a los elementos de alumbrado.

La elección de equipo tendrá que depender de factores como la altura del montaje, extensión de las superficies para atender, accesibilidad de los artefactos del alumbrado y obstáculos que pueden existir en el área afectada. Dentro de los equipos para realizar tareas de mantenimiento se tienen escaleras, andamiajes, aspiradoras de polvo, tanques de lavado para los artefactos del alumbrado, etc.

Para realizar la limpieza a los elementos de iluminación no se tienen reglas fijas ni estrictas relativas a los tipos de jabones, detergentes, polvos, etc., que deba usarse para lavar y limpiar reflectores, pantallas y otros equipos similares del sistema de iluminación, pero como regla general se debe tener presente el no usarse abrasivos ásperos. Los detergentes ordinarios y productos de limpieza suaves dan resultados satisfactorios para la mayoría de los tipos de dispositivos de iluminación.

Para unidades que no han recibido mantenimiento durante mucho tiempo, se hace necesario aplicar detergentes más fuertes para la primera limpieza, usándose soluciones más suaves en las operaciones de limpieza posteriores más frecuentes.

En el mantenimiento debe incluirse una revisión periódica de la intensidad del alumbrado, voltajes entre fases y en la revisión de determinados trabajos se tendrá que analizar la severidad de las tareas visuales que se deben desempeñar. Para la ejecución de estas inspecciones mantener una completa información que permita sostener un análisis continuo sobre la efectividad de la iluminación y los efectos de las diversas tareas de mantenimiento es preciso contar con determinados instrumentos, como voltímetros y medidores de iluminación.

El mantenimiento de los sistemas de iluminación no debe concentrarse únicamente en la limpieza y reposición de dispositivos quemados sino que abarca también la reparación de los componentes de las instalaciones. Los desperfectos de los equipos pueden ser localizados y reparados en forma rápida y sencilla con un equipo de prueba bastante simple. Este equipo incluye un cautín eléctrico, pinzas, cortador de alambre, destornilladores y un voltímetro.

En un sistema de alumbrado los dispositivos de iluminación pueden ser cambiados individualmente, conforme se vayan quemando, o bien se pueden reemplazar los dispositivos en su totalidad antes de que alcancen el límite de la vida promedio.

Cuando se reemplazan los dispositivos en forma colectiva o por grupo se obtiene más luz, menos interrupciones en las labores, mejor apariencia del

sistema de alumbrado y menores costos de mantenimiento para el equipo auxiliar.

5.3. Operación de mantenimiento al sistema de iluminación

- Remoción y limpieza de las rejillas. Estas por lo general son desmontadas para su limpieza. Cuando son rejillas cruzadas se puede emplear una esponja con resultados eficientes, así también deben limpiarse los reflectores.
- Limpieza de tubos fluorescentes. Los tubos se lavan con más facilidad al nivel del suelo, pero algunas veces se les lava junto al reflector si se dispone del equipo y espacio adecuado, siempre tomando en cuenta las medidas de seguridad respectivas.
- Dispositivos de iluminación a prueba de choques eléctricos. Por motivos de seguridad, los dispositivos de iluminación deben ser asegurados contra choques eléctricos, esto se logra mediante la desconexión del circuito correspondiente, sin embargo esto ocasiona poca iluminación para el personal de mantenimiento, para evitar este inconveniente es necesario color cinta aislante confiable para cubrir las partes expuestas de los portalámparas, o introducir bases aislantes en los mismos, evitándose con esto desconectar el circuito y perder visibilidad para realizar esta labor.

5.4. Operación de mantenimiento al sistema de fuerza

Para realizar un mantenimiento adecuado en los circuitos de fuerza, se debe hacer una revisión de los elementos que componen la instalación eléctrica, con lo que se pretende comprobar el aislamiento, probar continuidad y las reparaciones de los elementos dañados o con desperfectos.

Para comprobar el aislamiento, se debe verificar si el forro plástico del conductor se encuentra en buen estado, y que todos los accesorios de aislamiento estén conservando sus características dieléctricas, para conseguir un funcionamiento normal. Para la realización de esta prueba se utiliza un Ohmímetro o Megger y un voltímetro.

Al realizar esta operación se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Interrumpir el servicio de energía eléctrica, desconectar el interruptor termo magnético que alimenta el circuito.
- Con el voltímetro se comprueba que no exista energía eléctrica en las líneas que se van a revisar.
- Para comprobar el aislamiento se conecta una terminal del Megger a un conductor y la otra terminal a la masa (tubería). Para realizar este paso se debe estar seguro que la otra punta del conductor no esté en contacto con la masa del circuito, para evitar errores. La lectura del Megger debe indicar un valor de 5 mega ohmios o más para considerar que el aislamiento se encuentra en buen estado.

Para realizar la prueba de continuidad se utilizará un ohmímetro y se procede de la siguiente manera:

- Identificación de líneas, localizándose el principio y final de cada una de ellas.
- Colóquese una punta del ohmímetro en un extremo del conductor y la otra punta en el otro extremo, esta operación se puede hacer cuando los extremos del conductor están a corta distancia y las puntas de prueba permiten hacer en esta forma la medición, o bien se pueden usar extensiones de cables para poder llevarla a cabo.

Cuando se requiere la reparación de alguna parte del circuito se debe identificar o localizar la falla dentro del mismo y determinar cuáles elementos se encuentran en mal estado y así cambiarlos. Para realizar las reparaciones es necesario interrumpir el servicio de energía eléctrica del circuito correspondiente, luego hacer el cambio respectivo y aplicar cinta aislante si las reparaciones así lo requieren y finalmente conectar nuevamente el circuito para el funcionamiento.

Con un mantenimiento adecuado a las instalaciones eléctricas se obtienen muchas ventajas las cuales ya han sido mencionadas y al enfocarse principalmente en el sistema de iluminación se tendría un suministro de luz más efectivo, se le dará una mejor apariencia a las instalaciones, se tendrá una mayor visibilidad y se realizará un menor esfuerzo visual. En el sistema de fuerza de podrá evitar accidentes debidos a fallas ocasionadas por el deterioro de los elementos que integran dicho sistema.

5.5. Plan de mantenimiento

A continuación se presenta el plan de mantenimiento sugerido para aplicarse a las instalaciones eléctricas del CUNOC, y de esta manera como se mencionó anteriormente alargar el período de vida de los diferentes componentes eléctricos y obtener una mayor eficiencia de los mismos.

5.5.1. Iluminación

El plan de mantenimiento propuesto para el sistema de iluminación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla CX. **Plan de mantenimiento al sistema de iluminación**

Iluminación		
Descripción del trabajo a realizar	Procedimientos	Período
Limpieza y revisión de lámparas de iluminación, Módulo D	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar tubos en mal estado y revisar las conexiones internas de las lámparas	2 meses
Limpieza y revisión de lámparas de iluminación, Módulo 90	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar tubos en mal estado y revisar las conexiones internas de las lámparas	2 meses
Limpieza y revisión de lámparas de iluminación, Módulo E	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar tubos en mal estado y revisar las conexiones internas de las lámparas	2 meses
Limpieza y revisión de lámparas de iluminación, Módulo I	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar tubos en mal estado y revisar las conexiones internas de las lámparas	2 meses
Limpieza y revisión de lámparas de iluminación, Módulo Administración	Limpiar tubos fluorescentes, cambiar tubos en mal estado y revisar las conexiones internas de las lámparas	2 meses

Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Circuitos de fuerza e interruptores

El plan de mantenimiento propuesto para el sistema de fuerza e interruptores se muestra en la siguiente tabla.

Tabla CXI. Plan de mantenimiento al sistema de fuerza e interruptores

Circuitos de fuerza e interruptores		
Descripción del trabajo a realizar	Procedimientos	Período
Limpieza y revisión de tomacorrientes e interruptores, Módulo D	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en los tomacorrientes	3 meses
Limpieza y revisión de tomacorrientes e interruptores, Módulo 90	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en los tomacorrientes	3 meses
Limpieza y revisión de tomacorrientes e interruptores, Módulo E	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en los tomacorrientes	3 meses
Limpieza y revisión de tomacorrientes e interruptores, Módulo I	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en los tomacorrientes	3 meses
Limpieza y revisión de tomacorrientes e interruptores, Módulo Administración	Limpieza interna y externa de ambos componentes, medición de voltaje en los tomacorrientes	3 meses

Fuente: elaboración propia.

5.5.3. Protecciones eléctricas

El plan de mantenimiento propuesto para las protecciones eléctricas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla CXII. **Plan de mantenimiento a las protecciones eléctricas**

Protecciones eléctricas		
Descripción del trabajo a realizar	Procedimientos	Periodo
Limpieza y revisión tablero principal A	Limpieza interior y exterior, medición de voltaje y corriente por fase	3 meses
Limpieza y revisión tablero principal E	Limpieza interior y exterior, medición de voltaje y corriente por fase	3 meses
Limpieza y revisión tablero principal I	Limpieza interior y exterior, medición de voltaje y corriente por fase	3 meses
Limpieza y revisión tableros secundarios Módulo D	Limpieza interior y exterior, y realizar medición de voltaje	3 meses
Limpieza y revisión tableros secundarios Módulo 90	Limpieza interior y exterior, y realizar medición de voltaje	3 meses
Limpieza y revisión tableros secundarios Módulo E	Limpieza interior y exterior, y realizar medición de voltaje	3 meses
Limpieza y revisión tableros secundarios Módulo I	Limpieza interior y exterior, y realizar medición de voltaje	3 meses
Limpieza y revisión tableros secundarios Módulo Administración	Limpieza interior y exterior, y realizar medición de voltaje	3 meses

Fuente: elaboración propia.

5.6. Mantenimiento a los transformadores

El transformador es un equipo eléctrico del cual a menudo se abusa por descuido o desconocimiento; con sobrecargas continuas, protecciones inadecuadas y un pobre mantenimiento. Estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático, construido robustamente, por lo que las posibilidades de fallas son mínimas. Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable en la vida útil del aparato.

5.6.1. Mantenimiento preventivo

A continuación se presentan los factores más importantes a tomar en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento preventivo a los transformadores.

5.6.1.1. Inspección periódica

Es recomendable una inspección visual periódica de las partes externas del transformador al menos cada dos años. En esta inspección se deberán tomar las precauciones y medidas necesarias sobre seguridad.

Los puntos de dicha inspección son:

- Las boquillas de alta tensión
- Las boquillas de baja tensión y la conexión de los cables
- Los apartarrayos y accesorios de protección
- El acabado del tanque
- La hermeticidad
- La carga
- Los empaques (en boquillas, tapa, tanque, registro de mano, etc.)

- Las válvulas (de muestreo, sobrepresión, drenaje, etc.)

Estando el transformador instalado y si el tanque muestra evidencias de deterioro de la pintura, el área afectada puede limpiarse con cepillo de alambre y retocarse con una capa de pintura, dosificada con rociador, protegiendo las boquillas para evitar que el rocío de la pintura se deposite en éstas.

5.6.1.2. Transformadores con humedad en los aislamientos

La humedad es el agente destructor de mayor grado en un transformador. Si hay cualquier evidencia de penetración de humedad a la unidad, debe drenarse el aceite; el núcleo y las bobinas secarse en el horno o algún otro medio adecuado y aceptado para esta necesidad, dependiendo de las dimensiones del transformador.

5.6.1.3. Aceite

El ciclo de carga al que es sometido el transformador indica la frecuencia con que debe de revisarse el aceite.

Para un ciclo sin sobrecargas se recomienda revisar el aceite, cada 3 o 4 años por lo menos.

El aceite para transformadores debe tener una tensión mínima de ruptura dieléctrica de 23 kV, al ser analizado con un probador de discos de 2,54 cm. con una separación de 0,254 cm. Si los valores resultantes son menores a lo estipulado, el aceite debe filtrarse o reemplazarse conforme a la siguiente recomendación.

5.6.1.3.1. Prueba de aceite

- Resistencia dieléctrica
- Número de neutralización
- Color
- Contenido de humedad (en ppm)

Aceite satisfactorio:

- 23 kV
- 0.4 Máx
- 3 ½ Máx
- Menor a 20 ppm

Aceite que debe ser filtrado

- Menos de 22 kV
- 0.4 a 1.0
- Arriba de 3 ½

Aceite que debe descartarse y reemplazarse

- Mayor de 1.0
- Mayor de 65 ppm

5.6.1.4. Empaques

Si es necesario remover la cubierta, boquillas, tapa o registro de mano, se debe prever un cambio de empaques para reemplazar los anteriores.

Al instalarlos se debe evitar que éstos sean sometidos a esfuerzos que los dañen permanentemente, así como también que la tensión del apriete mecánico forme un sello efectivo.

5.6.1.5. Tanque

El interior del tanque debe estar limpio, sus empaques no deben presentar signos de envejecimiento o de lo contrario corregir de inmediato cualquier fuga o reemplazar los empaques envejecidos.

Se debe revisar que no existan rastros de carbón en el interior del tanque y tampoco señales de abombamiento. Si se observa la existencia de algunas de éstas características, no se debe de reconectar el transformador, hasta determinar las causas que generaron el problema.

5.7. Análisis económico

Todo proyecto de instalación eléctrica debe contener un presupuesto, en el que se refleje la inversión a tener para la ejecución del mismo cuando se trata de una instalación nueva o se requiere una remodelación de la instalación.

En el presupuesto a presentar se considera un cambio total de las luminarias y el cambio de conductores, esto con el fin de tener una mayor eficiencia de energía y con esto un ahorro en cuanto al consumo del Centro Universitario de Occidente. En dicho presupuesto se tomo como muestra el módulo D, para tener una idea del ahorro que se tendría por módulo, ya que debido a que los módulos más antiguos del centro son el D, 90 y administración, habría que realizar el cambio de luminarias por las modernas en estos tres módulos para obtener dicho ahorro.

Como se mencionó anteriormente una de las renovaciones que se propone a las instalaciones eléctricas del Centro Universitario de Occidente es el cambio de conductores de los módulos D, 90 y administración debido a que estos son los módulos más antiguos del Centro.

Para el cálculo del presupuesto se tomó como referencia el módulo D, para tener una idea del presupuesto necesario para el reconductorado por módulo. El conductor sugerido para el cambio es el THW, ya que entre las características que el mismo presenta es que es resistente al calor, la humedad y retardador de la flama, con lo cual se determina que sería el indicado para las instalaciones del CUNOC.

En base al número de circuitos por nivel, las distancias del módulo y el precio por rollo de conductor se realizó el presupuesto.

Tabla CXIII. Presupuesto reconductorado Módulo D

Nivel	Núm. de circuitos	Distancia Total (mts.)	Precio por rollo de conductor (100mts.)	Núm. de rollos de conductor	Precio total
Primero	26	4680	Q265,00	47	Q12 455,00
Segundo	23	4140	Q265,00	42	Q11 130,00
Tercero	27	4860	Q265,00	49	Q12 985,00
TOTAL					Q36 570,00

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la renovación también entra lo que es el cambio de luminarias. Lo que se persigue con la sustitución de las luminarias es tener una mayor

eficiencia en cuanto la iluminación y reducir la energía que se consume en pérdidas eléctricas.

Los tubos fluorescentes que se tienen contemplados a instalar son de 32 watts T-8 color 6500K, y los balastos de 2X32 T-8 120V. Estos presentan una mayor eficiencia que los que actualmente están instalados, ya que brindan una mayor cantidad de lúmenes, un ahorro de 8 watts por tubo y unas pérdidas de energía por balastro menores.

Dentro de las ventajas que traerían sustituir las luminarias por las nuevas están que se tendría un ahorro notorio en cuanto a los kilowatts/hora consumidos por los tubos fluorescentes y las pérdidas eléctricas.

Dicho ahorro aumenta aún más ya que como se sabe, muy pronto la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango finalmente estará regulada por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica y esto conllevará al alza de la tarifa del kilowatt/hora, pasando aproximadamente de Q0,47 a Q1,76 kilowatt/hora, entonces al ser el precio casi 4 veces mayor, así mismo sería el ahorro que se tendría en quetzales.

A continuación se presentan diferentes tablas entre las cuales se describe la cantidad de lámparas existentes por nivel, los precios de las nuevas lámparas y la inversión inicial que habría que realizar, la energía utilizada actualmente y la que se utilizaría con el cambio de las luminarias y el ahorro en quetzales que esto traería.

Tabla CXIV. **Presupuesto del cambio de luminarias Módulo D**

Modulo D	Dobles	Balastro	Tubos	Total lámpara	Total nivel
Lámparas totales primer nivel	171	Q95,00	Q18,00	Q113,00	Q19 323,00
Lámparas totales segundo nivel	166	Q95,00	Q18,00	Q113,00	Q18 758,00
Lámparas totales tercer nivel	156	Q95,00	Q18,00	Q113,00	Q17 628,00
TOTAL	493				Q55 709,00

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en la tabla, de acuerdo al número de luminarias que hay en todo el módulo la inversión inicial sería de Q55 709 (costo a la fecha: junio de 2012).

Tabla CXV. **Energía utilizada por los tubos fluorescentes y balastos actualmente, Módulo D**

Nivel	Potencia entregada a los tubos (kW)	Potencia consumida por el balastro (pérdidas eléctricas, kW)	Horas de trabajo anuales	kWh/Año consumidos por los tubos	kWh/Año consumidos por los balastos (pérdidas eléctricas)
Primero (Tubos de 2X40)	10,26	3,42	3840	39398,4	13132,8
Segundo (Tubos de 2X40)	9,96	3,32	3840	38246,4	12748,8
Tercero (Tubos de 2X40)	9,36	3,12	3840	35942,4	11980,8
TOTAL	29,58	9,86		113587,2	37862,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXVI. Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de EEMQ actualmente, Módulo D

Nivel	kWh/Año Consumidos por los Tubos	kWh/Año Consumidos por los balastros (Pérdidas)	Precio kWh EEMQ	Precio anual Energía consumida por los Tubos	Precio anual de la Energía consumida por balastros (Pérdidas eléctricas)
Primero (Tubos de 2X40)	39398,4	13132,8	Q0,47	Q18 517,25	Q6 172,42
Segundo (Tubos de 2X40)	38246,4	12748,8	Q0,47	Q17 975,81	Q5 991,94
Tercero (Tubos de 2X40)	35942,4	11980,8	Q0,47	Q16 892,93	Q5 630,98
TOTAL	113587,2	37862,4		Q53 385,98	Q17 795,33

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXVII. Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de Deocsa actualmente, Módulo D

Nivel	kWh/Año Consumidos por los Tubos	kWh/Año Consumidos por los balastros (Pérdidas)	Precio kWh Deocsa	Precio anual Energía consumida por los Tubos	Precio anual de la Energía consumida por balastros (Pérdidas eléctricas)
Primero (Tubos de 2X40 2X40)	39398,4	13132,8	Q1,76	Q69 341,18	Q23 113,73
Segundo (Tubos de 2X40)	38246,4	12748,8	Q1,76	Q67 313,66	Q22 437,89
Tercero (Tubos de 2X40)	35942,4	11980,8	Q1,76	Q63 258,62	Q21 086,21
TOTAL	113587,2	37862,4		Q199 913,47	Q66 637,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXVIII. Energía utilizada por los nuevos tubos fluorescentes y balastos, Módulo D

Nivel	Potencia entregada a los tubos (kW)	Potencia consumida por el balastro (pérdidas eléctricas, kW)	Horas de trabajo anuales	kWh/Año consumidos por los tubos	kWh/Año consumidos por los balastos (pérdidas eléctricas)
Primero (tubos de 2X32)	8,75	2,18	3840	33 619,968	8 404,992
Segundo (tubos de 2X32)	8,49	2,12	3840	32 636,928	8 159,232
Tercero (tubos de 2X32)	7,98	1,99	3840	30 670,848	7 667,712
TOTAL	25,24	6,31		96 927,744	24 231,936

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXIX. Precios anuales del consumo de energía con la tarifa de EEMQ y las nuevas luminarias, Módulo D

Nivel	kWh/Año consumidos por los tubos	kWh/Año consumidos por los balastos (pérdidas)	Precio kWh EEMQ	Precio anual energía consumida por los tubos	Precio anual de la energía consumida por balastos (pérdidas eléctricas)
Primero (Tubos de 2X32)	33 619,968	8 404,992	Q0,47	Q15 801,38	Q3 950,35
Segundo (Tubos de 2X32)	32 636,928	8 159,232	Q0,47	Q15 339,36	Q3 834,84
Tercero (Tubos de 2X32)	30 670,848	7 667,712	Q0,47	Q14 415,30	Q3 603,82
TOTAL	96 927,744	24 231,936		Q45 556,04	Q11 389,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXX. **Precios anuales del consumos de energía con la tarifa de Deocsa y las nuevas luminarias, Módulo D**

Nivel	kWh/Año consumidos por los tubos	kWh/Año consumidos por los balastos (pérdidas)	Precio kWh Deocsa	Precio anual energía consumida por los tubos	Precio anual de la energía consumida por balastos (pérdidas eléctricas)
Primero (Tubos de 2X32)	33619,968	8404,992	Q1,76	Q59 171,14	Q14 792,79
Segundo (Tubos de 2X32)	32636,928	8159,232	Q1,76	Q57 440,99	Q14 360,25
Tercero (Tubos de 2X32)	30670,848	7667,712	Q1,76	Q53 980,69	Q13 495,17
TOTAL	96927,744	24231,936		Q170 592,83	Q42 648,21

Fuente: elaboración propia

Tabla CXXI. **Ahorro de energía anual con la tarifa de EEMQ, Módulo D**

EEMQ	Anual
Consumo total (Lámparas actuales)	Q71 181,31
Consumo total (Lámparas nuevas)	Q56 945,05
Ahorro en pérdidas eléctricas	Q6 406,32
Ahorro en eficiencia de los tubos	Q7 829,94
Ahorro total	Q14 236,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXXII. **Ahorro de energía anual con la tarifa de Deocsa, Módulo D**

Deocsa	Anual
Consumo total (Lámparas actuales)	Q266 551,30
Consumo total (Lámparas nuevas)	Q213 241,04
Ahorro en pérdidas eléctricas	Q23 989,62
Ahorro en eficiencia de los tubos	Q29 320,64
Ahorro total	Q53 310,26

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas el ahorro que traería el cambio de lámparas es bastante significativo, tomando en cuenta que el ahorro presentado en las tablas sería solamente en el módulo D, si se realiza dicho cambio también en el módulo 90 y administración el ahorro sería aproximadamente de tres veces el indicado en las tablas.

Al realizar una proyección de 10 años en las dos tarifas, se tiene que en la tarifa de EEMQ el ahorro sería de Q142 363, con lo cual el tiempo de recuperación de la inversión sería de tres años y medio. Y para la tarifa de Deocsa, el ahorro sería de Q533 102 y el tiempo de recuperación de la inversión sería de un año, con lo cual puede determinarse que si es factible realizar dicha inversión en el cambio de las luminarias.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los actuales dispositivos eléctricos instalados en el CUNOC, reciben poco mantenimiento, especialmente las luminarias, ya que en algunos salones y pasillos la comodidad visual y el rendimiento no cumplen con los requerimientos necesarios para la iluminación.
2. Se observó que las modificaciones a las instalaciones eléctricas, del Centro Universitario de Occidente, se realizaron sin hacerse un estudio previo, lo que provoca un desbalance de cargas en las fases.
3. El voltaje se encuentra dentro del margen de regulación, luego de las mediciones efectuadas a las horas de máxima demanda.
4. Los sistemas de puestas a tierra de los Módulos D, 90 y administración están desconectados, poniendo de esta manera en riesgo la seguridad de los usuarios.
5. Los tableros secundarios del Módulo D y Módulo 90 son marca Federal Pacific, la cual ya está discontinuada en el mercado, produciendo de esta manera un gran problema ya que a la hora de que falle un *breaker* no se podrá reemplazar porque actualmente están discontinuados.

RECOMENDACIONES

1. Para que el sistema eléctrico del Centro Universitario de Occidente se mantenga en buen estado y los dispositivos eléctricos en óptimas condiciones, es indispensable que se implemente el programa de mantenimiento, para que así, el mismo funcione de una manera eficiente.
2. Los sistemas de puestas a tierra y pararrayos protegen a los equipos y a los usuarios, por lo que es prioritaria la reimplementación en el Módulo D, Módulo 90 y Módulo administración.
3. No hacer modificaciones en las instalaciones eléctricas de los edificios sin un estudio previo, para evitar de esta manera desbalance de cargas en las fases.
4. Sustituir los tableros secundarios del Módulo D y Módulo 90 por tableros más modernos, para evitar problemas en cuanto a la sustitución de *breakers*.
5. Efectuar las mejoras a las instalaciones eléctricas sugeridas en el capítulo 4.
6. Implementar el plan de mantenimiento y cambio de las luminarias como se mostró en el análisis económico, ya que al estar el departamento de Quetzaltenango propenso al alza de la tarifa eléctrica, dicho cambio traería un ahorro económico significativo.

7. Durante la inspección física a las instalaciones, se pudo observar que las lámparas en algunas aulas del módulo 90 están en posición horizontal respecto al pizarrón, por lo que se recomienda colocarlas en posición vertical, ya que de esta manera se evita que la luz se refleje en el pizarrón e impida la visibilidad del contenido del mismo a los estudiantes.
8. Previo a la reconexión de los sistemas de puestas a tierra de los Módulos D, 90 y administración, sean medidos y se les brinde el mantenimiento correspondiente.
9. Que el mantenimiento a los transformadores lo realice personal certificado para tal efecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. 3a ed. México: Limusa, 1994. 580 p.
2. SERBAN, Bratu; CAMPERO, Eduardo. *Instalaciones eléctricas*. 2a ed. México: Alfa Omega, 1994. 240 p.
3. DORF, Richard. *Circuitos eléctricos, Introducción al análisis y diseño*. 2a ed. México: Alfa Omega, 1995. 998 p.
4. LÓPEZ HERNÁNDEZ, Gonzalo. *Manual para instalaciones eléctricas*. 3a ed. España: Marcombo, 1998. 320 p.
5. MÉNDEZ, Luis. *Guía para el diseño de instalaciones eléctricas*. Trabajo de graduación Ing. Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 175 p.
6. Westinghouse. *Manual del alumbrado*. 4a ed. España: Limusa Noriega Editores, 1998. 380 p.

ANEXOS

ANEXO A

Intensidad admisible de conductores aislados

Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0-2000 Volts, 60° to 90°C (140° to 194°F) NOT MORE THAN THREE CONDUCTORS in Raceway or Cable or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)			
Size	Temperature Rating of Conductor		
AWG (kcmil)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	TYPES	TYPES	TYPES
	TW†, UF†	FEPW†, RH†, RHW†, THHW†, THW†, THWN†, XHHW†, USE†, ZW†	TA, TBS, SA, SIS, FEP†, FEPB†, MI, RHH†, RHW-2, THHN†, THHW†, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW†, XHHW-2, ZW-2
COPPER			
18	14
16	18
14	20 †	20 †	25 †
12	25 †	25 †	30 †
10	30	35 †	40 †
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	110
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
300	240	285	320
350	260	310	350
400	280	335	380
500	320	380	430
600	355	420	475
700	385	460	520
750	400	475	535
800	410	490	555
900	435	520	585
1000	455	545	615
1250	495	590	665
1500	520	625	705
1750	545	650	735
2000	560	665	750

† Unless otherwise specifically permitted in this Code, the overcurrent protection for conductor types marked with an ebelsik (†) shall not exceed 15 amperes for No.14, 20 amperes for No.12, and 30 amperes for No.10 copper, after any correction factors for ambient temperature and number of conductors have been applied.

Fuente: National Electrical Code, NEC

Coeficiente de utilización K

DISTR. TÍPICA	TECHO	CLARO		SEMICLARO		CLARO	
	Pared	Claro	Semi claro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
	Piso	Oscuro		Claro		Semiclaro	
	RR						
Luz indirecta I	0.6	0.27	0.21	0.17	0.11	0.28	0.22
	1.0	0.39	0.33	0.26	0.28	0.42	0.35
	2.0	0.55	0.49	0.36	0.29	0.60	0.52
	3.0	0.61	0.56	0.40	0.34	0.69	0.62
	5.0	0.68	0.64	0.44	0.39	0.78	0.72
Luz Semi- indirecta SI	0.6	0.24	0.19	0.17	0.11	0.24	0.19
	1.0	0.35	0.30	0.26	0.19	0.37	0.31
	2.0	0.49	0.44	0.36	0.29	0.53	0.47
	3.0	0.55	0.50	0.40	0.34	0.61	0.55
	5.0	0.60	0.57	0.45	0.39	0.68	0.63
Luz Semi- directa SD	0.6	0.34	0.28	0.31	0.24	0.35	0.29
	1.0	0.48	0.42	0.44	0.36	0.50	0.43
	2.0	0.64	0.59	0.58	0.51	0.69	0.62
	3.0	0.70	0.66	0.63	0.57	0.78	0.72
	5.0	0.75	0.72	0.68	0.63	0.86	0.81
Luz Difusión general G	0.6	0.26	0.21	0.23	0.16	0.27	0.22
	1.0	0.38	0.33	0.33	0.26	0.40	0.34
	2.0	0.53	0.48	0.44	0.38	0.57	0.51
	3.0	0.59	0.55	0.49	0.44	0.65	0.59
	5.0	0.64	0.61	0.54	0.49	0.73	0.68
Luz Directa D	0.6	0.34	0.28	0.33	0.24	0.35	0.28
	1.0	0.49	0.42	0.47	0.37	0.51	0.43
	2.0	0.65	0.60	0.63	0.55	0.71	0.64
	3.0	0.72	0.67	0.69	0.63	0.80	0.74
	5.0	0.78	0.75	0.75	0.71	0.89	0.85

Fuente: Carlos Arriaga. Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas. p. 56.

Nivel lumínico

	AMBIENTE	LUXES
Vivienda	Entrada, corredores	50
	Ambientes de estar	50 – 10
	Cocina, planchador	400
	Baños	50
	Alumbrado complementario	400 – 600
Lugares de trabajo	Oficinas en general	300 – 500
	Contabilidad, dibujo	600
	Fabrica, talleres, área de venta, etc.	400 - 500
	Áreas de paso	100
	Vitrinas	500 – 1000

Fuente: Carlos Arriaga. Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas. p. 58.

Coefficiente de reflexión

	COLOR	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN %
Claros	Blanco	75 – 85
	Marfil	70 – 75
	Colores pálidos	60 – 70
Semiclaros	Amarillo	55 – 65
	Café claro	45 – 55
	Verde Claro	40 – 50
	Gris	30 – 50
Oscuros	Azul	25 – 35
	Rojo	15 – 20
	Café oscuro	10 - 15

Fuente: Carlos Arriaga. Manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas. p. 59.